

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И  
ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СОРГО И КУКУРУЗЫ»

На правах рукописи

КИБАЛЬНИК ОКСАНА ПАВЛОВНА

**ЦИТОПЛАЗМА КАК ФАКТОР АДАПТАЦИИ ЦМС-ЛИНИЙ И  
ГИБРИДОВ F1 СОРГО К ВНЕШНЕЙ СРЕДЕ**

Специальность: 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени  
доктора биологических наук

Научный консультант:  
Эльконин Лев Александрович,  
доктор биологических наук

Саратов – 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	14
1.1 Сорго: распространение, использование и генотипическое разнообразие	14
1.2 Устойчивость сорго к стресс-факторам внешней среды	22
1.2.1 Параметры адаптивности	26
1.2.2 Механизмы устойчивости растений к абиотическим стрессорам	31
1.3 Цитоплазматическая мужская стерильность у сорго	37
1.4 Влияние цитоплазмы на селекционные признаки и свойства	50
1.4.1 Устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам	50
1.4.2 Морфофизиологические, биохимические признаки и урожайность гибридов F1	53
1.4.3 Комбинационная способность и гетерозис	58
Заключение по главе 1	63
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	64
2.1 Материал исследований	64
2.2 Методы исследований	76
2.3 Статистические методы анализа	86
2.4 Почвенно-климатические условия зоны проведения опытов	87
Заключение по главе 2	92
ГЛАВА 3. СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ ЦМС-ЛИНИЙ И ГИБРИДОВ F1 СОРГО С РАЗНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ СТЕРИЛЬНОСТИ	93
3.1 Адаптивная способность ЦМС-линий сорго к засушливым условиям	94
3.1.1 Изменчивость селекционных признаков ЦМС-линий в различные по метеоусловиям сезоны их возделывания	94
3.1.2 Регрессионный анализ основных селекционно-ценных признаков ЦМС-линий	101
3.1.3 Индекс стабильности селекционных признаков ЦМС-линий	110
3.1.4 Взаимосвязь урожайности с параметрами адаптивности	114
3.2 Влияние абиотических стрессоров на проявление физиологических признаков ЦМС-линий и гибридов F1 сорго	116
3.2.1 Содержание пигментов в листьях изоядерных ЦМС-линий и гибридов F1 сорго	116
3.2.2 Интенсивность набухания семян изоядерных ЦМС-линий и гибридов F1 в растворах осмотиков	130
3.2.3 Водный режим листьев ЦМС-линий и гибридов F1	142
3.2.4 Взаимосвязь параметров водного режима и основных селекционных признаков	164
Заключение по главе 3	167
ГЛАВА 4. СОЗДАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОНЕНТОВ СКРЕЩИВАНИЙ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА	170
4.1 Материнские формы с цитоплазматической мужской стерильностью	170

4.1.1	Пыльца ЦМС-линий сорго с разными типами стерильных цитоплазм в зависимости от условий внешней среды	174
4.2	Отцовские формы	180
4.2.1	Реакция сортообразцов сорго на цитоплазматическую мужскую стерильность разных типов	185
4.2.2	Выявление молекулярных маркеров гена-восстановителя фертильности ЦМС типа 9Е у использованных в скрещиваниях отцовских форм	192
4.2.3	Пыльца гибридов F1 в зависимости от восстановительной способности сортообразцов в разных стерильных цитоплазмах	195
4.2.4	Описание селекционных достижений	197
	Заключение по главе 4	200
	<b>ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ТИПОВ СТЕРИЛЬНЫХ ЦИТОПЛАЗМ НА ПРОЯВЛЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У ГИБРИДОВ СОРГО</b>	202
5.1	Эффекты стерильных цитоплазм на комбинационную способность изоядерных ЦМС-линий	202
5.1.1	Гибриды с ЦМС-линиями А3, А4, 9Е Желтозерного 10	202
5.1.2	Гибриды с ЦМС-линиями А1, А2, А3, А4, А5 и А6 Карлика 4в	247
5.2	Анализ эффектов А3, А4 и 9Е типов ЦМС на проявление гетерозиса у гибридов	271
5.2.1	Гибриды с образцами зернового сорго	271
5.2.2	Гибриды с образцами сахарного сорго	279
5.3	Влияние типов стерильных цитоплазм на наследование количественных признаков у гибридов F1 сорго	289
5.3.1	Гибриды с изоядерными ЦМС-линиями с геномом Желтозерного 10	289
5.3.2	Гибриды с изоядерными ЦМС-линиями с геномом Карлика 4в	297
	Заключение по главе 5	300
	<b>ГЛАВА 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ЦИТОПЛАЗМ В ПРАКТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ</b>	304
6.1	Комбинационная способность ЦМС-линий на основе разных типов стерильных цитоплазм в скрещиваниях с образцами зернового сорго	304
6.2	Проявление гетерозиса у гибридов F1 сорго с ЦМС-линиями на основе разных типов стерильных цитоплазм	315
6.3	Коэффициент фенотипического доминирования у гибридов F1 на основе А1, А2, А3, А4, 9Е, М35-1А стерильных цитоплазм	326
6.4	Использование цитоплазмы А2 в практической селекции	331
6.4.1	Описание гибрида F1 Тамараж	335
	Заключение по главе 6	337
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	339
	<b>ВЫВОДЫ</b>	341
	<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ</b>	346
	<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>	347
	<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	421

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** В настоящее время во многих регионах мира наблюдается усиление аридизации климата, что связано с действием различных абиотических стрессоров (высокие температуры воздуха, отсутствие осадков и т.д.). Именно засуха вызывает значительные потери урожая сельскохозяйственных культур [390]. На территории России имеются зоны с острозасушливыми условиями, где формирование сбора урожая зернофуража возможно за счет включения в структуру посевных площадей культур, устойчивых к проявлению стресс-факторов. К таким культурам относится сорго, характеризующееся широким спектром адаптивности [317]. В Российской Федерации сорго возделывается для кормления сельскохозяйственных животных, птицы, рыбы, а также с целью применения в пищевой и перерабатывающей промышленности [5, 155, 167, 213].

Для успешного создания гибридов F1 сорго, характеризующихся высокой продуктивностью и устойчивостью к абиотическим факторам, необходимо изучение особенностей изменчивости основных агрономических признаков их материнских форм (ЦМС-линий) на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) под влиянием стрессовых условий. Вместе с тем, исследователями из многих селекционных центров разных стран мира уделяется особое внимание выявлению и идентификации новых типов ЦМС-индуцирующих цитоплазм для расширения генетического разнообразия гибридов F1. В работе использованы генетически разные стерильные цитоплазмы, различие между которыми заключается в происхождении, реакции на образцы, восстанавливающие фертильность, морфологии пыльников и их гистологической структуре, стадиях дегенерации пыльцы, структуре митохондриальной и хлоропластной ДНК [512, 529].

Использование одного типа стерильной цитоплазмы повышает уязвимость культуры к абиотическим и биотическим стрессам, которые могут воздействовать именно на эту систему ЦМС, что может привести к прекращению



производства гибридов, например, в случае массовых поражений их болезнями, вредителями или слабой устойчивости к засухе. Изучение влияния цитоплазмы на комбинационную способность ЦМС-линий представляет значительный интерес в плане понимания генетических функций цитоплазмы у растений и в практических целях для создания гибридов с улучшенными хозяйственно-ценными признаками. В этой связи изучение влияния типов стерильности на проявление биологических, селекционных признаков ЦМС-линий и гибридов F1 сорго приобретает исключительно важное значение.

**Степень разработанности поставленных проблем.** Направлениям селекции и использования сорговых культур в России посвящены работы А.В. Алабушева [5], А.П. Царева и Е.В. Морозова [278], Е.Р. Шукиса [291], А.Б. Володина [49], Г.И. Костиной [167], В.В. Бритвина [36], И.А. Никитина [213], Л.Л. Болдыревой [31], В.В. Ковтунова [149, 151], А.К. Антимонова [12], В.В. Гусева [74], С.И. Капустина [128]. Многими исследователями проводились работы по устойчивости сельскохозяйственных культур к абиотическим факторам, в том числе и сорго. Проблема устойчивости сорго к засухе в сочетании с высокими температурами воздуха в последнее десятилетие рассматривалась в ряде работ [320, 327, 370, 399]. В современных исследованиях обнаружена чувствительность культуры к данному стрессору на разных стадиях роста и развития растений [315, 346, 400, 503, 516, 534]. Адаптивная способность сортообразцов и линий сорговых культур отражена в публикациях О.П. Кибальник [135, 139], Г.И. Костиной [166], А.К. Антимонова [13], Р.А. Биктимирова [26], С.В. Верхоламочкина [46], В.С. Есковой [86]. Использование различных источников ЦМС у сорго для расширения генетического разнообразия гибридов отмечено Л.А. Элькониным [296, 301] и рядом зарубежных авторов [358, 533, 550, 606]. Генетику восстановления фертильности в разных типах стерильных цитоплазм рассматривали многие исследователи [363, 378, 383, 385, 433, 434, 436, 443, 444, 447, 452, 509, 510, 511, 568, 569, 570, 598]. Однако публикации по генетике восстановления фертильности в цитоплазмах А5 и А6

отсутствуют. В России оценка комбинационной способности стерильных линий сорго проводилась только на основе ЦМС-индуцирующих цитоплазм типов А1 [7, 25, 27, 35, 201] и А2 [55, 90, 181, 254]. Цитоплазматические эффекты на комбинационную способность изоядерных ЦМС-линий сорго опубликованы в основном иностранными исследователями [430, 442, 519, 530, 531]. Гетерозис и наследование селекционных признаков определяли у гибридов на основе цитоплазм А1 и А2 [6, 24, 32, 37, 39, 45, 50, 89, 94, 126, 148, 169, 179, 154]. При этом, влияние различных типов стерильных цитоплазм на устойчивость к факторам внешней среды практически не изучалось.

**Целью исследования** являлось изучение устойчивости ЦМС-линий сорго к абиотическим стрессорам, а также влияния генетически различных типов стерильных цитоплазм на комбинационную способность ЦМС-линий, гетерозис гибридов.

**Задачи исследования:**

1. Оценить адаптивную способность ЦМС-линий сорго к засушливым условиям региона;
2. Определить влияние абиотических стрессоров на проявление селекционно-ценных признаков ЦМС-линий и гибридов F1 сорго;
3. Проанализировать изменчивость пыльцы ЦМС-линий с разными типами стерильных цитоплазм в различные по метеоусловиям сезоны;
4. Подобрать родительские компоненты гибридов сорго по комплексу селекционных признаков с использованием кластерного анализа;
5. Выявить наличие молекулярных маркеров гена-восстановителя фертильности ЦМС типа 9Е у использованных в скрещиваниях отцовских форм;
6. Установить влияние генетически различных типов стерильных цитоплазм (А1, А2, А3, А4, А5, А6, 9Е и М35-1А) на комбинационную способность ЦМС-линий в скрещиваниях с образцами зернового и сахарного сорго;
7. Изучить влияние генетически различных типов ЦМС на проявление гетерозиса у гибридов F1 в скрещиваниях с образцами зернового и сахарного сорго;

8. Изучить влияние генетически различных типов стерильных цитоплазм на наследование селекционных и физиологических признаков у гибридов F1;
9. Выделить перспективные гибридные комбинации.

**Научная новизна.** Впервые показана роль цитоплазмы в формировании экологической устойчивости материнских форм и гибридов F1, необходимой для их стабильного семеноводства. Проведена дифференциация ЦМС-линий по реакции на изменение условий внешней среды: 5 стерильных линий сорго характеризуются экологической пластичностью и 9 – фенотипической стабильностью по урожайности семян, 3 – с высоким индексом стабильности по комплексу селекционных признаков. Отмечена взаимосвязь параметров адаптивности стерильных линий с урожайностью семян ( $r=0,60-0,99$ ).

На основе исследования изоядерных ЦМС-линий впервые выявлен эффект цитоплазмы на проявление устойчивости к абиотическому стрессору – засухе. Определены ЦМС-линии, выделяющиеся высокой засухоустойчивостью по комплексу физиологических показателей. Впервые установлено влияние типа стерильной цитоплазмы на накопление пигментов и водный режим листьев, набухание семян ЦМС-линий и гибридов F1 в осмотических растворах. ЦМС-линии и гибриды на цитоплазмах А4 и 9Е характеризуются меньшим водопотреблением семян в дистиллированной воде и более высоким в гипертонических растворах. Позитивный эффект цитоплазмы А2 отразился на увеличении суммы хлорофиллов в фазу выметывание, а цитоплазм А3, А5 и 9Е – оводненности тканей листьев в фазу цветение. Снижали показатели водного дефицита листьев цитоплазмы А2 и А3; потерю влаги в первые 30-90 минут – А3; за 24 ч увядания листьев и в среднем за 1 час в сутки – А2 и А4. Продуктивность стерильных линий зависела от общей оводненности тканей и средней потери влаги листьями в процессе увядания за 24 ч и 1ч/сут., о чем свидетельствуют рассчитанные коэффициенты корреляции (0,66-0,73).

На основе использования SSR-маркеров выявлено наличие генов-восстановителей цитоплазмы 9Е (*Rf-9E*) у опылителей из рабочей коллекции.

Отмечено влияние типов цитоплазм на комбинационную способность ЦМС-линий по признакам: высота растений через 30 дней после всходов, длина соцветия, площадь и длина наибольшего листа, параметры флагового листа, общая и продуктивная кустистость, урожайность биомассы; в отдельные сезоны – содержание протеина в биомассе. Выявлены различия между изоядерными гибридами F1 по истинному и гипотетическому гетерозису, наследованию селекционных признаков в отдельные сезоны возделывания.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Показана роль стерильной цитоплазмы в проявлении устойчивости ЦМС-линий и гибридов сорго к стрессовым факторам внешней среды. Установлена адаптивная способность ЦМС-линий к условиям засушливых регионов. Работа вносит вклад в понимание закономерностей генетического контроля гетерозиса гибридов и комбинационной способности ЦМС-линий, полученных с использованием разных типов стерильных цитоплазм. Рассмотрены вопросы целесообразности привлечения новых типов ЦМС, оказывающих наибольшее влияние на наследование физиологических и селекционных признаков, и в конечном итоге, на формирование продуктивности гибридов F1 в засушливых регионах.

Подобранный SSR-маркер sam26858a способствует ускорению выведения фертильных гибридов сорго на цитоплазме 9E. Усовершенствованы методологические подходы для диагностики засухоустойчивости сорго, а также разработан для использования в практической селекции Атлас «Биоресурсная коллекция сорговых культур ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Представляют ценность стерильные линии, формирующие стабильные урожаи семян независимо от складывающихся метеорологических условий, а также отзывчивые на улучшение возделывания. Полученные сведения необходимы для устойчивого семеноводства гибридов, выведенных с использованием изучаемых ЦМС-линий. Гибриды, характеризующиеся высоким эффектом гетерозиса по важным селекционным признакам, рекомендуются для использования на кормовые цели (зернофураж, монокорм, силос).

Автором выведены следующие сорта сорго, участвующие в создании гибридов F<sub>1</sub>, изученных в данной работе и включенные в Государственный реестр селекционных достижений: Гранат (восстановитель цитоплазм А1, А5), допущенный к использованию с 2017 г. по Уральскому (9) региону (код сорта 8558138, патент №9245); Магистр (восстановитель цитоплазм А4, 9Е), допущенный к использованию с 2019 г. по Средневолжскому (7) и Уральскому (9) регионам (код 8356026, патент №11169); Изольда (закрепитель стерильности цитоплазм А3, А4, 9Е), допущенный к использованию с 2024 г. по Центрально-черноземному (5) и Уральскому (9) регионам России (код 7853164, патент №13547). Сорт Гелеофор (восстановитель цитоплазм А1, А2, А4, А5, А6), включен в Государственный реестр охраняемых селекционных достижений с 2018 г. (патент №9562). Подана заявка (№ 90131/7653655 от 03.11.2023 г.) на выдачу патента на гибрид зернового сорго Тамараж. Сорт Гранат выращивается в хозяйствах Саратовской области. Результаты научного сотрудничества ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» с отечественными и зарубежными институтами показали перспективность использования сорта Изольда в Алтайском крае, Кабардино-Балкарской республике, Татарстане и Таджикистане, а гибрида Тамараж – в Алтайском крае.

**Методология и методы исследования.** Теоретические исследования выполнены на основе анализа опубликованных сведений по данному вопросу. Экспериментальная часть диссертационного исследования проведена с применением общепринятых методик по оценке физиологических, биохимических, морфометрических признаков и урожайности растений. Методы исследований полностью представлены в главе «Материал, методика и условия проведения исследований». Выводы сделаны на основе гибридизации изоядерных ЦМС-линий (ВС<sub>8-18</sub>) и гомозиготных восстановителей фертильности, прошедших от 10 до 40 циклов самоопыления.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

– ЦМС-линии зернового сорго с высокой адаптивной способностью к стресс-факторам внешней среды;

- ЦМС-индуцирующие цитоплазмы типов 9E и A3 повышают устойчивость к засухе ЦМС-линий и гибридов F1;
- генетическая коллекция ЦМС-линий и опылителей, использованная для создания гибридов F1, характеризуется генетическим разнообразием, подтвержденным кластерным анализом;
- SSR-маркер sam26858a, ассоциированный с генами-восстановителями ЦМС типа 9E (*Rf-9E*), способствует созданию фертильных гибридов на данной цитоплазме;
- тип стерильной цитоплазмы влияет на комбинационную способность ЦМС-линий;
- цитоплазмы 9E и A3 оказывают влияние на проявление истинного и гипотетического гетерозиса количественных признаков и урожайности биомассы у гибридов F1 сорго;
- ЦМС-индуцирующая цитоплазма влияет на наследование селекционных признаков у гибридов F1 сорго.

**Степень достоверности.** Достоверность представленных исследований подтверждается обширными многолетними экспериментальными данными, выбором необходимого количества повторностей и объема выборки при закладке опытов, а также статистической обработкой методами однофакторного и многофакторного дисперсионного, кластерного, корреляционного и регрессионного анализов; полученными патентами на сорта зернового сорго, зарегистрированных в Государственном реестре селекционных достижений. Анализы, учеты и оценка изучаемых признаков проведены в соответствии со стандартными и общепринятыми методиками.

**Апробация результатов.** Результаты работы доложены на международных и всероссийских конференциях, форумах, семинарах в том числе: Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы животноводства, ветеринарной медицины, переработки с/х продукции и товароведение» (Воронеж, 2010); Всероссийской научно-практической конференции мо-

лодых ученых и специалистов «Молодые ученые – агропромышленному комплексу Поволжья» (Саратов, 2010); Международной научно-практической конференции «Достижения и инновации – сельскохозяйственному производству» (Саратов, 2015); Международной научно-практической конференции «Вавиловские чтения-2015» (Саратов, 2015); Международной научно-практической интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования» (Соленое Займище, 2016; 2017; 2018; 2019); Всероссийская конференция с международным участием, посвященная 50-летию ВОГиС (Москва, 2016); Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Современные технологии в сельскохозяйственной науке и производстве» (Саратов, 2016); Международной научно-практической конференции «Основные, малораспространенные и нетрадиционные виды растений – от изучения к внедрению (сельскохозяйственные и биологические науки)» (Круты, 2017); Международной научно-практической конференции «Инновационное обеспечение развития приоритетных отраслей сельского хозяйства в засушливых регионах России» (Саратов, 2018); V Международной научно-методологической конференции «Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений» (Москва, 2019); Международной научно-практической конференции «Инновационные агротехнологии в растениеводстве засушливых регионов России» (Саратов, 2019); Международной научно-практической конференции «Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса» (Соленое Займище, 2019); 6<sup>th</sup> International scientific conference “Plant Genetics, genomics, Bioinformatics, and Biotechnology” (Novosibirsk, 2021); Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата» (Саратов, 2021; 2022; 2024); VII и VIII Международной научной конференции «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки» (Симферополь, 2022; 2023; 2024); V Меж-

дународной научной конференции «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы» (Минск, 2022); XII Международный форум «Дни сада в Бирюлево: вклад фундаментальной науки в устойчивое развитие сельского хозяйства, формирование здоровья и качества жизни населения Российской Федерации» (Москва, 2022); Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы научно-технологического развития агропромышленного комплекса» (Махачкала, 2023); Всероссийской конференции «Генетические ресурсы растений для генетических технологий» (Санкт-Петербург, 2023); Международной научно-практической конференции «Адаптация живых организмов на уровне физиолого-биохимических механизмов» (Душанбе, 2023); Российско-Китайском семинаре по молекулярной селекции сельскохозяйственных культур (Харбин, 2024).

**Личный вклад автора.** Основные результаты, изложенные в диссертации, получены автором лично в отделе сорговых культур ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Соискателю принадлежит теоретическое обоснование проблемы исследований, постановка задач. Анализ литературных данных, проведение полевых исследований, учетов, подготовка статей и докладов на конференциях, обработка экспериментальных данных по теме работы выполнены автором самостоятельно. Лабораторные исследования проводились совместно с сотрудниками отдела биохимии и биотехнологии ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», отдела биотехнологии ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Автор участвовал в выведении сортов и гибрида, которые использованы в данном исследовании, при этом доля участия в сортах Гранат и Гелеофор – 11,1%, Магистр – 16,7%, Изольда – 12,5%; гибрида Тамараж – 10,0%.

За всестороннюю помощь и содействие в процессе работы над диссертацией выражаю искреннюю благодарность научному консультанту, доктору биологических наук Эльконину Льву Александровичу.

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.** Основные материалы и положения диссертационной работы опубликованы в 84 научных работах, в том числе 29 статей в изданиях



рекомендованных ВАК, 8 статей в Международных изданиях и индексируемых в РИНЦ, 2 монографии и атлас, 4 патента и заявка на селекционные достижения РФ.

**Объем и структура диссертации.** Диссертационная работа изложена на 575 страницах компьютерного текста. Состоит из введения, 6 глав, заключения, практических рекомендаций, списка литературы, приложений. Диссертация содержит 95 таблиц, 47 рисунков; 112 таблиц и 10 рисунков приложений. Список литературы включает 618 источников, в том числе 309 иностранных авторов.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Сорго: распространение, использование и генотипическое разнообразие

В мире по объему производства зерна сорго занимает пятое место [354, 401, 416, 422, 432, 481, 518, 525]. Это растение из семейства злаковых часто выращивают в регионах с высокими температурами воздуха в период вегетации и меньшим количеством осадков в более 100 государствах [517, 534].

В Азии основными странами, в которых возделывают сорго, являются Китай, Пакистан, Индия, Корея и Таиланд. В странах Африки к югу от Сахары сорго широко представлено в 38 странах. Его выращивают в Северной Америке – США и Мексике, а также в Южной Америке – Аргентине, Никарагуа, Перу, Уругвае, Гондурасе, Бразилии, Колумбии, Сальвадоре, Гватемале, Гаити и Венесуэле; в европейских странах – Франции, Италии, Испании, Румынии и Албании; в Австралии. Более 90% от общего объема мировых площадей по валовому сбору сорго приходится на Африку и Азию, при этом на Африку – 61% площади и 41% производства, а на Азию – 22% площади и 18% производства. Примечательно, что самые высокие урожаи на относительно небольших посевных площадях установлены в Израиле, Иордании, Франции и Италии [337, 364].

Таким образом, Африка, Северная Америка и Азия являются основными регионами-производителями сорго: в Азии по возделыванию доминируют Китай и Индия, в Северной Америке ведущими производителями являются США и Мексика, в Африке – Нигерия и Судан. В странах Африки сорго является второй культурой после кукурузы в качестве основного зернового продукта для миллионов людей [484].

Возделывание сорго в России возможно от крайне засушливых районов Поволжья до районов Северного Кавказа с неустойчивым и недостаточным увлажнением, где достигается разный уровень урожайности [149]. За послед-

ние два десятилетия площади посевов сорго в России претерпели значительные колебания. Так, в 2013-2016 гг. существенно увеличились площади посевов сорго со 152 000 га в 2013 году до 229 000 га в 2016 году (рисунок 1).

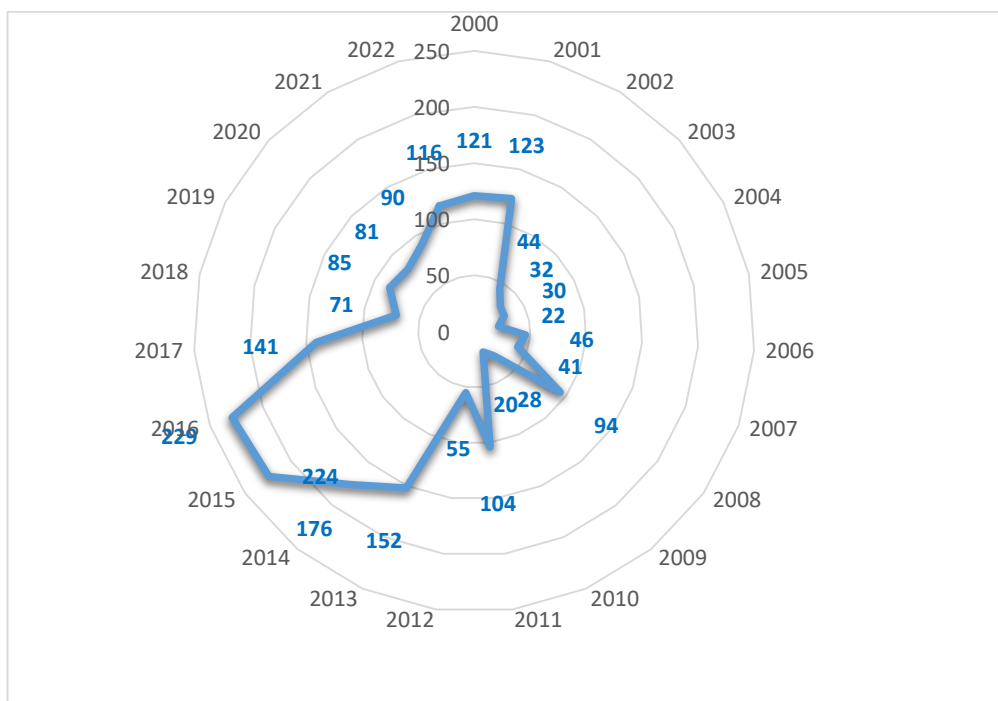


Рисунок 1 – Посевные площади сорго в России, 2000-2022 гг.

Сорго – однолетнее растение, приспособленное выдерживать более высокие средние температуры, чем большинство других зерновых культур. Для формирования полноценного урожая идеально подходит среднесуточная температура воздуха от 24°C до 27°C после прорастания семян. Низкие температуры могут ограничить рост сорго. Некоторые авторы утверждают, что эта культура характеризуется коротким периодом созревания и самой высокой продуктивностью в расчете на единицу затраченной энергии [484]. Сорго относится к культуре с C4-типом фотосинтеза и характеризуется высокой его эффективностью [406, 455, 525]. Такие растения производят на 30% больше сухого вещества на единицу воды, чем культуры с C3-типом фотосинтеза, и более приспособлены к возделыванию в полузасушливых регионах [545].

Сорго имеет разветвленную корневую систему, которая может проникать на глубину от 1,5 до 2,5 м. Такое строение корневой системы позволяет

растениям без особых повреждений переносить увядание, даже приостанавливать рост в засушливый период и возобновлять развитие после проведения орошения [49, 74]. Большое количество остающихся в почве корней после уборки растений способствует накоплению органического углерода [601]. Сорго менее требовательно к почвам и может переносить широкий спектр почвенных условий: от тяжелых глинистых до легких песчаных почв с рН в диапазоне от 5,0 до 8,5 [562]. Хорошо произрастет на всех типах черноземных, каштановых и пойменных почв [49].

Сорго обладает высокой адаптивностью благодаря генетическому разнообразию, которое позволяет развивать селекцию сортов, приспособленных к возделыванию в разных агроклиматических регионах мира [573]. Эти характеристики делают сорго пригодным для выращивания в качестве сельскохозяйственной культуры в засушливых условиях и на менее плодородных землях, где другие продовольственные злаковые культуры формируют недостаточную урожайность [56, 420].

Сорго относится к роду *Sorghum* семейства *Poaceae*, объединяющий более 60 видов однолетних и многолетних травянистых растений, а также представителей сорных, диких и полудиких видов [600]. Центром происхождения вида *Sorghum bicolor* (L.) Moench считается регион северо-восточной Африки или египетско-суданской границы около 5000-8000 лет назад. В этой части Африки наблюдается самое большое разнообразие культивируемого и дико-растущего сорго [11, 517]. Сорго представлено большим разнообразием форм: зерновое, сахарное, травянистое (суданская трава и сорго-суданковые гибриды), веничное [307]. Современные методы молекулярной биологии позволили в 2009 г. впервые расшифровать геном культуры. С помощью секвенирования установлен размер генома сорго, составляющего 730 Мб и на 62% состоящего из повторяющихся последовательностей. В 2017 г. последовало дополнительное уточнение генома, расшифровывающее 91,5% [476]. Выявлено, что первичные последовательности генов у сорго на 75% совпадают с геномом

риса. Современные исследования свидетельствуют о том, когда произошла дивергенция между рисом и сорго [496]. Достижения в области секвенирования генома сорго способствуют дальнейшему определению центров генетического и видового разнообразия и расширения знаний о происхождении этой культуры, в том числе истории одомашнивания и селекции [256]. Так, анализ геномных данных для конкретной расы показал, что *durra* и *guinea* имели 56 и 32 специфичных для этих рас генов, тогда как у *caudatum* и *kafir* обнаружено по 14 и 9 уникальных генов [543].

*Зерновое сорго* в основном используется как продовольственная культура, источник концентрированного, сочного и грубого корма животным, птице. Зерно применяется и для приготовления комбикормов [155, 242]. Спрос на сорго в виде кормов для домашней птицы, крупного рогатого скота сосредоточен в развитых странах. Бройлерам можно скармливать до 70% сорго с низким содержанием танинов в сочетании с соевым шротом, минералами и витаминами; курам-несушкам до 50% [131]. Скармливание животным сорго способствует их росту, развитию, увеличению продуктивности и качеству продукции [151]. В России основные направления использования зернового сорго – зернофураж и монокорм; сырье для пищевой и перерабатывающей промышленности [5, 150, 155, 213].

В условиях изменяющегося климата сорго приобретет значение не только кормовой, но и продовольственной, технической культуры [216]. Из него готовят самые разнообразные блюда (каши, хлеб, кексы), молочные и алкогольные напитки [484]. Хотя его питательный состав в значительной степени не отличается от кукурузы или пшеницы, эта культура в целом обладает более высокими вкусовыми качествами [494].

Как правило, цельное зерно перерабатывается в муку. Основными продуктами на основе сорго являются: пресный хлеб (Азия и некоторые страны Африки); хлеб, пирожные и печенье (Индия); жидкая или густая каша, употребляемая в основном в Африке [323]. В странах Ближнего Востока зерно

сорго используется для приготовления супов, каш, тортов и других хлебобулочных изделий; также для приготовления дрожжевого хлеба в сочетании с другими видами муки. В Китае сорго является основным ингредиентом для производства таких напитков как Маотай и Эрготу. В странах Африки готовят безглютеновое пиво. Пищевое сорго в настоящее время становится все более важной культурой в качестве продукта для людей, страдающих целиакией [414]. Были определены оптимальные соотношения долей сорговой и пшеничной муки, при котором наблюдалось улучшение физико-химических и органолептических показателей качества хлеба – от 5 до 25% [88, 124, 247].

Сорго характеризуется значительным варьированием урожайности от 2,0 до 8,0 т/га в зависимости от генотипических особенностей. Зерно отличается накоплением 56-75% крахмала, от 9 до 15% белка, от 2,1 до 7,6% жира, от 1,0 до 3,4% клетчатки, а золы – от 1,3 до 3,3% [12, 14]. Эндосперм содержит 23-30% амилозы и 70-77% амилопектина, у мутантов *waxy* менее 5% амилозы [460]. В целом содержание белка в сорго выше, чем в кукурузе, коричневом рисе и ячмене, но ниже, чем в пшенице. Содержание жира в сорго выше, чем в коричневом рисе, пшенице и просе, но ниже, чем в кукурузе [467]. Качество белка в зерне сорго низкое из-за невысокого содержания незаменимых аминокислот, таких как лизин (1,06-3,64%), триптофан и треонин [328]. Также, одним из факторов, снижающих пищевую и кормовую ценность сорго, является пониженная переваримость белка [372]. Сорго является хорошим источником минералов и витаминов группы В, таких как тиамин, рибофлавин, витамин В6, биотин и ниацин. Основными минералами, присутствующими в зерне сорго, являются калий и фосфор, в то время как содержание кальция незначительно [517]. Встречаются работы, в которых описано, что присутствующий в зерне тиамин стимулирует аппетит, тонус мышц, секрецию желудка и т.д. [188].

*Сахарное сорго* – одна из высокоэнергетических культур, отличающаяся широкой географической адаптацией, быстрым ростом и формированием биомассы, устойчивостью к экологическим стрессам [318, 334]. У него меньшая продуктивность зерна, по сравнению с другими видами сорго, в результате

большая часть продуктов фотосинтеза накапливается в виде углеводов (сахаров) в стебле [430]. Урожайность сорго существенно варьирует в зависимости от генотипических особенностей, места и условий выращивания (почва, вода, климат, вредители и болезни), затрат и агроприемов.

Сахарное сорго характеризуется высоким накоплением водорастворимых сахаров в соке стебля – до 18-23% [547, 614], состоящие в основном из трех углеводов: сахарозы (70%), глюкозы (20%) и фруктозы (10%). Процентное соотношение моно- и дисахаров зависит от сорта и условий окружающей среды [507]. Большая часть сахаров распределяется в стебле, около 2% в листьях и соцветиях, что делает урожай особенно пригодным для прямого ферментируемого извлечения сахара [523]. Содержание сахара в соке увеличивается по мере созревания семян и достигает максимума в фазу восковой спелости. Выход сока некоторых сортов сладкого сорго составляет около 78% от общей биомассы растения, содержащего от 15 до 23% растворимого сбраживаемого сахара (для сравнения, в сахарном тростнике его 14-16%) [528]. Согласно другим источникам, выход сока ниже и достигает 45-50% при накоплении водорастворимых сахаров 13,0-14,2% [423]. Благодаря этим свойствам, сорго является привлекательной культурой для производства пищевого сиропа и меда, используемых в кондитерских изделиях, напитках [128, 544]. По литературным данным из сорго возможно получение сиропа с повышенной концентрацией моносахаридов – глюкозы и фруктозы, характеризующегося высокой ценностью как диетический продукт. Также сироп из сорго отличается составом легкоусвояемых микроэлементов, витаминов, которые отсутствуют в сахарах сахарной свеклы и тростника [28, 128].

Биологические особенности сахарного сорго делает его благоприятной культурой, используемой в качестве альтернативного источника сырья для производства биотоплива, в том числе биоэтанола, в полусасушливых регионах с умеренным климатом [474, 524, 561, 564, 596, 607]. Оставшийся от переработки жмых, богатый микроэлементами, идет на корм сельскохозяйствен-

ным животным [538]. Благодаря более низким затратам на образование единицы сырья для биоэтанола, короткому периоду вегетации, широкой адаптивности, механизированной уборке по сравнению с сахарным тростником, сорго является конкурентоспособным [522, 561]. Потенциальные возможности сорго зависят от биоклиматических ресурсов региона возделывания. Согласно литературным данным, количество этанола из сахарного сорго составляет 5600 л/га из 140 т/га (за два урожая в год), что сопоставимо с производством этанола из сахарного тростника – 6500 л/га при 85-90 т/га. При благоприятных условиях сахарное сорго способно формировать до 13,2 тонн общего сбора сахаров с гектара, что эквивалентно 7682 л/га этанола [335, 538]. В условиях Казахстана расчетный выход биоэтанола составил 1260 л/га [245], а в условиях Крыма – 130,8-159,2 дал/га [36]. Выращивание сахарного сорго для технических целей нашло широкое распространение в Бразилии, где является альтернативой сахарному тростнику в межсезонье [540].

Основное направление использования сахарного сорго – кормовое. Из биомассы изготавливают зеленый корм, силос; зерно можно использовать на фураж. Зеленый корм из сахарного сорго характеризуется сахаро-протеиновым соотношением до 1,29 в сухом веществе, что в целом соответствует нормативным показателям (0,8-1,2); варьирование кормовых единиц в пределах 0,68-0,73, обменной энергии – 9,19-9,49 МДж/кг, сырой клетчатки – 30,59-39,30%, сырого протеина – 7,2-13,26%, растворимых углеводов – 8,85-12,63%, жира – 2,5-2,7%, безазотистых экстрактивных веществ – 43,4-46,1% [155, 246]. По питательности силос из сорго не уступает кукурузному [532].

В литературе встречаются работы, открывающие возможность использования сахарного сорго с высоким содержанием крахмала в зерне для крахмалопаточной промышленности [313], а также с целью получения биоэтанола [123]. Так, сахарное сорго является многоцелевой культурой [126, 467, 589].

*Сорго веничное* или техническое. Используют для производства веников, щеток, метел [31, 93, 168]. Представлено сортами с сухой сердцевиной стебля, длинными соцветиями. Зерно пленчатое, трудно вымолачиваемое



[278]. Основным преимуществом этого вида является стабильность урожайности по годам, хорошее качество корма и универсальность применения. Особенность растений этого вида заключается в наличии длинных и эластичных веточек соцветия, используемых для изготовления метел. В литературе отмечено, что с гектара посевов возможно произвести 3,5-4,5 тысячи готовых венчиков [80, 161]. У веничного сорго выявлен фиторемедиационный потенциал, благодаря чему его можно выращивать для очистки земель от углеводов нефти и тяжелых металлов [81, 265]. Веничное сорго пригодно для использования в силосовании, так как содержит в биомассе до 3,0% сахаров, 10% сырого протеина. Вместе с тем, некоторые сведения свидетельствуют о хорошем качестве биомассе, скошенной в фазу выметывания [291].

*Травянистое сорго* представлено суданской травой и сорго-суданковыми гибридами. Суданская трава – ценная кормовая культура. Существующие сорта отличаются по скороспелости, кустистости, облиственности, сочности стебля, окраске семян. Сорго-суданковые гибриды образуются в результате скрещивания сорго и суданской травы. Характеризуются более мощными растениями и высокой урожайностью биомассы [278]. Зеленая масса травянистого сорго занимает одно из первых мест среди однолетних культур по биохимическим показателям, в том числе содержанию белка, и сбалансирована по сахаропротеиновому соотношению [49, 180]. Пригодна для скармливания всем видам сельскохозяйственных животных в виде зеленой массы, сена, сенажа [3, 155, 181]. Способность отрастать после скашивания и формировать до 40 т/га зеленой массы делает травянистое сорго незаменимым элементом зеленого конвейера в течение летне-осеннего периода [49, 153].

Питательная ценность зеленой массы травянистого сорго характеризуется следующими показателями: суданская трава – 0,72-0,79 к.ед., обменная энергия – 9,44-9,87 МДж/кг, сырая клетчатка – 28,50-37,60%, сырой протеин – 8,60-11,79%, растворимые углеводы – 6,77-8,81%, жир – 2,5-2,9%, безазотистые экстрактивные вещества – 45,0-46,7%; сорго-суданковые гибриды – 0,71-0,76 к.ед., обменная энергия – 9,34-9,71 МДж/кг, сырая клетчатка – 29,39-

31,43%, сырой протеин – 11,29-12,05%, растворимые углеводы – 8,14-9,25% [155, 246, 259].

## **1.2 Устойчивость сорго к стресс-факторам внешней среды**

В настоящее время изучение устойчивости сельскохозяйственных растений к действию различных абиотических стрессоров особенно актуально в условиях глобального изменения климата. Частая повторяемость засух и засуховеев, недостаточное количество осадков, перепады температуры воздуха, засоление и многие другие показатели препятствуют устойчивому развитию отрасли агропромышленного комплекса – растениеводства. Из всех перечисленных стрессоров наибольший ущерб наносит засуха, особенно в сочетании с продолжительными высокими температурами [320, 327, 340, 399, 613]. Подтверждено, что при каждом повышении средней температуры воздуха на 1°C в течение вегетационного периода средняя урожайность зерна сорго снижается примерно на 8-9% [370].

Засуха является наиболее распространенным абиотическим стрессом, влияющим на рост, выживаемость и ограничивает сельскохозяйственное производство в мире, не позволяя растениям полностью реализовать сортам и гибридам свой генетический потенциал [249]; является наиболее существенной причиной потери урожая сельскохозяйственных культур [399]. Этот абиотический стрессор способен повлиять на протекание физиологических и биохимических процессов, приводящих к ослаблению растений и даже снижению их устойчивости к другим стрессорам [62].

С изменением климатических условий в различных регионах мира возникает необходимость расширения посевных площадей, занимаемых засухоустойчивыми и пластичными культурами, используемых в сельскохозяйственном производстве, к которым относится сорго.

Особенность сорго заключается в способности переносить длительные засухи в почве и воздухе с наименьшими потерями урожая по сравнению с

пшеницей и ячменем [494]. При выведении новых высокопродуктивных адаптивных сортов и гибридов большое значение придается способности растений противостоять воздействию абиотических стрессоров в конкретной микроне зоне возделывания [211]. В этой связи, понимание генетических, физиологических и экологических факторов, влияющих на стрессоустойчивость, имеет особое значение [390, 546, 609].

Несмотря на то, что сорго обладает засухоустойчивостью по сравнению с другими культурами, стресс от засухи считается наиболее частым абиотическим фактором, с которым культура сталкивается в районах произрастания [326]. Этот стресс-фактор влияет на способность поглощать питательные вещества в почве, мобилизацию и перенос питательных веществ [312]. Ограничение воды в растении вызывает снижение роста и фотосинтеза всего растения, увядание, закрытие устьиц, а также вызывает изменение в обмене углерода и азота. Кроме того, в литературе представлены исследования, указывающие на снижение усвояемости белка под действием засухи [425]. Повышение его засухоустойчивости увеличит и стабилизирует производство продовольствия особенно в регионах мира с менее плодородными почвами [534].

Как отмечалось выше, местом происхождения сорго принято считать тропические и субтропические страны Африки, юга Азии и Центральной Америки [534]. Безусловно, повышенная стрессоустойчивость растений возникла в результате эволюционного процесса под влиянием климатических условий, характерных для района происхождения культуры [591]. Очевидно, адаптация сорго к данному абиотическому стрессору возникла в результате эволюционных изменений, произошедших на морфологическом, анатомическом, физиологическом и молекулярном уровне [329].

Засухоустойчивость сорго специфична: генотипы с хорошей переносимостью на одной стадии развития могут быть восприимчивы к засухе на другой стадии [534]. Этому вопросу исследователями разных стран уделено достаточное внимание. Одни авторы отметили, что если засуха совпадает с

начальным периодом развития растений сорго, то наблюдается снижение интенсивности роста, а с периодом «цветения» – частичная или полная потеря урожая зерна [327, 503]. Так, недостаток влаги и наличие засухи в период цветения (за 10 дней до начала цветения – конец цветения) приводят к снижению урожайности. Этот период у сорго считается критическим [327, 506]. Исследователи из Пакистана в своей работе отмечали, что повреждение растений наблюдалось при недостатке влаги в период прорастания и цветения [338]. Действие стрессора в период цветения приводит также к уменьшению высоты растений, массе зерен с метелки; активности различных ферментов, участвующих в биосинтезе и накоплении крахмала в зерне, в том числе амилозы и амилопектина [331, 346]. В тоже время исследования Х. Айкмана с коллегами выявили уменьшение размера соцветия при испытании стресса растениями сорго перед цветением [315].

Ранняя засуха в основном оказывала влияние на высоту растений, параметры листьев и урожайность биомассы [400]. Лист – основной ассимиляционный орган у растения, параметры и продолжительность которого зависят от внешних факторов. Депрессия роста листьев вызывается недостатком влаги. Е.В. Ионова, работая над вопросами засухоустойчивости у сорго, наблюдала уменьшение линейных размеров листьев у разных генотипов до 30-70% в период цветения [115].

Сорго чувствительно к сочетанию двух стрессоров (засуха и высокая температура) перед цветением и после цветения, т.е. в фазы формирования соцветия и налив-полная спелость зерна, соответственно [489]. Отмечена зависимость урожайности от действия стресса в репродуктивную стадию или после цветения и до физиологической спелости зерна; потери урожая составляли до 55%, а в некоторых источниках литературы – до 60-90% [326, 441, 487, 541].

Кроме выше представленных сведений, есть публикации, в которых у сорго отмечены 3 наиболее чувствительных к засухе стадий – это стадии развития метелки, цветения и налива зерна. Стресс от высоких температур во время репродуктивной стадии (спорогенеза и пыльцеобразования) является

наиболее чувствительной у сорго: наблюдается снижение жизнеспособности пыльцы, что приводит к меньшему количеству семян в метелке [359].

Высказывалось мнение, что сорго уязвимо к засухе на любой стадии развития [516]:

- (1) прорастание и появление всходов;
- (2) вегетативная стадия после появления всходов;
- (3) до цветения;
- (4) период после цветения.

Устойчивость к засухе после цветения проявляется, когда растения остаются зелеными и нормально наливают зерно. В странах Африки к югу от Сахары засуха как на стадии появления всходов (приводит к изреженным всходам или гибели растений), так и в период созревания очень распространена. Исследования показали, что при значительном снижении влаги в почве, уменьшалась и всхожесть семян [312].

Такие противоречивые результаты диагностики образцов лишь подтверждают их специфическую реакцию.

В Индии сорго выращивают как в «дождливый», так и в «засушливый» сезоны. Переменная доступность влаги как в период до цветения, так и после него в течение сезона дождей может оказать серьезное влияние на урожайность зерна и биомассы. Климатическая изменчивость и связанные с ней генотипические взаимодействия с окружающей средой не позволяют четко определить целевые среды возделывания. Возможности добиться прогресса в селекции на засухоустойчивость возникают как при понимании экологического контроля роста сельскохозяйственных культур, так и при разработке упрощенных подходов к моделированию последствий изменения климата. Установлено, что реакция растений сорго на абиотический стрессор передается по наследству [455]. По своей природе реакция на водный стресс может быть физиологической, морфологической, фенологической [592].

Известно, что реакция разных генотипов сорго на разные стрессоры не одинакова, так как контролируется разными генетическими механизмами

[320]. Следовательно, сорта, адаптированные к засушливым и полузасушливым условиям выращивания, более устойчивы к засухе, чем сорта, выращенные в более влажных условиях [311, 340]. В ходе изучения этой стороны вопроса рядом исследователей выявлены генотипы, устойчивые к засухе до цветения и восприимчивые к ней в фазу цветения и после цветения; также были выделены генотипы, восприимчивые к засухе до цветения и толерантные к стрессору в период цветения и после него [580].

Ограниченность генетических источников у сорго, имеющих морфобиологические характеристики, отражающие засухоустойчивость, снижает эффективность селекционной работы [388]. Поэтому важно включать в селекционный процесс генетически разнородный исходный материал. В частности, в гибридизацию вовлекаются ЦМС-линии с разным типом стерильной цитоплазмы [140]. Известно, что устойчивость растений к абиотическим факторам во многом зависит от согласованного взаимодействия ядерных геномов и цитоплазмы [353, 576]. Однако информация в этой области изучена недостаточно полно. В этой связи, оценка адаптационных свойств материнских форм (в том числе изоядерных ЦМС-линий) сорго к засушливым условиям для практической селекции приобретает исключительное значение.

### **1.2.1 Параметры адаптивности**

Повышение адаптивного потенциала исходного материала, а также создание на его основе и использование в сельскохозяйственном производстве новых сортов и гибридов особенно актуально в связи с изменениями климатических условий, как в отдельных регионах, так и в мире в целом. В настоящее время актуально ведение селекции на повышенную продуктивность и адаптивность к местным природно-климатическим факторам, экологическую пластичность, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам [234, 257]. Рядом авторов отмечено, что неблагоприятное действие абиотических факторов снижается путем расширения морфо-биологического разнообразия гено-

типов и повышения их адаптивного потенциала [95, 101, 109]. При этом, формирование нового генотипа предполагает не только его создание и отбор, но и поиск микрозоны возделывания, где этот образец обеспечит высокую продуктивность, экологическую пластичность и стабильность, качество продукции как основные задачи селекции растений [144]. Вместе с тем, выявление у генотипов стабильной положительной нормы реакции интересующих селекционера признаков на различные условия выращивания необходимо в селекционном процессе [42]. Отмечено, что генетический потенциал многих сортов и гибридов разных сельскохозяйственных культур в условиях производства реализуется не в полной мере, очевидно из-за недостаточной приспособленности к условиям возделывания [220]. Поэтому в селекции гибридов сорго важно учитывать агроклиматические особенности региона, в котором выращивается исходный материал и оценивать норму их реакции на влияние стрессоров (абиотические, биотические, антропогенные), чтобы гибридное потомство обладало адаптивностью к изменяющимся экологическим условиям и характеризовалось стабильной продуктивностью.

Адаптивная способность генотипа – способность поддерживать свойственное ему фенотипическое значение признака в определенных условиях среды [144]. Только адаптивность сорта способствует формированию высокой и стабильной продуктивности в различных экологических условиях выращивания [87, 172, 234, 274].

Существуют различные статистические методы анализа взаимодействия генотипа и среды. Для применения конкретного метода следует уделять внимание тому, что взаимодействие генотипа и среды – статистический феномен, связанный с неаддитивностью эффектов генотипа и среды. Эффект взаимодействия генотип-среда представляет интерес для характеристики селекционируемой популяции, когда определяется на основе таких анализов как дисперсионный и регрессионный [144]. Всесторонне оценить изучаемый генотип позволит комплексный подход, при котором будут определены несколько параметров

адаптивности, дополняющих друг друга. Основой методик является регрессионный анализ, позволяющий определить экологическую пластичность генотипа по коэффициенту линейной регрессии и стабильность через среднеквадратическое отклонение от линии регрессии [374]. Регрессионный анализ – наиболее информативный, характеризуется достаточной точностью и объективностью [20]. По методике С.П. Мартынова определяется индекс стабильности [204]. К недостаткам следует отнести большое количество образцов или экспериментальных участков, необходимых для определения индекса [234]. Р.В. Кравченко отметил, что данный метод применим для полевых опытов технологического характера, а методика А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой целесообразна в опытах селекционно-семеноводческого направления [171]. В.В. Хангильдин предложил определять стрессоустойчивость, генетическую гибкость, коэффициент вариации, гомеостатичность и селекционную ценность генотипа [275]. Сравнивая методики расчетов параметров адаптивности выявлено, что методика S.A. Eberhart и W.A. Russell более трудоемка (изучается большое количество образцов в течение длительного времени), чем предложенная В.В. Хангильдином и позволяющая определить экологическую пластичность генотипа с высокой достоверностью, что особенно важно для проведения ускоренной агроэкологической оценки большого набора исходного материала [16, 234].

Коэффициент линейной регрессии ( $b_i$ ) отражает реакцию генотипа на изменение условий выращивания [186]. Дополнительной характеристикой образцов является варианса стабильности ( $S\%(RG)$ ), указывающая насколько данный генотип отзывчив на условия среды и стабилен в различных условиях среды [20, 171, 186]. Генотипы, у которых значение  $b_i \geq 1$ , обладают более высокой отзывчивостью, чем в среднем весь набор изучаемых форм в опыте. Они требовательны к высокому уровню агротехники (интенсивного типа). Образцы, у которых  $b_i \leq 1$ , отличаются слабой реакцией на изменение условий среды. Такие генотипы (экстенсивного типа) обеспечивают наибольший эф-



фект при минимальных затратах. Если коэффициент линейной регрессии равен единице, то у такой формы признак изменяется в соответствии с изменениями условий возделывания [172, 173, 236]. Наиболее ценны генотипы, у которых  $b_i \geq 1$ , а варианса стабильности несущественна. В.М. Бебякиным отмечено, что генотипы с отрицательным коэффициентом линейной регрессии на условия среды являются пластичными, потому что адаптированы в лимитированной среде и слабо адаптированы в безлимитных средах. Следует отметить, при расчете регрессионного анализа, кроме коэффициента линейной регрессии программой рассчитывается коэффициент адекватности, позволяющий судить о степени совпадения результатов каждого изучаемого образца с целым рядом образцов [19, 20].

Определение пластичности и стабильности интерпретируется авторами по-разному. Так, основоположники этих параметров считают, что пластичность – положительный отклик генотипа на улучшение условий их возделывания, а стабильность – устойчивость признака в различных условиях среды [374]. Другие авторы под понятием стабильность подразумевают устойчивую реализацию потенциальной продуктивности определенного генотипа в различных условиях среды, тогда как пластичность в узком смысле – способность приспосабливаться к изменяющимся условиям среды [145, 223]. По мнению В.Н. Мамонтовой способность генотипа формировать высокие урожаи в различных условиях возделывания называется пластичностью [202]. Особо ценными считаются генотипы, у которых высокая урожайность и экологическая пластичность, а также сочетающие высокую урожайность и низкую пластичность. Не имеют практического значения генотипы с наименьшей урожайностью и низкой пластичностью [171]. Также практический интерес представляют сорта, у которых сочетаются высокая урожайность и незначительная вариабельность признака по годам [186].

Высокие значения индекса стабильности ( $H_i$ ) свидетельствуют о более высокой приспособленности к условиям выращивания и стабильности проявления признака [190, 305].

Показатель экваленты пластичности ( $W_i$ ) указывает насколько сильно генотип реагирует на изменчивость условий возделывания [20, 305, 605]. По данным В.М. Бебякина, экваленты по Врике характеризуют степень варьирования исследуемого признака в различных условиях внешней среды отдельно по каждому генотипу в общем их взаимодействии [19].

Гомеостатичность ( $НОМ$ ) – способность растений реализовывать генетические возможности сорта при отклонении нормы условий их выращивания [20, 275]. Свойство гомеостатичности заключается в определении устойчивости генотипов в изменяющихся условиях внешней среды [108, 114]. Высокие значения гомеостатичности свидетельствуют о способности генотипа противостоять снижению продуктивности в условиях возделывания лимитирующего фактора [20, 186]. В регионах с неустойчивым увлажнением селекция на повышение гомеостатичности имеет важное значение [234].

По разнице между минимальной и максимальной урожайностью определяют стрессоустойчивость генотипа [59, 172]. Чем меньше разрыв между показателями, тем выше стрессоустойчивость генотипа и шире адаптивные возможности [190, 222].

Генетическая гибкость генотипа отражает среднюю урожайность сорта в стрессовых и не стрессовых условиях [172]. Оценивается по средней урожайности генотипов в разных условиях [106, 107]. Чем выше степень соответствия между генотипом и факторами среды, тем выше данный показатель [60].

Для характеристики относительной изменчивости селекционного признака также применяют коэффициент вариации, который указывает на возможность вариабельности параметров в необходимую для селекционера сторону, позволяет точнее спланировать опыт и произвести отбор [208].

Понимание представленных параметров дает возможность прогнозировать реакцию сорта в производственных условиях [236]. Следует отметить, что параметры адаптивности в России в основном применяются при оценке коллекционных сортообразцов, коммерческих сортов, перспективных линий и ги-

бридов сорго [13, 18, 26, 86, 135, 139, 166]. Поэтому определение экологической устойчивости ЦМС-линий с разными типами стерильных цитоплазм по комплексу показателей является актуальным этапом в селекции гибридов.

### **1.2.2 Механизмы устойчивости растений к абиотическим стрессорам**

Засухоустойчивость является фенотипическим выражением ряда морфологических и физиологических механизмов, включая предотвращение и толерантность к обезвоживанию, в том числе способность растения поддерживать оптимальный водный баланс тканей и упругость даже в условиях засухи, избегая стресса и его последствий [217, 453, 566]. Устойчивость генотипа к засухе – генетически наследуемый признак, реализуемый под действием абиотического стрессора [303].

У сорго толерантность к температурному и водному стрессорам представляет собой сложный признак, контролируемый несколькими генами; обусловлена сочетанием морфологических, анатомических и физиологических признаков [333, 441]. Функция генов заключается в защите клетки от дефицита воды путем синтеза важных метаболических белков, функционирующих непосредственно при стрессоустойчивости, либо в регуляции сигнальной экспрессии генов в условиях засухи. Например, в ответ на недостаток воды отмечалась экспрессия гена *dhn 1* [326].

Действие этого стрессора на сельскохозяйственных растениях проявляется в снижении параметров листьев (например, площади), высоты, продуктивной кустистости [453]. Способность противостоять стрессору происходит благодаря развитой корневой системе, играющей критическую роль в ответ на стресс. Некоторые растения обладают устойчивой способностью усиливать рост корней на ранней стадии стресса от засухи, чтобы поглощать воду из глубоких слоев почвы [421]. Отмечено, что длинные, узкие, заостренные листья уменьшают площадь поверхности контакта с прямыми солнечными лучами при высоких температурах, тем самым предотвращая их высыхание. У неко-

торых образцов наблюдается сворачивание листьев и закрывание устьиц, способствует замедлению метаболической активности почти до состояния покоя. Покрытие листьев и стебля восковым налетом, предотвращает растение от чрезмерной потери влаги во время водного стресса. Для сорго характерно свойство Stay green – замедленное увядание листьев во время налива зерна [317, 320, 333, 441, 592].

В настоящее время используются различные методы, позволяющие изучить отдельные механизмы засухоустойчивости на разных стадиях развития растений. Из нескольких механизмов преодоления стресса растениями сорго можно выделить следующее: предотвращение засухи за счет сокращения сроков созревания, поддержания более высокого водного потенциала листьев и осмотической адаптации [455]. В качестве другого пути решения данной проблемы предлагаются два варианта: уход от засухи и выведение толерантных генотипов [157].

Для ускорения и ведения селекции в этом направлении необходимы точные методы оценки исходного материала на устойчивость к абиотическому стрессору, включающие лабораторные, полевые и вегетационные. Так как полевая оценка требует более продолжительного времени, все чаще исследователи прибегают к лабораторным физиологическим методам. К ним относятся определение параметров водного режима листьев (водоудерживающая способность тканей, оводненность тканей, водный дефицит), определение концентрации пигментов, степени повреждения проницаемости клеточных мембран, проращивания и степени набухания семян в условиях осмотика. Молекулярные методы с использованием маркеров позволили идентифицировать локусы QTL связанные с признаками, характеризующие устойчивость к абиотическим стрессорам [320, 333].

Как известно, реакция растений на стресс, вызванный засухой, зависит от многих факторов: генотип растения, фаза вегетации, сила и продолжительность стресса, физиологические процессы роста, активность механизмов фотосинтеза, средовые и другие воздействия [574]. Работающие над проблемой

стрессоустойчивости физиологи пришли к выводу, что для разносторонней оценки генотипов необходимо использовать в работе комплекс методов [228].

Методы первичной лабораторной диагностики растений на начальных стадиях развития привлекают тем, что позволяют изучать реакцию большого объема генотипов в любое время года. Эти методы основаны на способности семян прорасти в смоделированных условиях засухи за счет использования концентрированных осмотических растворов (например, сахароза, полиэтиленгликоль, маннит). Способность семян к прорастанию в условиях осмотического стресса характеризует следующие свойства: способность к прорастанию в условиях недостатка воды и поглощение необходимого количества воды в следствие высокой сосущей силы [196, 548]. Таким образом, возможно выявить различия между испытываемыми образцами по способности прорасти в растворах, имитирующих недостаток влаги [157]. У одних сельскохозяйственных культур (например, ячмень) в литературе отмечена положительная корреляция между способностью семян прорасти в осмотических растворах и устойчивостью к засухе [293]; у других (пшеница, горох), наоборот, наблюдалась обратная зависимость [184]. У сорго с увеличением концентрации сахарозы снижается всхожесть [404]. Кроме того, в осмотике наблюдалось более низкое поглощение семенами раствора [312]. Этот метод апробирован на ячмене [157, 293], горохе [250], сорго [402, 404, 539, 594], сое [196], пшенице [53, 227] и других культурах.

Среди стадий жизненного цикла растений прорастание семян является одним из наиболее важных процессов, определяющих укоренение растений и их дальнейший рост. Лучшее понимание того, как семена прорастают при осмотическом стрессе, изучение интенсивности их набухания и другие показатели способствует повышению продуктивности новых сортов и гибридов для возделывания в стрессовых условиях [594]. В литературе также представлены данные по интенсивности набухания семян пайзы, зернового сорго, суданской травы, чумизы в гипертоническом растворе, косвенно отражающие засухоустойчивость образцов [133, 182, 237, 238].

Применение показателей водного режима в качестве диагностики растений по устойчивости к засухе апробировано на зерновых, плодовых и овощных культурах [177, 216, 487]. Так, оводненность тканей отражает степень водообеспеченности растений и изменяется в зависимости от температуры воздуха, морфо-биологических и сортовых особенностей, времени суток и фазы развития растения [216]. Растения сорго с высоким содержанием воды в клетках тканей листьев более устойчивы к засухе [327, 489]. С усилением стресса этот показатель снижался на разных стадиях развития растений [325, 399, 609]. Этот факт подтверждается и исследованиями, проведенными на образцах пшеницы [310]. Таким образом, уменьшение общего содержания воды в клетках тканей листьев является одним из первых признаков дефицита воды и считается наиболее значимым показателем при идентификации генотипов, устойчивых к засухе [399]. При повышении температуры воздуха в сочетании с недостатком влаги в почве у растений отмечено недостаточное поглощение питательных веществ, скорости транспирации, что отражается на изменении физиологических и биохимических процессов в растениях, их водного баланса в клетках и тканях листьев, и в конечном итоге приводит к снижению продуктивности и качеству продукции [117, 466]. Водный дефицит – недостающее до полного насыщения клеток количество воды, выраженное в процентах от общего ее содержания при полном насыщении клеток тканей листа [216]. Водоудерживающая способность – это свойство тканей растений накапливать и удерживать влагу в своих клетках в течение определенного времени. Поддержание стабильности цитоплазмы, а также ее коллоидности происходит за счет способности растений удерживать в клетках воду [62]. Чем выше водоудерживающая способность растения, тем лучше оно противостоит обезвоживанию более длительное время [211]. Исследования, проведенные на сортах озимой твердой пшеницы, показали, что наиболее продуктивные образцы обладали механизмами адаптации к условиям водного стресса, у них наблюдался невысокий прирост остаточного водного дефицита; эти же сорта характеризовались

большим содержанием хлорофиллов в засушливых условиях [197]. При изучении хлопчатника в условиях Узбекистана защитная реакция растений проявилась в утолщении пластины листа и повышении водоудерживающей способности [210, 273]. У сои также наблюдалось увеличение водоудерживающей способности листьев и количества пигментов [110].

В процессах адаптации растений к таким факторам среды как засуха и высокая температура воздуха для изучения механизмов устойчивости растений на функциональном уровне наиболее информативными являются фотосинтетические показатели, в том числе количество и соотношение пигментов [57, 198, 226]. Пигменты (хлорофиллы и каротиноиды) располагаются в пластидах (тилакоидные мембраны хлоропластов) и контролируются ядерными генами [206]. Баланс между синтезом и деградацией хлорофилла позволяет растениям поддерживать почти постоянную концентрацию в листьях растений. Однако воздействие на растения абиотических стрессов, включая засуху и жару, приводит к хлорозу и старению листьев, в первую очередь из-за снижения содержания хлорофилла [505].

Варьирование пигментов и их соотношения зависит от генотипических особенностей образца, содержания минеральных элементов, условий агротехники культуры, ряда внешних факторов, в том числе от интенсивности освещения, внутреннего состояния растительного организма [71, 271, 319]. У высших растений этот показатель изменяется в интервале 2-5 [4]. Мониторинг флуоресценции хлорофиллов позволяет диагностировать реакцию на стресс растений на ранних стадиях [441].

Каротиноиды, которые включают каротин и ксантофилл, входят в состав антиоксидантной системы растений. Их защитные свойства особенно проявляются в условиях недостатка влаги и высокой температуры. Желтые пигменты играют важную роль в защите фотосинтетического аппарата от чрезмерного возбуждения при высокой интенсивности света и способствуют более эффективному использованию солнечной радиации [57, 366, 458]. В компенсаторных перестройках пигментного аппарата участвуют как хлорофилл *b*, так

и каротиноиды, влияя на адаптационные свойства растений. При этом отмечены противоречивые сведения о влиянии высокого содержания пигмента хлорофилла *b*: по одним данным он способствует светозащите при избытке солнечного света [248]; по другим – его концентрация увеличивается при недостатке освещения [58].

В то же время изучение изменения пигментов у растений зернового сорго показало, что снижение их количества связано с дефицитом влаги в начальный период развития [2], а также если вегетация растений проходит в жестких климатических условиях [82, 399, 431, 488, 612]. Причем, неблагоприятное воздействие высокой температуры оказалось более разрушительным для хлорофилла, чем стресс от засухи [505]. Кроме того, низкий синтез хлорофилла может быть связан с образованием активных форм кислорода, вызывающих окисление липидов, и как следствие, повреждение структуры хлорофилла. Литературные данные свидетельствуют о положительной корреляции между показателями индекса хлорофилла и урожайности (общей биомассы и зерна), площади листьев и высоты растений [431]. Скрининг образцов южноафриканского сорго выявил, что содержание каротиноидов также снижалось в стрессовых условиях. Однако, если обезвоживание происходило на стадии до цветения, то количество хлорофилла и каротиноидов при последующих благоприятных условиях вегетации растений восстанавливалось, в отличие от действия стресса на стадии после цветения [366]. Также различную реакцию на смоделированную засуху по изменчивости содержания пигментов у сорго установили ранее и другие исследователи [417].

Следует отметить, что у растений озимой пшеницы каждый сорт характеризуется определенным уровнем накопления хлорофиллов и наиболее высокое их количество в листьях остается в период цветения и молочной спелости зерна [198]. Исследования, проведенные на образцах пшеницы показали реакцию на стресс от засухи в виде снижения содержания хлорофилла [310]. У сортов овса снижение продуктивности зависело от депрессии показателей фотосинтетических пигментов [178].



Анализ литературы показал, что физиологические признаки могут использоваться в качестве критерия изучения влияния абиотических стрессоров у сорго наряду с морфологическими признаками [327, 513]. В этой связи изучение реакции ЦМС-линий и гибридов F1, полученных на их основе, по физиологическим показателям на стрессовые условия в селекционном процессе является актуальным.

### 1.3 Цитоплазматическая мужская стерильность у сорго

На сегодняшний день цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) обнаружена у более 150 видов из 20 семейств растений, в том числе у кукурузы, пшеницы, ржи, сорго, сахарной свеклы, подсолнечника, бобов, моркови, лука, петунии, риса, рапса, редьки, перца [76, 100, 326, 375, 552]. ЦМС – это наследуемый от материнской формы признак. Может возникать спонтанно в селекционных линиях, а также в результате скрещиваний или межвидового обмена ядерным и цитоплазматическим геномами, или в результате мутагенеза: в результате несовместимости ядра и цитоплазмы, вызывающей экспрессию определенных локусов митохондриального генома возникло это явление; ЦМС проявляется в недоразвитости тычинок и пыльников, образовании дефектной (абортивной) пыльцы или в ее полном отсутствии [9, 34, 112, 301, 352, 409, 426]. В основном у растений с ЦМС дегенерация пыльцевых зерен наблюдается на поздних стадиях развития [112]. В большинстве случаев цитоплазматическая мужская стерильность проявляется у растений, образованных в результате межвидовых скрещиваний. Так, у риса ЦМС типа WA выявлена в образце растения *indica* с мужской стерильностью в естественной популяции дикого риса *Oryza rufipogon* Griff; ЦМС типа Boro II возникла в результате скрещивания на основе цитоплазмы Chinsurah Boro II (*Oryza sativa*, подвид *indica*) и образца Taichung 65 (подвид *japonica*); тexasкая цитоплазма с мужской стерильностью у кукурузы возникла спонтанно в селекционной линии, а стерильная цитоплазма PET1 подсолнечника обнаружена в результате межвидового

скрещивания *Helianthus petiolaris* и *Helianthus annuus* [375]. При этом, количество ЦМС-индуцирующих цитоплазм у разных культур может достигать, например, у подсолнечника до 70, рапса более 10, крестоцветных до 30 [8]. В тоже время поиск в диких популяциях сельскохозяйственных растений остается востребованным способом создания новых форм с ЦМС [112].

Для определения различий между стерильными и фертильными цитоплазмами применяются методы рестрикционного и RFLP-анализа мтДНК (исследования геномной ДНК путем разрезания ДНК с помощью эндонуклеаз рестрикции и дальнейшего анализа размеров образующихся фрагментов (рестриктов) гель-электрофорезом), секвенирование генома, системы молекулярных маркеров и т.д. [9]. Растения с определенным типом стерильной цитоплазмы характеризуются особым типом мтДНК и системой ядерного генетического контроля [76].

Экспрессия большинства митохондриальных генов, кодирующих ЦМС на уровне РНК или белка, изменяется в присутствии одного или нескольких ядерных генов (*Rf*), являющихся восстановителями фертильности [112, 336, 351]. Цитоплазматическая мужская стерильность наследуется по женской линии, тогда как при скрещивании с мужскими растениями определенных генотипов наблюдается восстановление фертильности потомства [112, 375, 409, 410, 445]. Характер наследования указывает на то, что признак ЦМС определяется структурами цитоплазмы; молекулярные исследования показали, что в митохондриальной ДНК локализованы изменения при ЦМС [100].

Ядерные геномы играют важную роль в регуляции экспрессии генов в ответ на сигналы развития и окружающей среды. Митохондрии и пластиды растений являются полуавтономными органеллами; их геномы содержат только часть генетической информации, необходимой для нормального функционирования [355].

Цитоплазматическая (неядерная или нехромосомная) наследственность связана со следующими структурами цитоплазмы – хлоропластами (у расте-

ний) и митохондриями (у всех эукариот). Эти органеллы содержат собственную ДНК, в молекулах которой находятся немногочисленные жизненно важные гены. ДНК органелл не имеет специального аппарата распределения ее копий при клеточном делении. С этим связаны две закономерности, характеризующие перенос цитоплазматических генов: 1) частое расщепление в митозе и 2) отсутствие расщепления или нерегулярное расщепление в мейозе. Однородительский перенос цитоплазматической ДНК происходит у большинства организмов, обычно с женскими гаметатами, но в некоторых случаях с мужскими гаметатами. Такой перенос митохондриальной ДНК позволяет изучать происхождение материнских линий, составляющих популяции и виды [100].

Митохондрии являются важными органеллами в цикле трикарбоновых кислот, дыхательной цепи переноса электронов и синтезе АТФ [464]. В митохондриальных геномах растений известно всего около 60 генов, отвечающих за цепь переноса электронов, рибосомные белки, переносящие РНК и рибосомальные РНК [450]. Митохондрии растений содержат более 1000 белков, большинство из которых кодируются ядерным геномом [449].

В тоже время известно, что митохондриальные сигнальные пути влияют на экспрессию ядерных генов и регулируют другие клеточные функции. Этот процесс называется ретроградной регуляцией [351]. Ретроградная регуляция является общим термином для митохондриальной сигнализации и в широком смысле определяется как клеточный ответ на изменения в функциональном состоянии митохондрий. Митохондриальная сигнализация противоположна по направлению антероградной регуляции, характеризующейся передачей регуляторных молекул из ядра и цитоплазмы в клеточные органеллы, такие как митохондрии и хлоропласты [343, 396].

При антероградной регуляции ядерные гены, включая *Rf*-гены, влияют на функции митохондриальных или хлоропластных генов. При ретроградной регуляции функции некоторых митохондриальных или хлоропластных генов, таких как гены ЦМС, могут регулировать экспрессию определенных ядерных

генов [356, 603]. В настоящее время секвенированы митохондриальные геномы кукурузы, риса, пшеницы, рапса и сахарной свеклы [360, 451, 490]. Анализ последовательностей митохондриальных геномов ЦМС и линий-закрепителей может идентифицировать гены-кандидаты ЦМС. Таким образом, обширные исследования систем ЦМС /*Rf* позволяют определить молекулярную основу взаимодействий, включая конфликты между митохондриальным и ядерным геномами, и понимание происхождения новых митохондриальных генов и их эволюционного значения для приспособленности вида.

Существуют различные системы в генетике восстановления фертильности как среди видов, так и внутри них. Системы восстановления классифицируются как спорофитные или гаметофитные: спорофитные восстановители действуют до мейоза или в спорофитных тканях; гаметофитные восстановители действуют после мейоза в микроспорах или пыльцевых зернах [552].

Механизмы преодоления ядерными генами *Rf* стерильности различны и до конца не выяснены. Одна группа генов-восстановителей *Rf* регулирует экспрессию *orf* на посттранскрипционном уровне [396]. Существует ряд сходств в механизмах восстановления фертильности. В литературе отмечено, что растения, имеющие этот тип *Rf*, накапливали меньше полипептидов *orf* с измененным уровнем транскрипции *orf* или без него. Молекулярные исследования генов *Rf* из петунии, редиса и риса показали кодирование ими класса белков, имеющих общую последовательность – пентатрико-пептидным повтором (PPR) [342, 446, 595]. Эти белки составляют большое семейство генов, которое связано с пост-транскрипционной регуляцией генов в органеллах растения [551]. Исследования, проведенные с использованием биоинформатики и функциональной геномики, показали, что белки PPR играют постоянную, часто существенную роль в митохондриях и хлоропластах, представляют собой РНК-связывающие белки, участвующие в посттранскрипционном процессе [443, 444, 457]. Во многих случаях белки пентатрикопептидных повторов кодируются *Rf*-генами [332, 361].

Скрещивание разных подвидов и рас сорго привело к появлению потомства, сочетающего ядерный и цитоплазматический геномы генетически удаленных родителей [550]. Взаимодействие генетически удаленных ядерного и цитоплазматического геномов может привести к различным типам ядерной или цитоплазматической мужской стерильности [386]. В настоящее время у сорго обнаружено большое количество разных типов ЦМС-индуцирующих цитоплазм, различающихся по механизмам генетического контроля и проявлению цитоплазматической мужской стерильности. Кроме этого, у типов стерильных цитоплазм также отмечены различные механизмы дегенерации пыльцы, фенотипы стерильных пыльников, реакции на линии, восстанавливающие фертильность, типы ДНК митохондрий и хлоропластов и т.д. [512].

Благодаря наличию и использованию разных источников стерильности – A1, A2, A3, A4, A4M, A4VzM, A4G1, A5, A6, 9E и KS (группы: индийские, канзасские и тexasские) – открываются возможности расширения генетического разнообразия гетерозисных гибридов [358, 438, 529, 604]. Установлены различия между цитоплазмами по реакции на тестеры-восстановители фертильности [512, 529]. Так, генетика восстановления фертильности сорго в ЦМС типа A1 контролируется по меньшей мере двумя основными генами с дополнительными модификаторами и дополнительным взаимодействием генов со средой [434]. На данный момент у сорго обнаружено 6 основных генов восстановления фертильности от *Rf1* до *Rf6* [443]. Следует отметить, что молекулярный механизм, с помощью которого гены *Rf* восстанавливают мужскую фертильность в разных типах стерильных цитоплазм у растений сорго изучен недостаточно полно.

Параллельно необходимо проводить скрининг образцов по поиску стабильных восстановителей фертильности, а также выводить новые восстановители. Однако, в настоящее время известно небольшое количество восстановителей фертильности новых типов стерильных цитоплазм [593].

Кроме того, обнаружены различия между цитоплазмами по морфологии пыльников. Мелкие сухие пыльники, не содержащие жизнеспособной пыльцы

характерны для цитоплазм А1, А2, А5, А6. Дегенерация пыльцы происходит на ранних стадиях микроспорогенеза. Растения с цитоплазмами А3, А4, 9Е имеют крупные пыльники. В них может находиться некоторое количество окрашиваемых пыльцевых зерен [512, 529].

Также определены различия между типами ЦМС в митохондриальном и хлоропластном геномах. У растений с цитоплазмой А1, А6 в митохондриях выявлен синтез белка массой 65 кДа, с цитоплазмой А3 – 12 кДа, с цитоплазмами А4 и 9Е – 42 кДа. Пластомы цитоплазм, у которых стерильность обусловлена дегенерацией микроспор в процессе микроспорогенеза, характеризуется делецией в центральной части гена *proC2*, кодирующего  $\beta$ '-субъединицу хлРНК-полимеразы [512, 529].

Большинство коммерческих гибридов сорго создано с использованием стерильной **цитоплазмы А1 (*mil0*)** [530], открытой Д. Стефенсом и Р. Холландом в 1952 г. [565]. ЦМС-линии на основе цитоплазмы А1 характеризуются достаточно высоким уровнем стерильности, растения отличаются мелкими светлыми пыльниками [434, 493, 527].

Восстановление фертильности в данном типе стерильной цитоплазмы носит спорофитный характер и контролируется двумя ядерными генами *Rf1* и *Rf2*. С открытием серии полиморфизмов в локусе *Rf1*, связанных с восстановлением фертильности, предоставляет важную информацию для разработки инструментов молекулярного фенотипирования с целью классификации зародышевой плазмы сорго без необходимости проведения трудоемких тест-скрещиваний. Ген восстановления фертильности пыльцы *Rf1* локализован в хромосоме сорго SBI-08. Анализ последовательности локусов *Rf1* идентифицировал его как пентатрикопептидный белок (PPR), который передается с фенотипом восстановления фертильности [444].

С помощью микросателлитных маркеров (SSR) выявлено хромосомное расположение локуса *Rf2* на хромосоме 2, который сопоставлен с областью длиной 10,32 т.п.н. только с одним геном-кандидатом PPR, Sobic.002G057050. Обнаружено, что у восстановителей фертильности присутствует мутация в

нуклеотидной последовательности PPR-гена, расположенного в локусе *Rf2*, которая, по-видимому, обуславливает способность к восстановлению фертильности пыльцы в цитоплазме А1 [436, 510]. Ген *Rf2* может восстанавливать фертильность пыльцы в цитоплазме А1 [443].

Также высказано предположение, что генетический контроль восстановления фертильности пыльцы стерильной цитоплазмы А1 определяется двумя или тремя генами *Rf*, а также рядом модификаторов. Группа российских исследователей впервые обнаружила полиморфизм фрагментов нуклеотидной последовательности гена-кандидата *Rf2*. При сравнении этих последовательностей наибольшее количество полиморфных сайтов обнаружено у стерильных линий и восстановителей фертильности. В дальнейшей разработке аллель-специфичных молекулярных маркеров локуса *Rf2* может быть использован выявленный полиморфизм [10].

Вместе с тем, более ранние исследования свидетельствуют, что на восстановление фертильности также влияют условия окружающей среды: прохладные условия во время цветения благоприятствуют стерильности, а высокие температуры – фертильности. Однако, в условиях Нижневолжского региона более высокий процент озерненности метелок и фертильных пыльцевых зерен во время цветения у гибридов первого поколения на основе ЦМС типа А1 наблюдалось в более увлажненных условиях вегетации [132]. Индийскими исследователями было установлено, что абиотические стрессы такие как жара и засуха, приводят к неправильному восстановлению фертильности и неэффективному опылению, при этом значительно влияя на продуктивность сорго [424]. Температуры воздуха выше 37°C и ниже 10°C изменяют морфологию пыльцы, приводя к аномальной структуре стенки пыльцевых зерен, дегенерации клеток тапетума и повреждению мембраны. Это также приводит к плохому раскрытию пыльников, ухудшает рост пыльцевых трубок, препятствует оплодотворению и в конечном итоге – к частичной или полной стерильности, снижению завязываемости семян [559].

Оценка реакции линий, принадлежащих разным видам и расам, на ЦМС типа А1 показала, что восстановителями из сорго зернового являются – негри-тянское, хлебное арабское и эфиопское, гвинейское; веничного – восточно-евразийское [7, 201]. Изучение этого вопроса в ФГБНУ РосНИИСК «Рос-сорго» показало наличие в генофонде сорговых культур образцов, полностью или частично восстанавливающих фертильность данной цитоплазмы, тогда как образцы, закрепляющие стерильность, встречались в единичных случаях [132, 282].

Тип стерильной **цитоплазмы А2** (IS12662С) обнаружен в результате ги-бридизации и описан К. Шертцем и Д. Ритчи [550]. Восстановление фертиль-ности в этом типе стерильной цитоплазмы также как и в типе А1 носит споро-фитный характер и контролируется двумя ядерными генами *Rf5* и *Rf6*. Карти-рование гена восстановления фертильности *Rf5* у сорго показало его располо-жение на хромосоме SBI-05 [433]. Этот ген способен восстанавливать фер-тильность пыльцы как в цитоплазмах А1, так и в цитоплазмах А2. Анализ сцепления с SSR-маркерами показал, что локус *Rf5* имеет размер около 584 т.п.н. на хромосоме 5, кодирующей 70 генов [443].

Кроме того, второй локус восстановления фертильности, способный ча-стично восстанавливать фертильность пыльцы в цитоплазме А1, также лока-лизирован в хромосоме SBI-04, приводил к образованию менее 10% семян как в цитоплазмах А1, так и в цитоплазмах А2, и изменял степень восстановления, обусловленную основным восстановителем *Rf5* в цитоплазме А1 [433]. Локус фертильности *Rf6* картирован на хромосоме SBI-04. Способен восстанавли-вать мужскую фертильность в цитоплазмах А1 и А2. Анализ геномной области вокруг локуса *Rf6* идентифицировал шесть генов, включая ген PPR, So-біс.004G004100. С его способностью к восстановлению, аналогичной локусам *Rf1*, *Rf2* и *Rf5* в сорго, наиболее вероятно, что *Rf6* является членом группы ге-нов PPR, а ген PPR Sobіс.004G004100 может быть кандидатом на восстановле-ние фертильности в цитоплазмах А1 и А2 [436, 509].



Данный тип стерильной цитоплазмы используется в селекционных программах Китая и России [90, 181, 253, 554]. В ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» ведется подбор образцов, восстанавливающих фертильность в цитоплазме А2 и вовлекаются в гибридизацию – сорта Старт, Огонек, Меркурий, Волжское 4в, Волжское 4, Пищевое 614 и линии Л-616, М-410, М-420. Некоторые образцы в скрещиваниях с разными ЦМС-линиями на данном типе стерильной цитоплазмы проявляли либо закрепительную, либо восстановительную способность [132, 138]. В настоящее время допущены к использованию 3 гибрида зернового сорго (Волгарь, Иргиз, Сатурн) и сорго-суданковый гибрид Мелодия [64].

Растения с цитоплазматической мужской стерильностью типа А2 отличаются более мелкими пыльниками, в которых отсутствует жизнеспособная пыльца [527]. При этом, на ранних стадиях микроспорогенеза наблюдается дегенерация пыльцы [493]. Проведенные ранее исследования цитологии пыльцы растений стерильного гибрида селекции института показали наличие нормальных пыльцевых зерен до 15% и пустых до 46%, содержимое остальных пыльцевых зерен оказалось с нарушенным крахмалом. У полустерильного гибридного растения количество нормальных пыльцевых зерен составило 24%. Таким образом, у стерильных и полустерильных гибридных растений первого поколения наблюдалось 4 типа дефектных пыльцевых зерен [132].

В 1980 г. впервые описана **цитоплазма А3** (IS1112С) [515]. Восстановление фертильности в этом типе стерильной цитоплазмы носит гаметофитный характер и контролируется двумя комплементарными ядерными генами *Rf3* и *Rf4* [511, 568, 569, 570, 599]. В тоже время у сорго-суданковых гибридов, выведенных на основе цитоплазмы А3, наблюдалось спорофитное восстановление фертильности. В качестве механизма подавления аллелей, восстанавливающих мужскую фертильность, был предложен механизм парамутации [569]. Выявлено, что цитоплазма А3 содержит химерный ген, полученный в результате рекомбинации/дупликации с *atp9* в митохондриальной ДНК. *Rf3* индуци-

рует нуклеолитическое расщепление транскриптов *orf107*. Совместное действие *Rf3* и *Rf4* ведет к восстановлению фертильности до 50%, тогда как порознь каждый из них дает 25% [452].

Из всех известных стерильных цитоплазм ЦМС типа А3 является одним из наиболее трудно восстанавливаемых, что обусловлено низкой частотой генов, восстанавливающих фертильность. В этой связи, использование данной цитоплазмы в селекции гибридов F1 зернового сорго становится затруднительным [447, 570]. Исследования, проведенные Л.А. Элькониным с соавторами, показали, что изменение природы метилирования ДНК может быть одним из механизмов, регулирующих восстановление мужской фертильности в цитоплазме А3 [378]. Вместе с тем, использование этого типа ЦМС в селекции гибридов сахарного сорго открывает возможности получения сырья для сахаросодержащих продуктов [430].

Для стерильных растений сорго с цитоплазмой А3 характерны крупные ярко желтые пыльники [493, 527], в которых содержатся дефектные пыльцевые зерна либо пустые, либо со слабой окраской содержимого [132]. Спорофитный характер восстановления фертильности отмечен и в работах Л.А. Эльконины с соавторами. Так, у фертильных гибридных растений первого поколения цитологическим анализом обнаружены дегенерирующие пыльцевые зерна с нарушением накопления крахмала, а также пыльцевые зерна, содержимое которых отходило от клеточной стенки. Очевидно, что у гибридов гены *Rf3* и *Rf4*, восстанавливающие фертильность начинают функционировать уже в тканях спорофита, нормализуя развитие некоторых пыльцевых зерен, несущих рецессивные аллели генов *rf3* и *rf4*, участвующих в оплодотворении, в результате чего появляются стерильные генотипы в семьях F2 и в ВС1. Условия влагообеспеченности растений оказывали влияние на характер расщепления по мужской фертильности. Полученные результаты отражают возможность отбора на устойчивость системы восстановления фертильности в цитоплазме А3

к функционированию в условиях дефицита влажности воздуха в период цветения, и как следствие, способствуют выведению новых восстановителей фертильности этого типа стерильной цитоплазмы [300].

**Цитоплазма А4 (IS7920С)** описана в 1984 г. [604]. Восстановление фертильности в этом типе стерильной цитоплазмы носит спорофитный характер и контролируется двумя ядерными генами. Линии с генами, восстанавливающими фертильность для этого типа цитоплазмы, встречаются довольно редко, и когда их обнаруживают, они, как правило, нестабильны в своем наследовании и экспрессии [385]. Ранее было установлено, что образцы селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» – сорт Волжское 615 и селекционная линия Судзерн кремовый в скрещиваниях с ЦМС-линиями, имеющих цитоплазму А4, но разный ядерный геном, могут проявлять различную реакцию и выступают то в роли закрепителя стерильности, то восстановителя фертильности. Очевидно, ядерный геном стерильной линии влияет на восстановление фертильности [132].

Для стерильных растений сорго с цитоплазмой А4 характерны крупные нерастрескивающиеся ярко желтые пыльники [527], в которых содержатся дефектные пыльцевые зерна с разной стадией дегенерации и встречаются нормальные фертильные пыльцевые зерна. Цитологический анализ пыльцы гибридов F1 зернового сорго показал, что у фертильных растений количество нормальных пыльцевых зерен составило 46% [132].

О **цитоплазмах А5 и А6** в литературе практически нет никаких сведений. Известны источники ЦМС этих типов стерильных цитоплазм – IS1056С и IS17506С, соответственно. Данных о восстановлении фертильности в этих типах цитоплазм и каким количеством ядерных генов контролируется восстановление фертильности мною не обнаружено. Известно, что ЦМС-линии, полученные с использованием цитоплазмы А1, А2, А5, А6 отличаются делецией длиной 165 п.н. в центральной области пластидного гена *proC2*, который кодирует бета-субъединицу РНК-полимеразы. Эти линии имеют маленькие

пыльники, в которых развитие пыльцы задерживается на ранней стадии и содержат обычно пустые пыльцевые зерна [526].

В 1964 г. индийскими исследователями Уобстером и Сингхом было обнаружено стерильное растение у образца IS17218 с **цитоплазмой**, отличающейся от известных и обозначенной как **9E** [596]. Восстановление фертильности в этом типе стерильной цитоплазмы также как и в типе A1 носит спорофитный характер и контролируется двумя ядерными генами *Rf-9E1* и *Rf-9E2* [299, 382]. Вместе с тем, Л.А. Элькониным и М.И. Цветовой [386] установлено, что функциональное состояние генов, восстанавливающих фертильность в цитоплазме сорго 9E, является эпигенетически регулируемым признаком, устанавливаемым влиянием факторов окружающей среды и передаваемым половым поколениям. Образцы, восстанавливающие фертильность в цитоплазме 9E встречаются нечасто [383].

Для стерильных растений сорго с цитоплазмой 9E характерны крупные нерастрескивающиеся ярко желтые пыльники [493, 527], в которых содержатся дефектные пыльцевые зерна с разной стадией дегенерации и встречаются фертильные пыльцевые зерна. Цитологический анализ пыльцы гибридов F1 зернового сорго с сортом Перспективный 1 показал, что у фертильных растений количество нормальных пыльцевых зерен составило 58%. Следует отметить, что у ЦМС-линий на данном типе стерильной цитоплазмы наблюдался наибольший полиморфизм дефектных пыльцевых зерен [132].

**Цитоплазма M35-1A** (*Maldandi*) описан индийскими исследователями [486, 579]. Л.А. Элькониным с коллегами были выведены стерильные линии с данным типом цитоплазмы, однако подобрать восстановителей фертильности к ней оказалось крайне затруднительным. Отмечено, что фертильные аналоги цитоплазмы M35-1A являются восстановителями фертильности для стерильных линий на основе цитоплазмы A1 [296, 383]. Считается, что цитоплазма M35-1A генетически близка к цитоплазме A3, но не идентична [379, 381]. Восстановление фертильности в этом типе стерильной цитоплазмы носит споро-

фитный характер и контролируется двумя ядерными генами [296]. Цитологическим анализом установлено небольшое количество фертильной пыльцы в пыльниках стерильных растений, но при этом растрескивание пыльников не происходило [521]. Изучение гибридов на основе стерильных линий с цитоплазмой *Maldandi* с различным ядерным геномом и общим восстановителем фертильности индийскими исследователями показало, что восстановление фертильности контролируется двумя или одним геном [363].

Поскольку митохондрии являются мишенями окислительного стресса, взаимодействие ядерных и митохондриальных генов в развитии мужской генеративной сферы у линий и гибридов с ЦМС часто приводит к повышенной чувствительности к воздействию факторов внешней среды – температуры, засушливости почвы или воздуха. Такая чувствительность к факторам внешней среды может приводить к нестабильности проявления мужской стерильности или восстановления фертильности и представлять собой существенное препятствие для использования того или иного типа стерильной цитоплазмы в селекции. В работе Л.А. Эльконина и С.Х. Сарсеновой [301] описано влияние температуры на восстановление мужской фертильности разных типов стерильности у кукурузы [398], хлопка [472], рапса [389].

Имеются сведения, что у гибридов сорго с цитоплазмами А4, 9Е и М35-1А, индуцирующими цитоплазматическую мужскую стерильность, уровень мужской фертильности растений определяется уровнем воды, доступной растениям во время образования пыльников и пыльцы, которая «включает» экспрессию генов, восстанавливающих фертильность, и, возможно, участвует в необычном типе наследования мужской фертильности в этих цитоплазмах [383]. На основе этих данных выдвинута гипотеза о эпигенетическом механизме, вызывающим наследуемую активацию генов, восстанавливающих фертильность в цитоплазме 9Е [385]. Также известны сведения, что восстановление мужской фертильности у некоторых видов сорго с ЦМС типов А3, А4, 9Е характеризуется следующей схемой наследования: *Rf*-гены функционируют в

самоопыляемом потомстве гибридов первого поколения, но не экспрессируются или слабо экспрессируются при обратных скрещиваниях этих гибридов с родительскими ЦМС-линиями или при тест-скрещиваниях с ЦМС-линиями с тем же типом цитоплазмы [383, 569].

#### **1.4 Влияние цитоплазмы на селекционные признаки и свойства**

Важным открытием является то, что влияние различных источников стерильности цитоплазмы на экспрессию большинства селекционных признаков, особенно урожайности семян может сыграть роль в создании селекционных программ по выведению гибридов сельскохозяйственных культур. Особую роль в повышении урожайности и улучшении хозяйственно-ценных признаков гибридов сельскохозяйственных культур может иметь цитоплазматический эффект стерильной линии. Анализ литературы по различным системам ЦМС позволяет предположить, что на устойчивость к биотическим стрессорам у различных культур может оказывать влияние цитоплазматический, ядерный факторы, их взаимодействие. Поэтому в селекции гибридов желательно использовать не один источник стерильности [369].

В научной литературе накоплено немало работ о влиянии типов ЦМС на морфологические и физиологические признаки, проявление устойчивости к насекомым-вредителям и патогенам сельскохозяйственных растений.

##### **1.4.1 Устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам**

Устойчивость к патогенам является важным фактором, обеспечивающим урожайность сортов и гибридов возделываемых культур. В этой связи исследование генетических эффектов стерильной цитоплазмы на устойчивость к биострессорам имеет первостепенное значение. Сорго повреждается более 150 видами насекомых, одним из которых является сорговая мушка (*Stenodiplosis sorghicola*). Выявлено влияние цитоплазматической мужской стерильности на резистентность к этому вредителю в сравнении с фертильным аналогом [555].

Муха *Atherigona soccata* (Rondani) является одним из наиболее важных насекомых-вредителей, поражающих сорго на ранних стадиях формирования урожая. Гибриды на новых типах цитоплазм более устойчивы к поражению стеблевой мухой *Atherigona soccata* [556, 586]. Сравнительный анализ коллекции изогенных линий на основе цитоплазм А1, А2, А3, А4(VzМ), А4(G) и А4(М) показал преимущество последней цитоплазмы как более устойчивой вредителю [367, 368, 537]. В исследованиях коллекции изогенных линий с типами цитоплазм А1, А2, А3 и А4 по выявлению устойчивого источника стерильности к *Atherigona soccata* установлено, что цитоплазма А4 менее восприимчива [316].

Кроме того, цитоплазма А1 проявила большую восприимчивость к стеблевой мухе (*Shoot fly*), чем цитоплазма фертильного аналога. Это открытие имеет значение для создания гибридов, устойчивых к стеблевой мухе [526].

В США проводились исследования по выявлению источников стерильности устойчивых к спорынье (*Claviceps africana*). Установлено, срок посева гибридов и тип стерильности оказывали существенное влияние на устойчивость растений. Гибриды на основе цитоплазмы А3 более резистентны к *Claviceps africana* [362].

Среди заболеваний сорго распространен фитофтороз листьев, вызванный патогеном *Exserohilum turcicum* (Pass). Поражение патогеном площади фотосинтезирующих листьев вызывает значительные потери зерна. В этой связи селекционеры пытаются выделить более устойчивые материнские формы. Установлено, что стерильная цитоплазма типа А1 влияет на площадь поражения фитофторозом в сравнении с фертильным аналогом и может быть использована в селекции на повышение устойчивости сорго к болезни [373].

Одной из самых опасных заболеваний на сорго, приводящее к значительному снижению урожайности, является спорынья. ЦМС-линии на основе цитоплазмы А3 и гибриды F1, у которых в качестве материнского родителя использовались данные линии, были более устойчивы к спорынье, вызванной возбудителями *Claviceps africana*. Полученные результаты свидетельствуют о

необходимости включения в селекционный процесс линий с цитоплазмой А3 с целью повышения устойчивости к спорынье [542].

Зерновая плесень – заболевание сорго, широко распространенное в полузасушливых тропиках Африки, Америки и Азии, включая Индию. Зерновая плесень повреждает зерно. Это заболевание вызвано несколькими родами грибов, паразитически и/или сапрофитно взаимодействующими с развивающимся зерном [422]. В Индии *Fusarium verticillioides*, *Curvularia lunata* и *Alternaria alternata* являются более патогенными, чем другие. Плесневение зерна приводит к уменьшению массы семян, их всхожести [533]. У гибридов сорго на цитоплазмах А1 и А2 изучали устойчивость к фузариозу метелки. Исследования показали, что цитоплазма А1 способствует большей устойчивости к плесени [563]. Индийскими учеными проводились исследования по выявлению источников стерильности (А1, А2 и А4 (М), А4 (VZM)) менее восприимчивых к плесени. В селекции гибридов сорго, устойчивых к плесени, выявлено преимущество цитоплазмы А1. Цитоплазма А4(М) способствовала высоким эффектам ОКС, в то время как А1 и А4 (VZM) – высоким эффектам СКС [535]. Вместе с тем, гибриды на основе цитоплазмы А1 были более устойчивы к зерновой плесени по сравнению с цитоплазмой А4(М) в сезон дождей [536].

В Мексике проводился сравнительный анализ гибридов зернового сорго, полученных на основе цитоплазм А1 и А2, по устойчивости к пыльной головне (*Sporisorium reilianum* (Kühn)). Отмечено, стерильная цитоплазма А1 более устойчива к воздействию рас грибов [498].

Поиск устойчивых источников цитоплазматической мужской стерильности к абиотическим и биотическим факторам внешней среды проводится не только у сорго. В литературе отмечены исследования по сравнительному анализу гибридов озимой ржи на цитоплазмах Р- и G-типах по устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине. Установлено, что цитоплазма G-типа более восприимчива к данным патогенам. Кроме того, отмечено влияние типа стерильной цитоплазмы на устойчивость к абиотическим факторам. Так, гибриды F1



на основе Р-типа цитоплазмы отличались наибольшей зимостойкостью и выживаемостью в сравнении с гибридами на G-типе цитоплазмы [262, 283]. У гибридов подсолнечника наблюдали влияние стерильной линии на повышение устойчивости к засухе [583]. Анализ показал, что взаимодействие условий выращивания, генотипа и цитоплазмы отмечено у гибридов кукурузы на основе М и С-типов, которые выращивались в трех экологических пунктах [272]. У африканского просо цитоплазмы А4 и А5 проявили большую экологическую устойчивость в сравнении с цитоплазмами А1, А2, А3 [348].

#### **1.4.2 Морфофизиологические, биохимические признаки и урожайность гибридов F1**

В ряде работ по изучению сорговых культур наблюдали отличие гибридов F1 на цитоплазме А1 от альтернативных источников стерильности. Так, А. Мавес и Р. Аткинс сообщили о снижении урожайности зерна у гибридов А2 по сравнению с гибридами А1, в то время как А. Кишан и С. Борикар сообщили, что А2 превосходит А1 по крупности зерна и урожайности. Вместе с тем, Р. Секрист и Р. Аткинс не обнаружили существенных различий в урожайности зерна между гибридами на цитоплазмах А1 и А2, но они сообщили о снижении урожайности зерна на 6% у гибридов на цитоплазме А3 по сравнению с гибридами на цитоплазме А1 [442, 475, 553]. Например, сравнительный анализ цитоплазм А1, А2, А3 показал, что тип цитоплазмы не влиял на высоту растения и оказывал минимальный цитоплазматический эффект на продолжительность периода от всходов до цветения, но у гибридов с цитоплазмой А3 наблюдалось значительное снижение урожайности по сравнению с гибридами на цитоплазмах А1 и А2. При этом, снижение урожайности гибридов на цитоплазме А3 не связано с восстановительной способностью отцовской формы. Результаты показывают, что гибриды, созданные на цитоплазме А2, формируют урожай, сравнимый с обычно используемой цитоплазмой А1. Таким образом, ЦМС типа А2 обеспечивает подходящую альтернативу для производ-

ства гибридных семян [483]. Преимущество цитоплазмы А2 в повышении урожайности зерна отражено и в работах Кумара с коллегами [456]. В результате последующего сравнения цитоплазматических эффектов А1, А2 и А3 на урожайность зерна и его качество цитоплазму А3 рекомендовали использовать наряду с цитоплазмой А1 [324].

Сравнение гибридов на цитоплазме А1 и А4(М) выявило, что период от всходов до цветения, высота растений и урожай зерна оказались сопоставимы при возделывании после сезона дождей, в то время как в сезон дождей гибриды на основе цитоплазмы А4 (М) на нескольких ядерных фонах значительно превосходили гибриды на основе цитоплазмы А1 по межфазному периоду и урожайности зерна. Следовательно, цитоплазму А4 (М) можно использовать для расширения генетического разнообразия гибридов зернового сорго для повышения урожайности зерна в сезон дождей, но ее использование в сезон дождей не рекомендуется, поскольку семена повреждаются плесенью [535].

Гибриды кукурузы на основе М-типа стерильной цитоплазмы в меньшей степени влияли на снижение высоты, чем аналоги других типов; по урожайности зерна большинство комбинаций на М-типе стерильности превышают оригинальные формы и гибриды на С-типе ЦМС [118]. Влияние взаимодействия генотипа гибрида и типа стерильной цитоплазмы на продуктивность и морфометрические признаки отмечены были и ранее [187].

У гибридов зернового сорго, полученных с использованием изоядерных ЦМС-линий с геномом Раннего 7 на цитоплазмах А1, А2, А4 и 9Е различия по урожайности зерна наблюдались в более засушливый 2003 год, тогда как во влажный 2004 год различия отсутствовали [132]. У гибридов, полученных на основе изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10, трехлетнее испытание выявило стимулирующий эффект цитоплазмы 9Е на урожайность биомассы, а цитоплазмы А3 – зерна в сухой и жаркий вегетационный сезон. Установлено влияние ядерного генома родительских форм на проявление цито-

плазматических различий у гибридов F1 по продуктивности: гибриды, полученные на основе ЦМС-линии с геномом Пищевого 614 и опылителя Меркурий, отличались более высокой урожайностью на цитоплазме M35-1A, тогда как с Пищевым 35 – преимущество на цитоплазме 9E [41].

Наряду с выявлением цитоплазматических эффектов на урожайность и ее элементы структуры также в литературе есть сведения об отсутствии влияния ЦМС типов A1, A2, A3 у сорго-суданковых на высоту растений, урожайность зерна, сбор сухого вещества и сырого протеина [500] и продуктивность биомассы у гибридов зернового сорго [418, 587], период от всходов до цветения и высоту растений [460]. Также результаты исследований показали, что различные системы цитоплазматической мужской стерильности, такие как A1, A2, A3, могут быть использованы для выведения высокоэнергетических гибридов сорго без негативного влияния на урожайность и качественный состав [588]. Сравнительный анализ гибридов сахарного сорго на цитоплазмах A1 и A3 показали превышение показателей по содержанию водорастворимых сахаров на 27%, урожайность биомассы на 29%, выходу сока на 25% и выходу сахаров на 57% у гибридов на этом типе ЦМС. Вероятно, это связано со стерильностью гибридов на цитоплазме A3, в результате чего ассимилянты из стебля не перемещались в метелку и не использовались для образования семян. Также выявлено, что гибриды на цитоплазме A3 отличаются большей устойчивостью к полеганию [430]. В более ранних исследованиях отмечено, что мужская стерильность цитоплазмы A3 может влиять на распределение фотосинтеза между частями растений, что сказывается на накоплении сахаров [502].

У подсолнечника влияние ЦМС на урожайность гибридов не выявлено: гибриды на основе ЦМС RIG0 не уступают по показателям основных хозяйственно-ценных признаков своим аналогам на основе ЦМС PET1 и могут быть рекомендованы для коммерческого производства семян [268]. Интересные результаты получены у гибридов хлопка: основанные на цитоплазматической мужской стерильности превосходили по урожайности и массе коробочек гибриды, созданные с использованием генной мужской стерильности [581].

Изучение цитоплазматических эффектов у изоядерных гибридов F1 сорго не ограничивались только урожайностью. Многими селекционерами рассматривались морфологические, физиологические и биохимические признаки. Исследования по выявлению А3, А4 и 9Е цитоплазматических эффектов у гибридов на основе ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 проводились в скрещиваниях с сортообразцами зернового сорго и суданской травы селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Наблюдения показали, что в каждый сезон 2002-2004 гг. ЦМС типа А3 способствовала снижению высоты растений через 30 дней после всходов как у гибридов зернового сорго, так и сорго-суданковых. Однако, в среднем за период испытаний существенных различий между гибридами F1 не выявлено [132, 141]. Также проводился сравнительный анализ между гибридами на основе ЦМС-линий с геномом Раннего 7 и типами стерильности А1, А2, А4, 9Е в скрещиваниях с сортами зернового сорго Перспективный 1, Старт. Выявлено, что цитоплазма 9Е влияет на увеличение интенсивности начального роста гибридов F1 в среднем за 2003-2004 гг. в сравнении с гибридами на А1, А2, А4 цитоплазмах: 36,8 см против 30,1-31,4 см, соответственно [142].

У сорго трехлетние испытания выявили, что цитоплазма 9Е увеличивает ширину листа у сорго-суданковых гибридов в сравнении с цитоплазмой А3 [141]. Последующее изучение величины фотосинтетических параметров гибридов F1 зернового сорго на А3, А4 и 9Е цитоплазмах показало их зависимость от типа стерильной цитоплазмы и фазы развития растений. Наибольшая величина площади листовой поверхности и фотосинтетического потенциала достигается в межфазный период «выметывание-полная спелость» у гибридов на основе цитоплазмы 9Е [39, 40, 344]. Таким, образом, у гибридов в скрещиваниях как с зерновым сорго, так и суданской травой наибольшее влияние на параметры листьев и фотосинтетический потенциал оказала стерильная цитоплазма 9Е. У гибридов кукурузы на основе С- и М-типов по длине листа выделились гибриды на основе С-типа, по ширине листа – стерильного аналога М-типа [272].

Среди параметров, определяющих эффективность фотосинтеза и обуславливающих, в конечном итоге продуктивность растений, большое значение имеет содержание хлорофилла в листьях. Исследования по накоплению пластидных пигментов проводились у гибридов зернового сорго (в скрещиваниях с опылителем Волжское 615) и сорго-суданковых гибридов (в скрещиваниях с опылителями суданской травы Юбилейная 20, Зональская 6) в фазы кущения, выметывания и цветения. В среднем за изученные межфазные периоды у сорго-суданковых гибридов наибольшее содержание хлорофилла *a*, количественное соотношение суммы хлорофиллов к сумме каротиноидов отмечено у гибридов на основе цитоплазмы 9E; хлорофилла *b* и каротиноидов – на цитоплазме A3 [132]. В среднем за периоды «всходы-кущение», «всходы-выметывание», «всходы-цветение» наибольшее количество зеленых и желтых пигментов, суммы хлорофиллов выявлено в листьях гибрида зернового сорго на цитоплазме 9E. Однако, на стадии кущения цитоплазма A3 снижала количество хлорофиллов, а цитоплазма A4 повышала их содержание [140]. В литературе отмечено, что гибриды африканского проса (полученные на основе источников стерильности A1, A4, A5) различались по содержанию пигментов. У гибридов на цитоплазме A5 отмечен гетерозис по содержанию хлорофиллов [549]. Следует заметить, что у аллоплазматических линий ячменя [290] и горчицы [349, 350] содержание хлорофиллов варьировало в разных ядерно-цитоплазматических комбинациях. Кроме того, у сорго проанализированы ЦМС-линии на основе стерильных цитоплазм A1, A2, A3, A4 и 9E, а также фертильные аналоги по устьичной проводимости, фотосинтетической активности. В результате было установлено, что ЦМС не влияет на газообмен [448].

Одним из элементов продуктивности растений является кустистость. Цитоплазматические эффекты на кустистость были обнаружены у озимой ржи: гибриды на P-цитоплазме существенно отличались по общей кустистости от гибридов на G-цитоплазме, тогда как по продуктивной кустистости различия не выявлены [283]. У гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с геномом Раннего 7 с цитоплазмой 9E продуктивная кустистость оказалась выше, чем у

гибридов с цитоплазмой А1 [142]. Вместе с тем гибриды, у которых в качестве материнской формы использовали ЦМС-линии А3, А4, 9Е Желтозерное 10 в скрещиваниях как с сортообразцами зернового сорго, так и суданской травы, между собой не различались [132, 141].

Сведения в литературе по цитоплазматическим эффектам на продуктивность гибридов разных сельскохозяйственных культур носят противоречивый характер: у одних культур отмечено влияние цитоплазмы, а у других – оно отсутствует. Например, у гибридов F1 озимой ржи цитоплазма G-типа способствовала увеличению продуктивности в сравнении с Р-типом [283] и количеству зерен в колосе ржи [262, 269, 283]. У большинства гибридных комбинаций кукурузы, полученных с использованием ЦМС М-типа отмечена более высокая урожайностью в отличие от гибридов на С-типе [118]. Анализ гибридов африканского проса показал, что цитоплазмы А2, А3, А4 повышали урожайность зерна в сравнении с А1 на 8% [608]. Преимущество отдельных стерильных цитоплазм по сравнению с аналогами по селекционным признакам отмечены у гибридов риса [618]. Интересный факт выявления цитоплазматических эффектов на качественные показатели продукции, например, снижение содержания масла и жирных кислот у гибридов подсолнечника [429]. Влияние 6 типов ЦМС рассматривали у гибридов горчицы по качеству семян: цитоплазматические эффекты отмечены по длине проростков и корешков, а также содержанию сухого вещества [347].

### **1.4.3 Комбинационная способность и гетерозис**

Одним из быстрых и простых способов повышения урожайности зерна и биомассы сельскохозяйственных культур, в том числе и сорго, сбора кормов с единицы площади является использование эффекта гетерозиса у гибридов F1 [494, 573]. Выявление наиболее эффективных генетически разнообразных компонентов скрещиваний, которые могут быть использованы в качестве родительских форм перспективных гетерозисных гибридов является основной

задачей, рассматриваемой в большинстве программ селекции сельскохозяйственных культур [127, 391, 478]. Известно, что менее продуктивные гибриды образуются при скрещивании генетически родственных линий [285]. Кроме того, надежность подобранных родительских компонентов во многом зависит от накопленной информации по степени изменчивости характера наследования селекционных признаков в зависимости от действия факторов внешней среды [304].

В этой связи, необходимым этапом в селекции на гетерозис является изучение общей (ОКС) и специфической (СКС) комбинационной способности исходного материала [32, 94, 435]. ОКС отражает среднее значение генотипа на основе его реакции в скрещиваниях с другими сортами или линиями. СКС показывает отклонение отдельных гибридных комбинаций от ожидаемого среднего эффекта в конкретной схеме скрещиваний [294, 314, 435]. Отбор лучшего родителя по комбинационной способности проводят по оценке их потомства (гибридов) [391].

Анализ комбинационной способности проводят различными способами, используя поликросс, свободное опыление, полный и неполный топкросс, а также диаллельные скрещивания [98, 294]. По мнению некоторых исследователей к наиболее подходящим методом определения комбинационной способности считается топкросс [35]. Этот метод наименее затратный по сравнению с диаллельными скрещиваниями [32].

При создании гетерозисных гибридов очень важной является информация о действии генов, участвующих в экспрессии количественных признаков [314, 428, 478]. Известно, что ОКС определяется действием аддитивных генов, а СКС – доминантных и эпистатических [89, 277, 456].

Родительские формы с высокими эффектами ОКС являются источниками селекционно-ценных признаков, что указывает на их высокую наследуемость. В ряде работ отмечено, что такие формы более приспособлены к условиям выращивания [391]. Вместе с тем, эффекты ОКС и СКС отражают генетическое разнообразие компонентов скрещиваний, которое может изменяться

в зависимости от климатических условий возделывания [35, 304]. Причем, специфическая комбинационная способность в большей степени варьирует в зависимости от микрозоны и условий испытания [209].

Результаты оценки комбинационной способности позволяют более эффективно их применять в селекционных программах скрещиваний и способствуют выявлению гибридов, превосходящих родительские формы по основным хозяйственным признакам [25, 439, 530]. Родительские формы с высокой общей комбинационной способностью могут использоваться в качестве тестеров, а также в селекции сортов-популяций и трехлинейных гибридов [35]. Установлено, что мощные гибриды формируются в результате скрещивания родительских линий с высокой специфической комбинационной способностью [35, 391]. Известны результаты оценки комбинационной способности родительских линий сорго, согласно которым компоненты скрещиваний с высокой ОКС образовывали гибриды с высокими эффектами СКС и гипотетическим гетерозисом по урожайности зерна [321].

В селекции сорго на гетерозис, в основном, используются стерильные линии с высокой комбинационной способностью, полученные на основе цитоплазмы А1 [7, 27, 35, 414, 435, 468, 482, 494, 497, 540, 561]. Также селекционеры уже включают в схемы скрещиваний ЦМС-линии с новыми типами стерильности – А2 и А3 [55, 91, 92, 181, 254, 255, 324, 479, 531].

Однако, совсем немного представлено сведений о цитоплазматических эффектах на комбинационную способность ЦМС-линий, различающихся только типом стерильной цитоплазмы. Публикации с такой тематикой встречаются по рису, африканскому просу, подсолнечнику и несколько по сорго. Например, сравнительный анализ комбинационной способности стерильных линий на основе цитоплазм А4, А5 с А1 у африканского проса выявило преимущество цитоплазмы А5 [454]. Также у африканского проса изучалось влияние цитоплазм (А1, А2, А3, А4, А5) на ОКС стерильных линий в трех экологических пунктах. Цитоплазмы А4 и А5 проявили большую экологическую устойчивость [348].



Определение комбинационной способности нескольких ЦМС-линий подсолнечника с разными стерильными цитоплазмами в двух экологических средах позволило выделить аналоги ЦМС – E002-91A (*H. annuus*), ARG-3A (*H. argophyllus*) и ARG-6A (*H. argophyllus*) для селекции на повышение продуктивности семян в обеих экологических пунктах [582].

У ржи изучалась комбинационная способность исходного материала и гетерозис гибридов на основе P- и R-типов [147].

Следует отметить, что у сорго опубликованы результаты цитоплазматических эффектов только A1, A2 и A4 типов стерильности. A.G. Kishan и S.T. Borikar [442] одними из первых изучали влияние стерильных цитоплазм A1, A2 и A4 на комбинационную способность материнских линий. Отмечено преимущество использования цитоплазмы A2 в формирование массы зерна с одного соцветия. В работах индийских ученых установлены цитоплазматические эффекты на ОКС изоядерных ЦМС-линий с цитоплазмами A1 и A2: наибольшее влияние на эффекты ОКС ЦМС-линий по урожайности зерна и массы 100 зерен оказывала цитоплазма A2. По продолжительности периода «всходы-цветение» и высоте растений гибриды на основе ЦМС типа A2 оказались сопоставимы гибридам с типом A1 [519, 530, 531].

Сравнение эффектов СКС изоядерных ЦМС-линий и гипотетического гетерозиса у гибридов F1 сорго указывает на то, что ЦМС типа A2 так же эффективна, как и аналог на цитоплазме A1. Для коммерческого использования отмечено небольшое преимущество нового типа ЦМС перед типом A1 [530].

В тоже время приводятся данные об отсутствии влияния A1 и A2 типов цитоплазм на комбинационную способность ЦМС-линий сорго [602].

У сахарного сорго проводилась оценка комбинационной способности ЦМС-линий на A1, A2 и A3 типах стерильных цитоплазм по элементам продуктивности, выходу сока и сахаров с единицы площади. Выявлено, что у стерильных гибридов на цитоплазме A3 содержание сухого вещества, урожайность биомассы, выход сока и общего сахара были на 27, 29, 25 и 57% выше

соответствующих фертильных гибридов на цитоплазме А1. Кроме того, гибриды с ЦМС типа А3 также были более устойчивы к полеганию стеблей. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности выращивания стерильных гибридов сахарного сорго с использованием цитоплазмы А3, чтобы обеспечить накопление большего количества биомассы и водорастворимых сахаров в соке главного стебля [430].

Следует отметить, что цитоплазматический эффект на гетерозис гибридов и комбинационную способность стерильных линий риса по селекционным признакам (высота растений, урожайности и периоду до цветения, крупность зерна) наблюдали на основе типа цитоплазм А4 и А8 [411, 558, 569, 572, 611]. У африканского проса тестировали гибриды на основе стерильных цитоплазм А1, А4 и А5 по селекционным и физиологическим признакам: наибольшего эффекта гетерозиса по высоте растений, вегетационному периоду, диаметру соцветия, содержанию пигментов (хлорофилла и каротиноидов), массе 1000 семян, индексу урожая и стабильности мембран достигали гибриды с цитоплазмой А1; гибриды с цитоплазмой А4 отличались показателями продолжительности периода до цветения, продуктивной кустистости, длине соцветия, продуктивности одного растения, урожайности биомассы и содержанию хлорофилла *b*; значительные показатели гетерозиса наблюдали по урожайности метелок у гибридов с цитоплазмой А5 [322, 549]. У пшеницы определение комбинационной способности аллоплазматических линий показало влияние цитоплазмы на содержание в зерне белка [377]. Различия по комбинационной способности аллоплазматических линий, гетерозис гибридов наблюдались и у горчицы [350, 437].

## Заключение по главе 1

Сорго является важной продовольственной, кормовой и технической культурой для многих стран мира. Благодаря своим биологическим особенностям эта культура способна произрастать в очень засушливых регионах мира. С учетом изменения климатических условий на планете становится важным изучение реакции сорго не только на биотические, но и абиотические стрессоры, одним из которых является недостаток влаги и повышение температуры воздуха. Сорго считается одной из засухоустойчивых культур. Однако, стрессоры влияют на снижение как продуктивности, так и вариабельности морфологических, физиологических признаков.

Селекция сорго на повышение засухоустойчивости связана с рядом сложностей: непредсказуемость среды выращивания, взаимодействия между стадиями роста и окружающей среды, что затрудняет отбор образцов. Недостаточность сведений о физиологических особенностях, лежащих в основе механизмов устойчивости к абиотическим стрессорам делает исследования, представленные в данной работе, актуальными.

В селекции гибридов F1 с одной стороны очевидным является изучение адаптивного потенциала исходного материала, а с другой вовлечение в селекционный процесс генетически разнообразных родительских форм. Благодаря генетически различным источникам стерильности открываются возможности расширения коллекции ЦМС-линий, используемых в качестве материнских форм гетерозисных гибридов.

Анализ литературы показал важность роли цитоплазмы в генетическом контроле многих признаков растений (устойчивость к насекомым и возбудителям болезней, изменяющимся климатическим условиям зон возделывания сельскохозяйственных культур, комбинационная способность, гетерозис и т.д.). Полученные сведения необходимо использовать в селекционном процессе на повышение продуктивности, стрессоустойчивости и улучшение селекционно-ценных признаков, качества продукции гибридов F1, а также их внедрении в производство.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1. Материал исследований

#### *Характеристика коллекции ЦМС-линий*

В Нижневолжском регионе проблема районирования гибридов остается актуальной и в настоящее время. В большей степени это связано с оптимальным подбором родительских пар, сочетающих хозяйственно-ценные признаки и устойчиво вызревающих в регионе. Для этого при создании рабочей коллекции ЦМС-линий большое внимание уделялось не только их селекционной ценности (скороспелости, продуктивности, качеству зерна и биомассы и т.д.), но и генетическому разнообразию, путем привлечения разных типов стерильных цитоплазм (А1, А2, А3, А4, А5, А6, 9Е и М35-1А) различного расового и эколого-географического происхождения (таблица 1). В качестве доноров ядерного генома при создании ЦМС-линий использовали гомозиготные фертильные формы, которые поддерживались путем самоопыления в пергаментных изоляторах от 10 (Карлик 4в) до 40 лет (Желтозерное 10) [298, 380, 381].

Вместе с тем, компоненты тестерных скрещиваний в системе зерновое сорго × зерновое сорго были подобраны на основании полученных соискателем с коллегами ранее экспериментальных данных по предварительной оценке комбинационной способности ЦМС-линий: изоядерные стерильные линии А3 Желтозерное 10, А4 Желтозерное 10, 9Е Желтозерное 10 характеризовались высокими значениями эффектов ОКС и дисперсий СКС по параметрам листьев и урожайности зеленой массы, а А2 КВВ 181 и А2 КВВ 114, А2 Кремовое – высокой и средней ОКС по массе зерна с одной метелки, урожайности зерна. При гибридизации родительских форм по схеме зерновое сорго × суданская трава на основе А2 КВВ 114, А2 Восторг и А1 Ефремовское 2 гибриды отличались высокими значениями дисперсий СКС по элементам продуктивности [181].

Таблица 1 – Происхождение и описание ЦМС-линий сорго


	<p>A1 Ефремовское 2. Среднеспелая, высокопродуктивная стерильная линия (урожайность биомассы до 20,0 т/га, семян – 3,15-7,70 т/га) с хорошо развитым листовым аппаратом. Линия вызревает в условиях региона, однако из всей коллекции характеризуется наиболее продолжительным вегетационным периодом. Хорошо скрещивается со всеми видами сорговых культур.</p>
	<p>A1 О-Янг 1. Получена в результате серии беккроссов отбора из линии Янг 1 (Китай) с использованием стерильной цитоплазмы А1 (источник – <i>milo</i>, раса – <i>durra</i>, происхождение – США). Линия раннеспелая, низкорослая, среднепродуктивная. Преимущество перед другими материнскими формами – быстрое высыхание листьев перед уборкой и одностебельность.</p>
	<p>A2 КВВ 181. Выведена в результате серии беккроссов образца КВВ 181 с использованием стерильной цитоплазмы А2 (источник – IS12662С, раса – <i>guinea</i>, происхождение – Нигерия). Характеризуется скороспелостью, сильной кустистостью, мучнистым эндоспермом зерновки, слабой облиственностью и сухостебельностью.</p>
	<p>A2 КВВ 114. Выведена в результате серии беккроссов отбора КВВ 114 с использованием стерильной цитоплазмы А2 (источник – IS12662С, раса – <i>guinea</i>, происхождение – Нигерия). Среднеранняя линия обладает хорошей облиственностью и сочностебельностью. Зерно характеризуется высоким содержанием протеина и жира до 15,19% и 5,17%, соответственно. Консистенция эндосперма – полустекловидная.</p>
	<p>A2 Восторг. Получена в результате серии беккроссов образца О-1237 с использованием стерильной цитоплазмы А2 (источник – IS12662С, раса – <i>guinea</i>, происхождение – Нигерия). Линия отличается более мощным фотосинтетическим аппаратом и питательной ценностью зерна (протеин – 13,16%, жир – 4,26%, крахмал – 74,08%).</p>

Продолжение таблицы 1

	<p>А2 Судзерж светлый. Выведена в результате серии беккроссов линии Судзерж светлый с использованием стерильной цитоплазмы А2 (источник – IS12662С, раса – <i>guinea</i>, происхождение – Нигерия). Для линии характерна тонкостебельность и средняя высота растений. Белое зерно отличается полустекловидным эндоспермом и высоким содержанием протеина (14,34%).</p>
	<p>А2 Тамара. Получена в результате серии беккроссов образца КП-69 с использованием стерильной цитоплазмы А2 (источник – IS12662С, раса – <i>guinea</i>, происхождение – Нигерия). Среднепродуктивная линия обладает низкорослостью, более восковидным эндоспермом зерна. Содержание протеина в зерне в пределах 10-12%.</p>
	<p>А3, А4 и 9Е Желтозерное 10 – изоядерные ЦМС-линии, полученные в результате серии беккроссов образца Желтозерное 10 с ЦМС-линиями А3 Тх398, А4 Тх398, 9Е Тх398 (А3: источник – IS1112С, раса – <i>durra-bicolor</i>, происхождение – Индия; А4: источник – IS7920С, раса – <i>guinea</i>, происхождение – Нигерия; 9Е: источник – IS17218С, раса – <i>guinea</i>, происхождение – Нигерия) [298]. Линии отличаются скороспелостью, слабой кустистостью, крупным зерном.</p>
	<p>А3 Фетерита 14. Выведена в результате серии беккроссов линии Фетерита 14 с использованием стерильной цитоплазмы А3 (источник – IS1112С, раса – <i>durra-bicolor</i>, происхождение – Индия). Высокоросящая продуктивная ЦМС-линия с крупным светлым зерном, характеризующегося биохимическим составом: крахмал – 70,27%, протеин – 14,67%, жир – 3,63%.</p>
	<p>А4 КП 70. Получена в результате серии беккроссов образца КП-70 с использованием стерильной цитоплазмы А4 (источник – IS7920С, раса – <i>guinea</i>, происхождение – Нигерия). Стерильная линия характеризуется крупным удлиненным соцветием с высокой питательностью светлого зерна, в котором до 14,53% протеина, а также мощной листовой пластинкой.</p>



Продолжение таблицы 1

	<p>A1, A2, A3, A4, A5, A6 Карлик 4в – изоядерные ЦМС-линии. Выведены в результате серии беккроссов отбора из образца Карлик 4в с линиями, несущих шесть типов ЦМС-индуцирующих цитоплазм (A1: источник – <i>milo</i>, раса – <i>durra</i>, происхождение – США; A2: источник – IS12662C, раса – <i>guinea</i>, происхождение – Нигерия; A3: источник – IS1112C, раса – <i>durra-bicolor</i>, происхождение – Индия; A4: источник – IS7920C, раса – <i>guinea</i>, происхождение – Нигерия; A5: источник – IS1056C, происхождение – Индия; A6: источник – IS17506C, происхождение – Нигерия). Растения изоядерных ЦМС-линий отличаются карликовостью, высокой кустистостью, восковидным эндоспермом зерна.</p>
	<p>A2 Кремовое. Получена в результате серии беккроссов образца АГС с использованием стерильной цитоплазмы A2 (источник – IS12662C, раса – <i>guinea</i>, происхождение – Нигерия). Скороспелая сочностебельная линия отличается рыхлым соцветием с зерном высокой питательности.</p>
	<p>M35-1A и 9E Пищевое 614 – изоядерные ЦМС-линии. Получены в результате серии беккроссов образца Пищевое 614 с использованием типов стерильности M-35-1A (источник – <i>Maldandi</i>, происхождение – Индия) и 9E (источник – IS17218C, раса – <i>guinea</i>, происхождение – Нигерия) [380, 381]. Основное преимущество – высокая питательная ценность зерна, сочная структура стебля.</p>



*Описание отцовских форм, используемых в скрещиваниях*

**Зерновое сорго.** В качестве компонентов скрещиваний использовались лучшие образцы зернового сорго селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (всего 22). Исходный материал обладает высокой устойчивостью к изменяющимся факторам внешней среды: среди коллекции отцовских форм есть сорта засухоустойчивые и холодостойкие, пластичные и фенотипически стабильные по урожайности и другим селекционным признакам [134, 135, 136].

Вместе с тем, для выведения гетерозисных по продуктивности зерна гибридов F1 необходимо в скрещивания включать восстановители фертильности новых типов стерильных цитоплазм с высокой общей или специфической комбинационной способностью по хозяйственно-ценным признакам. Согласно полученных соискателем с коллегами ранее данных по предварительной оценке комбинационной способности сортов и линий зернового сорго установлено, что Меркурий характеризовался высокой общей и специфической комбинационной способностью по урожайности зерна и массе зерна с одной метелки; Пищевое 35 отличался эффектами ОКС по высоте растений, а Старт дисперсиями СКС. Следует отметить средние дисперсии СКС наблюдались у сортов Волжское 615, Пищевое 614 и Пищевое 35.







В настоящее время большинство из них допущены к использованию на территории засушливых регионов РФ [64]. Чистота исходного материала в эксперименте поддерживались в условиях строгой изоляции: в каждый вегетационный период до начала цветения растения изолировали пергаментными изоляторами. Описание образцов представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Описание сортообразцов, включенных в схему скрещиваний зерновое сорго× зерновое сорго

	<p>Перспективный 1. Раннеспелый сорт (85-95 дней). Тонкостебельный, выдерживает загущение посевов. Урожайность зерна 2,2-3,2 т/га, биомассы – 12,5-15,0 т/га. Высота растений 120-140 см. Содержание в зерне протеина – 12-14%, крахмала – 72-74%. Возможно использование в крахмалопаточной промышленности. Районирован по Нижневолжскому и Средневолжскому регионам с 1996 г.</p>
	<p>Старт. Раннеспелый сорт (90-100 дней). Урожайность зерна 1,8-3,4 т/га, биомассы – 9,0-14,0 т/га. Высота растений 80-100 см. Содержание в зерне протеина – 11-12%, крахмала – 67-71%. Тонкостебельный, выдерживает загущение посевов. Включен в Госреестр по Нижневолжскому региону РФ с 2004 г.</p>



Продолжение таблицы 2

	<p>Меркурий. Раннеспелая селекционная линия. Вегетационный период 95-100 дней. Урожайность зерна 2,9-3,7 т/га, биомассы – 16,0-20,8 т/га. Высота растений 100-105 см. Содержание в зерне протеина – 12-13%, крахмала – 64-69%. Тонкостебельный, толерантный к загущению.</p>
	<p>Огонек. Раннеспелый сорт (90-95 дней). Урожайность зерна 3,1-3,5 т/га, биомассы – 14,0-15,3 т/га. Высота растений 100-120 см. Содержание в зерне протеина – 12-14%, крахмала – 71-72%. Тонкостебельный. Районирован по Уральскому региону с 2012 г.</p>
	<p>Восторг (селекционный номер О-1237). Среднеранняя линия: период от всходов до полной спелости зерна 100-105 дней. Урожайность зерна 2,8-3,7 т/га, биомассы – 11,0-19,3 т/га. Высота растений 115-130 см. Содержание в зерне протеина – 12-13%, крахмала – 72-74%.</p>
	<p>Азарт. Среднеранний сорт: период от всходов до полной спелости зерна 95-105 дней. Урожайность зерна 3,5-4,5 т/га, биомассы – 15,2-17,9 т/га. Высота растений 108-140 см. Содержание в зерне протеина – 12,7-13,0%, крахмала – 70,0-70,6%. Районирован по Средневолжскому и Уральскому регионам РФ с 2016 г.</p>
	<p>Волжское 615. Раннеспелый сорт: период от всходов до полной спелости зерна 100-105 дней. Урожайность зерна 3,0-4,3 т/га, биомассы – 13,0-20,0 т/га. Высота растений 130-140 см. Содержание в зерне протеина – 12-13%, крахмала – 67-69%. Включен в Госреестр по Нижневолжскому региону РФ с 2007 г.</p>
	<p>Кремовое. Среднеранний сорт (100-110 дней). Урожайность зерна 2,6-3,8 т/га, биомассы – 14,0-18,0 т/га. Высота растений 120-130 см. Масса 1000 зерен 28,0 г. Содержание в зерне протеина – 12-13%, крахмала – 68-70%. Включен в Госреестр по Нижневолжскому региону РФ с 2008 г. Выдерживает загущение посевов.</p>

Продолжение таблицы 2

	<p>Пищевое 614. Среднеранний сорт. Vegetационный период 100-115 дней. Урожайность зерна 2,8-3,8 т/га, биомассы – 11,5-18,7 т/га. Высота растений 95-105 см. Пищевое направления использования: содержание в зерне протеина – 12-15%. Включен в Госреестр по Нижневолжскому региону РФ с 2000 г.</p>
	<p>Аванс. Раннеспелый сорт: период от всходов до полной спелости зерна 95-105 дней. Урожайность зерна 3,5-5,4 т/га, биомассы – 15,0-19,1 т/га. Высота растений 98-112 см. Содержание в зерне протеина – 12,5-13,8%, крахмала – 70,0-71,2%. Районирован по Средневолжскому региону РФ с 2014 г.</p>
	<p>Камелик. Раннеспелый сорт. Высота растений при созревании 110-125 см. Урожайность зерна 4,2-6,6 т/га, биомассы – 19,4-35,0 т/га. Содержание в зерне: протеина – 9,9-12,9%, крахмала – 70,7-75,9%. Районирован по Средневолжскому региону РФ с 2013 г. Особенностью этого сорта является быстрое высыхание листьев перед уборкой и одностебельность.</p>
	<p>Факел. Раннеспелый сорт: период от всходов до полной спелости зерна 90-105 дней. Урожайность зерна 3,5-4,5 т/га, биомассы – 15,2-17,9 т/га. Высота растений 110-125 см. Содержание в зерне протеина – 12,7-13,0%, крахмала – 67-70%. Каша из крупы этого сорта характеризуется высокими вкусовыми качествами, хорошей консистенцией и развариваемостью. Районирован по Средне- и Нижневолжскому регионам РФ с 2015 г.</p>
	<p>Топаз. Среднеранний сорт (95-100 дней). Урожайность зерна 3,0-4,3 т/га, биомассы – 13,0-20,0 т/га. Высота растений 135-145 см. Содержание в зерне протеина – 12-13%, крахмала – 73-76%. Возможно использование в крахмалопаточной промышленности и производстве зернофуража, моноорма. Включен в Госреестр по Нижневолжскому и Уральскому регионам РФ с 2012 г.</p>

Продолжение таблицы 2

	<p>Сармат. Среднеранний сорт (100-110 дней). Урожайность зерна 4,4-4,9 т/га, биомассы – 22,5-23,4 т/га. Высота растений 137-145 см. Содержание в зерне протеина – 13-14%, крахмала – 73-75%. Возможно использование в крахмалопаточной промышленности и кормопроизводстве (зернофураж и монокорм). Включен в Госреестр по Нижневолжскому региону РФ с 2012 г.</p>
	<p>Гарант. Среднеспелый сорт. Урожайность зерна 4,0-6,7 т/га, биомассы – 20,0-25,0 т/га. Высота растений 130-150 см. Содержание в зерне протеина – 10,4-12,0%, крахмала – 71,5-78,8%. Предназначен для использования на зернофураж и монокорм. Включен в Госреестр по Нижневолжскому, Средневолжскому и Уральскому регионам РФ с 2016 г.</p>
	<p>Магистр (селекционный номер Л-КСИ 28/13). Среднеспелый сорт. Урожайность зерна 3,43-8,40 т/га, биомассы – 24,8-36,0 т/га. Высота растений 110-130 см. Содержание в зерне протеина – 11%, крахмала – 73-79%. Включен в Госреестр по Средневолжскому и Уральскому регионам РФ с 2019 г.</p>
	<p>Гелеофор. Среднеранний сорт. Высота растений при созревании 110-135 см. Урожайность зерна 4,2-6,2 т/га, биомассы – 25,0-45,0 т/га. Содержание в зерне: протеина – 10,0-12,0%, крахмала – 72-78%. Возможно использование в крахмалопаточной промышленности и кормопроизводстве (зернофураж и монокорм).</p>
	<p>Гранат. Раннеспелый сорт: период от всходов до полной спелости зерна 93-95 дней. Тонкостебельный. Урожайность зерна 4,91-6,10 т/га, биомассы – 19,25-25,80 т/га. Высота растений 118-122 см. Содержание в зерне протеина – 12,5-14,4%, крахмала – 70,3-73,1%. Включен в Госреестр по Уральскому региону РФ с 2017 г.</p>



Продолжение таблицы 2

	<p>Жемчуг. Раннеспелый сорт: период от всходов до полной спелости зерна 84-90 дней. Тонкостебельный. Урожайность зерна 2,2-2,8 т/га, биомассы – 9,35-10,50 т/га. Высота растений 103-112 см. Содержание в зерне протеина – 13,1-15,1%, крахмала – 73,2-77,2%. Включен в Госреестр по Уральскому и Западно-Сибирскому регионам РФ с 2017 г.</p>
	<p>Пищевое 35. Среднеранний сорт: период от всходов до полной спелости зерна 115-120 дней. Урожайность зерна 2,7-3,8 т/га, биомассы – 15,0-19,0 т/га. Высота растений 120-130 см. Содержание в зерне протеина – 13%, крахмала – 62-68%. Возможно использование в пищевой промышленности. Включен в Госреестр по Нижневолжскому региону РФ с 2001 г.</p>
	<p>Л-50/14 (селекционная линия). Среднеранняя: период от всходов до полной спелости зерна составляет 113-118 дней. Урожайность зерна достигает 5,24 т/га, биомассы – 21,85-28,80 т/га. Высота растений при созревании составляет 99,7-123,0 см. Содержание в зерне протеина – 9,87%, крахмала – 74,39%. Светлая окраска зерна.</p>
	<p>Л-65/14 (селекционная линия). Среднеранняя: период от всходов до полной спелости зерна составляет до 114 дней. Урожайность зерна достигает 3,86-4,20 т/га, биомассы – 16,20-25,30 т/га. Высота растений при созревании составляет 120,5-141,9 см. Содержание в зерне протеина – 10,09%, крахмала – 72,77%. Светлая окраска зерна.</p>

**Сахарное сорго.** В программе гибридизации сахарное сорго (всего 13) представлено сортами и линиями собственной селекции, коллекционным сортообразцом и сортами инорайонной селекции (таблица 3). В каждый вегетационный период до начала цветения растения изолировали пергаментными изоляторами для сохранения чистоты исходного материала. Большинство образцов оказались адаптированы к засушливым условиям региона [137, 166]. О целесообразности включения сортов сахарного сорго Флагман, Кинельское 3

в тестерные скрещивания показывают проведенные ранее исследования, в которых установлена их высокая общая или специфическая комбинационная способность по некоторым хозяйственно-ценным признакам [90, 91].

Таблица 3 – Описание сортообразцов, включенных в схему скрещиваний зерновое сорго × сахарное сорго

	<p>Волжское 51. Среднеранний сорт. Районирован по Нижневолжскому и Средневолжскому регионам РФ с 1993 г. Вегетационный период 110-120 дней. Высота 180-190 см. Облиственный. Кустистость 3-4 стебля на 1 растение. Урожайность семян 1,2-1,5 т/га, биомассы 15,0-20,0 т/га. Содержание водорастворимых сахаров 17-18%, сбор с гектара посевов более 2,5 т. Сочетает высокую продуктивность и генетическую гибкость в условиях региона.</p>
	<p>Флагман. Среднеранний сорт. Масса 1000 зерен 22,4 г. Районирован по Нижневолжскому региону РФ с 2010 г. Продолжительность вегетационного периода до 115 дней. Высота растений 197-232 см. Урожайность семян 1,4-2,1 т/га, биомассы 22,6-27,5 т/га. Устойчив к болезням и вредителям, а также засухе. Прекрасная облиственность.</p>
	<p>Чайка. Среднеранний сорт. Масса 1000 зерен 19,3-25,5 г. Районирован по Нижневолжскому региону РФ с 2011 г. Продолжительность вегетационного периода 114-118 дней. Высота растений 165-187 см. Сочностебельный. Урожайность семян 2,95-4,18 т/га, биомассы 24,7-36,4 т/га, абсолютно сухого вещества 8,6-11,7 т/га. Содержание водорастворимых сахаров 12-15%. Хорошая озерненность соцветия. Характеризуется высокой стрессоустойчивостью.</p>
	<p>Сахара. Среднеранний сорт. Районирован по Центрально-черноземному региону РФ с 2016 г. Продолжительность вегетационного периода 106-115 дней. Высота растений 178-186 см. Хорошо облиственный. Урожайность семян 2,4-3,6 т/га, биомассы 20,5-31,3 т/га. Содержание водорастворимых сахаров 18-21%. Сбор сахаров с гектара посевов более 3,0 т. Масса 1000 зерен – 23,4 г.</p>

Продолжение таблицы 3

	<p>к-64. Сортообразец из мировой коллекции ВИР. Отличается высотой 198-226 см при созревании и крупным соцветием (длина – 20,3-30,8 см, ширина – 10,1-16,1 см). Урожайность семян 2,2-5,0 т/га, биомассы 23,2-29,3 т/га. Содержание водорастворимых сахаров 11-16%.</p>
	<p>Саратовское 90. Оригинатор ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока». Раннеспелый сорт. Районирован по Нижневолжскому региону РФ с 1994 г. Высота растений 188-204 см. Урожайность семян 1,95-4,20 т/га, биомассы 19,4-27,9 т/га. Содержание водорастворимых сахаров 17-19%. Практически голозерный. Сочетает высокую продуктивность и генетическую гибкость в условиях региона.</p>
	<p>Камышинское 8. Оригинатор ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН». Среднеспелый сорт. Районирован по Нижневолжскому региону РФ с 1981 г. Высота растений 170-204 см. Урожайность биомассы 24,1-27,2 т/га. Содержание водорастворимых сахаров 13-17%. Хорошая озерненность соцветия.</p>
	<p>Кинельское 3. Оригинатор ФГБУН «Самарский Федеральный исследовательский центр РАН». Раннеспелый сорт. Районирован по Нижневолжскому региону РФ с 1975 г. Высота растений 181-205 см. Урожайность семян 2,1-4,8 т/га, биомассы 17,5-25,8 т/га. Содержание водорастворимых сахаров 12-16%.</p>
	<p>Изольда (селекционный номер Л-60/12). Продолжительность вегетационного периода 105-111 дней. Высота растений 177-202 см. Облиственный. Урожайность семян 3,4-5,8 т/га, биомассы 33,0-40,0 т/га. Содержание водорастворимых сахаров 16,7-18,2%. Хорошая вымолачиваемость зерна. Районирован по Центрально-черноземному и Уральскому регионам РФ с 2024 г.</p>



Продолжение таблицы 3

	<p>Л-39/12 (селекционная линия). Высота растений 190-202 см. Растения хорошо облиственные. Урожайность семян 2,95-4,16 т/га, биомассы 17,0-22,0 т/га. Содержание водорастворимых сахаров 16-21%. Длина наибольшего листа – 55,4-67,3 см. Масса 1000 зерен 25,3-30,6 г. Характеризуется хорошей вымолачиваемостью зерна.</p>
	<p>Л-42/13 (селекционная линия). Отличается высокорослостью: высота растений 188-217 см и мощным листовым аппаратом: длина наибольшего листа – 56,3-64,7 см. Урожайность семян 3,08-4,25 т/га, биомассы 17,2-28,1 т/га. Содержание водорастворимых сахаров 17-20%. Одностебельная.</p>
	<p>Л-59/13 (селекционная линия). Высокоролая линия: при созревании достигает 185-221 см. Урожайность семян 3,31-4,40 т/га, биомассы 20,0-26,7 т/га. Содержание водорастворимых сахаров 15-19%. Характеризуется широкими листьями – 6,2-7,8 см. Масса 1000 зерен 22,6-29,7 г. Средняя вымолачиваемость зерна.</p>
	<p>Л-52/13 (селекционная линия). Высота растений 174-196 см. Урожайность семян 2,58-6,02 т/га, биомассы 20,85-28,20 т/га. Содержание водорастворимых сахаров 13-18%. Растения этой линии характеризуются слабой кустистостью. Масса 1000 зерен 21,7-29,7 г.</p>

Согласно таблицам 2 и 3 отцовские формы зернового и сахарного сорго различаются по фенологическим, морфометрическим, биохимическим показателям и направлениям использования, что позволило их включать в гибридизацию с коллекцией ЦМС-линий. В результате скрещиваний материнских и отцовских компонентов получено и изучено 205 гибридных комбинаций первого поколения (приложение 1), в том числе влияние стерильной цитоплазмы на физиологические показатели определяли у 29 комбинаций скрещиваний; на

комбинационную способность (1) изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 в скрещиваниях зернового сорго – 54 комбинации скрещиваний, в скрещиваниях сахарного сорго – 39 комбинаций скрещиваний и (2) изоядерных ЦМС-линий с геномом Карлика 4в – 54 комбинации скрещиваний. Комбинационную способность стерильных линий с А1, А2, А3, А4, 9Е и М35-1А типами цитоплазм определяли по испытанию 49 гибридных комбинаций. Расщепление в 2 семьях F2 (А4 Желтозерное 10/Азарт, 9Е Желтозерное 10/Азарт) анализировали по восстановлению фертильности.

Гибриды зернового сорго сравнивали со стандартами (районированными сортами и гибридом): стандарт урожайности – гибрид Орион и сорт Волжское 44; стандарт качества зерна – Пищевое 614.

## **2.2. Методы исследований**

Исследования на вегетирующих растений проводились на опытном поле ФГНУ РосНИИСК «Россорго» в 2009-2023 гг. Ежегодно опытные деланки размещали по пару. Обработка почвы экспериментального участка проводилась согласно зональной технологии возделывания, которая включала основные операции – вспашку, весеннее боронование, предпосевную культивацию, посев, прикатывание, 2-3 междурядных культивации, уборка [68]. Посев родительских компонентов и полученных на их основе гибридов F1 осуществляли селекционной сеялкой точного высева СКС-6-10 и размещали в питомниках исходного материала и гибридном (F1, F2).

Площадь деланки гибридного питомника, оценки комбинационной способности и родительских форм составила 7,7 м<sup>2</sup> (длина двухрядковой деланки составляет 5,5 метров, ширина междурядья 70 см); предварительного сортоиспытания 15,4 м<sup>2</sup> (длина двухрядковой деланки составляет 11 метров, ширина междурядья 70 см). Расстояние между растениями 8-10 см. Повторность рендомизированных деланок в опыте трехкратная [79]. Густоту стояния растений исходного материала и гибридов (100-150 тысяч растений на гектаре) корректировали вручную.



Контроль за ростом и развитием растений осуществляли по Ф.М. Куперман [185]. Начало фазы (всходы, выметывание, цветение, молочно-восковая, полная спелость) отмечали по вступлению в нее 10% наблюдаемых растений, а полное наступление фазы – не менее 75% растений.

Оценку признаков и учет урожайности выполняли согласно «Широкому унифицированному классификатору СЭВ и Международному классификатору СЭВ» возделываемых видов рода *Sorghum Moench* [308] и общепринятой методике государственного сортоиспытания [207]. Измеряли высоту растений через 30 дней после всходов и при созревании, выдвинутость и параметры соцветия, параметры наибольшего и флагового листа, кустистость, массу 1000 зерен, массу и число зерен с одной метелки, урожайность зерна и биомассы. Учет фактической урожайности зерна и зеленой массы проводился во всех повторностях при сплошной поделяночной уборке вручную с помощью серпа. При учете урожая зеленой массы измеряли долю в нем листьев и стеблей. При определении продуктивности зерна, приводили к стандартной влажности (14%).

Площадь листа (см<sup>2</sup>) определяли по формуле [78, 286].

$$S=D \times L \times 0,746,$$

где D – ширина листа, см; L – длина листа, см; 0,746 – переводной коэффициент.

Методом взвешивания отобранных двух проб семян определяли массу 1000 зерен согласно ГОСТу 120042-80 [66].

Совместно с сотрудниками лаборатории биохимии и биотехнологии ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» определяли биохимический состав зерна и биомассы на инфракрасном анализаторе Spectra Star XT.

Содержание абсолютно сухого вещества вегетативной массы и стеблей по ГОСТу 31640-2012 [67]: растения измельчали, приготавливали четыре навески по 100 г, которые высушивали при температуре +70°C в сушильном шкафу ТИП: 1231/С-1/ЛП-309 (Польша) и доводили до постоянного веса; навески взвешивали до и после высушивания; по процентному содержанию влаги в навеске определялся выход абсолютно сухого вещества с единицы площади.

Расчет валовой энергии (МДж/кг сухого вещества) зерна рассчитывали на основе биохимического анализа с использованием формулы [70]:

$$ВЭ=23,95 \times (\text{протеин}) + 39,77 \times (\text{жир}) + 20,05 \times (\text{клетчатка}) + 17,46 \times (\text{БЭВ}).$$

Адаптивную способность ЦМС-линий определяли по следующим показателям:

– коэффициент линейной регрессии ( $b_i$ ) [374].

$$b_i = \frac{\sum Y_{ij}I_j}{\sum I_j^2},$$

где  $\sum Y_{ij}I_j$  – сумма произведения показателя признака  $i$ -го сорта за  $j$ -й год на соответствующую величину индекса условий среды;  $\sum I_j^2$  – сумма квадратов индексов условий среды. Индекс условий среды рассчитывается как разность между отношением суммы показателя признака всех сортов за  $i$ -й год на количество сортов и отношением сумма показателя признака у всех сортов за все годы к произведению количество сортов и число лет ( $I_j = (\sum Y_{ij}/v) - (\sum \sum Y_{ij}/vn)$ ). При значениях  $b_i < 0,6$  – экстенсивная форма с очень низкой фенотипической стабильностью;  $0,6 < b_i < 0,7$  – экстенсивная форма с низкой фенотипической стабильностью;  $0,7 < b_i < 0,8$  – экстенсивная форма с пониженной фенотипической стабильностью;  $0,8 < b_i < 0,9$  – экстенсивная фенотипически высоко стабильная форма;  $0,9 < b_i < 1,1$  – очень высокая фенотипическая стабильность;  $1,1 < b_i < 1,2$  – интенсивная фенотипически высоко стабильная форма;  $1,2 < b_i < 1,3$  – интенсивная форма с пониженной фенотипической стабильностью;  $1,3 < b_i < 1,4$  – интенсивная форма с низкой фенотипической стабильностью;  $b_i > 1,4$  – интенсивная форма с очень низкой фенотипической стабильностью. Пластичность тем выше, чем меньше изменчивость комплекса его селекционно-ценных признаков в различных условиях выращивания по сравнению с другими образцами исследуемой выборки;

– индекс стабильности ( $H_i$ ) рассчитывается как отношение  $X^2/S$  [204],

где  $X$  – средняя величина показателя признака сорта в определенных условиях,  $S$  – среднеквадратическое отклонение показателя признака сорта в опыте.

– индекс засухоустойчивости (*DSI*) рассчитан по формуле Фишера и Маурера [309]:

$$DSI=(1-Y/Y_p)/(1-X/X_p),$$

где  $Y_p$  – урожай без стресса,  $Y$  – урожай в условиях стресса,  $X$  – средняя урожайность по всем образцам при стрессе,  $X_p$  – средняя урожайность по всем образцам без стресса.

Засухоустойчивость родительских форм и гибридов на ранних стадиях роста и развития определяли путем создания искусственного водного стресса в лабораторных условиях согласно методике определения особенностей набухания семян [267]. Однако, для проведения диагностики сорговых культур данным методом потребовалось уточнение условий опыта. В частности, в методике не указаны показатели массы навески или количество семян пробы, температуры воздуха. В литературе отмечена важность в использовании для определения устойчивости здорового семенного материала одного года репродукции и выращенного в одном месте, т.к. степень негативного воздействия на растения во многом зависит от сопутствующих условий, соблюдение указанных условий окружающей среды является необходимым [165]. Необходимо обратить внимание на то, что разнокачественность семян приводит к разным способам поступления воды в семена [232, 270]. Поэтому для опыта отбирали семена одинакового размера. Следует отметить, что сорговые культуры оказались чувствительны к температуре воздуха в период поглощения воды семенами и дальнейшего их проращивания [405]. В этой связи, во избежание большой ошибки опыта, в чашки Петри закладывали 50 одинаковых по размеру семян на фильтровальной бумаге в 3-х кратной повторности, аналогично ГОСТу 12038-84 [65] по определению всхожести семян сорго. В качестве осмотического стрессора использовали сахарозу (с давлением 19 атмосфер – концентрация 26,3%) и нитрат калия (72 атмосфер – концентрация 29,4%). Степень набухания семян в растворах осмотиков сравнивали с контрольным вариантом (дистиллированная вода). Семена заливали 5 мл раствора в зависимости от варианта опыта: 1 – дистиллированная вода (контроль); 2 – сахароза; 3

– нитрат калия). Во избежание влияния изменений температуры воздуха во время эксперимента чашки Петри с семенами помещали в термостат ТСО-200 СПУ электрический суховоздушный охлаждающий с постоянной температурой (Россия) ( $t=25^{\circ}\text{C}$  – оптимальная для проращивания семян сорго). Перед каждым взвешиванием на лабораторных электронных весах Сарто-Госм с высокой точностью (до 0,001 г) семена извлекали из чашек Петри и промокивали фильтровальной бумагой. Аналогичный подход к подбору условий опыта отмечен китайскими исследователями при изучении солевого стресса на набухание семян сорго [617]. Динамику набухания изучали через один час, два, четыре, шесть, двадцать четыре и сорок восемь часов. Набухание семян определяли по формуле:

$$A=(M_1-M_2) \times 100/ M_2,$$

где  $M_1$  и  $M_2$  – массы набухшего и исходного образцов.

Эта формула использовалась и при оценке набухания зернобобовых культур [225].

Оценку показателей водного режима листьев проводили согласно Диагностике устойчивости растений к стрессовым воздействиям [156, 263, 266]. Анализ засухоустойчивости линий анализировали согласно классификации, представленной в таблице 4.

Таблица 4 – Шкала оценки параметров водного режима листьев для определения относительной засухоустойчивости [266].

Оценка засухоустойчивости	Оводненность листьев, %	Водный дефицит, %	Потеря воды листьями после увядания, %	Средняя потеря воды за 1ч увядания, %
Низкая	59,5 и менее	20,1 и более	50,1 и более	11,1 и более
Средняя	60,0-69,9	10,1-20,0	30,1-50,0	10,1-11,0
Высокая	70,0 и более	до 10,0	до 30,0	до 10,0

С этой целью у 4-5 растений каждого образца брали наибольшие листья в двух повторениях в фазу «цветения». Для определения оводненности тканей

(ОТ) листья высушивали в сушильном шкафу при температуре 105°C до постоянной массы. Количество воды в процентах от сырой массы навески определяли по формуле:

$$ОТ = ((a-b)/a) \times 100\%,$$

где  $a$  – масса сырой навески (г);  $b$  – масса сухой навески (г).

Потерю воды (ПВ) листьями в процентах определяли через 0,5; 1,0; 1,5 и 24 часа путем взвешивания листьев в лаборатории на электронных весах, затем проводился расчет показателя по формуле:

$$ПВ = (B/A) \times 100\%,$$

где  $A$  – содержание воды в листьях до начала опыта (г);  $B$  – потеря воды за определенный промежуток времени (г).

Для определения водного дефицита (ВД) листья помещали в сосуд с водой и накрывали. После 24-часового насыщения листья промокали фильтровальной бумагой и взвешивали.

$$ВД = ((M_2 - M_1) \times 100\%) / (M_2 - M_3),$$

где  $M_1$  – масса листьев до насыщения водой (г),  $M_2$  – масса листьев после 24-часового насыщения (г);  $M_3$  – масса сухой навески (г).

Содержание хлорофиллов  $a$  и  $b$  определяли спектрофотометрическим методом на приборе ПЭ-5300В у 4-го снизу листа трех растений с делянки в фазы кущения, выметывания и цветения гибридов F1 и родительских форм в 2010, 2016-2017 гг. Навеску массой 5 г из свежих листьев растирали в ступке с небольшим количеством ацетона и песка в присутствии соли. Далее небольшими порциями ацетона обесцвечивали фильтрат. Измеряли объем профильтрованного экстракта. Затем 1 мл профильтрованного экстракта разбавляли ацетоном до 25 мл. Концентрацию пигментов рассчитывали по уравнениям Хольма-Ветгштейна [85]:

$$C_{\text{хл. } a} = 9,784 \cdot D_{662} - 0,990 \cdot D_{664}; \quad C_{\text{хл. } b} = 21,426 \cdot D_{664} - 4,650 \cdot D_{662},$$

где  $D_{662}$  и  $D_{664}$  – показания оптической плотности хлорофилла  $a$  и  $b$ .

Содержание пигментов в исследуемом материале с учетом объема вытяжки и навески определяли по формуле:

$$A=C \cdot V / (P \cdot 1000),$$

где  $A$  – содержание пигмента, мг/г сухого (или сырого) веса;  $C$  – концентрация пигмента, мг/л;  $V$  – объем вытяжки, мл;  $P$  – навеска сухого (или сырого) веса.

Гибриды F1 получены путем опыления пыльцой отцовских растений, предварительно собранной в пергаментный изолятор. Скрещивание осуществляется не менее чем на трех метелках материнских форм. Родительские компоненты изолировали в фазу выметывания. Гибриды F2 получены от самоопыления растений гибридов первого поколения.

Общую (ОКС) и специфическую (СКС) комбинационную способность (КС) ЦМС-линий и опылителей оценивали методом топкросса: все изучаемые линии скрещиваются с общим тестером, в качестве которых выступали не менее трех линий, сортов [241]. Анализ ОКС данным методом позволяет выделить линии, скрещивание которых приводит к получению гибридов, превышающих по урожайности родительские формы. Причем, использование нескольких тестеров позволяет получить сведения об СКС, с помощью которой выявляются конкретные фертильные и стерильные линии для создания высокогетерозисных гибридов. Данный метод охарактеризовывает конкретные гибриды и КС родительских компонентов. Количество прямых гибридов в схеме скрещиваний равно  $P_1 \times P_2$ . Средние величины по каждому гибриду или показатели КС сравниваются между собой, оценивается достоверность различий между каждой сравниваемой парой.

Генотипический эффект гибридов состоит из элементов:

$v_{ij} = g_i + g_j + s_{ij}$ , где  $g_i$  – эффект комбинационной способности  $i$ -го родителя ( $P_1$ );  $g_j$  – эффект комбинационной способности  $j$ -го родителя ( $P_2$ );  $s_{ij}$  – эффект специфической комбинационной способности  $i$ -го и  $j$ -го родителей.

ОКС  $i$ -х родителей:  $\sigma^2 + (P_2 / (P_1 - 1)) \times \sum g_i^2$ ;

ОКС  $j$ -х родителей:  $\sigma^2 + (P_1 / (P_2 - 1)) \times \sum g_j^2$ ;

СКС:  $\sigma^2 + (1 / ((P_1 - 1) \times (P_2 - 1))) \times \sum_i \sum_j s_{ij}^2$ , где  $\sigma^2$  – средний квадрат случайных отклонений.

Для выявления гетерозисных гибридов определяли комбинационную способность 7 стерильных линий: BC<sub>7</sub> A1 О-Янг 1, BC<sub>15</sub> A2 КВВ 114, BC<sub>12</sub> A2 Восторг, BC<sub>12</sub> A3 Фетерита 14, BC<sub>12</sub> A4 КП 70, BC<sub>12</sub> M35-1А Пищевое 614 (П614), BC<sub>12</sub> 9Е Пищевое 614 (П614). Анализировали гибриды F1 (всего 49 в 2015-2017 гг.) в скрещиваниях с опылителями Меркурий, Огонек, Аванс, Топаз, Волжское 615, Пищевое 35, Волжское 4.

Для выявления цитоплазматических эффектов на комбинационную способность использовали два набора изоядерных ЦМС-линий, различающихся только типом цитоплазмы:

(1) BC<sub>18</sub> A3, A4 и 9Е Желтозерное 10 (Ж10) скрещивали с опылителями зернового (Перспективный 1, Меркурий, Огонек, Аванс, Факел, Азарт, Гарант, Топаз, Волжское 615, Старт, Л-КСИ 28/13, Камелик, Гелеофор, Кремовое, Пищевое 614, Сармат, Восторг, Пищевое 35) и сахарного сорго (Волжское 51, Чайка, Флагман, Камышинское 8, Кинельское 3, Саратовское 90, к-64, Л-60/12, Л-39/12, Л-80/12, Л-42/13, Л-52/13, Л-59/13), при этом изучали 54 гибрида в 2015-2017 гг. и 39 в 2016-2018 гг., соответственно;

(2) BC<sub>8</sub> A1, A2, A3, A4, A5, A6 Карлик 4в (К4в) с опылителями зернового сорго (Восторг, Аванс, Меркурий, Гелеофор, Жемчуг, Гранат, Кремовое, Волжское 615); в 2017 г. анализировали 54 гибрида F1, а в 2018 г. – 42.

Степень доминирования определяли по формуле [73]:

$$h_p = (F1 - P_{cp}) / (P_l - P_{cp}),$$

где F1 – значение признака гибрида, P<sub>cp</sub> – среднее значение признака родительских форм, P<sub>л</sub> – значение признака лучшей родительской формы.

Величину фенотипического доминирования признаков у гибридов первого поколения характеризовали по схеме [407]:  $h_p < -1$  – гибридная депрессия;  $h_p = -1,0$  – полное доминирование меньшего значения признака;  $-1 < h_p < -0,5$  – неполное доминирование меньшего значения признака;  $-0,5 < h_p < 0$  – частичное доминирование меньшего значения признака;  $0 < h_p < 0,5$  – частичное доминирование большего значения признака;  $0,5 < h_p < 1$  – неполное доминирование

большого значения признака;  $hr=1,0$  – полное доминирование большого значения признака;  $hr>1,0$  – сверхдоминирование;  $hr=0,5$  – полудоминирование большого значения признака;  $hr=-0,5$  – полудоминирование меньшего значения признака.

Гетерозис рассчитывали по формулам [73]:

$$\Gamma_{\text{истинный}} = ((F_1 - P_{\text{л}}) / P_{\text{л}}) \times 100\%;$$

$$\Gamma_{\text{гипотетический}} = ((F_1 - P_{\text{ср}}) / P_{\text{ср}}) \times 100\%;$$

$$\Gamma_{\text{конкурсный}} = ((F_1 - P_{\text{ст}}) / P_{\text{ст}}) \times 100\%,$$

где  $F_1$  – показатель гибрида;  $P_{\text{л}}$  – показатель лучшей родительской формы;  $P_{\text{ср}}$  – среднее значение родительских форм;  $P_{\text{ст}}$  – значение признака стандарта.

Для интерпретации экспериментальных данных по частоте проявления истинного, гипотетического и конкурсного гетерозиса выделены следующие интервалы варьирования: 1)  $<0$ ; 2) 0-25%; 3) 25-50%; 4) 50-75%; 5) 75-100%; 6)  $> 100\%$ .

Уровень фертильности оценивали по завязыванию зерна в метелках, изолированных перед началом цветения. В зависимости от уровня завязываемости семян растения классифицировали как стерильные (с) – 0%, полустерильные (пс) – до 40%, фертильные – более 40% завязывания [521]. Образцы, в скрещиваниях с которыми все гибридные растения были стерильными, относили к закрепителям стерильности (В). Опылители, в комбинациях с которыми все гибридные растения были фертильными, обозначали восстановителями мужской фертильности (R). Кроме того, уровень фертильности оценивали по окраске пыльцы раствором йодистого калия [229, 499]. Анализировали пыльцу у трех растений в рядке в двух повторностях в фазу цветения (по 100 пыльцевых зерен в каждом повторении). Пыльцу или пыльники сорго собирали, стряхивая их в пергаментный пакетик, с разных частей метелки. Общепринято, что полностью окрашенные пыльцевые зерна (ПЗ) оцениваются как фертильные, обозначенные в данном исследовании как тип I (рисунок 2а). ПЗ с аномальной окраской содержимого может быть следствием нарушений в накоплении крахмала [282]. Такие зерна относили к дефектным. С менее ин-



тенсивной окраской ПЗ относили к типу II (рисунок 2б). ПЗ с небольшим количеством содержимого обозначили как тип III (рисунок 2в). ПЗ со слабой окраской содержимого – тип IV (рисунок 2г) и пустые ПЗ – тип V (рисунок 2д).

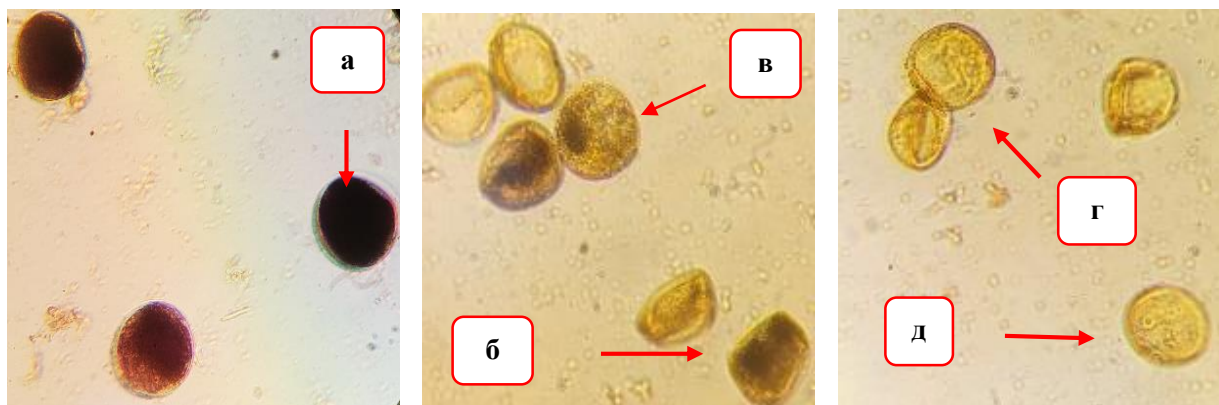


Рисунок 2 – Типы нормальных и дефектных пыльцевых зерен у сорго:  
а – фертильное пыльцевое зерно; б – с менее интенсивной окраской содержимого; в – с небольшим количеством содержимого; г – со слабой окраской содержимого; д – пустое пыльцевое зерно.

**ПЦР-анализ** (полимеразная цепная реакция) осуществляли следующими этапами: геномную ДНК выделяли из листьев (с 7 проростков каждого образца) модифицированным ЦТАБ-методом (цетилтриметиламмонийбромид) [289]. Для выявления молекулярных маркеров, ассоциированных с генами-восстановителями ЦМС типа 9E (*Rf-9E*), проводили ПЦР-анализ с праймерами, амплифицирующими SSR-маркеры sam60498 и sam26858a, расположенных в прицентромерном районе 2 хромосомы сорго, в котором, согласно предыдущим исследованиям [297], может располагаться один из генов *Rf-9E*. Последовательности праймеров и режимы амплификации указаны в таблице 5. ПЦР проводили с использованием ДНК-амплификатора T100 (BioRad, США). Условия ПЦР были следующими: для pos-промотора: 95° С (2 мин); 40 циклов [95° (30 сек), 64° (30 сек); 72° (1 мин 10 сек)]; 72° (7 мин). Амплификацию проводили в соответствии с режимами, рекомендованными в публикации (таблица 5). Амплифицированные фрагменты фракционировали в 3,5% агарозном геле в 0,5-кратном ТАЕ-буфере (трис-ацетатный электродный буфер) при

напряжении 175 V (90 мин). Для визуализации фрагментов ДНК использовали 0,01% водный раствор бромистого этидия.

Таблица 5 – Составы праймеров, использованных в исследованиях

Наименование	Последовательность (5'→3')	Ссылка
sam60498, F	TTAGTTTGATATTTTCAGTGCG	[462]
sam60498, R	AAGACGAACTGTCAAACAAGA	
sam26858a, F	CCCTTTGCCTCTACTTGTC	[462]
sam26858a, R	AATGATACACAGAAATGCAAGA	

### 2.3 Статистические методы анализа

Статистическая обработка результатов исследований выполнена с помощью пакета программ «AGROS 2.09» [205].

Существенность различий между образцами (или вариантами опыта) определяли с использованием уровня значимости  $p \leq 0,05$  методом дисперсионного однофакторного и многофакторного анализов.

Методами статистического анализа выборки рассчитывали варьированность признаков по коэффициенту вариации ( $V$ , %): если  $V < 10\%$ , то степень варьирования классифицирована как слабая (или незначительная);  $10\% < V < 20\%$  – средняя;  $V > 20\%$  – сильная [79, 97].

Методом регрессионного анализа рассчитывали показатели адаптивности генотипа по коэффициенту линейной регрессии.

Для определения тесноты связи между изучаемыми показателями использовали коэффициент корреляции ( $r$ ): при  $r > 0,7$  теснота связи считается сильная;  $0,3 < r < 0,7$  – средняя;  $r > 0,3$  – слабая [79].

Построение дендрограмм сходства образцов исходного материала проводили методом кластерного анализа по минимуму Евклидова расстояния.

Эффекты ОКС и дисперсии СКС родительских форм оценивали на основе математической модели, предложенной В.К. Савченко.

## 2.4 Почвенно-климатические условия зоны проведения опытов

Климат Саратовской области относится к среднеконтинентальному, для которого характерной особенностью является непродолжительная засушливая весна, жаркое и сухое лето, холодная и в основном, малоснежная зима. Ветровой режим способствует частой повторяемости сухих воздушных потоков восточных и юго-восточных направлений. Температурный режим и условия влагообеспеченности неоднородны. Годы с влажной погодой в течение всего вегетационного сезона – редкость. Среднегодовая сумма осадков по районам колеблется от 340 до 530 мм: для Левобережья – 340-400 мм, Правобережья – 480-530 мм. Испаряемость за теплый период года (с апреля по октябрь) – от 450 до 770 мм. За период с температурой выше +10°C (вегетационный период сорговых культур) обычно выпадает 200-250 мм осадков для Левобережья и до 300 мм для Правобережья. Так как осадки в основном носят ливневый характер, они плохо усваиваются растениями, основная их масса испаряется или стекает с поверхности почвы. Теплообеспеченность области варьирует в пределах 2500-3100°C суммы активных температур [194].

С наступлением отрицательных температур в зимний период появляется снежный покров высотой до 0,20 м. Средняя продолжительность периода с устойчивым снежным покровом составляет 125 дней. На зимнее время приходится 30-35% годовой нормы осадков [193].

В конце марта заканчивается снеготаяние, начинается оттаивание почвы, которое полностью завершается в первой декаде апреля. Несмотря на раннее наступление весны, заморозки в этом регионе отмечаются до конца мая. Во второй декаде апреля происходит переход среднесуточной температуры воздуха через +5°C, а в третьей декаде – через +10°C. Быстрое повышение температуры воздуха весной связано с одновременным усилением ветров, что ускоряет таяние снегов и иссушение почвы. Большая скорость ветра, превышающая 5 м/с приводит к острому дефициту влаги в почве. Характерной особенностью ветрового режима является частая повторяемость сухих воздушных потоков восточных и юго-восточных направлений.

Среднегодовая температура воздуха  $+4,2-6,3^{\circ}\text{C}$ , а амплитуда среднемесячных температур между наиболее теплым и холодным месяцем достигает  $32,0-36,3^{\circ}\text{C}$  [194]. Абсолютный минимум температур достигается в январе  $-40^{\circ}\text{C}$ , а абсолютный максимум температур приходится на июль-август и достигает  $+42^{\circ}\text{C}$ .

Осень наступает в середине сентября, когда начинается значительное снижение температуры воздуха и возможны первые осенние заморозки. Начало холодного периода начинается с перехода температур через  $0^{\circ}\text{C}$ , что соответствует второй декаде ноября. Число дней безморозного периода – 130-165 дней [194].

Научными сотрудниками ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» отмечено изменение климатических показателей на территории области. Так, в последние годы (2001-2018) увеличивается число крупных аномалий температур воздуха и их перепады, повторяемость засух и экстремальных осадков по сравнению со средними многолетними показателями [192]. На рост годовой температуры воздуха основное влияние оказывают из весенних месяцев – март, летних – июль, август, осенних – сентябрь, ноябрь. При этом максимальное увеличение температуры воздуха отмечается в августе – на  $2,0-2,2^{\circ}\text{C}$  [191].

Почва участка № 2 опытного поля представлена слабовыщелоченным южным черноземом (рисунок 3). Механический состав среднесуглинистый. Такой тип почвы характеризуется способностью удерживать большие запасы доступной для растений влаги. В слое 20-40 см содержится 3,5% гумуса. Плотность почвы опытного участка составляет  $1,21\text{ г/см}^3$ .

По содержанию питательных веществ почва считается среднеобеспеченным. Так, нитратного азота в ней содержится  $7,7\text{ мг/кг}$ , доступного фосфора (по Мачигину) –  $35,0\text{ мг/кг}$ . Обеспеченность обменным калием (по Масловой) – высокая и составляет  $364\text{ мг/кг}$ . Согласно шкале обеспеченности почв доступными формами микроэлементов содержание цинка, меди, марганца слабое:  $\text{Zn} - 0,26\text{ мг/кг}$ ,  $\text{Cu} - 0,09\text{ мг/кг}$ ,  $\text{Mn} - 5,1\text{ мг/кг}$ ; бора – хорошее ( $1,68\text{ мг/кг}$ ). Реакция почвенной среды ближе к слабокислой:  $\text{pH} - 6,37$ .



Рисунок 3 – Схема опытного поля ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»

*Погодные условия в годы проведения исследований.* Метеоусловия за 2009-2023 гг. значительно различались (рисунок 4). Наибольший дефицит осадков за вегетационный период культуры установлен в 2010 г. (81,4 мм), что ниже среднеголетних показателей на 41,7%. В 2009, 2011, 2014, 2016 и 2019 годах интенсивность осадков составила 122,0-142,8 мм, тогда как средний показатель – 195 мм (приложение 2). Количество выпавших осадков в 2012, 2015, 2018 и 2023 гг. приближались к среднеголетним показателям – 176,2-190,6 мм. Наибольшее количество осадков наблюдалось в 2013, 2017 и 2022 годах, что соответствовало 257,6, 248,9 и 201,8 мм.

В отдельные годы отмечалось отсутствие осадков в критические для сорго периоды: три сезона подряд во второй декаде июля 2009-2011 гг. Также их не выпадало во второй декаде августа 2017-2019 гг., третьей декаде августа 2016, 2017, 2020, 2022 гг. Неравномерное распределение осадков наблюдалось практически ежегодно. Однако, наибольшее количество осадков в июле, приходящееся на середину вегетации сорго в 2013 (37,2 мм), 2017 (51,3 мм), 2018

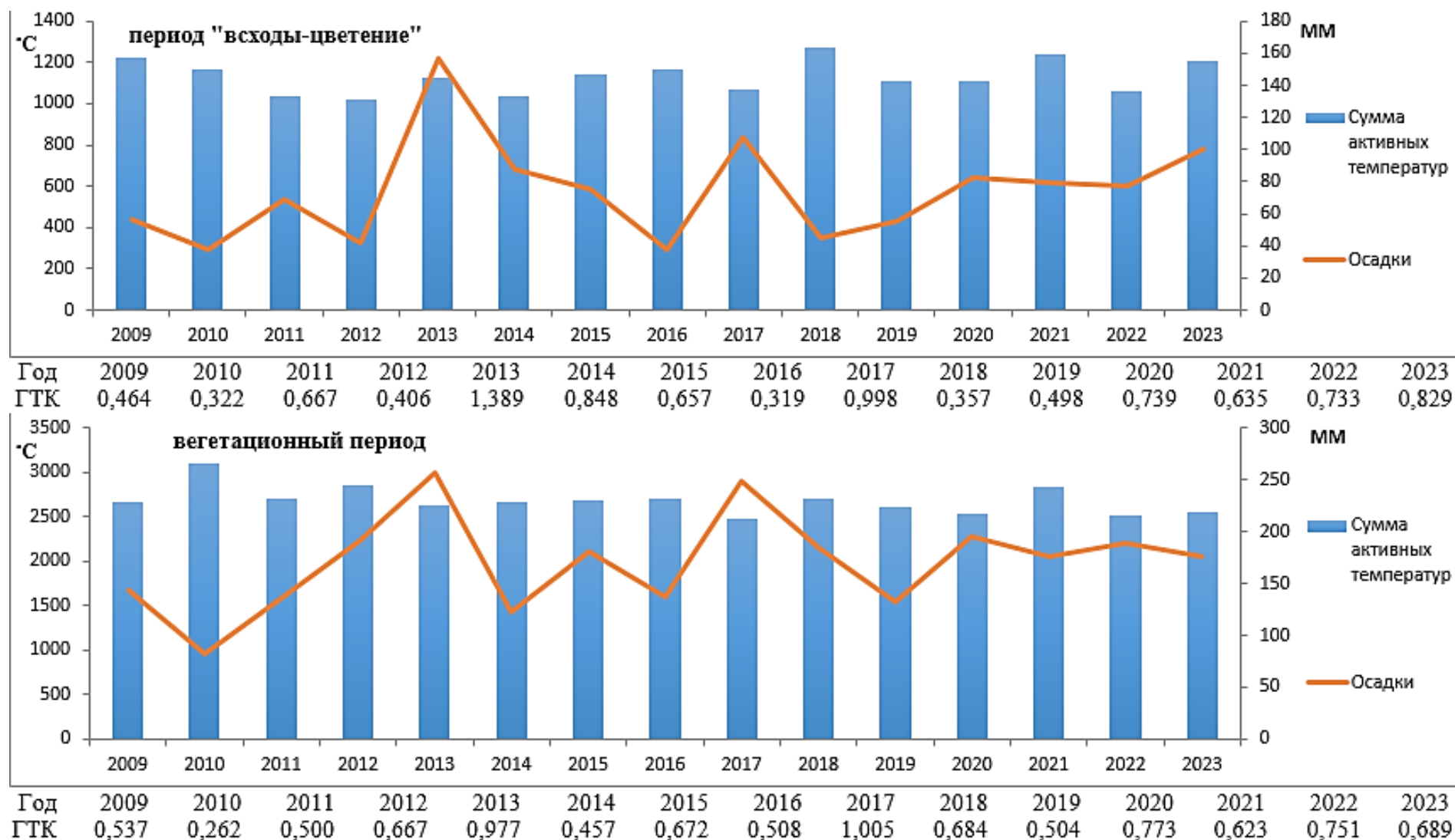


Рисунок 4 – Сумма активных температур и количество осадков за период выращивания сорго, 2009-2023 гг.

(89,5 мм) и 2019 (49,9 мм) годах способствовало более благоприятному развитию растений.

Температурный режим также значительно варьировал. Приблизненным к среднемноголетним значениям суммы температуры воздуха ( $2446^{\circ}\text{C}$ ) оказался 2017 г. –  $2475^{\circ}\text{C}$ . В остальные годы исследований показатели превышали на  $162\text{-}654^{\circ}\text{C}$  (приложение 2). Высокие температуры воздуха зафиксированы в 2012 и 2010 гг.: сумма температур за вегетационный период составила  $2855\text{-}3100^{\circ}\text{C}$ . Следует отметить, что в условиях 2010 г. существенное превышение температуры воздуха наблюдалось практически ежемесячно.

Летние месяцы совпадают с активным линейным ростом сорговых культур. Поэтому изменения среднесуточных температур воздуха в различной степени отражаются на интенсивности роста растений. Согласно наблюдениям, высокие среднесуточные температуры воздуха изменяются от третьей декады июня до второй декады августа. Так, наибольшие значения температуры воздуха отмечены в третьей декаде июня в 2015 г. ( $26,4^{\circ}\text{C}$ ) и 2019 ( $23,6^{\circ}\text{C}$ ), что выше среднемноголетней на  $2,8\text{-}5,6^{\circ}\text{C}$ . Высокими температурами воздуха в первой декаде июля отличились 2018 ( $25,3^{\circ}\text{C}$ ), 2020 ( $26,3^{\circ}\text{C}$ ) и 2023 ( $24,2^{\circ}\text{C}$ ) годы, что превосходит среднемноголетние значения на  $3,2\text{-}5,3^{\circ}\text{C}$ . Превышением температур на  $4,8^{\circ}\text{C}$  характеризовался 2016 год во второй декаде июля ( $26,5^{\circ}\text{C}$ ). Интенсивный рост показателей установлен в третьей декаде июля 2009 г. ( $28,3^{\circ}\text{C}$ ), 2010 ( $33,3^{\circ}\text{C}$ ), 2011 ( $28,2^{\circ}\text{C}$ ): превышение температуры составило  $6,8\text{-}11,9^{\circ}\text{C}$ . Наиболее теплая первая декада августа установлена в 2012 ( $27,0^{\circ}\text{C}$ ), 2017 ( $24,3^{\circ}\text{C}$ ) и 2023 ( $25,3^{\circ}\text{C}$ ) при среднемноголетнем значении  $21,4^{\circ}\text{C}$ ; во второй декаде августа 2013-2014, 2023 гг., что соответствовало  $23,6\text{-}25,5^{\circ}\text{C}$  при среднемноголетнем показателе в  $19,8^{\circ}\text{C}$ .

Во время периода «всходы-цветение» сорго в 2009, 2010, 2012, 2016 и 2018 годы наблюдались острозасушливые условия: ГТК равен  $0,322\text{-}0,464$ , сумма активных температур –  $1021,4\text{-}1267,6^{\circ}\text{C}$  и количество осадков –  $37,3\text{-}56,9\text{мм}$ . Растения сорго проходили критическую фазу в засушливых условиях в 2011, 2014, 2015, 2022 и 2023 гг. (ГТК= $0,667\text{-}0,848$ ).

## Заключение по главе 2

В коллекции стерильных линий с разными типами ЦМС присутствуют источники скороспелости, морфологических признаков и урожайности, что послужило основой для подбора родительских компонентов в программу скрещиваний с целью создания гибридов разного направления использования. Вместе с тем, отцовские формы зернового и сахарного сорго различаются по фенологическим, морфометрическим, биохимическим показателям и направлениям использования, что позволяет их включать в гибридизацию.

Климат и почва опытного участка являются типичными для зоны сухих черноземных степей Юго-Востока России. Почвенно-климатические условия вполне благоприятны для возделывания сорговых культур, а также способствуют получению стабильных высоких урожаев. Хорошей влагообеспеченностью характеризовались только 2013 и 2017 годы вегетационного периода сорго: гидротермический коэффициент (ГТК) равен 0,977 и 1,005, соответственно. В остальные годы наблюдались засушливые (2009, 2012, 2015, 2018, 2021, 2022, 2023) и острозасушливые условия (2010, 2011, 2014, 2016, 2019). Недостаток естественной влагообеспеченности для растений проявлялся в тринадцати из пятнадцати сезонов и отразился на селекционных признаках и урожайности ЦМС-линий, гибридов сорго. Подобные проявления абиотических стрессов для растений позволили всесторонне оценить исходный материал и отобрать для создания новых гибридов F1 более приспособленные ЦМС-линии.



### **ГЛАВА 3. СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ ЦМС-ЛИНИЙ И ГИБРИДОВ F1 СОРГО С РАЗНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ СТЕРИЛЬНОСТИ**

Селекция гибридного сорго в настоящее время ориентирована не только на повышение продуктивности, но и адаптивного потенциала со стабильными показателями урожайности в различных условиях внешней среды (повышение среднесуточных температур воздуха, отсутствие осадков в критические периоды развития культуры и др.). Это направление особенно актуально в связи с глобальными изменениями климатических условий. Сорго характеризуется повышенной стрессоустойчивостью, сформированной в результате эволюционного процесса под действием высоких температур и недостаточной увлажненности, присущих для территории происхождения культуры. Однако, при выведении высокопродуктивных, устойчивых к абиотическим условиям конкретной микрзоны гибридов определение параметров адаптационной способности ЦМС-линий сорго, как основного компонента при их получении, является особенно важным в селекционной работе.

В данной работе повышение устойчивости к абиотическим стрессорам материнских форм предлагается за счет расширения генетической основы ЦМС-линий с привлечением разных источников стерильности – А1, А2, А3, А4, А5, А6, 9Е и М35-1А. Однако, сведений о цитоплазматических эффектах на стрессоустойчивость ЦМС-линий, различающихся только типом стерильной цитоплазмы представлены в литературе крайне редко. Известно, что устойчивость растений к абиотическим факторам во многом зависит от скоординированного взаимодействия ядерных геномов и цитоплазмы [353, 576]. В этой связи изучение влияния типов стерильности на проявление адаптивной способности ЦМС-линий приобретает исключительно важное значение.

Селекция на устойчивость к абиотическим факторам предполагает комплексную оценку исходного материала с ранних этапов селекции [107]. Для диагностики стрессоустойчивости растений широко используются разнооб-

разные как лабораторные, так и полевые методы, основанные на учете действия механизмов адаптации растений к изменяющимся факторам внешней среды. К наиболее распространенным параметрам определения адаптивной способности сельскохозяйственных культур относятся экологическая пластичность и стабильность, селекционная ценность генотипа, гомеостатичность, индекс стабильности и т.д., способствующие выявлению реакции генотипа на различающиеся по климатическим условиям сезоны выращивания [164]. К физиологическим методам диагностики адаптивных свойств образцов относятся проращивание семян в растворах осмотиков, оводненность тканей и водоудерживающая способность листьев, содержание в них пигментов и т.д.

### **3.1. Адаптивная способность ЦМС-линий сорго к засушливым условиям**

#### **3.1.1. Изменчивость селекционных признаков ЦМС-линий в различные по метеоусловиям сезоны их возделывания**

В селекции сельскохозяйственных культур особое внимание уделяется количественным признакам и урожайности. Их вариабельность у образцов обусловлена условиями возделывания и взаимодействием «генотип × среда» [44, 171, 195]. Результаты генотип-средового взаимодействия не всегда можно точно прогнозировать, поэтому селекционеры осуществляют селекционный процесс или одновременно в нескольких географических точках или испытывают линии (сорты, гибриды) в течение нескольких лет [345, 419]. Комплексная оценка по показателям, отражающим адаптивность генотипа, позволяет выделить среди коллекции наиболее перспективные, характеризующиеся высокой урожайностью и экологической пластичностью [260].

Исследуемая коллекция стерильных линий создана и включена в селекционную работу в разное время, а сложившиеся метеорологические условия возделывания исходного материала для гибридов сорго, различались гидротермическим режимом, что позволило объективно оценить его норму реакции, выявить степень и закономерность проявления изменчивости признаков.

Для определения реакции материнских форм на изменение условий внешней среды их разделили на две группы (таблица 6). В первую группу вошли линии, у которых период наблюдения составил 10 лет – А2 КВВ 114, А2 Восторг, А3 Фетерита 14, А4 КП 70, М35-1А Пищевое 614, 9Е Пищевое 614, А3 Желтозерное 10, А4 Желтозерное 10, 9Е Желтозерное 10, А2 КВВ 181, А1 Ефремовское 2 (приложение 3-7). Вторая группа состоит из линий, наблюдения за которыми составили 6 лет – А2 Тамара, А1 Карлик 4в, А2 Карлик 4в, А3 Карлик 4в, А4 Карлик 4в, А5 Карлик 4в, А6 Карлик 4в, А1 О-Янг 1, А2 Кремное, А2 Судзерн (приложение 8-10).

Для установления влияния генотипа ЦМС-линии, условий их выращивания и взаимодействия факторов «генотипа» и «года» проведен дисперсионный анализ десяти селекционных признаков. Выявлены особенности взаимодействия «генотип-среда» в обеих группах стерильных линий. В среднем за годы исследований материнские формы первой группы различались по всем изученным признакам, тогда как во второй группе линий отсутствовали различия между ними по признакам: ширина соцветия (9,4-14,1 см), длина (36,3-42,6 см) и площадь наибольшего листа (102,0-163,7 см<sup>2</sup>) (таблица 6).

Отмечена реакция генотипов линий на изменение климатических условий в сезоны выращивания. Следует отметить, что группы стерильных линий отличались по высоте растений в фазу уборочной спелости. Растения первой группы были выше – 94,9-131,2 см. Вторую группу составляли более низкорослые формы (73,6-131,1 см). Величина изучаемых факторов в общей изменчивости признака различалась в группах ЦМС-линий. Так, генотипический фактор 43,0-84,5%, среднего – 6,5-28,5%. Следует отметить, что испытания зернового сорго в четырех экологических зонах Китая показала влияние генотипического фактора (81,6%) на высоту растений [610].

На выдвинутость ножки метелки факторы вносили равнозначный вклад в обеих группах ЦМС-линий: «генотип» – 52,4-54,1%, «условия года» – 10,0-10,4% и их взаимодействие – 21,2-30,0%.

Таблица 6 – Селекционно-ценные признаки стерильных линий

ЦМС-линия	Период «всходы-цветение» (сутки)	Интенсивность начального роста (см)	Высота растений (см)	Соцветие (см)			Наибольший лист			Урожайность семян (т/га)
				длина	ширина	выдвинутость ножки	длина (см)	ширина (см)	площадь (см <sup>2</sup> )	
1 группа (2009-2018 гг.)										
A2 KBV 114	51,3	52,0	109,3	21,0	7,6	6,5	44,8	4,4	150,7	3,82
A2 Восторг	48,7	45,0	118,2	23,0	8,3	15,3	42,8	4,7	153,3	3,79
A3 Фетерита 14	50,2	50,1	117,1	13,7	6,1	16,6	39,7	5,6	167,4	4,01
A4 КП 70	46,7	47,5	115,7	24,5	5,9	19,4	44,2	5,7	187,6	4,04
M35 Пищевое 614	48,7	39,7	94,9	21,1	8,7	21,6	43,1	4,6	147,3	3,15
9E Пищевое 614	48,7	41,4	98,5	21,1	8,3	21,6	43,5	4,8	154,0	3,21
A3 Желтозерное 10	50,4	55,2	110,2	17,9	7,3	15,9	50,7	4,4	165,7	3,83
A4 Желтозерное 10	50,4	54,9	109,8	18,2	7,3	16,4	51,1	4,3	166,1	3,75
9E Желтозерное 10	50,4	55,8	109,8	18,6	7,5	16,8	51,5	4,4	170,2	3,80
A2 KBV 181	44,8	50,9	103,6	18,7	7,2	12,9	36,5	3,9	107,2	3,28
A1 Ефремовское 2	59,2	43,6	131,2	23,5	10,1	13,1	55,9	5,6	238,0	4,41
F <sub>05</sub> (генотип)/НСР <sub>05</sub>	1335,6*/0,27	69,1*/1,90	117,2*/2,55	112,3*/0,80	30,6*/0,59	81,4*/1,31	77,1*/1,83	53,8*/0,22	61,0*/11,25	19,5*/0,24
F <sub>05</sub> (годы) /НСР <sub>05</sub>	1204,9*/0,26	634,6*/1,81	86,3*/2,43	21,3*/0,77	22,0*/0,56	16,8*/1,25	44,64*/1,74	65,4*/0,21	61,71*/10,73	171,8*/0,23
2 группа (2014-2019 гг.)										
A2 Тамара	46,8	44,7	83,5	20,2	10,8	15,5	41,6	4,5	139,9	4,38
A1 Карлик 4в.	49,7	46,8	74,2	22,9	10,7	10,6	38,5	4,7	137,6	2,94
A2 Карлик 4в.	49,6	47,8	73,6	22,7	10,3	9,5	39,2	4,8	144,9	2,99
A3 Карлик 4в.	49,9	45,8	74,9	22,8	9,9	11,2	39,8	4,7	140,3	3,05
A4 Карлик 4в.	49,7	46,9	73,8	23,1	10,4	9,4	39,0	4,8	142,3	2,96
A5 Карлик 4в.	49,9	45,8	74,3	23,9	10,4	10,0	37,3	4,6	132,7	3,01
A6 Карлик 4в.	49,9	45,9	73,9	23,1	10,4	10,6	40,3	4,9	148,3	3,02
A1 О-Янг 1	47,4	64,5	111,9	21,8	9,4	6,2	42,6	5,2	163,7	3,67
A2 Кремовое	46,6	55,4	124,2	22,9	14,1	18,0	37,9	4,7	133,7	3,55
A2 Судзерж	45,2	69,0	131,1	18,6	9,8	20,9	36,3	3,7	102,0	4,03
F <sub>05</sub> (генотип) /НСР <sub>05</sub>	302,6*/0,28	68,5*/2,88	983,4*/2,07	17,0*/1,07	24,1*/0,74	99,0*/1,26	7,6*/1,92	13,3*/0,29	14,2*/12,31	40,0*/0,22
F <sub>05</sub> (годы) /НСР <sub>05</sub>	1340,7*/0,22	290,9*/2,23	136,5*/1,61	97,9*/0,83	369,8*/0,57	35,4*/0,97	38,4*/1,49	12,4*/0,22	31,0*/9,54	175,9*/0,17

Примечание: \* $p \geq 0,05$ .

Фактор «условия года» наибольшее влияние оказал на интенсивность начального роста (58,9-77,3%) и урожайность семян (50,3-55,3%). По высоте растений через 30 дней после всходов фактор «генотип» значительно различался в группах материнских форм. В группе линий, изучаемых в период 2009-2018 гг., высота растений варьировала в пределах 39,7-55,8 см, а доля фактора составила всего 9,7%. Во второй группе линии характеризуются интенсивностью начального роста в 44,7-69,0 см и влияние генотипа в 2,7 раза выше – 25,0%. Взаимодействие факторов составило 10,3-11,1% (рисунок 5).

Общепринятым критерием адаптивного потенциала образца считается уровень его средней урожайности в различных по времени и месту условиях среды. В случае, когда высокая средняя урожайность складывается из показателей высокой продуктивности только в благоприятных условиях, то такой образец будет хуже того, который обладает лучшей адаптацией к неблагоприятным условиям [164].

Повышение стабильности урожайности семян родительских форм – наиболее значимый показатель при производстве гибридов. По урожайности семян растений первой группы вклад факторов распределился следующим образом: «генотип» – 6,9%, «условия года» – 55,3%, их взаимодействие – 29,6%. В формировании признака второй группы материнских форм увеличилась доля генотипического фактора до 20,6% в общей изменчивости признака. Следует отметить, что средовый фактор определял наибольший вклад и у гибридов сорго [18], материнских форм гибридов кукурузы [219].

Влияние генотипического фактора установлено на формирование длины соцветия, параметры наибольшего листа, а средового – на продолжительность межфазного периода, высоту растений, длину и ширину соцветия в разных группах стерильных линий.

Особое внимание следует уделить сравнительному анализу материнских форм по формированию урожайности семян в благоприятные и засушливые годы исследований. В литературе представлены результаты аналогичной оценки генотипов по индексу засухоустойчивости, который определяют

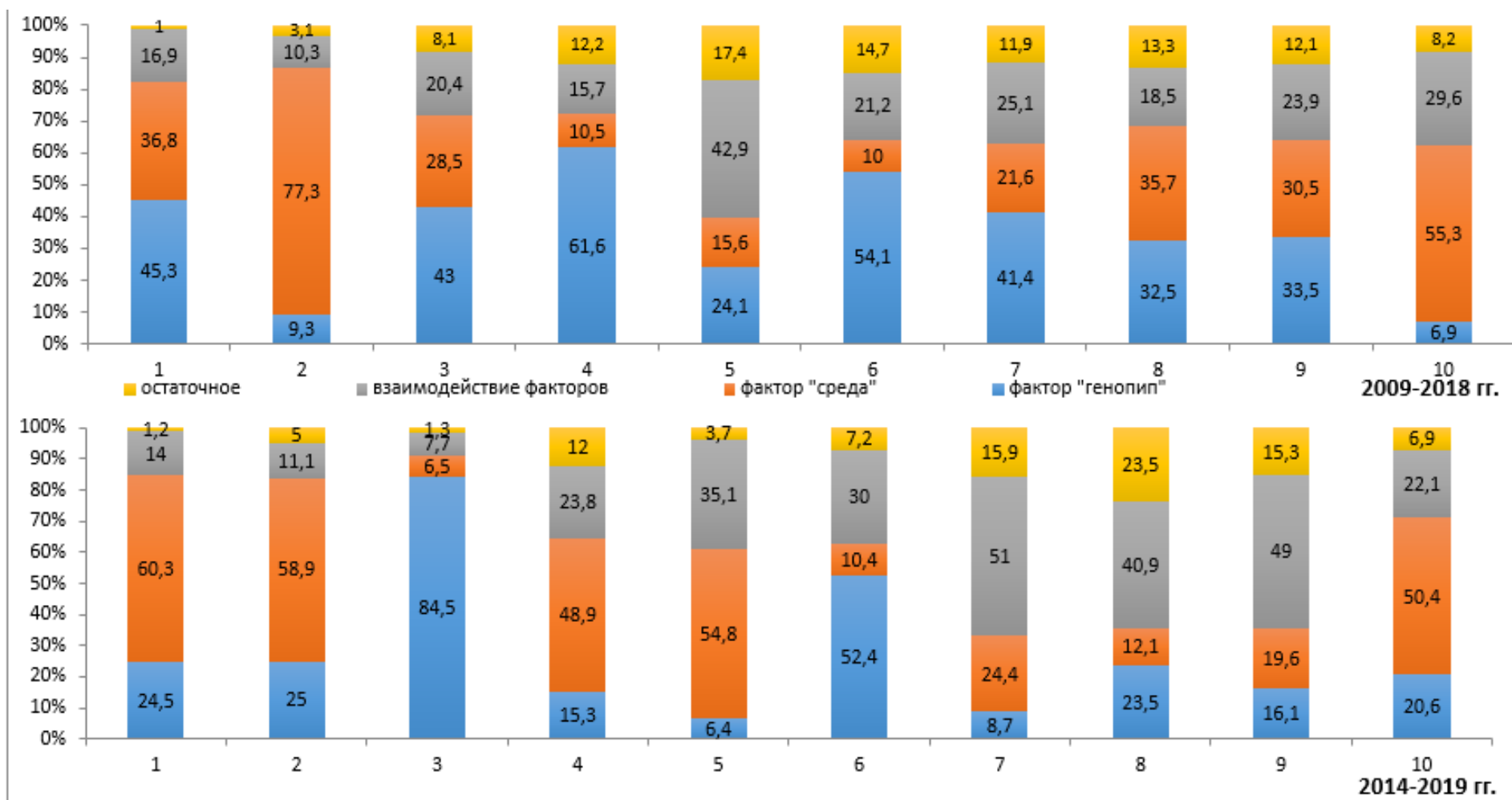


Рисунок 5 – Доля факторов в проявлении селекционных признаков ЦМС-линий: 1. Период «всходы-цветение»; 2. Интенсивность начального роста; 3. Высота при созревании; 4. Длина соцветия; 5. Ширина соцветия; 6. Выдвинутость ножки соцветия; 7. Длина листа; 8. Ширина листа; 9. Площадь листа; 10. Урожайность семян.

разными способами вычисления [84, 175, 294, 393, 394].

Индекс засухоустойчивости (*DSI*) показывает стабильность урожайности образцов в различные по влагообеспеченности годы. Согласно литературным данным, чем ниже этот показатель, тем линия более устойчива [83, 104, 203, 258]. Из первой группы ЦМС-линий наибольшая засухоустойчивость оказалась у А1 Ефремовское 2 и линий с геномом Желтозерного 10 на цитоплазмах А3, А4 и 9Е: *DSI* равен 0,09-0,20 (рисунок 6).

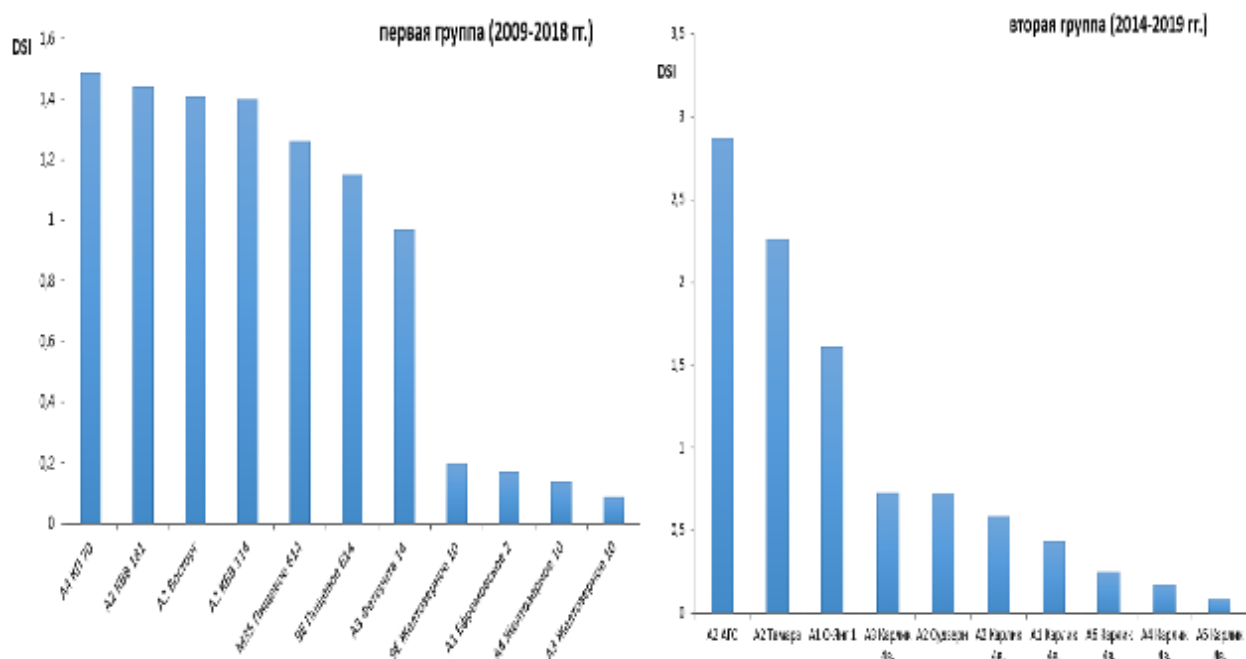


Рисунок 6 – Индекс засухоустойчивости ЦМС-линий

Во второй группе ЦМС-линий низкий индекс засухоустойчивости установлен у линий А2 Судзержанский и с геномом Карлика 4в на цитоплазмах А1, А2, А3, А4, А5, А6 (0,09-0,73). Вместе с тем, проведенные в Судане исследования показали, что толерантные к засухе образцы сорго характеризовались индексом засухоустойчивости равному 0,97-1,1 [427].

Изменение метеорологических условий возделывания ЦМС-линий сорго значительно повлияло на проявление интенсивности начального роста растений ( $V=28,9-44,3\%$ ), ширины соцветия (13,3-34,2%), площади наибольшего листа (15,5-29,9%) и урожайности семян (28,1-44,4%) (таблица 7).

Таблица 7 – Коэффициент вариации (V, %) селекционно-ценных признаков стерильных линий

ЦМС-линия	Период «всходы- цветение»	Интенсив- ность начального роста	Высота растений	Соцветие			Наибольший лист			Урожайность зерна
				длина	ширина	выдвинутость ножки	длина	ширина	площадь	
1 группа (2009-2018 гг.)										
A2 КВВ 114	11,9	35,2	6,7	10,4	24,0	61,6	10,4	19,4	28,2	44,4
A2 Восторг	7,9	38,9	7,3	6,4	23,7	19,9	18,8	15,2	29,9	41,7
A3 Фетерита 14	7,6	36,9	15,9	9,8	15,3	14,5	16,7	14,3	28,3	39,9
A4 КП 70	9,8	42,6	8,0	9,2	14,6	18,9	18,8	13,7	24,1	35,9
M35 Пищевое 614	7,1	34,8	7,5	12,8	33,9	11,9	12,4	12,7	15,5	39,1
9E Пищевое 614	7,5	31,9	6,9	13,6	28,8	11,5	14,1	18,2	22,4	36,9
A3 Желтозерное 10	6,4	29,5	7,7	7,2	18,0	23,1	11,4	16,7	21,1	29,1
A4 Желтозерное 10	6,7	30,1	7,9	10,7	19,6	26,4	10,4	19,8	23,6	28,4
9E Желтозерное 10	6,6	28,9	8,7	7,9	13,3	18,1	11,3	16,9	21,6	28,1
A2 КВВ 181	9,2	44,3	6,6	8,5	34,2	20,4	9,2	11,9	18,6	37,6
A1 Ефремовское 2	5,0	40,3	13,1	9,8	19,3	24,6	12,3	15,6	25,3	31,2
2 группа (2014-2019 гг.)										
A2 Тамара	7,0	19,3	9,0	17,8	30,6	29,7	14,9	9,5	23,6	23,8
A1 Карлик 4в.	6,6	36,8	10,2	16,6	57,9	49,9	14,5	14,6	27,4	27,9
A2 Карлик 4в.	6,5	34,8	9,5	14,9	61,5	32,3	16,7	16,5	32,9	30,2
A3 Карлик 4в.	6,7	31,5	9,3	18,2	61,5	46,6	16,7	14,2	29,7	27,9
A4 Карлик 4в.	6,7	29,8	8,6	18,6	62,1	32,6	9,9	12,1	20,6	27,1
A5 Карлик 4в.	6,6	31,7	9,6	17,5	62,3	35,1	18,0	13,4	29,8	28,1
A6 Карлик 4в.	6,5	33,9	11,4	17,2	51,9	40,4	16,1	13,8	27,3	25,1
A1 О-Янг 1	6,1	20,5	17,7	10,4	12,0	32,8	9,9	6,8	12,3	28,4
A2 Кремовое	7,1	25,8	9,4	9,6	18,9	26,7	15,1	12,0	24,9	29,0
A2 Судзерн	6,5	25,9	7,4	19,9	23,3	17,2	15,1	10,8	22,6	43,1



Наибольший размах варьирования отмечен по выдвинутости ножки соцветия (11,9-61,6%). Наибольшей вариабельностью селекционных признаков характеризовалась ЦМС-линия А2 КВВ 114: ширина соцветия – 24,0%, площадь наибольшего листа – 28,2%, интенсивность начального роста – 35,2%, урожайность семян – 44,4% и выдвинутость ножки соцветия – 61,6%.

За период испытаний выявлена слабая и средняя изменчивость следующих признаков: период «всходы-цветение» ( $V=5,0-11,9\%$ ), высота растений (6,6-15,9%), длина соцветия (6,4-13,6%), длина и ширина (9,2-19,8%) листа. Наименьшая вариабельность по семи из десяти признаков установлена у ЦМС-линии А1 О-Янг 1: коэффициент вариации составил 6,1-17,7%.

Следует обратить внимание на изменчивость признаков у изоядерных ЦМС-линий. Так, линии с геномом Пищевого 614 характеризовались разными коэффициентами вариации по площади наибольшего листа: у ЦМС-линии с цитоплазмой 9Е наблюдалась сильная вариабельность (22,4%) в сравнении с цитоплазмой М35-1А (15,5%). У ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 средняя изменчивость показателей выдвинутости ножки соцветия отмечены на цитоплазме 9Е – 18,1% по сравнению с сильной на цитоплазмах А3, А4 (23,1-26,4%). У ЦМС-линий с геномом Карлика 4в цитоплазма А6 отличалась средней изменчивостью высоты растений (11,4%) по сравнению со слабой на цитоплазмах А1, А2, А3, А4, А5 (8,6-10,2%); цитоплазма А4 в меньшей степени влияла на изменчивость длины листа (9,9%) в сравнении с цитоплазмами А1, А2, А3, А5, А6 (14,5-18,0%).

### **3.1.2. Регрессионный анализ основных селекционно-ценных признаков ЦМС-линий**

Одним из критериев оценки результативности селекционной работы является приспособленность новых линий, которые должны сочетать высокую продуктивность и относительно высокую устойчивость к неблагоприятным внешним факторам [69]. Адаптивным считается экологически пластичный образец, приспособленный не только к оптимуму, но и к минимуму и максимуму

внешних факторов среды [96]. Поэтому для включения стерильных линий в качестве исходных компонентов будущих скрещиваний и определения микрозоны возделывания необходимо изучить их адаптационную способность с использованием регрессионного анализа.

Данный анализ позволяет выделить экологически пластичные и фенотипически стабильные линии, а также нашел широкое применение в оценке адаптационной способности образцов многих сельскохозяйственных культур: озимая пшеница [48, 239], яровая пшеница [102], тритикале [69, 160], просо [163], лен [54, 162], ячмень [75], кукуруза [174], подсолнечник [146], горох [28, 287], соя [99], сорго [139, 166] и другие. При этом оценка адаптивности ЦМС-линий сорго по селекционным признакам с использованием коэффициента линейной регрессии, проводится впервые. Достоверность данного метода обусловлена использованием экспериментальных данных, полученных при возделывании материнских линий в течение 6-10 лет, отличающихся контрастными метеорологическими условиями.

У линии А1 О-Янг 1 проявление стабильности признаков отмечено по периоду «всходы-цветение» (0,92), интенсивности начального роста (0,90) и длине наибольшего листа (1,03).

У стерильной линии А1 Ефремовское 2 в изменяющихся метеорологических условиях стабильное проявление признаков наблюдается по интенсивности начального роста, длине соцветия и наибольшего листа, урожайности семян: коэффициент линейной регрессии варьировал в интервале 0,90-1,04.

Наибольшая отзывчивость материнских форм проявляется при  $bi > 1,1$ . Линия А2 КВВ 114 относится к растениям интенсивного типа: коэффициент линейной регрессии по пяти признакам (период «всходы-цветение», ширина соцветия, ширина и площадь листа, урожайность) – 1,12-1,34 (таблица 8).

Линии А2 Восторг и А3 Фетерита 14 характеризуются пластичностью по урожайности, площади листа ( $bi=1,11-1,17$ ) и стабильностью по периоду «всходы-цветение», интенсивности начального роста растений ( $bi=1,02-1,07$ ).

Таблица 8 – Коэффициент линейной регрессии ( $bi$ ) и его ошибка ( $Sb$ ) селекционных признаков ЦМС-линий сорго

ЦМС-линия	Период «всходы- цветение»	Интенсив- ность началь- ного роста	Высота растений	Соцветие			Наибольший лист			Урожайность зерна
				длина	ширина	выдвину- тость ножки	длина	ширина	площадь	
1 группа (2009-2018 гг.)										
A2 КВВ 114	$1,33 \pm 0,46$	$1,08 \pm 0,09$	$0,74 \pm 0,18$	$0,58 \pm 0,57$	$1,12 \pm 0,54$	$0,08 \pm 0,78$	$0,87 \pm 0,24$	$1,15 \pm 0,28$	$1,19 \pm 0,26$	$1,34 \pm 0,28$
A2 Восторг	$1,04 \pm 0,20$	$1,02 \pm 0,11$	$0,75 \pm 0,26$	$0,56 \pm 0,36$	$1,07 \pm 0,63$	$1,21 \pm 0,39$	$1,08 \pm 0,56$	$0,77 \pm 0,29$	$1,11 \pm 0,36$	$1,17 \pm 0,30$
A3 Фетерита 14	$1,05 \pm 0,19$	$1,07 \pm 0,12$	$2,04 \pm 0,37$	$0,76 \pm 0,26$	$0,49 \pm 0,29$	$0,63 \pm 0,40$	$0,89 \pm 0,46$	$1,11 \pm 0,23$	$1,17 \pm 0,36$	$1,13 \pm 0,33$
A4 КП 70	$1,29 \pm 0,20$	$1,10 \pm 0,19$	$0,93 \pm 0,23$	$1,31 \pm 0,42$	$0,27 \pm 0,29$	$0,73 \pm 0,65$	$1,56 \pm 0,43$	$1,14 \pm 0,16$	$1,31 \pm 0,25$	$0,75 \pm 0,38$
M35 Пищевое 614	$0,80 \pm 0,25$	$0,81 \pm 0,08$	$0,67 \pm 0,20$	$1,73 \pm 0,42$	$2,49 \pm 0,65$	$1,12 \pm 0,29$	$0,83 \pm 0,34$	$0,82 \pm 0,17$	$0,51 \pm 0,19$	$1,07 \pm 0,13$
9E Пищевое 614	$0,84 \pm 0,25$	$0,77 \pm 0,09$	$0,64 \pm 0,18$	$1,40 \pm 0,62$	$2,10 \pm 0,49$	$0,91 \pm 0,34$	$1,12 \pm 0,33$	$1,09 \pm 0,30$	$0,90 \pm 0,25$	$1,01 \pm 0,15$
A3 Желтозерное 10	$0,90 \pm 0,17$	$0,94 \pm 0,11$	$0,91 \pm 0,18$	$0,64 \pm 0,28$	$0,87 \pm 0,37$	$1,53 \pm 0,44$	$1,24 \pm 0,21$	$1,12 \pm 0,15$	$1,03 \pm 0,19$	$0,83 \pm 0,21$
A4 Желтозерное 10	$0,90 \pm 0,17$	$0,97 \pm 0,10$	$0,94 \pm 0,23$	$1,06 \pm 0,38$	$0,84 \pm 0,44$	$1,79 \pm 0,53$	$0,96 \pm 0,30$	$1,16 \pm 0,26$	$0,96 \pm 0,30$	$0,80 \pm 0,20$
9E Желтозерное 10	$0,91 \pm 0,17$	$0,96 \pm 0,07$	$1,04 \pm 0,19$	$0,80 \pm 0,29$	$0,32 \pm 0,35$	$1,34 \pm 0,33$	$1,19 \pm 0,25$	$1,04 \pm 0,23$	$0,96 \pm 0,26$	$0,82 \pm 0,19$
A2 КВВ 181	$1,18 \pm 0,16$	$1,28 \pm 0,17$	$0,58 \pm 0,23$	$1,20 \pm 0,12$	$0,19 \pm 0,91$	$0,94 \pm 0,38$	$0,35 \pm 0,25$	$0,40 \pm 0,23$	$0,43 \pm 0,18$	$1,03 \pm 0,17$
A1 Ефремовское 2	$0,77 \pm 0,17$	$1,01 \pm 0,12$	$1,74 \pm 0,42$	$0,97 \pm 0,54$	$1,22 \pm 0,56$	$0,71 \pm 0,56$	$0,90 \pm 0,49$	$1,19 \pm 0,27$	$1,43 \pm 0,49$	$1,04 \pm 0,28$
2 группа (2014-2019 гг.)										
A2 Тамара	$0,86 \pm 0,37$	$0,14 \pm 0,24$	$0,93 \pm 0,31$	$1,03 \pm 0,32$	$0,77 \pm 0,17$	$-0,68 \pm 1,05$	$0,84 \pm 0,83$	$-0,75 \pm 0,64$	$0,16 \pm 0,92$	$0,79 \pm 0,38$
A1 Карлик 4в.	$1,09 \pm 0,14$	$1,30 \pm 0,13$	$0,64 \pm 0,46$	$1,14 \pm 0,29$	$1,55 \pm 0,13$	$2,18 \pm 0,65$	$1,54 \pm 0,34$	$2,41 \pm 0,30$	$2,00 \pm 0,33$	$0,95 \pm 0,10$
A2 Карлик 4в.	$1,07 \pm 0,15$	$1,24 \pm 0,15$	$0,77 \pm 0,30$	$1,09 \pm 0,19$	$1,55 \pm 0,21$	$1,05 \pm 0,52$	$1,49 \pm 0,65$	$2,68 \pm 0,46$	$2,29 \pm 0,68$	$1,00 \pm 0,19$
A3 Карлик 4в.	$1,11 \pm 0,16$	$1,09 \pm 0,12$	$0,90 \pm 0,26$	$1,28 \pm 0,27$	$1,63 \pm 0,02$	$2,22 \pm 0,58$	$1,33 \pm 0,75$	$2,25 \pm 0,19$	$1,94 \pm 0,64$	$0,98 \pm 0,11$
A4 Карлик 4в.	$1,11 \pm 0,15$	$1,01 \pm 0,18$	$0,76 \pm 0,29$	$1,36 \pm 0,26$	$1,60 \pm 0,16$	$1,09 \pm 0,50$	$0,84 \pm 0,40$	$1,80 \pm 0,44$	$1,24 \pm 0,53$	$0,91 \pm 0,14$
A5 Карлик 4в.	$1,12 \pm 0,13$	$1,09 \pm 0,13$	$0,99 \pm 0,22$	$1,35 \pm 0,21$	$1,60 \pm 0,17$	$1,53 \pm 0,34$	$1,93 \pm 0,29$	$2,05 \pm 0,39$	$2,17 \pm 0,21$	$0,94 \pm 0,17$
A6 Карлик 4в.	$1,10 \pm 0,13$	$1,18 \pm 0,12$	$1,12 \pm 0,28$	$1,34 \pm 0,07$	$1,34 \pm 0,11$	$2,00 \pm 0,46$	$1,72 \pm 0,47$	$2,19 \pm 0,28$	$2,09 \pm 0,43$	$0,87 \pm 0,11$
A1 О-Янг 1	$0,92 \pm 0,20$	$0,90 \pm 0,24$	$2,37 \pm 0,87$	$0,51 \pm 0,29$	$-0,21 \pm 0,10$	$0,32 \pm 0,46$	$1,03 \pm 0,37$	$-0,45 \pm 0,71$	$-0,37 \pm 0,63$	$1,20 \pm 0,16$
A2 Кремовое	$0,97 \pm 0,29$	$1,00 \pm 0,23$	$1,55 \pm 0,39$	$0,24 \pm 0,35$	$0,14 \pm 0,33$	$0,03 \pm 1,16$	$0,02 \pm 0,86$	$-1,24 \pm 0,74$	$-0,70 \pm 0,86$	$0,56 \pm 0,55$
A2 Судзери	$0,65 \pm 0,39$	$1,05 \pm 0,45$	$-0,01 \pm 0,71$	$0,66 \pm 0,49$	$0,05 \pm 0,29$	$0,26 \pm 0,85$	$-0,73 \pm 0,73$	$-0,93 \pm 0,56$	$-0,83 \pm 0,49$	$1,80 \pm 0,52$

А4 КП 40 отличается пластичностью по ширине листа (1,14) и высокой фенотипической стабильностью по высоте растений (0,93-1,10).

У ЦМС-линии А2 КВВ 181 проявляется фенотипическая стабильность по урожайности семян ( $bi=1,03$ ) и пластичность по продолжительности межфазного периода «всходы-цветение», интенсивности начального роста, длине соцветия ( $bi=1,18-1,28$ ).

ЦМС-линия А2 Кремовое отличалась стабильностью межфазного периода и высоте растений через 30 дней после всходов (0,97-1,00). ЦМС-линия А2 Тамара характеризуется высокой стабильностью по высоте растений и длине соцветия: коэффициент составил 0,93-1,03.

На рисунке 7 представлена зависимость урожайности семян от метеорологических условий различных по экологической устойчивости ЦМС-линий.

У стерильных линий А3, А4 и 9Е Желтозерное фенотипическая стабильность наблюдается по признакам: период «всходы-цветение», высота растений как через 30 дней после всходов, так и при созревании, площади наибольшего листа (0,90-1,04). При этом А4 Желтозерное 10 характеризуется фенотипической стабильностью по длине соцветия и длине наибольшего листа в отличие от аналогов на цитоплазмах А3 и 9Е. Эти ЦМС-линии слабо реагируют на изменение условий возделывания. Коэффициент линейной регрессии по урожайности варьировал от 0,80 до 0,83.

У ЦМС-линий М35-1А и 9Е Пищевое 614 изменение урожайности соответствует изменению условий выращивания  $bi=1,01-1,07$ , а по параметрам соцветия отмечен высокий коэффициент линейной регрессии (1,40-2,49). Согласно классификации значений коэффициента  $bi$  цитоплазма 9Е обуславливает фенотипическую стабильность выдвинутости ножки соцветия, ширины и площади наибольшего листа ( $bi=0,90-1,09$ ) и экологическую пластичность по длине листа ( $bi=1,12$ ). Аналог на цитоплазме М35-1А характеризуется как экстенсивный по параметрам листа и пластичный по выдвинутости ножки.

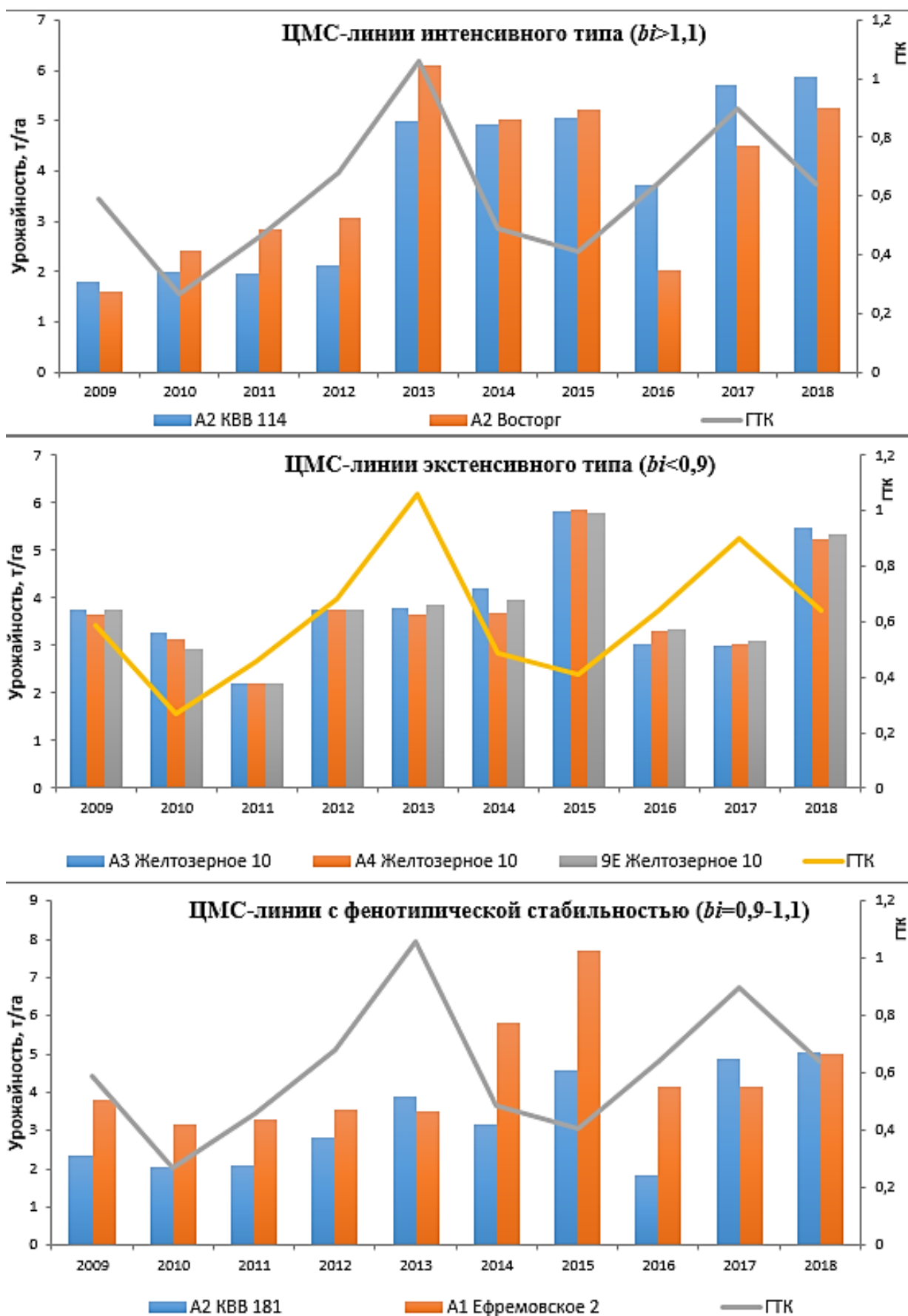


Рисунок 7 – Формирование продуктивности ЦМС-линий сорго в контрастные по метеоусловиям годы, 2009-2018 гг.

ЦМС-линии с геномом Карлика 4в в зависимости от типа стерильной цитоплазмы проявляли различную реакцию на условия возделывания. Линии с цитоплазмами А1, А2 и А6 оказались более отзывчивыми по интенсивности начального роста (1,18-1,30) в сравнении с линиями на цитоплазмах А3, А4, А5 (1,01-1,09). А6 Карлик 4в характеризовалась экологической пластичностью по высоте растений ( $bi=1,12$ ) и низкой стабильностью по урожайности семян ( $bi=0,87$ ). Фенотипическая стабильность по длине соцветия выдвинутости ножки отмечена на цитоплазме А2. По параметрам наибольшего листа более низкие коэффициенты регрессии установлены у А4 Карлик 4в.

Линии регрессии экологически пластичных материнских линий, находящиеся выше средней линии по опыту, при равном с ней угле наклона, являются наиболее ценным исходным материалом в селекции (рисунок 8-11).

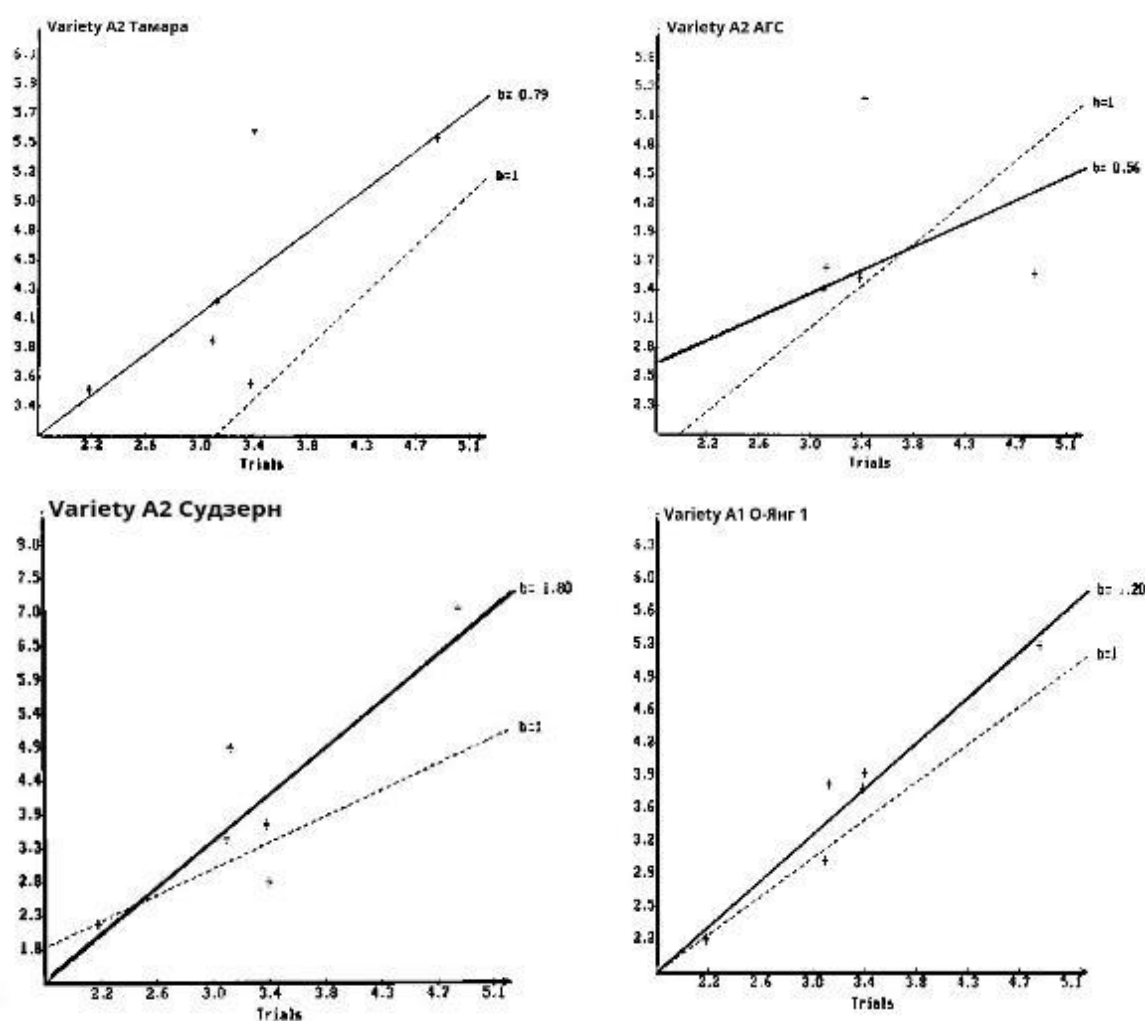


Рисунок 8 – Коэффициент регрессии у ЦМС-линий по урожайности зерна, 2014-2019 гг.

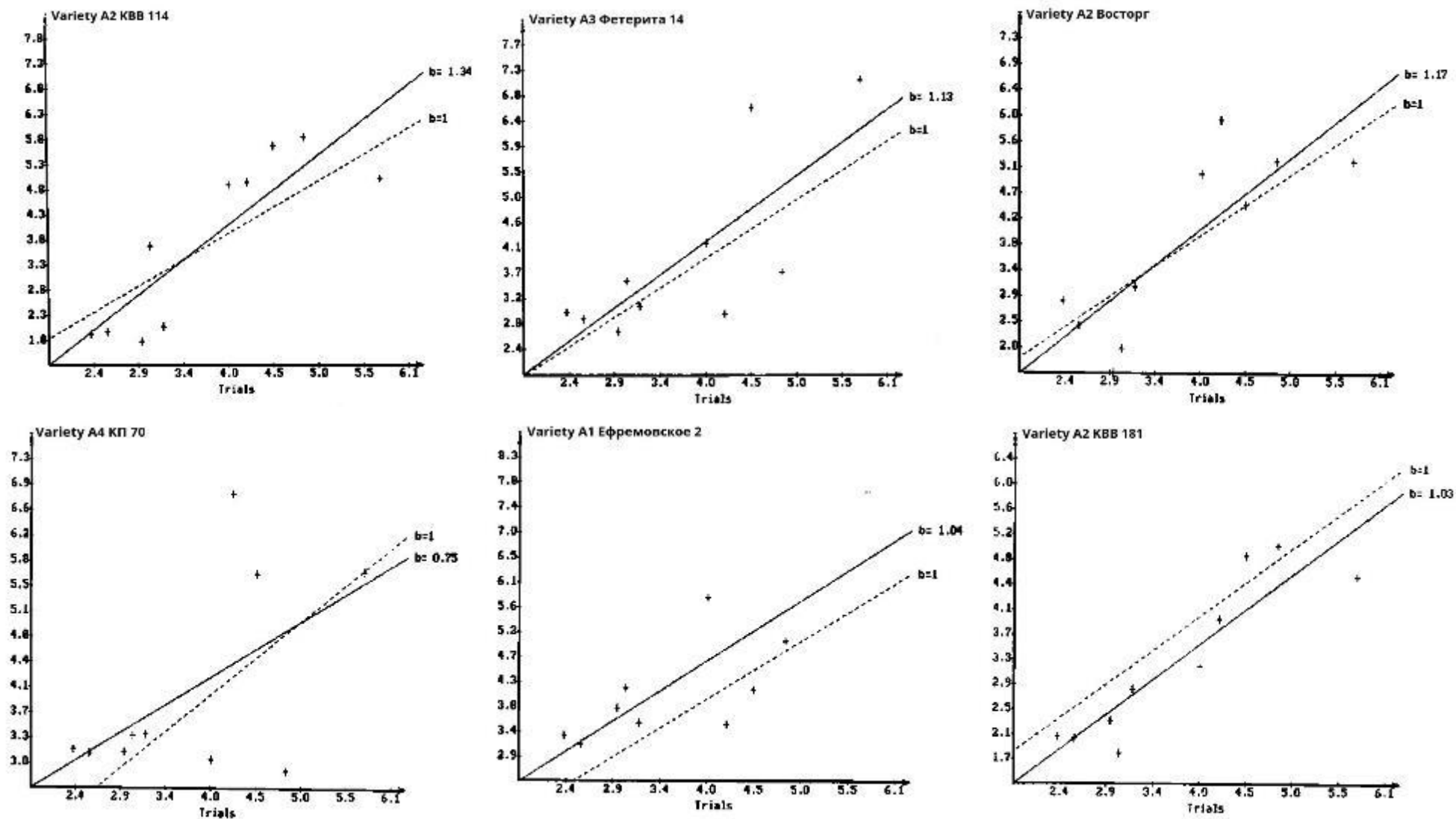


Рисунок 9 – Коэффициент регрессии у ЦМС-линий по урожайности зерна, 2009-2018 гг.

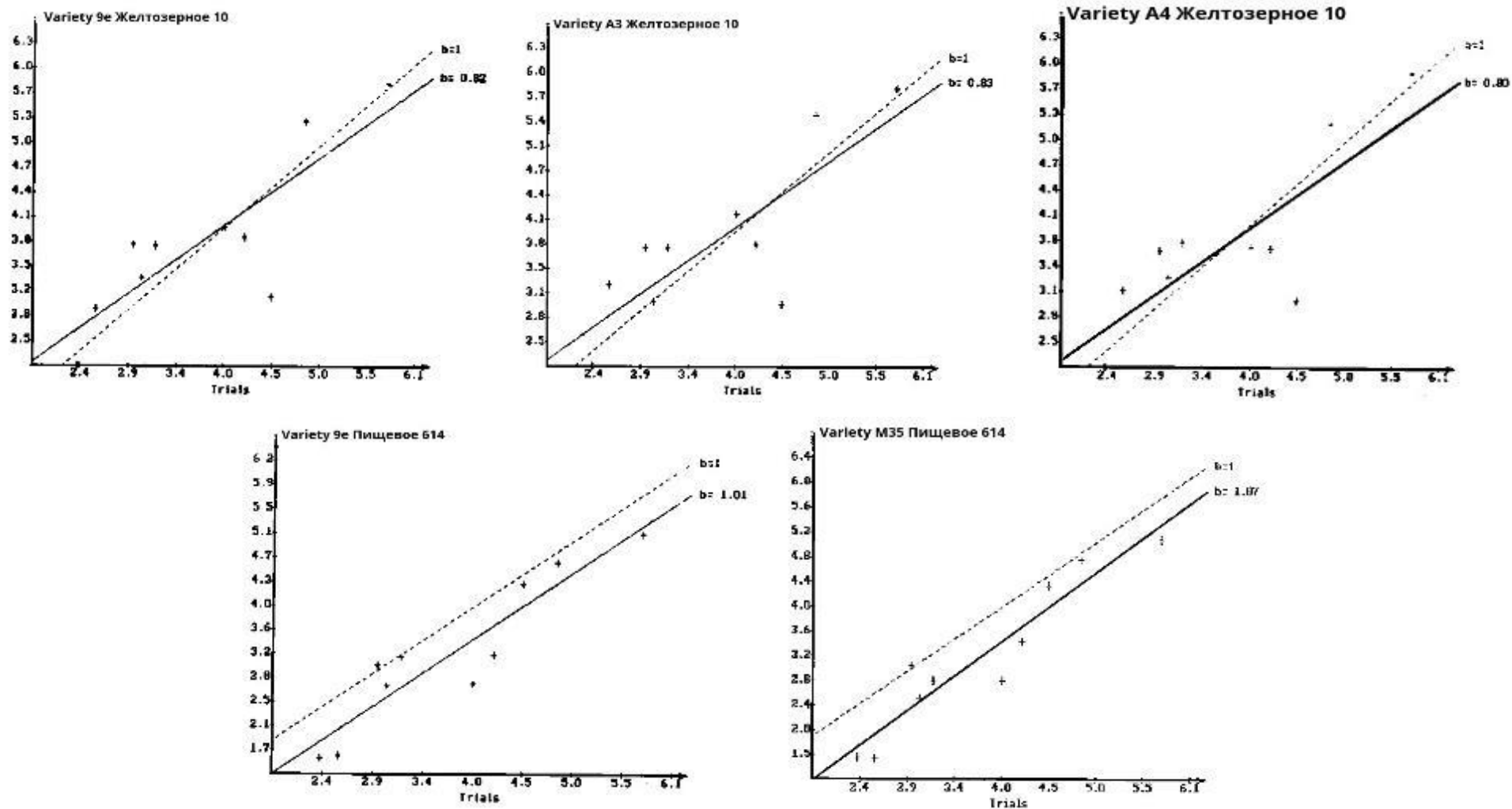


Рисунок 10 – Коэффициент регрессии у изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 и Пищевого 614 по урожайности зерна, 2009-2018 гг.



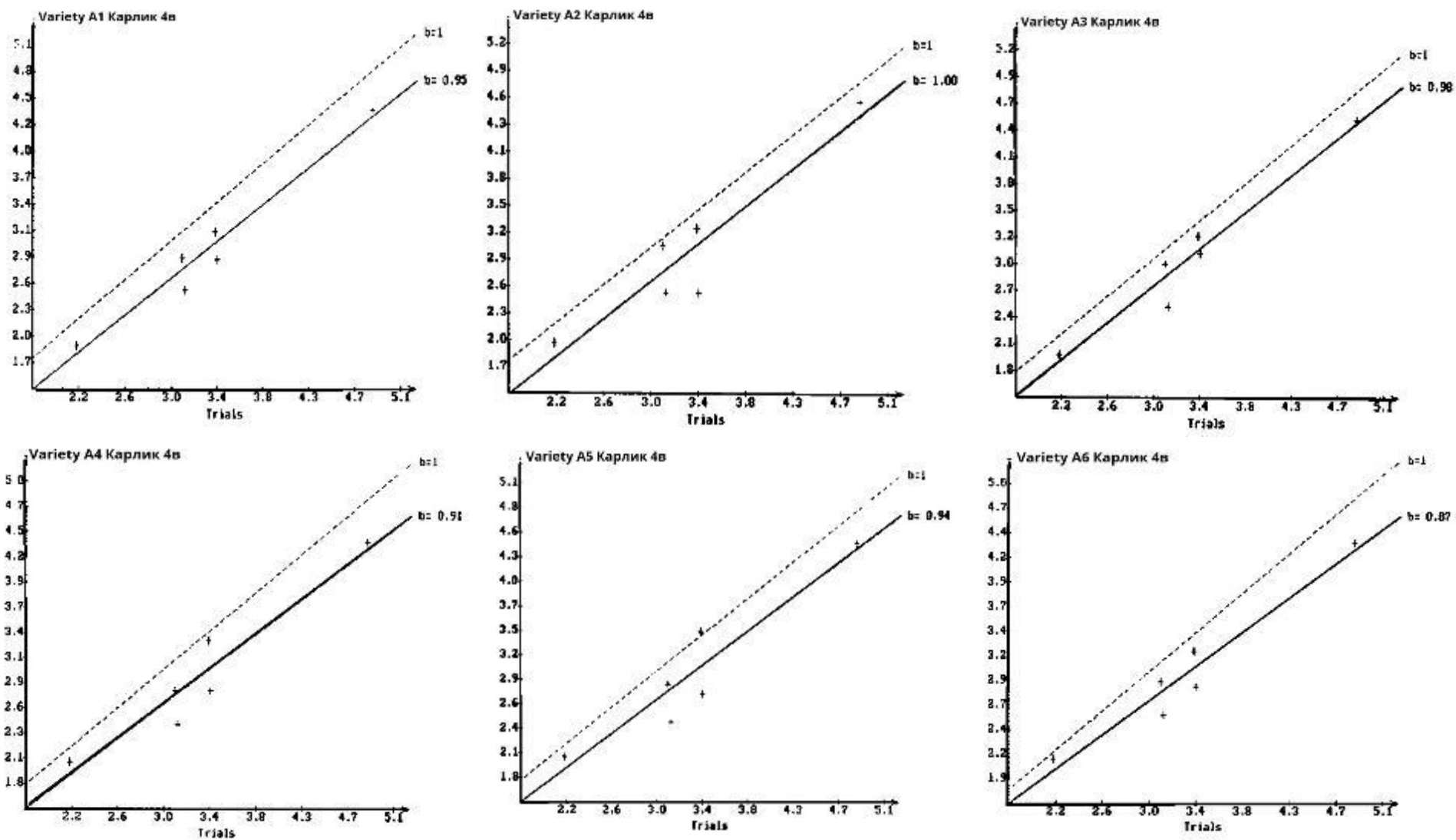


Рисунок 11 – Коэффициент регрессии у изоядерных ЦМС-линий Карлика 4в по урожайности зерна, 2014-2019 гг.

Стабильность проявления признака характеризует среднеквадратическое отклонение от линии регрессии, показатели которого представлены в таблице 9. Отмечено, что наиболее стабильным проявлением характеризуются признаки: период «всходы-цветение» ( $S\%(RG)=2,62-4,73$  за период ЦМС-линии А2 КВВ 114; высота растений при созревании ( $S\%(RG)=3,75-4,92$  за период 2009-2018 гг.) за исключением стерильных линий А1 Ефремовское 2, А2 Восторг, А2 КВВ 181, А3 Фетерита 14, у которых наблюдалась средняя устойчивость данного признака ( $S\%(RG)=5,09-7,31$ ).

Высокие показатели среднеквадратических отклонений указывают на наличие специфической реакции линий в конкретных условиях среды [172]. В наших исследованиях большинство линий отличались высокими значениями отклонений от линии регрессии по выдвинутости ножки соцветия, площади наибольшего листа, ширине соцветия и урожайности семян. При этом, более стабильными оказались показатели ширины соцветия (1,70-23,43) и урожайности семян (5,68-25,92) у ЦМС-линий второй группы.

### **3.1.3. Индекс стабильности селекционных признаков ЦМС-линий**

Одним из параметров адаптивной способности исходного материала является индекс стабильности ( $Hi$ ), позволяющий оценить способность линии сочетать высокую продуктивность с минимальным ее снижением при ухудшении условий [102].

В первой группе материнских форм стабильностью проявления селекционных признаков обладает А1 Ефремовское 2 (таблица 9). Высокие значения индекса стабильности (8,14-22,18) установлены по 8 из 10 исследуемых признаков, а по признакам интенсивность начального роста (-5,60) и выдвинутость ножки соцветия (-4,91) выявлена низкая стабильность. ЦМС-линия А4 КП 70 отличается стабильным проявлением 6 из 10 признаков – высота растений (4,83), длина соцветия (12,32), выдвинутость ножки соцветия (4,99), ширина и площадь наибольшего листа (6,75-13,88), урожайность семян (2,79).

Таблица 9 – Отклонения от линии регрессии ( $S\%(RG)$ ) селекционных признаков стерильных линий сорго

ЦМС-линия	Период «всходы- цветение»	Интенсив- ность началь- ного роста	Высота растений	Соцветие			Наибольший лист			Урожайность зерна
				длина	ширина	выдвину- тость ножки	длина	ширина	площадь	
1 группа (2009-2018 гг.)										
A2 КВВ 114	8,30	8,30	3,75	9,79	19,11	62,63	6,48	11,22	14,80	22,83
A2 Восторг	3,78	11,49	5,14	5,63	20,44	13,47	15,59	10,96	20,30	23,92
A3 Фетерита 14	3,46	10,91	7,19	6,93	13,02	12,67	13,72	7,33	18,70	25,46
A4 КП 70	3,86	19,06	4,60	6,19	13,44	17,62	11,59	4,92	11,55	29,15
M35 Пищевое 614	4,74	9,83	4,75	7,16	20,22	7,01	9,40	6,34	11,32	12,90
9Е Пищевое 614	4,73	10,00	4,33	10,70	15,82	8,35	8,93	11,20	13,84	14,01
A3 Желтозерное 10	3,08	9,12	3,79	5,66	13,82	14,65	4,85	5,93	9,61	17,17
A4 Желтозерное 10	3,08	8,34	4,92	7,58	16,26	17,02	6,89	10,63	15,70	16,51
9Е Желтозерное 10	3,10	6,20	4,08	5,73	12,64	10,37	5,80	9,15	13,17	15,33
A2 КВВ 181	3,28	15,59	5,09	2,34	33,91	15,50	8,20	10,21	14,13	16,01
A1 Ефремовское 2	2,62	13,22	7,31	8,32	14,97	22,47	10,35	8,52	17,59	19,29
2 группа (2014-2019 гг.)										
A2 Тамара	4,58	13,65	4,98	9,34	12,18	28,27	13,28	8,28	23,51	14,71
A1 Карлик 4в.	1,64	7,08	8,35	7,42	9,57	25,72	5,91	3,61	8,48	5,68
A2 Карлик 4в.	1,79	8,27	5,53	4,93	16,08	22,62	10,94	5,53	16,83	10,93
A3 Карлик 4в.	1,79	6,55	4,65	7,12	1,70	21,48	12,45	2,34	16,30	6,10
A4 Карлик 4в.	1,69	10,07	5,21	6,72	12,14	22,24	6,85	5,27	13,42	8,17
A5 Карлик 4в.	1,51	7,65	3,93	5,13	12,69	14,27	5,20	4,87	5,79	9,75
A6 Карлик 4в.	1,46	6,65	5,19	1,74	8,76	18,14	7,74	3,32	10,35	6,23
A1 О-Янг 1	2,37	9,84	10,52	7,81	8,05	30,87	5,77	7,86	13,85	7,26
A2 Кремовое	3,58	10,66	4,19	9,03	18,38	26,73	15,04	9,16	23,12	25,92
A2 Судзern	4,93	16,78	7,34	15,71	23,43	17,06	13,43	8,63	17,23	21,66

Во второй группе стерильных линий высокие значения индекса стабильности установлены у ЦМС-линии А1 О-Янг 1 (по 6 из 10 признаков): интенсивность начального роста (8,03), высота растений (6,48), параметры наибольшего листа – длина (3,30), ширина (4,06), площадь (4,31), урожайность семян (2,14). Вместе с тем, линия А2 Судзерн светлый характеризовалась наибольшими показателями  $Hi$  по высоте растений через 30 дней после всходов и при созревании (9,91-11,42), выдвинутости ножки соцветия (10,27), урожайности семян (6,44).

Особое внимание следует уделить проявлению селекционных признаков у изоядерных ЦМС-линий, различающихся только стерильной цитоплазмой. В наборе линий с геномом Желтозерного 10 наибольший эффект цитоплазмы 9Е установлен по признаку ширина соцветия: индекс стабильности составил 0,50. Цитоплазма А3 снижала значения индекса  $Hi$  по выдвинутости ножки соцветия (-0,16), а цитоплазма А4 – по урожайности семян (0,05).

В коллекции изоядерных ЦМС-линий с геномом Карлик 4в выявлено, что по ширине соцветия высокий показатель индекса стабильности отмечен у линии на цитоплазме А1 и А5 (0,26-0,40) в сравнении с А3, А2, А4, А6 (-1,46 – -0,01); по выдвинутости ножки соцветия на цитоплазме А3 и А1 (0,29-0,58) в сравнении с А2, А4, А5, А6 (-2,56 – -0,82). Снижение индекса по длине наибольшего листа установлено у ЦМС-линий на цитоплазмах А1 и А5 (-3,72 – -1,24).

Сравнивая цитоплазматический эффект в двух наборах ЦМС-линий можно выделить общие закономерности и различия: низкий индекс стабильности на цитоплазмах А3 и А4 отмечен как у линий с геномом Желтозерного 10, так и Карлика 4в; в тоже время влияние цитоплазмы А3 на выдвинутость ножки соцветия было различным (таблица 10).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что на формирование некоторых селекционных признаков оказывает влияние не только тип стерильной цитоплазмы, но и взаимодействие «цитоплазма × генотип» материнской формы.

Таблица 10 – Коэффициент индекс стабильности ( $H_i$ ) селекционно-ценных признаков ЦМС-линий

ЦМС-линия	Период «всходы- цветение»	Интенсив- ность началь- ного роста	Высота растений	Соцветие			Наибольший лист			Урожайность семян
				длина	ширина	выдвину- тость ножки	длина	ширина	площадь	
1 группа (2009-2018 гг.)										
A2 КВВ 114	5,53	4,95	-1,27	4,92	-6,44	-20,16	-1,07	-4,88	-3,69	1,64
A2 Восторг	-2,64	-4,57	6,79	9,11	5,38	-1,45	-3,48	-0,10	-2,23	2,23
A3 Фетерита 14	1,20	0,22	4,51	-18,32	-7,83	0,38	-8,57	9,86	-0,06	2,24
A4 КП 70	-7,87	-3,04	4,83	12,32	-7,87	4,99	-2,78	13,88	6,75	2,79
M35 Пищевое 614	-3,46	-10,90	-13,58	1,69	6,56	12,16	-4,23	-1,76	-3,88	-7,26
9E Пищевое 614	-3,48	-8,64	-10,68	2,88	3,10	12,14	-3,63	0,38	-1,43	-6,61
A3 Желтозерное 10	0,09	8,78	-0,62	-6,87	-1,51	-0,16	7,06	-5,87	1,45	1,29
A4 Желтозерное 10	0,09	8,40	-0,95	-6,00	-1,79	1,31	7,71	-6,20	1,44	0,05
9E Желтозерное 10	0,15	9,96	-1,20	-4,71	0,50	1,31	7,97	-5,21	1,28	0,83
A2 КВВ 181	-11,80	0,44	-5,35	-4,25	-3,91	-5,62	-13,02	-11,01	-15,52	-5,35
A1 Ефремовское 2	22,18	-5,60	17,53	9,22	13,82	-4,91	14,05	10,91	15,90	8,14
Довер. интервал	0,10	0,52	0,55	0,33	0,39	0,42	0,49	0,21	1,37	0,18
2 группа (2014-2019 гг.)										
A2 Тамара	-4,52	-2,01	-1,87	-5,32	0,05	0,80	0,04	-2,60	-1,19	10,01
A1 Карлик 4в.	3,58	-2,62	-3,69	2,02	0,40	0,29	-1,24	1,88	0,68	-3,64
A2 Карлик 4в.	3,20	-2,40	-3,99	1,48	-0,81	-1,98	2,69	3,08	2,41	-2,60
A3 Карлик 4в.	3,95	-3,28	-3,73	1,43	-1,46	0,58	3,02	0,87	1,33	-2,69
A4 Карлик 4в.	3,42	-2,66	-3,77	2,40	-0,01	-2,56	2,38	1,47	1,30	-2,94
A5 Карлик 4в.	4,22	-4,68	-3,95	4,38	0,26	-2,20	-3,72	0,96	0,09	-2,31
A6 Карлик 4в.	4,12	-3,15	-4,09	2,62	-0,05	-0,82	0,15	3,13	2,76	-2,53
A1 О-Янг 1	-2,78	8,03	6,48	-1,23	-2,79	-8,90	3,30	4,06	4,31	2,14
A2 Кремовое	-5,23	1,37	8,71	1,72	6,36	4,52	-2,89	-2,18	-2,87	-1,86
A2 Судзертн	-9,97	11,42	9,91	-9,52	-1,94	10,27	-3,73	-10,69	-8,84	6,44
Довер. интервал	0,13	0,67	0,26	0,56	0,35	0,47	0,65	0,29	1,72	0,21

### 3.1.4. Взаимосвязь урожайности с параметрами адаптивности

Урожайность отражает действие всех условий выращивания на растении, поэтому его можно считать главным критерием при оценке параметров адаптивности. Урожайность является основополагающим агрономическим показателем, определяющим результативность исследований [214, 215, 233]. Это интегральный признак, выражение которого зависит от многочисленных составляющих: абио- и биотических показателей, условий интенсификации земледелия, сортовых особенностей возделываемой культуры. В современных агроэкологических условиях, вследствие недостаточной стрессоустойчивости сельскохозяйственных культур, потенциальная урожайность реализуется крайне слабо – от 25 до 40% [240, 392]. Улучшить данный фактор возможно путем более эффективного использования ресурсовосстанавливающей роли сорта, оказывающей непосредственное влияние на потенциальную продуктивность, но изучена недостаточно подробно [440, 590]. Применение полного корреляционного анализа дает возможность выявить зависимость формирования урожайности от показателей адаптивности исходного материала.

В результате установлена тесная взаимосвязь индекса стабильности, отклонения от линии регрессии со средней урожайностью семян материнских форм как в первой группе, так и второй: коэффициент корреляции равен 0,96-0,99 и 0,60-0,62, соответственно.

Между индексом стабильности и отклонением от линии регрессии выявлена средняя корреляционная связь ( $r=0,43-0,62$ ), но значимой она оказалась только у растений первой группы. Эти корреляции свидетельствуют о высокой приспособленности исходного материала к условиям произрастания, заключающейся в незначительной изменчивости урожайности семян по годам.

Также сильная корреляционная связь ( $r=0,83-0,85$ ) отмечена между коэффициентами линейной регрессии и вариации (таблица 11). Положительная сильная достоверная связь размаха урожайности с экологической пластичностью отмечена у сортов ячменя, что указывает на повышение отзывчивости

сортов на изменение условий с ростом вариабельности урожайности [244].

Таблица 11 – Сопряженность параметров адаптивности со средней урожайностью семян ЦМС-линий сорго

Показатель	Средняя урожайность	V, %	<i>bi</i>	<i>S%(RG)</i>	<i>Hi</i>	<i>DSI</i>
Средняя урожайность	1,00					
	1,00					
V, %	-0,25	1,00				
	0,27	1,00				
<i>bi</i>	-0,09	0,83**	1,00			
	0,28	0,85**	1,00			
<i>S%(RG)</i>	0,63*	0,39	0,14	1,00		
	0,60	0,51	0,09	1,00		
<i>Hi</i>	0,99**	-0,22	-0,03	0,62*	1,00	
	0,96**	0,27	0,38	0,43	1,00	
<i>DSI</i>	-0,41	0,88**	0,50	0,37	-0,40	1,00
	0,68*	-0,11	-0,33	0,65*	0,47	1,00

Примечание: в числителе коэффициенты корреляции для ЦМС-линий 1 группы (2009-2018 гг.); в знаменателе – 2 группы (2014-2019 гг.); \* $p \geq 0,05$ ; \*\*  $p \geq 0,01$ .

Вместе с тем выявлена дифференцированная реакция групп стерильных линий на изучаемые параметры. Индекс засухоустойчивости прямопропорционально коррелировал со средней урожайностью ( $r=0,68$ ) и отклонением от линии регрессии ( $r=0,65$ ) материнских растений второй группы; от вариабельности продуктивности у растений первой группы ( $r=0,88$ ). В литературе также имеются сведения о сильных корреляционных связях между показателями *DSI* и продуктивностью у сортообразцов разных сельскохозяйственных культур [84, 224]. В тоже время, у ЦМС-линий первой группы установлена отрицательная взаимосвязь (хотя и незначимая). Согласно литературным данным аналогичная сопряженность признаков (продуктивности и индекса засухоустойчивости) отмечена у образцов зернового сорго [477], люцерны [119].

В данных исследованиях не установлено значимого сопряжения таких основных показателей адаптивности как индекс стабильности и коэффициент линейной регрессии. Согласно литературным данным, пластичность и стабильность в одном генотипе практически не совмещаются [19].

## **3.2. Влияние абиотических стрессоров на проявление физиологических признаков ЦМС-линий и гибридов F1 сорго**

### **3.2.1. Содержание пигментов в листьях изоядерных ЦМС-линий и гибридов F1 сорго**

Формирование фотосинтетического аппарата – сложный процесс, который контролируется тесно взаимодействующими между собой ядерными и цитоплазматическими генетическими системами растительной клетки [465, 504]. При этом скоординированная экспрессия генов ядра и цитоплазмы достигается путем их внутриклеточных взаимодействий с помощью разнонаправленных механизмов регуляции – антероградной (от ядра к хлоропластам и митохондриям) и ретроградной (от пластид и митохондрий к ядру), обеспечивающей обратную связь между клеточными органеллами и ядром [339, 356, 395]. Очевидно, что с помощью ретроградных сигналов хлоропласты и митохондрии могут регулировать экспрессию ядерных генов, которые кодируют компоненты фотосистем I и II, а также различных ферментных систем, локализованных в этих органеллах. Важная роль ретроградных пластидных сигналов отмечена и для биосинтеза хлорофилла [306], накопление которого контролируется ядерным геномом [341, 376, 473]. Такая скоординированная работа митохондриального, ядерного и хлоропластного геномов позволяет предположить, что генетически различные типы цитоплазм могут влиять на содержание хлорофилла в фотосинтезирующих тканях растения и, тем самым, определять интенсивность фотосинтеза и урожайность сельскохозяйственных культур [4]. Это подтверждается полученными ранее коэффициентами корреляции между скоростью фотосинтеза в листьях зернового сорго и урожайностью биомассы, зерна [501]. Возможность такого влияния необходимо учитывать и использовать в селекции на гетерозис, в частности, при создании линий с цитоплазматической мужской стерильностью, поскольку как митохондриальные, так и хлоропластные геномы различаются у разных стерильных цитоплазм [365, 397, 415, 567].



## Накопление пигментов в листьях ЦМС-линий сорго

Начальные исследования *ЦМС-линий с геномами Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е и Пищевого 614 с цитоплазми 9Е, М35-1А* не различались между собой по содержанию пигментов в 2010 г. (приложение 11). Варьирование количества хлорофиллов в наибольшем листе среднего яруса растений составило: *a* – 0,84-0,90 мг/г; *b* – 0,33-0,37 мг/г; сумма хлорофиллов – 1,18-1,25 мг/г; отношение хлорофиллов – 2,46-3,17. При этом, количество пигментов оказалось выше в фазу кущения, а их отношение – в фазу выметывания. Более раннее изучение влияния ЦМС на накопление пигментов у африканского проса показало отсутствие цитоплазматического эффекта [485]. Аналогичный показатель соотношения пигментов отмечен у пшеницы [15].

Исследования по накоплению пигментов листьями ЦМС-линий *с геномом Карлика 4в с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, А5, А6* в 2016-2017 гг. показали различия между цитоплазмами в отдельные сезоны в зависимости от фазы вегетации. Выявлено, что в более засушливом 2016 г. содержание пигментов оказалось выше по сравнению с 2017 г. При этом, наибольшее содержание хлорофилла *a* в 2016 г. установлено у цитоплазмы А5 в фазу кущения (1,21 мг/г) и цветения (1,12 мг/г), тогда как в фазу выметывания – у цитоплазмы А3 (1,35 мг/г), тогда как в условиях вегетации 2017 г. – у цитоплазм А2 и А3 (0,71-0,73 мг/г) в фазу кущения, цитоплазме А1 (0,62 мг/г) в период выметывания, а цветения – на цитоплазме А5 (0,82 мг/г) (таблица 12). Следует отметить, что в среднем за два года исследований различия между типами стерильных цитоплазм в отдельные фазы отсутствовали. Наибольшее содержание пигмента в фазу кущения установлено на цитоплазме А2 (0,95 мг/г), выметывания – А1 (0,96 мг/г), цветения – А5 (0,97 мг/г). Кроме того, значимо высокий синтез хлорофилла *a* у ЦМС-линий сорго установлен в фазы кущения и выметывания (0,83-0,85 мг/г), в фазу цветения снижался до 0,62 мг/г (рисунок 12а).

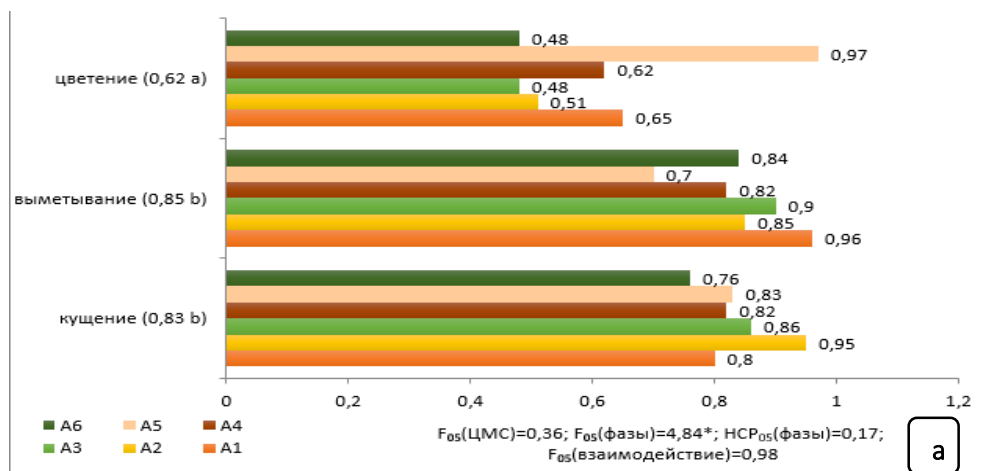
Ежегодно более высокое накопление хлорофилла *b* наблюдалось в фазу кущения на цитоплазме А2 (0,15-0,44 мг/г), выметывания на цитоплазмах А3 и А6 (0,11-0,62 мг/г), цветения на цитоплазме А5 (0,24-0,35 мг/г) (таблица 12).

Таблица 12 – Содержание хлорофиллов (мг/г) в листьях ЦМС-линий с геномом Карлика 4в, 2016-2017 гг.

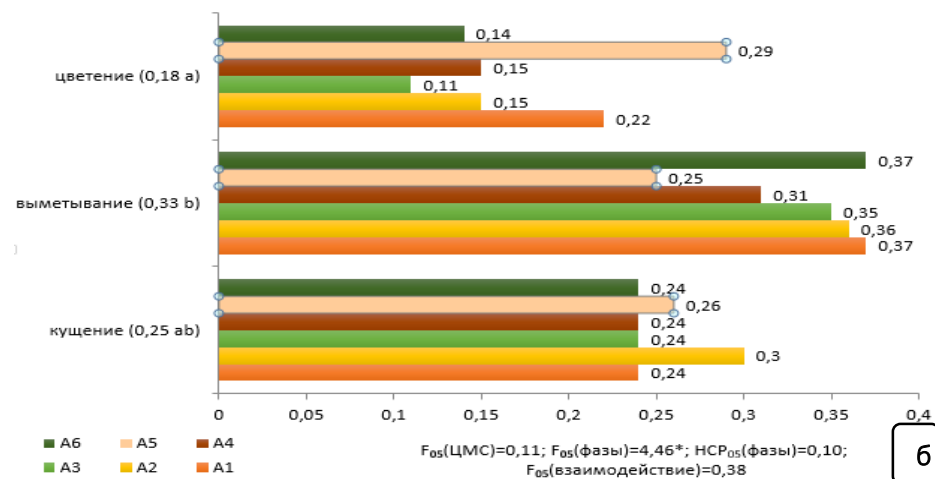
Тип ЦМС (фактор А)	Фаза развития растений (фактор В)	2016 г.				2017 г.			
		<i>a</i>	<i>b</i>	$\Sigma ab^1$	$a/b^2$	<i>a</i>	<i>b</i>	$\Sigma ab$	$a/b$
А1	кущение	1,10i	0,39i	1,49k	2,81hi	0,50d-h	0,10a-d	0,60c-g	5,10ij
	выметывание	1,30o	0,60m	1,90o	2,19c	0,62hij	0,13c-f	0,75f-i	4,77e-i
	цветение	0,74c	0,25d	0,98d	2,98k	0,57fgh	0,18g	0,75ghi	3,26a
<b>Среднее по А1:</b>		<b>1,05</b>	<b>0,41</b>	<b>1,46</b>	<b>2,66</b>	<b>0,56</b>	<b>0,14</b>	<b>0,70</b>	<b>4,38</b>
А2	кущение	1,17k	0,44k	1,60l	2,68g	0,73jk	0,15efg	0,88i	4,92f-j
	выметывание	1,24m	0,61no	1,85n	2,01a	0,46c-g	0,10a-d	0,56b-e	4,54c-i
	цветение	0,70b	0,21c	0,91c	3,24mn	0,32ab	0,09a-d	0,40ab	3,69ab
<b>Среднее по А2:</b>		<b>1,03</b>	<b>0,42</b>	<b>1,45</b>	<b>2,65</b>	<b>0,50</b>	<b>0,11</b>	<b>0,62</b>	<b>4,38</b>
А3	кущение	1,00g	0,32e	1,32h	3,15lm	0,71ijk	0,16fg	0,87hi	4,63d-i
	выметывание	1,35q	0,63p	1,99p	2,14bc	0,45b-f	0,07ab	0,52a-d	6,08k
	цветение	0,53a	0,12a	0,65a	4,58p	0,44b-f	0,11b-e	0,55b-e	4,11b-e
<b>Среднее по А3:</b>		<b>0,96</b>	<b>0,36</b>	<b>1,32</b>	<b>3,29</b>	<b>0,53</b>	<b>0,11</b>	<b>0,65</b>	<b>4,94</b>
А4	кущение	1,09h	0,37h	1,45i	2,97jk	0,54e-h	0,11b-e	0,65d-g	5,06hij
	выметывание	1,33p	0,56l	1,89o	2,37d	0,30a	0,06a	0,36a	5,23ij
	цветение	0,91e	0,21c	1,12e	4,33o	0,34abc	0,09a-d	0,43ab	3,84ab
<b>Среднее по А4:</b>		<b>1,11</b>	<b>0,38</b>	<b>1,49</b>	<b>3,22</b>	<b>0,39</b>	<b>0,08</b>	<b>0,48</b>	<b>4,71</b>
А5	кущение	1,21l	0,43jk	1,64m	2,85i	0,44b-f	0,09abc	0,53b-e	5,51jk
	выметывание	0,90de	0,36gh	1,26f	2,53ef	0,51d-h	0,13def	0,64d-g	3,80ab
	цветение	1,12j	0,35fg	1,47j	3,24mn	0,82k	0,24h	1,06j	3,48ab
<b>Среднее по А5:</b>		<b>1,07</b>	<b>0,38</b>	<b>1,45</b>	<b>2,87</b>	<b>0,59</b>	<b>0,15</b>	<b>0,74</b>	<b>4,26</b>
А6	кущение	0,93f	0,36gh	1,28g	2,62fg	0,59gh	0,12b-f	0,70e-h	4,97g-j
	выметывание	1,27n	0,62op	1,89o	2,06ab	0,41a-d	0,11b-e	0,51a-d	3,86ab
	цветение	0,53a	0,16b	0,69b	3,29n	0,43b-e	0,12c-f	0,55b-e	3,56ab
<b>Среднее по А6:</b>		<b>0,91</b>	<b>0,38</b>	<b>1,29</b>	<b>2,66</b>	<b>0,47</b>	<b>0,12</b>	<b>0,59</b>	<b>4,13</b>
Среднее по фазам развития растений:									
	кущение	1,08	0,38	1,46	2,85	0,59	0,12	0,71	5,03
	выметывание	1,23	0,56	1,80	2,22	0,46	0,10	0,56	4,71
	цветение	0,75	0,22	0,97	3,61	0,49	0,14	0,62	3,66
F <sub>05(A)</sub>		1045,2*	81,2*	996,6*	146,2*	9,1*	8,3*	8,9*	5,8*
HCP <sub>05(A)</sub>		0,01	0,01	0,01	0,07	0,07	0,02	0,09	0,35
F <sub>05(B)</sub>		23624,8*	8319,6*	49113,4*	1625,3*	17,5*	10,7*	11,8*	67,3*
HCP <sub>05(B)</sub>		0,01	0,01	0,01	0,05	0,05	0,02	0,06	0,25
F <sub>05(AB)</sub>		2454,5*	396,9*	3837,3*	72,3*	13,5*	9,5*	12,5*	6,9*

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . <sup>1</sup> – сумма хлорофиллов; <sup>2</sup> – отношение пигментов *a* и *b*. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

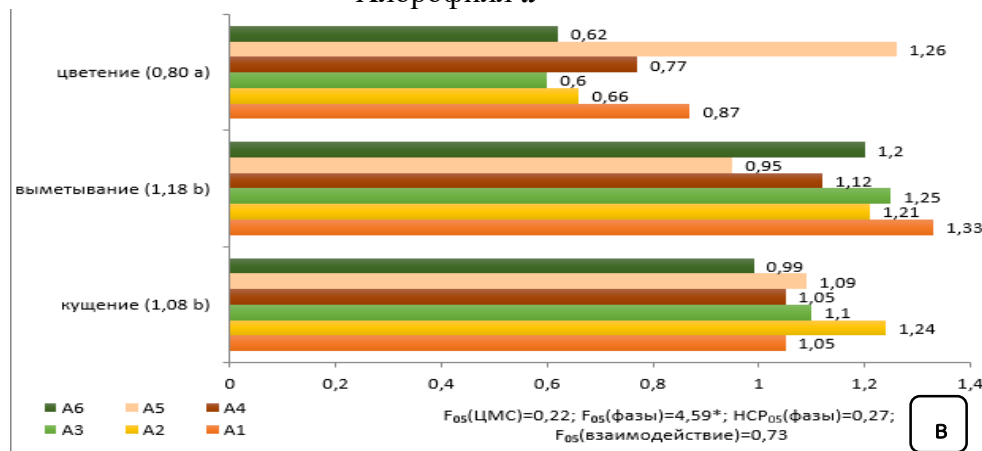
В среднем за 2016-2017 гг. стерильные линии не различались по содержанию хлорофилла *b* ни в одну из фаз развития. Наибольший синтез хлорофилла *b* установлен на цитоплазме А2 в фазу кущения (0,30 мг/г) и на цитоплазме А5



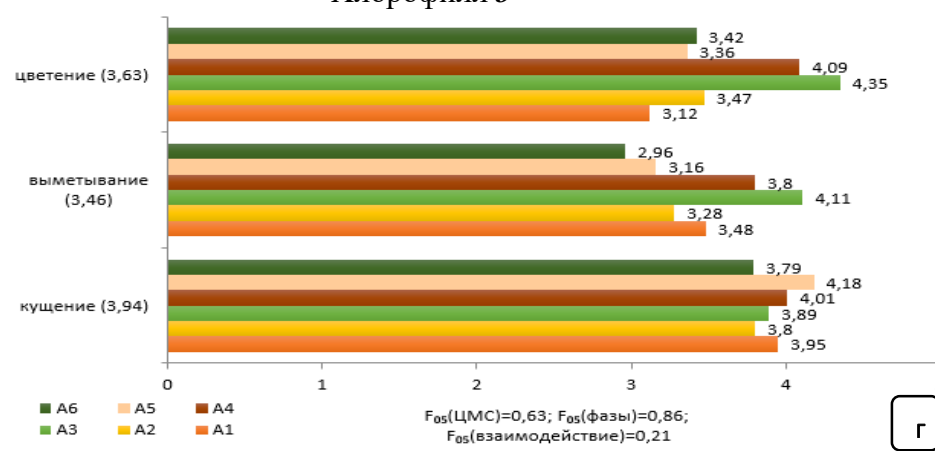
Хлорофилл а



Хлорофилл б



Сумма хлорофиллов



Отношение хлорофиллов

Рисунок 12 – Содержание хлорофиллов (мг/г) в листьях изоядерных ЦМС-линий сорго в разные фенологические фазы развития растений, среднее за 2016-2017 гг.

Примечание:  $*p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

в фазу цветения (0,29 мг/г), тогда как в фазу выметывания наименьшее (0,25 мг/г) (рисунок 12б). Рассматривая накопление пигмента растениями стерильных линий по фазам выявлено, что в фазу выметывания хлорофилла *b* (0,33 мг/г) существенно выше, чем в другие фазы – 0,18-0,25 мг/г.

Каждый сезон более высокие показатели суммы хлорофиллов отмечены на цитоплазме А2 (0,88-1,60 мг/г) в фазу кущения, выметывания на цитоплазме А1 (0,75-1,90 мг/г), цветения на цитоплазме А5 (1,06-1,47 мг/г) и подтверждены результатами дисперсионного анализа (таблица 12). В среднем за 2 года по общему содержанию хлорофиллов ЦМС-линии между собой не различались. Однако, в фазу кущения наибольшее содержание пигментов отмечено на цитоплазме А2 (1,24 мг/г), выметывания – цитоплазме А1 (1,33 мг/г), цветения – А5 (1,26 мг/г). Кроме того, в среднем по ЦМС-линиям наибольшее содержание суммы хлорофиллов установлено в фазы кущения и выметывания (1,08-1,18 мг/г), по сравнению с показателями в фазу цветения (0,80 мг/г) (рисунок 12в). Также уменьшение количества хлорофиллов в фазу цветения наблюдалось и у коллекционных сортообразцов сои [1].

Одним из показателей общей устойчивости растений является соотношение хлорофиллов [113]. Примечательно, что высокое соотношение пигментов установлено на цитоплазме А3 в фазу кущения и цветения 2016 г. – 3,15-4,58; в фазы выметывания и цветения 2017 г. – 4,11-6,08. В среднем за 2016-2017 гг. различия между ЦМС-линиями по отношению пигментов в листьях растений отсутствовали. Более высокое значение в фазу кущения выявлено на цитоплазме А5 (4,18), выметывания и цветения – на цитоплазме А3 (4,11-4,35). Отношение пигментов в изучаемые фазы в среднем по стерильным линиям оказалось сравнительно одинаковым – 3,46-3,94 (рисунок 12г).

В результате проведенных исследований установлено, что содержание пигментов в листьях ЦМС-линий оказалось выше в более жарком и засушливом 2016 г. (хлорофилл *a* – 0,91-1,11 мг/г, *b* – 0,38-0,41 мг/г) по сравнению с 2017 г. (хлорофилл *a* – 0,39-0,59 мг/г, *b* – 0,08-0,14 мг/г). Подобная закономер-

ность обнаружена и на других культурах, например, сои. Отмечено, что в условиях высоких температур и интенсивной солнечной инсоляции увеличение концентрации хлорофилла *b* и каротиноидов способствует более эффективному использованию света и защите от перегрева, что является компенсаторной реакцией растений [57].

Наибольший синтез пигментов происходит до фазы выметывания, а начиная с периода цветения, их концентрация снижается.

### **Накопление пигментов в листьях изоядерных гибридов F1 сорго на основе разных типов стерильных цитоплазм**

Содержание зеленых пигментов в 2010 г. определяли в листьях *гибридов на основе ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 и А3, А4, 9Е типами ЦМС*, у которых отцовские формы различались по фенологическим и морфологическим признакам – Меркурий и Пищевое 35. Установлено влияние типа цитоплазмы А4 на количество хлорофилла *b* (0,32 мг/г) и суммы пигментов (1,03 мг/г) в сравнении с цитоплазмами А3 и 9Е (приложение 12). Содержание хлорофилла *a* изменялось от 0,67 до 0,71 мг/г. Значения признака «отношение хлорофиллов *a* к *b*» варьировали от 3,12 до 3,73, что свидетельствует о нормальной потенциальной фотохимической активности [121, 189].

Следует отметить, что гибриды с Меркурием и Пищевым 35 по-разному реагировали на разные типы стерильных цитоплазм в фазу кущения. У гибридов с Пищевым 35 на цитоплазме А4 содержание хлорофилла *b* (0,52 мг/г) и суммы хлорофиллов (1,54 мг/г) было значимо выше, чем на цитоплазмах А3 и 9Е (0,39-0,42 мг/г и 1,24-1,26 мг/г, соответственно). Тогда как у гибридов с Меркурием различия между цитоплазмами по содержанию хлорофиллов отсутствовали как в фазу кущения, так и выметывания: 1,53-1,66 мг/г и 0,58-0,64 мг/г, соответственно. Гибриды с опылителем Меркурий отличались по отношению хлорофиллов в фазу выметывания от гибридов с сортом Пищевое 35.

Цитоплазматический эффект наблюдался ранее на стадии кущения и у гибридов с отцовской формой Волжское 615: цитоплазма А3 снижала количество зеленых пигментов, а цитоплазма А4 повышала их содержание [140].

Очевидно, эффект цитоплазмы на содержание пигментов у гибридов с одними и теми же ЦМС-линиями, но разными опылителями является следствием специфического взаимодействия ядерных и цитоплазматических генов.

Влияние опылителя на синтез зеленых пигментов и их соотношение оказался достоверным ( $F_{05(B)} > F_{теор.}$ ). Наиболее высокие показатели выявлены у Меркурия: содержание хлорофилла *a* – 0,81 мг/г, хлорофилла *b* – 0,31 мг/г, отношение пигментов составило 5,19.

Наибольшее количество хлорофиллов у гибридов наблюдалось в фазу кущения, а показатель «отношение хлорофиллов» – в фазу выметывания.

У гибридов F1 с разными типами стерильных цитоплазм была изучена степень проявления гетерозиса и наследования содержания пигментов в листьях растений (приложение 13). Доминирование по количеству хлорофиллов у гибридов первого поколения проявлялось только в фазу кущения. Сверхдоминирование по содержанию хлорофилла *a* и суммы зеленых пигментов выявлено в комбинации А4 Желтозерное 10/ Пищевое 35: коэффициент фенотипического доминирования равен 1,92 и 2,00, соответственно. У гибридов с отцовской формой Меркурий отмечено сверхдоминирование по признаку «содержание хлорофилла *b*» ( $h_p=3,00-4,00$ ), причем на цитоплазме А4 более высокий показатель. Наследование суммы хлорофиллов у гибридов на цитоплазмах А3 и 9Е происходило по типу частичного доминирования ( $h_p=0,16$ ), тогда как на цитоплазме А4 выявлена гибридная депрессия ( $h_p=-0,36$ ).

Истинный гетерозис по синтезу хлорофиллов проявился только в фазу кущения. Гибрид А4 Желтозерное 10/Пищевое 35 характеризуется гетерозисом по содержанию хлорофилла *a* (12,1%) и суммы хлорофиллов (3,4%); комбинации с Меркурием на основе цитоплазм А3, А4 и 9Е – по содержанию хлорофилла *b* (12,5-19,1%).

Гипотетический гетерозис по накоплению пигментов также различался у гибридов с разными опылителями: с Пищевым 35 – по количеству хлорофилла *a* (5,1-29,1%), с Меркурием – содержанию хлорофилла *b* (20,0-27,3%).

По сумме хлорофиллов гетерозис проявился в комбинациях А3 и 9Е Желтозерное 10/Меркурий, А4 Желтозерное 10/Пищевое 35 (2,5-6,9%).

Таким образом, полученные данные показывают, что синтез пластидных пигментов зависит от фазы развития растений: в процессе вегетации количество хлорофиллов снижается. Генетически различные типы ЦМС различаются между собой по накоплению хлорофиллов в листьях растений гибридов F1. Гибриды на стерильной цитоплазме А4 имеют более высокие показатели хлорофилла *b* и суммы хлорофиллов, в сравнении с цитоплазмами А3 и 9Е, что свидетельствует об участии цитоплазматических генов в генетическом контроле содержания хлорофилла. Генотип опылителя также оказывает значительное влияние на накопление пигментов. Установлено проявление гетерозиса по содержанию хлорофиллов и характер их наследования у гибридов в фазу кущения. Полученные данные показывают, что привлечение новых типов стерильности позволяет получать гибриды с эффектом гетерозиса по содержанию зеленых пигментов и, как следствие, может быть использовано для повышения их продуктивности.

*У гибридов, полученных с использованием ЦМС-линий с геномом Пищевое 614 на основе 9Е и М35-1А типов ЦМС* в скрещивании с опылителями Меркурий и Пищевое 35 установлено влияние типа цитоплазмы М35-1А на количество хлорофилла *a* (1,33 мг/г) и суммы пигментов (1,76 мг/г) в сравнении с цитоплазмой 9Е (приложение 14). Содержание хлорофилла *b* оказалось меньше у гибридов на цитоплазме 9Е (0,38 мг/г). Значения признака «отношение хлорофиллов *a* к *b*» также существенно не различались – 3,91-4,02. При этом, в фазу кущения соотношение пигментов также оказалось выше, чем в фазу выметывание – 4,45 и 3,48, соответственно.

Гибриды с опылителем Меркурий отличались по содержанию хлорофилла *a* (1,22 мг/г) и суммы хлорофиллов (1,53 мг/г) от гибридов с сортом Пищевое 35 – 1,26 и 1,75 мг/г соответственно.

Количество пигментов и их сумма достоверно различались в фазы кущения и выметывания. Так, у гибридов в начале вегетации содержание хлорофилла *a* составило 1,65 мг/г, тогда как в фазу выметывание снижалось до 0,83 мг/г; хлорофилла *b* – 0,62 и 0,19 мг/г соответственно.

В литературе встречаются сведения о более высоком содержании пигментов у гибридов. Также для них характерна более продолжительная работа фотосинтетической поверхности листьев. Следует отметить, что по содержанию хлорофилла можно оценить не только степень развития фотосинтетического аппарата растений, но и их физиологическое состояние, ассимиляционную активность, участие ассимиляционных органов растения в формировании продуктивности [63].

У гибридов F1 с M35-1A и 9E типами стерильных цитоплазм была изучена степень проявления гетерозиса и наследования содержания пигментов в листьях растений (приложение 15). Сверхдоминирование по количеству хлорофиллов у гибридов первого поколения проявлялось только в фазу кущения: по содержанию хлорофилла *a* и суммы пигментов у всех комбинаций – 1,0-8,9 и 1,0-24,2, соответственно; по хлорофиллу *b* – только у M35-1A Пищевое 614/Меркурий (1,4). Следует отметить, что коэффициент фенотипического доминирования выше у гибридов с сортом Пищевое 35.

Истинный гетерозис по синтезу хлорофиллов проявился только в фазу кущения. По содержанию хлорофилла *a* и суммы хлорофиллов гетерозис составил 0,7-97,8% и 0,5-77,9%, соответственно; по содержанию хлорофилла *b* только в комбинации M35-1A Пищевое 614/Меркурий – 7,2%. Комбинации с сортом Пищевое 35 отличались превышением содержания пигментов над лучшей родительской формой (77,9-97,8%).

Гипотетический гетерозис также проявился у всех изученных комбинациях только в фазу кущения: по содержанию хлорофилла *a* – 50,4-125,6%, по сумме хлорофиллов – 15,4-84,0%. По хлорофиллу *b* гипотетический гетерозис установлен у гибридов с сортом Пищевое 35 – 10,6-34,8%.

*Гибриды на основе ЦМС-линий с геномом Карлика 4в и типами ЦМС*



*A1, A2, A3, A4, A5 A6.* В исследованиях проведенных ранее показано, что стерильные цитоплазмы A2, A4 и 9E обуславливают более высокое содержание хлорофилла у гибридов F1 сорго в сравнении с цитоплазмой A1 [140]. В этой связи анализировали стерильные гибриды с сортом Восторг на основе A1, A2, A3, A4, A5, A6 Карлик 4в по синтезу хлорофиллов в наибольшем листе среднего яруса в фазы кущение, выметывание и цветение растений (таблица 13).

Таблица 13 – Содержание хлорофиллов (мг/г) в листьях изоядерных гибридов F1 сорго с сортом Восторг в разные фенологические фазы развития растений, 2016-2017 гг.

Тип ЦМС	Фаза					
	кущение		выметывание		цветение	
	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.
<b>Хлорофилл <i>a</i></b>						
A1	1,41c	0,71c	1,15b	0,44b	1,00abc	0,67d
A2	1,05ab	0,90d	1,54d	0,42ab	1,10c	0,60c
A3	0,94a	0,72c	1,40cd	0,57d	0,81a	0,51b
A4	1,12b	0,67bc	0,51a	0,58d	0,80a	0,86e
A5	1,03ab	0,44a	0,61a	0,56cd	1,19c	0,90f
A6	1,05ab	0,52a	0,54a	0,38a	1,05bc	0,36a
Fфакт.	11,561*	24,426*	77,8*	37,1*	4,89*	1477,3*
HCP <sub>05</sub>	0,139	0,096	0,15	0,04	0,20	0,02
<b>Хлорофилл <i>b</i></b>						
A1	0,75c	0,17d	0,55cd	0,11b	0,25b	0,27e
A2	0,51ab	0,13bc	0,68d	0,11ab	0,29b	0,19c
A3	0,36a	0,12ab	0,57d	0,17e	0,17a	0,11b
A4	0,69bc	0,11ab	0,21a	0,15cd	0,22ab	0,19c
A5	0,35a	0,10a	0,36b	0,15d	0,36c	0,24d
A6	0,53abc	0,14c	0,18a	0,10a	0,29b	0,09a
Fфакт.	4,878*	14,086*	18,04*	59,5*	8,86*	276,2*
HCP <sub>05</sub>	0,216	0,019	0,14	0,01	0,06	0,01
<b>Сумма хлорофиллов</b>						
A1	2,16c	0,88c	1,70bc	0,56b	1,25abc	0,94d
A2	1,56ab	1,03d	2,22 d	0,53ab	1,39 cd	0,80c
A3	1,30a	0,84c	1,97cd	0,74d	0,99a	0,62b
A4	1,81b	0,78c	0,72a	0,73d	1,03a	1,04e
A5	1,39a	0,54a	0,97a	0,71cd	1,54d	1,14f
A6	1,58ab	0,66b	0,72a	0,48a	1,34bcd	0,45a
F <sub>05</sub>	6,916*	22,579*	43,50*	44,05*	5,94*	1261,8*
HCP <sub>05</sub>	0,347	0,106	0,29	0,05	0,25	0,02

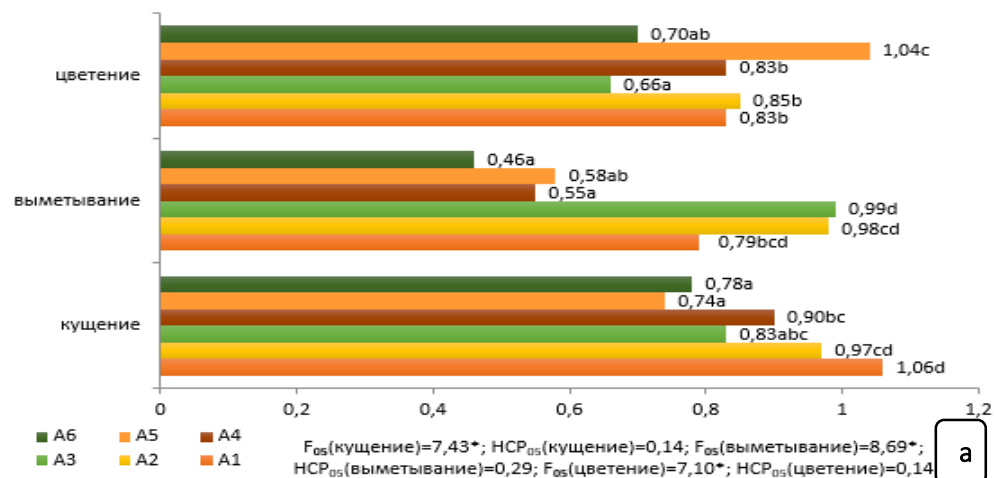
Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

С помощью статистической обработки экспериментальных данных по содержанию хлорофилла в листьях гибридов установлены между ними различия. Наибольшее количество хлорофилла **a** отмечено у гибридов на основе А1 и А2 типов ЦМС во всех фенологических фазах как в отдельные годы, так и в среднем за 2016-2017 гг. Содержание хлорофилла **a** изменялось в зависимости от фазы развития растений: кущение – от 0,74 мг/г до 1,06 мг/г; выметывание – от 0,46 мг/г до 0,99 мг/г; цветение – от 0,66 мг/г до 1,04 мг/г в среднем за два года изучения (рисунок 13а).

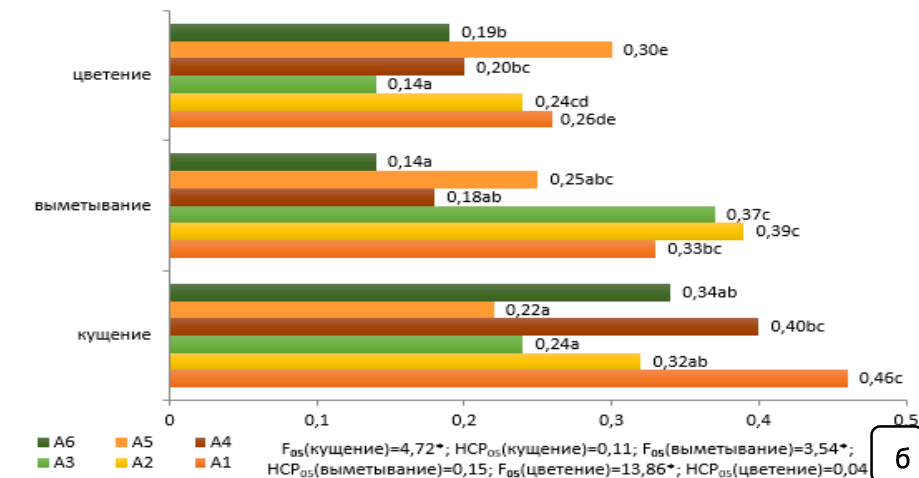
Вместе с тем, отмечена некоторая особенность в синтезе хлорофилла **a**: в фазу выметывания выявлено снижение пигмента у гибридов А1 Карлик 4в/Восторг (с 1,06 мг/г до 0,79 мг/г), А4 Карлик 4в/Восторг (с 0,90 мг/г до 0,55 мг/г), А5 Карлик 4в/Восторг (с 0,74 мг/г до 0,58 мг/г) и А6 Карлик 4в/Восторг (с 0,78 мг/г до 0,46 мг/г) в среднем за период исследований. Затем, в фазу цветения гибридов их синтез увеличился до 0,83 мг/г на цитоплазмах А1 и А4, до 1,04 мг/г на цитоплазме А5, до 0,70 мг/г на цитоплазме А6. Возможно, типы ЦМС (А1, А4, А5 и А6) оказались более чувствительными к воздействию абиотических факторов при прохождении растениями фазы выметывания.

Концентрация хлорофилла **b** у гибридов F1 сорго в среднем за 2016-2017 гг. варьировала от 0,14 мг/г до 0,46 мг/г (рисунок 13б). Наибольший синтез выявлен в фазу кущения – 0,33 мг/г (в среднем по гибридам), который снижался до фазы цветения и составил 0,22 мг/г. Между гибридами отмечены различия по содержанию хлорофилла **b**. Более высокое количество отмечено у гибридов на основе типов ЦМС А1 и А4 в фазу кущения (0,40-0,46 мг/г); в фазу выметывания – у гибридов на А2 и А3 типах ЦМС (0,37-0,39 мг/г) и фазу цветения – у А5 Карлик 4в/Восторг (0,30 мг/г).

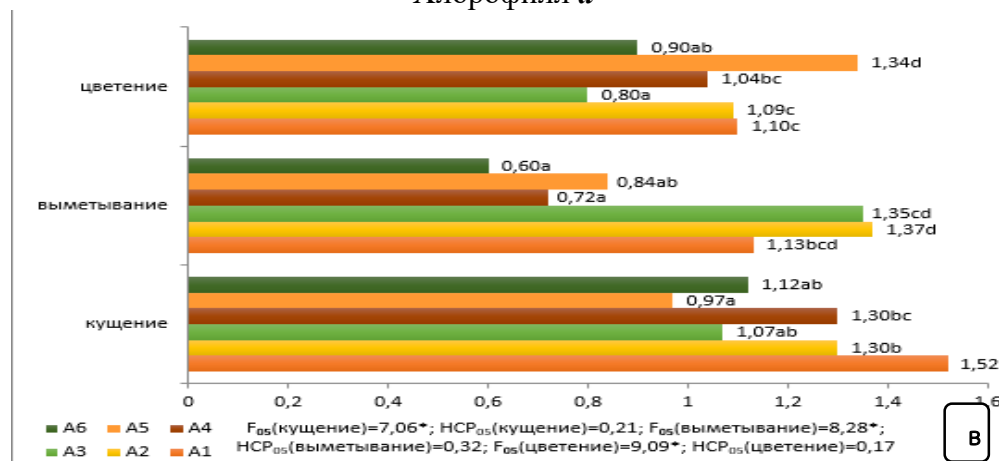
Показатель «сумма хлорофиллов» в среднем за изучаемый период также изменялся в зависимости от прохождения гибридами фенологических фаз развития: кущение – 0,97-1,52 мг/г, выметывание – 0,60-1,37 мг/г, цветение – 0,80-1,34 мг/г (рисунок 13в). Наибольшая сумма хлорофиллов выявлена у гибридов: в фазу кущения – А1 Карлик 4в/Восторг, А2 Карлик 4в/Восторг и



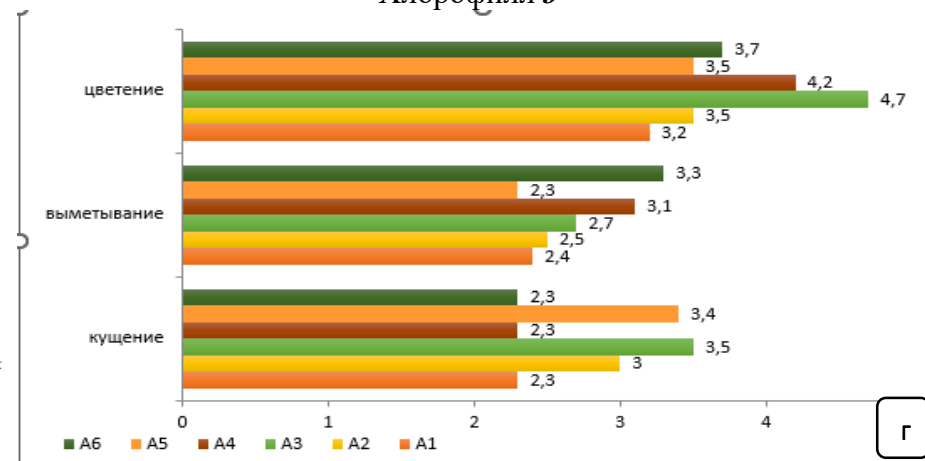
Хлорофилл а



Хлорофилл б



Сумма хлорофиллов



Отношение хлорофиллов

Рисунок 13 – Содержание хлорофиллов (мг/г) в листьях изоядерных гибридов F1 сорго в разные фенологические фазы развития растений, среднее за 2016-2017 гг.

Примечание:  $*p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

А4 Карлик 4в/Восторг (1,30-1,52); в фазу выметывания – А2 Карлик 4в/Восторг и А3 Карлик 4в/Восторг (1,35-1,37 мг/г); в фазу цветения – А5 Карлик 4в/Восторг (1,34 мг/г). Если рассмотреть количество хлорофиллов в среднем за три фазы развития, то наибольшее накопление пигментов оказалось у гибридов, полученных с использованием А1 и А2 типов ЦМС (1,25 мг/г).

Кроме того, количество пигментов существенно изменялось у гибридов F1 в зависимости от года исследований. Более высокие концентрации хлорофиллов отмечены в 2016 г. Исследования, проведенные в Пакистане, показали снижение количества хлорофиллов у сорго в условиях засухи [514].

Отношение хлорофиллов существенно не различалось между гибридами в среднем за 2016-2017 гг.: в фазу кущения показатели варьировали в интервале 2,3-3,5; выметывания – 2,3-3,3; цветения – 3,2-4,7. Наиболее высокие значения установлены у гибрида на цитоплазме А3 в фазы кущения и цветения (3,5-4,7), тогда как в выметывание показатель снизился до 2,7 (рисунок 13г).

У гибридов F1 на основе А1, А2, А3, А4 А5 и А6 типов стерильных цитоплазм также изучена степень проявления гетерозиса и наследования содержания пигментов в листьях растений в среднем за 2016-2017 гг. (таблица 14). Установлено различное проявление показателей в зависимости от типа цитоплазмы и фазы развития растений. Сверхдоминирование по накоплению пигмента хлорофилла *a* у гибридов отмечено в фазу кущения на цитоплазмах А2 и А4 (1,3-9,0), выметывания – на цитоплазмах А2 и А3 (1,4-1,6); хлорофилла *b* в фазу кущения на цитоплазмах А1, А4 и А6 (1,0-3,4), выметывания – на цитоплазме А2 и А3 (1,2-1,3); суммы пигментов в фазу кущения на цитоплазмах А1, А2 и А4 (2,2-8,4), выметывания – на цитоплазме А2 и А3 (1,3).

В фазу цветения сверхдоминирование по синтезу пигментов не наблюдалось. Выявлена особенность наследования суммы пигментов у гибрида на цитоплазме А2: наибольший коэффициент фенотипического доминирования отмечен в фазу кущения ( $h_p=2,2$ ), а затем отмечено снижение до 1,3 в фазу выметывания и  $h_p=0,1$  в фазу цветения.

Таблица 14 – Проявление гетерозиса (%) и коэффициент фенотипического доминирования у гибридов F1 по содержанию пигментов в листьях в разные фазы, среднее за 2016-2017 гг.

Тип ЦМС	Кущение			Выметывание			Цветение		
	hp <sup>1</sup>	Г <sub>ист.</sub> <sup>2</sup>	Г <sub>гип.</sub> <sup>3</sup>	hp	Г <sub>ист.</sub>	Г <sub>гип.</sub>	hp	Г <sub>ист.</sub>	Г <sub>гип.</sub>
<b>Хлорофилл <i>a</i></b>									
A1	0,0	32,5	32,5	0,4	-17,7	14,4	-0,3	-28,4	-8,7
A2	1,3	2,1	10,2	1,6	15,2	53,1	0,1	-26,7	2,4
A3	0,0	-3,4	0,0	1,4	10,0	50,0	-0,5	-43,1	-19,5
A4	9,0	9,7	11,1	-0,4	-32,9	-11,2	-0,2	-28,4	-6,7
A5	-8,0	-10,8	-9,7	0,1	-17,1	3,5	-0,3	-10,3	-2,8
A6	0,0	-2,5	0,0	-0,8	-45,2	-26,9	-0,4	-39,6	-14,6
<b>Хлорофилл <i>b</i></b>									
A1	3,4	35,3	58,6	0,6	-10,8	22,2	-0,3	-16,1	-3,7
A2	0,0	-5,8	0,0	1,3	8,3	50,0	0,1	-22,5	4,3
A3	-1,0	-29,4	-17,2	1,2	5,7	42,3	-0,7	-54,8	-33,3
A4	2,2	17,6	37,9	0,9	-41,9	-25,0	-0,4	-35,4	-13,0
A5	-2,0	-35,2	-26,6	1,0	0,0	19,0	0,0	-3,2	0,0
A6	1,0	0,0	17,2	-1,3	-62,1	-48,1	-0,5	-38,7	-17,3
<b>Сумма хлорофиллов</b>									
A1	8,4	32,5	38,1	0,5	-14,6	19,0	-0,2	-25,2	-6,0
A2	2,2	4,6	9,2	1,3	13,8	54,0	0,1	-25,8	2,9
A3	-1,7	-6,7	-4,4	1,3	7,7	46,8	-0,6	-45,6	-23,1
A4	4,0	13,3	18,1	-0,8	-35,9	-20,0	-0,2	-29,2	-7,2
A5	-5,0	-15,4	-13,3	0,4	-11,5	10,6	-0,3	-8,8	-2,2
A6	0,6	-2,3	4,6	-0,9	-50,2	-32,6	-0,4	-38,8	-14,3

Примечание: <sup>1</sup> – Коэффициент фенотипического доминирования; <sup>2</sup> – Истинный гетерозис, %; <sup>3</sup> – Гипотетический гетерозис, %.

Истинный гетерозис проявлялся не в каждой комбинации. Так, по содержанию хлорофилла *a* в фазу кущения на цитоплазмах A1, A2 и A4 (2,1-32,5%), выметывания – на цитоплазмах A2 и A3 (10,0-15,2%); хлорофилла *b* в фазу кущения на цитоплазмах A1 и A4 (17,6-35,3%), выметывания – на цитоплазме A2 и A3 (5,7-8,3%); суммы пигментов в фазу кущения на цитоплазмах A1, A2 и A4 (4,6-32,5%), выметывания – на цитоплазме A2 и A3 (7,7-13,8%).

В фазу цветения истинный гетерозис по содержанию хлорофиллов не проявился. Следует отметить, что гетерозис по сумме пигментов у гибрида на цитоплазме A1 оказался выше, чем на других цитоплазмах в фазу кущения. Однако, с развитием растений гетерозис больше не проявлялся. У гибрида на цитоплазме A2 гетерозис в фазу выметывания (13,8%) оказался выше, чем в фазу кущения (4,6%), а в цветение – отсутствовал (-25,8%).

По содержанию хлорофилла *a* гипотетический гетерозис установлен в фазу кущения на цитоплазмах А1, А2 и А4 (10,2-32,5%), выметывания – на цитоплазмах А1, А2, А3 и А5 (3,5-53,1%), цветения – на цитоплазме А2 (2,4%); хлорофилла *b* в фазу кущения на цитоплазмах А1 и А4 (37,9-58,6%), выметывания – на цитоплазме А1, А2, А3 и А5 (19,0-50,0%), цветения – на цитоплазме А2 (4,3%); суммы пигментов в фазу кущения на цитоплазмах А1, А2, А4 и А6 (4,6-38,1%), выметывания – на цитоплазме А1, А2, А3 и А5 (10,36-54,0%); цветения – на цитоплазме А2 (2,9%). Вместе с тем, выявлены некоторые особенности проявления гипотетического гетерозиса по сумме хлорофиллов: наибольший гетерозис отмечен на цитоплазме А1 в фазу кущения (38,1%), затем в фазу выметывания наблюдалось снижение до 19,0% и в фазу цветения гетерозис вообще отсутствовал; у гибридов на цитоплазме А2 наибольшее значение выявлено в фазу выметывания (54,0%), тогда как в кущение и цветение – 9,2 и 2,9%, соответственно. Проявление гетерозиса в цветение у гибрида на цитоплазме А2 очевидно свидетельствует о более высокой его стрессоустойчивости по сравнению с аналогом на цитоплазме А1.

Полученные данные показывают, что привлечение разных типов стерильных цитоплазм (например, типа А2) позволяет создавать гибриды с высоким содержанием хлорофилла и, как следствие, может быть использовано для повышения их стрессоустойчивости и продуктивности.

### **3.2.2 Интенсивность набухания семян изоядерных ЦМС-линий и гибридов в растворах осмотиков**

Изучение отзывчивости организма на изменчивость факторов внешней среды важно в начальные периоды роста растений – набухание, прорастание семян и рост проростков. Адаптация растений к неблагоприятным условиям обусловлена изменчивостью (как модификационной, так и генотипической) и связана с перестройкой комплекса физиологический, биохимических, морфологических, анатомических признаков растения в онтогенезе [14].

Одним из важных биологических признаков сельскохозяйственных культур является способность использовать влагу в условиях ее дефицита на первых этапах роста и развития [21]. Использование в опытах осмотических растворов позволяет имитировать в лаборатории засушливые условия, в том числе и для сорго [404]. Однако, в гипертонических растворах осмотиков прорастают не все семена сельскохозяйственных культур, тогда как при замачивании в воде абсолютное большинство из них проявляет высокую жизнеспособность [232]. Ранее бразильскими исследователями было отмечено снижение интенсивности водопоглощения семенами сорго в условиях солевого стресса [491]. Поэтому рассмотрение влияния осмотических растворов на набухание семян сорго является целесообразным при определении степени засухоустойчивости растений.

Набухание – важнейший период в цикле развития растений от посева до всходов и условие прорастания семян. Оно начинается, когда семена достигают влажности выше критической, происходит изменение физического состояния и создаются условия для начала биологических процессов [105]. От условия протекания набухания зависит дальнейшее вегетативное и продуктивное развитие растений [122, 231].

**Интенсивность набухания семян изоядерных ЦМС-линий на основе А3, А4 и 9Е типов цитоплазм.** С целью выявления цитоплазматического эффекта на водопотребление семян ЦМС-линий и подбора оптимального осмотика в качестве гипертонического раствора использовали сахарозу и нитрат калия с осмотическим давлением 19 и 72 атмосферы (концентрация 26,3 и 29,4%), соответственно. В этом опыте использовали семена ЦМС-линий, полученные в различных метеорологических условиях 2015-2017 гг. Образцы, у которых набухание семян в растворах осмотиков превышает соответствующие показатели в дистиллированной воде, считаются засухоустойчивыми. В этой связи рассмотрено детальное изучение реакции каждой ЦМС-линии на действие осмотика.

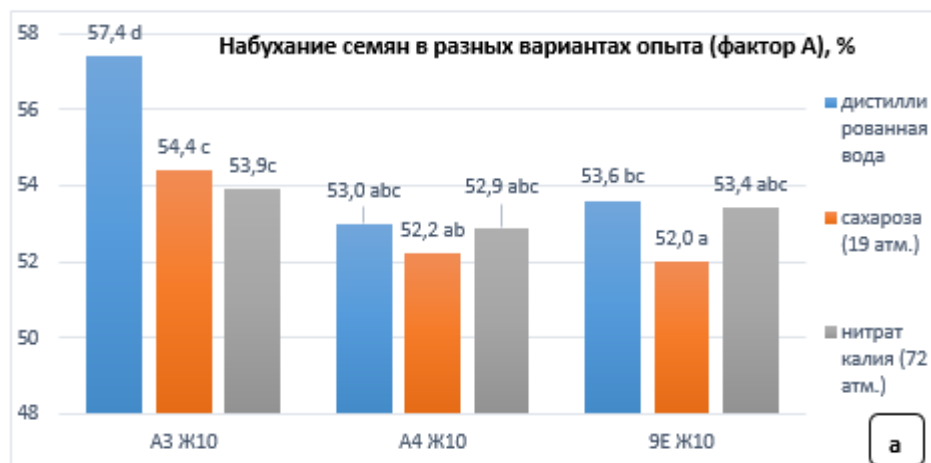
При расчете средних значений за весь период исследований использовали дисперсионный трехфакторный анализ, который позволил определить влияние типа стерильной цитоплазмы на набухание семян в осмотиках и дистиллированной воде (фактор А), условий года (фактор В) и время экспозиции (фактор С), а также взаимодействие факторов. Установлено значимое влияние всех факторов на интенсивность набухания семян (рисунок 14).

Более высокое водопотребление семян выявлено у ЦМС-линии на цитоплазме АЗ по сравнению с исходными показателями (53,9-57,4%). В среднем за три года изучения превышение над показателями цитоплазм А4 и 9Е составило: в дистиллированной воде – 3,8-4,4%, сахарозе – 2,2-2,4%; в нитрате калия различия оказались незначимыми – 0,5-1,0% (рисунок 14а). В результате полученных данных можно заключить, что ЦМС-линии на цитоплазмах А4 и 9Е оказались более засухоустойчивыми в начальный период развития. Так, водопотребление семян ЦМС-линий на цитоплазме А4 в гипертонических растворах (52,2-52,9%) отмечено на уровне дистиллированной воды (53,0%); на цитоплазме 9Е в опыте с нитратом калия водопотребление не отличалось от дистиллированной воды – 53,4 и 53,6%, соответственно. Дифференцированная реакция типа цитоплазмы ЦМС-линий на набухание семян установлена и в каждый год исследований (приложение 16).

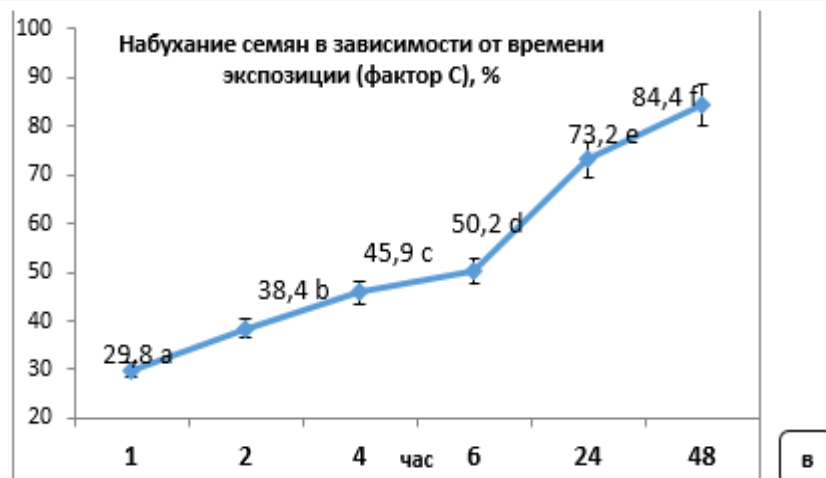
Высокая интенсивность набухания наблюдалась в первые 1-2 часа опыта (29,8-38,4%). В течение следующих 4-6 часов набухание проходило не так интенсивно (45,9-50,2%) и соответствовало периоду лаг-фазы. Дальнейший процесс водопотребления становится опять более интенсивным (73,2%) и через 48 часов достигает 84,4% (рисунок 14в). Аналогичная тенденция установлена и в каждый год исследований (приложение 16). Более высокие показатели водопотребления семян выявлены в условиях 2015 г.

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа показали, что метеорологические условия (фактор В) в период формирования семян оказали существенное влияние на их интенсивность набухания (рисунок 14б).





$F_{05(A)}=11,29^*$ ;  
 $F_{05(B)}=280,84^*$ ;  
 $F_{05(C)}=2861,93^*$ ;  
 $F_{05(AB)}=9,99^*$ ;  
 $F_{05(BC)}=2,82^*$ ;  
 $F_{05(AC)}=3,43^*$ ;  
 $F_{05(ABC)}=2,13^*$ .



$HCP_{05(A)}=1,33$ ;  
 $HCP_{05(B)}=0,77$ ;  
 $HCP_{05(C)}=1,09$ ;  
 $HCP_{05(AB)}=2,31$ ;  
 $HCP_{05(BC)}=1,89$ ;  
 $HCP_{05(AC)}=3,27$ ;  
 $HCP_{05(ABC)}=5,67$ .

Рисунок 14 – Набухание семян ЦМС-линий в растворах осмотиков (%), среднее за 2015-2017 гг.

Примечание:  $*p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

В среднем по трем ЦМС-линиям водопотребление семян в 2015 г. составило 59,0%, тогда как в 2016-2017 гг. – 50,8-51,1%. Очевидно, на процесс формирования семян оказали более высокие температуры воздуха (рисунок 15а) и практически отсутствие осадков (рисунок 15б) в период налива семян 2016-2017 гг. по сравнению со среднемноголетними показателями.

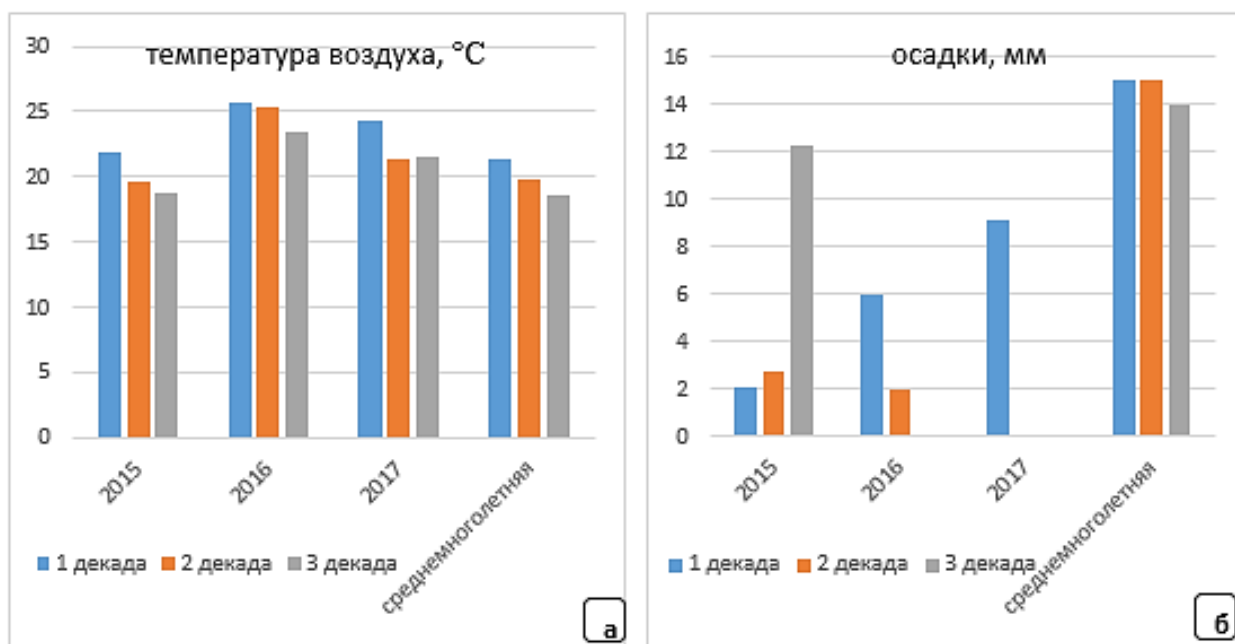


Рисунок 15 – Гидротермические условия в период налива семян (август) изоядерных ЦМС-линий на цитоплазмах А3, А4 и 9Е, 2015-2017 гг.

Полученные сведения представляют интерес для теоретических исследований закономерностей эпигенетической регуляции ранних этапов онтогенеза растений ЦМС-линий, а также необходимо учитывать при их размножении и семеноводстве.

С помощью дисперсионного анализа проведено сравнение набухания семян ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 и разными типами стерильности в каждый интервал времени проведения опыта. Детальный анализ различий между цитоплазмами установил, что цитоплазма А3 положительно влияет на набухание семян через 24 и 48 часов эксперимента (рисунок 16). Процессы водопоступления в семена сорго характеризуются кривой набухания, соответствующей и другим видам сельскохозяйственных культур [237, 238]. Причем,

набухание семян ЦМС-линий на цитоплазмах А4 и 9Е между собой не различались: через 24 ч – 71,4-72,3% и через 48 ч – 80,6-83,4%. Возможно, отсутствие различий связано с тем, что данные ЦМС-индуцирующие цитоплазмы являются близкородственными. В приложении 17 представлено ежегодное сравнение набухания семян ЦМС-линий в каждый интервал времени экспозиции в среднем по опыту.

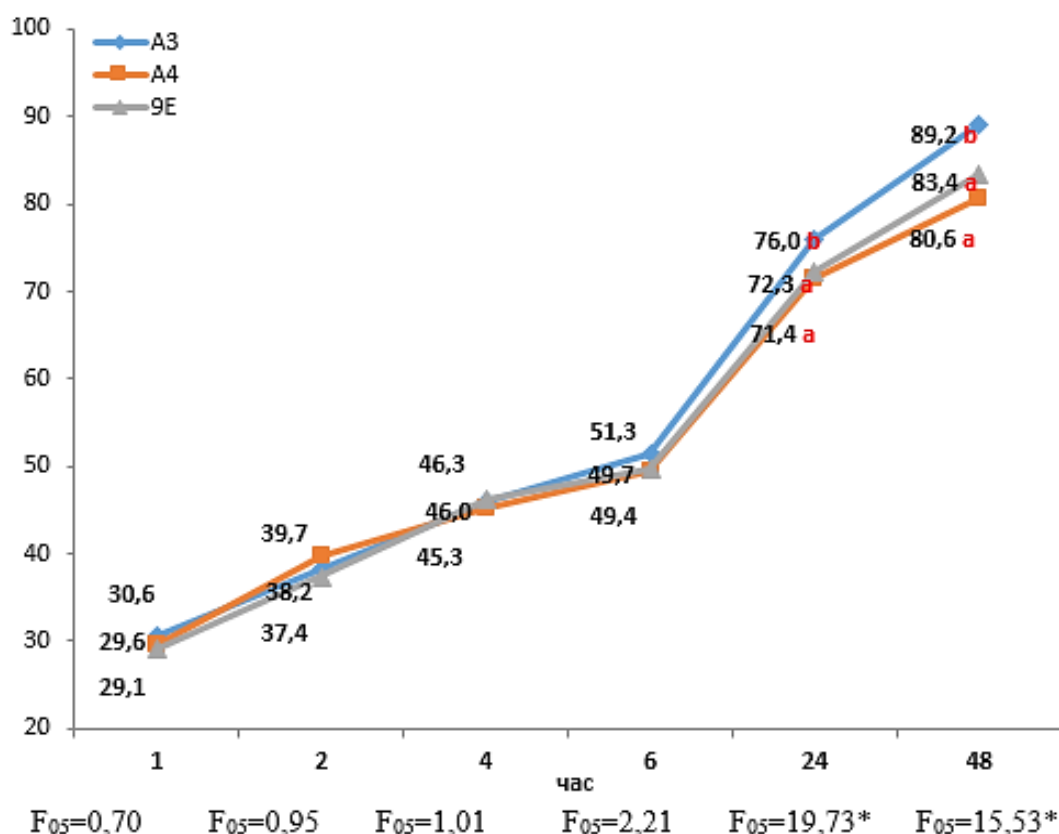


Рисунок 16 – Влияние типа стерильной цитоплазмы на набухание семян изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 (%), 2015-2017 гг.

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

В результате изучения влияния типа стерильной цитоплазмы на набухание семян ЦМС-линий сорго в гипертонических растворах выявлено, что в селекции на повышение засухоустойчивости исходного материала в начальный период развития растений целесообразно использовать цитоплазмы А4 и 9Е,

характеризующиеся меньшим водопотреблением семян. Набухание семян на цитоплазме А3 оказалось ниже, чем в гипертонических растворах, что свидетельствует о более слабой засухоустойчивости. В среднем за три года испытаний различия между цитоплазмами А3 и А4, 9Е наблюдаются через 24-48 часов эксперимента, при этом аналогичная тенденция отмечена при изучении семян, сформированных в 2015 и 2017 гг. Кроме того, значимых различий между набуханием семян в растворе сахарозы и нитрата калия не установлено, что позволяет в дальнейших исследованиях по диагностике засухоустойчивости сорго применять любой из данных осмотиков.

**Интенсивность набухания семян изоядерных гибридов на основе А3, А4 и 9Е типов цитоплазм в растворах осмотиков.** При расчете средних значений за весь период исследований использовали дисперсионный трехфакторный анализ, который позволил определить влияние типа стерильной цитоплазмы на набухание семян в осмотиках и дистиллированной воде (фактор А), условий года (фактор В) и время экспозиции (фактор С), а также взаимодействие факторов. Установлено значимое влияние всех факторов на интенсивность набухания семян гибридов F1, полученных при скрещивании ЦМС-линий А3, А4, 9Е Желтозерного 10 и сортов Азарт, Кремовое.

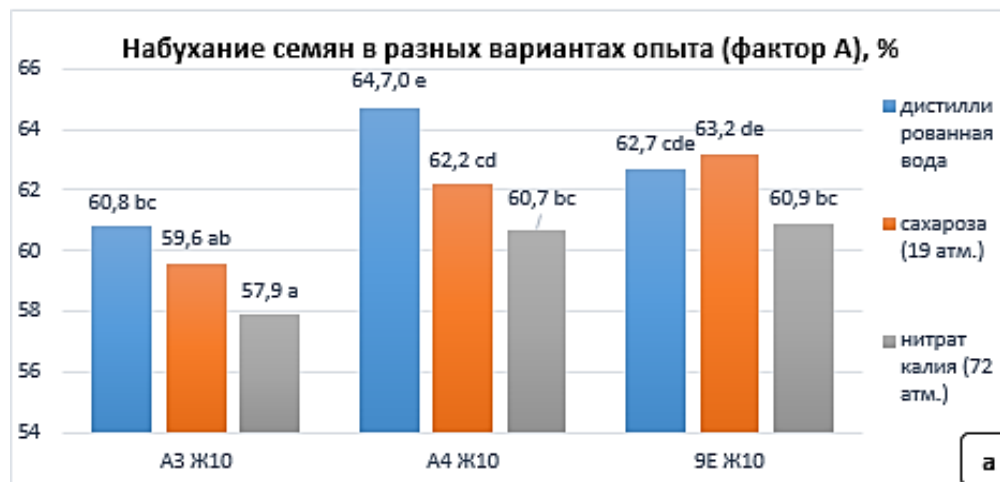
На набухание семян гибридов на цитоплазмах А3, А4 и 9Е влияние оказывает не только тип стерильности, но и опылитель. Так, в скрещиваниях с сортом Кремовое водопотребление составило 57,6-64,7% (рисунок 17а). Наименьшим водопотреблением в дистиллированной воде и нитрате калия отличился гибрид на цитоплазме А3 (57,9-60,8%) по сравнению с цитоплазмами А4 и 9Е (60,7-64,7%); в сахарозе – цитоплазмы А3 и А4 (59,6-60,7%) по сравнению с 9Е (63,2%). На цитоплазмах А3 и 9Е набухание семян в сахарозе оказалось на уровне контроля (дистиллированная вода) – 59,6-63,2% и 60,8-62,7%, соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о меньшей засухоустойчивости гибридов с ЦМС типа А4.

В скрещиваниях с сортом Азарт набухание варьировало в диапазоне 50,6-64,8%. Наименьшим водопотреблением отличился гибрид на цитоплазме

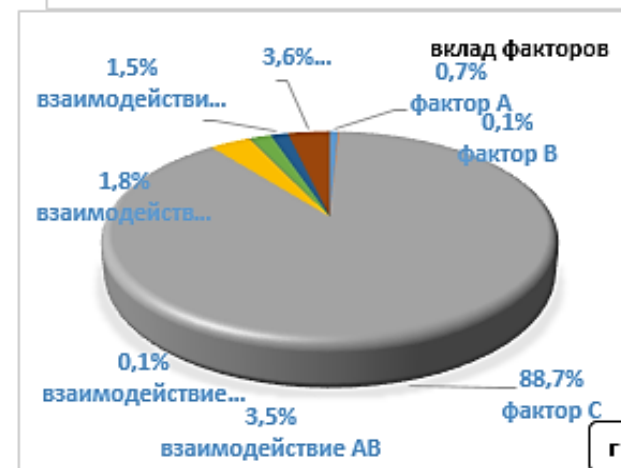
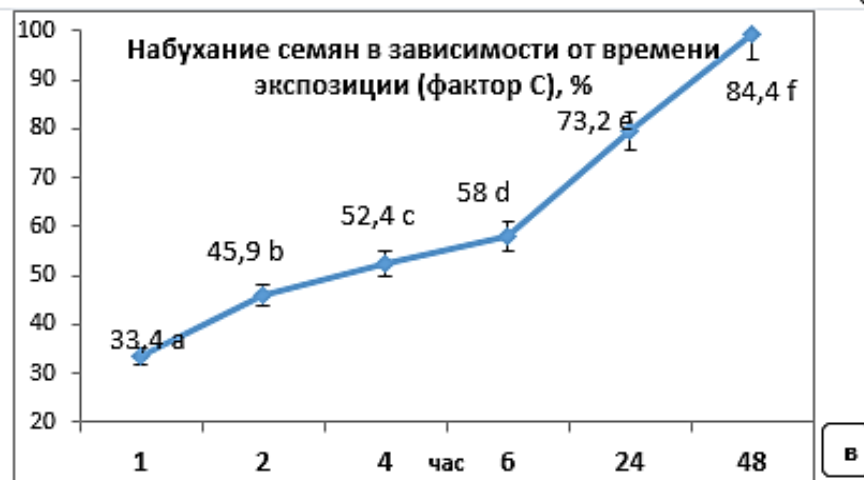
А4: в дистиллированной воде – 57,3% по сравнению с цитоплазмами А3 и 9Е (59,2-64,8%); в сахарозе – 53,6% и 57,5-59,6%, соответственно; в нитрате калия – 53,6% против 58,0-61,8%. У гибрида на цитоплазме 9Е набухание в сахарозе (57,5-58,0%) и нитрате калия оказалось на уровне контроля (59,2%), что свидетельствует об относительной засухоустойчивости (рисунок 18а).

Сравнение цитоплазматических эффектов на набухание семян у гибридов с обоими опылителями показало, что в селекции на повышение засухоустойчивости следует использовать цитоплазму 9Е. Процессы водопоступления в семена гибридов характеризуются кривой набухания, имеющей S-образный вид (рисунок 17в, 18в). Вместе с тем, наблюдались различия по интенсивности набухания между гибридами с разными опылителями через 2 ч эксперимента (45,9% с сортом Кремовое и 36,4% с сортом Азарт) и через 48 ч (99,1% с сортом Кремовое и 112,4% с сортом Азарт). Также выявлены особенности динамики набухания между гибридами в отдельные годы изучения (приложение 18-20). В 2015 г. отмечено сходство во влиянии типа стерильности у гибридов с обоими опылителями на процесс набухания через 1 ч эксперимента, когда цитоплазма А4 снижала водопотребление семян, а в 2017 г. – через 2 ч эксперимента. Причем, сами ЦМС-линии между собой в эти промежутки времени не различались.

Процесс набухания протекает аналогично родительским формам, однако на последних часах эксперимента значения больше похожи на показатели отцовской формы. Следует отметить, что данные опылители оказались не засухоустойчивыми за исследования в период 2015-2017 гг. Водопотребление в гипертонических растворах не превысило показатели в дистиллированной воде: у сорта Кремовое – 53,0-53,7% против 56,2% и у сорта Азарт – 59,4-61,7% против 64,8%, соответственно. Также следует отметить, что водопотребление семян в среднем по опылителям оказалось выше в 2016 г. – 63,1% по сравнению с 2015 и 2017 гг. – 53,4 и 58,0% (приложение 21).



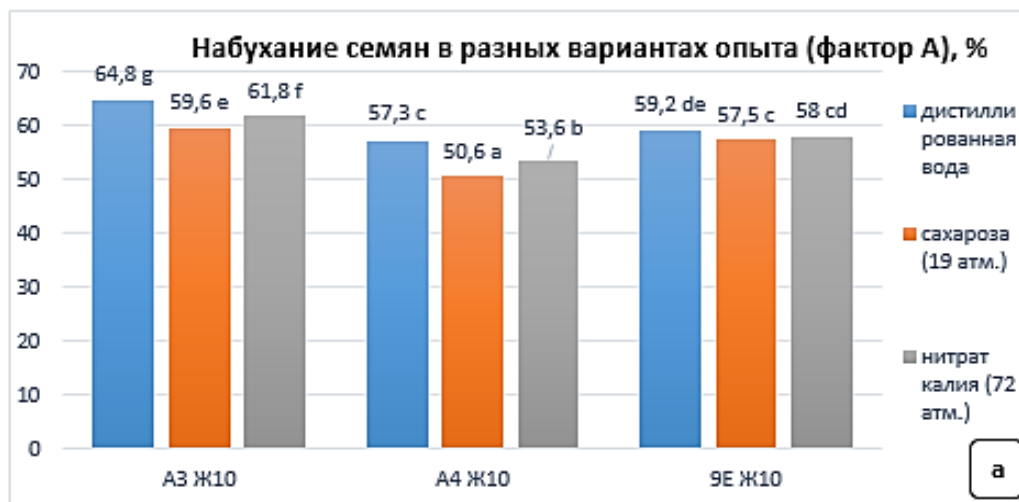
$F_{05(A)}=7,51^*$ ;  
 $F_{05(B)}=6,43^*$ ;  
 $F_{05(C)}=1579,46^*$ ;  
 $F_{05(AB)}=19,40^*$ ;  
 $F_{05(BC)}=0,49$ ;  
 $F_{05(AC)}=4,05^*$ ;  
 $F_{05(ABC)}=1,65^*$ .



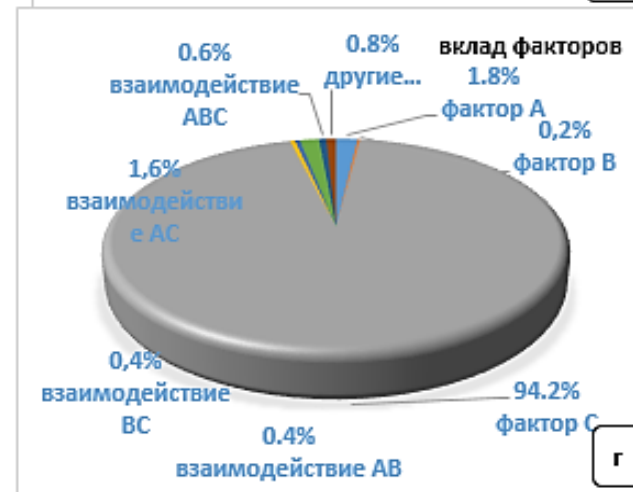
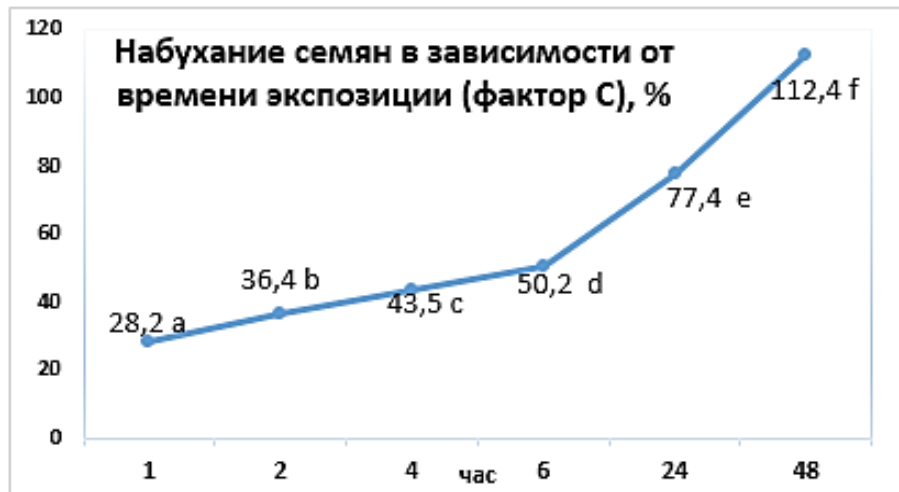
$HCP_{05(A)}=2,05$ ;  
 $HCP_{05(B)}=1,18$ ;  
 $HCP_{05(C)}=1,67$ ;  
 $HCP_{05(AB)}=3,55$ ;  
 $HCP_{05(AC)}=5,02$ ;  
 $HCP_{05(ABC)}=8,71$ .

Рисунок 17 – Набухание семян изоядерных гибридов F1 на основе типов цитоплазм А3, А4 и 9Е с сортом Кремовое в растворах осмотиков (%), среднее за 2015-2017 гг.

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .



$F_{05(A)}=89,39^*$ ;  
 $F_{05(B)}=32,67^*$ ;  
 $F_{05(C)}=7631,36^*$ ;  
 $F_{05(AB)}=11,48^*$ ;  
 $F_{05(BC)}=14,95^*$ ;  
 $F_{05(AC)}=16,40^*$ ;  
 $F_{05(ABC)}=3,23^*$ .



$HCP_{05(A)}=1,22$ ;  
 $HCP_{05(B)}=0,70$ ;  
 $HCP_{05(C)}=1,00$ ;  
 $HCP_{05(AB)}=2,12$ ;  
 $HCP_{05(BC)}=1,73$ ;  
 $HCP_{05(AC)}=3,00$ ;  
 $HCP_{05(ABC)}=5,21$ .

Рисунок 18 – Набухание семян изоядерных гибридов F1 на основе типов цитоплазм А3, А4 и 9Е с сортом Азарт в растворах осмотиков (%), среднее за 2015-2017 гг.

Примечание:  $*p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Влияние метеорологических условий за трехлетний период исследований на интенсивность набухания семян гибридов на цитоплазмах А3, А4 и 9Е представлено на рисунках 17б-18б. В среднем по гибридам с сортом Кремовое водопотребление семян в 2015 г. составило 60,2%, тогда как в 2016-2017 гг. – 61,7-62,3%; с сортом Азарт – 56,5% и 58,3-69,4%, соответственно. Очевидно, что на среднее водопотребление семян в опыте большее влияние оказала отцовская форма, чем материнская (приложение 21).

Также в среднем по опыту за три года исследований гибридов сорго изучалось влияние стерильной цитоплазмы на набухание семян в каждый из 48 часов эксперимента. Так, у гибридов с сортом Кремовое влияние стерильной цитоплазмы на набухание семян в динамике установлено в двух точках измерения: через 24 и 48 ч. Причем, различия между цитоплазмами установлены следующие: цитоплазма А3 снижала водопотребление семян по сравнению с цитоплазмами А4 и 9Е: через 24 ч – 76,4% и 80,9-81,9%; через 48 ч – 90,9% и 101,9-104,5%, соответственно и подтверждается значимыми показателями F-критерия (рисунок 19а). У ЦМС-линий в данных точках динамики набухания семян цитоплазма А3, наоборот, увеличивала водопотребление по сравнению с аналогами на цитоплазмах А4 и 9Е (рисунок 16).

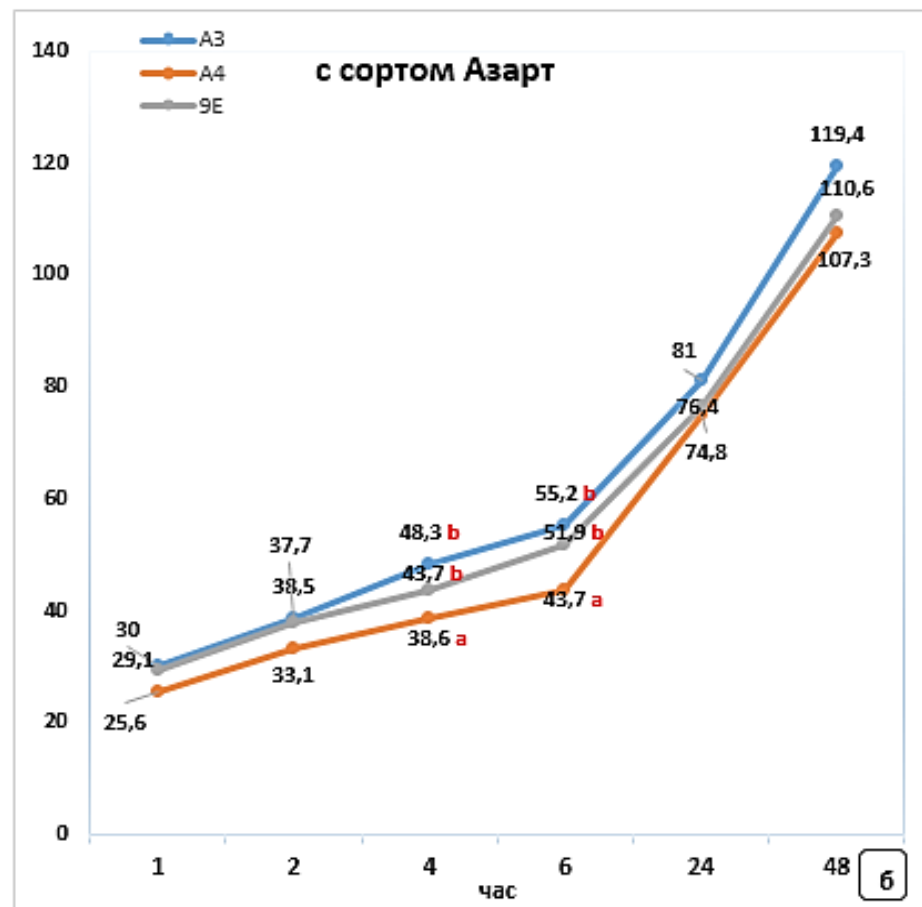
Изучение гибридов с сортом Азарт показало наличие различий между цитоплазмами в двух точках динамики: через 4 и 6 ч. Цитоплазма А4 снижала набухание семян по сравнению с цитоплазмами А3 и 9Е. Так через 4 ч водопотребление семян составило 38,6% против 43,7-48,3; через 6 ч – 43,7% и 51,9-55,2%, соответственно. Причем, гибриды на цитоплазмах А4 и 9Е с сортом Азарт между собой не различались. Следует отметить сходство по процессу набухания семян гибрида и ЦМС-линий, у которых выявлено незначительное снижение водопотребления семян на цитоплазме А4 через 4 ч и 6 ч набухания по сравнению с аналогами на цитоплазмах А3 и 9Е (рисунок 19б).

В результате сравнительного анализа изоядерных гибридов на цитоплазмах А3, А4 и 9Е отмечено, что на интенсивность набухания семян в опыте оказалось влияние не только типа стерильной цитоплазмы, но и опылителя.





$F_{05}=1,06$   $F_{05}=0,71$   $F_{05}=1,40$   $F_{05}=1,73$   $F_{05}=11,62^*$   $F_{05}=53,85^*$



$F_{05}=4,97$   $F_{05}=6,38$   $F_{05}=23,48^*$   $F_{05}=17,94^*$   $F_{05}=3,74$   $F_{05}=6,01$

Рисунок 19 – Влияние типа стерильной цитоплазмы изоядерных гибридов на основе ЦМС-линий А3, А4, 9Е Желтозерного 10 на набухание семян (%), среднее за 2015-2017 гг.

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Сходство по влиянию типа ЦМС у гибридов с обоими опылителями на процесс набухания за 48 часов эксперимента не обнаружилось: у гибридов с сортом Кремовое цитоплазма А3 снижала интенсивность водопотребления семян в конце опыта (24-48 ч), тогда как у гибридов с сортом Азарт цитоплазма А4 существенно снижала набухание в период лаг-фазы (4-6 ч), хотя в конце эксперимента различия между цитоплазмами отсутствовали, но более низкие значения остались на цитоплазме А4. Причем, цитоплазма А4 способствовала значимому снижению интенсивности набухания семян ЦМС-линий через 24-48 часов эксперимента (рисунок 19).

Детальное рассмотрение динамики набухания между гибридами в отдельные годы представлено в приложении 22.

Таким образом, в селекции на повышение засухоустойчивости гибридов F1 следует использовать цитоплазмы 9Е и А4. У гибридов с опылителями Кремовое и Азарт на цитоплазме 9Е в среднем за три года изучения набухание в гипертонических растворах оказалось на уровне показателей в дистиллированной воде: у гибрида с сортом Азарт набухание в нитрате калия (58,0%) оказалось на уровне контроля (59,2%); с сортом Кремовое в сахарозе (63,2%) на уровне контроля (62,7%). Вместе с тем, в отдельные часы эксперимента отмечено большее наследование признака по материнской линии, когда цитоплазма А4 способствовала значимому снижению водопотребления семян у гибрида с сортом Азарт. Тогда как на наследование среднего водопотребления семян в опыте большее влияние оказала отцовская форма, чем материнская.

### **3.2.3 Водный режим листьев ЦМС-линий и гибридов F1**

У сорго различная реакция на водный стресс связана с особенностями протекания физиологических процессов по сравнению с другими культурами. Линейные параметры листьев и продолжительность их работы зависит от изменения внешних факторов. При существенном недостатке влаги наблюдается заметное снижение тургора листьев, а физиологические процессы, протекающие в них, также могут изменяться под влиянием внешней среды [116].

Метеорологические условия в период цветения ЦМС-линий сорго 2019-2022 гг. оказались контрастными (таблица 15, приложения 23-26). Так, сильная напряженность температурного фактора наблюдается в 2021 г. за 10 дней до проведения эксперимента ( $\Sigma t=257,4^{\circ}\text{C}$ ), которая сохраняется в течение всего периода от всходов до цветения растений стерильных линий ( $\Sigma t=1162,1^{\circ}\text{C}$ ). Высокие показатели суммы активных температур и количество осадков за период «всходы-цветение» наблюдались и в 2022 г. ( $\Sigma t=1199,5^{\circ}\text{C}$  и 107,7 мм, соответственно). Более благоприятным оказался 2019 г., который сочетал относительно невысокий показатель суммы активных температур при небольшом количестве осадков. Гидротермический коэффициент за 10 дней до проведения эксперимента оказался самым высоким (0,61) за весь период исследований. Очень засушливым является 2020 г.: ГТК=0,01 в среднем по стерильным линиям. Такие стрессовые условия наблюдались за 10 и 20 дней до оценки параметров водного режима листьев растений материнских форм.

Таблица 15 – Метеорологические показатели во время изучения водного режима листьев ЦМС-линий сорго, 2019-2022 гг.

Показатель	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
за 10 дней до определения параметров водного режима					
$\Sigma t^1, ^{\circ}\text{C}$	215,9	247,3	257,4	231,1	237,2
$\Sigma \text{ос}^2, \text{мм}$	7,7	0,4	7,4	5,7	5,5
ГТК <sup>3</sup>	0,61	0,01	0,29	0,27	0,31
за 20 дней до определения параметров водного режима					
$\Sigma t, ^{\circ}\text{C}$	437,2	514,6	502,6	455,3	475,9
$\Sigma \text{ос}, \text{мм}$	8,9	7,6	20,5	28,6	16,7
ГТК	0,20	0,14	0,41	0,63	0,35
за 30 дней до определения параметров водного режима					
$\Sigma t, ^{\circ}\text{C}$	660,4	696,6	763,4	674,1	698,4
$\Sigma \text{ос}, \text{мм}$	8,9	37,6	24,1	50,6	29,5
ГТК	0,13	0,54	0,32	0,76	0,43
за период от всходов до определения параметров водного режима					
$\Sigma t, ^{\circ}\text{C}$	815,4	1109,6	1162,1	1199,5	1072,0
$\Sigma \text{ос}, \text{мм}$	27,5	82,4	95,7	107,7	78,3
ГТК	0,33	0,75	0,83	0,91	0,70

Примечание: <sup>1</sup> – сумма активных температур; <sup>2</sup> – количество осадков; <sup>3</sup> – гидротермический коэффициент.

**Общая оводненность тканей листьев.** С целью определения вклада факторов генотипа (А) и метеорологических условий среды (В), а также их взаимодействия в общую изменчивость оводненности тканей листьев в среднем за 2019-2022 г. экспериментальные данные подвергли дисперсионному двухфакторному анализу, используя 15 ЦМС-линий, ежегодно участвующих в опыте. В результате было выявлено, что значимое влияние на признак оказывают все факторы. Установлено, что доля генотипа в формировании признака составила 40,8% (рисунок 20 а, б, в).

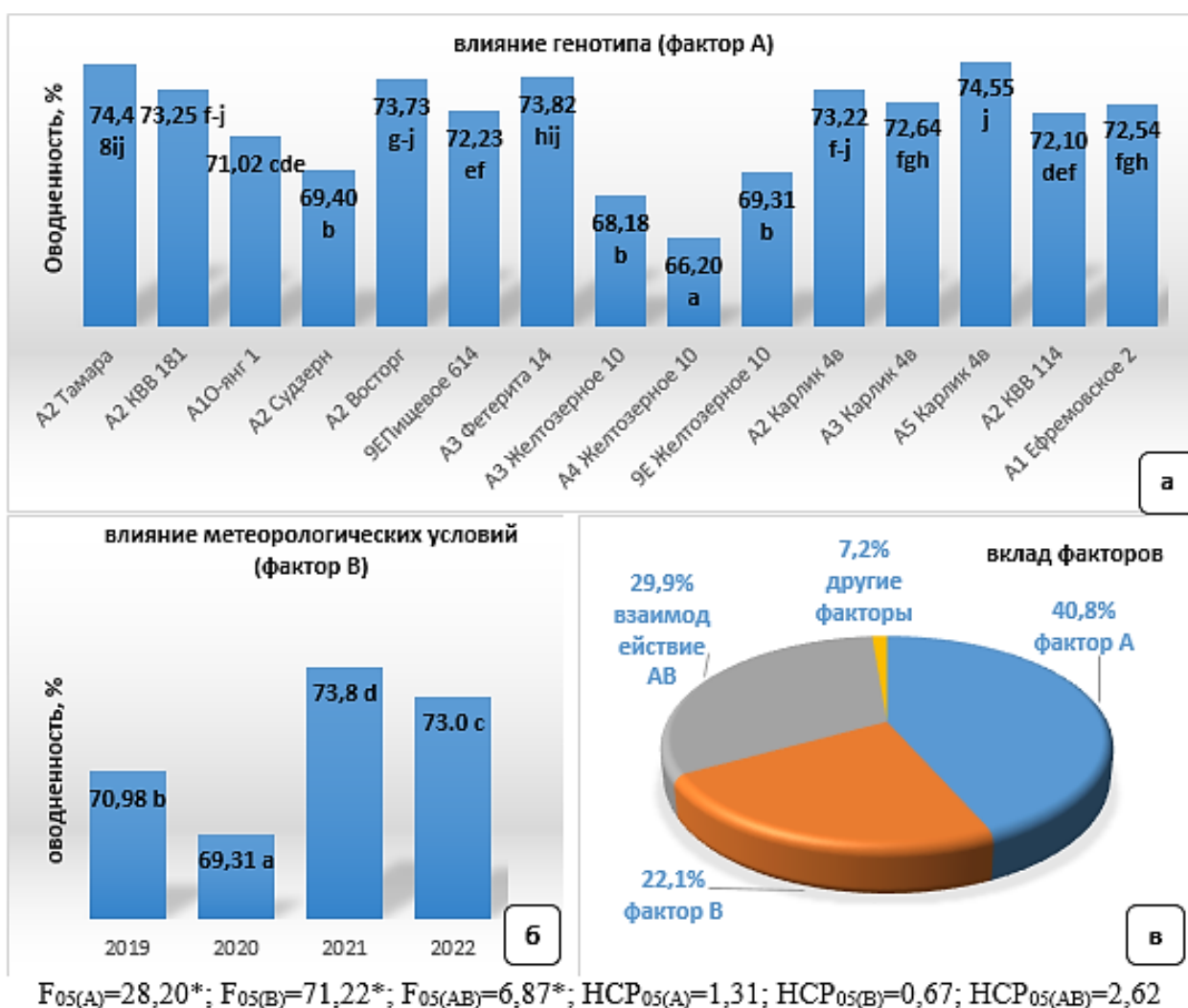


Рисунок 20 – Влияние генотипа и метеорологических условий на оводненность тканей листьев ЦМС-линий, 2019-2022 гг.

Примечание:  $*p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Согласно показателям общей оводненности тканей листьев в среднем за четырехлетний период исследований к высоко засухоустойчивым ЦМС-линиям следует отнести А1 О-Янг 1, А1 Ефремовское 2, А2 КВВ 114, А2 Тамара, А2 КВВ 181, А2 Восторг, А2 Кремовое, 9Е Пищевое 614, А3 Фетерита 14, А4 КП 70, А2, А3, А5 Карлик 4в (71,02-74,55%); средне засухоустойчивым – А2 Судзерн, А3, А4 и 9Е Желтозерное 10 (66,20-69,40%) (рисунок 20а). Варьирование признака в каждый сезон и в среднем за период исследований оказалось слабым – 3,3-5,0% (приложение 27).

В тоже время выявлены некоторые генетические особенности: в 2020 году у линий А2 Тамара и А2 Восторг оводненность тканей снизилась на 4,31-4,97% по сравнению с показателями более благоприятного 2019 г., что обусловлено увеличением суммы активных температур на 31,7-54,5°C и практически отсутствием осадков (всего 0,9 мм) (приложение 23).

При изучении влияния типа стерильной цитоплазмы на оводненность листьев выявлено, что различия наблюдались у изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 и Карлика 4в в среднем за период исследований, а также в условиях 2019 г. и 2021-2022 гг. (рисунок 20а, приложение 27). В среднем за 2019-2022 гг. оводненность у изоядерных ЦМС-линий на стерильных цитоплазмах А3 и 9Е оказалась выше – 68,18-69,31% по сравнению с 66,20% на цитоплазме А4. Отмечены и следующие особенности влияния стерильной цитоплазмы: у ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 более высокие показатели выявлены у цитоплазм А3 и 9Е в 2019 г. (69,34-69,53%), а в 2021 г. – только у цитоплазмы 9Е (71,72%). За весь период исследований наименьшие значения признака наблюдались у А4 Желтозерного 10 (63,16-68,40%). Таким образом, положительное влияние цитоплазмы 9Е на оводненность проявилось в острозасушливых условиях 2019 и 2021 гг. (ГТК=0,28-0,45 за 20-ти дневный период до определения данного физиологического показателя) (приложение 24). У ЦМС-линий с геномом Карлика 4в на стерильных цитоплазмах А5 и А2 в среднем за 2019-2022 гг. оводненность оказалась выше – 73,22-74,55% по

сравнению с 72,64% на цитоплазме А3. В 2019 г. цитоплазма А5 способствовала повышению значения признака (74,00%) по сравнению с цитоплазмами А1 и А2 (71,19-71,99%); растения с цитоплазмой А1, А5 и А6 отличились наибольшей оводненностью листьев (74,54-77,57%) в 2021 г. в сравнении с цитоплазмами А2 и А3 (70,71-72,51%), а также в 2022 гг. (74,54-76,54%) по сравнению с цитоплазмой А3 (73,46%). Выявлено различие между цитоплазмами А1, А5 и А6 в засушливых условиях при ГТК=0,08-0,54 за 20-ти дневный период до определения водного режима листьев 2019, 2021-2022 гг. (приложение 24).

Кроме того, отмечены значимые различия между средней по группе ЦМС-линий оводненностью: более высокая оводненность в 2021 и 2022 гг. по сравнению с 2019-2020 гг. – 73,00-73,80% и 69,31-70,98%, соответственно. При этом, доля фактора В оказалась 22,1% (рисунок 206).

Исследования, проведенные в Пакистане, показали снижение общей оводненности листьев у сорго в условиях засухи [514]. Опыты, проведенные в Бразилии, показали снижение общего содержания воды в клетках до 32,5% при действии абиотического стресса по сравнению с контрольным вариантом – 85,3% [399]. Эти результаты согласовываются с исследованиями, проведенными ранее на других культурах, например, клитории [469].

В 2023 г. проводилось изучение параметров водного режима листьев в разные фазы развития (выметывание, цветение, молочно-восковая спелость) у гибридов и родительских форм. В качестве опылителей использовали 2 перспективных линии зернового сорго Л-65/14 и Л-50/14, характеризующихся засухоустойчивостью на разных стадиях развития: по интенсивности роста корешков и набуханию семян в гипертонических растворах, показателям водного режима листьев. Например, оводненность (74,41-76,77%) и водный дефицит (13,32-15,40%) листьев в период цветения отражены в приложении 28. В качестве материнских форм вовлекали изоядерные ЦМС-линии с геномом Карлика 4в и Желтозерного 10 на разных типах стерильных цитоплазм.

Рассмотрение различий между ЦМС-линиями с геномом Карлика 4в и гибридами на их основе в конкретные фазы по оводненности тканей листьев с помощью двухфакторного дисперсионного анализа показало, что в среднем по фазам стерильные линии между собой и фертильным аналогом не различались (70,80-72,08%). Показатели признака гибридов на их основе оказались достоверно выше материнских линий – 72,94-74,08%, различия между ними также отсутствовали (приложение 29).

ЦМС-линия с цитоплазмой А4 (74,78%) существенно отличалась от линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А5 и фертильного аналога в цветение (70,95-72,32%). Также в фазу цветение выявлены различия между изоядерными гибридами: наибольшее значение признака у гибрида на основе цитоплазмы А2 (73,90%) по сравнению с гибридом на цитоплазме А5 (70,91%).

Оводненность изучаемых образцов снижалась по мере развития растений от 73,20 до 71,14%: выметывание > цветение > молочно-восковая спелость. У селекционной линии Л-65/14 оводненность оставалась на одном уровне в течение изучаемых фаз вегетации (74,33-74,90%).

Сравнительный анализ гибрида на основе цитоплазмы А2 с геномом Карлика 4в с родительскими формами выявил существенные различия между ЦМС-линией и гибридом в каждую фазу, причем у гибрида оводненность выше. Значение признака у гибрида А3 Карлик 4в/Л-65/14 оказалось значимо выше материнской формы в фазу выметывание и молочно-восковую спелость – 72,96-73,32% и 70,29-70,60%, соответственно. У гибрида на цитоплазме А5 оводненность выше ЦМС-линии в фазу молочно-восковой спелости – 74,26 и 68,25%, соответственно (приложение 30).

Следует отметить, что гибриды на цитоплазмах А2, А3 и А5 значимо не отличались по оводненности от отцовской формы в изучаемые фазы вегетации. При этом, только у А5 Карлик 4в/Л-65/14 показатель признака в цветение оказался ниже, чем у Л-65/14 – 70,91 и 74,46%, соответственно. Так, доминирование гибридов по оводненности отмечено только в фазу выметывание на

основе цитоплазм А2 и А5. В остальные фазы у гибридов на основе изучаемых типов ЦМС наблюдалось промежуточное наследование признака.

Изучение реакции изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 и гибридов на их основе на оводненность в разные фазы вегетации дисперсионным двухфакторным анализом позволило установить, что в среднем по фазам А4 Желтозерное 10 (68,74%) по данному показателю достоверно отличался от аналога на цитоплазме А3 (67,26%) и фертильного аналога (66,47%). Гибриды с линией Л-65/14 характеризовались более высокой оводненностью тканей листьев (75,13-75,93%) по сравнению с гибридами с линией Л-50/14 (72,63-73,25%). При этом, достоверное влияние цитоплазмы на проявление признака у гибридов не обнаружено (приложение 29).

У гибридов на основе Желтозерного 10 и их родительских форм в условиях 2023 г. оводненность снижалась по мере развития растений от 73,20 до 70,53%: выметывание > цветение > молочно-восковая спелость. Линия Л-50/14 испытывала абиотический стресс в фазу цветение: в этот период вегетации наблюдалось снижение оводненности листьев (69,40%).

У гибридов с линиями Л-65/14 и Л-50/14 на основе цитоплазм А3 и А4 обнаружены различия между ЦМС-линией и гибридами в каждую фазу вегетации, при этом показатели гибридов значительно выше (приложение 31). В фазы выметывание и цветение наблюдалось доминирование признака у гибридов над обоими родительскими формами, тогда как в фазу молочно-восковой спелости – промежуточное значение. Установлены достоверные различия между гибридами на основе цитоплазм А3, А4 и линией Л-65/14 – 72,46-73,14% и 74,90%, соответственно; а с линией Л-50/14 только на основе цитоплазмы А4 – 69,96 и 73,79%, соответственно.

**Водный дефицит листьев.** При определении среднего значения признака за 2019-2022 гг. использован дисперсионный двухфакторный анализ (факторов А (генотип) и фактор В (метеорологические условия среды), а также их взаимодействие), с помощью которого возможно выявить вклад рассматри-



ваемых факторов в общую изменчивость водного дефицита листьев. В результате, значимое влияние на признак оказывают все факторы (рисунок 21). Высокой засухоустойчивостью характеризуются А2 Восторг, А2 КВВ 114 (5,94-8,10%) (рисунок 21а). У остальных линий установлена средняя засухоустойчивость (10,52-15,48%), которая очевидно обусловлена сильной изменчивостью значений признака в зависимости от года исследований. Так, в среднем за 2019-2022 гг.  $V=23,1\%$ , а в отдельные годы от 28,4 до 38,2% (приложение 32). Широкая вариабельность значений водного дефицита в листьях в зависимости от погодных условий наблюдалась и у образцов пшеницы [216].

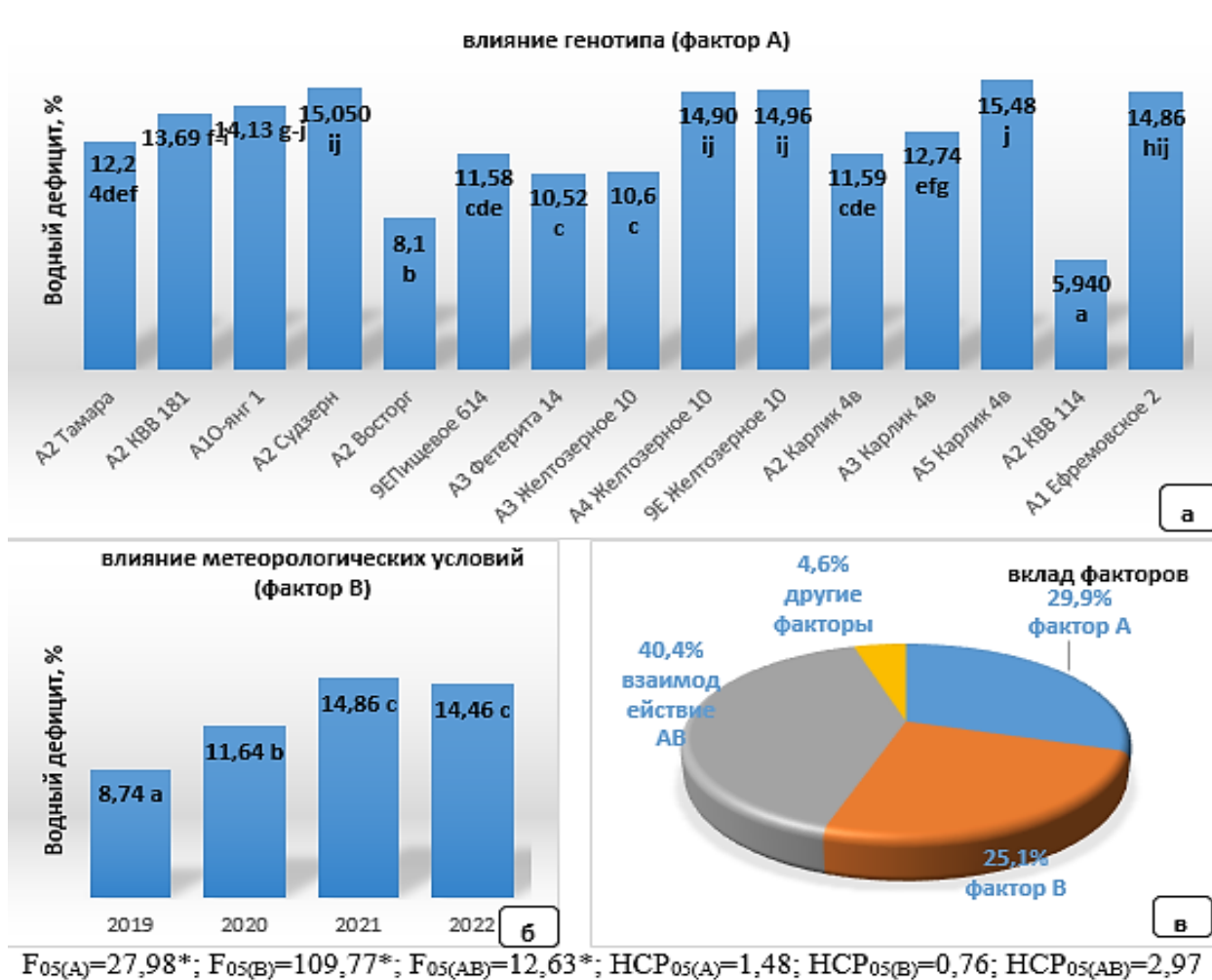


Рисунок 21 – Влияние генотипа и метеорологических условий на водный дефицит листьев ЦМС-линий, 2019-2022 гг.

Примечание:  $*p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Установлено, что доля генотипа и условий внешней среды оказали практическое равнозначное влияние – 29,9 и 25,1%, соответственно (рисунок 21в).

Особое внимание уделено изучению влияния типа стерильной цитоплазмы у изоядерных ЦМС-линий. В среднем за четырехлетний период исследований тип стерильной цитоплазмы А3 снижал водный дефицит в листьях растений по сравнению с А4 и 9Е типами ЦМС – 10,60% и 14,90-14,96%, соответственно. В условиях 2019-2020 гг. и 2022 г. цитоплазма А3 снижала значение данного признака (до 7,31-13,55%) у ЦМС-линии с геномом Желтозерного 10 в сравнении с цитоплазмой А4 (13,09-15,78%) (приложение 32).

У ЦМС-линий с геномом Карлика 4в в среднем за 2019-2022 гг. типы ЦМС А2 и А3 достоверно снижали водный дефицит по сравнению с цитоплазмой А5 – 11,59-12,74% и 15,48%, соответственно. Наибольший водный дефицит зафиксирован у растений на цитоплазме А1 в 2019 г. (9,07%) в сравнении с новыми типами цитоплазм (5,06-6,89%) и в 2020 г. на цитоплазмах А1, А5 (17,13-19,58%) в сравнении с цитоплазмами А2 и А3 (11,61-11,87%); А1 и А2 в 2021 г. (11,86-13,27%); на цитоплазме А3 (19,07%) в сравнении с А2 и А6 (16,32-16,68%) в условиях 2022 г. Цитоплазма М35-1А способствовала снижению водного дефицита (8,55%) у ЦМС-линий с геномом Пищевого 614 в сравнении с цитоплазмой 9Е (11,18%) в 2019 г. (приложение 32).

Кроме того, отмечены значимые различия между средней по группе линий водным дефицитом: более высокое значение в 2021 и 2022 гг. по сравнению с 2019-2020 гг. – 14,46-14,86% и 8,74-11,64%, соответственно. При этом, показатели водного дефицита 2019 и 2020 гг. также достоверно различаются между собой (рисунок 21б). Очевидно, на увеличение величины водного дефицита оказало влияние более высокие суммы активных температур – 231,1-257,4°С, а ГТК остался на уровне 0,27-0,29, т.е. в режиме острой засухи за 10 дней до цветения растений (приложение 23). Взаимодействие генотипа и метеорологических условий оказало наибольший вклад в формирование водного дефицита в листьях стерильных линий – 40,4%.

Следует отметить, что в исследовании на кукурузе по оценке остаточного водного дефицита позволила сформировать коллекцию более засухоустойчивых родительских форм для использования в скрещиваниях. Предпочтение отдавалось образцам, характеризующимся низким значением остаточного водного дефицита в фазу цветения и незначительным приростом к фазе молочно-восковой спелости [177].

Изучение реакции изоядерных ЦМС-линий и гибридов на их основе на водный дефицит в разные фазы вегетации проводилось в 2023 г. Двухфакторным дисперсионным анализом установлено, что в среднем по фазам А4 Карлик 4в (9,13%) по данному показателю достоверно отличался от аналогов на цитоплазмах А2, А3, А5 и фертильного аналога (12,17-14,22%), но не отличался от стерильной линии А1 Карлика 4в (10,32%). Изоядерные гибриды на основе Карлика 4в и их родительские формы в условиях 2023 г. наибольший стресс испытывали в фазы цветения и молочно-восковой спелости по сравнению с фазой выметывание: водный дефицит в листьях составил 11,64-11,89% и 9,14%, соответственно (приложение 33).

Более детальное рассмотрение различий между ЦМС-линиями с геномом Карлика 4в и гибридами на их основе в конкретные фазы по показателю водного дефицита показало, что в стерильные линии с цитоплазмами А1 и А4 (8,16-10,49%) существенно не отличались от линий с цитоплазмами А2, А3 и фертильного аналога в цветение (14,90-18,05%).

В молочно-восковую спелость ЦМС-линии на цитоплазмах А1 и А4 (9,72-10,16%) отличались от А2 Карлик 4в (14,86%), при этом между линиями с цитоплазмами А1, А3, А5 и фертильного аналога различий не отмечено (10,16-14,05%). Также в фазу молочно-восковой спелости выявлены различия между изоядерными гибридами по этому признаку: наибольшее значение у гибрида на основе цитоплазмы А5 (12,31%) по сравнению с гибридами на цитоплазмах А2 и А3 (9,39-10,91%).

Сравнительный анализ гибрида на основе цитоплазмы А2 с геномом Карлика 4в с родительскими формами выявил существенные различия: между

ЦМС-линией и гибридом в фазу цветения – 16,07 и 7,36%, соответственно. Водный дефицит гибрида А3 Карлик 4в/Л-65/14 оказался значимо ниже материнской формы в фазу цветения – 18,05 и 10,42%, соответственно (приложение 34). В большинстве случаев проявление водного дефицита у гибридов носит промежуточный характер.

Изучение реакции ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 и гибридов на их основе на водный дефицит в разные фазы вегетации дисперсионным двухфакторным анализом показало, что в среднем по фазам А3 Желтозерное 10 (12,77%) по данному показателю достоверно отличался от аналога на цитоплазме А4 (14,75%) и не отличались от фертильного аналога (14,44%). Изоядерные гибриды на основе Желтозерного 10 и их родительские формы в условиях 2023 г. наибольший стресс испытывали в фазу молочно-восковая спелость по сравнению с фазами выметывание и цветение: водный дефицит составил 14,17% и 9,04-9,09%, соответственно (приложение 33).

Детальное рассмотрение различий между ЦМС-линиями с геномом Желтозерного 10 и гибридами на их основе в конкретные фазы по показателю водного дефицита листьев показало, что в период выметывания растений стерильная линия с цитоплазмой А3 (12,90%) существенно отличалась от линии с цитоплазмой А4 (15,04%) и не отличалась от фертильного аналога (13,15%); ЦМС-линии с цитоплазмами А3 и А4 оказались ниже фертильного аналога в цветение – 8,74-10,15% против 15,03%, соответственно; в молочно-восковую спелость на цитоплазме А4 (19,09%) водный дефицит значительно выше А3 Желтозерного 10 и В Желтозерного 10 (15,14-16,66%).

Между изоядерными гибридами с линией Л-50/14 наблюдались различия в фазу цветения: на цитоплазме А4 отмечены более высокие значения признака (5,89%) по сравнению с цитоплазмой А3 (10,59%); в фазу молочно-восковая спелость выявлены различия между гибридами с линией Л-65/14: наибольшее значение у гибрида на основе цитоплазмы А3 (16,44%) по сравнению с гибридом на цитоплазме А4 (13,49%) (приложение 33).

У гибридов с линиями Л-65/14 и Л-50/14 на основе цитоплазмы А3 обнаружены значимые различия между ЦМС-линией и гибридами в фазу выметывание – 12,90% и 6,51-7,11%, соответственно. В фазу цветение водный дефицит у гибридов оказался ниже показателей отцовских форм – 5,97-5,98% и 9,42-9,66%, соответственно. В фазу молочно-восковой спелости значения признака у гибридов достоверно выше, чем у опылителей – 14,66-16,44% и 10,08-10,16%, соответственно (приложение 35).

На рисунке 22 представлены гибриды А3 Карлик 4в/Л-65/14 и А3 Желтозерное 10/Л-65/14, возделываемые в условиях 2023 г.



А3 Карлик 4в/ Л-65/14

А3 Желтозерное 10/Л-65/14

Л-65/14

Рисунок 22 – Общий вид гибридных растений и селекционной линии Л-65/14

У гибридов с линией Л-65/14 на основе цитоплазмы А4 обнаружены значимые различия между ЦМС-линией и гибридом в фазу выметывание – 15,01% и 7,99%; в фазу цветение – 10,15% и 6,37%; в фазу молочно-восковой спелости – 19,09% и 13,49%, соответственно. При этом, существенные различия между гибридом и Л-65/14 установлены только в фазу молочно-восковой спелости – 13,49% и 10,16%, соответственно. У гибрида с линией Л-50/14 достоверные различия с материнской формой наблюдались в фазы выметывание

и молочно-восковую спелость с наибольшим водным дефицитом у А4 Желтозерного 10. В большинстве случаев проявление водного дефицита у гибридов носит промежуточный характер.

**Динамика потери влаги листьями.** Отдельного внимания заслуживает изучение динамики потери влаги листьями материнских форм в процессе увядания. Напрямую от потери влаги зависит водоудерживающая способность тканей листа, которая используется как один из наиболее эффективных методов определения засухоустойчивости [211]. Водоудерживающая сила происходит за счет содержания в клетках осмотически активных веществ и способности коллоидов набухать [216]. Потерю влаги листьев сорго в период увядания в естественных лабораторных условиях определяли путем их взвешивания через промежутки времени: 30 минут, 60 минут, 90 минут, 24 часа. Далее рассчитали среднюю потерю влаги за 1 час в сутки.

**Через 30 минут естественного увядания.** В результате дисперсионного анализа, значимое влияние на потерю влаги в первые 30 минут увядания оказывали все факторы: генотип ЦМС-линии, условия внешней среды и их взаимодействие. Так, ЦМС-линии А2 Тамара, А2 КВВ 114, А1 Ефремовское 2, 9Е Пищевое 614 отличились наименьшей интенсивностью потери влаги в начальный период увядания (3,99-6,99%). Установлено: вклад фактора генотипа и взаимодействие генотип × условия внешней среды оказали практически равнозначное влияние – 41,2 и 48,0%, соответственно. Различия между средними показателями в разные годы оказались достоверными на 5-ти процентном уровне значимости. Более высокие потери влаги оказались в 2020 и 2021 гг., причем между собой значения не различались – 8,60-8,98%. В 2022 г. интенсивность потери влаги составила 7,26% (рисунок 23 а, б, в).

По итогам трехлетних испытаний отмечена генотипическая реакция растений: размах варьирования значений признака составил через 30 минут – 4,34-11,37%. Более стабильные значения признака установлены у А2 Тамара (6,34-8,18%), 9Е Пищевое 614 (5,78-6,84%), А4 КП 70 (8,01-8,26%), А3 Желтозерное 10 (6,02-9,17%), А3 Карлик 4в (9,68-10,03%), А6 Карлик 4в (10,17-

11,67%), А2 КВВ 114 (3,30-4,57%). Коэффициент вариации по годам исследований оказался 31,9-33,0%, а в среднем за период – 22,9% (приложение 36).

Среди изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 выявлено, что цитоплазмы А3 и 9Е снижали потерю влаги в данный промежуток времени (7,88-8,84%) в сравнении с цитоплазмой А4 (9,61%) в среднем за четыре года исследований. Аналогичное влияние типов ЦМС отмечено и в условиях 2022 г. В 2021 г. только цитоплазма А3 снижала потерю влаги – 9,17% в сравнении с А4 и 9Е – 12,73-12,76% (рисунок 23б, приложение 36).

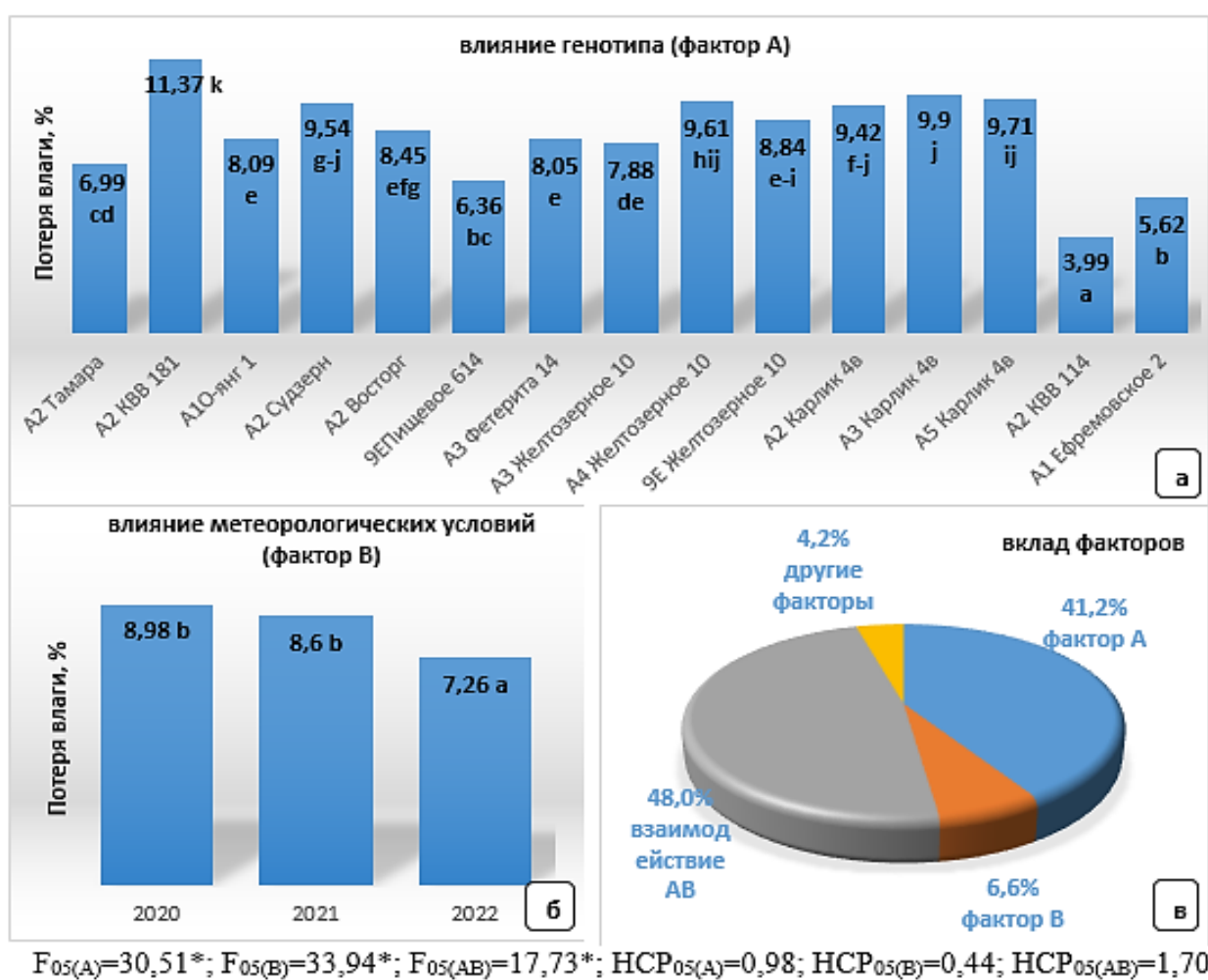


Рисунок 23 – Влияние генотипа и метеорологических условий на потерю влаги листьев ЦМС-линий через 30 минут естественного увядания, 2020-2022 гг.

Примечание:  $p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .



У ЦМС-линий с геномом Карлика 4в в отдельные годы проявилось влияние типов стерильности: в 2020 г. цитоплазма А5 снижала значение признака (5,36%) в сравнении с цитоплазмами А1, А2, А3; в 2021 г. цитоплазмы А2 и А3 снижали потерю влаги (9,99-10,72%) по сравнению с А1, А5 и А6 (11,67-14,05%); в 2022 г. цитоплазма А2 снижала признак (9,48%) по сравнению с А5 и А6 (10,17-10,45%). В среднем за период изучения влияния стерильной цитоплазмы не установлено (рисунок 23а, приложение 36).

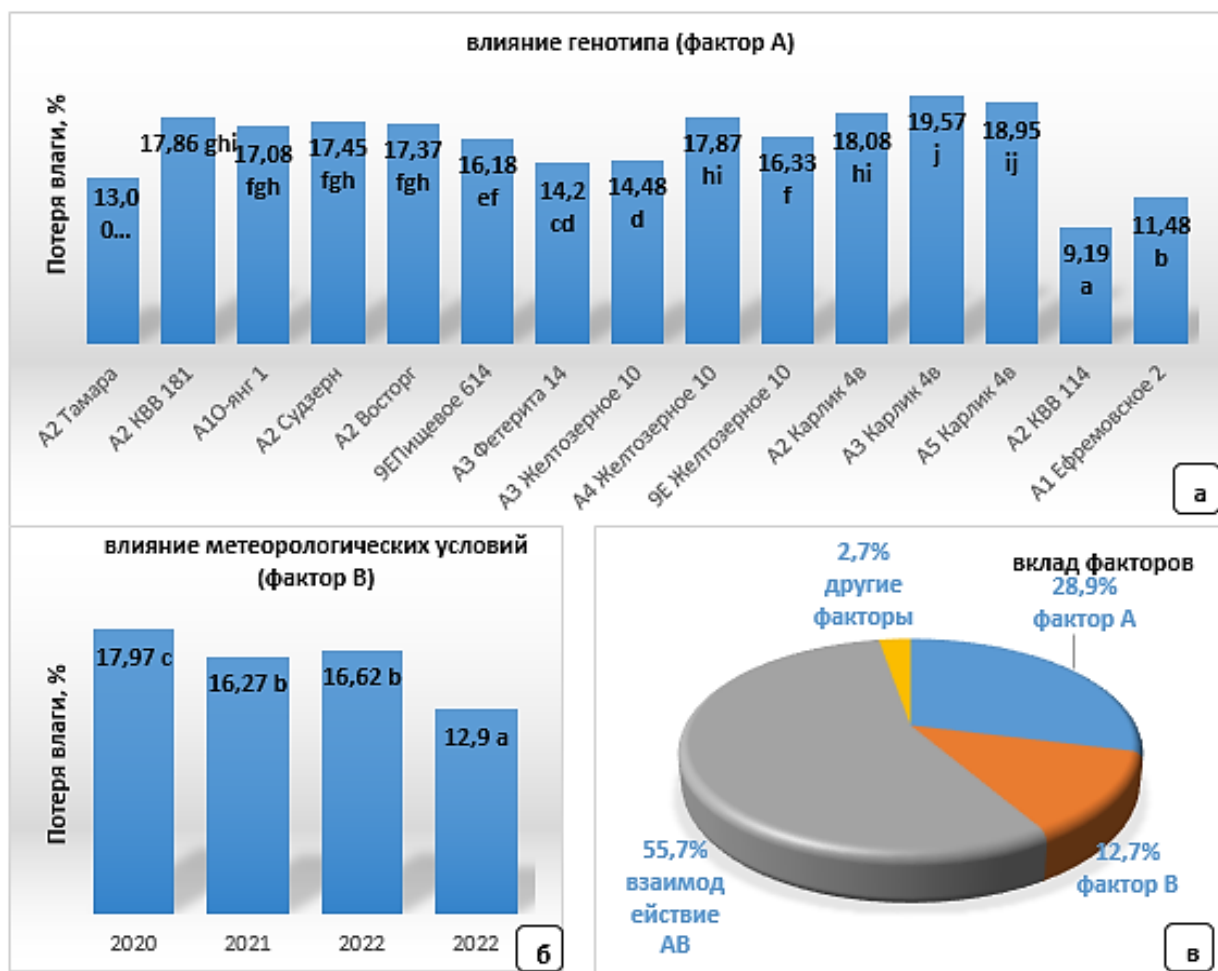
**Через 60 минут естественного увядания.** Дисперсионный двухфакторный анализ показал, что в общую изменчивость признака генотипический фактор вносит 28,7%, условия среды 12,7%, а основной вклад приходится на взаимодействие факторов – 55,7%. В среднем за период испытаний невысокие потери влаги характерны для стерильных линий А2 КВВ 114 (9,19%), А1 Ефремовское 2 (11,48%), А2 Тамара (13,00%), А3 Фетерита 14 (14,20%) и А3 Желтозерное 10 (14,48%). Потеря влаги через 60 минут увядания распределилась следующим образом: 2019 > 2020 и 2021 > 2022 гг. (рисунок 24 а, б, в).

Данные приложения 36 свидетельствуют, что через 60 минут увядания листьев в естественных условиях потеря влаги у многих ЦМС-линий зависела от условий в момент проведения опыта, например, 9Е и М35-1А Пищевое 614 (10,00-31,00%), А4 КП 70 (12,93-31,09%). В отдельные годы достигала 31,0%. Более низкие потери влаги проявлялись у линии А2 КВВ 114 ежегодно (7,18-11,23%). Вариабельность потери влаги оказалась сильной – 26,4-35,4%. В среднем за весь период исследований – средняя ( $V=19,5\%$ ).

Среди изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 выявлено, что цитоплазмы А3 и 9Е снижали потерю влаги в данный промежуток времени (14,48-16,33%) в сравнении с цитоплазмой А4 (17,87%) в среднем за четыре года исследований. Аналогичное влияние типов ЦМС отмечено и в условиях 2022 г. – 10,19-10,90% против 13,85%, соответственно. В 2021 г. только цитоплазма А3 снижала потерю влаги – 18,01% в сравнении с А4 и 9Е – 24,37-25,85% (рисунок 24а, приложение 36).



У ЦМС-линий с геномом Карлика 4в в отдельные годы проявилось влияние типов стерильности: в 2019 г. цитоплазмы А5 и А6 снижали значение признака (18,35-19,44%) в сравнении с цитоплазмами А1, А2 (20,09-22,33%); в 2020 г. цитоплазмы А1, А2 и А5 снижали потерю влаги (11,65-14,84%) по сравнению с А3 (19,95%); в 2021 г. цитоплазмы А2, А3, А6 снижали потерю влаги (20,99-22,05%) по сравнению с А1 и А5 (26,59-27,65%); в 2022 г. цитоплазма А2 способствовала снижению величины признака (15,52%) по сравнению с А5 и А6 (17,21-18,12%). В среднем за период изучения влияния типа стерильной цитоплазмы не установлено (рисунок 24а, приложение 36).

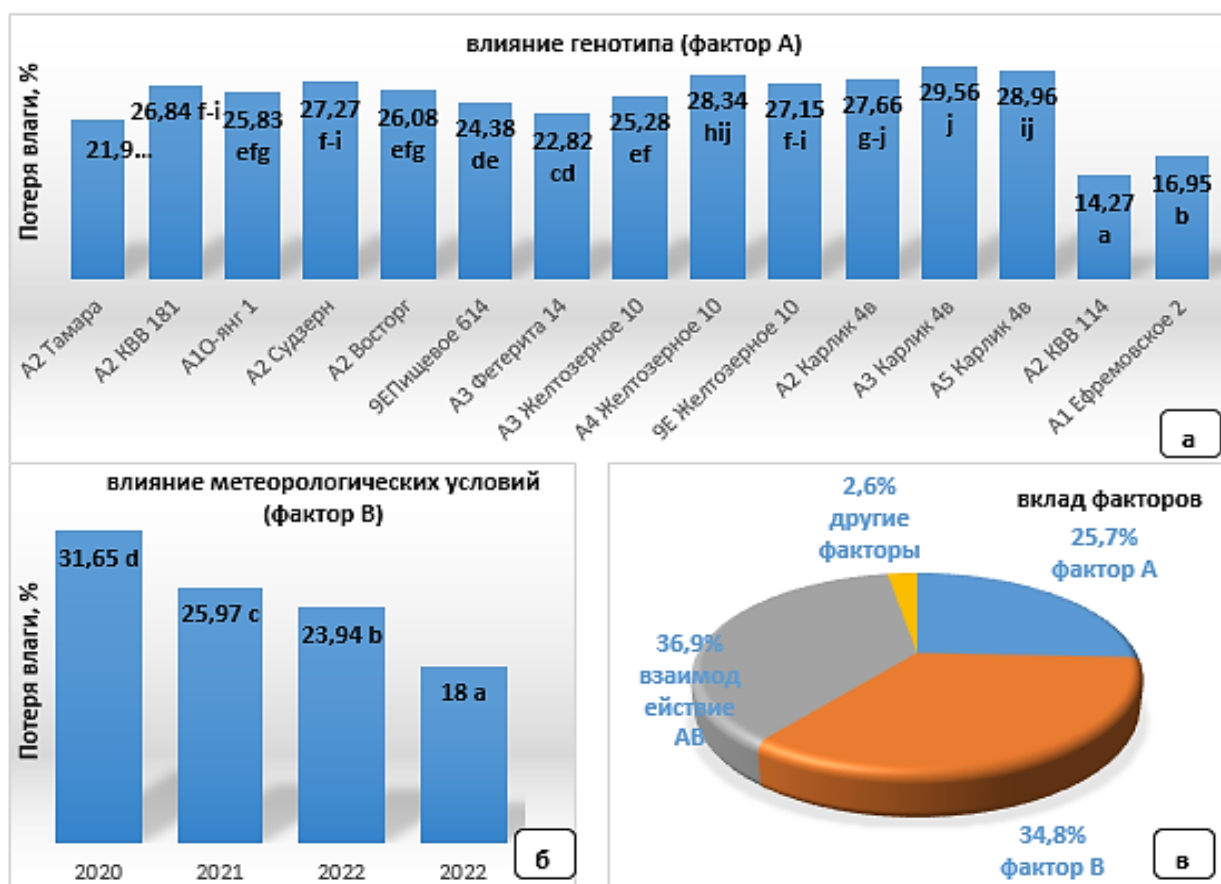


$F_{05(A)}=44,78^*$ ;  $F_{05(B)}=91,78^*$ ;  $F_{05(AB)}=28,77^*$ ;  $HCP_{05(A)}=1,23$ ;  $HCP_{05(B)}=0,63$ ;  $HCP_{05(AB)}=2,46$

Рисунок 24 – Влияние генотипа и метеорологических условий на потерю влаги листьев ЦМС-линий через 60 минут увядания, 2019-2022 гг.

Примечание:  $*p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

**Через 90 минут естественного увядания.** С целью определения факторов, влияющих на общую изменчивость потери влаги за 90 минут естественного увядания, экспериментальные данные подвергались статистической обработке двухфакторным дисперсионным анализом (рисунок 25 а, б, в). Установлено, что вклад генотипа составляет 25,7%. Наименьшие потери влаги выявлены у ЦМС-линий А2 КВВ 114, Ефремовское 2 (14,27-16,95%). Средовый фактор внес более значимый вклад в общую изменчивость признака, чем генотипический и составил 34,8%. Незначительная потеря влаги наблюдалась в условиях 2022 г. (18,00%), тогда как самый высокий показатель отмечен в условиях 2019 г. (31,65%).



$F_{05(A)}=42,25^*$ ;  $F_{05(B)}=266,45^*$ ;  $F_{05(AB)}=20,21^*$ ;  $HCP_{05(A)}=1,89$ ;  $HCP_{05(B)}=0,97$ ;  $HCP_{05(AB)}=3,78$

Рисунок 25 – Влияние генотипа и метеорологических условий на потерю влаги листьев ЦМС-линий через 90 минут увядания, 2019-2022 гг.

Примечание:  $*p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

В среднем за период исследований вариабельность данного признака оказалась средней  $V=17,4\%$ . Также выявлена генотипическая реакция растений по годам исследований. Так, у ЦМС-линии 9Е Пищевое 614 величина признака в наибольшей степени изменялась от 17,01 до 45,15%; у А1 О-Янг 1 – от 15,01 до 35,49%; у А4 КП 70 – от 18,65 до 42,60% (приложение 37).

Среди изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 выявлено, что цитоплазма А3 снижала потерю влаги в данный промежуток времени (25,28%) в сравнении с цитоплазмами А4 и 9Е (27,15-28,34%) в среднем за четыре года исследований. Интересно отметить, что влияние типов стерильных цитоплазм на данном промежутке увядания различались в зависимости от условий года. Так, в 2019 г. более низкие потери влаги отмечены на цитоплазме А3 (28,99%) по сравнению с 9Е (32,58%); в 2021 г. на цитоплазме А3 (29,35%) по сравнению с А4 и 9Е (35,78-36,07%); в 2022 г. все цитоплазмы значительно различались между собой, причем снижение величины признака отмечено на цитоплазме 9Е (14,06%) (рисунок 25а, приложение 37).

У ЦМС-линий с геномом Карлика 4в в отдельные годы отмечено влияние типов стерильности: в 2020 г. цитоплазмы А5 и А1 снижали значение признака (19,01-20,68%) в сравнении с цитоплазмой А3 (29,47%); в 2021 г. цитоплазмы А2, А3 и А6 снижали потерю влаги (30,56-32,67%) по сравнению с А1 и А5 (35,96-37,42%); в 2022 г. цитоплазма А2, А3 и А6 способствовала снижению величины признака (22,13-23,40%) по сравнению с А5 (25,48%). В среднем за период изучения влияния типа стерильной цитоплазмы на величину признака не установлено (рисунок 25а, приложение 37).

**Через 24 часа естественного увядания.** Данный показатель за период 2019-2022 гг. определяли методом двухфакторного анализа (фактор А – генотип ЦМС-линии, фактор В – метеорологические условия), статистические параметры которого отражены на рисунке 26. В результате установлено, что меньшей засухоустойчивостью через 24 часа естественного увядания листьев характеризуется линия А5 Карлик 4в, у которой потеря влаги составила 70,31%. ЦМС-линии А3 и А4 Желтозерное 10, А2 Судзерн светлый проявили большую

стрессоустойчивость на данном этапе увядания: потеря влаги составила 63,31-64,86%. Следует отметить, что у линий А2 КВВ 114 и А1 Ефремовское 2, отличающихся в начале эксперимента низкой потерей влаги, через 24 ч наблюдалась средняя величина признака – 67,32 и 67,15%, соответственно. Генотипический фактор в общей изменчивости признака составил 28,4%. В среднем за четыре года испытаний  $V=3,2\%$  (приложение 37).

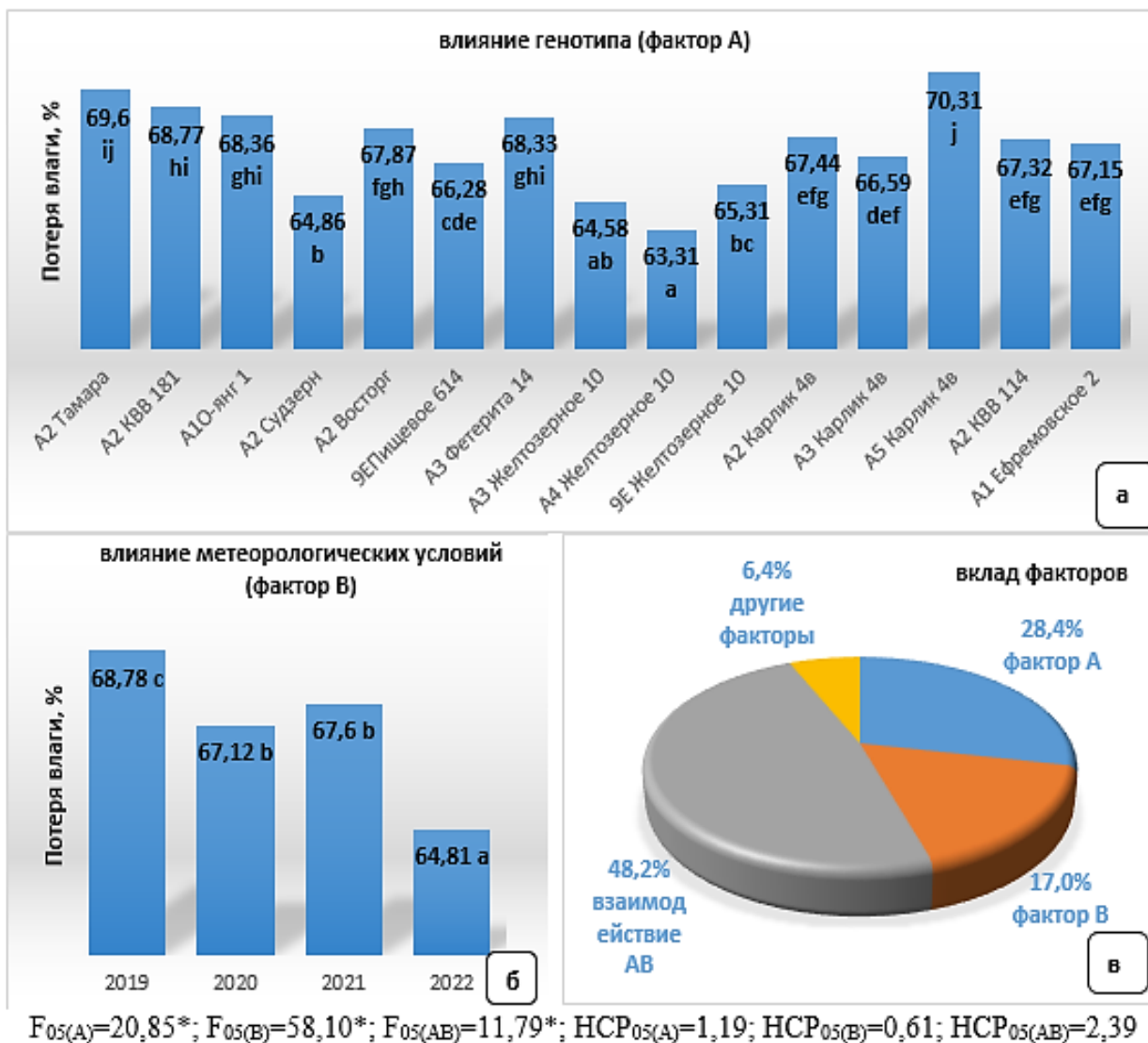


Рисунок 26 – Влияние генотипа и метеорологических условий на потерю влаги листьев ЦМС-линий через 24 часа естественного увядания, 2019-2022 гг.

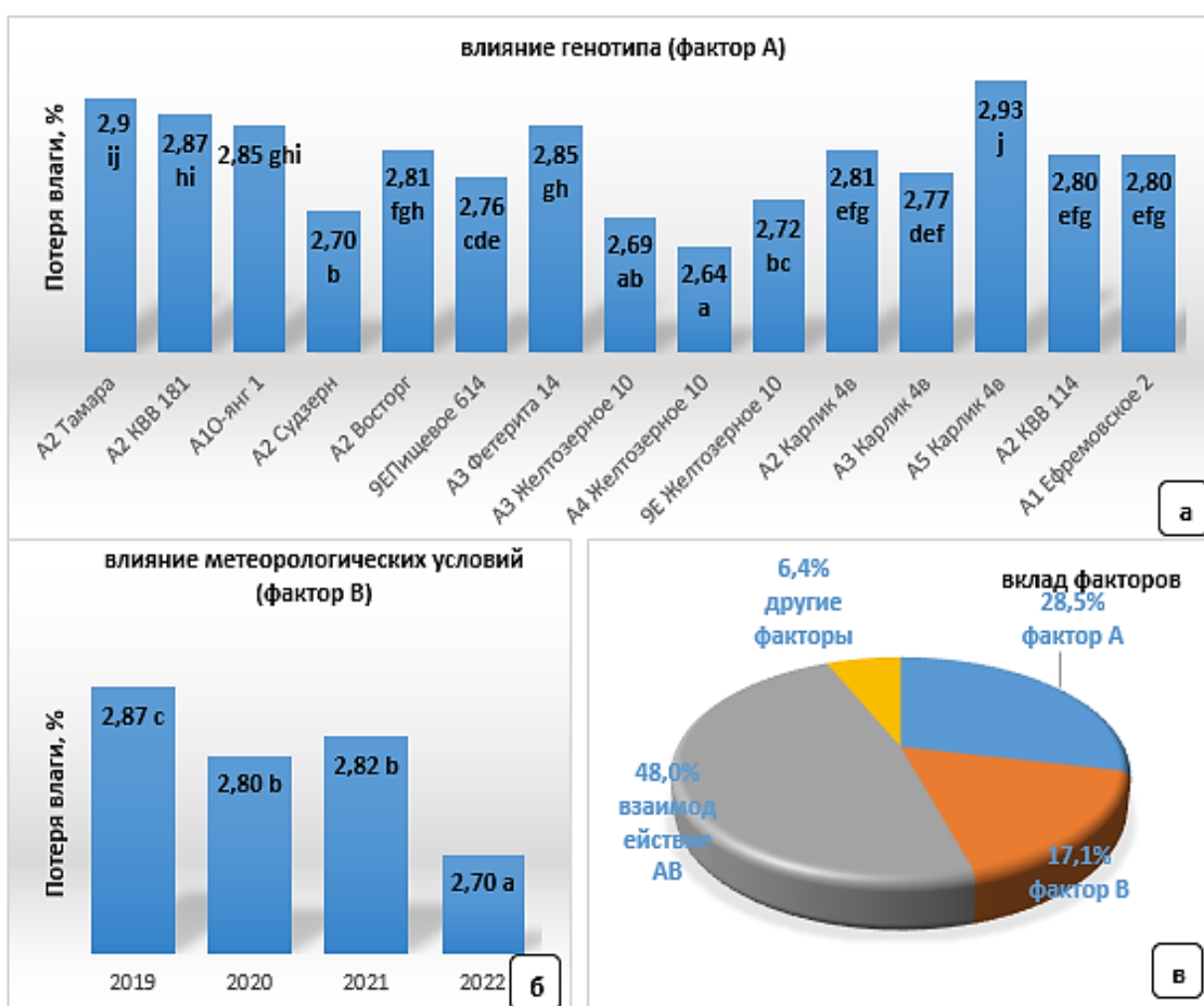
Примечание:  $*p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Дисперсионный анализ подтвердил влияние средового фактора, доля которого – 17,0%. Выявлено: потери влаги листьями стерильных линий в среднем по группе оказались равнозначными в условиях 2020 и 2021 гг. – 67,12-67,60%. Более высокие значения проявились в 2019 г. – 68,78%, низкие в 2022 г. – 64,81%. Наибольший вклад в формирование потери влаги через сутки естественного увядания листьев вносит фактор «взаимодействие генотипа и метеорологических условий» – 48,2% (рисунок 26 б, в).

Среди изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 цитоплазма А4 снижала потерю влаги в данный промежуток времени (63,31%) в сравнении с цитоплазмой 9Е (65,31%) в среднем за четыре года исследований. Величина признака у растений А4 Желтозерного 10 значимо не отличалась от аналога на цитоплазме А3 (64,58%), который оказался на уровне аналога 9Е (рисунок 26а). Следует отметить, что А4 Желтозерное 10 в начале эксперимента, наоборот, характеризовалась более высокими значениями признака по сравнению с аналогами на других типах ЦМС. Интересно отметить, что влияние типов стерильных цитоплазм на данном промежутке увядания различались в зависимости от условий года. Так, в 2019 г. цитоплазма А4 снижала величину признака (61,32%), а в 2022 г. – повышала (67,05%) по сравнению с цитоплазмами А3 и 9Е. Климатические условия 2021 г. способствовали снижению потери влаги листьями растений на цитоплазмах А3 и А4 (61,46-63,04%) по сравнению с 9Е (65,94%) (приложение 37).

У ЦМС-линий с геномом Карлика 4в в среднем за период изучения установлено влияние типа стерильной цитоплазмы на величину признака: цитоплазмы А2 и А3 (66,59-67,44%) снижали показатель по сравнению с цитоплазмой А5 (70,31%) (рисунок 26а). Следует отметить, что в условиях 2019 г. цитоплазма А1 снижала потерю влаги (69,32%) по сравнению с цитоплазмой А5 (72,17%); в 2021 г. цитоплазмы А2, А3 и А6 снижали потерю влаги (62,15-63,58%) по сравнению с А1 и А5 (66,57-67,98%); в 2022 г. цитоплазма А3 способствовала снижению величины признака (22,13-23,40%) по сравнению с аналогами на цитоплазмах А2, А5 и А6 (25,48%) (приложение 37).

**Средняя потеря влаги за 1 час в сутки.** При определении среднего значения признака за 2019-2022 гг. применяли обработку результатов дисперсионным двухфакторным анализом (факторов А (генотип) и фактор В (метеорологические условия среды)). Доля генотипа составила 28,5%, тогда как условий внешней среды – 17,1%. При этом, доля взаимодействия двух факторов оказалась наибольшей и составила 48,0%. Отмечены различия между средними показателями за каждый год, которые можно проранжировать следующим образом: 2019 > 2021 и 2020 > 2022 гг. (рисунок 27 а, б, в).



$F_{05(A)}=20,91^*$ ;  $F_{05(B)}=58,50^*$ ;  $F_{05(AB)}=11,72^*$ ;  $HCP_{05(A)}=0,05$ ;  $HCP_{05(B)}=0,02$ ;  $HCP_{05(AB)}=0,10$

Рисунок 27 – Влияние генотипа и метеорологических условий на среднюю потерю влаги за 1 час увядания листьев ЦМС-линий в сутки, 2019-2022 гг. Примечание:  $*p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Изучение потери влаги листьями в среднем за 1 ч увядания в сутки позволило отнести всю коллекцию линий к высоко засухоустойчивым (2,64-2,93%) (рисунок 27 а). Причем, варьирование признака оказалось слабым в отдельные сезоны и в среднем за четыре года – 3,2-5,9% (приложение 38).

Выявлена генотипическая реакция образцов в отдельные сезоны. В условиях 2022 г. потерю влаги снижали А2 КВВ, А2 Судзерн светлый, А3 Фетерита 14, А2 КВВ 114, тогда как среднеспелая А1 Ефремовское 2 в 2020 г. При ГТК=0,02-0,28 отмечено снижение потери влаги при рассмотрении 20-ти дневного периода до проведения оценки водного режима (приложение 24, 38).

В отдельные годы установлено влияние типа ЦМС на потерю влаги у изоядерных стерильных линий с геномом Пищевое 614 (приложение 38). Так, в условиях 2019 г. достоверно наименьшими значениями признака отличалась 9Е Пищевое 614 (2,74%) по сравнению с аналогом на цитоплазме М35-1А (2,88%), тогда как в условиях 2021 г. различия отсутствовали.

В среднем за четыре года изучения цитоплазма А4 у ЦМС-линии с геномом Желтозерного 10 способствовала снижению потери влаги за 1 ч увядания по сравнению с цитоплазмой 9Е – 2,64 и 2,72%, соответственно (рисунок 27а). Более низкая средняя потеря влаги за 1 ч увядания отмечена у А4 Желтозерное 10 в 2019 и 2021 г. при острозасушливых условиях (ГТК=0,28-0,45 за 20-ти дневный период) – 2,57-2,62%, тогда как в 2022 г. – наблюдалось повышение показателя до 2,80% при ГТК=0,86 (приложение 24, 38).

В среднем за четыре года изучения между ЦМС-линиями с геномом Карлика 4в установлены следующие различия: цитоплазмы А2 и А3 достоверно влияли на снижение признака до 2,77-2,81% по сравнению с цитоплазмой А5 (2,93%) (рисунок 27 а). Цитоплазма А3 увеличивала потерю влаги в 2019 г. до 2,95%, отличающегося большей засушливостью (ГТК=0,08), а в 2021-2022 г. (ГТК=0,45-0,54) снижала признак (2,65-2,95%) при рассмотрении влияния 20-ти дневного периода до определения водного режима (приложение 24, 38).

Изучение динамики потери влаги листьями у изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 в процессе естественного увядания показало, что в первые

1,5 часа цитоплазма А3 позитивно влияет на повышение засухоустойчивости растений сорго по сравнению с цитоплазмой А4, тогда как через 24 часа увядания преимущество оказалось у цитоплазмы А4 по сравнению с цитоплазмой 9Е. У изоядерных ЦМС-линий с геномом Карлика 4в цитоплазмы А2 и А3 повышали устойчивость к стрессору по сравнению с цитоплазмой А5 только через сутки естественного увядания листьев, в первые часы эксперимента цитоплазматический эффект отсутствовал.

### **3.2.4 Взаимосвязь параметров водного режима и основных селекционных признаков**

Для оптимизации селекционного процесса на повышение засухоустойчивости важно определить взаимосвязи между физиологическими и основными селекционными показателями, которые в последствии можно использовать для диагностики. Повторяющиеся в различных условиях корреляции дают возможность на ранних этапах селекции включать в гибридизацию образцы для достижения оптимального сочетания признаков планируемого гибрида. Отмечено, что у некоторых сельскохозяйственных культур водоудерживающая способность зависит от площади листа [34, 47, 212]. Урожайность обратно коррелировала с водным дефицитом и зависела от фенофазы растений, а также прямопропорционально оводненности тканей листьев и водоудерживающей способности [176, 243, 261]. Согласно опубликованным данным оводненность растений коррелирует с пластичностью генотипа [221].

За период исследований 2019-2022 гг. выявлено, что общая оводненность тканей листьев прямо пропорциональна средней потере влаги за сутки и потере влаги за 24 часа ( $r=0,77$ ), что отмечается в каждый сезон исследований; длине метелки ( $r=0,55$ ); ширине наибольшего листа ( $r=0,69$ ) и урожайности зерна ( $r=0,73$ ), что проявилось и в условиях 2020-2022 гг. (таблица 16). В 2020 г. отмечена высокая взаимосвязь общей оводненности тканей листьев и урожайности биомассы ( $r=0,80$ ) материнских форм, и средняя – с количеством осадков ( $r=0,59$ ) (приложение 39). Урожайность семян у ЦМС-линий



Таблица 16 – Взаимосвязь параметров водного режима и селекционно-ценных признаков у ЦМС-линий сорго, среднее за 2019-2022 гг.

Признак	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1,00															
2	-0,24	1,00														
3	0,77*	-0,23	1,00													
4	0,15	0,09	0,28	1,00												
5	-0,02	0,19	0,10	0,94**	1,00											
6	0,77*	-0,23	1,00*	0,27	0,10	1,00										
7	-0,36	0,02	-0,09	-0,08	-0,09	-0,08	1,00									
8	0,55*	-0,19	0,61**	0,45*	0,28	0,64**	-0,04	1,00								
9	0,32	-0,36	0,28	-0,09	-0,28	0,28	0,04	0,13	1,00							
10	-0,31	-0,11	-0,31	-0,36	-0,43	-0,33	0,24	-0,31	0,68**	1,00						
11	0,69**	-0,42	0,65**	0,26	0,08	0,67**	-0,18	0,48*	0,68**	-0,07	1,00					
12	0,33	-0,10	0,40	-0,19	-0,24	0,41	0,43	0,09	-0,18	-0,38	0,08	1,00				
13	0,73**	-0,26	0,66**	0,03	-0,13	0,69**	0,03	0,46*	0,42	-0,10	0,61**	0,54*	1,00			
14	-0,39	0,09	-0,24	0,00	0,14	-0,24	0,39	-0,59**	-0,17	0,09	-0,30	0,23	-0,10	1,00		
15	0,11	-0,38	-0,05	-0,70**	-0,72**	-0,05	-0,07	-0,14	0,71**	0,62*	0,37	-0,05	0,13	-0,18	1,00	
16	0,28	-0,18	0,13	-0,65**	-0,74**	0,13	-0,01	0,09	0,64**	0,47	0,39	0,14	0,23	-0,42	0,90**	1,00

Примечание: \* $p \geq 0,05$ ; \*\*  $p \geq 0,01$ ; 1 – Оводненность; 2 – Водный дефицит; 3 – Средняя потеря влаги листьями за 1 ч/сут; 4 – Потеря влаги листьями за 60 минут естественного увядания; 5 – Потеря влаги листьями за 90 минут естественного увядания; 6 – Потеря влаги листьями за 24 часа естественного увядания; 7 – Высота растений; 8 – Длина метелки; 9 – Площадь наибольшего листа; 10 – Длина наибольшего листа; 11 – Ширина наибольшего листа; 12 – Урожайность биомассы; 13 – Урожайность зерна; 14 – Масса 1000 зерен; 15 – Сумма активных температур за период от всходов до цветения растений на дату проведения опыта; 16 – Количество осадков за период от всходов до цветения растений на дату проведения опыта.

изучаемой генетической коллекции коррелировала с урожайностью всей биомассы и длиной соцветия: средняя связь оказалась значимой на 5%-м уровне ( $r=0,46-0,54$ ). Длина соцветия прямо коррелировала с шириной площадью наибольшего листа ( $r=0,48$ ) и обратно – с массой 1000 зерен ( $r=-0,59$ ).

Установлена средняя отрицательная корреляция между водным дефицитом и параметрами наибольшего листа в отдельные сезоны. Так, в условиях 2021 г. между шириной листа  $r= -0,49$ , тогда как в 2019 г. между длиной листа – положительная  $r=0,46$  (приложение 39).

Кроме того, средняя потеря влаги листьями зависела от потери влаги за 24 ч: коэффициент корреляции в разные годы составил 0,99-1,00. Выявлена взаимосвязь этого признака с шириной и площадью листа ( $r=0,63-0,68$ ), которая подтвердилась и в условиях 2020-2021 гг. ( $r=0,47-0,53$ ) и 2021 г. ( $r=0,55$ ), соответственно. Также в 2021 г. отмечена зависимость длины соцветия от средней потери влаги листьями ( $r=0,50$ ) (приложение 39). Примечательно, что потеря влаги листьями через 60 и 90 минут после увядания оказалась обратно пропорциональна сумме активных температур воздуха и количеству осадков за период «всходы-цветение» –  $-0,74$  –  $-0,65$ .

Отмечена сильная взаимосвязь между площадью листа и гидротермическими показателями ( $r=0,64-0,71$ ), а также между длиной листа и суммой активных температур ( $r=0,62$ ).

Литературные данные свидетельствуют о сопряженности урожайности зерна и площади листьев [431]. В данном случае взаимосвязь средняя, но не значимая ( $r=0,42$ ) и достоверная на 1%-м уровне с шириной листа ( $r=0,61$ ).

Полученные данные корреляционного анализа свидетельствуют о том, что в засушливых регионах урожайность семян ЦМС-линий зернового сорго определяется способностью растений сохранять оводненность тканей листьев и удерживать влагу в процессе естественного увядания при стрессовых условиях. Таким образом, коэффициенты корреляции между урожайностью семян и общей оводненностью листьев, средней потерей влаги листьями за 1 ч в сутки и через 24 ч увядания составили 0,46-0,73.

### Заключение по главе 3

Выявленные адаптационные особенности генотипов позволяют вовлекать их в селекционный процесс в качестве источников засухоустойчивости. Примененные в исследовании методы дают объективную оценку устойчивости ЦМС-линий к засухе и могут быть использованы в селекционном процессе. Впервые у сорго установлен цитоплазматический эффект на проявление стрессоустойчивости изоядерных ЦМС-линий по селекционно-ценным признакам; параметрам водного режима листьев и набуханию семян.

Отмечено значимое влияние генотипа ЦМС-линии, метеорологических условий их выращивания и взаимодействие этих факторов: наибольшая величина генотипического фактора выявлена по высоте растений (46,8-85,6%) и выдвинутости ножки соцветия (56,4-63,4%); фактор «условия года» – по интенсивности начального роста (56,1-79,7%) и урожайности семян (54,1-60,2%).

Проявление нормы реакции генотипа по селекционным признакам в различных условиях среды выявило сильную вариабельность интенсивности начального роста и урожайности семян ( $V=20,5-44,4\%$ ) у всех ЦМС-линий, тогда как у большинства из них – ширины соцветия (23,3-62,3%), площади наибольшего листа (20,6-32,9%), выдвинутости ножки соцветия (20,4-61,6%).

Согласно индексу засухоустойчивости, отражающему стабильность урожайности линий в различные по влагообеспеченности годы, наибольшей устойчивостью характеризовались А1 Ефремовское 2, А3 Желтозерное 10, А4 Желтозерное 10, 9Е Желтозерное 10, А2 Судзерн, А1 Карлик 4в, А2 Карлик 4в, А3 Карлик 4в, А4 Карлик 4в, А5 Карлик 4в, А6 Карлик 4в (0,09-0,73).

Оценка различных генотипов стерильных линий сорго по коэффициенту линейной регрессии позволила выявить формы, сочетающие высокую урожайность и устойчивость к изменяющимся факторам внешней среды. По продуктивности выявлены экологически пластичные линии ( $bi=1,13-1,80$ ) – А2 КВВ 114, А2 Восторг, А3 Фетерита 14, А1 О-Янг 1, А2 Судзерн светлый; фенотипически стабильные ( $bi=0,91-1,07$ ) – М35-1А и 9Е Пищевое 614, А2 КВВ 181, А1 Ефремовское 2, А1-А5 Карлик 4в и экстенсивного типа ( $bi=0,79-0,87$ )

– А3, А4 и 9Е Желтозерное 10, А6 Карлик 4в, А2 Кремовое, А2 Тамара.

Индекс стабильности показывает способность ЦМС-линии сочетать высокую урожайность с минимальным ее снижением при ухудшении условий. По комплексу селекционных признаков отличились А1 Ефремовское 2 (8,14-22,18), А4 КП 70 (2,79-12,32), А1 О-Янг 1 (2,14-8,03). У ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 наибольший показатель установлен на цитоплазме 9Е по ширине соцветия ( $H_i=0,15-0,50$ ), тогда как цитоплазма А3 снижала значения коэффициента по выдвинутости ножки соцветия ( $H_i=-0,16$ ), а цитоплазма А4 – по урожайности семян ( $H_i=0,05$ ). В коллекции изоядерных ЦМС-линий с геномом Карлик 4в выявлено, что наибольший эффект цитоплазм А1 и А5 отмечен по ширине соцветия ( $H_i=0,26-0,40$ ), а по выдвинутости ножки соцветия на цитоплазме А3 ( $H_i=0,58$ ), при этом цитоплазмы А1 и А5 снижали значение коэффициента по длине наибольшего листа ( $H_i=-3,72 - -1,24$ ).

Изучение синтеза пигментов в листьях изоядерных ЦМС-линий показало, что наибольшее их накопление происходит в фазу выметывания соцветий, а также при более засушливых условиях вегетации. ЦМС-линии не различались по содержанию хлорофиллов. Наибольшее количество хлорофилла *a* и суммы хлорофиллов отмечено у гибридов на основе А1 и А2 типов ЦМС.

В селекции на повышение засухоустойчивости ЦМС-линий и гибридов F1 в начальный период развития растений целесообразно использовать цитоплазмы с А4 и 9Е, характеризующиеся меньшим водопотреблением семян. Различия между цитоплазмами А3 и А4, 9Е наблюдаются через 24-48 часов эксперимента. Набухание семян у гибридов с сортами Кремовое и Азарт на цитоплазме 9Е в гипертонических растворах оказалось на уровне показателей контроля, тогда как в отдельные часы цитоплазма А4 способствовала снижению водопотребления семян у гибрида с сортом Азарт. На среднее водопотребление семян в опыте большее влияние оказала отцовская форма.

Выявлены особенности перенесения стрессовых факторов (высоких температур и низкой влагообеспеченности) в критический для ЦМС-линий сорго период цветения. Высокой засухоустойчивостью по комплексу показателей

водного режима характеризовались линии А2 КВВ 114, А2 Восторг, А3 Фетерита 14.

Установлено влияние типа стерильной цитоплазмы на параметры водного режима: А3 и 9Е увеличивали величину показателя оводненности тканей в сравнении с аналогом на типе А4, а цитоплазма А5 в сравнении с цитоплазмой А3; цитоплазма А3 снижала водный дефицит, потерю влаги в первые 30-90 минут увядания листьев, а цитоплазма А4 – потерю влаги за 24 ч увядания и в среднем за 1 час в сутки; цитоплазмы А2 и А3 снижали водный дефицит, потерю влаги за 24 ч увядания и в среднем за 1 час в сутки в сравнении с А5.

Отмечена изменчивость показателей водного режима изоядерных ЦМС-линий и гибридов в зависимости от типа стерильной цитоплазмы и фазы вегетации. Гибриды и родительские формы оказались менее чувствительны к стрессовым условиям в фазу выметывание. У гибридов с геномом Желтозерного 10 цитоплазма А3 снижала водный дефицит листьев в фазу цветение по сравнению с цитоплазмой А4 и увеличивала оводненность в молочно-восковую спелость; с геномом Карлика 4в цитоплазма А2 увеличивала оводненность тканей листьев в сравнении с цитоплазмой А5 в фазу цветение. Генотип опылителя оказывал влияние на общую оводненность тканей у гибридов F1.

Выявленные корреляции свидетельствуют о высокой приспособленности исходного материала к условиям произрастания. Установлена тесная взаимосвязь урожайности семян материнских форм с индексом стабильности, общей оводненностью листьев ( $r=0,73-0,99$ ); оводненности тканей листьев с потерей влаги за 24 ч и в среднем за 1 ч/сут ( $r=0,77$ ); коэффициентами вариации и линейной регрессии, индекса засухоустойчивости ( $r=0,83-0,88$ ). Отмечена средняя сопряженность урожайности семян и отклонения от линии регрессии, индекса засухоустойчивости, средней потери влаги листьями за 1 ч в сутки и через 24 ч увядания, длины соцветия, ширины листа и урожайности биомассы: коэффициент корреляции составил  $0,46-0,69$ ; отклонения от линии регрессии и индексами стабильности, засухоустойчивости ( $r=0,62-0,65$ ); оводненности тканей листьев и длины соцветия и ширины листа ( $r=0,55-0,69$ ).

## **ГЛАВА 4. СОЗДАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОНЕНТОВ СКРЕЩИВАНИЙ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА**

В настоящее время методы многомерной статистики, в том числе и кластерный анализ, используются в селекционной работе при оценке и сравнении параметров у многих сельскохозяйственных культур (суданская трава, кукуруза, тритикале, овес, рис, лен масличный, горох посевной, фасоль, нут и другие) [52, 72, 111, 120, 183, 200, 276, 284, 292]. Применение данного анализа способствует ускорению процесса выведения нового исходного материала.

Включение в скрещивание генетически различных компонентов является важным условием для получения перспективных гибридов [520]. Для оптимизации, результативности скрещиваний и целенаправленности практической работы по гибридизации проведена систематизация рабочей коллекции родительских форм: стерильных линий с разными типами ЦМС-индуцирующих цитоплазм (всего 21), отцовских компонентов – образцов зернового (всего 20) и сахарного (всего 13) сорго по комплексу сходных фенологических, агрономических, морфометрических и др. показателей (приложение 40-42).

### **4.1 Материнские формы с цитоплазматической мужской стерильностью**

Кластеризация компонентов скрещиваний проводилась по 19 особенно важным признакам в селекции на гетерозис по многолетним данным (приложение 40). Результаты кластерного анализа представлены на графике, у которого по оси абсцисс находятся номера линий, а по оси ординат – расстояние между объектами исследований (рисунок 28). Объединение линий в большие группы основано на мере сходства между ними – Евклидовом расстоянии (геометрическое расстояние в многомерном пространстве).

На 14 шаге итерации (минимум евклидовых расстояний равен 19,96) выделено 6 кластеров, достоверность распределения линий в которых подтверждается дисперсионным анализом (таблица 17).

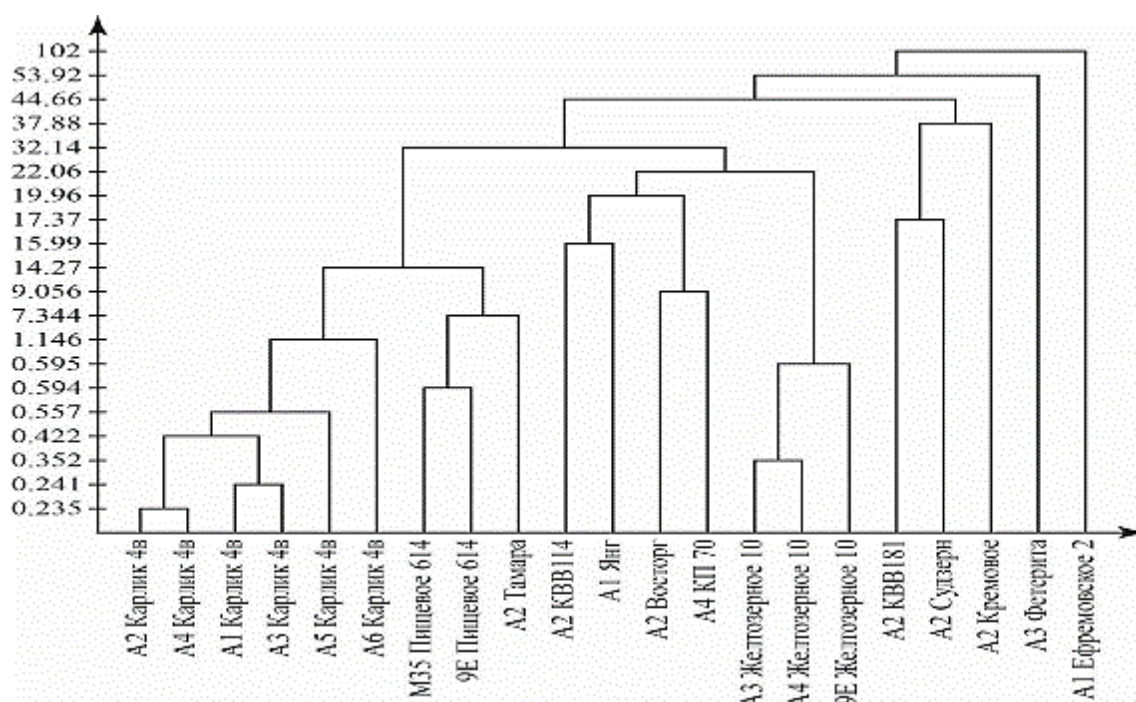


Рисунок 28 – Дендрограмма сходства ЦМС-линий по комплексу селекционных признаков, среднее за 2014-2018 гг.

Таблица 17 – Оценка ЦМС-линий по хозяйственно-ценным признакам в кластерах, среднее за 2014-2018 гг.

Признак	Кластер						F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV	V	VI		
Период «всходы-цветение» (дни)	50,0	50,8	52,2	46,6	52,6	60,5	9,16*	3,21
Высота через 30 дней после всходов (см)	45,1	56,7	61,8	59,9	54,2	50,1	15,31*	6,19
Высота при созревании (см)	81,0	117,5	111,9	120,2	126,4	143,3	17,37*	16,94
Длина соцветия (см)	22,1	22,4	18,4	19,6	13,2	23,4	8,40*	2,79
Ширина соцветия (см)	10,1	8,3	7,5	11,0	6,5	10,8	3,15*	2,67
Выдвинутость ножки соцветия (см)	13,1	12,8	16,0	18,1	16,6	13,6	0,61	ns
Длина наибольшего листа (см)	40,6	44,7	49,6	38,0	43,9	57,8	56,19*	2,25
Ширина наибольшего листа (см)	4,7	5,3	4,3	4,1	5,8	5,8	12,74*	0,49
Площадь наибольшего листа (см <sup>2</sup> )	143,7	176,1	159,2	117,2	193,1	254,2	43,16*	15,89
Длина флагового листа (см)	28,5	29,7	34,0	23,7	25,7	40,6	24,73*	2,71
Ширина флагового листа (см)	4,3	4,3	4,1	3,3	5,2	4,9	63,24*	0,19
Площадь флагового листа (см <sup>2</sup> )	95,0	97,1	105,0	58,9	99,0	150,0	46,47*	9,58
Общая кустистость (шт.)	2,25	1,66	1,14	2,22	1,83	1,42	5,74*	0,60
Продуктивная кустистость (шт.)	2,17	1,65	1,12	2,20	1,80	1,38	5,15*	0,61
Масса 1000 зерен (г)	27,1	27,2	34,5	29,3	40,8	24,0	9,68*	4,25
Масса зерна с 1 метелки (г)	16,2	22,4	28,3	16,3	23,2	32,3	16,74*	4,43
Число зерен с одной метелки (шт.)	591,8	855,0	821,3	569,0	569,0	1347,0	13,17*	180,79
Урожайность семян (т/га)	3,48	4,40	4,28	4,05	5,07	5,36	7,18*	0,71
Урожайность биомассы (т/га)	10,74	13,90	11,63	15,73	18,30	20,70	10,71*	3,00

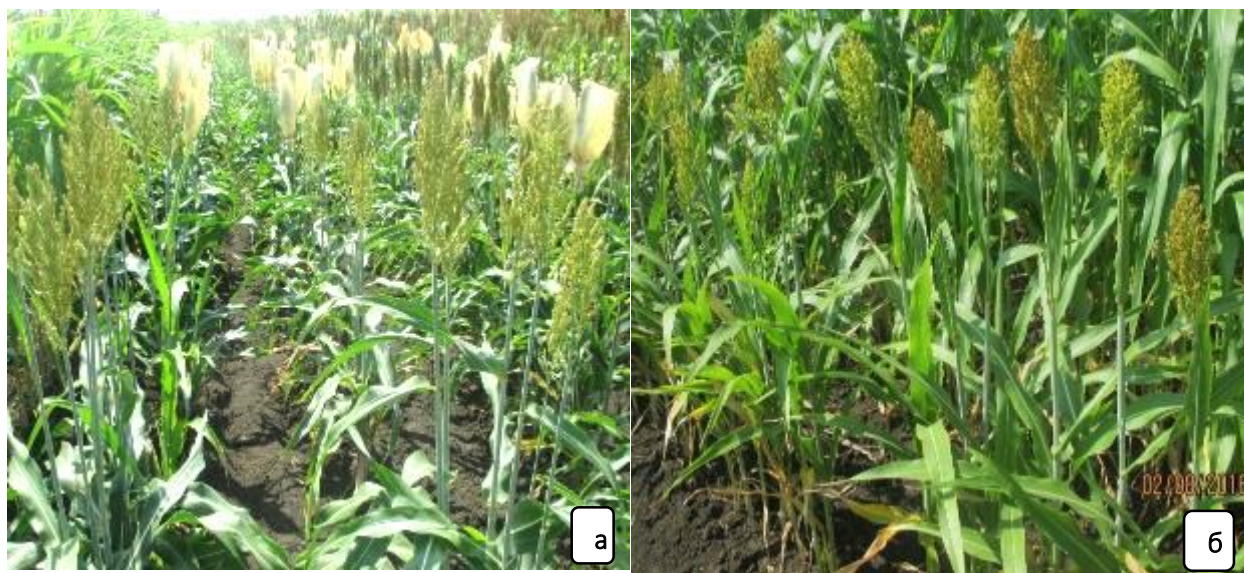
Примечание: \* $p \leq 0,05$ .



Растения стерильных линий, входящие в I группу (А1 Карлик 4в, А2 Карлик 4в, А3 Карлик 4в, А4 Карлик 4в, А5 Карлик 4в, А6 Карлик 4в, М35-1А Пищевое 614, 9Е Пищевое 614, А2 Тамара) существенно отличаются более низкими показателями: интенсивности начального роста (45,1 см) и высоты при созревании (81,0 см), массы 1000 зерен (27,1 г) и с одной метелки (16,2 г), числа зерен с одной метелки (592 шт.), урожайности зерна (3,48 т/га) и биомассы (10,74 т/га). У них также отмечены средние показатели размеров: соцветия, наибольшего и флагового листьев (рисунок 29а).

Вторая группа ЦМС-линий (А1 О-Янг 1, А2 КВВ 114, А2 Восторг, А4 КП 70) характеризуется средними значениями морфометрических признаков и элементов продуктивности. Растения этой группы относятся к среднеранним: период от всходов до цветения – 50,8 дней.

ЦМС-линии, входящие в III группу (А3 Желтозерное 10, А4 Желтозерное 10, 9Е Желтозерное 10), являются слабокустящимися формами (продуктивная и общая кустистость равна 1,12-1,14, соответственно) с очень интенсивным начальным ростом (61,8 см) и массой 1000 зерен (34,5 г) (рисунок 29б).



9Е Пищевое 614 (первый кластер)

9Е Желтозерное 10 (третий кластер)

Рисунок 29 – Цветение растений стерильных линий

В IV группу (А2 КВВ 181, А2 Судзерж светлый, А2 Кремовое) включены наиболее скороспелые линии (период «всходы-цветение» – 46,6 дней) с интен-



сивным начальным ростом (59,9 см) и выдвинутой ножкой соцветия (18,1 см). Хорошо кустящиеся формы: продуктивная кустистость – 2,20, а общая – 2,22. Для растений характерны более короткие (флаговый – 23,7 см, наибольший – 38,0 см) и узкие (3,3 и 4,1 см соответственно) листья, невысокая озерненность метелки (569 зерен) и продуктивность зерна (4,05 т/га) (рисунок 30).



Рисунок 30 – Стерильная линия А2 КВВ 181 (четвертый кластер)

Генотип V группы (А3 Фетерита 14) выделяется компактными размерами метелки (длина – 13,2 см, ширина – 6,5 см), широкими листьями (наибольший – 5,8 см, флаговый – 5,2 см), наибольшей продуктивностью (зерна – 5,07 т/га, биомассы – 18,30 т/га) и массой 1000 зерен (40,8 г).

Среднеспелая линия А1 Ефремовское 2 (VI группа) – наиболее высокорослая, продуктивная, с очень озерненным соцветием и крупными листьями. Масса зерна с одной метелки составила – 32,3 г, а число зерен – 1347 штук.

Примечательно, что изоядерные ЦМС-линии с разными стерильными цитоплазмами и одним и тем же геномом входят в одну группу: на основе Карлик 4в с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, А5 и А6, а также с цитоплазмами М35-1А и 9Е на основе Пищевого 614 – в первую; Желтозерного 10 с типами 9Е, А3 и А4 – в третью.

#### **4.1.1 Пыльца ЦМС-линий с разными типами стерильных цитоплазм в зависимости от условий внешней среды**

При изучении адаптивности генотипов к факторам внешней среды уделяется внимание качеству и развитию пыльцевых зерен, изменяющихся под действием абиотических стрессоров [199, 279]. У многих видов растений при диагностики мужской фертильности используют анализ озерненности соцветий, а также основные морфометрические характеристики пыльцевых зерен (жизнеспособность, количество фертильных, стерильных пыльцевых зерен в пыльнике, а также наличие аномальных, дегенерированных и дефектных пыльцевых зерен) [129, 280, 434].

Кроме того, при размножении стерильных линий, используемых в качестве материнских форм перспективных или районированных гибридов, важно поддерживать их стерильность. Известно, что у некоторых сельскохозяйственных культур в условиях достаточной влажности почвы и воздуха среди стерильных растений могут возникать фертильные или полуфертильные растения [187]. В литературе встречаются сведения о том, что высокая ночная температура во время цветения вызывает окислительное повреждение листьев и пыльцевых зерен, что приведет к снижению фотосинтеза и завязывания семян соответственно [508]. Зависимость восстановления фертильности и жизнеспособности пыльцы от факторов внешней среды отмечена ранее у гибридов сорго, полученных с использованием цитоплазм А3 и 9Е [299, 300, 383, 387], гибридов кукурузы [187], озимой ржи [103]. Однако, влияние метеорологических условий на формирование нормальных и дефектных пыльцевых зерен (ПЗ) у ЦМС-линий и гибридов F1 на основе других типов стерильных цитоплазм представлено недостаточно полно и является актуальной.

Изучение пыльцы у ЦМС-линий сорго с типами цитоплазм А3, А4, 9Е показало, что форма пыльцевых зерен может быть как округлая, так и сдавленная. В настоящих исследованиях и в проведенных ранее, наибольший полиморфизм пыльцевых зерен наблюдался у растений на цитоплазме 9Е. Выявлены фертильные ПЗ с нормальной формой (рисунок 31а); ПЗ темного цвета,

наполненные крахмалом, но имеющие аномальную форму (рисунок 31б); ПЗ с нарушениями накопления крахмала (рисунок 31в), неполностью заполненные крахмалом (рисунок 31г); ПЗ с задержкой развития на стадии образования одного или двух зародышей, у некоторых из них также нарушено накопление крахмала (рисунок 31д, е); ПЗ с частично или полностью дегенерированным содержимым, а также аномальные структуры или дегенерированные микроспоры гигантских ценоцитов, которые образовались в результате отсутствия цитокинеза в телофазе II, мостики хроматид, 3-полярные веретена и т.д. (рисунок 31ж, з). Аналогичные пустые ПЗ с деформированной формой наблюдались и у гибридов F1, полученных с участием 9Е Желтозерное 10 [387]; аллоплазматических линий риса с разными цитоплазмами [413].



Рисунок 31 – Полиморфизм пыльцевых зерен (ПЗ) у растений ЦМС-линий на цитоплазме 9Е [386]

Доля ПЗ в пыльце ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 на основе цитоплазм А3, А4, 9Е в годы вегетации, различающиеся по гидротермическим условиям, обрабатывали методом дисперсионного двухфакторного анализа (фактор А – тип ЦМС, фактор В – условия года). Установлено значимое влияние типа цитоплазмы на полиморфизм пыльцевых зерен и их количество (таб-

лица 18). У стерильных растений на цитоплазме АЗ выявлены 2 основных типа ПЗ – со слабой окраской содержимого (тип IV) и пустые (тип V). Встречались единичные нормальные ПЗ (тип I) и с менее интенсивной окраской (тип II).

Таблица 18 – Цитологический анализ пыльцы ЦМС-линий на основе АЗ, А4, 9Е типов цитоплазм, 2015-2018 гг.

ЦМС-линия	Год	Количество разных типов пыльцевых зерен <sup>1</sup> , %				
		I	II	III	IV	V
АЗ Желтозерное 10	2015(ГТК <sup>2</sup> =0,49)	0,9 a	0,7 a	–	67,7 fg	30,8 bc
	2016(ГТК=0,66)	0,3 a	0,0 a	–	79,8 gh	20,1 ab
	2017(ГТК=0,00)	0,2 a	0,3 a	–	64,0 ef	35,4 c
	2018(ГТК=1,01)	0,3 ab	1,3 a	–	86,9 h	11,4 a
<b>Среднее по АЗ:</b>		<b>0,4 a</b>	<b>0,6 a</b>	–	<b>74,6 b</b>	<b>24,4 a</b>
А4 Желтозерное 10	2015(ГТК=0,49)	8,8 cde	19,9 c-f	26,6 bc	4,4 ab	40,2 cd
	2016(ГТК=0,66)	17,0 f	10,0 b	28,0 c	2,3 a	42,5 cd
	2017(ГТК=0,00)	1,6 abc	30,5 g	6,1 a	27,4 d	36,6 cd
	2018(ГТК=1,01)	7,9 bc	23,7 d-g	1,8 a	16,6 bcd	50,7 d
<b>Среднее по А4:</b>		<b>8,8 b</b>	<b>21,0 b</b>	<b>15,6 b</b>	<b>12,7 a</b>	<b>42,5 b</b>
9Е Желтозерное 10	2015(ГТК=0,49)	7,7 abc	30,8 g	6,8 a	25,9 cd	28,9 bc
	2016(ГТК=0,66)	15,4 ef	23,8 efg	8,7 a	13,0 abc	39,1 cd
	2017(ГТК=0,00)	4,7 abc	29,2 g	8,4 a	17,0 bcd	40,5 cd
	2018(ГТК=1,01)	15,4 def	25,3 fg	6,7 b	8,9 ab	43,8 cd
<b>Среднее по 9Е:</b>		<b>10,8 b</b>	<b>27,3 c</b>	<b>7,6 a</b>	<b>16,2 a</b>	<b>38,1 b</b>
Среднее количество пыльцевых зерен в зависимости от условий года:						
2015(ГТК=0,49)		5,8 ab	17,1 b	16,7 bc	32,7	33,1
2016(ГТК=0,66)		10,9 c	11,3 a	18,4 c	31,7	33,9
2017(ГТК=0,00)		2,2 a	20,0 b	7,3 a	36,1	37,5
2018(ГТК=1,01)		7,9 bc	16,8 b	4,2 a	37,5	35,3
F <sub>05</sub> (тип ЦМС)		23,10*	98,91*	16,41*	272,48*	18,01*
НСР <sub>05</sub> (тип ЦМС)		3,35	4,11	4,24	6,16	6,49
F <sub>05</sub> (год)		7,72*	5,07*	12,35*	1,27	0,52
НСР <sub>05</sub> (год)		3,86	4,74	6,00	–	–
F <sub>05</sub> (взаимодействие)		2,78*	2,79*	11,50*	7,87*	4,65*
НСР <sub>05</sub> (взаимодействие)		6,70	8,22	8,48	12,33	12,98

Примечание: <sup>1</sup> – I. Полностью окрашенные пыльцевые зерна (ПЗ); II. Дефектные ПЗ с менее интенсивной окраской; III. ПЗ с небольшим количеством содержимого; IV. Дефектные ПЗ со слабой окраской содержимого; V. Пустые ПЗ. <sup>2</sup> – ГТК за 10 дней до цветения. \* $p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Нормальные фертильные ПЗ в отличие от дефектных содержат больше крахмала [459, 598]. Пыльца растений с цитоплазмой АЗ значимо отличалась от цитоплазм А4 и 9Е по ПЗ типа I: 0,4% против 8,8-10,8%, соответственно. Причем, цитоплазмы А4 и 9Е по количеству нормальных ПЗ достоверно

между собой не различались. Цитологический анализ пыльцы растений риса показал, что у стерильных растений также встречаются нормально окрашенные пыльцевые зерна в количестве 3,8-9,6%, тогда как у фертильных – 97,7-98,8%. У стерильных растений риса с LD типом ЦМС наблюдались ПЗ с недостаточным накоплением крахмала, отличающихся от фертильных ПЗ [426].

Ранее у ЦМС-линий сорго уже наблюдали полиморфизм дефектных пыльцевых зерен: были выявлены полностью окрашенные и заполненные крахмалом ПЗ. При этом в момент цветения пыльники не растрескивались и растение оставалось стерильным [299].

Стерильные цитоплазмы А3, А4 и 9Е различались по ПЗ типа II. При этом, их ранжирование можно представить следующим образом: А3 (0,6%) > А4 (21,0%) > 9Е (27,3%). ПЗ с небольшим количеством содержимого выявлены только у стерильных растений с цитоплазмами А4 и 9Е, причем на цитоплазме А4 их количество составило 15,6%, тогда как на 9Е – 7,6%.

Наибольшее количество ПЗ со слабой окраской содержимого отмечены у растений на цитоплазме А3 (74,6%). В то время как цитоплазмы А4 и 9Е между собой не различались: количество ПЗ типа IV составило 12,7-16,2%. По количеству пустых ПЗ выделились цитоплазмы А4 и 9Е по сравнению с цитоплазмой А3 – 38,1-42,5% и 24,4%, соответственно.

Условия года оказывали влияние на образование фертильных ПЗ, с менее интенсивной окраской содержимого и небольшим количеством содержимого. Наибольшее количество нормальных ПЗ (7,9-10,9%) формировалось, когда цветение растений проходило в условиях умеренно засушливых и достаточного увлажнения (ГТК=0,66-1,01), а ПЗ с небольшим количеством содержимого (18,4%) – умеренно засушливых, тогда как ПЗ с менее интенсивной окраской – небольшое (11,3%).

Чувствительность сельскохозяйственных растений к высокотемпературному стрессу на стадии образования микроспор отмечена у сорго, риса, пшеницы, кукурузы, хлопка. При этом у сорго наблюдается нарушение работы тапетальных клеток: поврежденные клетки блокируют транслокацию питатель-

ных веществ в развивающиеся пыльцевые клетки, что приводит к стерильности пыльцы [615]. Действие факторов внешней среды и продолжительности периода вегетации на фертильность пыльцы отмечено и у образцов сои [279]. Различная пыльцеобразующая способность в зависимости от погодных условий отмечена у стерильных растений кукурузы с С-типом цитоплазмы. Так, в жарких климатических условиях сезона вегетации растений пыльников выбрасывалось меньше, и пыльца оставалась нежизнеспособной. В более благоприятных условиях, особенно после дождя происходило раскрытие пыльников и одновременный выброс пыльцы [252]. Эти данные свидетельствуют о чувствительности С-типа цитоплазмы к погодно-климатическим условиям.

Полученные сведения нами ранее и в данном исследовании о взаимодействии между генетическими и эпигенетическими факторами, регулирующими мужскую фертильность в цитоплазмах 9Е, А4, М35-1А сорго целесообразно использовать для создания надежных линий-восстановителей фертильности этих типов ЦМС [385].

Сравнительный анализ пыльцы у растений ЦМС-линий на основе цитоплазм А3, А4, А5 и А6 с геномом Карлика 4в также выявил полиморфизм дефектных ПЗ. В пыльце растений с цитоплазмой А3 в основном присутствовали пустые ПЗ и со слабой окраской содержимого. Схожими показателями характеризовалась цитоплазма А6. Пыльца растений с цитоплазмой А4 значительно отличалась от цитоплазм А3, А5 и А6 по ПЗ типа I: 8,7% против 0,1-1,5%, соответственно. Причем, цитоплазмы А3 (0,1%), А5 (0,9%) и А6 (1,5%) по количеству нормальных ПЗ достоверно между собой не различались. Стерильная цитоплазма А4 отличалась наибольшей долей ПЗ с менее интенсивной окраской (тип II). Ранжирование типов ЦМС можно представить следующим образом: А3 (0,4%) > А5 и А6 (4,7-8,3%) > А4 (28,1%) (таблица 19). ПЗ с небольшим количеством содержимого выявлены только у стерильных растений с цитоплазмами А4 и А5, причем на цитоплазме А5 их количество было незначительным. В условиях 2018 г. этот тип ПЗ отсутствовал в пыльце стерильных растений.

Таблица 19 – Цитологический анализ пыльцы ЦМС-линий на основе А3, А4, А5 и А6 типов цитоплазм, 2016-2018 гг.

ЦМС-линия	Год	Количество разных типов пыльцевых зерен <sup>1</sup> , %				
		I	II	III	IV	V
А3 Карлик 4в	2016(ГТК <sup>2</sup> =0,66)	0,0 a	–	–	70,3 fg	29,7 c
	2017(ГТК=0,00)	0,3 a	0,1 a	–	88,5 h	11,0 a
	2018(ГТК=0,97)	0,0 a	1,2 ab	–	78,5 g	20,2 b
<b>Среднее по А3:</b>		<b>0,1 a</b>	<b>0,4 a</b>	<b>–</b>	<b>79,1 c</b>	<b>20,3 a</b>
А4 Карлик 4в	2016(ГТК=0,66)	3,0 ab	25,4 ef	3,1	23,5 ab	44,9 e
	2017(ГТК=0,00)	5,5 b	33,2 g	11,5	22,0 ab	26,7 bc
	2018(ГТК=0,97)	17,5 c	25,7 f	–	29,5 b	27,3 bc
<b>Среднее по А4:</b>		<b>8,7 b</b>	<b>28,1 c</b>	<b>4,9</b>	<b>25,0 a</b>	<b>33,0 b</b>
А5 Карлик 4в	2016(ГТК=0,66)	0,2 a	–	1,8	18,1 a	79,9 h
	2017(ГТК=0,00)	0,8 a	16,2 d	3,3	26,0 ab	52,2 f
	2018(ГТК=0,97)	1,8 a	8,6 c	–	18,5 a	71,1 g
<b>Среднее по А5:</b>		<b>0,9 a</b>	<b>8,3 b</b>	<b>1,7</b>	<b>20,9 a</b>	<b>67,7 c</b>
А6 Карлик 4в	2016(ГТК=0,66)	1,3 a	2,1 abc	–	70,1 efg	26,4 bc
	2017(ГТК=0,00)	1,0 a	7,5 bc	–	54,1 cd	39,3 de
	2018(ГТК=0,97)	2,1 a	4,6 abc	–	61,7 def	32,8 cd
<b>Среднее по А6:</b>		<b>1,5 a</b>	<b>4,7 b</b>	<b>–</b>	<b>62,0 b</b>	<b>32,8 b</b>
Среднее количество пыльцевых зерен в зависимости от условий года:						
2016(ГТК=0,66)		1,1 a	6,9 a	–	45,5	45,2 c
2017(ГТК=0,00)		1,9 a	14,3 b	–	47,7	32,3 a
2018(ГТК=0,97)		5,4 b	10,0 a	–	47,1	37,9 b
F <sub>05</sub> (тип ЦМС)		46,31*	9,86*	–	262,83*	225,39*
НСР <sub>05</sub> (тип ЦМС)		1,70	3,77	–	5,13	3,97
F <sub>05</sub> (год)		19,91*	10,99*	–	0,53	30,27*
НСР <sub>05</sub> (год)		1,47	3,27	–	–	3,44
F <sub>05</sub> (взаимодействие)		13,46*	2,56*	–	6,42*	16,08*
НСР <sub>05</sub> (взаимодействие)		2,95	6,54	–	8,88	6,89

Примечание: <sup>1</sup> – I. Полностью окрашенные пыльцевые зерна (ПЗ); II. Дефектные ПЗ с менее интенсивной окраской; III. ПЗ с небольшим количеством содержимого; IV. Дефектные ПЗ со слабой окраской содержимого; V. Пустые ПЗ. <sup>2</sup> – ГТК за 10 дней до цветения. \* $p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Наибольшее количество ПЗ со слабой окраской содержимого (тип IV) отмечены у растений на цитоплазме А3 (79,1%). При этом, ранжирование типов ЦМС по количеству данных ПЗ можно представить следующим образом: А3 > А6 > А5 и А4. В то время как цитоплазмы А4 и А5 между собой не различались: количество ПЗ типа IV составило 20,9-25,0%. По количеству пустых ПЗ (тип V) выделилась цитоплазма А5 по сравнению с цитоплазмой А3, А4, А6 – 67,7%. Наименьшее количество ПЗ без содержимого выявлено на цитоплазме А3 – 20,3%. Цитоплазмы А4 и А6 между собой не различались: коли-



чество ПЗ типа V составило 32,8-33,0%.

Условия года значимое влияние оказывали на образование фертильных ПЗ, с менее интенсивной окраской содержимого и пустых ПЗ. Так, наибольшее количество нормальных ПЗ (5,4%) формировалось в условиях достаточной влагообеспеченности (ГТК=0,97), тогда как ПЗ с менее интенсивной окраской (14,3%) – острозасушливых; пустые ПЗ – умеренно засушливых.

## 4.2 Отцовские формы

**Зернового сорго.** Согласно проведенной кластеризации на 13 шаге итерации, при которой евклидово расстояние равно 29,11, образцы зернового сорго различались по селекционно-ценным признакам, что подтверждается дисперсионным анализом (рисунок 32, таблица 20). Характеристика каждого образца по 21 признаку отражена в приложении 41.

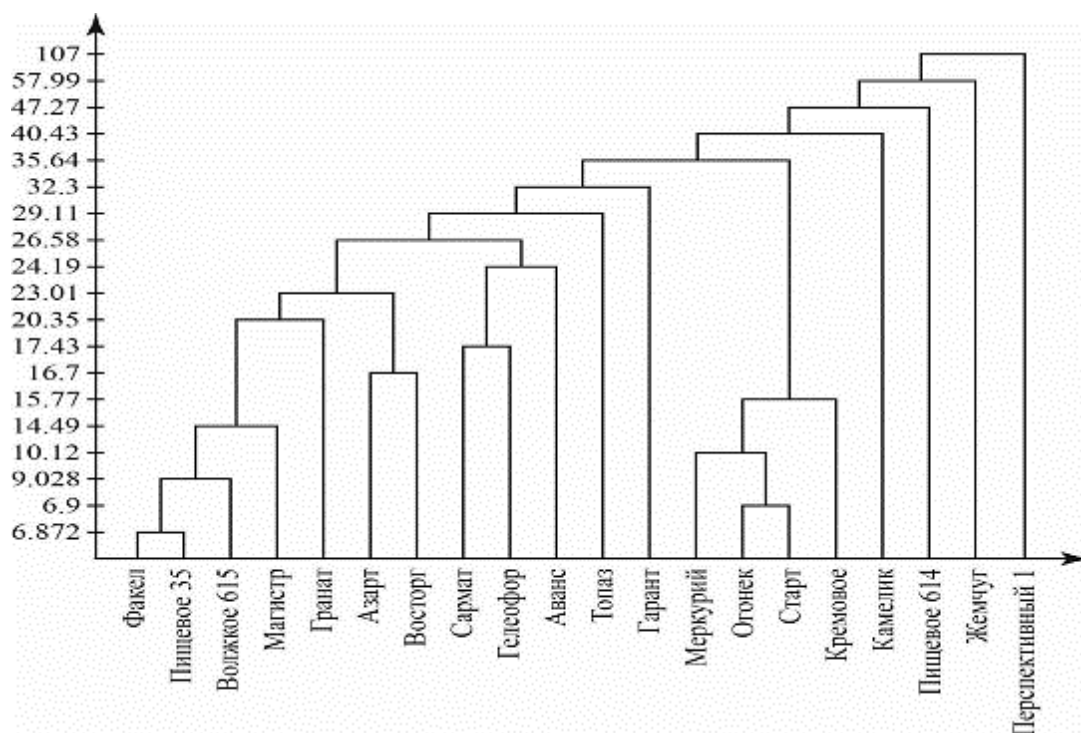


Рисунок 32 – Дендрограмма сходства отцовских форм зернового сорго по комплексу селекционных признаков, среднее за 2015-2017 гг.

В первый кластер включены сорта (Факел, Пищевое 35, Волжское 615, Магистр, Гранат, Азарт, Восторг, Сармат, Гелеофор, Аванс, Топаз) высотой в



Таблица 20 – Оценка опылителей зернового сорго по хозяйственно-ценным признакам в кластерах, среднее за 2015-2017 гг.

Признак	Кластер							F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III	IV	V	VI	VII		
Высота через 30 дней после всходов (см)	53,9	54,3	55,6	58,7	41,0	47,7	70,8	8,01*	6,85
Высота при созревании (см)	130,6	139,5	123,9	112,1	102,0	126,4	115,6	3,23*	17,07
Длина соцветия (см)	22,1	28,7	22,7	20,0	19,6	15,0	15,1	5,33*	4,50
Ширина соцветия (см)	10,7	16,5	15,5	8,1	11,0	8,7	10,3	3,52*	4,85
Выдвинутость ножки соцветия (см)	19,3	18,2	26,4	5,8	20,2	21,1	18,7	5,15*	7,25
Длина наибольшего листа (см)	49,7	58,3	41,8	45,5	45,4	35,2	33,7	9,42*	6,97
Ширина наибольшего листа (см)	5,4	5,4	4,4	5,3	4,9	3,1	3,2	10,76*	0,82
Площадь наибольшего листа (см <sup>2</sup> )	199,4	234,9	136,3	179,9	166,0	81,4	80,4	9,95*	49,61
Длина флагового листа (см)	30,9	30,5	25,5	30,1	33,4	21,7	21,3	4,34*	6,13
Ширина флагового листа (см)	4,2	4,4	3,4	4,5	5,0	2,9	3,1	7,99*	0,68
Площадь флагового листа (см <sup>2</sup> )	95,9	100,1	65,3	101,0	124,6	46,9	49,3	8,93*	25,09
Общая кустистость (шт.)	1,39	1,37	1,93	1,26	1,52	1,22	2,43	6,84*	0,37
Продуктивная кустистость (шт.)	1,38	1,37	1,93	1,25	1,52	1,22	2,43	6,85*	0,38
Масса 1000 зерен (г)	31,2	24,5	25,4	22,4	29,1	30,9	27,9	1,76	ns
Масса зерна с 1 метелки (г)	21,2	24,2	14,7	25,2	23,8	20,1	5,0	4,00*	8,61
Число зерен с одной метелки (шт.)	734,8	997,8	594,3	1119,7	803,7	653,0	220,0	2,82	ns
Урожайность семян (т/га)	4,59	6,13	4,48	5,02	4,09	4,53	3,20	2,48	ns
Урожайность биомассы (т/га)	22,98	25,00	21,12	21,53	12,70	18,90	13,63	1,41	ns
Содержание в зерне протеина (%)	11,68	11,38	11,25	11,21	12,35	14,12	13,42	3,15*	1,52
Содержание в зерне крахмала (%)	74,38	75,45	73,30	74,88	75,13	74,37	73,74	0,45	ns
Содержание в зерне жира (%)	3,93	4,52	4,00	3,09	3,06	3,85	5,97	9,39*	0,67

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . ns – различия не значимы.

пределах 130,6 см, средними параметрами соцветия (длина – 22,1 см, ширина –10,7 см), широким наибольшим листом (5,4 см) и крупным зерном (31,2 г) (рисунок 33).



Рисунок 33 – Образцы зернового сорго (первый кластер)

Второй кластер представлен одним наиболее продуктивным сортом Гарант с урожайностью зерна – 6,13 т/га и биомассы – 25,00 т/га, отличающегося высокорослостью (139,5 см) относительно других групп растений, крупным соцветием (длина – 28,7 см, ширина –16,5 см) и наибольшим листом(длина – 58,3 см, ширина – 5,4 см, площадь – 234,9 см<sup>2</sup>), массой зерна с одной метелки – 24,2 г. Зерно содержит значительное количество жира (4,52%).

Тонкостебельные сортообразцы (Меркурий, Огонек, Старт, Кремное) вошли в третий кластер. Для них характерно высокое содержание до 4,00% жира в зерне и 73,30% крахмала, наибольшая выдвинутость ножки соцветия (26,4 см) и кустистость 1,93 шт. стеблей на одно растение.

Четвертая группа состоит из одного сорта Камелик. У него самая узкая метелка (8,1 см), широкий наибольший лист (5,3 см) и слабая кустистость (общая – 1,26, продуктивная – 1,25), а также высокая озерненность соцветия:

число зерен с одной метелки составило 1119,7 шт.

Самый низкорослый (102,0 см) из данной группы отцовских форм сорт Пищевое 614 относится к пятому кластеру. Кроме этого, он отличается меньшей интенсивностью начального роста (41,0 см) и наибольшими параметрами флагового листа (длина – 33,4 см, ширина – 5,0 см, площадь – 124,6 см<sup>2</sup>), длиной соцветия (23,8 см).

Шестой кластер, включающий сорт Жемчуг, характеризуется высоким содержанием протеина в зерне (14,12%), узким соцветием и листьями (ширина флагового – 2,9 см, наибольшего – 3,1 см), массой 1000 зерен – 30,9 г.

Последний кластер также состоит из одного сорта Перспективный 1, отличающегося от предыдущего кластера более высоким содержанием жира в зерне (5,97%) и интенсивностью стартового роста (70,8 см), небольшим числом зерен в одном соцветии (220,0 шт.), массой зерна с одной метелки (5,0 г) и урожайностью зерна (3,20 т/га).

**Сахарное сорго.** Согласно проведенной кластеризации отцовских форм сахарного сорго их можно сгруппировать в 3 кластера на 9 шаге итерации (евклидово расстояние равно 32,72) (рисунок 34). Различия между кластерами представлены в таблице 21 и подтверждаются дисперсионным анализом.

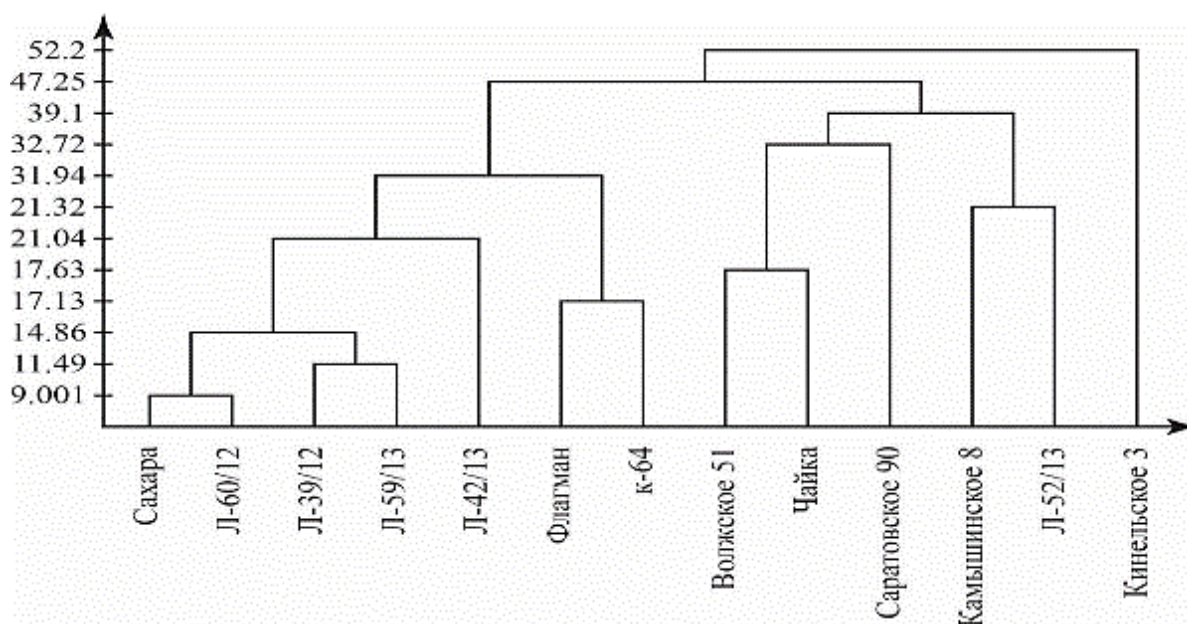


Рисунок 34 – Дендрограмма сходства отцовских форм сахарного сорго по комплексу селекционных признаков, среднее за 2016-2018 гг.

Таблица 21 – Оценка опылителей сахарного сорго по хозяйственно-ценным признакам в кластерах, среднее за 2016-2018 гг.

Признак	Кластер			F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
	I	II	III		
Высота через 30 дней после всходов (см)	55,6	49,5	45,6	4,57*	6,98
Высота при созревании (см)	199,1	183,3	193,3	11,74*	9,22
Длина соцветия (см)	21,5	23,3	21,4	6,15*	1,53
Ширина соцветия (см)	10,3	11,8	13,1	2,24	ns
Длина наибольшего листа (см)	58,5	54,1	55,4	2,16	ns
Ширина наибольшего листа (см)	6,0	5,3	5,6	1,72	ns
Площадь наибольшего листа (см <sup>2</sup> )	260,7	215,0	231,4	2,50	ns
Длина флагового листа (см)	30,3	31,1	41,8	6,60*	4,94
Ширина флагового листа (см)	3,61	3,52	5,3	5,22*	0,85
Площадь флагового листа (см <sup>2</sup> )	81,9	82,1	165,3	11,81*	27,29
Общая кустистость (шт.)	1,24	1,56	1,55	12,23*	0,18
Продуктивная кустистость (шт.)	1,21	1,52	1,49	11,51*	0,19
Масса 1000 зерен (г)	26,0	22,9	23,2	5,38*	2,77
Масса зерна с 1 метелки (г)	22,4	16,7	23,4	4,85*	5,48
Число зерен с одной метелки (шт.)	889,8	719,1	1049,8	3,21	ns
Урожайность семян (т/га)	3,52	3,58	3,91	0,38	ns
Урожайность биомассы (т/га)	21,6	24,29	22,55	4,33*	2,59
Содержание в биомассе протеина (%)	7,19	7,17	7,31	0,01	ns
Содержание в биомассе жира (%)	2,83	2,48	3,05	1,73	ns
Содержание сахаров в соке стебля (%)	17,2	16,1	14,6	1,07	ns

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . ns – различия не значимы.

Первый кластер включает 7 слабокустящихся образцов (Сахара, Л-60/12, Флагман, к-64, Л-39/12, Л-59/13, Л-42/13). Для растений характерен интенсивный стартовый рост (55,6 см), высокорослость (199,1 см), крупные наибольшие листья (длина – 58,5 см, ширина – 6,0 см, площадь – 260,7 см<sup>2</sup>), хорошая озерненность (масса семян с одной метелки 22,4 г), масса 1000 зерен 26,0 г, наибольшее содержание сахаров в соке стебля (17,2%).

Во второй кластер вошли 5 (Волжское 51, Чайка, Саратовское 90, Камышинское 8, Л-52/13) продуктивных образцов (урожайность биомассы 24,29 т/га) с наибольшей кустистостью (общая – 1,56, продуктивная – 1,49). Это невысокие растения (183,3 см) относительно первого кластера с более длинным соцветием (23,3 см). У данной группы самый маленький вес соцветия (16,7 г) и озерненность (719,1 шт.).

Третий кластер представлен одним сортом Кинельское 3. Отличается от двух других кластеров наибольшими параметрами флагового листа (длина – 41,8 см, ширина – 5,3 см, площадь – 165,3 см<sup>2</sup>), массы зерна с одной метелки (23,4 г) и числом зерен с соцветия (1049,8 шт.), урожайностью семян (3,91 т/га), содержанием протеина (7,31%) и жира (3,05%) в биомассе. Образец низкосахаристый: содержание водорастворимых сахаров в соке стебля 14,6%.

Оценка каждого образца по 20 селекционно-ценным признакам представлена в приложении 42.

#### **4.2.1 Реакция сортообразцов сорго на цитоплазматическую мужскую стерильность разных типов**

Селекционная работа с гибридами сорго основывается на скрещиваниях с использованием ЦМС-линий и сортов/линий опылителей. В практической селекции при анализе полученного от скрещиваний потомства важно учитывать уровень фертильности [51]. При выращивании гибридов разных сельскохозяйственных культур, таких как подсолнечник, кукуруза, сорго в полевых условиях учет по признаку «фертильный/стерильный» ведется в основном на основании визуального анализа озерненности соцветий. Восстановление фертильности гибрида, полученного в результате скрещивания ЦМС-линии с фертильной линией-опылителем, происходит в случае введения его генотип функционального гена-восстановителя из генотипа отцовской формы, подавляющего эффекты абберрантного митохондриального генома, связанного с цитоплазматической мужской стерильностью. При восстановлении фертильности гибрида происходит продуцирование нормальной (фертильной) пыльцы и завязывания семян [129]. В этой связи целесообразность изучения реакции сортов и линий опылителей на новые типы ЦМС и проведения цитологического исследования пыльцы ЦМС-линий и гибридов для правильной оценки стерильности и фертильности не вызывает сомнения.

Одним из этапов оценки исходных компонентов скрещиваний является изучение реакции сортообразцов на ЦМС. Определение восстановительной и

закрепительной способности отцовских форм позволяет определить их использование при выведении гибридов (простой, двойной, трехлинейный, линейносортовой) или синтетических популяций. Для создания фертильных гибридов F1 на основе стерильных цитоплазм А1 и А2 в качестве опылителя целесообразно использовать Меркурий, Огонек, Аванс, Волжское 615, Пищевое 35 и Волжское 4; на цитоплазме А4 и 9Е – Волжское 615 (таблица 22).

Таблица 22 – Реакция отцовских форм на ЦМС типов А1, А2, А3, А4, 9Е и М35-1А, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское4
А1 О-Янг 1	R	R	R	R	R	R	R
А2 КВВ 114	R	R	R	В*	R	R*	R
А2 Восторг	R	R	R	В*	R	R	R
А3 Фетерита 14	В	В	В	В	В	В	В
А4 КП70	В	В	В*	В	R	В	В
М35 Пищевое 614	В	В	В	В	В	В	В
9Е Пищевое 614	В	В	В	В*	В *	В*	В*

Примечание: В – закрепитель стерильности; В\* – в отдельные годы встречались полустерильные растения; R – восстановитель фертильности; R\* – частичное восстановление фертильности.

При гибридизации образцов зернового сорго с ЦМС-линиями А3 Фетерита 14 и М35-1А Пищевое 614 восстановителей данных типов стерильности не выявлено. В скрещиваниях с сортом Топаз и Аванс наряду со стерильными растениями в отдельные годы наблюдались полустерильные. Изменчивость по уровню фертильности у гибридов на цитоплазме А2 выявлена нами и ранее. Очевидно, это связано с более высоким уровнем влагообеспеченности в период цветения гибридов, а также гетерогенностью опылителей [282, 299]. При этом, последующее выращивание самоопыленных полустерильных растений показало наличие стерильного потомства [143].

В комбинациях с сортом Волжское 615 на основе 9Е Пищевого 614, а также с сортом Пищевое 35 на основе А2 КВВ 114 отмечены растения с частично восстановленной фертильностью. Очевидно, одной из причин непол-

ного восстановления фертильности, может быть, чувствительность гибридных растений к высокотемпературному стрессу.

Пригодность линий-закрепителей в качестве отцовского родителя для селекции гибридов F1 остается весьма ограниченной.

В следующей схеме гибридизации в качестве материнских форм использовали три изоядерных ЦМС-линии (А3, А4 и 9Е Желтозерное 10) и 18 опылителей зернового сорго (таблица 23).

Таблица 23 – Реакция отцовских форм зернового сорго на ЦМС типов А3, А4 и 9Е, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Тип ЦМС			Сорт, линия	Тип ЦМС		
	А3	А4	9Е		А3	А4	9Е
Перспективный 1	В	Р	Р	Пищевое 35	В	В	В
Огонек	В	В	В	Сармат	В	В	В
Меркурий	В	В	В	Камелик	В	В	В
Старт	В	В	В	Гелеофор	В	В	В
Кремовое	В	В	В	Факел	В	В	В
Азарт	В	В*	В*	Восторг	В	В	В
Аванс	В	В	В	Гарант	В	В	В
Топаз	В	В	В	Л-КСИ 28/13	В	Р	Р
Волжское 615	В	В	В	Пищевое 614	В	В	В

Примечание: В – закрепитель стерильности; В\* – в отдельные годы встречались полустерильные растения; Р – восстановитель фертильности.

Большинство включенных в данную схему опылителей, являются закрепителями стерильности типов А3, А4 и 9Е – Огонек, Меркурий, Старт, Кремовое, Азарт, Аванс, Топаз, Волжское 615, Пищевое 35, Сармат, Камелик, Гелеофор, Факел, Восторг, Гарант, Пищевое 614. Только две отцовских формы восстанавливали фертильность цитоплазм А4 и 9Е – Перспективный 1 и Л-КСИ 28/13, при этом закрепляли стерильность цитоплазмы А3.

В условиях 2017 г. у гибрида А4 и 9Е Желтозерное 10/Азарт образовалось несколько фертильных и полустерильных соцветий. С целью изучения характера наследования восстановления фертильности, в данных цитоплазмах проводился анализ расщепления. В значительном большинстве самоопыленного потомства этих комбинаций во втором поколении преобладали стерильные растения: на цитоплазме А4 – 95,5%, на 9Е – 94,9% от общего количества,

что свидетельствует о включении генов-восстановителей под влиянием факторов внешней среды у гибридов первого поколения (таблица 24).

Таблица 24 – Характер наследования фертильности у гибридов с сортом Азарт, 2017-2018 гг.

Тип ЦМС	Потомство	Год	Число растений, шт.		
			ф	пс	с
А4	F1	2017	3	2	14
	F2 (от пс)	2018	2	–	42
9E	F1	2017		3	11
	F2 (от пс)	2018	1	1	37

Примечание: ф – фертильные, пс – полустерильные и с – стерильные растения.

Подобная реакция сортообразцов зернового сорго и суданской травы селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» на восстановление ЦМС типов А3, А4 9E и М35-1А наблюдалась ранее [282]. Вопрос восстановления фертильности в данных цитоплазмах, характеризующихся нарушением механизма раскрытия пыльника, представляется исключительно интересным с фундаментальной точки зрения и недостаточно изученным. Выявлено, что внешняя среда оказывает значительное влияние на функционирование механизма восстановления фертильности путем изменения характера метилирования ядерных генов, вовлеченных в контроль развития пыльника и пыльцы. MSAP-анализ (*Methylation Sensitive Amplification Polymorphism*) с праймером к транскрипционному регулятору *Mub46*, участвующему, в том числе, в реакции на абиотический стресс (обезвоживание), выявил различия у стерильных гибридов 9E Желтозерное 10/КВВ 263 и мужски-фертильных ревертантов, полученных в условиях высокой влажности: появление нового ампликона  $\approx 280$  п.н. MSAP-анализ с праймером к РНК-транспозону *Tos17*, выполненный на ДНК стерильных и фертильных линий, полученных из гибрида F1 9E Желтозерное 10/КВВ 263 также выявил амплификационный полиморфизм коррелирующий с проявлением ЦМС: выделен фрагмент  $\approx 500$  п.н., амплификация которого наблюдалась у стерильных растений как в *HpaII*- , так и в *MspI*-спектрах, а у фертильных линий он отсутствовал в *MspI*-спектре [384] (рисунок 35).



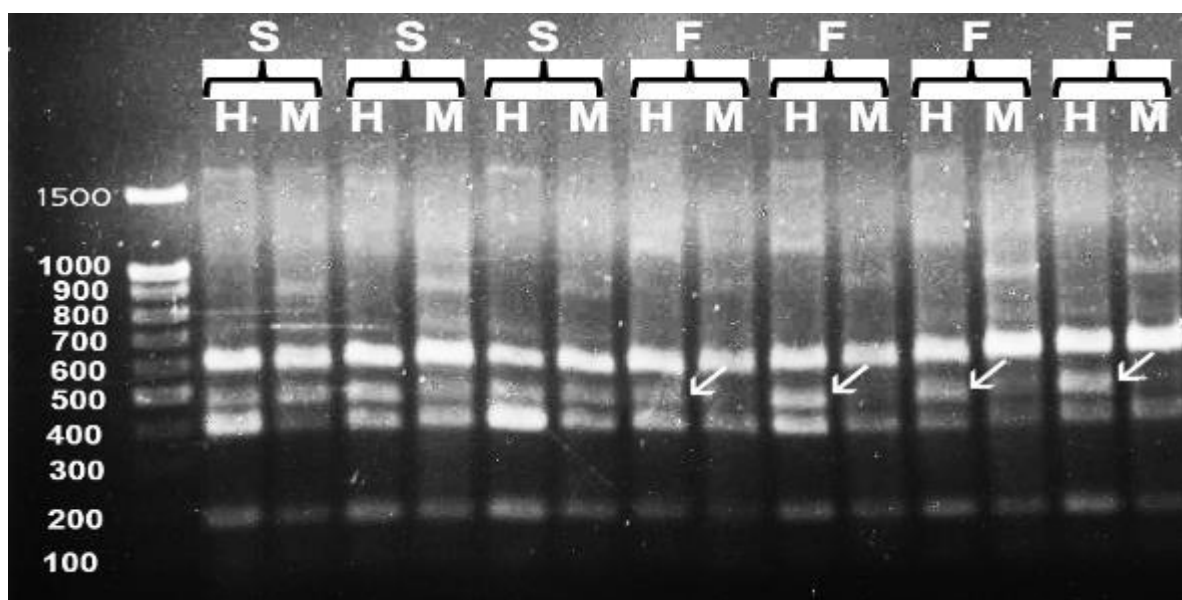


Рисунок 35 – MSAP-профиль стерильных растений (S) из 9Е Желтозерное 10/КВВ 263 и мужски-фертильных ревертантов (F), выделенных из этого гибрида в условиях увлажнения. MSAP-профиль получен с использованием ферментов рестрикции *HpaII* и *MspI* и праймера к РНК-транспозону Tos17. Стрелка указывает на фрагмент, дифференцированно амплифицированный в стерильном и фертильном растении [384].

Эти данные показывают, что в цитоплазме 9Е в условиях засухи гены, регулирующие открывание пыльников и развитие пыльцы возможно находятся в репрессированном состоянии, вызванным метилированием их нуклеотидной последовательности. Полученные результаты важно учитывать в селекции новых восстановителей фертильности ЦМС типа 9Е.

Так, стерильные комбинации зернового сорго целесообразно использовать в качестве исходных компонентов более сложных гибридов или сортов-популяций, а фертильные А4 и 9Е Желтозерное 10/Перспективный 1, А4 и 9Е Желтозерное 10/Л-КСИ 28/13 представляют интерес в селекции коммерческих гибридов. Восстановитель фертильности цитоплазм А4 и 9Е линия Л-КСИ 28/13 была подвергнута более тщательному изучению по проявлению селекционных признаков в сравнении с действующими стандартами. На ее основе создан сорт Магистр и внесен в Государственный реестр селекционных дости-

жений с 2019 г. (код сорта 8356026). Описание представлено в разделе 4.2.3.

Изучение реакции образцов сахарного сорго на стерильные цитоплазмы типов А3, А4 и 9Е выявило только закрепителей стерильности (таблица 25).

Таблица 25 – Реакция отцовских форм сахарного сорго на ЦМС типов А3, А4 и 9Е, среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Тип ЦМС			Сорт, линия	Тип ЦМС		
	А3	А4	9Е		А3	А4	9Е
Волжское 51	В	В	В	Л-60/12	В	В	В
Флагман	В	В	В	Л-39/12	В	В	В
Чайка	В	В	В	Л-42/13	В	В	В
Сахара	В	В	В	Л-59/13	В	В	В
Саратовское 90	В	В	В	Л-52/13	В	В	В
Камышинское 8	В	В	В	к-64	В	В	В
Кинельское 3	В	В	В				

Примечание: В – закрепитель стерильности.

Интересен тот факт, что восстановление фертильности на цитоплазме А3 происходит достаточно редко [282, 418, 553, 578, 604], что сдерживает ее использование в селекции фертильных гибридов сорго. Среди сельскохозяйственных культур известны стерильные цитоплазмы с низкой частотой встречаемости восстановителей фертильности, например у озимой ржи цитоплазма Р-типа [61]. Выявленные закрепители стерильности целесообразны для создания новых ЦМС-линий [435]. На основе линии Л-60/12, закрепляющей стерильность типов А3, А4, 9Е создан сорт сахарного сорго Изольда, внесенный в Государственный реестр селекционных достижений с 2024 г. (код 7853164). Описание представлено в разделе 4.2.3.

Отсутствие фертильных гибридов F1 в этой схеме скрещиваний определило их направление использования. Такие гибриды целесообразны для включения в зеленый конвейер в качестве корма сельскохозяйственным животным, а также в перерабатывающей промышленности по производству сахаросодержащих продуктов и биотоплива, где восстановление фертильности не является актуальным для формирования продуктивности семян. Ранее было отмечено, что проведение агробιοлогического приема – пинцировки (удаление соцветий)

тия) – у сортов сахарного сорго способствовало повышению водорастворимых сахаров в соке главного стебля до 21,6-26,5% [158]. К аналогичным выводам пришли и иностранные исследователи, обнаруживающие увеличение урожайности биомассы и выхода общего количества сахаров [575]. Выращивание стерильных гибридов позволит снизить затраты на пинцировку и повысить сбор сахаров с единицы площади за счет сокращения оттока ассимилянтов к соцветию на формирование зерна и направление их в сторону запасующего органа – стебля. Исследования показали, что отсутствие зерна может значительно увеличить накопление сахара в стеблях за счет снижения перераспределения ассимилянтов [430]. Кроме того, стерильные гибриды возможно использовать в качестве исходного материала силосных синтетических сортов.

Оценка восстановительной способности сортов и линий, участвующих в скрещиваниях с изоядерными линиями с геномом Карлика 4в на разных типах ЦМС показала, что все образцы являются восстановителями фертильности стерильных цитоплазм А1 и А5, за исключением линии Восторг. Анализ озерненности гибридов А1 Карлик 4в/Восторг, А5 Карлик 4в/Восторг выявил полустерильные и стерильные соцветия (приложение 43). В дальнейшем, данный образец можно использовать для создания стерильного аналога ЦМС типов А1, А5. Кроме того, в комбинации А5 Карлик 4в/Волжское 615 наблюдалось частичное восстановление фертильности. Ранее, сравнение образца Л-2009-2014, восстанавливающего фертильность цитоплазм А1 и А5, по основным селекционно-ценным признакам с действующими стандартами позволило создать сорт Гранат, описание которого представлено в разделе 4.2.3. Данный сорт зарегистрирован и внесен в Государственный реестр селекционных достижений с 2016 г. (код сорта 8558138).

Восстановителями фертильности цитоплазмы А2 являются следующие сорта и линии – Меркурий, Огонек, Аванс, Волжское 615, Гелеофор. Среди 9 включенных в скрещивания образцов, выделен один стабильный закрепитель стерильности типа А2 – сорт Гранат. Все сорта и линии данной схемы гибридизации оказались закрепителями стерильности типа А3. Сорта Волжское 615

и Гелеофор проявили способность к восстановлению фертильности гибридов F1 на основе А4 Карлик 4в; тогда как Меркурий, Кремовое, Восторг, Гранат закрепляли этот тип цитоплазмы. Анализ гибридов на основе цитоплазмы А6 показал, что полное восстановление фертильности наблюдалось в комбинациях с Меркурием, Огоньком, Авансом, Гелеофором. В скрещиваниях с сортом Кремовое и линией Восторг отмечено закрепление стерильности типа А6. Ранее, сравнение образца Л-616, восстанавливающую фертильность цитоплазм А1, А2, А4, А5, А6 по основным селекционным признакам с действующими стандартами позволило создать сорт Гелеофор, описание которого представлено в разделе 4.2.3. Данный сорт зарегистрирован и внесен в Государственный реестр охраняемых селекционных достижений с 2018 г.

Очевидно, ядерный геном ЦМС-линии сорго оказывает влияние на восстановительную или закрепительную способность цитоплазмы А4. В скрещиваниях сорта Огонек с ЦМС-линией А4 КП 70 отмечена закрепительная способность, тогда как с А4 Карлик 4в – восстановительная. При гибридизации А4 Желтозерного 10 и сорта Гелеофор опылитель проявил себя как закрепитель стерильности типа А4, в то время как с ЦМС-линией А4 Карлик 4в – восстановитель. Аналогичная реакция образцов зернового сорго на А4 и 9Е тип стерильной цитоплазмы в скрещиваниях с разными ЦМС-линиями наблюдался и ранее [132].

#### **4.2.2 Выявление молекулярных маркеров гена-восстановителя фертильности ЦМС типа 9Е у использованных в скрещиваниях отцовских форм**

Для ускорения выведения продуктивных гибридов сорго с восстановленной фертильностью целесообразным является идентификация генов-восстановителей, в том числе и *Rf-9E*. Ранее Л.А. Элькониным с коллегами были проведены исследования по выявлению и подбору SSR-маркеров, ассоциированных с генами *Rf-9E*, у растений популяции BC1[(9Е Пищевое 614 × 84/19) × Пищевое 614]. Исследование показало, что SSR-маркеры sam60498 (последовательность (ta)<sub>28</sub>) – физическая позиция маркера 23911554-23913675 и

sam37585 (последовательность  $(ta)_{28}$ ) – физическая позиция маркера 33055782 – 33056867, локализованные на 2 хромосоме, ассоциированы с восстановлением мужской фертильности на цитоплазме 9E [297, 462].

Нами проводился поиск новых восстановителей фертильности цитоплазмы 9E на основе ПЦР-анализа с праймерами к одному из выявленных SSR-маркеров – sam60498 и другому SSR-маркеру – sam26858a (последовательность  $(ttc)_{10}$ ), также ассоциированному с восстановлением мужской фертильности в цитоплазме 9E и локализованному в непосредственной близости (физическая позиция маркера sam26858a – 23369429-23371194 [462]). Результаты ПЦР-анализа отражены на рисунке 36.

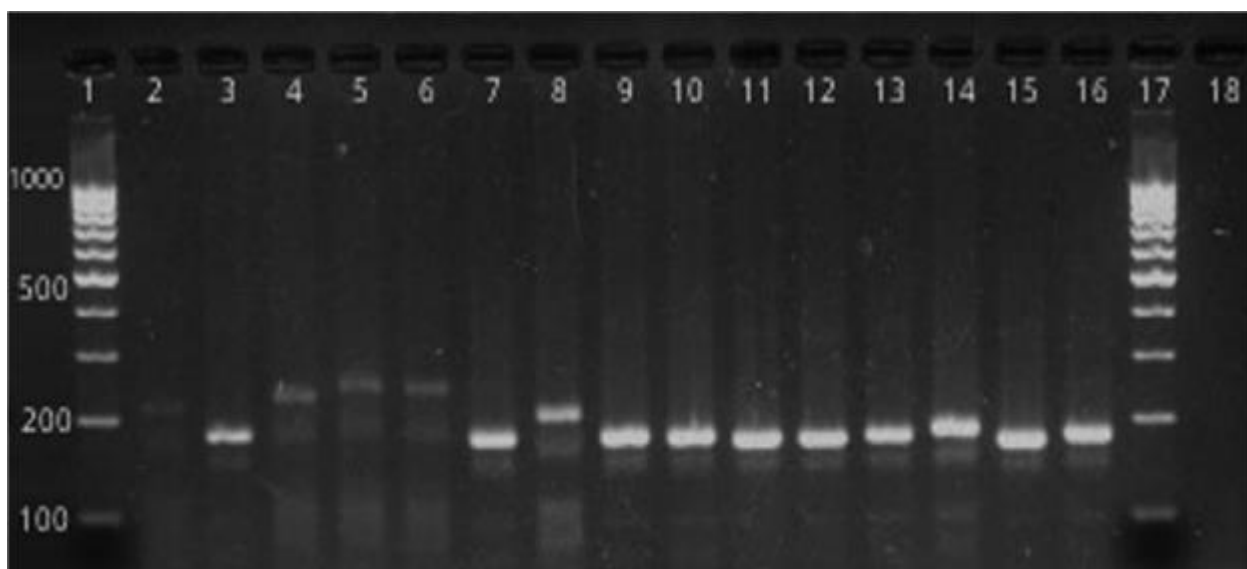


Рисунок 36 – Электрофореграмма результата амплификации SSR-маркера sam60498 у растений следующих образцов: 1, 17 – Маркер ДНК; 2 – Донор *Rf* (22/21 140/23 гр) (*Rf-9E/Rf-9E*); 3 – 9E Пищевое 614 (*rf-9E/rf-9E*); 4 – Перспективный 1; 5 – Л-КСИ 28/13; 6 – Азарт; 7 – Камелик; 8 – Огонек; 9 – Волжское 615; 10 – Флагман; 11 – Л-60/12; 12 – Л-39/12; 13 – Л-52/13; 14 – Топаз; 15 – 9E Топаз; 16 – Триггер; 18 – Отрицательный контроль (нет ДНК)

ПЦР-анализ с использованием праймеров к маркеру sam60498 показал наличие ампликона размером 180 п.н. у образцов-закрепителей: Камелик (трек 7), Волжское 615 (трек 9), Флагман (трек 10), Л-60/12 (трек 11), Л-39/12 (трек

12), Л-52/13 (трек 13), Топаз (трек 14), Триггер (трек 16), характерного для материнской ЦМС-линии, тогда как у образца Перспективный 1 (трек 4) размер ампликона составлял  $\approx 230-240$  п.н., у Л-КСИ 28/13 (трек 5) и Азарт (трек 6)  $\approx 250-260$  п.н., а у сорта Огонек (трек 8) соответствовал размеру ампликона у фертильного донора генов *Rf-9E* (217-220 п.н.).

Во втором опыте для идентификации гена *Rf-9E* использовали молекулярный маркер sam26858a добавив к основному набору образцов еще два гибрида F1 на цитоплазме 9E. ПЦР-анализ с использованием праймеров к маркеру sam26858a показал наличие ампликона размером 145 п.н. у образцов, закрепляющих стерильность данной цитоплазмы – сорта Камелик (трек 7), Волжское 615 (трек 9), Флагман (трек 10), Топаз (трек 14), Триггер (трек 16) и селекционные линии Л-60/12 (трек 11), Л-39/12 (трек 12), Л-52/13 (трек 13), характерного для ЦМС-линии (рисунок 37).

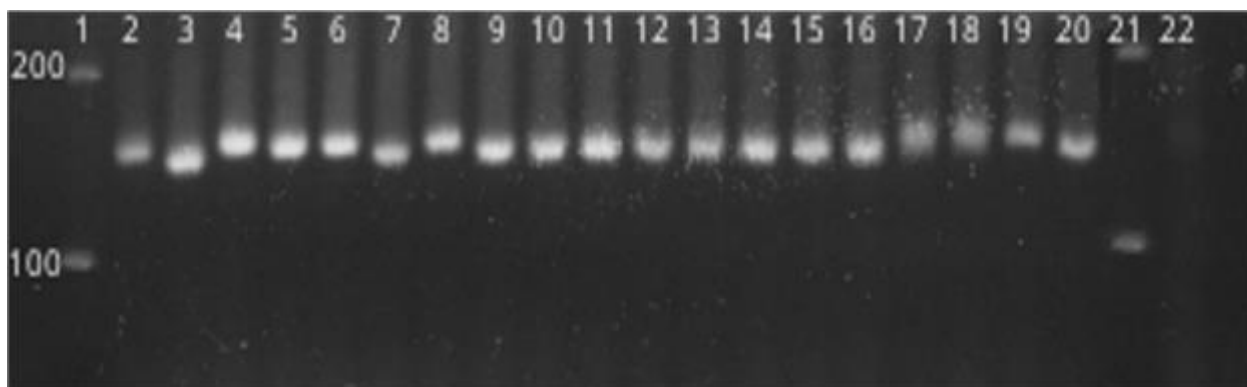


Рисунок 37 – Электрофореграмма результата амплификации SSR-маркера sam26858a у растений следующих образцов: 1, 21 – Маркер ДНК; 2, 19 – Донор *Rf* (22/21 140/23 гр) (*Rf-9E/Rf-9E*); 3, 20 – 9E Пищевое 614 (*rf-9E/rf-9E*); 4 – Перспективный 1; 5 – Л-КСИ 28/13; 6 – Азарт; 7 – Камелик; 8 – Огонек; 9 – Волжское 615; 10 – Флагман; 11 – Л-60/12; 12 – Л-39/12; 13 – Л-52/13; 14 – Топаз; 15 – 9E Топаз; 16 – Триггер; 17 – F1 282/6; 18 – F1 340/3; 22 – Отрицательный контроль (нет ДНК)

У сортов Перспективный 1 (трек 4), Азарт (трек 6), Огонек (трек 8) и Л-КСИ 28/13 (трек 5), а также гибридов F1 282/6 (трек 17), F1 340/3 (трек 18)

размер ампликона составлял  $\approx 150-160$  п.н. и соответствовал размеру ампликона у фертильного донора гена *Rf-9E*.

Учитывая ранее проведенную диагностику (раздел 4.2.1), в соответствии с которой сорт Перспективный 1 и линия Л-28/13 являются восстановителями цитоплазмы 9E, а сорта Камелик, Волжское 615, Флагман, Топаз и селекционные линии Л-60/12, Л-39/12, Л-52/13 закрепителями стерильности, то вполне очевидно, что использованный маркер sam26858a оказывается весьма эффективным для выявления линий-восстановителей ЦМС 9E и может использоваться в селекции. Кроме того, амплификация обоих маркеров у растений сорта Азарт показала наличие генов-восстановителей (*Rf-9E*). Исследования, основанные на диагностике гибридов первого и второго поколения с данным опылителем, показали нестабильную работу генов-восстановителей в зависимости от факторов внешней среды (раздел 4.2.1).

Расположение генов-восстановителей ЦМС типа 9E в области гетерохроматина может объяснить проявление восстановления мужской фертильности в условиях увлажнения, так как известно, что один из главных факторов репрограммирования хроматина – это стресс, вызванный засухой. Возможно, что в период засухи гетерохроматин распространяется на соседние области ДНК, что приводит к снижению транскрипционной и функциональной активности генов-восстановителей, находящихся в этих областях [297, 408].

#### **4.2.3 Пыльца гибридов F1 в зависимости от восстановительной способности сортообразцов в разных стерильных цитоплазмах**

Скрининг изоядерных гибридов сорго на основе А1, А2, А3, А4, А5, А6 типов ЦМС-индуцирующих цитоплазм проводился в 2017 г. Ранее полиморфизм дефектных пыльцевых зерен наблюдался нами у гибридов на цитоплазмах А2, А3, А4 и 9E [132]. Анализ пыльцы гибридов F1 выявил различия между фертильными, полужерильными, полустерильными и стерильными растениями по количеству нормальных пыльцевых зерен (тип I). Так, у полустерильных растений содержание ПЗ типа I варьировало с интервале 25,4-

44,4% (в комбинациях с сортами Жемчуг, Аванс, Кремовое и линией Восторг); полуфертильных – 50,0% (в комбинациях с сортом Жемчуг); фертильных – 33,3-98,1%. У фертильных растений в комбинациях с Меркурием на основе цитоплазм А1 и А2, а также с Огоньком на основе цитоплазмы А4 наблюдался небольшой процент нормальных ПЗ – 33,3-36,7% (приложение 44).

Вариабельность нормальных ПЗ у гибридов на разных стерильных цитоплазмах отмечена была и ранее: в пыльце фертильных гибридов на цитоплазме А2 количество нормальных ПЗ изменялось в интервале 43-94%, цитоплазме А3 – 41-93%, цитоплазме А4 – 43-72% [553]. Индийские исследователи обнаружили у гибридов сорго зависимость количества фертильной пыльцы от гидротермических условий возделывания [521]. Возможно, снижение процента нормальных ПЗ в отдельных гибридных комбинациях в данном случае связано с реакцией на стрессовые условия в период цветения. Цитологические исследования, проведенные на гибридах подсолнечника, выращенных в разных климатических зонах, показали разный уровень фертильности пыльцы [130]. Рассматривая количество нормальных ПЗ у гибридов по типам ЦМС выявлено, что размах изменчивости составил: на цитоплазме А1 – 33,3-95,5%; цитоплазме А2 – 33,4-75,7%; цитоплазме А4 – 36,7-76,3%; цитоплазме А5 – 58,2-97,6%; цитоплазме А6 – 78,2-98,1% (приложение 44).

По количеству ПЗ с менее интенсивной окраской (тип II) различия между фертильными и частично восстановленными растениями отмечены не в каждой комбинации, а только с сортом Гелеофор, Гранат, Огонек, Аванс, Кремовое и линией Меркурий. Их количество варьировало у фертильных растений в интервале от 1,1% до 28,1%; полустерильных – 20,7-26,2%; стерильных – 2,0-40,8%. В основном, таких ПЗ в фертильных растениях гибридов содержится меньше. Исключение составили гибриды А2 и А1 Карлик 4в/Меркурий, у которых количество ПЗ этого типа – 26,1-28,1%.

Различия ПЗ у гибридов на основе разных типов стерильных цитоплазм по типу III, т.е. с небольшим количеством содержимого установлены в комбинациях с сортами Жемчуг, Гранат, Огонек, Аванс, Кремовое и линией Мерку-



рий. У фертильных растений такие ПЗ встречались редко – 0,1-0,8%. Исключение составил гибрид А2 Карлик 4в/Гелеофор с содержанием до 7,7%. Однако, различия между растениями в данной комбинации отсутствовали. У полуфертильных растений количество ПЗ типа III составило 4,0%; полустерильных – 0,7-7,7%; стерильных – 1,0-14,4%. Более высокое содержание ПЗ этого типа наблюдалось у гибридов на цитоплазме А4.

По содержанию ПЗ со слабой окраской содержимого между стерильными и фертильными растениями отмечены значимые различия в каждой комбинации скрещиваний. Так, их доля в пыльце фертильных растений составила – 0,8-32,1%. Наибольшее количество ПЗ типа IV встречалось у гибридов с линией Меркурий на цитоплазме А1 – 32,1%, цитоплазме А2 – 31,3%; с сортом Огонек на цитоплазме А4 – 27,7%; с сортом Кремовое на цитоплазме А5 – 19,3%. У полуфертильных растений ПЗ типа IV составили 15,3%; полустерильных – 12,6-34,3%; стерильных – 27,1-96,9%. Наибольший процент ПЗ этого типа наблюдался у гибридов на цитоплазме А3.

Пустые ПЗ (тип V) варьировали от 0,9% до 41,2%. При этом, у стерильных растений их количество составило от 2,0 до 41,2%; полустерильных – 18,7-32,1%; полуфертильных – 14,1% и фертильных – 0,9-19,3%. В литературе встречаются сведения о том, что у стерильных растений сорго количество пустых ПЗ от 50% [452].

#### **4.2.4 Описание селекционных достижений**

В результате многолетней и разнонаправленной селекционной работы автор принимал участие в создании исходного материала. Результатом данной деятельности стали 3 сорта зернового сорго и 1 сорт сахарного сорго, участвующие в скрещиваниях в качестве отцовских форм.

*Сорт Гелеофор* получен методом гибридизации от свободного переопыления простых гибридов (ПЗС-57×ПЗС-413), (ПЗС-106×ПЗС-102), (ПЗС-321×ПЗС-98), (ПЗС-325×ПЗС-64) в 2014 г. (приложение 45). Продолжительность периода от всходов до полной спелости зерна – 93-98 дней. Средняя уро-

жайность зерна 4,41-5,53 т/га, биомассы – 17,70-19,25 т/га. Высота растения – 128-135 см. Масса 1000 зёрен – 31,8-32,9 г, а с одной метелки – 27,6-29,5 г. В зерне содержится 12,9-13,3% протеина и 69,8-70,1 % крахмала. Характеризуется кремнистым эндоспермом зерна. Ломкость и полегаемость стебля отсутствует. Засухоустойчивость – 5 баллов. Холодостойкость – 4-5 баллов. Устойчив к пыльной и твердой головне, красному бактериозу. Повреждаемость злаковой тлей – 0 баллов. Способ посева широкорядный с междурядьем 70 см и густотой стояния растений 100-120 тыс./га.

**Сорт Гранат** (Патент № 9245 от 30.08.2017 г.). Авторами сорта являются: Г.И. Костина, В.С. Горбунов, В.И. Жужукин, Д.С. Семин, И.Г. Ефремова, С.В. Лящева, А.Ю. Гаршин, О.П. Кибальник, С.С. Куколева (приложение 45). Оригинатор – ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы. Включен в Госреестр по Уральскому региону с 2016 г. Раннеспелый, может использоваться на зернофураж, сенаж, монокорм. Продолжительность периода от всходов до полной спелости зерна – 93-95 дней. Урожайность зерна 4,9-6,1 т/га, зелёной массы – 19,3-25,8 т/га. Высота растения – 118-122 см. Масса 1000 зёрен – 31,2 г, с одной метелки – 28,8 г. Содержание в зерне: протеина – 12,5-14,4%, крахмала – 70,3-73,1%. Засухоустойчивость – 5 баллов. Холодостойкость – 4-5 баллов. Устойчив к основным болезням и вредителям. Способ посева широкорядный с междурядьем 70 и 45 см. Оптимальная густота стояния растений 100-120 тыс./га и 250-350 тыс./га, соответственно.

**Сорт Магистр**. Авторы: Д.С. Семин, О.П. Кибальник, В.С. Горбунов, В.И. Жужукин, С.С. Куколева, В.И. Старчак. На селекционное достижение получен патент №11169 от 03.07.2020 г., оригинатором является ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы (приложение 46). Включен в Госреестр по Средневолжскому и Уральскому регионам с 2019 г. Пригоден на продовольственные цели, зернофураж, силос, сенаж и монокорм. Сорт получен методом гибридизации от свободного переопыления гомозиготных линий (МР-56/16, МР-57/16, МР-

58/16, МР-104/16, МР-111/16, МР-277/16, МР-292/16, МР-301/16). Период от всходов до молочно-восковой спелости – 77-82 дня, полной спелости зерна – 92-94 дня. Средняя урожайность зерна 2,9-3,3 т/га, биомассы – 24,9-35,5 т/га. Высота растения – 120-129 см. Характеризуется крупным соцветием. Масса 1000 зёрен – 41,4 г. Масса зерна с одной метелки составляет 74,7 г. В зерне содержится 10,9-11,7% протеина и 71,8-72,3% крахмала. Ломкость и полегаетость стебля не выявлена. Засухоустойчив. Холодостойкость – 4-5 баллов. Поражаемость пыльной и твердой головней, красным бактериозом – 0%. Не повреждается злаковой тлей. Способ посева широкорядный с междурядьем 45 или 70 см. Оптимальная густота стояния растений 100-250 тыс./га.

**Сорт Изольда.** История выведения: отбор проведён из гибридной популяции от свободного переопыления сахарного сорго О-Сахара с сортообразцами сахарного сорго коллекции ВИР. Авторы сорта: Д.С. Семин, О.П. Кибальник, И.Г. Ефремова, К.С. Кондаков, Ю.В. Бочкарева, С.С. Куколева, В.И. Старчак, Д.А. Степанченко (приложение 46). Урожай спелого зерна от 3,40 до 5,80 т/га. Урожай всей биомассы – 33,12-40,00 т/га. Масса 1000 семян достигает 28,9 г. Сорт предназначен для использования на зелёный корм, сенаж и силос. В стеблях содержится 16,7-19,1% сахаров. Зеленая масса к моменту уборки содержит 70-80% воды, 3,4-4,8% белка, 0,7-0,9% жира, 10-18% сахаров, 5-7% клетчатки. Продолжительность периода от всходов до вымётывания метёлки – 54-58 дней, молочно-восковой спелости зерна – 90-94 дней, полной спелости зерна – 105-111 дня. Высота растения – 177-202 см. Зерно полупленчатое. Ломкость стебля – 0 баллов. Полегаетость – 0%. Засухоустойчивость – 5 баллов. Холодостойкость – 4 балла. Поражаемость пыльной головней – 0%; твердой головней – 0%; красным бактериозом – 0 балл. Повреждаемость злаковой тлей – 0 баллов. Технология выращивания предусматривает посев широкорядным способом с междурядьем 70 и 45 см. Для получения оптимальной густоты стояния рекомендуется высевать 100-250 тыс. раст./га и 150-300 тыс. раст./га, соответственно. Допущен к использованию на территории РФ по Центрально-чернозёмному и Уральскому регионам с 2024 г.

## Заключение по главе 4

Кластеризация генетических коллекций стерильных линий с разными типами ЦМС и образцов-опылителей сорго послужила основой для подбора родительских компонентов в программу скрещиваний с целью:

– выведения высокопродуктивных гибридов разного направления использования в скрещивания с образцами зернового сорго привлечены материнские формы (А2 Тамара, А1 О-Янг 1, А2 Восторг, А2 КВВ 114, А4 КП 70, М35-1А Пищевое 614, 9Е Пищевое 614, А3 Фетерита 14) из кластеров с различным евклидовым расстоянием между ними и отличающиеся комплексом хозяйственно-полезных признаков;

– изучения влияния типа ЦМС на комбинационную способность изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС и с геномом Карлика 4в на основе А1, А2, А3, А4, А5 и А6 типов ЦМС по селекционно-ценным признакам в схемах гибридизации сорго (1) зерновое × зерновое; (2) зерновое × сахарное.

Выявлены восстановители фертильности разных типов ЦМС у сорго: сорта и линии Меркурий, Огонек, Аванс, Топаз, Волжское 615, Пищевое 35, Волжское 4 – цитоплазмы А1; сорта и линии Меркурий, Огонек, Аванс, Волжское 615, Гелеофор, Волжское 4 – цитоплазмы А2; сорта Волжское 615, Перспективный 1, Гелеофор и Л-КСИ 28/13 – цитоплазмы А4; сорта и линии Жемчуг, Меркурий, Огонек, Аванс, Кремовое, Гелеофор, Гранат – цитоплазмы А5; сорта и линии Меркурий, Огонек, Аванс, Кремовое, Гелеофор – цитоплазмы А6; сорт Перспективный 1 и линия Л-КСИ 28/13 – цитоплазмы 9Е.

Среди включенных в скрещивания образцов выделены закрепители стерильности: типа А2 – сорт Гранат; типа А3 – зерновое сорго: Жемчуг, Меркурий, Огонек, Аванс, Кремовое, Волжское 615, Восторг, Гелеофор, Гранат, Волжское 4, Перспективный 1, Старт, Азарт, Топаз, Пищевое 35, Сармат, Камелик, Факел, Пищевое 614, Л-КСИ 28/13 и сахарное сорго: Волжское 51, Флагман, Чайка, Сахара, Саратовское 90, Камышинское 8, Кинельское 3, Л-

60/12, Л-39/12, Л-42/13, Л-59/13, Л-52/13, к-64; типа А4 – зерновое сорго: Меркурий, Кремовое, Восторг, Гранат, Огонек, Старт, Топаз, Пищевое 35, Сармат, Камелик, Факел, Гарант, Пищевое 614 и сахарное сорго: Волжское 51, Флагман, Чайка, Сахара, Саратовское 90, Камышинское 8, Кинельское 3, Л-60/12, Л-39/12, Л-42/13, Л-59/13, Л-52/13, к-64; типа А6 – Кремовое, Восторг; типа 9Е – зерновое сорго: Огонек, Меркурий, Старт, Кремовое, Аванс, Топаз, Волжское 615, Пищевое 35, Сармат, Камелик, Гелеофор, Факел, Восторг, Гарант, Пищевое 614 и сахарное сорго: Волжское 51, Флагман, Чайка, Сахара, Саратовское 90, Камышинское 8, Кинельское 3, Л-60/12, Л-39/12, Л-42/13, Л-59/13, Л-52/13, к-64; типа М35-1А – Меркурий, Огонек, Аванс, Топаз, Волжское 615, Пищевое 35, Волжское 4.

С помощью молекулярного SSR-маркера sam26858a, ассоциированного с генами *Rf-9E*, идентифицированы 4 восстановителя фертильности цитоплазмы 9Е.

Условия года оказывали значимое влияние на образование нормальных и дефектных ПЗ в пыльце ЦМС-линий с цитоплазмами А3, А4, А5, А6, 9Е: выпадение осадков перед цветением способствовало формированию нормальных (5,4-10,9%), а их отсутствие – увеличению дефектных ПЗ. Однако, растения оставались стерильными. Наибольшее количество ПЗ со слабой окраской содержимого выявлено на цитоплазмах А3 и А6 (62,0-79,1%), а наименьшее на цитоплазмах А4, А5, 9Е (12,7-20,9%). Высокое содержание пустых ПЗ отмечено на цитоплазме А5 (67,7%).

Более высокий процент дефектных пыльцевых зерен наблюдался у фертильных гибридов на основе цитоплазм А2 и А4. Очевидно, что гены, восстанавливающие фертильность у гибридов с ЦМС типов А2 и А4 не полностью нормализуют процессы микроспорогенеза и микрогаметогенеза.

В период диссертационных исследований автором получены патенты на сорта сорго (Гранат, Гелеофор, Магистр, Изольда), участвующих в гибридизации в качестве отцовской формы.

## **ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ТИПОВ СТЕРИЛЬНЫХ ЦИТОПЛАЗМ НА ПРОЯВЛЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У ГИБРИДОВ СОРГО**

### **5.1 Эффекты стерильных цитоплазм на комбинационную способность изоядерных ЦМС-линий**

Влияние стерильных цитоплазм на комбинационную способность изоядерных ЦМС-линий по селекционно-ценным признакам у высших растений изучено недостаточно. Немногочисленные сведения о цитоплазматических эффектах на комбинационную способность линий, различающихся только типом стерильной цитоплазмы, представлены у риса [611], африканского проса [348], сорго [519, 530, 531, 602], подсолнечника [582]. Причем, у сорго опубликованы результаты цитоплазматических эффектов всего пяти хозяйственных признаков – межфазный период «всходы-цветение», высота растений при созревании, масса 100 зерен и с одной метелки, урожайность зерна.

#### **5.1.1 Гибриды с ЦМС-линиями А3, А4, 9Е Желтозерного 10**

Изоядерные ЦМС-линии на основе А3, А4 и 9Е типов цитоплазм впервые используются в скрещиваниях с опылителями зернового и сахарного сорго для оценки цитоплазматических эффектов на комбинационную способность. Схема скрещиваний включала 93 гибрида F1, три материнских линии и 31 отцовскую форму.

#### *Гибриды с образцами зернового сорго*

**Влияние типов стерильных цитоплазм на проявление селекционных признаков фертильных гибридов F1.** Для определения влияния типа стерильной цитоплазмы на элементы семенной продуктивности и качества зерна проанализированы 4 фертильных гибрида на А4, 9Е типах ЦМС и 2 гибрида на А3 типе ЦМС с Перспективным 1 и Л-КСИ 28/13, озерненных от свободного опыления в течение 2015-2017 гг. Проведен расчет методом трехфакторного дисперсионного анализа (фактор А – тип ЦМС, фактор В – опылитель, фактор С – условия года). Установлено, что тип стерильной цитоплазмы и

опылитель в среднем за три года не оказывали значимого влияния на урожайность зерна. Урожайность гибридов на цитоплазме А3 составила 3,36 т/га, а на цитоплазмах А4 и 9Е – 3,80-3,85 т/га. Гибриды с сортом Перспективный 1 формировали 3,92 т/га зерна, а с линией Л-КСИ 28/13 – 3,42 т/га (рисунок 38).



Рисунок 38 – Общий вид гибридов с сортом Перспективный 1 (а) и линией Л-КСИ 28/13 (б), 2016 г.

Достоверно влиял на продуктивность только фактор «условия года»: в более влажный 2017 г. урожайность в среднем по гибридам составила 5,29 т/га, тогда как в засушливые – 2,79-2,93 т/га (таблица 26). Для фактора в общей изменчивости признака составила 38,7% (рисунок 39).

Все изучаемые факторы влияли на массу 1000 зерен гибридов F1. Так, в среднем за 2015-2017 гг. гибриды на цитоплазме А3 характеризовались большей крупностью семян (31,9 г) в сравнении с гибридами на цитоплазмах А4 и 9Е (29,8 г). Вклад фактора «тип ЦМС» на влияние признака составил 4,9% (ри-

Таблица 26 – Влияние стерильной цитоплазмы (А3, А4, 9Е) и условий года на урожайность и качество зерна гибридов зернового сорго на основе ЦМС-линий Желтозерного 10, 2015-2017 гг.

Тип ЦМС	Сорт, линия	Год	Урожайность зерна, т/га	Масса 1000 зерен, г	Число зерен, шт.	Содержание в зерне, %	
						протеин	жир
А3	П1	2015	2,30 abc	36,9 j	481,0 a	13,25 k	4,15 a-h
		2016	3,52 a-e	32,1 e-j	786,7 a-e	10,26 b-e	4,41 c-h
		2017	4,21 a-e	36,3 hij	1035,3 def	11,39 e-j	5,01 h
	Л-КСИ 28/13	2015	2,10 ab	26,5 abc	433,6 a	12,73 g-k	4,32 b-h
		2016	1,90 a	23,1 a	533,0 abc	12,83 jk	3,50 abc
		2017	6,13 de	36,4 ij	1376,7 fg	12,26 f-k	4,53 d-h
<b>Среднее по А3</b>			<b>3,36</b>	<b>31,9</b>	<b>774,4</b>	<b>12,12</b>	<b>4,32</b>
А4	П1	2015	4,60 a-e	33,0 f-j	773,0 a-e	11,15 ef	4,39 c-h
		2016	3,63 a-e	29,7 b-g	991,6 b-f	7,90 a	3,66 a-d
		2017	5,34 cde	31,8 d-i	875,7 a-e	10,50 cde	4,79 fgh
	Л-КСИ 28/13	2015	2,76 abc	28,0 a-f	690,7 a-e	12,74 h-k	3,94 a-f
		2016	2,23 ab	25,4 ab	465,3 a	11,40 e-j	3,20 a
		2017	4,52 a-e	31,0 c-g	1069,6 ef	9,07 abc	3,66 a-d
<b>Среднее по А4</b>			<b>3,85</b>	<b>29,8</b>	<b>811,0</b>	<b>10,46</b>	<b>3,94</b>
9Е	П1	2015	3,40 a-e	32,5 f-j	791,6 a-e	11,25 e-i	4,70 e-h
		2016	3,08 abc	27,4 a-e	754,0 a-e	8,30 a	3,94 a-f
		2017	5,17 b-e	30,8 c-g	998,7 c-f	10,59 de	5,00 gh
	Л-КСИ 28/13	2015	2,44 abc	28,5 b-g	618,3 a-e	12,75 ijk	3,29 a
		2016	2,37 abc	26,3 abc	513,3 abc	10,26 cde	3,77 a-e
		2017	6,33 e	33,3 g-j	1688,3 g	9,02 abc	3,74 a-e
<b>Среднее по 9Е</b>			<b>3,80</b>	<b>29,8</b>	<b>894,1</b>	<b>10,36</b>	<b>4,07</b>
<b>Среднее по гибридам с опылителями П 1 и Л-28/13:</b>							
	П1		3,92	32,3	831,9	10,51	4,45
	Л-КСИ 28/13		3,42	28,7	821,0	11,45	3,77
<b>Среднее по гибридам в каждый год исследований:</b>							
		2015	2,93	30,9	631,4	12,31	4,13
		2016	2,79	27,3	674,0	10,16	3,75
		2017	5,29	33,3	1174,1	10,47	4,46
F05(A)			0,56	3,74*	1,07	26,84*	3,03
НСР <sub>05</sub>			ns	1,78	ns	0,55	ns
F05(B)			1,43	25,07*	0,02	18,39*	26,10*
НСР <sub>05</sub>			ns	1,45	ns	0,45	0,28
F05(C)			14,96*	23,81*	25,86*	37,29*	9,60*
НСР <sub>05</sub>			1,04	1,78	172,86	0,55	0,34
F05(AB)			1,05	5,12*	0,97	0,59	1,17
F05(AC)			0,66	1,53	2,32	1,22	0,67
F05(BC)			2,25	8,86*	10,37*	19,83*	0,91
F05(ABC)			0,38	0,77	0,63	4,18*	2,28

Примечание: П1 – сорт Перспективный 1. \* $p \leq 0,05$ . ns – различия не значимы. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .



сунок 39). Гибриды с сортом Перспективный 1 отличались более высокими значениями массы 1000 зерен – 32,3 г, а вклад опылителя в формирование признака – 16,6%. Установлено, что в более благоприятных условиях 2017 г. значение признака у гибридов увеличилось до 33,3 г. Следует отметить влияние взаимодействия анализируемых факторов: в условиях 2017 г. цитоплазма 9Е снижала величину признака до 30,8 г у гибрида с сортом Перспективный 1 по сравнению с гибридами на цитоплазмах А3 и А4 (31,8-36,3 г); у гибрида с линией Л-КСИ 28/13 цитоплазма А3 увеличивала массу 1000 зерен до 36,4 г по сравнению с гибридами на цитоплазмах А4 и 9Е (31,0-33,3 г) (таблица 26).

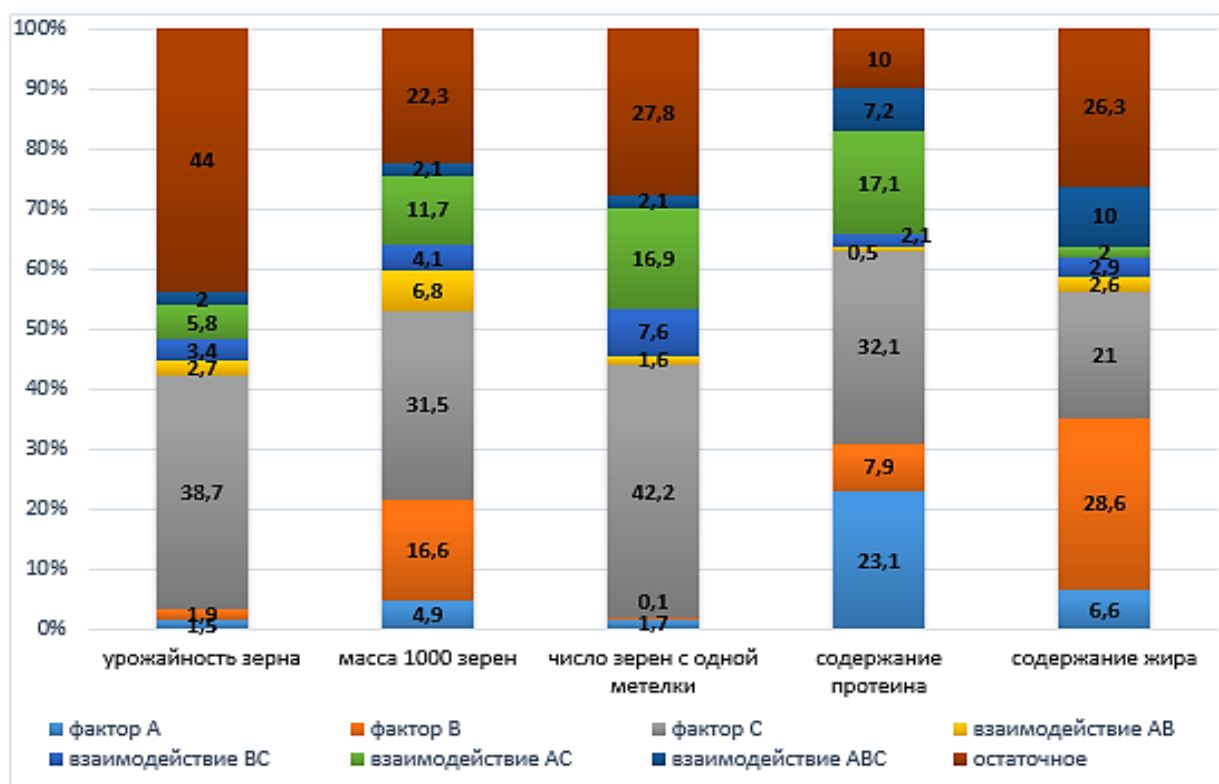


Рисунок 39 – Доля факторов в проявлении селекционных признаков гибридов F1 на основе цитоплазм А3, А4 и 9Е

На число зерен с одной метелки у гибридов сорго значимое влияние оказывал только средовый фактор (доля – 42,2%) и взаимодействие «опылитель × условия года» (доля – 7,6%) (рисунок 39). В 2017 г. гибриды формировали 1174,1 зерен на одном соцветии, тогда как в засушливых 2015-2016 гг. всего

631,4-674,0 зерен. У гибридов с линией Л-КСИ 28/13 отмечены достоверные различия в 2017 г.: цитоплазма 9Е увеличивала значение признака (1688,3 шт.) по сравнению с цитоплазмой А4 (1069,9 шт.) (таблица 26).

Наибольший вклад стерильной цитоплазмы (23,1%) отмечен по содержанию протеина в зерне (рисунок 39). В среднем за 2015-2017 гг. установлено влияние цитоплазмы А3 на увеличение концентрации протеина (12,12%) по сравнению с гибридами на цитоплазмах А4 и 9Е (10,36-10,46%). Причем, эта закономерность у гибридов с сортом Перспективный 1 наблюдалась в более засушливых 2015-2016 гг. У гибридов с линией Л-КСИ 28/13 на увеличение протеина в 2016 г. оказывали влияние А3 и А4 (11,40-12,83%) по сравнению с гибридом на основе цитоплазмы 9Е (10,26%), тогда как в 2017 г. только цитоплазма А3 увеличивала значение признака (12,26%) по сравнению с аналогами на цитоплазмах А4 и 9Е (9,02-9,07%). В среднем, гибриды с линией Л-КСИ 28/13 характеризовались большим накоплением протеина в зерне – 11,45% (таблица 26). Кроме того, наибольшее содержание протеина в среднем по всем гибридам отмечено в 2015 г. – 12,31%. Исследования зарубежных авторов показали влияние ЦМС на содержание белка в рисе [557] и отсутствие цитоплазматического эффекта на накопление крахмала [560]. Более высокое содержание протеина у сорго наблюдалось в засушливых условиях, однако при этом переваримость его снижается [346].

На содержание жира в зерне изоядерных гибридов на основе цитоплазм А3, А4, 9Е существенное влияние оказывали опылители и условия года. Вклад этих факторов в общую изменчивость признака составил 28,6 и 21,0%, соответственно (рисунок 39). Гибриды с сортом Перспективный 1 отличались большим содержанием в зерне жира (4,45%). Вместе с тем, в 2016 г. выявлено наименьшая его концентрация в зерне изучаемых гибридов (3,75%). Следует отметить, что в 2015 г. гибрид А3 Желтозерное 10/Л-КСИ 28/13 характеризовался более высоким содержанием жира (4,32%) по сравнению с аналогами на цитоплазмах А4 и 9Е (3,29-3,94%).

Таким образом, сравнительный анализ изоядерных гибридов F1 на основе разных типов стерильных цитоплазм показал наличие различий между ними по некоторым селекционным признакам в среднем за 2015-2017 гг. Установлено, что цитоплазма А3 увеличивает массу 1000 зерен и содержание протеина в зерне в сравнении с цитоплазмами А4 и 9Е. При этом вклад фактора «тип ЦМС» в общую изменчивость этих признаков составил 4,9-23,1%. Достоверное влияние отцовской формы выявлено на проявление признаков масса 1000 зерен, содержание протеина и жира в зерне (доля фактора составила 7,9-28,6%). Так, гибриды с сортом Перспективный 1 отличались большей массой 1000 зерен (32,3 г) и количеством жира (4,45%), а гибриды с линией Л-КСИ 28/13 – содержанием протеина (11,45%) в зерне. Условия среды оказали влияние на проявление всех изучаемых признаков (доля фактора составила 21,0-42,2%). Наибольшая величина селекционных признаков выявлена в условиях более влажного 2017 г. (ГТК=1,005 за вегетационный период сорго). Высокие значения протеина в зерне (12,31 % в среднем по гибридным комбинациям) отмечены в засушливом 2015 г. (ГТК=0,672).

**Характеристика гибридов F1 по селекционно-ценным признакам.** Установлена изменчивость 12 морфометрических показателей, элементов структуры урожайности гибридов первого поколения и основных биохимических компонентов зерна (таблица 27-29). В среднем за 2015-2017 гг. высота растений через 30 дней после всходов варьировала от 51,9 до 82,5 см. Наибольшая интенсивность начального роста наблюдалась в 2015 г. (приложение 47). Слабое варьирование признака отмечено в 2016 г. и в среднем за период испытания – 8,4-8,8%; среднее в 2015 и 2017 г. (11,9-12,6%). На рисунке 40 представлены гибриды с различным начальным ростом.

Высота растений при созревании гибридов зернового сорго составила 154,8-219,2 см. Отмечены высокорослые растения комбинаций, у которых в качестве отцовской формы использовали сорта Факел, Волжское 615, Пищевое 35 (таблица 27). Наибольшей высоты гибриды достигали в условиях 2015 и 2016 гг.: величина признака изменялась в пределах 148,8-258,9 см и 139,5-



Рисунок 40 – Высота растений гибридов F1 зернового сорго через 30 дней после всходов, 2016 г.

243,4 см, соответственно (приложение 47). Вариабельность признака слабая – 7,4%. Аналогичная изменчивость показателей установлена в 2016-2017 гг. – 7,4-9,1% и только в 2015 г. – средняя ( $V=11,7\%$ ).

Длина соцветия изучаемых гибридов первого поколения варьировала слабо ( $V=7,7\%$ ) и составила 17,6-25,4 см. Более короткие метелки (менее 20 см) наблюдались у гибридов с сортами Перспективный 1, Сармат и линией ЛКСИ 28/13 (таблица 27). Следует отметить, что в условиях 2017 г. гибриды формировали более длинные соцветия – 16,5-32,8 см по сравнению с 2015-2016 гг. – 13,8-27,2 см (приложение 47).

Ширина соцветия гибридов сорго изменялась в пределах от 5,9 до 13,1 см, при этом коэффициент вариации составил 19,3% (таблица 27). Более узкие метелки наблюдались у гибридов с сортом Топаз – 5,9-6,6 см. Как и длина соцветия, наибольшая величина ширины метелки отмечена в условиях 2017 г. – 7,8-17,8 см по сравнению с 2015-2016 гг. – 3,8-15,0 см (приложение 47). Среднее варьирование выявлено в 2016 г. ( $V=19,7\%$ ), тогда как в 2015 и 2017 гг. – сильное (21,1-25,7%).

Таблица 27 – Высота и параметры соцветия гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами типов А3, А4, 9Е, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Высота, см						Соцветие, см					
	через 30 дней после всходов			при созревании			длина			ширина		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	66,2	71,8	82,5	178,4	168,3	169,9	19,9	19,1	18,9	9,4	10,7	9,6
Старт	64,3	65,9	63,3	175,7	176,2	172,7	24,0	23,8	22,1	12,8	13,1	11,7
Меркурий	62,1	54,7	70,5	186,3	192,8	207,5	22,4	23,2	23,4	10,5	9,9	10,3
Огонек	62,9	59,0	62,2	180,5	183,5	197,8	21,3	21,5	21,4	8,9	8,9	9,4
Камелик	77,4	63,4	79,8	213,9	202,3	213,2	21,8	22,2	23,6	8,1	9,3	10,0
Топаз	65,1	65,9	69,3	184,1	185,9	186,7	20,3	20,4	19,4	6,6	6,5	5,9
Факел	64,8	64,5	72,9	200,9	198,6	217,5	20,3	20,3	25,4	7,4	7,5	10,2
Аванс	71,9	61,6	67,1	185,7	183,2	177,6	21,6	21,6	22,3	7,7	7,7	7,7
Азарт	73,7	67,0	69,3	183,4	178,9	165,7	20,1	18,6	22,5	10,5	9,2	12,6
Волжское 615	69,2	60,5	61,6	192,9	201,8	202,6	20,3	21,4	21,9	7,5	7,9	8,5
Гелеофор	63,9	60,3	64,1	199,6	192,7	197,7	20,1	19,7	19,8	6,8	7,3	7,3
Кремовое	74,4	70,3	68,6	194,5	186,5	193,9	22,5	20,9	22,8	9,6	7,7	8,9
Пищевое 614	54,8	55,8	51,9	159,6	154,8	170,7	20,2	20,1	22,0	7,5	8,5	8,6
Сармат	64,9	61,3	66,3	197,7	188,5	191,2	17,9	17,6	19,3	7,2	6,9	7,2
Восторг	65,2	63,5	66,6	187,9	185,6	180,9	20,4	19,9	20,3	7,6	7,4	8,7
Гарант	64,6	66,4	68,4	178,0	181,2	199,9	21,8	22,5	22,2	10,9	10,5	8,5
Пищевое 35	64,6	66,0	61,7	219,2	197,8	201,0	21,6	21,1	22,5	6,9	8,2	8,4
Л-КСИ 28/13	70,6	67,3	64,3	176,8	177,2	175,9	18,0	19,9	21,6	6,7	7,2	10,7
F <sub>05</sub>	1,66*			2,41*			1,99*			3,20*		
НСР <sub>05</sub>	12,57			25,20			3,21			2,63		
V, %	8,8			7,4			7,7			19,3		

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . V – коэффициент вариации.

В среднем за 2015-2017 гг. гибриды достигали 54,3-77,1 см длины наибольшего листа (таблица 28). Наибольшую величину признака формировали в 2015 г. – 54,8-86,1 см (приложение 48). Длинные листья наблюдались у гибрида с сортом Аванс на основе А3, А4, 9Е типов стерильных цитоплазм – 71,9-77,1 см и с сортом Сармат – 71,9-73,9 см. Слабое варьирование признака отмечено в 2015, 2017 гг. и в среднем за 3 года – 7,3-8,6%.

В среднем за 2015-2017 гг. ширина гибридов наибольшего листа составила 4,7-6,8 см, что соответствовало слабой изменчивости признака: коэффициент вариации 9,4% (таблица 28). Наибольшую величину признака гибриды формировали в 2015 г. – 4,1-8,2 см с вариабельностью в 15,1% (приложение 48). Широкие листья наблюдались у гибридов с сортами Аванс и Пищевое 35 на основе А3, А4, 9Е цитоплазмах – 6,6-6,8 и 6,3-6,6 см, соответственно.

Площадь фотосинтетической поверхности растений в среднем за 2015-2017 гг. составила 190,6-383,6 см<sup>2</sup>, что соответствовало средней изменчивости признака: коэффициент вариации 14,0% (таблица 28). Наибольшая площадь листовой поверхности анализируемого листа наблюдались у гибридов с сортами Аванс и Пищевое 35 на основе А3, А4, 9Е типов стерильных цитоплазм – 370,5-383,2 и 326,6-365,2 см<sup>2</sup>, соответственно. Более крупные листья гибриды формировали в 2015 г. – 167,5-503,2 см<sup>2</sup> с вариабельностью в 21,7% (приложение 48).

Гибриды характеризовались слабой кустистостью (1,05-1,70) при вариабельности в 12,5%. Наименьшую продуктивную кустистость формировали гибриды с Л-КСИ 28/13.

Урожайность зерна гибридов сорго составила 2,34-5,59 т/га в среднем за 2015-2017 гг. при изменчивости признака в 22,4%. Отмечены более продуктивные гибриды, у которых в качестве отцовской формы использовали сорт Огонек (таблица 29). Наибольшей урожайности зерна гибриды достигали в условиях 2017 г.: 3,41-8,49 т/га, что соответствовало средней вариабельности – 19,9% (приложение 49). Очень высокий коэффициент вариации установлен в засушливых условиях 2015 г.  $V=48,6\%$ .

Таблица 28 – Параметры наибольшего листа и продуктивная кустистость гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами типов А3, А4, 9Е, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Наибольший лист									Продуктивная кустистость		
	Длина, см			Ширина, см			Площадь, см <sup>2</sup>					
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	61,7	56,3	54,3	5,0	4,9	4,7	236,4	207,7	190,6	1,44	1,70	1,50
Старт	66,3	67,1	68,3	6,2	6,0	6,2	313,4	305,6	322,1	1,35	1,38	1,42
Меркурий	65,1	66,1	72,9	6,0	6,4	5,9	305,6	320,7	321,8	1,49	1,57	1,70
Огонек	60,0	63,8	64,1	4,9	5,3	5,2	219,3	258,9	250,9	1,56	1,16	1,46
Камелик	61,0	59,8	64,4	6,0	6,2	6,5	272,0	283,8	318,9	1,21	1,06	1,06
Топаз	70,9	70,7	74,1	6,0	5,6	5,6	316,5	303,5	314,4	1,15	1,17	1,26
Факел	72,1	68,9	73,2	5,3	5,2	5,2	285,0	265,7	284,4	1,34	1,20	1,39
Аванс	77,1	74,1	71,9	6,6	6,8	6,8	383,1	383,2	370,5	1,08	1,26	1,27
Азарт	66,7	62,2	57,6	5,2	5,4	5,3	258,8	249,4	228,0	1,31	1,21	1,25
Волжское 615	71,9	67,2	73,2	5,4	5,8	6,0	304,2	291,6	326,0	1,18	1,23	1,33
Гелеофор	67,5	67,9	68,3	5,1	6,1	6,2	257,4	310,1	316,8	1,24	1,18	1,17
Кремовое	70,4	67,6	66,8	5,3	5,2	5,2	281,6	263,5	259,5	1,19	1,08	1,17
Пищевое 614	66,8	66,1	68,6	5,3	5,4	5,7	263,6	268,3	294,2	1,18	1,27	1,43
Сармат	73,9	71,9	71,9	5,2	6,0	5,8	287,6	321,9	312,3	1,21	1,22	1,17
Восторг	68,1	60,5	67,4	6,2	5,7	6,2	322,0	260,5	316,3	1,16	1,15	1,15
Гарант	65,3	69,4	68,4	6,4	6,2	6,1	310,2	323,4	308,6	1,25	1,05	1,18
Пищевое 35	70,7	69,1	74,1	6,3	6,3	6,6	335,2	326,6	365,2	1,09	1,20	1,32
Л-КСИ 28/13	62,8	66,5	73,0	5,5	6,2	6,5	265,6	308,2	360,4	1,08	1,09	1,07
F <sub>05</sub>	2,85*			2,06*			2,09*			1,47*		
НСР <sub>05</sub>	8,11			1,05			79,96			0,36		
V, %	7,3			9,4			14,0			12,5		

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . V – коэффициент вариации.

Таблица 29 – Урожайность гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами типов А3, А4, 9Е, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Урожайность, т/га					
	зерно			биомасса		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	3,34	4,52	3,87	19,8	18,2	18,9
Старт	3,73	4,06	3,79	25,5	26,1	24,6
Меркурий	4,06	3,57	3,66	31,3	29,3	33,0
Огонек	5,59	5,51	5,41	33,7	27,2	35,1
Камелик	4,63	4,24	5,22	32,1	30,1	32,8
Топаз	3,06	2,70	2,74	37,4	31,3	36,4
Факел	3,48	3,52	3,99	34,4	32,9	38,1
Аванс	3,45	3,01	3,24	41,4	37,7	40,1
Азарт	5,13	4,26	4,58	22,0	20,9	20,6
Волжское 615	4,37	4,34	4,67	34,5	35,5	38,1
Гелеофор	4,08	3,29	3,47	38,5	35,4	38,7
Кремовое	4,75	4,72	4,80	34,9	34,0	30,0
Пищевое 614	3,09	2,72	3,31	31,0	24,9	32,4
Сармат	2,59	2,44	2,51	38,8	34,6	37,6
Восторг	4,71	4,40	4,36	27,8	27,7	32,7
Гарант	4,06	4,01	4,29	38,5	33,2	41,4
Пищевое 35	2,35	2,48	2,34	37,0	31,5	32,4
Л-КСИ 28/13	3,38	3,17	3,71	33,7	30,1	31,7
F <sub>05</sub>	2,14*			3,69*		
НСР <sub>05</sub>	1,64			8,55		
V, %	22,4			18,4		

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . V – коэффициент вариации.

Урожайность биомассы гибридов сорго составила 18,2-41,4 т/га при изменчивости признака в 18,4%. Отмечены более продуктивные гибриды, у которых в качестве отцовской формы использовался сорт Аванс – 37,7-41,4 т/га (таблица 29). Наибольшей урожайности биомассы гибриды достигали в 2015 г.: величина признака изменялась от 14,8 до 56,5 т/га, что соответствовало сильной вариабельности – 21,7% (приложение 49).

Дисперсионным анализом подтверждены различия между испытываемыми гибридами F1 по селекционно-ценным признакам в изучаемый период исследований, что позволило рассчитать эффекты ОКС и дисперсии СКС компонентов скрещиваний (таблицы 27-29; приложения 47-49).



**Общая комбинационная способность.** В селекции сорговых культур в регионах РФ с неустойчивым увлажнением особое внимание уделяется признаку «высота растений через 30 дней после всходов». Сорго характеризуется медленным начальным ростом, что способствует быстрому разрастанию в посевах сорных растений. Интенсивно растущие формы позволяют раньше приступить к междурядной обработке посевов и успешнее противостоять в борьбе с сорняками. Кроме того, образцы с интенсивным ростом в начальный период способны быстрее формировать листовой аппарат, эффективнее использовать солнечную энергию и как следствие, давать высокий урожай [159].

Анализ комбинационной способности ЦМС-линий с Желтозерным 10 выявил существенное влияние стерильной цитоплазмы на интенсивность начального роста в каждом сезоне вегетации растений и в среднем за 2015-2017 гг. Цитоплазмы А3 и 9Е способствовали увеличению, а цитоплазма А4 – снижению эффектов ОКС (таблица 30). Аналогичный цитоплазматический эффект наблюдался и по высоте растений при созревании. Однако существенные различия отмечены только в 2015 г.

Установлено значимое влияние цитоплазмы 9Е материнской формы на эффекты ОКС по длине соцветия, за исключением проявления в 2017 г.: цитоплазматический эффект оказался незначим. Более высокие показатели ОКС по ширине соцветий также выявлены на цитоплазме 9Е, однако различия наблюдались только в 2015 г. Таким образом, эффект цитоплазмы типа 9Е на комбинационную способность ЦМС-линий сорго по длине и ширине соцветия наблюдался в более засушливые 2015-2016 гг. Также влияние типа стерильности на длину метелки выявлены у гибридов кукурузы [118].

Учитывая, что сорго – растение с С4-типом фотосинтеза, особое внимание следует уделять формированию параметров листьев. Различия общей комбинационной способности ЦМС-линий по параметрам наибольшего листа наблюдались только в 2016 г. (таблица 30). Эффекты ОКС линий с цитоплазмами А3 и 9Е (0,44-1,78) существенно выше, чем с цитоплазмой А4 (-2,22) (рисунок 41). Отмечена тенденция, что более высокие показатели эффектов

ОКС по ширине наибольшего листа у 9Е Желтозерное 10. Различия эффектов ОКС между изучаемыми линиями по площади листа незначимые. Более высокие значения в каждом сезоне отмечены у ЦМС-линии 9Е Желтозерное 10.

Таблица 30 – Эффекты ОКС изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 на основе цитоплазм А3, А4 и 9Е по морфометрическим признакам, 2015-2017 гг.

Признак	Год	Тип ЦМС			F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
		А3	А4	9Е		
Высота						
- через 30 дней после всходов	2015	4,82	-3,37	-1,45	15,89*	1,75
	2016	-1,04	-1,77	2,81	12,12*	1,15
	2017	-1,24	-1,55	2,79	6,17*	1,58
	<b>среднее</b>	<b>0,84</b>	<b>-2,23</b>	<b>1,38</b>	3,39*	1,73
- при созревании	2015	2,71	-4,80	2,08	5,14*	2,99
	2016	-0,74	-1,86	2,60	1,68	ns
	2017	-0,20	-1,44	1,64	0,78	ns
	<b>среднее</b>	<b>0,59</b>	<b>-2,70</b>	<b>2,11</b>	1,33	ns
Соцветие						
- длина	2015	-0,03	-0,57	0,60	7,57*	0,35
	2016	-0,51	-0,22	0,73	9,32*	0,35
	2017	-0,37	-0,17	0,54	1,68	ns
	<b>среднее</b>	<b>-0,31</b>	<b>-0,32</b>	<b>0,63</b>	4,10*	0,44
- ширина	2015	-0,03	-0,29	0,32	3,37*	0,27
	2016	-0,28	0,05	0,23	2,98	ns
	2017	-0,43	-0,19	0,62	1,75	ns
	<b>среднее</b>	<b>-0,25</b>	<b>-0,15</b>	<b>0,39</b>	2,44	ns
Наибольший лист						
- длина	2015	0,96	-1,03	0,07	2,38	ns
	2016	0,44	-2,22	1,78	6,92*	1,26
	2017	-0,90	-0,11	1,01	1,62	ns
	<b>среднее</b>	<b>0,16</b>	<b>-1,12</b>	<b>0,95</b>	2,34	ns
- ширина	2015	-0,07	-0,01	0,07	0,65	ns
	2016	-0,12	0,04	0,08	1,11	ns
	2017	-0,20	0,07	0,14	2,85	ns
	<b>среднее</b>	<b>-0,13</b>	<b>0,03</b>	<b>0,09</b>	1,52	ns
- площадь	2015	1,33	-5,08	3,75	0,45	ns
	2016	-2,58	-6,92	9,50	1,96	ns
	2017	-14,24	2,40	11,83	2,51	ns
	<b>среднее</b>	<b>-5,16</b>	<b>-3,20</b>	<b>8,36</b>	1,18	ns

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . ns – различия не значимы.



Рисунок 41 – Длина наибольшего листа гибрида Желтозерное 10/Старт на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС

Следует отметить, что цитоплазматические эффекты на параметры листьев ранее были отмечены у гибридов кукурузы: цитоплазма С-типа оказывала влияние на длину листа, а на ширину – М-типа [272]; у сорго-суданковых гибридов цитоплазма 9Е увеличивала ширину листа в сравнении с цитоплазмой А3 [141]; у гибридов зернового сорго на цитоплазме 9Е фотосинтетический потенциал в период «выметывание-полная спелость» выше [40].

В среднем за период изучения комбинационной способности по продуктивной кустистости между А3, А4 и 9Е Желтозерное 10 существенных различий не установлено. Однако, цитоплазма 9Е влияет на значения эффектов ОКС в 2015 г., а в 2016 г. – цитоплазмы А3 и 9Е (таблица 31).

Величина эффектов ЦМС-линий с типами А3 и 9Е остается более высокой и в 2017 г., однако различия статистически не подтверждены. Отсутствие цитоплазматических эффектов на продуктивную кустистость в среднем за ряд лет установлено и в скрещиваниях данных ЦМС-линий с сортообразцами суданской травы [141].

Анализ комбинационной способности ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 в тестерных скрещиваниях с опылителями зернового сорго показал

преимущество цитоплазмы 9E по урожайности биомассы в более «засушливые» сезоны выращивания (таблица 31). Эффекты ОКС материнских линий по урожайности зерна существенно не различались. Вместе с тем, в среднем за три года испытаний значения ОКС выше у ЦМС-линии А3 Желтозерное 10. В работах В.В. Бычковой и Л.А. Эльконина [41] по испытанию изоядерных гибридов, полученных на основе этого же набора материнских ЦМС-линий, отмечен стимулирующий эффект цитоплазмы 9E на урожайность биомассы, а цитоплазмы А3 – зерна в сухой и жаркий вегетационный сезон.

Таблица 31 – Эффекты ОКС изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9E по продуктивности, 2015-2017 гг.

Признак	Год	Тип ЦМС			F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
		А3	А4	9E		
Кустистость						
- продуктивная	2015	-0,04	-0,05	0,09	6,47*	0,05
	2016	0,01	-0,02	0,01	4,84*	0,01
	2017	0,01	-0,01	0,01	0,03	ns
	<b>среднее</b>	<b>-0,01</b>	<b>-0,03</b>	<b>0,04</b>	1,10	ns
Урожайность						
- зерна	2015	-0,02	0,09	-0,07	0,81	ns
	2016	0,14	-0,12	-0,01	2,31	ns
	2017	0,03	-0,30	0,26	1,62	ns
	<b>среднее</b>	<b>0,05</b>	<b>-0,11</b>	<b>0,06</b>	0,39	ns
- биомассы	2015	-0,11	-1,71	1,82	3,84*	1,47
	2016	1,43	-2,00	0,56	7,35*	1,07
	2017	1,42	-2,15	0,74	2,53	ns
	<b>среднее</b>	<b>0,91</b>	<b>-1,96</b>	<b>1,04</b>	5,53*	1,18

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . ns – различия не значимы.

Среди опылителей высокая ОКС по высоте растений через 30 дней после всходов (7,65) и при созревании (21,76), средняя – по урожайности зерна (0,87) выявлена у Камелика (таблица 32).

Сорт Аванс характеризуется высокими эффектами ОКС по параметрам наибольшего листа (длине – 6,84, ширине – 0,95, площади – 83,92), урожайности биомассы (7,74). Наибольшие значения ОКС по высоте растений при созревании (11,08) отмечены у сорта Волжское 615.

Таблица 32 – Эффекты ОКС сортов и линий-опылителей по селекционно-ценным признакам, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Высота		Соцветие		Наибольший лист			Продуктивная кустистость	Урожайность	
	через 30 дней после всходов	при созревании	длина	ширина	длина	ширина	площадь		зерно	биомасса
Перспективный1	7,67	-15,80	-1,84	1,17	-10,09	-0,92	-83,45	0,29	0,08	-13,03
Старт	-1,38	-13,16	2,19	3,80	-0,29	0,35	18,68	0,12	0,03	-6,59
Меркурий	-3,43	7,41	1,87	1,51	0,50	0,29	21,04	0,33	-0,06	-0,79
Огонек	-4,49	-0,76	0,31	0,34	-4,89	-0,63	-51,98	0,13	1,68	0,02
Камелик	7,65	21,76	1,42	0,41	-5,75	0,47	-3,45	-0,15	0,87	-0,31
Топаз	0,91	-2,43	-1,08	-2,39	4,38	-0,03	16,43	-0,07	-0,99	3,03
Факел	1,56	17,67	0,89	-0,36	3,88	-0,55	-16,65	0,05	-0,16	3,15
Аванс	1,01	-5,86	0,72	-1,00	6,83	0,95	83,9	-0,06	-0,59	7,74
Азарт	4,16	-12,02	-0,61	2,04	-5,35	-0,48	-49,62	-0,01	0,83	-10,83
Волжское 615	-2,08	11,05	0,06	-0,76	3,28	-0,05	12,25	-0,01	0,63	4,05
Гелеофор	-3,09	8,61	-1,24	-1,59	0,35	0,03	-0,23	-0,06	-0,21	5,55
Кремное	5,24	3,6	0,95	0,01	0,74	-0,56	-26,84	-0,11	0,93	0,97
Пищевое 614	-11,67	-26,34	-0,34	-0,53	-0,35	-0,29	-19,67	0,03	-0,78	-2,58
Сармат	-1,67	4,46	-2,84	-1,66	5,04	-0,12	12,27	-0,06	-1,32	5,03
Восторг	-0,78	-3,22	-0,91	-0,80	-2,21	0,25	4,58	-0,11	0,66	-2,61
Гарант	0,61	-1,65	1,05	1,24	0,19	0,45	19,07	-0,09	0,30	5,69
Пищевое 35	-1,73	17,98	0,62	-0,93	3,8	0,62	47,28	-0,06	-1,44	1,64
Л-КСИ 28/13	1,54	-11,39	-1,28	1,17	-0,04	0,28	16,38	-0,18	-0,40	-0,15
F <sub>05</sub>	3,13*	6,16*	4,17*	7,73*	6,80*	5,31*	5,35*	3,53*	6,05*	10,02*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Опылитель Меркурий отличается общей комбинационной способностью по длине соцветия (1,89), продуктивной кустистости (0,33).

Для получения гибридов с улучшенными элементами продуктивности зерна в схему скрещиваний следует включать сорта Кремовое (эффекты ОКС по урожайности зерна – 0,94) и Азарт (ОКС по ширине соцветия – 2,04, и урожайности зерна – 0,84).

Высокие эффекты ОКС по длине (2,19) и ширине соцветия (3,81) выявлены у Старта.

Высокая комбинационная способность по элементам продуктивности биомассы отмечена у сортов Сармат (по длине наибольшего листа – 5,04); Факел (по высоте растений – 17,64); Пищевое 35 (по высоте растений – 17,98 и площади наибольшего листа – 47,28); Гарант (по урожайности биомассы – 5,71); Гелеофор (по урожайности биомассы – 5,54).

Сорт Перспективный 1 отличается комбинационной способностью по интенсивности начального роста (7,64), продуктивной кустистости (0,29).

Эффекты ОКС сортов и линий опылителей в каждый сезон вегетации представлен в приложениях 50-51.

**Специфическая комбинационная способность.** В среднем за 2015-2017 гг. по высоте растений через 30 дней после всходов наибольшие дисперсии СКС выявлены у ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 на цитоплазмах А4 и 9Е по сравнению с цитоплазмой А3 – 31,12-32,31 и 23,40, соответственно (таблица 33). По высоте при созревании выделилась стерильная линия на основе цитоплазмы 9Е: дисперсия СКС составила 156,35. Аналогичная тенденция наблюдалась в каждый год испытания гибридов (приложение 52).

По длине и ширине соцветия также выделилась ЦМС-линия 9Е Желтозерное 10 с дисперсией СКС 2,96 и 1,15, соответственно. Наибольшие значения признака по длине соцветия выявлены ежегодно – 1,85-3,92; тогда как по ширине соцветия – 2,29-3,18 в 2015 и 2017 гг. (приложение 52).

Таблица 33 – Дисперсии СКС изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 на основе А3, А4 и 9Е типов цитоплазм, среднее за 2015-2017 гг.

Признак	Тип ЦМС		
	А3	А4	9Е
Высота			
- через 30 дней после всходов	23,40	31,12	32,31
- при созревании	121,66	55,36	156,35
Соцветие			
- длина	1,71	2,05	2,96
- ширина	0,90	1,40	1,95
Наибольший лист			
- длина	16,59	9,70	14,91
- ширина	0,28	0,16	0,16
- площадь	1562,77	865,14	993,82
Кустистость			
продуктивная	0,018	0,014	0,014
Урожайность			
- зерна	0,24	0,21	0,19
- биомассы	14,77	13,05	9,85

По параметрам наибольшего листа отличилась стерильная линия А3 Желтозерное 10: дисперсии СКС по длине листа – 16,59; ширине листа – 0,28; площади – 1562,77 в среднем за 2015-2017 гг. (таблица 33). Анализ СКС по параметрам наибольшего листа изоядерных ЦМС-линий сорго в «засушливые» 2015-2016 гг. исследований показал, что на цитоплазме А4 значения дисперсии СКС по длине листа оказались снижены. По показателю дисперсии СКС длины листа в 2015 г. наибольшее значения отмечены на цитоплазме 9Е (20,34), а в 2016-2017 гг. – А3 (10,02-23,81) (приложение 52).

По продуктивной кустистости в 2016 г. показатели дисперсии СКС на цитоплазме А3 выше, в сравнении с А4 и 9Е – 0,018 и 0,014, соответственно. Эта тенденция сохранялась в условиях 2016-2017 гг. (приложение 52).

По урожайности зерна более высокие дисперсии СКС установлены у А3 и А4 Желтозерного 10 – 0,21-0,24 и урожайности биомассы – 13,05-14,77 по сравнению с 9Е Желтозерное 10 – 0,19 и 9,85, соответственно. По урожайности зерна и всей биомассы эта тенденция сохранялась в условиях 2016-2017 гг. (приложение 52).

Высокие значения дисперсий СКС по комплексу признаков установлены у следующих сортов и линий зернового сорго, участвующих в качестве опылителей (таблица 34):

Перспективный 1 характеризуется высокими дисперсиями СКС по урожайности зерна (0,45);

Меркурий выделился наибольшими дисперсиями СКС по высоте растений через 30 дней после всходов (115,4), длине соцветия (8,55), параметрам наибольшего листа (длина – 56,79, ширина – 0,81 и площадь – 4582,0);

наибольшие дисперсии СКС по урожайности зерна (0,81) отмечены у сорта Огонек;

Камелик отличился по интенсивности начального роста (134,1);

Азарт выделился по ширине соцветия (6,95), урожайности зерна (1,07);

У Сармата отмечены наибольшие дисперсии по продуктивной кустистости – 0,344; а у Пищевого 35 по высоте растений (620,6) и урожайности биомассы (41,07);

линия Л-КСИ 28/13 – по длине (7,30) и ширине соцветия (7,42), длине (49,80) и площади наибольшего листа (4804,0).

Комбинационная способность отцовских форм в отдельные годы изучения, участвующих в скрещиваниях представлена в приложении 53-54.

**Эффекты СКС гибридов F1.** Анализ эффектов СКС позволяет выделить как высокогетерозисные гибридные комбинации, так и исходный материал для включения в состав трехлинейного гибрида (таблицы 35-37; приложение 55-57).

Для оценки пригодности использования на монокорм целесообразно включить в дальнейшее испытание фертильные гибриды F1:

1. 9Е Желтозерное 10/Л-КСИ 28/13, характеризующийся в среднем за годы изучения низкими значениями эффектов СКС по высоте растений (-2,82); высокими: по параметрам соцветия (длина – 1,10, ширина – 2,12), параметрам наибольшего листа (длина – 4,61, ширина – 0,36, площадь – 29,97); средними по урожайности зерна – 0,23.



Таблица 34 – Дисперсии СКС сортов и линий-опылителей по селекционно-ценным признакам, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Высота		Соцветие		Наибольший лист			Продуктивная кустистость	Урожайность	
	через 30 дней после всходов	при созревании	длина	ширина	длина	ширина	площадь		зерно	биомасса
Перспективный I	86,66	77,88	2,15	1,45	33,05	0,18	1490,0	0,050	0,61	39,97
Старт	21,73	43,98	4,38	2,30	4,55	0,58	2096,0	0,023	0,23	16,58
Меркурий	115,4	224,7	8,55	0,88	56,79	0,81	4582,0	0,038	0,09	11,52
Огонек	4,43	185,9	0,94	0,74	29,15	0,34	2325,0	0,104	0,81	28,21
Камелик	134,1	68,07	0,43	1,07	4,61	0,06	441,1	0,014	0,58	13,36
Топаз	25,83	124,6	2,31	1,38	22,90	0,51	2457,0	0,018	0,07	13,68
Факел	35,31	293,3	8,03	2,03	8,12	0,14	490,8	0,016	0,31	8,14
Аванс	21,34	42,76	0,98	0,24	22,86	0,11	1453,0	0,013	0,07	13,68
Азарт	34,33	222,5	5,27	6,95	32,83	0,12	954,5	0,011	1,07	9,70
Волжское 615	40,51	170,9	2,86	0,72	12,50	0,10	423,9	0,008	0,11	14,90
Гелеофор	11,94	48,66	4,35	0,59	5,53	0,37	1387,0	0,014	0,37	21,91
Кремовое	43,46	120,8	1,28	1,64	12,33	0,07	612,3	0,006	0,12	25,32
Пищевое 614	38,21	147,9	0,82	1,48	3,85	0,13	462,9	0,044	0,13	12,44
Сармат	6,55	37,93	4,76	0,21	8,39	0,15	447,8	0,344	0,14	4,59
Восторг	39,66	99,2	0,80	1,80	14,72	0,21	1617,0	0,010	0,22	13,71
Гарант	17,63	257,8	0,75	4,03	21,39	0,08	565,5	0,013	0,10	15,23
Пищевое 35	30,11	620,6	1,12	1,20	6,83	0,60	2475,0	0,018	0,13	41,07
Л-КСИ 28/13	30,83	47,09	7,30	7,42	49,80	0,63	4804,0	0,004	0,24	16,23
F <sub>05</sub>	0,81	0,59	0,77	0,98	0,93	0,48	0,52	0,50	0,23	0,42

2. А4 Желтозерное 10/Перспективный 1. Наибольший эффект СКС установлен по урожайности зерна (0,72) и продуктивной кустистости (0,18), а средний – по урожайности биомассы (1,15).

Для создания трехлинейного высокопродуктивного гибрида зерново-сильосного направления в качестве исходного материала возможно применение стерильных гибридов F1, характеризующихся высокими и средними показателями эффектов СКС по комплексу признаков:

1. А3 Желтозерное 10/Перспективный 1 отличается высокими эффектами СКС по высоте растений при созревании (5,61), площади наибольшего листа (29,99) (рисунок 42).



Рисунок 42 – Гибрид А3 Желтозерное 10/Перспективный 1 в фазу цветения

Таблица 35 – Эффекты СКС по высоте и параметрам соцветия гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Высота						Соцветие					
	через 30 дней после всходов			при созревании			длина			ширина		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	-8,14	0,50	7,63	5,61	-1,17	-4,44	0,91	0,13	-1,03	-0,28	0,95	-0,65
Старт	-1,08	3,63	-2,54	0,24	4,05	-4,28	0,99	0,83	-1,83	0,52	0,72	-1,24
Меркурий	-1,16	-5,50	6,68	-9,83	-0,06	9,89	-0,30	0,53	-0,23	0,50	-0,19	-0,33
Огонек	0,66	-0,09	-0,56	-7,32	-1,07	8,39	0,21	0,43	-0,62	0,07	-0,03	-0,06
Камелик	3,02	-7,90	4,88	3,55	-4,80	1,27	-0,46	-0,02	0,43	-0,79	0,31	0,47
Топаз	-2,51	1,39	1,12	-2,09	3,06	-0,98	0,57	0,72	-1,29	0,53	0,29	-0,83
Факел	-3,46	-0,64	4,11	-5,32	-4,37	9,72	-1,37	-1,35	2,73	-0,69	-0,70	1,44
Аванс	4,19	-3,00	-1,18	2,94	3,76	-6,70	0,10	0,05	-0,17	0,25	0,15	-0,40
Азарг	2,86	-0,74	-2,12	6,78	5,60	-12,43	-0,10	-1,28	1,39	-0,03	-1,43	1,46
Волжское 615	4,62	-1,06	-3,56	-6,79	5,40	1,41	-0,59	0,52	0,07	-0,22	0,06	0,14
Гелеофор	0,32	-0,26	-0,06	2,34	-1,27	-1,08	0,52	0,14	-0,70	-0,06	0,32	-0,26
Кремовое	2,46	1,46	-3,91	2,25	-2,45	0,20	0,72	-0,83	0,10	1,10	-0,90	-0,20
Пищевое 614	-0,26	3,87	-3,62	-2,71	-4,20	6,89	-0,28	-0,34	0,60	-0,45	0,47	0,02
Сармат	-0,11	-0,65	0,77	4,64	-1,29	-3,36	-0,05	-0,34	0,38	0,35	-0,02	-0,30
Восторг	-0,74	0,63	0,11	2,53	3,45	-5,98	0,49	0,01	-0,50	-0,05	-0,35	0,40
Гарант	-2,67	2,14	0,54	-8,96	-2,43	11,39	-0,05	0,66	-0,60	0,18	0,68	-1,86
Пищевое 35	-0,34	4,11	-3,78	12,61	-5,5	-7,13	0,78	-0,33	0,11	-0,69	0,51	0,17
Л-КСИ 28/13	2,36	2,13	-4,49	-0,47	3,29	-2,82	-1,53	0,42	1,10	-1,25	-0,88	2,12
F <sub>05</sub>	0,81			0,59			0,77			0,98		

Таблица 36 – Эффекты СКС по параметрам наибольшего листа и продуктивной кустистости гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Наибольший лист									Продуктивная кустистость		
	Длина			Ширина			Площадь			А3	А4	9Е
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е			
Перспективный1	4,10	-0,04	-4,07	0,26	0,00	-0,26	29,97	-0,62	-29,35	-0,10	0,18	-0,08
Старт	-1,10	0,98	0,11	0,17	-0,13	-0,05	4,88	-4,88	0,01	-0,02	0,02	0,01
Меркурий	-3,10	-0,83	3,94	0,03	0,27	-0,29	-5,26	7,84	-2,60	-0,09	0,01	0,08
Огонек	-2,80	2,25	0,51	-0,15	0,15	-0,01	-18,57	19,07	-0,52	0,18	-0,21	0,03
Камелик	-0,90	-0,81	1,71	-0,14	-0,05	0,19	-14,38	-4,6	18,97	0,11	-0,02	-0,08
Топаз	-1,16	-0,07	1,23	0,35	-0,14	-0,21	10,19	-4,75	-5,43	-0,04	0,01	0,03
Факел	0,53	-1,38	0,85	0,19	-0,08	-0,10	11,79	-9,48	-2,31	0,03	-0,08	0,05
Аванс	2,56	0,87	-3,43	-0,04	0,01	-0,04	9,31	7,45	-16,80	-0,12	0,08	0,03
Азарт	4,36	1,18	-5,54	0,04	0,04	-0,08	18,53	7,23	-25,77	0,06	-0,02	-0,04
Волжское 615	0,97	-2,45	1,48	-0,19	0,04	0,15	2,09	-12,46	10,37	-0,06	0,01	0,04
Гелеофор	-0,57	1,12	-0,55	-0,58	0,25	0,33	-32,19	18,54	13,65	0,05	0,01	-0,06
Кремовое	2,01	0,43	-2,44	0,22	-0,07	-0,14	18,56	-1,49	-17,07	0,05	-0,04	-0,01
Пищевое 614	-0,53	0,05	0,48	-0,06	-0,10	0,15	-6,61	-3,88	10,49	-0,11	0,01	0,10
Сармат	1,14	0,49	-1,63	-0,36	0,30	0,08	-14,51	17,84	-3,35	0,02	0,04	-0,07
Восторг	2,60	-3,72	1,14	0,33	-0,37	0,04	27,56	-35,89	8,32	0,02	0,02	-0,04
Гарант	-2,57	2,78	-0,21	0,28	-0,05	-0,24	1,29	12,51	-13,81	0,10	-0,08	-0,01
Пищевое 35	-0,76	-1,07	1,82	0,02	-0,15	0,12	-2,04	-12,47	14,51	-0,11	0,02	0,08
Л-КСИ 28/13	-4,80	0,20	4,61	-0,45	0,10	0,36	-40,64	0,03	29,97	0,01	0,03	-0,05
F <sub>05</sub>	0,93			0,48			0,52			0,50		

Таблица 37 – Эффекты СКС по урожайности гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Урожайность					
	зерно			биомасса		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	-0,63	0,72	0,72	-0,05	1,15	-1,11
Старт	-0,19	0,30	0,30	-0,83	2,68	-1,86
Меркурий	0,24	-0,10	-0,10	-0,81	0,02	0,79
Огонек	0,03	0,11	0,11	0,81	-2,86	2,05
Камелик	-0,13	-0,36	-0,36	-0,49	0,38	0,11
Топаз	0,16	-0,02	-0,02	1,43	-1,78	-0,63
Факел	-0,23	-0,03	-0,03	-1,65	-0,26	1,92
Аванс	0,16	-0,11	-0,11	0,75	-0,05	-0,71
Азарт	0,41	-0,30	-0,30	-0,11	1,72	-1,61
Волжское 615	-0,14	0,01	0,01	-2,42	1,37	1,05
Гелеофор	0,40	-0,21	-0,21	0,04	-0,16	0,12
Кремовое	-0,06	0,06	0,06	0,99	2,99	-3,97
Пищевое 614	-0,01	-0,22	-0,22	0,65	-2,56	1,92
Сармат	0,02	0,03	0,03	0,89	-0,44	-0,46
Восторг	0,16	0,01	0,01	-2,52	0,27	2,24
Гарант	-0,12	-0,01	-0,01	-0,12	-2,56	2,68
Пищевое 35	-0,10	0,19	0,19	2,45	-0,14	-2,30
Л-КСИ 28/13	-0,10	-0,15	-0,15	0,99	0,22	-1,20
F <sub>05</sub>	0,23			0,42		

2. А4 Желтозерное 10/Огонек. Средние эффекты СКС составили по длине соцветия (0,43), параметрам наибольшего листа (длина – 2,25, ширина – 0,15, площадь – 19,07), урожайности зерна (0,11).

3. 9Е Желтозерное 10/Камелик. Высокие эффекты СКС по интенсивности начального роста – 4,88 и средние по урожайности зерна (0,46).

Отношение среднеквадратических отклонений общей и специфической комбинационной способности  $ms_{OKC}/ms_{CKC} > 1$  указывает на преобладание в схеме скрещиваний аддитивных эффектов над неаддитивными в генетическом контроле изученных признаков у родительских форм (приложения 58-60). Исключение составили показатели  $ms_{OKC}/ms_{CKC} < 1$  материнских форм по признакам: высота растений при созревании (0,84).

## *Гибриды с образцами сахарного сорго*

### **Характеристика гибридов F1 по селекционно-ценным признакам.**

Выявлена изменчивость 15 морфометрических показателей, элементов структуры урожайности гибридов первого поколения и основных биохимических компонентов, отражающих качество биомассы (приложение 61-66). Высота растений при созревании гибридов сахарного сорго составила 212,1-254,3 см. Отмечены высокорослые растения комбинаций, у которых в качестве отцовской формы использовали сортообразец к-64 – 246,1-253,4 см (таблица 38). Вариабельность признака слабая – 4,2%. Аналогичная изменчивость показателей установлена в каждый сезон испытания гибридов – 4,3-6,9%. В условиях 2018 г. гибриды отличались большим габитусом (приложение 61).

Длина соцветия изучаемых гибридов первого поколения варьировала слабо ( $V=6,1\%$ ) и составила 22,1-28,8 см. Длинные метелки наблюдались у гибридов с сортом Саратовское 90 – 26,8-28,8 см (таблица 38). Следует отметить, что в условиях 2017-2018 гг. гибриды формировали более длинные соцветия – 22,7-33,4 см. Аналогичная изменчивость показателей установлена в каждый год изучения – 5,3-9,3% (приложение 61).

Ширина соцветия гибридов сорго изменялась в пределах от 7,4 до 13,3 см, при этом коэффициент вариации составил 13,2%. Более широкие метелки выявлены у гибридов с сортами Саратовское 90 и Камышинское 8 – 9,9-13,3 см. Наибольшая величина признака отмечена в условиях 2017 г. – 8,0-18,6 см (приложение 61). Среднее варьирование отмечено в каждый год изучения ( $V=13,4-17,1\%$ ).

Гибриды достигали длины наибольшего листа в 71,2-81,7 см. Длинные листья наблюдались у гибрида с сортом Сахара на основе А3, А4, 9Е типов стерильных цитоплазм – 78,5-81,7 см. Слабое варьирование признака отмечено в каждый год исследований и в среднем за 3 года – 4,0-7,8%. Наибольшую величину признака формировали в 2018 г. – 76,5-91,2 см (приложение 62).

Таблица 38 – Морфометрические признаки гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е, среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Высота			Соцветие, см						Наибольший лист								
	при созревании, см			длина			ширина			длина, см			ширина, см			площадь, см <sup>2</sup>		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Волжское51	233,6	232,6	243,2	24,9	25,0	26,5	9,2	9,9	9,8	72,8	71,7	77,2	5,7	5,8	6,6	313,7	315,0	382,3
Флагман	246,8	240,2	241,7	26,5	27,0	24,8	9,0	9,9	9,2	80,3	75,3	77,0	5,4	5,3	5,5	324,8	298,4	317,6
Чайка	216,8	212,1	221,8	23,1	23,9	24,0	7,4	7,7	8,3	71,2	72,8	72,1	5,9	6,1	6,0	318,5	333,6	324,0
Сахара	230,0	235,0	238,6	22,9	24,9	25,8	8,3	8,6	9,6	78,5	81,7	80,3	6,2	7,2	7,1	365,4	436,5	426,6
Саратовское90	221,8	223,5	221,1	26,8	28,8	28,3	9,9	11,2	13,3	73,3	72,3	80,3	6,2	6,8	6,6	341,9	368,7	374,9
Камышинское8	219,6	223,9	229,0	24,6	25,3	24,6	11,5	11,4	10,8	71,7	75,5	76,3	5,6	5,8	5,9	305,7	320,6	338,8
Кинельское3	237,8	239,1	242,5	24,8	25,0	25,9	10,7	9,5	10,0	71,3	72,6	76,3	6,0	6,1	6,4	322,3	333,6	353,9
к-64	254,3	246,1	251,3	26,2	26,7	27,9	10,5	10,6	10,6	77,5	79,3	73,4	5,9	6,2	6,0	342,8	367,9	349,8
Л-60/12	230,4	242,7	230,3	22,8	24,6	24,6	8,1	9,5	8,2	75,4	78,6	76,7	6,5	7,1	6,4	329,7	417,6	376,7
Л-39/12	234,4	232,5	243,5	23,3	23,8	24,3	8,4	8,0	8,3	78,6	79,9	78,1	6,6	6,1	6,5	355,0	365,8	394,1
Л-42/13	234,5	231,8	237,3	23,3	22,1	24,5	8,8	8,6	9,0	75,6	78,8	80,2	7,3	6,7	7,4	412,1	395,8	419,1
Л-59/13	224,2	225,0	217,8	23,4	24,9	23,5	8,9	9,2	8,0	77,8	76,6	79,4	6,5	6,9	6,3	383,1	393,2	375,0
Л-52/13	235,9	234,9	227,3	24,5	25,7	24,5	10,2	10,9	10,5	75,3	74,6	73,4	6,2	6,2	6,4	353,3	348,2	356,2
F <sub>05</sub>	2,13*			2,91*			3,52*			1,99*			2,27*			2,55*		
НСР <sub>05</sub>	19,02			2,53			1,88			6,07			0,95			63,12		
V, %	4,2			6,1			13,2			4,0			8,2			10,0		

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . V – коэффициент вариации.

Ширина наибольшего листа гибридов составила 5,3-7,4 см, что соответствовало слабой изменчивости признака: коэффициент вариации 8,2%. Широкие листья установлены у гибридов с сортами Аванс и Пищевое 35 на основе А3, А4, 9Е типов стерильных цитоплазм – 6,6-6,8 и 6,3-6,6 см, соответственно. Наибольшую величину признака гибриды формировали в 2017-2018 гг. – 4,9-8,3 см с вариабельностью в 10,1-11,3% (приложение 62).

Площадь фотосинтетической поверхности растений в среднем за 2016-2018 гг. составила 298,4-436,5 см<sup>2</sup>. Коэффициент вариации – 10,0%. Наибольшая площадь листовой поверхности анализируемого листа наблюдались у гибридов с сортом Сахара на основе А3, А4, 9Е типов стерильных цитоплазм – 365,4-436,5 см<sup>2</sup>. Наибольшую величину признака гибриды формировали в 2018 г. – 277,4-530,6 см<sup>2</sup> с вариабельностью в 13,0% (приложение 62).

Общая кустистость варьировала в диапазоне 1,06-1,54 при изменчивости признака в 12,0% (таблица 39). Продуктивная кустистость составила 0,99-1,37, а коэффициент вариации – 9,1%. Средняя вариабельность общей кустистости установлена в 2017-2018 гг. ( $V=16,0-18,2\%$ ), а продуктивной – в 2018 г. ( $V=17,3\%$ ) (приложение 63).

Урожайность биомассы гибридов сорго составила 29,3-49,6 т/га при изменчивости признака в 18,4%. Отмечены более продуктивные гибриды, у которых в качестве отцовской формы использовали линию Л-52/13 – 42,8-49,6 т/га. Наибольшей урожайности всей биомассы гибриды достигали в условиях 2018 г.: 30,6-71,4 т/га, что соответствовало сильной вариабельности – 22,5% (приложение 64).

Урожайность стеблей гибридов сорго составила 20,3-35,1 т/га в среднем за 2016-2018 гг. при изменчивости признака в 16,3%. Отмечены более продуктивные гибриды, у которых в качестве отцовской формы использовали линию Л-52/13 и сорт Волжское 51 – 28,9-35,1 т/га. Изменчивость признака в каждый год испытаний отражена в приложении 64.

Урожайность листьев гибридов сорго составила 3,0-8,1 т/га при вариабельности признака в 16,5%. Более продуктивные гибриды созданы с участием



Таблица 39 – Продуктивность гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е, среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Кустистость						Урожайность, т/га											
	Общая			Продуктивная			Биомасса			Стебли			Метелки			Листья		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Волжское51	1,23	1,54	1,51	1,16	1,29	1,32	42,8	42,8	47,0	30,4	28,9	34,6	7,7	7,5	8,0	4,8	6,6	4,7
Флагман	1,35	1,46	1,34	1,15	1,36	1,27	38,0	36,6	44,5	28,8	24,9	31,1	6,4	8,3	9,0	3,0	3,4	4,4
Чайка	1,20	1,40	1,23	1,16	1,15	1,19	32,4	30,9	32,5	21,4	20,7	21,1	7,1	6,2	7,3	4,0	4,4	5,2
Сахара	1,19	1,18	1,07	1,04	1,09	1,04	39,5	40,9	41,8	27,9	30,1	32,1	5,9	6,5	5,9	5,4	4,3	4,3
Саратовское90	1,52	1,41	1,48	1,26	1,26	1,37	41,6	46,6	39,1	27,9	32,1	25,5	7,9	9,1	8,1	5,8	5,3	5,6
Камышинское8	1,23	1,32	1,24	1,14	1,13	1,15	35,9	39,7	36,0	22,4	27,0	23,2	9,7	8,6	8,6	3,7	4,1	4,2
Кинельское3	1,11	1,28	1,09	1,06	1,17	1,05	35,6	37,5	39,3	26,2	25,5	27,6	5,6	6,0	6,8	4,9	6,1	4,8
к-64	1,19	1,14	1,09	1,11	1,10	1,02	40,4	39,8	42,5	31,2	30,3	31,9	5,5	5,7	6,1	3,7	3,9	4,5
Л-60/12	1,13	1,09	1,08	1,08	1,05	1,05	34,5	32,5	35,4	22,6	21,4	23,6	6,2	6,1	6,3	5,8	5,0	5,5
Л-39/12	1,06	1,13	1,25	1,04	1,11	1,22	36,6	38,0	44,8	23,8	25,9	32,3	5,6	6,5	5,9	7,2	5,7	6,6
Л-42/13	1,07	1,08	1,11	0,99	1,07	1,04	37,9	39,1	37,9	25,5	26,2	25,4	7,2	7,6	7,6	5,2	5,3	4,9
Л-59/13	1,07	1,09	1,11	1,01	1,06	1,03	29,5	29,3	29,9	20,3	20,5	20,5	6,1	5,5	5,9	3,1	3,3	3,6
Л-52/13	1,20	1,32	1,44	1,04	1,24	1,26	47,7	42,8	49,6	34,5	30,7	35,1	8,0	6,4	6,5	5,3	5,7	8,1
F <sub>05</sub>	2,59*			1,83*			1,58*			1,63*			2,27*			1,76*		
НСР <sub>05</sub>	0,25			0,21			11,41			9,67			2,11			2,37		
V, %	12,0			9,1			13,2			16,3			16,5			22,9		

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . V – коэффициент вариации.

линий Л-52/13, Л-39/12, сорта Волжское 51 – 4,8-8,1 т/га. В условиях 2018 г. наблюдалась сильная вариабельность признака – 43,8% (приложение 65).

Содержание сахаров в соке главного стебля гибридов сорго составило 912,7-19,5% в среднем за 2016-2018 гг. при слабой изменчивости признака ( $V=10,4\%$ ). Гибриды с линиями Л-42/13 и Л-59/13 характеризовались более высоким количеством водорастворимых сахаров – от 18,3 до 19,5% (таблица 40). Наибольший синтез сахаров отмечен в условиях 2018 г.: величина признака изменялась в пределах 15,4-22,3%, что соответствовало средней вариабельности – 11,4% (приложение 66).

Таблица 40 – Содержание питательных веществ в биомассе и сахаров в соке стебля гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е, среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Содержание сахаров в соке, %			Содержание в биомассе					
				Сырой протеин, %			Сырой жир, %		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Волжское51	17,5	18,2	17,6	4,22	3,76	4,98	1,50	1,24	1,73
Флагман	16,2	15,6	14,5	4,16	4,54	5,91	1,35	1,33	2,04
Чайка	14,5	14,3	14,9	–	–	–	–	–	–
Сахара	18,1	17,6	17,5	4,32	4,25	4,48	1,17	1,21	1,08
Саратовское90	14,9	15,0	14,9	–	–	–	–	–	–
Камышинское8	12,7	13,8	13,1	–	–	–	–	–	–
Кинельское3	17,6	17,7	16,9	5,03	5,91	5,46	1,45	2,02	1,65
к-64	18,3	16,8	17,3	–	–	–	–	–	–
Л-60/12	16,9	18,5	18,1	4,60	4,46	5,98	1,66	1,82	2,28
Л-39/12	17,6	17,5	17,0	4,30	4,75	4,19	1,21	1,67	1,30
Л-42/13	19,4	18,7	19,5	5,98	6,19	6,09	1,23	1,77	1,76
Л-59/13	18,9	18,4	18,3	5,18	5,32	4,92	1,80	2,13	1,92
Л-52/13	16,8	17,0	17,3	6,11	5,26	5,18	2,23	1,64	1,88
F <sub>05</sub>	2,83*			3,82*			1,95*		
НСР <sub>05</sub>	2,91			1,11			0,70		
V, %	10,4			14,6			21,2		

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . V – коэффициент вариации.

Содержание сырого протеина в биомассе гибридов сорго составило 3,76-6,19% при средней изменчивости признака ( $V=14,6\%$ ). Гибриды с линиями Л-42/13, Л-52/13, Л-59/13 и сортом Кинельское 3 характеризовались более высоким накоплением сырого протеина – от 4,92 до 6,19%. Высокое содержание

сырого протеина отмечено в 2018 г. – 4,16-7,83%, что соответствовало средней вариабельности – 16,2% (приложение 66).

Содержание сырого жира в биомассе гибридов сорго составило 1,08-2,28% при сильной вариабельности признака ( $V=21,2\%$ ). В условиях 2018 г. количество жира достигало 3,27% (приложение 66).

Дисперсионным анализом подтверждены различия между испытываемыми гибридами F1 ( $F_{05} > F_{теор}$ ) по селекционно-ценным признакам, что позволило рассчитать комбинационную способность компонентов скрещиваний.

**Общая комбинационная способность.** По высоте растений при созревании цитоплазматические эффекты на общую комбинационную способность не установлены, но эффекты ОКС выше у линии 9Е Желтозерное 10 (1,34-2,39), за исключением показателей в 2018 г. (таблица 41).

Отмечено значимое положительное влияние цитоплазм А4 и 9Е материнских линий на эффекты ОКС по длине соцветия – 0,23-0,35 по сравнению с цитоплазмой А3 – -0,59. Тип стерильности А3 способствовал снижению показателей эффектов ОКС в каждом сезоне (от -0,71 до -0,35). Проявления цитоплазматических эффектов в 2016 г. оказались незначимы.

На общую комбинационную способность ЦМС-линий по ширине соцветия тип ЦМС значимо повлиял только в условиях 2016 г. Более высокие показатели эффектов ОКС выявлены на цитоплазмах А4 и 9Е (0,04-0,16), тогда как низкие – на цитоплазме А3 (-0,20). Аналогичная тенденция отмечена и в исследованиях 2017-2018 гг. В среднем за 2016-2018 гг. изоядерные ЦМС-линии между собой не различались. Эффекты ОКС составили от -0,23 до 0,13.

Достоверные различия показателей по общей комбинационной способности ЦМС-линий по параметрам наибольшего листа наблюдались в 2016-2017 гг. Эффекты ОКС линии 9Е Желтозерное 10 существенно выше: по длине листа – 1,34-1,46; по ширине листа – 0,05-0,31.

Таблица 41 – Эффекты ОКС изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е по селекционным признакам, 2016-2018 гг.

Признак	Год	Тип ЦМС			F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
		А3	А4	9Е		
- высота при созревании	2016	-1,35	-0,22	1,57	1,42	ns
	2017	-0,54	-1,85	2,39	1,20	ns
	2018	0,04	0,03	-0,07	0,001	ns
	<b>среднее</b>	<b>-0,62</b>	<b>-0,68</b>	<b>1,34</b>	0,38	ns
Соцветие						
- длина	2016	-0,35	0,16	0,19	2,92	ns
	2017	-0,71	0,04	0,67	6,54*	0,44
	2018	-0,71	0,51	0,20	6,46*	0,41
	<b>среднее</b>	<b>-0,59</b>	<b>0,23</b>	<b>0,35</b>	4,12*	0,41
- ширина	2016	-0,20	0,16	0,04	4,85*	0,13
	2017	-0,24	0,05	0,29	1,18	ns
	2018	-0,23	0,15	0,07	1,42	ns
	<b>среднее</b>	<b>-0,23</b>	<b>0,12</b>	<b>0,13</b>	1,12	ns
Наибольший лист						
- длина	2016	-2,09	0,74	1,34	11,82*	0,87
	2017	-0,73	-0,73	1,46	3,91*	1,04
	2018	0,45	-0,01	-0,44	0,60	ns
	<b>среднее</b>	<b>-0,79</b>	<b>-0,02</b>	<b>0,79</b>	1,87	ns
- ширина	2016	-0,07	0,02	0,05	3,44*	0,06
	2017	-0,25	-0,06	0,31	6,09*	0,19
	2018	-0,09	0,13	-0,04	1,20	ns
	<b>среднее</b>	<b>-0,14</b>	<b>0,03</b>	<b>0,10</b>	1,71	ns
- площадь	2016	-21,88	8,41	13,47	32,11*	5,51
	2017	-16,27	5,51	21,78	5,24*	13,99
	2018	-3,96	7,29	-3,33	0,80	ns
	<b>среднее</b>	<b>-14,03</b>	<b>7,07</b>	<b>10,64</b>	4,16*	10,15
Кустистость						
- общая	2016	-0,003	0,013	-0,011	1,05	ns
	2017	-0,03	0,039	-0,009	0,56	ns
	2018	-0,071	0,045	0,026	4,98*	0,05
	<b>среднее</b>	<b>-0,034</b>	<b>0,032</b>	<b>0,002</b>	1,83	ns
- продуктивная	2016	-0,005	0,003	0,002	0,15	ns
	2017	-0,040	0,033	0,007	1,56	ns
	2018	-0,080	0,033	0,047	6,85*	0,04
	<b>среднее</b>	<b>-0,041</b>	<b>0,023</b>	<b>0,018</b>	2,78	ns

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . ns – различия не значимы.

ЦМС-линии различались по ОКС признака «общая и продуктивная кустистость» только в 2018 г. Отмечено, что линия А3 Желтозерное 10 характеризуется более низкими показателями: -0,071 и -0,080, соответственно. Наибольшие эффекты ОКС по кустистости в среднем за три года выявлены у линии А4 Желтозерное 10: общая – 0,033, продуктивная – 0,023.

Тип стерильности не оказывал значимого влияния на ОКС стерильных линий по урожайности как всей биомассы, так и ее компонентов (стеблей и листьев, метелок). Однако, более высокие эффекты ОКС отмечены у ЦМС-линии 9Е Желтозерное 10: биомассы – 1,04-1,66; стеблей – 0,68-1,12; листьев – 0,08-0,38; метелок – 0,05-0,29 (таблица 42).

Таблица 42 – Эффекты ОКС изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерное 10 на основе А3, А4 и 9Е типов цитоплазм по продуктивности, качеству биомассы и накоплению сахаров в соке стебля, 2016-2018 гг.

Признак	Год	Тип ЦМС			F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
		А3	А4	9Е		
Урожайность						
- биомассы	2016	-0,39	-0,64	1,04	2,68	ns
	2017	-0,48	-1,18	1,66	1,66	ns
	2018	-1,58	0,31	1,27	1,25	ns
	<b>среднее</b>	<b>-0,82</b>	<b>-0,50</b>	<b>1,32</b>	1,06	ns
- стеблей	2016	-0,09	-0,59	0,68	2,13	ns
	2017	-0,41	-0,96	1,37	1,86	ns
	2018	-1,25	0,13	1,12	0,83	ns
	<b>среднее</b>	<b>-0,58</b>	<b>-0,47</b>	<b>1,05</b>	0,91	ns
- метелок	2016	-0,26	-0,03	0,29	8,50*	0,15
	2017	0,24	-0,29	0,05	0,69	ns
	2018	-0,29	0,24	0,05	2,54	ns
	<b>среднее</b>	<b>-0,10</b>	<b>-0,02</b>	<b>0,13</b>	0,34	ns
- листьев	2016	-0,15	0,07	0,08	1,74	ns
	2017	-0,25	-0,14	0,38	2,35	ns
	2018	-0,04	-0,06	0,10	0,04	ns
	<b>среднее</b>	<b>-0,15</b>	<b>-0,04</b>	<b>0,19</b>	0,59	ns
Содержание в биомассе						
– сырого протеина	2016	-0,07	-0,16	0,23	17,16*	0,08
	2017	-0,01	-0,20	0,22	15,19*	0,09
	2018	-0,34	0,12	0,22	12,11*	0,14
	<b>среднее</b>	<b>-0,14</b>	<b>-0,08</b>	<b>0,22</b>	0,94	ns
– сырого жира	2016	0,01	-0,17	0,17	91,33*	0,03
	2017	-0,17	0,15	0,02	169,91*	0,02
	2018	-0,19	0,07	0,13	41,88*	0,04
	<b>среднее</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,02</b>	<b>0,11</b>	1,01	ns
Содержание в соке						
- сахаров	2016	0,15	0,02	-0,18	2,15	ns
	2017	-0,14	0,06	0,08	0,20	ns
	2018	0,15	0,08	-0,23	0,86	ns
	<b>среднее</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>-0,11</b>	0,13	ns

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . ns – различия не значимы.

Следует отметить, что существенное влияние тип ЦМС на эффекты ОКС по урожайности метелок оказывал в 2016 г. При этом, более высокие значения эффектов ОКС отмечены у линии 9Е Желтозерное 10 – 0,29.

Проведенные расчеты общей комбинационной способности материнских линий свидетельствуют об отсутствии цитоплазматического эффекта на накопление водорастворимых сахаров. В среднем за 3 года испытаний положительные эффекты ОКС установлены у ЦМС-линий на цитоплазмах А3 и А4 (0,05). Низкие значения эффектов ОКС по содержанию сахаров в соке главного стебля у 9Е Желтозерное 10 (-0,23 – - 0,08) в условиях 2016 и 2018 гг. и в среднем за 2016-2018 гг. В 2017 г. отрицательные эффекты ОКС по данному признаку наблюдались у А3 Желтозерное 10 – -0,14. Поскольку цитоплазма А3 в большинстве селекционных схем скрещиваний вызывает высокий уровень стерильности гибридного потомства, она может быть использована в программах по созданию высокосахаристых гибридов сорго [616].

Эффекты ОКС стерильных линий сорго по содержанию сырого протеина в биомассе различались ежегодно. Наибольшее значение отмечено у 9Е Желтозерное 10 – 0,22-0,23. Однако, в среднем за период исследований различия оказались не значимы. Преимущественное значение установлено также на цитоплазме 9Е по сравнению с А3 и А4 – 0,22 и -0,14 – -0,08, соответственно.

По накоплению сырого жира существенные цитоплазматические эффекты установлены в каждом сезоне: влияние цитоплазмы 9Е в более засушливые 2016 и 2018 гг. (0,13-0,17), а А4 – в 2017 г. (0,15), характеризующегося достаточной влагообеспеченностью. В среднем за три года различия между линиями не значимы. Наибольшее значение эффектов ОКС установлено также на цитоплазме 9Е по сравнению с А3 и А4 – 0,11 и -0,14 – 0,02, соответственно.

Среди опылителей высокая и средняя ОКС по комплексу селекционных признаков установлена у 8 отцовских форм (таблица 43-44).

Сорт Волжское 51 выделяется эффектами ОКС: длина соцветия – 0,49; урожайность биомассы – 5,50, стеблей – 4,34, листьев – 0,46, метелок –0,79; кустиность общая – 0,20 и продуктивная – 0,12; содержание сахаров – 0,96).

Таблица 43 – Эффекты ОКС сортов и линий-опылителей по селекционно-ценным признакам, среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Высота при созревании	Соцветие		Наибольший лист		
		длина	ширина	длина	ширина	площадь
Волжское51	3,52	0,51	0,12	-2,21	-0,23	-20,77
Флагман	9,95	1,16	-0,16	1,40	-0,89	-44,13
Чайка	-16,05	-1,29	-1,71	-4,10	-0,31	-32,41
Сахара	1,60	-0,46	-0,71	4,04	0,55	51,74
Саратовское90	-10,83	2,96	1,94	-2,16	0,22	4,08
Камышинское8	-8,79	-0,13	1,73	-1,65	-0,53	-36,06
Кинельское3	6,85	0,27	0,55	-3,70	-0,11	-21,13
к-64	17,60	1,99	1,05	1,69	-0,25	-4,25
Л-60/12	1,53	-0,97	-0,95	1,24	0,37	16,92
Л-39/12	3,85	-1,21	-1,28	3,43	0,11	13,88
Л-42/13	1,57	-1,70	-0,76	1,87	0,83	51,27
Л-59/13	-10,61	-1,04	-0,83	1,84	0,26	26,05
Л-52/13	-0,25	-0,09	1,03	-1,71	0,00	-5,17
F <sub>05</sub>	9,76*	6,93*	9,05*	3,75*	5,57*	5,81*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Сорт Сахара отличается эффектами по признакам наибольшего листа: площадь – 51,75, длина – 4,02, ширина – 0,54; содержания сахаров – 0,93. Саратовское 90 выделяется общей комбинационной способностью по ширине соцветия – 1,94; урожайности биомассы – 3,74, листьев – 0,66, метелок – 1,42; кустистости: общей – 0,24 и продуктивной – 0,16.

Камышинское 8 характеризуется высокой ОКС по ширине соцветия – 1,70; урожайности метелок – 2,02. Для создания гибридов с увеличенной семенной продуктивностью следует вовлекать в скрещивания сорт Флагман, у которого эффекты ОКС составили: урожайность метелок – 0,93; кустистость (общая – 0,15 и продуктивная – 0,123).

У селекционной линии Л-52/13 выявлены эффекты ОКС по ширине соцветия – 1,01; урожайности биомассы – 8,00, стеблей – 6,48, листьев – 1,46; у линии Л-42/13 (наибольший лист: площадь – 51,25, длина – 2,05, ширина – 0,84; урожайность метелок – 0,52 и содержание сахаров – 0,93). Коллекционный сортообразец к-64 отличается ОКС по высоте растений (17,61), длине соцветия (1,96), урожайности биомассы (2,20) и стеблей (4,18).

Таблица 44 – Эффекты ОКС сортов и линий-опылителей по селекционно-ценным признакам, среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Кустистость		Урожайность				Содержание сахаров в соке стебля	Содержание в биомассе	
	общая	продуктивная	биомасса	стебли	листья	метелки		сырой протеин	сырой жир
Волжское51	0,19	0,12	5,50	4,34	0,46	0,77	0,97	-0,70	-0,14
Флагман	0,15	0,12	1,00	1,32	-1,29	0,92	-1,40	-0,15	-0,06
Чайка	0,04	0,03	-6,76	-5,91	-0,36	-0,10	-2,23	—	—
Сахара	-0,08	-0,08	2,09	3,07	-0,24	-0,84	0,91	-0,67	-0,48
Саратовское90	0,24	0,16	3,73	1,55	0,65	1,41	-1,86	—	—
Камышинское8	0,03	0,00	-1,50	-2,74	-0,90	2,03	-3,61	—	—
Кинельское3	-0,07	-0,04	-1,25	-0,52	0,33	-0,75	0,59	0,45	0,07
к-64	-0,09	-0,06	2,20	4,17	-0,87	-1,17	0,66	—	—
Л-60/12	-0,13	-0,08	-4,55	-4,40	0,53	-0,76	1,02	-0,01	0,28
Л-39/12	-0,08	-0,01	1,10	0,38	1,60	-0,93	0,57	-0,60	-0,24
Л-42/13	-0,14	-0,10	-0,40	-1,25	0,22	0,51	2,41	1,07	-0,05
Л-59/13	-0,14	-0,10	-9,12	-6,52	-1,57	-1,10	1,74	0,12	0,32
Л-52/13	0,09	0,04	8,00	6,48	1,44	0,01	0,21	0,50	0,28
F <sub>05</sub>	6,45*	4,05*	4,15*	4,19*	4,14*	5,89*	8,39*	0,94	3,56*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .



Общая комбинационная способность отцовских форм, участвующих в скрещиваниях в каждый вегетационный сезон представлена в приложении 67.

**Специфическая комбинационная способность.** ЦМС-линии А4 и 9Е Желтозерное 10 выделились по высоте растений в фазу уборочной спелости: дисперсии СКС составили 50,69-54,21 (таблица 45). Более высокие показатели дисперсии СКС (71,61) в 2016 г. выявлены на цитоплазме А4. В 2017 г. А4 и 9Е Желтозерное 10 по специфической комбинационной способности отличались от А3 Желтозерное 10 – 41,38-41,74 против 36,91 (приложение 68).

Таблица 45 – Дисперсии СКС изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 на основе А3, А4 и 9Е типов цитоплазм, среднее за 2016-2018 гг.

Признак	Тип ЦМС		
	А3	А4	9Е
Высота при созревании	43,34	50,69	54,21
Соцветие			
- длина	1,01	1,03	1,25
- ширина	0,70	0,86	1,16
Лист наибольший:			
- длина	6,70	6,26	7,49
- ширина	0,16	0,19	0,15
- площадь	722,33	737,35	565,22
Кустистость			
- общая	0,011	0,011	0,009
- продуктивная	0,007	0,006	0,006
Урожайность			
- биомасса	9,45	18,00	17,16
- стебли	6,71	13,32	13,20
- метелки	0,94	0,73	0,50
- листья	0,90	0,63	0,73
Содержание сахаров в соке стебля	0,50	0,36	0,53
Содержание протеина в биомассе	0,43	0,42	0,62
Содержание жира в биомассе	0,07	0,09	0,07

ЦМС-линии сорго с геномом Желтозерного 10 и типами стерильных цитоплазм А3, А4 и 9Е различались по СКС длины и ширины соцветия: 1,01-1,25 и 0,70-1,16, соответственно. Более высокие показатели у 9Е Желтозерное 10 по сравнению с аналогами на А3 и А4 типах стерильных цитоплазм. В 2016-

2017 гг. высокая дисперсия СКС по длине соцветия отмечена у линии 9Е Желтозерное 10 – 1,15-2,28, а в 2017-2018 гг. – по ширине соцветия (0,80-1,85) (приложение 68).

По длине наибольшего листа более высокие дисперсии СКС выявлены у 9Е Желтозерное 10 (7,49), по ширине и площади – А4 Желтозерное 10 (0,19 и 737,35, соответственно). Причем, повышенные показатели дисперсии СКС по длине листа на цитоплазме 9Е установлены в 2016 и 2018 гг. (6,70-13,99). По значениям дисперсий СКС ширины наибольшего листа в 2016 г. выделилась цитоплазма А3 (0,25), тогда как в 2018 г. – зафиксировано снижение значений (0,13) в сравнении с А4 и 9Е. По площади наибольшего листа высокие дисперсии СКС установлены на цитоплазме 9Е – 554,86-863,44 (приложение 68).

Отмечено снижение дисперсий СКС по кустистости у линии на основе цитоплазмы А4 в сравнении с А3 и 9Е. Значения специфической комбинационной способности у линии А4 Желтозерное 10 составили: по общей кустистости 0,001-0,008, продуктивной – 0,009.

Более низкие дисперсии СКС по урожайности всей биомассы отмечены у стерильной линии на цитоплазме А3 по сравнению с цитоплазмами А4 и 9Е: 9,45 и 17,16-18,00, соответственно. Аналогичная тенденция проявилась и в условиях 2016 и 2018 гг. (приложение 68). В 2017 г. наибольшие значения дисперсий СКС наблюдались на цитоплазмах А3 и А4 (13,15-14,08) по сравнению с цитоплазмой 9Е (6,18). Также более низкие показатели выявлены у стерильной линии А3 Желтозерное 10 по урожайности стеблей: 6,71 против 13,20-13,32 у аналогов на цитоплазмах А4 и 9Е. Снижение дисперсий СКС у А3 Желтозерное 10 отмечено в условиях 2016 и 2018 гг. – 2,31 против 7,45-7,65 и 10,05 и 24,78-28,70, соответственно. Вместе с тем, в 2017 г. более высокие дисперсии выявлены у ЦМС-линий на цитоплазмах А3 и А4 – 7,54-7,77 (приложение 77). По урожайности метелок и листьев выделилась линия с цитоплазмой А3 – 0,94 и 0,90, соответственно. Установлено, что наибольшие дисперсии СКС по урожайности листьев в 2016 г. у линии 9Е Желтозерное 10 (0,42), а в 2018 г у линии А3 Желтозерное 10 (0,72).

В среднем за период 2016-2018 гг. наибольшие дисперсии СКС по содержанию водорастворимых сахаров отмечены у ЦМС-линий с цитоплазмами А3 и 9Е – 0,50-0,53 по сравнению с 0,36 на цитоплазме А4. При этом, в 2016 г. выделилась цитоплазма 9Е (0,94), а в 2017-2018 гг. цитоплазма А3 (0,44-0,68) (приложение 68).

По содержанию сырого протеина в биомассе наблюдалось, что более высокие показатели у 9Е Желтозерное 10 (0,62), тогда как показатели дисперсий ЦМС-линии на цитоплазмах А3 и А4 оказались практически одинаковыми (0,42-0,43). Проявление цитоплазматических эффектов было неоднозначным в условиях отдельных сезонов, различающихся по режиму влагообеспеченности: преимущество цитоплазмы 9Е по данному признаку отмечено в условиях 2017 г. (1,09) с ГТК=1,005; цитоплазмы А3 в 2016 г. (0,34) с ГТК=0,508; цитоплазмы А4 в 2018 г. (0,62) с ГТК=0,684.

Дисперсии СКС по содержанию сырого жира оказались близкими по значению, однако более высокий показатель у А4 Желтозерное 10 (0,09) по сравнению с А3 и 9Е Желтозерное 10 (0,07). Кроме того, у ЦМС-линии с цитоплазмой А4 аналогичная тенденция отмечена в 2016 г. и 2018 гг. – 0,07-0,11 (приложение 68). В 2017 г. у линии на цитоплазме 9Е выявлено увеличение дисперсий СКС по содержанию сырого жира (0,10). Вместе с тем, в работе американских исследователей описано отсутствие эффекта стерильных цитоплазм А1, А2 и А3 на биохимические показатели качества биомассы [418].

Высокие значения дисперсий СКС по комплексу основных селекционных признаков выявлены у 9 опылителей, среди которых выделился сорт Флагман: длина соцветия – 2,06; длина наибольшего листа – 9,78; урожайность биомассы – 9,79, стеблей – 6,39, метелок – 1,53; содержание сахаров – 0,58 (таблицы 46-47).

Сорт Саратовское 90 характеризуется наибольшими дисперсиями по ширине соцветия – 2,40; длине (13,86) и ширине (0,19) наибольшего листа; урожайности биомассы – 21,77, стеблей – 16,50).

Таблица 46 – Дисперсии СКС сортов и линий-опылителей по морфометрическим признакам, среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Высота при созревании	Соцветие		Наибольший лист		
		длина	ширина	длина	ширина	площадь
Волжское51	46,65	1,55	0,89	8,87	0,22	1217,61
Флагман	90,83	3,25	1,17	11,81	0,13	676,29
Чайка	54,29	0,35	1,26	4,33	0,11	420,78
Сахара	53,11	1,93	0,37	12,23	0,46	1450,73
Саратовское90	28,66	2,78	4,24	9,32	0,23	753,97
Камышинское8	29,04	2,11	0,71	11,83	0,10	480,39
Кинельское3	31,13	0,45	1,21	2,70	0,17	1046,75
к-64	109,09	1,56	2,00	22,57	0,11	997,47
Л-60/12	94,84	1,16	1,27	2,49	0,67	1839,09
Л-39/12	42,15	0,39	0,46	3,99	0,29	890,05
Л-42/13	58,09	1,76	0,16	2,99	0,25	529,08
Л-59/13	167,15	1,45	0,87	22,04	0,29	1434,10
Л-52/13	51,07	0,95	1,77	8,18	0,03	413,14

Коллекционный сортообразец к-64 отличился значениями дисперсий СКС по длине наибольшего листа – 13,24; продуктивной кустистости – 0,006; содержанию сахаров – 0,55).

Волжское 51 выделяется дисперсиями по площади (966,25) наибольшего листа, ширине (0,16) и длине (15,65); урожайности листьев (1,29); общей кустистости (0,02), а сорт Сахара по урожайности листьев (0,60) и содержанию сырого протеина в биомассе (0,83).

У селекционной линии Л-52/13 дисперсии СКС по урожайности биомассы составили 8,66, стеблей – 4,09, листьев – 1,79, метелок – 0,98; продуктивной кустистости – 0,008); а у линии Л-42/13 по длине соцветия – 1,56; ширине наибольшего листа – 0,17).

У линии Л-60/12 выявлены дисперсии СКС по высоте растений – 60,91; площади наибольшего листа – 1296,98; содержанию сахаров в соке – 0,77); Л-39/12 по урожайности биомассы – 10,42, стеблей – 12,51 и листьев – 0,64.

Дисперсии СКС сортов и линий сахарного сорго в каждый сезон вегетации представлены в приложении 69.

Таблица 47 – Дисперсии СКС сортов и линий-опылителей по продуктивности и качеству продукции, среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Кустистость		Урожайность				Содержание сахаров в соке стебля	Содержание в биомассе	
	общая	продуктивная	биомасса	стебли	листья	метелки		сырой протеин	сырой жир
Волжское51	0,02	0,02	10,43	10,35	1,78	1,08	0,41	0,78	0,14
Флагман	0,00	0,01	19,91	9,93	1,07	2,37	2,23	0,73	0,13
Чайка	0,04	0,01	8,95	10,90	0,50	0,53	0,41	—	—
Сахара	0,01	0,00	14,58	7,88	1,25	0,72	0,60	0,83	0,04
Саратовское90	0,03	0,01	69,03	53,35	0,17	1,16	0,21	—	—
Камышинское8	0,00	0,00	8,47	9,26	0,17	2,11	0,32	—	—
Кинельское3	0,01	0,01	25,75	9,49	1,65	0,48	0,54	0,34	0,07
к-64	0,01	0,01	5,77	5,13	0,52	0,60	0,96	—	—
Л-60/12	0,01	0,01	12,82	8,06	1,20	0,21	0,92	0,82	0,14
Л-39/12	0,01	0,02	36,98	39,49	1,25	0,90	0,27	0,50	0,09
Л-42/13	0,01	0,00	4,97	3,06	0,48	0,21	0,45	0,13	0,06
Л-59/13	0,00	0,00	3,71	3,50	0,03	0,70	0,33	1,15	0,04
Л-52/13	0,01	0,02	46,33	28,99	3,59	1,97	0,73	0,61	0,19

**Эффекты СКС гибридов F1.** Отбор лучших комбинаций по эффектам СКС распространен среди селекционеров. Так, в южной Африке селекционеры отдавали предпочтение гибридам сахарного сорго на стерильной основе с высокими и средними эффектами СКС [471]. Используя данные эффектов СКС в Индии выделены гибриды кормового сорго с низким содержанием синильной кислоты, высоким содержанием белка в биомассе и сахаров [494].

Для использования на силос в смеси (например, с кукурузой) или зеленый корм рекомендуется включить гибриды F1, обладающие высокорослостью, облиственностью, формирующие высокую биомассу с хорошим биохимическим составом (рисунок 43).



9E Желтозерное 10/Флагман



9E Желтозерное 10/Л-39/12

Рисунок 43 – Общий вид гибридов F1 сахарного сорго силосного направления

В результате оценки эффектов СКС выделены перспективные комбинации (таблицы 48-50; приложения 70-75).

1. 9Е Желтозерное 10/Л-39/12. Высокие эффекты СКС составили по урожайности биомассы – 3,66, урожайности стеблей – 3,87, общей кустистости – 0,08, площади наибольшего листа – 11,83 и высоте растений – 5,40.
2. 9Е Желтозерное 10/Флагман выделился высокими эффектами СКС по урожайности (биомассы– 3,46, стеблей – 1,81, метелок – 0,97, листьев – 0,63), содержанию сырого протеина (0,82) и жира (0,36) в биомассе.
3. У гибрида А3 Желтозерное 10/Л-52/13 выявлены высокие эффекты СКС по высоте растений (3,82), параметрам наибольшего листа (длине – 1,67, ширине – 0,07, площади – 14,76), урожайности (биомассы – 1,82 и стеблей – 1,62, метелок – 1,12), содержанию сырого протеина (0,73) и жира (0,43) в биомассе.
4. А4 Желтозерное 10/Саратовское 90. Эффекты СКС по высоте растений – 2,06, урожайности (биомассы – 4,64, стеблей – 4,11, метелок – 0,80) и среднее по содержанию сахаров в соке стебля – 0,04.

Сахарное сорго характеризуется фотосинтетической эффективностью, необходимой для формирования высокоэнергетической биомассы и содержанием водорастворимых сахаров в соке главного стебля (18-22%). Селекционная и хозяйственная ценность культуры позволяет ее использовать как альтернативное сырье для производства сахаристых продуктов (сироп, патока, мед) и видов биотоплива (биоэтанол и биобутанол, биогаз, топливные пеллеты и т.д.). В этом направлении целесообразно использовать гибриды с высокой урожайностью стеблей и содержанием сахаров в соке главного стебля:

1. А4 Желтозерное 10/Л-60/12 отличается следующими высокими эффектами СКС по высоте растений – 8,90, длине и ширине соцветия – 0,37 и 0,80, соответственно, параметрам наибольшего листа (длина – 1,20, ширина – 0,37, площадь – 39,57), содержанию водорастворимых сахаров – 0,66 (рисунок 44).
2. А3 Желтозерное 10/Флагман, обладает высокой СКС по высоте растений – 4,55, параметрам наибольшего листа (длине – 3,55, ширине – 0,13, площади – 25,23), урожайности стеблей – 1,08, содержанию сахаров – 0,71.

Таблица 48 – Эффекты СКС гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е по морфометрическим признакам, среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Высота при созревании			Соцветие						Наибольший лист								
				длина			ширина			длина			ширина			площадь		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Волжское51	-2,21	-3,18	5,40	0,03	-0,71	0,69	-0,20	0,19	0,01	-0,30	-2,22	2,52	-0,20	-0,26	0,46	-9,24	-25,41	34,65
Флагман	4,55	-2,02	-2,53	0,98	0,66	-1,65	-0,17	0,45	-0,27	3,55	-2,20	-1,36	0,13	-0,14	0,01	25,22	-18,59	-6,63
Чайка	0,52	-4,09	3,56	0,03	0,01	-0,04	-0,20	-0,17	0,38	-0,04	0,80	-0,76	0,05	0,08	-0,13	7,16	4,83	-11,99
Сахара	-3,89	1,17	2,72	-1,05	0,15	0,90	-0,30	-0,31	0,61	-0,85	1,49	-0,63	-0,48	0,30	0,18	-30,09	23,61	6,47
Саратовское90	0,27	2,06	-2,34	-0,58	0,60	-0,02	-1,31	-0,35	1,66	0,11	-1,68	1,57	-0,19	0,25	-0,07	-5,93	3,47	2,46
Камышинское8	-3,94	0,43	3,51	0,35	0,22	-0,57	0,50	0,06	-0,56	-2,03	1,01	1,02	0,00	-0,03	0,02	-1,98	-4,49	6,47
Кинельское3	-1,38	-0,05	1,43	0,11	-0,45	0,33	0,85	-0,63	-0,21	-0,31	0,16	0,14	-0,02	-0,08	0,10	-0,25	-6,39	6,64
к-64	4,37	-3,80	-0,57	-0,14	-0,47	0,61	0,18	-0,10	-0,08	0,43	1,48	-1,91	-0,01	0,13	-0,12	3,34	10,97	-14,31
Л-60/12	-3,42	8,90	-5,47	-0,63	0,37	0,28	-0,26	0,80	-0,55	-1,18	1,20	-0,02	-0,03	0,37	-0,34	-30,93	39,57	-8,64
Л-39/12	-1,78	-3,62	5,40	0,08	-0,23	0,14	0,37	-0,31	-0,06	-0,21	0,33	-0,12	0,36	-0,37	0,01	-2,56	-9,26	11,83
Л-42/13	0,62	-2,07	1,44	0,58	-1,41	0,83	0,22	-0,29	0,07	-1,44	0,80	0,65	0,27	0,14	0,19	17,15	-16,59	-0,56
Л-59/13	2,49	3,35	-5,83	0,05	0,70	-0,76	0,42	0,38	-0,80	0,61	-1,35	0,73	0,04	0,29	-0,33	13,37	6,04	-19,41
Л-52/13	3,82	2,91	-6,73	0,17	0,57	-0,75	-0,10	0,29	-0,19	1,67	0,18	-1,85	0,07	-0,09	0,02	14,76	-7,77	-6,98
F05	0,45			0,77			0,96			1,12			0,73			0,79		



Таблица 49 – Эффекты СКС гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е по продуктивности, среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Кустистость						Урожайность											
	общая			продуктивная			биомасса			стебли			метелки			листья		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Волжское51	-0,16	0,09	0,08	-0,06	0,01	0,05	-0,56	-0,91	1,46	-0,35	-1,92	2,27	0,08	-0,23	0,15	-0,45	1,27	-0,82
Флагман	0,01	0,04	-0,05	-0,07	0,07	-0,01	-0,83	-2,62	3,46	1,08	-2,89	1,81	-1,40	0,43	0,97	-0,46	-0,17	0,63
Чайка	-0,04	0,09	-0,05	0,04	-0,04	0,01	1,31	-0,51	-0,80	0,92	0,11	-1,03	0,33	-0,62	0,30	-0,40	-0,07	0,47
Сахара	0,08	0,00	-0,08	0,02	0,01	-0,03	-0,47	0,65	-0,18	-1,57	0,55	1,02	-0,11	0,45	-0,34	0,88	-0,33	-0,56
Саратовское90	0,08	-0,09	0,01	0,00	-0,06	0,06	-0,01	4,64	-4,62	-0,02	4,11	-4,09	-0,38	0,80	-0,42	0,39	-0,21	-0,18
Камышинское8	0,00	0,02	-0,03	0,04	-0,03	-0,01	-0,48	3,00	-2,52	-1,19	3,26	-2,07	0,86	-0,39	-0,48	-0,12	0,14	-0,02
Кинельское3	-0,02	0,09	-0,07	0,01	0,05	-0,06	-1,07	0,58	0,49	0,33	-0,48	0,15	-0,33	-0,18	0,51	-0,22	0,88	-0,65
к-64	0,08	-0,03	-0,04	0,08	0,00	-0,08	0,30	-0,55	0,25	0,63	-0,35	-0,28	-0,17	-0,06	0,23	-0,15	-0,09	0,25
Л-60/12	0,07	-0,04	-0,02	0,06	-0,04	-0,03	1,20	-1,12	-0,08	0,61	-0,64	0,03	0,08	-0,07	-0,34	0,51	-0,36	-0,15
Л-39/12	-0,06	-0,05	0,11	-0,05	-0,03	0,08	-2,37	-1,29	3,66	-2,92	-0,96	3,87	-0,28	0,54	-0,25	0,85	-0,76	-0,09
Л-42/13	0,02	-0,04	0,02	0,00	0,01	-0,01	0,45	1,30	-1,76	0,39	0,95	-1,35	-0,15	0,14	0,02	0,19	0,25	-0,45
Л-59/13	0,02	-0,03	0,01	0,02	0,00	-0,02	0,71	0,26	-0,97	0,46	0,52	-0,98	0,36	-0,32	-0,04	-0,08	0,04	0,05
Л-52/13	-0,08	-0,03	0,12	-0,09	0,04	0,06	1,82	-3,43	1,61	1,62	-2,26	0,64	1,12	-0,50	-0,62	-0,93	-0,60	1,53
F05	0,79			0,55			0,34			0,41			0,68			0,70		

Таблица 50 – Эффекты СКС гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е по содержанию питательных веществ в биомассе и сахаров в соке стебля, среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Содержание сахаров в соке			Содержание в биомассе					
				сырой протеин			сырой жир		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Волжское51	-0,35	0,41	-0,06	0,04	-0,48	0,43	0,13	-0,27	0,13
Флагман	0,71	0,11	-0,82	-0,57	-0,25	0,82	-0,10	-0,26	0,36
Чайка	-0,15	-0,32	0,47	–	–	–	–	–	–
Сахара	0,30	-0,20	-0,11	0,11	-0,02	-0,09	0,14	0,04	-0,18
Саратовское90	-0,13	0,04	0,10	–	–	–	–	–	–
Камышинское8	-0,58	0,52	0,05	–	–	–	–	–	–
Кинельское3	0,19	0,23	-0,41	-0,29	0,53	-0,23	-0,14	0,30	-0,16
к-64	0,75	-0,72	-0,02	–	–	–	–	–	–
Л-60/12	-1,01	0,66	0,35	-0,27	-0,47	0,74	-0,14	-0,12	0,25
Л-39/12	0,18	0,08	-0,26	0,03	0,42	-0,45	-0,06	0,26	-0,20
Л-42/13	0,10	-0,53	0,43	0,04	0,18	-0,22	-0,23	0,17	0,07
Л-59/13	0,30	-0,17	-0,14	0,18	0,26	-0,44	-0,03	0,16	-0,13
Л-52/13	-0,30	-0,10	0,40	0,73	-0,18	-0,56	0,43	-0,29	-0,14
F <sub>05</sub>	0,25			0,75			1,15		



А4 Желтозерное 10/Л-60/12



9Е Желтозерное 10/Л-52/13

Рисунок 44 – Общий вид гибридов F1 сахарного сорго с высоким содержанием сахаров в соке стебля

3. А4 Желтозерное 10/Камышинское 8, отличающийся высокими эффектами СКС по урожайности биомассы (3,00), стеблей (3,26) и содержанию сахаров в соке стебля (0,52).

В генетическом контроле селекционно-ценных признаков у родительских форм в этой схеме скрещиваний отмечено преобладание аддитивных эффектов над неаддитивными, что подтверждается полученными отношениями среднеквадратических отклонений ОКС и СКС по параметрам соцветия (1,16-9,41) и наибольшего листа (1,68-7,71), общей и продуктивной кустистости (2,17-8,00), урожайности стеблей и всей биомассы (2,21-12,17), содержание сырого протеина и жира в биомассе (1,25-3,99) (приложение 76). Оценка комбинационной способности родительских форм гибридов сахарного сорго, испытываемых в Индии показали, что аддитивное действие генов наблюдалось по урожайности стеблей, содержанию сахаров; неаддитивное – по урожайности общей биомассы, зерна [585].

### **5.1.2 Гибриды с ЦМС-линиями А1, А2, А3, А4, А5 и А6 Карлика 4в**

**Влияние типов стерильных цитоплазм на проявление селекционных признаков гибридов F1 с сортом Восторг.** Для выявления влияния типа стерильной цитоплазмы проанализированы основные селекционные признаки у 6 гибридов в течение 2016-2018 гг. расчет проведен методом двухфакторного анализа (фактор А – тип ЦМС, фактор В – условия года). Так, по высоте растений через 30 дней после всходов различия между изоядерными гибридами отсутствовали как в отдельные сезоны, так и в среднем за три года изучения. Значения признака варьировали в интервале 42,3-44,8 см (таблица 51).

Следует отметить, что условия года оказали существенное влияние на интенсивность начального роста растений. Распределение значений по годам исследований можно представить следующим образом: 2016 > 2018 > 2017 г. При этом, вклад средового фактора в общую изменчивость признака составила 58,9%, а взаимодействие «тип ЦМС × условия года» – 13,0% (рисунок 45).

Таблица 51 – Эффект стерильной цитоплазмы на высоту растений и параметры соцветия гибридов F1, 2016-2018 гг.

Тип ЦМС (фактор А)	Год (фактор В)	Высота растений, см		Параметры соцветия, см		Выдвинутость ножки соцветия, см
		через 30 дней	при созревании	длина	ширина	
А1	2016	47,9	120,6 d-i	21,1 ab	10,8	19,4 ghi
	2017	39,7	126,2 hi	25,1 fgh	10,4	17,2 efg
	2018	43,1	107,4 a	24,9 d-h	11,9	16,2 b-f
<b>Среднее по А1</b>		<b>43,6</b>	<b>118,0</b>	<b>23,7</b>	<b>11,0</b>	<b>17,6</b>
А2	2016	42,5	116,2 a-h	22,1 a-f	12,5	14,4 a-e
	2017	36,4	125,9 ghi	26,5 gh	11,6	19,3 ghi
	2018	47,9	110,9 a-d	27,7 h	10,7	14,0 abc
<b>Среднее по А2</b>		<b>42,3</b>	<b>117,7</b>	<b>25,4</b>	<b>11,6</b>	<b>15,9</b>
А3	2016	50,4	118,6 b-h	20,9 ab	10,2	20,7 hi
	2017	34,1	126,8 hi	24,6 c-h	11,5	19,0 f-i
	2018	45,9	107,6 a	26,2 gh	11,5	14,0 abc
<b>Среднее по А3</b>		<b>43,5</b>	<b>117,7</b>	<b>23,9</b>	<b>11,0</b>	<b>17,9</b>
А4	2016	47,9	111,6 a-d	20,6 ab	10,9	16,8 c-g
	2017	37,1	123,4 f-i	26,3 gh	12,2	17,0 d-g
	2018	43,0	107,6 a	23,7 b-g	11,4	11,9 a
<b>Среднее по А4</b>		<b>42,7</b>	<b>114,2</b>	<b>23,5</b>	<b>11,5</b>	<b>15,2</b>
А5	2016	50,6	120,1 d-h	19,1 a	10,7	21,5 i
	2017	38,6	131,1 i	25,7 gh	11,4	19,3 ghi
	2018	45,2	118,7 c-h	25,7 gh	9,9	18,1 fgh
<b>Среднее по А5</b>		<b>44,8</b>	<b>123,3</b>	<b>23,5</b>	<b>10,7</b>	<b>19,6</b>
А6	2016	53,9	112,9 a-f	20,7 ab	11,7	17,2 efg
	2017	34,8	123,4 e-i	25,0 e-h	12,8	17,3 efg
	2018	42,2	110,9 a-d	25,1 fgh	10,0	13,1 a
<b>Среднее по А6</b>		<b>43,6</b>	<b>115,7</b>	<b>23,6</b>	<b>11,5</b>	<b>15,9</b>
Средние значения по годам исследований:						
	2016	48,9	116,7	20,7	11,1	18,3
	2017	36,8	126,1	25,6	11,6	18,2
	2018	44,5	110,5	25,6	10,9	14,5
F <sub>05(A)</sub>		0,26	2,61*	1,38	0,34	9,64*
HCP <sub>05</sub>		ns	5,51	ns	ns	1,51
F <sub>05(B)</sub>		25,60*	34,35*	38,50*	0,71	32,47*
HCP <sub>05</sub>		3,49	3,89	1,23	ns	1,06
F <sub>05(AB)</sub>		1,23	0,58	0,72	0,66	3,05*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . ns – различия не значимы. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Анализ высоты растений в период созревания за 2016-2018 гг. показал, что гибриды на цитоплазме А5 были значимо выше гибридов на цитоплазмах А1, А2, А3, А4, А6: 123,3 см против 114,2-118,0 см, соответственно. Причем, аналогичная зависимость отмечена в условиях 2017 и 2018 гг. Следует отметить, что вклад «тип ЦМС» в общую изменчивость признака составил 11,0%.

Условия года также отразились на высоте растений: наибольшее значение признака (126,1 см) установлено в 2017 г., характеризующегося высоким гидротермическим коэффициентом, по сравнению с 2016 и 2018 гг. – 110,5-116,7 см. При этом, доля фактора в формировании признака составила 58,9%.

Из параметров соцветия влияние стерильной цитоплазмы установлено только на длину соцветия в 2018 г.: гибриды на цитоплазме А2 отличались большей длиной соцветия (27,7 см) по сравнению с гибридами на цитоплазме А4 (23,7 см). В среднем за три года исследований различия отсутствовали: длина соцветия варьировала в интервале 23,5-25,4 см. При этом вклад в формирование признака фактора А и АВ оказался равнозначным – по 5,6%. Сравнение длины соцветий в среднем по комбинациям в каждый сезон исследований показало существенное влияние условий года (доля фактора составила 62,0%): более короткие соцветия образовывались в засушливом 2016 г.

На выдвинутость ножки соцветия в среднем за 2016-2018 гг. цитоплазматический эффект оказал влияние аналогично высоте растений при созревании. Гибриды на цитоплазме А5 характеризовались более длиной ножкой соцветия по сравнению с гибридами на цитоплазмах А1, А2, А3, А4, А6: 19,6 см и 15,2-17,9 см, соответственно. Доля генотипического фактора составила 27,2%. Кроме того, в 2016 г. цитоплазма А2 значительно снижала выдвинутость ножки (14,4 см) в сравнении с гибридами на цитоплазмах А1, А3 и А5 (19,4-21,5 см). В 2018 г. наименьшее значение признака отмечено у гибридов на цитоплазмах А2, А3, А4 и А6 (11,9-14,0 см) по сравнению с цитоплазмой А5 (18,1 см). Условия года также оказали достоверное влияние на величину признака, при этом вклад фактора составил 36,7% (рисунок 45). Наименьшая величина выдвинутости ножки отмечена в 2018 г. – 14,5 см.

Сравнение гибридов по параметрам наибольшего листа показало влияние типа цитоплазмы на длину и площадь листа только в отдельные годы. Так, в 2016 г. длина листа у гибрида на цитоплазме А2 (62,7 см) оказалась значимо больше, чем у гибридов на А1, А3, А4 и А5 (51,6-56,0 см), а длина листа у гибрида на цитоплазме А6 (59,0 см) оказалась меньше гибрида на цитоплазме

A5 (таблица 52). В среднем за 2016-2018 гг. различия между гибридами оказались незначимыми, доля генотипического фактора в общей изменчивости признака составила всего 4,9% (рисунок 45). Средовый фактор в большей степени повлиял на длину наибольшего листа (доля фактора – 38,0%): более короткие листья сформированы в 2018 г. (48,2 см), а длинные – в 2016 г. (56,4 см).

Таблица 52 – Влияние стерильной цитоплазмы на параметры фотосинтетического аппарата гибридов F1, 2016-2018 гг.

Тип ЦМС (фактор А)	Год (фактор В)	Наибольший лист			Флаговый лист		
		длина, см	ширина, см	площадь, см <sup>2</sup>	длина, см	ширина, см	площадь, см <sup>2</sup>
A1	2016	56,0 def	5,6	235,5 a-f	31,6 a	3,7 a	87,1 ab
	2017	53,6 c-f	6,1	243,7 b-f	33,9 abc	4,8 de	122,2 a-e
	2018	45,1 ab	5,4	181,5 ab	33,1 abc	4,8 de	118,4 a-d
<b>Среднее по A1</b>		<b>51,6</b>	<b>5,7</b>	<b>220,2</b>	<b>32,9</b>	<b>4,4</b>	<b>109,2</b>
A2	2016	62,7 g	6,4	296,6 f	41,1 e	4,8 cde	147,2 c-f
	2017	48,9 a-d	5,8	213,0 a-d	35,4 a-e	5,7 ghi	149,3 def
	2018	44,1 a	5,2	169,4 a	32,8 abc	4,6 b-e	112,4 a-d
<b>Среднее по A2</b>		<b>51,9</b>	<b>5,8</b>	<b>226,3</b>	<b>36,4</b>	<b>5,0</b>	<b>136,3</b>
A3	2016	53,8 c-f	5,7	227,4 a-d	33,9 abc	4,2 a-d	74,2 a
	2017	47,3 abc	5,3	185,1 abc	32,2 ab	5,2 efg	124,1 a-e
	2018	50,3 a-e	5,5	206,5 abc	33,6 abc	4,6 b-e	114,9 a-d
<b>Среднее по A3</b>		<b>50,4</b>	<b>5,5</b>	<b>206,3</b>	<b>33,2</b>	<b>4,7</b>	<b>104,4</b>
A4	2016	55,3 def	5,7	235,8 a-f	35,2 a-d	4,0 ab	105,1 a-d
	2017	56,3 ef	7,0	293,6 ef	38,0 b-e	5,9 hi	171,4 ef
	2018	49,6 a-e	5,6	205,7 abc	34,6 a-d	4,4 b-e	114,4 a-d
<b>Среднее по A4</b>		<b>53,7</b>	<b>6,1</b>	<b>245,0</b>	<b>35,9</b>	<b>4,8</b>	<b>130,3</b>
A5	2016	51,6 b-e	5,4	207,7 a-d	30,9 a	4,0 ab	92,3 ab
	2017	52,4 c-f	6,1	240,7 b-f	40,1 de	6,3 i	187,8 f
	2018	50,7 a-e	5,6	212,7 a-d	34,5 a-d	4,6 b-e	119,5 a-d
<b>Среднее по A5</b>		<b>51,6</b>	<b>5,7</b>	<b>220,4</b>	<b>35,2</b>	<b>5,0</b>	<b>133,2</b>
A6	2016	59,0 fg	6,2	272,9 d-f	38,6 cde	4,4 a-d	126,7 b-e
	2017	52,5 c-f	6,4	251,2 c-f	35,2 a-e	5,7 f-i	149,3 def
	2018	49,6 a-e	5,6	205,4 abc	32,8 abc	4,9 de	121,1 a-e
<b>Среднее по A6</b>		<b>53,7</b>	<b>6,0</b>	<b>243,2</b>	<b>35,5</b>	<b>5,0</b>	<b>132,4</b>
Средние значения по годам исследований:							
	2016	56,4	5,8	245,9	35,2	4,2	105,4
	2017	51,8	6,1	237,9	35,8	5,6	150,7
	2018	48,2	5,5	196,8	33,5	4,7	116,8
F <sub>05(A)</sub>		0,99	1,33	1,54	1,81	3,64*	2,59*
HCP <sub>05</sub>		ns	ns	ns	ns	0,36	25,65
F <sub>05(B)</sub>		19,27*	5,10	9,68*	2,30	67,79*	15,19*
HCP <sub>05</sub>		2,48	ns	23,2	ns	0,26	18,14
F <sub>05(AB)</sub>		2,79*	1,41	2,37*	2,57*	3,31*	1,92

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . ns – различия не значимы. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

На ширину наибольшего листа изучаемые факторы не оказали существенного влияния. В среднем за 2016-2018 гг. величина признака у гибридов варьировала в интервале 5,5-6,1 см, причем наибольшая ширина листа выявлена у гибрида А4 Карлик 4в/Восторг, а более узкие листья у аналога на цитоплазме А3. Сравнение признака по годам исследований показало увеличение признака в условиях 2017 г. (6,1 см), хотя различия оказались незначимыми.

По площади наибольшего листа цитоплазматические различия наблюдались только в отдельные сезоны. Так, в 2016 г. площадь листа у гибридов на цитоплазмах А3 и А5 оказалась ниже, чем у гибрида на А2: 207,7-227,4 см<sup>2</sup> против 296,6 см<sup>2</sup>, соответственно. В 2017 г. гибриды на цитоплазмах А2 и А3 характеризовались меньшей площадью листа по сравнению с аналогом на цитоплазме А4: 185,1-213,0 см<sup>2</sup> и 293,6 см<sup>2</sup>, соответственно. Доля фактора «тип ЦМС» в общей изменчивости признака составила 9,5% (рисунок 45). Средовый фактор оказался более значимым: вклад в формирование признака «площадь наибольшего листа» составил 24,0%. При этом, более крупные листья выявлены в 2016-2017 гг. – 237,9-245,9 см<sup>2</sup>.

Гибриды в среднем за период изучения не различались по длине флагового листа (32,9-36,4 см). Влияние «типа ЦМС» и «условий года» отсутствовали. Отмечено взаимодействие факторов, в результате которого выявлены цитоплазматические эффекты в отдельные годы. В 2016 г. гибрид на А2 характеризовался большей величиной признака (41,1 см) по сравнению с аналогами на А1, А3, А4 и А5 (30,9-35,2 см). В 2017 г. гибрид на цитоплазме А5 отличался более длинными листьями (38,0 см) по сравнению с А1 и А3 (32,2-33,9 см).

Цитоплазматический эффект оказался значимым на ширину флагового листа. В среднем за три года гибриды на цитоплазмах А2, А5 и А6 отличались более широкими флаговыми листьями (5,0 см) в сравнении с гибридом на цитоплазме А1 (4,4 см). Доля генотипического фактора в общей изменчивости признака составила 8,4% (рисунок 45). Также данный признак был различным в зависимости от условий года выращивания гибридов, доля этого фактора – 62,4%. В 2017 г. установлена наибольшая ширина флагового листа – 5,6 см.

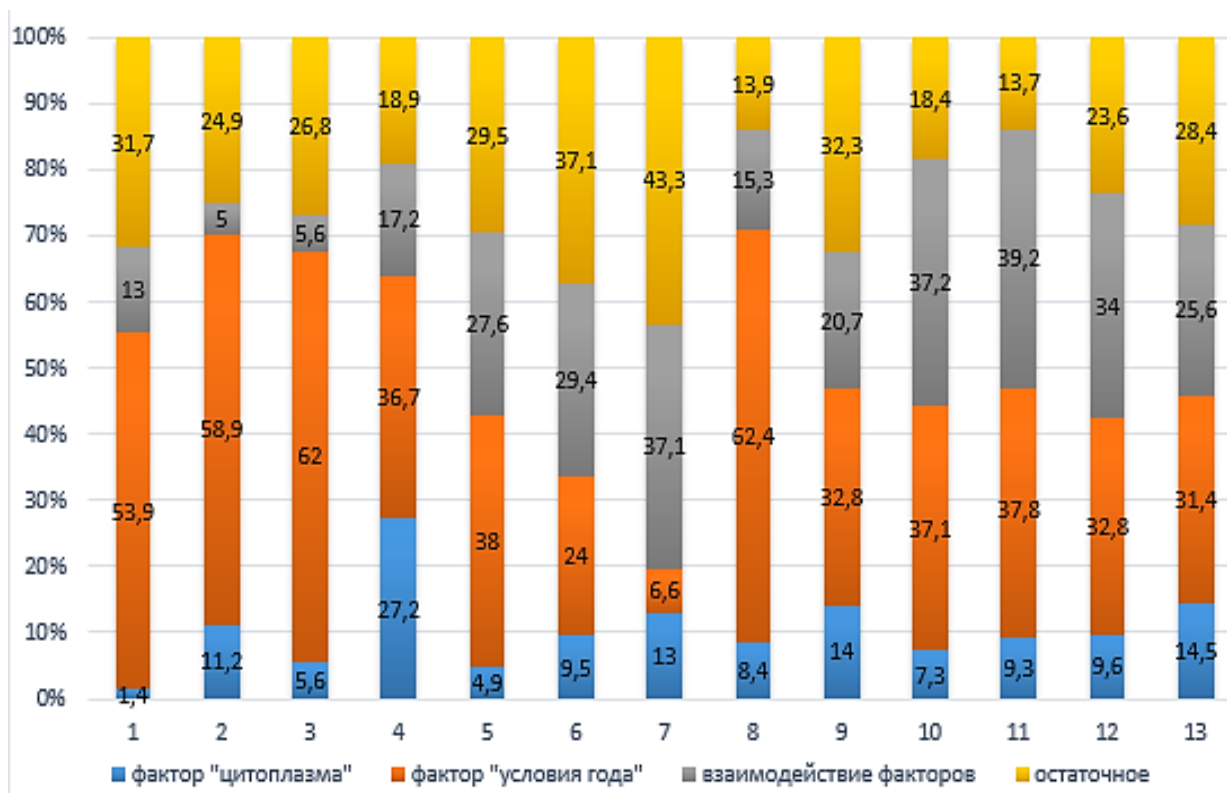


Рисунок 45 – Доля факторов в проявлении селекционных признаков гибридов F1 на основе цитоплазм А1, А2, А3, А4, А5 и А6:

1. Высота растений через 30 дней после всходов; 2. Высота при созревании;
3. Длина соцветия; 4. Выдвинутость ножки соцветия; 5. Длина наибольшего листа;
6. Площадь наибольшего листа; 7. Длина флагового листа; 8. Ширина флагового листа; 9. Площадь флагового листа; 10. Общая кустистость;
11. Продуктивная кустистость; 12. Урожайность биомассы;
13. Урожайность семян.

Гибрид на цитоплазме А3 характеризовался наименьшей площадью флагового листа ( $104,4 \text{ см}^2$ ) по сравнению с гибридами на цитоплазмах А2, А4, А5 и А6 ( $130,3\text{-}136,3 \text{ см}^2$ ), а гибрид на цитоплазме А1 ( $109,2 \text{ см}^2$ ) – по сравнению с гибридом на цитоплазме А2 в среднем за 2016-2018 гг. испытаний. Значения признака в разные годы различались: наибольшая величина признака установлена в 2017 г. –  $150,7 \text{ см}^2$  в среднем по всем гибридам.

На общую кустистость влияние цитоплазмы проявлялось только в отдельные годы (таблица 53). В 2017 г. цитоплазма А4 способствовала увеличе-



нию побегообразования (3,19 стеблей на одно растение), а в 2018 г. цитоплазмы А1, А2 и А5 (2,00-2,65 стеблей на одно растение). Наименьшая общая кустистость в среднем по гибридам выявлена в засушливом 2016 г. (1,20 шт.). Вклад фактора А в общую изменчивость признака составил 7,3%, фактора В – 37,1%, их взаимодействие –37,2% (рисунок 45).

Таблица 53 – Цитоплазматический эффект на элементы структуры урожая гибридов F1, 2016-2018 гг.

Тип ЦМС (фактор А)	Год (фактор В)	Кустистость		Урожайность, т/га	
		общая	продуктивная	зерно	биомасса
А1	2016	1,18abc	1,18abc	5,84 a-d	14,90 a-e
	2017	1,47a-e	1,40a-f	6,94 b-g	19,27 b-g
	2018	2,65 hi	2,65 jk	7,06 c-g	21,55 e-h
<b>Среднее по А1</b>		<b>1,77</b>	<b>1,74</b>	<b>6,61</b>	<b>18,57</b>
А2	2016	1,51a-f	1,47a-g	5,29 abc	14,95 a-e
	2017	1,39a-e	1,35a-f	5,09 ab	16,27 a-f
	2018	2,00d-h	1,75d-i	6,25 a-f	22,60 fgh
<b>Среднее по А2</b>		<b>1,63</b>	<b>1,52</b>	<b>5,54</b>	<b>17,94</b>
А3	2016	1,29abc	1,29a-e	5,81 a-d	12,47 ab
	2017	2,43 gh	2,16 i	7,46 d-g	25,10 gh
	2018	1,77b-g	1,77e-i	5,72 a-d	16,17 a-f
<b>Среднее по А3</b>		<b>1,83</b>	<b>1,74</b>	<b>6,33</b>	<b>17,91</b>
А4	2016	1,04 a	1,04 ab	4,53 a	10,10 a
	2017	3,19 i	3,08 k	8,57 g	27,23 h
	2018	1,87c-g	1,87f-i	5,67 a-d	10,40 a
<b>Среднее по А4</b>		<b>2,04</b>	<b>2,00</b>	<b>6,26</b>	<b>15,91</b>
А5	2016	1,04 a	1,00 a	4,89 a	13,90 abc
	2017	2,05e-h	2,05 hi	7,87 fg	20,43 c-h
	2018	2,18fgh	1,96g-i	7,75 efg	21,27 d-h
<b>Среднее по А5</b>		<b>1,76</b>	<b>1,67</b>	<b>6,84</b>	<b>18,53</b>
А6	2016	1,17abc	1,12abc	4,64 a	10,80 a
	2017	1,68a-f	1,63c-i	6,40 a-f	15,47 a-e
	2018	1,58a-f	1,58b-h	5,16 abc	15,00 a-e
<b>Среднее по А6</b>		<b>1,48</b>	<b>1,44</b>	<b>5,40</b>	<b>13,76</b>
Средние значения по годам исследований:					
	2016	1,20	1,18	5,17	12,85
	2017	2,04	1,95	7,05	20,63
	2018	2,01	1,93	6,27	17,83
F <sub>05(A)</sub>		2,39	4,11*	3,06*	2,45
HCP <sub>05</sub>		ns	0,27	0,96	ns
F <sub>05(B)</sub>		30,16*	41,71*	16,60*	20,91*
HCP <sub>05</sub>		0,25	0,19	0,68	2,52
F <sub>05(AB)</sub>		6,05*	8,64*	2,70*	4,33*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . ns – различия не значимы. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Тип ЦМС оказал значимое влияние на формирование продуктивной кустиности в среднем за 2016-2018 гг. Гибриды на цитоплазме А4 отличились способностью формировать большее количество продуктивных побегов (2,00) по сравнению с А2, А5 и А6 (1,44-1,67). Выявлена наименьшая продуктивная кустиность у гибрида на цитоплазме А6 (1,44). Вклад фактора «тип ЦМС» в изменчивость признака составил 9,3%, а «условия года» – 37,8% (рисунок 45). Более слабое кущение проявилось в среднем по гибридам в засушливом 2016 г. (1,18 шт.) по сравнению с 2017-2018 гг. (1,93-1,95 шт.).

На урожайность биомассы тип стерильной цитоплазмы оказывал влияние только в отдельные сезоны, а в среднем по годам различия между изоядерными гибридами отсутствовали. В 2017 г. гибриды на основе А3 и А4 характеризовались наибольшей продуктивностью биомассы (25,1-27,23 т/га) по сравнению с гибридами на основе А2 и А6 (15,47-16,27 т/га). В условиях 2018 г. гибриды на цитоплазме А4 формировали наименьшую урожайность, всего 10,10 т/га. Вклад генотипического фактора составил 9,6% (рисунок 45). В среднем по гибридам урожайность биомассы различалась в различные годы: в 2017 г. – 20,63 т/га, в 2018 г. – 17,83 т/га и 2016 г. – 12,85 т/га.

Гибриды на цитоплазмах А1 и А5 оказались более продуктивными в среднем за 2016-2018 гг. по сравнению с гибридом на цитоплазме А6: 6,61-6,84 т/га против 5,40 т/га, соответственно. В среднем по всем гибридам наибольшая урожайность зерна сформирована в условиях 2018 г. – 7,05 т/га, наименьшая в 2016 г. – 5,17 т/га. Вклад фактора А в общую изменчивость признака составил 14,5%, фактора В – 31,4%, их взаимодействие – 25,6%.

Таким образом, сравнительный анализ изоядерных гибридов F1 на основе разных типов стерильных цитоплазм показал наличие различий между ними по некоторым селекционным признакам в среднем за 2016-2018 гг. Установлена, что цитоплазма А5 увеличивает высоту растений, выдвинутость ножки соцветия в сравнении с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, А6. Гибриды на цитоплазмах А2, А5 и А6 отличаются более широкими листьями в сравнении

с гибридом на цитоплазме А1. Площадь флагового листа оказалась существенно больше у гибридов на цитоплазмах А2, А4, А5 и А6 в сравнении с гибридом на цитоплазме А3. Цитоплазма А4 влияла на усиленное образование продуктивных побегов по сравнению с гибридами на цитоплазмах А2, А5 и А6. На урожайность зерна оказали больший эффект цитоплазмы А1 и А5 в сравнении с цитоплазмой А6. По урожайности биомассы гибриды не различались, однако наибольшая продуктивность выявлена также гибридов на цитоплазмах А1 и А5, а наименьшая – на цитоплазме А6. При этом вклад фактора «тип ЦМС» в общую изменчивость селекционных признаков составил 8,4-27,2%. Условия среды оказала влияние на проявление всех изучаемых признаков за исключением ширины соцветия и наибольшего листа, длины флагового листа. Доля фактора составила 24,0-62,0%. Наибольшая величина хозяйственных признаков выявлена в условиях более влажного 2017 г. (ГТК=1,005 за вегетационный период сорго). Однако, высокие значения параметров наибольшего листа отмечены в засушливом 2016 г. (ГТК=0,508).

**Характеристика гибридов F1 по селекционно-ценным признакам.** В данной схеме скрещиваний изучали 16 селекционно-ценных признаков у гибридов, полученных в результате гибридизации изоядерных ЦМС-линий Карлика 4в на основе цитоплазм А1, А2, А3, А4, А5, А6 и 9 опылителей в период 2017-2018 гг. На основе данных гибридов проводилась оценка комбинационной способности компонентов скрещиваний. Гибриды характеризовались интенсивностью начального роста в пределах 24,5-43,7 см в 2017 г. и 31,5-51,2 см в 2018 г. Вариабельность признака оказалась близкой по значению и составила 11,2-11,3% (приложение 77). В период созревания растения достигали высоты 102,6-150,8 см и 103,2-118,7 см в 2017-2018 гг. размах варьирования признака соответствовал слабой изменчивости: коэффициент вариации составил 3,4-8,0%. Наибольшей высотой отличались гибриды с сортом Жемчуг.

Слабое варьирование отмечено по длине соцветия (7,2-7,9%) при изменчивости признака в интервале 21,8-30,4 см и 22,0-29,8 см в 2017 г. и 2018 г., соответственно. Более длинными соцветиями характеризовались гибриды с

сортами Меркурий и Аванс. Сильная вариабельность ширины соцветия от 7,6 до 23,6 см наблюдалась в 2017 г. ( $V=23,9\%$ ); тогда как в 2018 г. – средняя ( $V=12,3\%$ ) при значениях признака от 9,9 см до 16,0 см. Более широкие соцветия выявлены у гибридов с сортом Волжское 615. Изменчивость показателей выдвинутости ножки соцветия за изучаемый период оказалась сильной. Коэффициент вариации составил 20,8-21,9%. Гибриды с сортом Меркурий характеризовались наибольшим значением признака (приложение 77).

Гибриды F1 достигали 42,4-60,5 см длины наибольшего листа в 2017 г. и 34,7-52,4 см в 2018 г. Длинные листья наблюдались у гибридов с сортами Аванс, Волжское 615. Слабое варьирование признака отмечено в каждый год исследований 8,0-9,6%. Наибольшую величину признака наблюдали в 2017 г. (приложение 78). Ширина гибридов наибольшего листа составила 4,1-7,0 см, что соответствовало средней изменчивости признака ( $V=10,3-11,4\%$ ). Широкие листья наблюдались у гибрида с сортами Восторг и Волжское 615. Площадь фотосинтетической поверхности растений составила в 2017 г. 151,3-301,8 см<sup>2</sup>; в 2018 г. – 107,3-234,0 см<sup>2</sup>. Коэффициент вариации – 16,9-18,4%.

Гибриды F1 формировали флаговый лист длиной 26,1-41,3 см в 2017 г. и 26,1-38,3 см в 2018 г. при варьировании признака 10,3-10,8%. Ширина флагового листа составила 4,0-6,3 см в 2017 г. и 3,7-5,4 см в 2018 г., что соответствовало средней ( $V=11,2\%$ ) и слабой ( $V=9,0\%$ ) вариабельности признака. Площадь флагового листа составила в 2017 г. 80,1-187,8 см<sup>2</sup>; в 2018 г. – 81,9-151,7 см<sup>2</sup>. Коэффициент вариации – 17,7-20,1% (приложение 78).

Общая кустистость варьировала в диапазоне 1,04-3,20 при изменчивости признака в 34,6% (2017 г.) и 1,49-3,64 при  $V=23,3\%$  (2018 г.). Продуктивная кустистость в 2017 г. составила 1,04-3,20, а коэффициент вариации – 34,5%; в 2018 г. 1,45-3,64 при  $V=24,5\%$  (приложение 79). Наибольшей кустистостью характеризовались гибриды с сортом Огонек.

Урожайность биомассы гибридов сорго составила 11,0-31,9 т/га в 2017 г. и 13,7-25,9 т/га в-2018 г. при изменчивости признака в 20,5 и 14,8%, соот-

ветственно. В условиях 2017 г. величина урожайности зерна изменялась в пределах 3,92-9,06 т/га, что соответствовало средней вариабельности – 16,0%; в 2018 г. нижний предел урожайности оказался выше и составил 4,28 т/га, а коэффициент вариации 15,3%. Отмечены более продуктивные гибриды, у которых в качестве отцовской формы использовали Аванс.

По содержанию в зерне протеина и жира слабое варьирование признака установлено в 2018 г.: коэффициент вариации составил 5,9-6,5%; тогда как в 2017 г. изменчивость признака оказалась средней  $V=11,8-12,5\%$  (приложение 79). Интервал варьирования протеина – 7,20-11,93% в 2017 г. и 10,50-14,07% в 2017 г.; жира – 3,26-5,73% и 3,29-4,32%, соответственно. Гибриды с сортами Жемчуг и Аванс характеризовались наибольшим накоплением жира. Вариабельность по количеству крахмала в зерне наблюдалась слабая  $V=3,0-3,5\%$  при значении признака в 2017 г. – 69,49-77,76% и в 2018 г. – 61,66-73,49%. Гибриды с сортом Кремовое отличались более высоким содержанием крахмала.

Показатели критерия Фишера в эксперименте выше теоретических значений и составили:  $F_{05(2017)}=1,49-13,68$  и  $F_{05(2018)}=1,94-13,34$ , что подтверждает значимость различий между комбинациями (приложение 77-79).

**Общая комбинационная способность.** Анализ комбинационной способности изоядерных ЦМС-линий с геномом Карлика 4в выявил существенное влияние стерильной цитоплазмы на интенсивность начального роста в каждом сезоне вегетации растений (таблица 54). Так, в 2017 г. цитоплазма А2 снижала эффекты ОКС (-1,89) в сравнении с цитоплазмами А3 (0,23), А4 (0,59) и А5 (2,73). В более засушливых условиях 2018 г. ЦМС-линии на цитоплазмах А2 и А3 оказались с более высокими эффектами ОКС (1,84-2,04) в сравнении с ЦМС-линиями на цитоплазмах А1, А4, А5 и А6 (-1,80 – -0,30). Причем, А3 Карлик 4в отличилась положительными значениями признака ежегодно.

Материнские линии ежегодно значимо различались и по высоте при созревании. В 2017 г. ЦМС-линия на цитоплазме А2 характеризовалась отрицательными эффектами ОКС в сравнении с типами стерильности А1, А3, А4, А5 и А6: -10,95 и 0,76-4,81, соответственно. В 2018 г. наибольшие значения

Таблица 54 – Эффекты ОКС изоядерных ЦМС-линий с Карликом 4в на цитоплазмах А1, А2, А3, А4, А5, А6 по селекционным признакам, 2017-2018 гг.

Признак	Год	Типы ЦМС						F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
		A1	A2	A3	A4	A5	A6		
Высота растений									
- через 30 дней после всходов	2017	-1,07	-1,89	0,23	0,59	2,73	-0,58	2,53*	1,84
	2018	-0,30	2,04	1,84	-1,22	-1,80	-0,55	6,35*	1,15
- при созревании	2017	1,66	-10,95	0,76	1,69	4,81	2,02	29,98*	1,85
	2018	1,84	-0,69	-1,49	-1,46	1,71	0,07	2,56*	1,70
Соцветие									
- длина	2017	-0,33	0,19	-0,49	0,04	0,70	-0,11	1,02	ns
	2018	-0,59	-0,25	0,26	0,44	-0,22	0,35	1,34	ns
- ширина	2017	0,39	0,29	-0,64	-0,05	0,53	-0,52	0,99	ns
	2018	0,50	-0,31	-0,53	-0,23	-0,20	0,77	3,13*	0,53
- выдвинутость ножки	2017	1,64	0,16	0,56	-0,15	-1,20	-1,00	6,01*	0,78
	2018	0,54	0,25	-0,13	-0,19	0,95	-1,42	3,21*	0,83
Наибольший лист									
- длина	2017	-0,13	-1,99	-1,47	1,78	1,74	0,07	4,36*	1,37
	2018	0,14	-3,07	-0,69	1,69	0,56	1,37	6,64*	1,22
- ширина	2017	-0,06	-0,42	-0,11	0,18	0,30	0,12	4,70*	0,22
	2018	-0,04	-0,25	-0,10	0,05	-0,12	0,46	6,18*	0,18
- площадь	2017	-2,24	-25,06	-11,05	15,09	18,99	4,26	5,21*	13,20
	2018	0,27	-23,86	-4,94	7,39	0,49	20,66	10,06*	8,44
Флаговый лист									
- длина	2017	-1,35	-1,04	-0,44	0,75	1,91	0,15	2,35*	1,43
	2018	-1,43	0,14	-0,11	-0,19	1,21	0,37	1,28	ns
- ширина	2017	-0,34	-0,10	-0,07	0,18	0,14	0,19	3,58*	0,20
	2018	-0,01	0,01	-0,05	-0,12	-0,05	0,21	1,48	ns
- площадь	2017	-12,91	-7,22	-4,12	7,77	12,09	4,51	3,06*	10,06
	2018	-4,58	0,59	-0,52	-4,26	2,89	5,87	1,05	ns
Кустистость									
- общая	2017	-0,08	-0,17	-0,02	0,21	0,00	0,06	3,28*	0,13
	2018	0,03	-0,14	0,06	0,15	0,05	-0,16	1,87	ns
- продуктивная	2017	-0,05	-0,17	-0,05	0,19	0,01	0,07	3,57*	0,12
	2018	-0,04	-0,14	0,10	0,15	0,05	-0,12	1,73	ns
Урожайность									
- зерна	2017	-0,25	-0,49	0,02	0,33	0,31	0,08	2,19	ns
	2018	0,18	-0,54	-0,11	-0,09	0,15	0,42	2,14	ns
- биомассы	2017	-1,81	-1,31	-0,27	1,18	1,16	1,05	3,37*	1,32
	2018	1,30	-0,92	-0,62	-1,17	0,66	0,75	2,46*	1,19
Содержание в зерне									
протеина	2017	-0,17	0,84	-0,01	0,06	-0,41	-0,32	16,77*	0,20
	2018	-0,27	0,21	0,25	-0,14	0,14	-0,18	4,37*	0,19
жира	2017	0,02	-0,02	-0,14	0,10	0,01	0,04	5,27*	0,06
	2018	-0,02	-0,05	0,16	-0,08	0,02	-0,03	2,24	ns
крахмала	2017	0,47	-1,04	-1,02	0,08	0,91	0,60	3,23*	0,85
	2018	0,24	-0,33	1,05	-0,61	-0,85	0,51	2,16	ns

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . ns – различия не значимы.

эффектов ОКС установлены у ЦМС-линий А1 и А5 Карлик 4в (1,71-1,84). Стабильно положительными эффектами ОКС по высоте растений характеризовались стерильные линии на основе А1, А5 и А6 типов цитоплазм.

Общая комбинационная способность стерильных линий сорго по длине соцветия достоверно не различалась, что подтверждается низкими фактическими значениями критерия Фишера (таблица 54). Положительные эффекты ОКС ежегодно наблюдались у А4 Карлик 4в (0,04-0,44).

По ширине соцветия значимые различия эффектов ОКС установлены только в 2018 г. Более высокие показатели ОКС отмечены у ЦМС-линий на основе цитоплазм А1 и А6 – 0,50-0,77. За два года испытаний стабильно положительные эффекты ОКС выявлены у А1 Карлик 4в (0,39-0,50).

Тип стерильной цитоплазмы оказывал эффект на общую комбинационную способность материнских линий по выдвинутости ножки соцветия. В условиях 2017 г. ЦМС-линия на цитоплазме А1 существенно отличалась от всех остальных стерильных аналогов: 1,64 против -1,20 – 0,16. Кроме того, ЦМС-линии на цитоплазмах А2 и А3 характеризовались большей величиной показателя по сравнению с аналогами на цитоплазмах А5 и А6: значения ОКС составили 0,16-0,56 против -1,20–-1,00, соответственно. В 2018 г. эффекты ОКС стерильной линии с цитоплазмой А5 (0,95) существенно отличались от показателей ЦМС-линий с цитоплазмами А3, А4 и А6 (-1,42 – -0,13). Вместе с тем, стерильные линии А1 и А2 Карлик 4в достоверно отличались от А6 Карлик 4в по эффектам ОКС: 0,25-0,54 против -1,42. Следует отметить, что в течение двух лет испытаний низкие значения ОКС отмечены у ЦМС-линии А6 Карлик 4в (-1,42–-1,00), тогда как более высокие – у А1 Карлик 4в (0,54-1,64).

По параметрам наибольшего листа различия между линиями по общей комбинационной способности наблюдались ежегодно. Установлено, что ЦМС-линии на основе цитоплазм А4 и А5 отличались от стерильных линий на основе цитоплазм А1, А2, А3, А6 по эффектам ОКС длины наибольшего листа в 2017 г.: 1,74-1,78 и -1,99 – 0,07, соответственно. Причем, у А6 Карлик 4в эффекты ОКС значимо выше, чем у аналогов на цитоплазмах А2 и А3; у А1

Карлик 4в эффекты ОКС выше, чем у аналога на цитоплазме А2. В 2018 г. наибольшие значения ОКС у ЦМС-линий с типами стерильности А4 и А6 были достоверно выше, чем у А1, А2, А3, А5 Карлик 4в: 1,37-1,69 и -3,07 – 0,14, соответственно. Кроме того, А5 Карлик 4в характеризовалась более высокими эффектами ОКС (0,56) по сравнению с ЦМС-линиями на цитоплазмах А2 и А3 (-3,07 – -0,69). ЦМС-линия А1 Карлик 4в значимо отличалась от А2 Карлик 4в. Ежегодно положительные эффекты ОКС длины наибольшего листа отмечены у ЦМС-линий на цитоплазмах А4, А5, А6. Причем, более стабильные значения установлены у А4 Карлика 4в (1,69-1,78).

По ширине наибольшего листа в условиях 2017 г. высокая ОКС установлена у А5 Карлик 4в (0,30) по сравнению с аналогами на А1, А2, А3 цитоплазмах (-0,42 – -0,06). А4 и А6 Карлик 4в (0,12-0,18) достоверно отличались от А2 Карлика 4в (-0,42). В 2018 г. А6 Карлик 4в характеризовалась наибольшими эффектами ОКС (0,46). Стабильно положительные эффекты ОКС за 2017-2018 гг. отмечены у А4 Карлик 4в (0,05-0,18) и А6 Карлик 4в (0,12-0,46).

В 2017 г. А4 и А5 Карлик 4в отличались от А1, А2, А3 Карлик 4в по эффектам ОКС площади наибольшего листа: 15,09-18,99 и -25,06 – -2,24, соответственно. Эффекты ОКС А6 Карлик 4в (4,26) достоверно выше А2 и А3 Карлик 4в (-25,06 – -11,05). В 2018 г. наибольшие показатели ОКС отмечены у А6 Карлик 4в в сравнении с А1, А2, А3, А4, А5 Карлик 4в: 20,66 и -23,86 – 7,39, соответственно. А4 Карлик 4в (7,39) характеризовалась большими эффектами по сравнению с аналогами на А2 и А3 типах цитоплазм (-23,86 – 4,94); тогда как А1 и А5 Карлик 4в (0,27-0,49) отличались от А2 Карлик 4в (-23,86). Материнская форма на цитоплазме А2 характеризовалась самыми низкими значениями ОКС за годы исследований, а А6 Карлик 4в – наибольшими.

Влияние типов стерильной цитоплазмы на комбинационную способность ЦМС-линий по параметрам флагового листа выявлено только в 2017 г. По длине флагового листа выделилась А5 Карлик 4в: эффекты ОКС составили 1,91. По ширине флагового листа наибольшее значение признака отмечено у стерильных линий на цитоплазмах А4, А5 и А6 (0,14-0,19) в сравнении с А1 (-



0,34). По площади флагового листа эффекты ОКС А5 Карлик 4в существенно отличались от аналогов на цитоплазмах А1, А2 и А3: 12,09 в сравнении с -12,91 – -4,12. Также установлено, что у А4 и А6 Карлика 4в эффекты ОКС по площади флагового листа (4,51-7,77) выше, чем у А1 Карлик 4в (-12,91). В среднем за два года более высокие эффекты ОКС отмечены у А5 Карлик 4в – по длине (1,21-1,91); у А6 Карлик 4в – по ширине флагового листа (0,19-0,21); у А5 и А6 Карлика 4в по площади флагового листа (2,89-12,09).

ЦМС-линии с разными источниками стерильности в 2017 г. различались между собой по эффектам ОКС общей и продуктивной кустистости. Выявлено влияние цитоплазмы А4 на проявление данных признаков по сравнению с ЦМС-линиями на цитоплазмах А1, А2, А3, А5, А6. Эффекты ОКС составили 0,21 и -0,17 – 0,06, а также 0,19 и -0,17 – 0,07, соответственно. Эта тенденция наблюдается и в 2018 г. Несмотря на то, что различия между линиями незначимые, наибольшие показатели ОКС у А4 Карлик 4в: общая и продуктивная кустистость – 0,15. Следует отметить, что эффекты ОКС в 2017 г. по общей кустистости у А6 Карлик 4в (0,06) оказались достоверно выше значений А1 и А2 Карлик 4в (-0,17 – -0,08); по продуктивной кустистости А5 и А6 Карлик 4в (0,01-0,07) выше А2 Карлик 4в (-0,17).

На КС по урожайности зерна ЦМС-линий тип стерильности не оказал существенного влияния. Вместе с тем, стабильно положительными эффектами ОКС характеризуются линии на основе А5 (0,15-0,31) и А6 типов цитоплазм (0,08-0,42). В условиях 2017 г. ЦМС-линии А4, А5 и А6 Карлик 4в характеризовались эффектами ОКС (1,05-1,18), превосходящие показатели А1 и А2 Карлика 4в (-1,81 – -1,31). В 2018 г. наибольшие эффекты ОКС установлены у А1 Карлика 4в (1,30) по сравнению с А2, А3, А4 Карликом 4в (-1,17 – -0,62); а А5 и А6 Карлик 4в (0,66-0,75) по сравнению с А2 и А4 карликом 4в. По урожайности биомассы за 2017-2018 гг. выделились линии А5 Карлик 4в и А6 Карлик 4в: эффекты ОКС составили 0,66-1,06 и 0,75-1,05, соответственно.

Цитоплазма А2 способствовала снижению эффектов ОКС по общей и продуктивной кустистости (-0,17 – -0,14), урожайности зерна (-0,54 – -0,49) и

биомассы (-1,31 – -0,92); цитоплазма А3 – по урожайности биомассы (-0,62 – -0,27).

Более высокими эффектами ОКС (0,21-0,84) по накоплению протеина выявлены у А2 Карлик 4в за два года испытания гибридов. Также наибольшие эффекты ОКС в 2018 г. по этому признаку отмечены у А3 Карлик 4в (0,025). По содержанию жира в зерне значимые различия между ЦМС-линиями на разных цитоплазмах установлены только в 2017 г. Причем, наибольшие значения выявлены у А4 Карлик 4в (0,10) по сравнению с аналогами на цитоплазмах А1, А2, А3, А5, А6. Следует отметить, что ЦМС-линии на цитоплазмах А1, А5 и А6 между собой достоверно не отличались: эффекты ОКС варьировали в диапазоне 0,01-0,04. Высокие эффекты ОКС по содержанию крахмала установлены в 2017 г. у А5 Карлик 4в (0,91). При этом, ЦМС-линия на цитоплазме А5 достоверно отличалась от линий на цитоплазмах А2, А3, А4 (-1,04 – 0,08); а ЦМС-линии на цитоплазмах А1, А5 и А6 между собой значимо не различались, эффекты ОКС оказались в пределах 0,47-0,91.

Таким образом, за период 2017-2018 гг. выявлено влияние ЦМС типа А1 на высоту при созревании, ширину и выдвинутость ножки соцветия; А2 – содержание протеина в зерне; А3 – высоту растений через 30 дней после всходов; А4 – длину наибольшего листа, общую и продуктивную кустистость, содержание жира в зерне (в засушливый сезон); А5 – длину и площадь флагового листа, урожайность биомассы, содержание крахмала (в засушливый сезон); А6 – ширину и площадь наибольшего, флагового листа, урожайность биомассы.

Сорт Аванс характеризуется высокими эффектами ОКС по интенсивности начального роста (1,81-2,24), длине соцветия (1,40-1,50), параметрам наибольшего листа (длине – 1,73-3,59, площади – 16,91-32,62), ширине флагового листа (0,31-0,52), урожайности зерна (0,95-0,96), биомассы (1,50-4,59), содержанию сырого жира в зерне (0,13-0,27) (таблица 55-57).

Включение в скрещивания сорта Жемчуг способствует увеличению габитуса гибридов перед уборкой; более интенсивному начальному росту: эффекты ОКС в 2017 г. составили 15,34 и 3,02, соответственно.

Таблица 55 – Эффекты ОКС сортов сорго по высоте растений и параметрам соцветия, 2017-2018 гг.

Сорт	Высота				Соцветие					
	через 30 дней после всходов		при созревании		длина		ширина		выдвинутость ножки	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Меркурий	-5,03	-3,44	5,95	1,75	2,82	-0,59	5,07	0,68	5,95	3,53
Огонек	-2,09	-5,39	2,79	0,39	-0,83	-1,34	1,00	-0,49	5,71	4,30
Жемчуг	3,02	-	15,34		-3,15	-	0,90	-	0,91	-
Аванс	2,24	1,81	-2,73	-5,38	1,40	1,50	-2,21	-0,95	-6,80	-3,17
Восторг	1,22	2,53	0,39	-0,71	-0,90	-0,46	-2,40	-1,27	-1,77	-3,75
Гелеофор	-1,73	1,65	6,02	1,22	-0,65	-1,11	-0,21	-0,25	2,35	1,90
Гранат	0,12	-	-21,80	-	-0,65	-	-5,80	-	-2,52	-
Кремовое	1,01	-0,47	-13,76	-0,05	1,04	1,46	2,25	1,26	-2,84	-3,74
Волжское 615	1,24	3,30	7,80	2,77	0,92	0,58	1,39	1,03	-0,99	0,95
F <sub>05</sub>	4,15*	23,03*	85,38*	6,87*	11,48*	9,47*	27,30*	10,10*	63,72*	50,59*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Опылитель Меркурий отличается эффектами ОКС по урожайности биомассы (1,09-4,15), выдвинутости ножки соцветия (3,53-5,95), кустистости (общей – 0,52-0,66 и продуктивной – 0,51-0,64).

Сорт Огонек отличается высокой КС по кустистости (общая – 0,48-0,57 и продуктивная – 0,47-0,57) и выдвинутости ножки соцветия (4,30-5,71).

Наибольшими эффектами ОКС по интенсивности начального роста (1,22-2,53) и флагового листа (длина – 2,31-3,55, ширина – 0,18-0,47, площадь – 11,35-25,36), урожайности зерна (0,04-0,80); средними по параметрам наибольшего листа (ширина – 0,26-0,35, площадь – 13,97-22,31), содержанию в зерне протеина (0,01-0,57) обладает сорт Восторг.

Для получения гибридов с крупным соцветием (эффекты ОКС по длине – 1,04-1,46, ширине – 1,26-2,25) и улучшенным составом зерна (ОКС по крахмалу – 0,70-2,11) в качестве опылителя рекомендуется сорт Кремовое, а с крупными листьями среднего яруса – Гранат (эффекты ОКС по длине – 2,24, площади – 1,26-2,25) и содержанием протеина (эффекты ОКС – 0,80).

Таблица 56 – Эффекты ОКС сортов сорго по параметрам наибольшего и флагового листа, 2017-2018 гг.

Сорт	Наибольший лист						Флаговый лист					
	длина		ширина		площадь		длина		ширина		площадь	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Меркурий	-0,96	-6,39	0,08	-0,64	-3,37	-41,16	3,06	-1,24	0,49	-0,29	25,09	-10,61
Огонек	-4,71	2,65	-0,15	-0,37	-26,78	-21,72	-2,15	-3,16	-0,15	-0,32	-13,12	-18,83
Жемчуг	-5,04	-	-0,97	-	-57,50	-	-2,34	-	-0,65	-	-24,79	-
Аванс	3,59	1,73	0,43	0,46	32,62	16,91	0,68	3,31	0,52	0,31	14,69	17,67
Восторг	0,21	3,56	0,35	0,26	13,97	22,31	3,55	2,31	0,47	0,18	25,36	11,35
Гелеофор	0,31	1,91	0,16	-0,09	9,38	4,09	-1,12	-0,86	0,14	0,18	-1,22	0,72
Гранат	2,24	-	-0,01	-	8,70	-	-1,02	-	-0,35	-	-12,49	-
Кремовое	-0,08	-1,49	0,03	-0,09	2,02	-9,46	-0,27	-2,29	-0,46	-0,36	-12,76	-14,78
Волжскоеб15	4,46	3,33	0,06	0,48	20,97	29,03	-0,40	1,93	-0,01	0,31	-0,77	14,47
F <sub>05</sub>	12,73*	25,51*	7,76*	15,52*	9,41*	26,06*	4,70*	9,18*	10,61*	9,64*	7,13*	12,16*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Таблица 57 – Эффекты ОКС сортов по урожайности и качеству зерна, 2017-2018 гг.

Сорт	Кустистость				Урожайность				Содержание в зерне					
	общая		продуктивная		зерно		биомасса		протеин		жир		крахмал	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Меркурий	0,66	0,52	0,64	0,51	0,85	-0,16	4,15	1,09	0,21	0,06	-0,20	-0,14	-0,31	0,52
Огонек	0,57	0,48	0,57	0,47	0,16	-1,23	-1,73	-1,48	-0,07	0,26	-0,13	0,03	1,56	-2,20
Жемчуг	0,43	-	0,47	-	-0,88	-	-4,48	-	-0,58	-	0,76	-	1,25	-
Аванс	-0,42	-0,01	-0,39	0,04	0,96	0,95	4,59	1,50	-0,56	-0,03	0,27	0,13	-0,27	-0,05
Восторг	0,22	-0,18	0,18	-0,21	0,80	0,04	0,45	-0,70	0,57	0,01	-0,12	0,10	-0,89	-0,01
Гелеофор	-0,57	-0,37	-0,54	-0,39	-0,48	0,28	-0,37	-0,53	-0,31	-0,48	-0,31	0,03	0,29	1,64
Гранат	0,03	-	-0,08	-	-1,09	-	-1,72	-	0,80	-	-0,10	-	-1,46	-
Кремовое	-0,50	-0,20	-0,46	-0,20	-0,19	-0,03	-1,51	-1,33	-0,17	0,38	-0,28	-0,21	2,11	0,70
Волжскоеб15	-0,42	-0,26	-0,38	-0,22	-0,21	0,15	0,62	1,44	0,11	-0,21	0,11	0,06	-2,28	-0,60
F <sub>05</sub>	31,28*	13,83*	35,28*	13,27*	7,86*	7,15*	10,65*	3,38*	12,50*	6,03*	61,96*	4,35*	6,42*	5,10*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Для повышения крахмала в зерне следует включать в скрещивания сорт Гелеофор, характеризующегося эффектами ОКС в пределах 0,29-1,64.

Наибольшие значения ОКС по высоте растений (через 30 дней после всходов – 1,24-3,30, при созревании – 2,77-7,80), параметрам наибольшего листа (длина – 3,33-4,46, площадь – 20,97-29,03) отмечены у сорта Волжское 615.

**Специфическая комбинационная способность.** В результате анализа специфической комбинационной способности материнских форм установлено, что высокой СКС по высоте растений через 30 дней после всходов в 2017 г. характеризовались ЦМС-линии А1 и А6 Карлик 4в (10,50-17,69), а в 2018 г. А6 Карлик 4в (29,92). По высоте растений в 2017 г. наибольший показатель оказался у стерильной линии на цитоплазме А6, а в 2018 г. на цитоплазме А1: дисперсии СКС составили 51,64 и 11,00, соответственно (таблица 58).

По выдвинутости ножки соцветия значение дисперсий оказалось неодинаковым в разные сезоны выращивания гибридов. В 2017 г. наибольшее значения отмечены на цитоплазмах А1, А5 и А6 (3,79-4,01), а в 2018 г. – А2 (6,87).

Более высокая СКС по длине соцветия наблюдалась у ЦМС-линий на основе цитоплазмы А1 в 2017 г. (0,89) и цитоплазмы А4 в 2018 г. (5,52). По ширине соцветия наибольшие значения дисперсий СКС установлены в 2017 г. у ЦМС-линий на цитоплазмах А1 и А4 (3,27-5,13); в 2018 г. на цитоплазмах А4 и А6 (1,76-1,98). Так, за два года изучения более высокая специфическая комбинационная способность по ширине соцветия проявилась у А4 Карлик 4в.

Оценка специфической комбинационной способности выявила следующие особенности: в засушливый сезон 2018 г. более высокие значения на цитоплазме А6 (дисперсии СКС по длине листа – 10,95, ширине – 0,41, площади – 642,08), тогда как во влажный 2017 г. – на типе стерильности А4 (дисперсии СКС по ширине листа – 0,23, площади – 1058,72).

По длине флагового листа наибольшие дисперсии СКС в 2017 г. отмечены у ЦМС-линий на цитоплазмах А4 и А5 (11,35-11,54), тогда как в 2018 г. на цитоплазмах А3 и А4 (7,60-10,49). Так, за два года изучения более высокая СКС по признаку проявилась у А4 Карлик 4в. По ширине листа в 2017 г.

Таблица 58 – Дисперсии СКС изоядерных ЦМС-линий с Карликом 4в на цитоплазмах А1, А2, А3, А4, А5, А6 по селекционным признакам, 2017-2018 гг.

Признак	Год	Тип ЦМС					
		А1	А2	А3	А4	А5	А6
Высота растений							
- через 30 дней после всходов	2017	17,69	5,44	4,78	6,48	9,80	10,50
	2018	9,33	12,42	10,25	7,00	2,51	29,92
- при созревании	2017	39,23	43,98	46,99	33,48	24,35	51,64
	2018	11,00	7,80	9,91	5,71	9,20	0,59
Соцветие							
- длина	2017	0,89	0,48	0,79	0,81	0,82	0,82
	2018	2,52	4,08	1,14	5,52	2,49	3,75
- ширина	2017	5,13	0,51	0,59	3,27	3,06	2,18
	2018	1,15	0,90	1,31	1,76	0,64	1,98
- выдвинутость ножки	2017	3,79	0,95	1,52	1,83	4,01	3,82
	2018	3,03	6,87	4,40	3,10	2,38	1,72
Наибольший лист							
- длина	2017	3,16	9,44	6,34	11,25	3,13	2,42
	2018	3,99	1,59	3,62	3,90	3,58	10,95
- ширина	2017	0,17	0,11	0,17	0,23	0,17	0,17
	2018	0,12	0,16	0,13	0,07	0,10	0,41
- площадь	2017	439,38	556,18	655,37	1058,72	422,98	478,34
	2018	404,35	185,61	287,02	197,45	198,56	642,08
Флаговый лист							
- длина	2017	2,92	6,18	3,22	11,54	11,35	4,14
	2018	3,98	4,37	10,49	7,60	4,13	5,09
- ширина	2017	0,09	0,17	0,13	0,14	0,22	0,07
	2018	0,09	0,14	0,05	0,03	0,06	0,10
- площадь	2017	123,67	305,23	212,38	461,06	531,50	111,56
	2018	140,44	93,68	262,34	145,39	105,59	191,69
Кустистость							
- общая	2017	0,16	0,15	0,20	0,17	0,34	0,08
	2018	0,15	0,09	0,22	0,16	0,30	0,03
- продуктивная	2017	0,16	0,13	0,16	0,16	0,34	0,06
	2018	0,24	0,08	0,23	0,17	0,28	0,03
Урожайность							
- зерно	2017	0,40	0,67	0,07	0,55	0,52	0,55
	2018	1,24	0,18	0,08	0,16	0,55	0,82
- биомасса	2017	9,09	7,91	4,49	10,41	9,11	11,77
	2018	4,61	8,14	2,44	6,32	8,33	8,40
Содержание в зерне							
- протеин	2017	0,62	1,72	0,88	0,81	0,52	0,67
	2018	0,18	0,49	0,09	0,97	0,51	0,39
- жир	2017	0,17	0,14	0,02	0,35	0,12	0,29
	2018	0,17	0,05	0,14	0,03	0,04	0,05
- крахмал	2017	2,53	3,50	2,00	2,96	2,97	2,59
	2018	13,62	9,41	1,14	4,86	6,35	4,23

наибольшие показатели СКС выявлены у линий А2 и А5 Карлик 4в (0,17-0,22), а в 2018 г. – у А2 Карлик 4в (0,14). В итоге, за два года определения КС по данному признаку выделилась А2 Карлик 4в. По площади флагового листа высокая СКС в 2017 г. у А5 Карлик 4в (531,50), в 2018 г. – А3 Карлик 4в (262,34).

Линия А5 Карлик 4в характеризуется высокими дисперсиями СКС по общей (0,30-0,34) и продуктивной (0,28-0,34) кустистости в каждый сезон.

По урожайности зерна у материнских форм А2, А4, А6 Карлик 4в установлены наибольшие дисперсии в 2017 г. (0,55-0,67); в 2018 г. – у А1 и А6 Карлик 4в (0,82-1,24). По урожайности биомассы более высокие показатели выявлены у А6 Карлик 4в (8,40-11,77) в течение обоих сезонов вегетации.

Значения дисперсий СКС по содержанию биохимических компонентов различались в зависимости от сезона выращивания гибридов. По накоплению сырого протеина в зерне наибольшие дисперсии СКС установлены у линий А2, А3, А4 Карлик 4в (в 2017 г. – 0,81-1,72) и А4 Карлик 4в (в 2018 г. – 0,97). Так, за 2017-2018 гг. наибольшие дисперсии СКС наблюдались у А4 Карлик 4в. По содержанию в зерне сырого жира высокие показатели дисперсий установлены у линий А4, А6 Карлик 4в (в 2017 г. – 0,29-0,35) и А1, А3 Карлик 4в (в 2018 г. – 0,14-0,17). По концентрации крахмала наибольшие дисперсии СКС оказались у ЦМС-линии с цитоплазмой А2 (в 2017 г.) и А1, А2 (в 2018 г.): значения показателя составили 3,50 и 9,41-13,62 соответственно. В итоге, за два года исследований наибольшие дисперсии СКС по содержанию крахмала в зерне выявлены у А2 Карлик 4в.

Таким образом, за 2017-2018 гг. высокие значения дисперсий СКС по урожайности биомассы установлены у А6 Карлик 4в, а также в засушливый сезон 2018 г. по параметрам наибольшего листа, во влажный 2017 г. по выдвинутой ножки соцветия. По кустистости выделилась А5 Карлик 4в и во влажный год по параметрам флагового листа. Более высокая специфическая комбинационная способность по ширине соцветия, длине флагового листа и содержанию сырого протеина в зерне проявилась у А4 Карлик 4в. Наибольшие дисперсии СКС по содержанию крахмала в зерне выявлены у А2 Карлик 4в.

Высокие значения дисперсий СКС по комплексу признаков установлены у опылителей. Так, сорт Огонек отличался высокими дисперсиями СКС по общей и продуктивной кустистости в 2017 и 2018 гг. – 0,49-0,58 и 0,45-0,64; длине и площади наибольшего листа – 5,90-6,15 и 404,16-579,14; интенсивности начального роста – 18,82-22,21; содержанию в зерне сырого протеина и жира – 0,94-1,42 и 0,09-0,27, соответственно (таблицы 59-61).

Таблица 59 – Дисперсии СКС сортов сорго по высоте растений и параметрам соцветия, 2017-2018 гг.

Сорт	Высота				Соцветие					
	через 30 дней после всходов		при созревании		длина		ширина		выдвинутость ножки	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Меркурий	12,13	17,33	22,02	7,91	1,29	6,55	6,39	0,98	2,99	0,13
Огонек	18,82	22,21	43,82	4,10	0,78	5,75	2,02	2,22	1,17	1,15
Жемчуг	22,83	-	40,30	-	0,85	-	4,80	-	5,16	-
Аванс	6,79	36,21	43,74	3,78	0,65	2,89	3,39	0,40	1,68	7,54
Восторг	5,91	2,53	31,90	14,37	0,36	2,38	1,36	1,10	2,86	2,97
Гелеофор	2,59	4,44	10,80	10,25	0,40	1,30	0,95	0,57	2,00	2,12
Гранат	1,27	-	24,62	-	0,58	-	0,32	-	3,06	-
Кремовое	10,99	1,92	269,03	2,24	1,73	1,83	0,99	1,79	3,35	7,96
Волжское 615	6,17	1,04	17,25	10,40	0,72	2,68	3,37	2,22	3,22	3,93

У сорта Жемчуг дисперсии СКС по высоте растений при созревании составили 40,30; ширине соцветия – 4,80; выдвинутости ножки соцветия – 5,16; продуктивной и общей кустистости – 0,27-0,47; урожайности зерна – 1,03.

Меркурий и Гранат отличились дисперсиями по содержанию в зерне сырого жира – 0,11-0,26.

Аванс характеризуется высокими дисперсиями по урожайности зерна – 0,69-0,72; ширине – 16,91-32,62 и площади наибольшего листа – 420,04-854,78; ширине – 0,11-0,24 и площади флагового листа – 194,22-612,43; содержанию протеина – 0,47-1,13, крахмала – 3,96-7,70.

У сорта Восторг наблюдались следующие дисперсии СКС: высота при созревании – 14,37-31,90; урожайность биомассы – 13,41-20,36; урожайность



зерна – 0,91-1,04; содержание протеина и крахмала в зерне – 0,16-1,75 и 5,22-5,70, соответственно.

У сорта Волжское 615 отмечены наибольшие значения дисперсий по выдвинутости ножки соцветия – 3,22-3,93; длине – 7,98-20,65 и площади флагового листа – 382,03-563,94.

Гелеофор выделился показателями по длине наибольшего листа – 4,24-17,70 и площади – 276,51-1149,41, а содержание протеина в зерне – 0,34-1,08; Кремовое по площади наибольшего листа – 437,05-713,38 и длине соцветия – 1,73-1,83, содержанию крахмала в зерне – 2,32-3,06.

**Эффекты СКС гибридов F1.** На основании оценки эффектов СКС гибридов F1 по комплексу селекционных признаков выделены гетерозисные комбинации с восстановленной мужской фертильностью на разных типах стерильных цитоплазм для дальнейшего испытания в конкурсном сортоизучении с целью их пригодности использования на зернофураж или монокорм (приложение 80-82):

– А2 Карлик 4в/Огонек отличается высокими эффектами СКС по признакам: урожайность зерна (0,36-1,11) и биомассы (2,11-4,01), содержание в зерне крахмала (0,96-2,01), параметры флагового листа (длина – 1,03-2,13; площадь – 1,73-14,11), ширина соцветия (0,36-1,63), выдвинутость ножки (0,55-0,98);

– А5 Карлик 4в/Аванс характеризуется сочетанием селекционных признаков, эффекты СКС которых составили: урожайность зерна (0,08-1,54) и биомассы (4,64-5,97), содержание в зерне крахмала (1,63-1,77) и протеина (0,06-0,85), кустистость (общая – 0,50-0,56, продуктивная – 0,51-0,57), длина флагового листа (0,12-6,44), выдвинутость ножки соцветия (0,71-1,05);

– А5 Карлик 4в/Волжское 615. По урожайности зерна эффекты СКС варьировали в пределах 0,02-0,26 и биомассы – 0,25-1,21, содержанию в зерне протеина – 0,14-0,95, параметрам флагового листа (ширина – 0,25-0,42; площадь – 6,06-20,26), длине и ширине соцветия – 0,25-1,64 и 1,50-3,24 соответственно;

Таблица 60 – Дисперсии СКС сортов сорго по параметрам наибольшего и флагового листа, 2017-2018 гг.

Сорт	Наибольший лист						Флаговый лист					
	Длина		Ширина		Площадь		Длина		Ширина		Площадь	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Меркурий	3,80	3,45	0,16	0,07	470,33	163,24	2,46	5,11	0,18	0,10	198,40	107,51
Огонек	5,90	6,15	0,10	0,25	404,16	579,14	1,46	4,41	0,17	0,07	141,44	30,14
Жемчуг	2,76	-	0,17	-	404,16	-	6,04	-	0,15	-	275,59	-
Аванс	8,27	2,69	0,20	0,26	854,78	420,04	18,55	2,97	0,11	0,24	612,43	194,22
Восторг	4,54	4,64	0,23	0,04	760,10	170,94	3,80	0,93	0,15	0,01	320,99	13,62
Гелеофор	17,70	4,24	0,22	0,11	1149,41	276,51	9,38	7,47	0,07	0,07	316,31	209,81
Гранат	4,25	-	0,10	-	428,61	-	4,51	-	0,09	-	179,80	-
Кремовое	4,77	3,81	0,23	0,21	713,38	437,05	8,78	1,25	0,16	0,01	365,64	7,74
Волжское615	5,20	8,18	0,16	0,25	592,62	251,19	7,98	20,65	0,23	0,08	382,03	563,94

Таблица 61 – Дисперсии СКС сортов по урожайности и биохимическому составу зерна, 2017-2018 гг.

Сорт	Кустистость				Урожайность				Содержание в зерне					
	общая		продуктивная		зерно		биомасса		протеин		жир		крахмал	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Меркурий	0,20	0,09	0,18	0,10	0,20	1,20	6,44	9,53	0,30	0,08	0,26	0,11	1,91	2,14
Огонек	0,49	0,58	0,45	0,64	0,78	0,21	23,60	3,77	1,42	0,94	0,27	0,09	1,34	19,74
Жемчуг	0,28	-	0,27	-	1,03	-	8,02	-	0,56	-	0,14	-	2,28	-
Аванс	0,10	0,12	0,10	0,13	0,69	0,72	9,66	9,26	1,13	0,47	0,04	0,25	3,96	7,70
Восторг	0,34	0,13	0,31	0,15	0,91	1,04	20,36	13,41	1,75	0,16	0,10	0,07	5,22	5,70
Гелеофор	0,04	0,03	0,03	0,02	0,07	0,02	1,51	3,72	1,08	0,34	0,16	0,01	3,46	2,08
Гранат	0,10	-	0,12	-	0,35	-	5,85	-	0,46	-	0,26	-	4,76	-
Кремовое	0,09	0,11	0,09	0,15	0,23	0,27	1,55	2,63	0,90	0,33	0,15	0,02	2,32	3,06
Волжское615	0,10	0,05	0,09	0,05	0,16	0,18	7,46	3,58	0,74	0,84	0,35	0,03	1,25	7,13

– А6 Карлик 4в/Гелеофор сочетает эффекты СКС по семи признакам: урожайность зерна (0,07-0,23) и биомассы (1,11-2,39), содержание в зерне жира (0,11-0,34), кустистость (общая – 0,05-0,14, продуктивная – 0,03-0,12), длина наибольшего листа (0,08-0,85), выдвинутость ножки соцветия (0,22-1,10).

Для определения генетического контроля изученных признаков у родительских форм рассматривали отношения среднеквадратических отклонений общей и специфической комбинационной способности (приложение 83). Отмечено преобладание аддитивных эффектов над неаддитивными по длине и ширине соцветия, урожайности зерна в 2017 г.:  $ms_{OKC}/ms_{CKC}$  составили 1,02-4,01.

## **5.2 Анализ эффектов А3, А4, 9Е типов ЦМС на проявление гетерозиса у гибридов**

Изучение эффекта гетерозиса у изоядерных гибридов отражает дифференцированное взаимодействие цитоплазмы ЦМС-линий с ядерными генами линий-восстановителей, так как это взаимодействие позволяет выявить более перспективную комбинацию [330]. Очевидно, гетерозис следует рассматривать как результат сложных взаимодействий, которые приводят к комплексу изменений на уровне генетических, эпигенетических, биохимических и регуляторных сетей [288]. Наличие коллекции изоядерных ЦМС-линий на основе А3, А4 и 9Е типов стерильных цитоплазм с геномом Желтозерного 10 позволяет оценить вклад цитоплазмы и опылителя в проявление истинного и гипотетического гетерозиса гибридов первого поколения.

### **5.2.1 Гибриды с образцами зернового сорго**

**Истинный гетерозис.** Анализ гибридов по основным хозяйственным признакам показал проявление истинного гетерозиса в разной степени по всем изученным признакам. Двухфакторным дисперсионным анализом (фактор А – материнская форма с разными типами цитоплазмы, фактор В – отцовская форма) установлено влияние типа стерильной цитоплазмы в среднем по всем гибридам только в отдельные сезоны (таблица 62).

Таблица 62 – Влияние типа стерильной цитоплазмы на проявление истинного гетерозиса у гибридов F1 на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 (%), среднее за 2015-2017 гг.

Тип ЦМС	Высота растений				Параметры наибольшего листа								Урожайность биомассы			
					длина				площадь							
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее
A3	55,4 b	52,6	38,9	49,0	49,6	25,4 b	21,5	31,1	113,2	32,8	35,1 a	60,3	113,0ab	33,1	66,4	70,8
A4	49,0 a	51,5	38,2	46,2	49,8	17,6 a	22,8	30,0	112,8	28,7	48,6 b	63,3	108,8 a	29,4	59,5	65,9
9E	54,4 b	54,8	40,2	49,8	49,8	22,6 b	23,5	31,9	119,2	33,4	45,1 b	65,9	123,0 b	29,4	63,6	72,0
F <sub>05(A)</sub>	7,89*	1,83	0,87	1,13	0,01	12,72*	1,27	0,50	0,79	1,09	6,97*	0,34	4,20*	0,11	0,39	0,50
HCP <sub>05</sub>	3,42	ns	ns	ns	ns	3,09	ns	ns	ns	ns	7,45	ns	9,95	ns	ns	ns
F <sub>05(B)</sub>	34,15*	21,56*	19,29*	7,84*	16,03*	6,88*	15,77*	3,50*	18,83*	4,65*	6,78*	2,09*	21,84*	9,14*	2,55*	2,99*
HCP <sub>05</sub>	8,38	8,52	7,27	11,99	9,03	7,59	6,11	10,98	27,61	17,00	18,26	32,66	24,38	46,69	38,29	42,39
F <sub>05(AB)</sub>	6,65*	2,69*	1,56*	0,51	4,06*	2,24*	1,28	0,45	4,16*	1,05	2,03*	0,39	2,18*	0,33	1,16	0,20
HCP <sub>05</sub>	14,53	14,77	12,60	ns	15,64	13,14	ns	ns	47,82	ns	31,64	ns	42,24	ns	ns	ns

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; ns – различия не значимы. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, значимо различаются между собой при  $p \leq 0,05$  в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

Высота растений является важным элементом в увеличении продуктивности сорго [478]. За весь период исследований различия между цитоплазмами по истинному гетерозису высоты растений отсутствовали (46,2-49,8%). Однако, в 2015 г. цитоплазмы А3 и 9Е оказали значимое влияние на высоту растений (54,4-54,5%) в сравнении с цитоплазмой А4 (49,0%). Также в отдельных комбинациях присутствовали различия между типами цитоплазм (приложение 84). Влияние опылителя наблюдалось каждый сезон и за весь период изучения. В зависимости от опылителя истинный гетерозис отмечен в пределах 27,7-92,0% (таблица 63). Наибольшие показатели установлены в комбинациях с сортом Камелик (79,9-92,0%).

У гибридов различных сельскохозяйственных культур часто проявляется гетерозис по признакам, характеризующих фотосинтетический потенциал [63]. По длине наибольшего листа в среднем за 2015-2017 гг. различия между цитоплазмами по данному признаку отсутствовали (30,0-31,9%). Однако, в 2016 г. цитоплазмы А3 и 9Е оказали значимое влияние на параметр листа (22,6-25,4%) в сравнении с цитоплазмой А4 (17,6%) (таблица 62). Различия между конкретными комбинациями в каждый сезон представлены в приложении 85. Влияние опылителя наблюдалось каждый сезон и за весь период изучения. В среднем за 2015-2017 гг. истинный гетерозис находился в пределах 6,9-46,7%. Наибольшие показатели установлены в комбинациях с сортом Топаз (39,6-46,7%), Аванс (33,4-46,4%) (таблица 63).

В среднем за изученный период цитоплазматический эффект на проявление истинного гетерозиса по площади наибольшего листа не выявлен. У гибридов на цитоплазмах А3, А4 и 9Е его значения составили 60,3-65,9% (таблица 62). Однако, в 2017 г. цитоплазмы А4 и 9Е оказали значимое влияние на площадь листа (45,1-48,6%) в сравнении с цитоплазмой А3 (35,1%). Интересен тот факт, что в 2015-2016 гг. более низкое значение гетерозиса отмечено у гибридов на цитоплазме А4, хотя статистически различия между цитоплазмами оказались незначимы. Следует отметить, что величина гетерозиса в зависимости от сезона изменялась от 2,2 до 260,1% (приложение

Таблица 63 – Истинный гетерозис гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е (%), среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Высота растений			Параметры наибольшего листа						Урожайность биомассы		
				длина			площадь					
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	54,5	45,6	45,8	22,1	13,7	6,9	50,0	37,2	19,1	40,1	35,9	37,6
Старт	40,8	41,4	38,2	31,7	33,8	35,5	94,3	84,3	97,3	58,8	65,3	49,1
Меркурий	55,6	61,1	73,1	29,3	32,1	42,2	94,2	98,0	89,6	51,9	42,3	60,6
Огонек	48,4	51,2	62,2	18,0	28,1	27,1	31,4	72,4	59,9	68,6	36,2	76,2
Камелик	92,0	79,9	88,5	19,0	18,8	28,1	51,2	61,7	80,4	63,3	65,0	73,8
Топаз	37,7	37,9	39,3	39,6	40,5	46,7	62,5	56,8	62,8	99,7	75,3	100,1
Факел	41,7	40,7	54,7	34,1	30,2	35,7	47,2	38,0	46,9	42,6	39,2	57,3
Аванс	52,3	49,2	45,6	46,4	41,0	33,4	60,8	64,9	55,3	61,3	51,6	56,8
Азарт	44,7	41,1	31,1	32,5	25,2	13,8	55,1	50,5	38,5	26,9	38,1	16,9
Волжское 615	42,7	49,6	48,9	39,3	31,7	43,2	50,5	52,2	67,7	54,7	55,1	72,6
Гелеофор	57,9	53,3	57,0	32,0	36,4	34,7	72,5	85,2	86,8	69,9	58,9	73,6
Кремовое	50,7	44,3	50,7	36,9	34,6	31,1	59,4	60,4	54,4	70,5	75,6	56,4
Пищевое 614	44,9	40,1	52,0	31,9	30,0	33,8	55,7	59,1	69,9	159,8	91,5	163,6
Сармат	47,0	40,4	42,6	40,7	35,9	33,7	37,5	55,4	50,1	37,2	23,6	32,5
Восторг	53,8	51,7	47,9	34,5	21,2	33,1	99,1	60,6	96,3	64,4	67,5	96,0
Гарант	27,7	30,2	43,3	12,2	19,3	17,5	33,7	39,9	32,6	55,0	46,5	67,0
Пищевое 35	47,7	33,2	35,7	29,6	25,7	35,0	54,6	52,9	68,0	63,2	37,4	40,9
Л-КСИ 28/13	41,2	41,6	40,0	19,2	25,6	38,6	26,2	51,4	81,0	64,1	41,6	51,5
F <sub>05</sub>	2,88*			1,43			0,93			1,11		
НСР <sub>05</sub>	20,77			ns			ns			ns		

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; ns – различия не значимы.

86), а в среднем за 2015-2017 гг. – в пределах 19,1-99,1% (таблица 63). Наибольшие показатели установлены в комбинациях с сортом Старт (84,3-97,3%), Меркурий (89,6-98,0%), Восторг (60,6-99,1%).

Значения гетерозиса по признаку «урожайность биомассы» между гибридами на цитоплазмах А3, А4 и 9Е оказались не значимыми в среднем за 2015-2017 гг. – 65,9-72,0% (таблица 62). Влияние А3 и 9Е типов цитоплазм установлено только в 2015 г.: 113,0-123,0% против 108,8% на цитоплазме А4. Влияние отцовского родителя наблюдалось каждый сезон и за весь период изучения. По годам значения гетерозиса варьировали в интервале 0,4-286,0% (приложение 87). В среднем за 2015-2017 гг. истинный гетерозис оказался в пределах 16,9-163,6%. Причем, у 36 гибридов гетерозис превышал 50% (таблица 63). Наибольшие показатели установлены в комбинациях с сортом Топаз (75,3-100,1%), Пищевое 614 (91,5-163,6%).

Так, в среднем за испытания истинный гетерозис у гибридов составил по высоте растений (27,7-92,0%), длине наибольшего листа (6,9-46,7%), площади наибольшего листа (19,1-99,1%) и урожайности биомассы (16,9-163,6%). Причем, цитоплазмы А3 и 9Е оказали значимое влияние на истинный гетерозис по высоте растений и длине наибольшего листа в сравнении с цитоплазмой А4; цитоплазма 9Е по урожайности биомассы в засушливые сезоны, а цитоплазмы А4 и 9Е по площади наибольшего листа во влажный сезон.

**Гипотетический гетерозис.** Влияние типа стерильной цитоплазмы в среднем по всем гибридным комбинациям в схеме скрещиваний наблюдалось в отдельные сезоны вегетации растений (таблица 64). За весь период исследований различия между гибридами на цитоплазмах А3, А4 и 9Е по гипотетическому гетерозису высоты растений отсутствовали (56,7-59,6%). Однако, в 2015 г. проявился эффект цитоплазм А3 и 9Е на изучаемый признак (66,2-67,2%) в сравнении с цитоплазмой А4 (60,9%). Влияние опылителя наблюдалось каждый сезон и за весь период изучения. В среднем за 2015-2017 гг. гипотетический гетерозис составил 42,4-94,4% (таблица 65). Более 50% гипотетического гетерозиса выявлено у 43 гибридов. Наибольшие показатели

Таблица 64 – Влияние типа стерильной цитоплазмы на проявление гипотетического гетерозиса у гибридов F1 на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 (%), среднее за 2015-2017 гг.

Тип ЦМС	Высота растений				Параметры наибольшего листа								Урожайность биомассы			
					длина				площадь							
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее
A3	67,2 b	61,0	49,6	59,3	61,4	30,9 b	29,3	40,5	141,6	40,4 ab	48,3 a	76,7	139,4 a	73,9 b	113,5	108,9
A4	60,9 a	60,2	49,0	56,7	61,2	22,9 a	30,5	38,2	143,5	38,3 a	63,0 b	81,6	133,5 a	59,2 a	102,5	98,4
9E	66,2 b	63,5	49,0	59,6	62,4	29,2 b	31,5	41,0	148,6	47,8 b	60,4 b	85,6	152,4 b	65,3 a	110,1	109,2
F <sub>05(A)</sub>	7,19*	1,65	0,11	0,73	0,01	12,12*	1,54	0,64	0,59	3,16*	6,70*	0,90	5,64*	7,77*	0,68	1,70
HCP <sub>05</sub>	3,53	ns	ns	ns	ns	3,38	ns	ns	ns	7,88	8,47	ns	11,36	7,41	ns	ns
F <sub>05(B)</sub>	24,84*	15,21*	15,78*	4,79*	12,25*	6,11*	12,93*	2,65*	12,06*	3,56*	5,18*	1,94*	21,76*	56,96*	2,43*	2,50*
HCP <sub>05</sub>	8,66	9,17	7,25	12,58	9,91	8,28	6,11	11,13	32,34	19,30	20,76	32,35	27,82	18,15	46,46	44,93
F <sub>05(AB)</sub>	7,03*	2,62*	2,03*	0,51	3,49*	3,74*	2,44*	0,66	3,93*	2,10*	2,24*	0,52	3,12*	6,69*	1,26	0,26
HCP <sub>05</sub>	15,00	15,89	12,56	ns	17,17	14,34	10,58	ns	56,01	33,43	35,97	ns	48,20	31,44	ns	ns

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; ns – различия не значимы. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, значимо различаются между собой при  $p \leq 0,05$  в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.



Таблица 65 – Гипотетический гетерозис гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е (%), среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Высота растений			Параметры наибольшего листа						Урожайность биомассы		
				длина			площадь					
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	58,8	49,8	49,5	47,1	36,4	29,1	105,1	87,3	62,3	61,5	55,1	54,9
Старт	49,3	50,0	45,5	42,7	45,0	46,8	110,9	103,6	117,8	87,5	97,7	78,6
Меркурий	62,0	67,9	79,3	41,5	43,3	57,3	117,8	121,1	116,4	96,7	88,3	107,7
Огонек	56,2	59,3	69,5	31,8	42,1	41,7	49,8	91,9	81,9	115,1	71,1	117,5
Камелик	94,4	82,3	90,4	27,6	25,8	34,7	65,0	72,5	93,0	112,5	107,1	119,5
Топаз	50,5	51,3	51,4	43,9	44,9	51,3	77,8	72,8	80,8	145,3	109,7	141,9
Факел	59,2	58,2	72,7	39,4	34,3	40,9	60,5	53,2	60,7	89,3	83,3	106,5
Аванс	59,8	57,8	51,9	49,1	45,3	38,8	91,6	100,9	85,7	120,0	103,7	110,8
Азарт	54,7	51,0	42,4	40,7	32,2	21,1	68,5	62,5	48,0	51,9	60,6	43,6
Волжское 615	56,8	64,5	62,9	45,5	37,0	48,2	64,7	68,9	86,5	105,2	107,1	123,8
Гелеофор	68,3	63,3	66,1	42,5	45,4	44,6	61,9	102,9	102,6	120,8	103,8	121,3
Кремовое	62,0	55,3	60,7	52,5	48,9	45,2	82,6	79,3	73,7	130,4	133,8	105,7
Пищевое 614	50,5	47,8	59,1	39,3	38,4	42,5	64,3	69,4	81,1	183,6	114,5	192,2
Сармат	61,3	54,0	55,3	46,1	40,7	39,7	56,1	76,9	69,5	95,6	76,2	86,4
Восторг	61,3	59,5	54,1	44,1	28,6	42,5	105,1	67,0	101,3	100,5	101,3	130,0
Гарант	42,4	45,4	58,8	19,9	28,0	24,8	58,5	68,4	56,6	115,7	103,6	127,3
Пищевое 35	69,3	53,0	55,0	34,4	32,4	40,7	76,3	79,6	94,7	113,4	85,4	87,7
Л-КСИ 28/13	49,9	50,5	47,7	33,6	30,5	42,8	41,2	72,7	106,0	107,8	80,5	92,3
F <sub>05</sub>	1,89*			1,30			0,99			1,03		
НСР <sub>05</sub>	21,79			ns			ns			ns		

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; ns – различия не значимы.

установлены в комбинациях с сортами Камелик (79,9-92,0%), Меркурий (62,0-79,3%). Величина гетерозиса в зависимости от сезона представлена в приложении 88.

По длине наибольшего листа в среднем за 2015-2017 гг. различия между цитоплазмами по данному признаку отсутствовали (38,2-41,0%). Однако, в 2016 г. цитоплазмы А3 и 9Е оказали значимое влияние на параметр листа (29,2-30,9%) в сравнении с цитоплазмой А4 (22,9%). Влияние опылителя наблюдалось каждый сезон и за весь период изучения (таблица 64). Ежегодные различия между изоядерными гибридами установлены с линией Меркурий (приложение 89). В среднем за 2015-2017 гг. гетерозис находился в пределах 19,9-57,3% (таблица 65). Наибольшие показатели установлены в комбинациях с сортом Гелеофор (42,5-45,4%), Топаз (43,9-51,3%), Меркурий (41,5-57,3%).

В среднем за изученный период цитоплазматический эффект на проявление гипотетического гетерозиса по площади наибольшего листа не выявлен (таблица 64). У гибридов на цитоплазмах А3, А4 и 9Е его значения составили 76,7-85,6%. Причем, в 2016 г. цитоплазма 9Е оказала стимулирующий эффект на изучаемый показатель (47,8%) по сравнению с типами ЦМС А3 и А4 (38,3-40,4%). В 2017 г. цитоплазмы А4 и 9Е оказали значимое влияние на гетерозис площади листа (60,4-63,0%) в сравнении с цитоплазмой А3 (48,3%). Влияние опылителя наблюдалось каждый сезон и за весь период изучения. В условиях 2015 г. наибольший гетерозис отмечен в скрещиваниях с 2 сортами Старт, Меркурий; 2016 г. – Перспективный 1, Гарант; 2017 г. – Меркурий, Камелик, Кремовое (приложение 90). В среднем за 2015-2017 гг. у всех гибридов отмечен гипотетический гетерозис в пределах 41,2-121,1%. Более 50% гипотетического гетерозиса проявилось у 51 гибрида (таблица 65). Наибольшие показатели установлены в комбинациях с сортом Старт (103,6-117,8%), Меркурий (116,4-121,1%).

Значения гетерозиса по признаку «урожайность биомассы» между гибридами на цитоплазмах А3, А4 и 9Е оказались не значимыми в среднем за 2015-2017 гг. – 98,4-109,2% (таблица 64). Влияние 9Е типа цитоплазмы

установлено в 2015 г.: 152,4% против 133,5-139,4% на цитоплазмах А3 и А4; в 2016 г. цитоплазма А3 оказала больший эффект (73,9%) в сравнении с А4 и 9Е (59,2-65,3%). Влияние отцовского родителя наблюдалось каждый сезон и за весь период изучения. В среднем за 2015-2017 гг. гипотетический гетерозис отмечен в интервале 43,6-192,2% (таблица 65). У 53 гибридов гетерозис превышал 50%, а у 27 гибридов превышал 100% с сортами Камелик (107,1-119,5%), Топаз (109,7-145,3%), Аванс (103,7-120,0%), Волжское 615 (105,2-123,8%), Гелеофор (103,8-121,3%), Кремовое (105,7-133,8%), Пищевое 614 (114,5-192,2%), Восторг (101,3-130,0%), Гарант (103,6-127,3%). Проявление гетерозиса (7,2-262,0%) в каждый сезон отражено в приложении 91.

Таким образом, в среднем за период испытаний гипотетический гетерозис у гибридов составил по высоте растений (42,4-94,4%), длине наибольшего листа (19,9-57,3%), площади наибольшего листа (41,2-121,1%) и урожайности биомассы (43,6-192,2%). Причем, цитоплазмы А3 и 9Е оказали значимое влияние на гипотетический гетерозис по высоте растений (2015 г.) и длине наибольшего листа (2016 г.) в сравнении с цитоплазмой А4; цитоплазмы 9Е (2016 г.) и А4, 9Е (2017 г.) по площади наибольшего листа; 9Е (2015 г.) и А3 (2016 г.) по урожайности биомассы.

### **5.2.2 Гибриды с образцами сахарного сорго**

В литературе встречаются сведения о проявлении гетерозиса у гибридов первого поколения, полученных в результате межвидовой гибридизации. Гибриды, у которых в качестве материнской формы использовали ЦМС-линии зернового сорго, характеризовались истинным гетерозисом (32-44%) по интенсивности начального роста, высоте растений, толщине стебля, облиственности, урожайности зеленой массы и абсолютно-сухого вещества, содержанию протеина, золы и клетчатки в биомассе [37, 89, 125, 154, 251]. В работе В.В. Бритвина и В.Д. Филатовой [37] выявлены гибриды, у которых наблюдалась снижение высоты растений по сравнению с лучшей среднеспелой родительской формой на 9-12% и отсутствие гетерозиса по продуктивности зерна

и биомассы. В исследованиях А.Б. Володина с соавторами [50] истинный гетерозис по высоте растений достигал 26,5-41,7%, урожайности зеленой биомассы – 54,2-66,5%, облиственности – 1,5-3,3%; по содержанию протеина в биомассе отмечено промежуточное наследование признака: его количество оказалось ниже, чем у материнской формы и выше, чем у отцовской формы.

В Индии гетерозис гибридов кормового сорго по зеленой биомассе достигал 300%, а по качественным показателям биомассы до 43% [495]. Исследования, проведенные в Кентукки показали, что гибриды характеризовались гетерозисом по урожайности стеблей благодаря высокорослости растений с большим диаметром стебля. Гибриды на цитоплазме А3 отличались большим выходом сахара, чем сорта [502]. В Бразилии гетерозис наблюдали по высоте растений, урожайности биомассы, выходу этанола и сухого вещества [371].

В литературе описано, что затраты на получение гибридов окупаются, если их показатели превосходят показатели родительских форм и районированных сортов. При этом сведений о проявлении гетерозиса по содержанию водорастворимых сахаров немного в диапазоне -24 – 7% [471].

**Истинный гетерозис.** Анализ гибридов по основным селекционным признакам показал проявление истинного гетерозиса по высоте растений, площади и наибольшего листа, урожайности биомассы. С помощью дисперсионного анализа установлено, что влияние типа стерильной цитоплазмы в среднем по всем гибридам выявлено только в отдельные сезоны (таблица 66). Причем, по высоте растений различия между изоядерными гибридами в среднем по всем опылителям на цитоплазмах А3, А4 и 9Е отсутствовали. В среднем за 2016-2018 гг. значения истинного гетерозиса составили 21,7%, 22,0% и 22,3% соответственно. Влияние отцовского родителя проявлялось каждый сезон. Значения истинного гетерозиса за период исследований варьировали в интервале от 0,3 до 50,5% (приложение 92). В среднем за годы изучения проявление истинного гетерозиса по высоте растений наблюдалось у 100% гибридов в интервале 10,4-29,2% (таблица 67). Наибольший гетерозис отмечен с сортами Волжское 51 (23,8-29,2%) и

Таблица 66 – Влияние типа стерильной цитоплазмы на проявление истинного гетерозиса у гибридов F1 на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 (%), среднее за 2016-2018 гг.

Тип ЦМС	Высота растений				Длина наибольшего листа				Площадь наибольшего листа				Урожайность биомассы			
	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее
A3	15,3	14,0	35,8	21,7	23,7 a	27,8 a	49,2 b	33,6	30,8 a	38,5 a	77,5	48,9	65,5 ab	65,4 a	75,6 a	68,8
A4	16,9	13,2	35,8	22,0	26,9 b	28,0 a	46,5 ab	33,8	34,9 a	44,4 a	81,4	54,9	62,1 a	64,2 a	81,8 ab	69,4
9E	16,7	14,4	35,7	22,3	26,6 b	31,2 b	44,6 a	34,1	39,5 b	53,7 b	73,8	57,1	74,3 b	75,2 b	89,0 b	79,5
F <sub>05(A)</sub>	1,75	0,77	0,01	0,10	4,71*	4,90*	4,96*	0,02	8,45*	8,29*	1,22	1,27	3,70*	3,61*	3,26*	1,10
HCP <sub>05</sub>	ns	ns	ns	ns	2,28	2,39	2,90	ns	4,20	7,45	ns	ns	9,26	8,95	10,48	ns
F <sub>05(B)</sub>	35,96*	15,59*	6,94*	1,10	54,59*	3,13*	13,51*	1,50	61,48*	7,27*	5,49*	2,72*	31,05*	10,84*	25,10*	3,17*
HCP <sub>05</sub>	3,90	3,98	7,15	ns	4,74	4,99	6,04	ns	8,75	15,51	19,97	19,39	19,29	18,63	21,83	33,50
F <sub>05(AB)</sub>	-0,92	1,08	1,22	0,35	2,74*	2,37*	2,07*	0,18	-1,44	1,50	1,48	0,46	-0,67	1,80*	3,07*	0,18
HCP <sub>05</sub>	ns	ns	ns	ns	8,22	8,65	10,47	ns	ns	ns	ns	ns	ns	32,28	37,81	ns

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; ns – различия не значимы. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, значимо различаются между собой при  $p \leq 0,05$  в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

Таблица 67 – Истинный гетерозис гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е (%), среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Высота растений			Параметры наибольшего листа						Урожайность биомассы		
				длина			площадь					
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Волжское 51	24,2	23,8	29,2	33,4	32,0	38,8	56,9	57,0	87,8	81,2	78,7	94,4
Флагман	21,3	18,0	19,0	37,7	28,6	31,5	53,5	43,5	51,1	98,7	91,7	134,7
Чайка	24,8	21,9	27,5	36,4	37,5	33,9	61,3	74,0	66,3	47,8	42,3	50,4
Сахара	17,7	20,2	22,1	40,9	43,2	42,2	50,3	79,6	75,6	78,0	88,2	91,1
Саратовское90	23,1	23,9	22,5	37,7	33,5	39,1	57,8	69,0	72,8	73,8	92,2	65,2
Камышинское8	19,2	21,2	24,0	25,1	27,4	27,8	27,1	28,3	30,6	39,9	54,3	39,6
Кинельское3	23,9	24,4	26,3	28,1	30,2	28,8	42,3	47,5	55,9	56,9	63,7	73,7
к-64	23,3	19,8	22,0	34,4	37,8	32,7	50,3	64,0	54,6	88,0	79,9	97,5
Л-60/12	20,8	27,5	21,1	34,2	40,5	38,7	38,1	57,8	42,6	63,1	54,4	69,8
Л-39/12	18,5	17,7	23,3	28,4	30,9	31,4	32,4	25,1	39,2	79,6	84,2	117,2
Л-42/13	18,7	17,7	20,4	22,5	27,3	28,5	38,2	32,4	39,7	67,1	73,2	66,9
Л-59/13	13,9	14,8	10,4	36,4	34,7	39,2	39,2	44,5	35,6	24,2	25,2	26,9
Л-52/13	26,3	25,7	21,4	36,3	33,5	31,2	65,0	64,1	62,1	86,1	70,4	91,2
F <sub>05</sub>	0,58			0,59			1,22			1,18		
НСР <sub>05</sub>	ns			ns			ns			ns		

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; ns – различия не значимы.

Кинельское 3 (23,9-26,3%). В работе Е.А. Вертиковой и В.В. Пыльнева [45] истинный гетерозис по этому признаку наблюдался у 29,4-32,9% гибридов.

По длине наибольшего листа установлено влияние цитоплазмы 9Е на гетерозис в 2016-2017 гг. (26,6-31,2%) в сравнении с цитоплазмой А3 (23,7-27,8%); в 2018 г. наоборот – 44,6% и 49,2%, соответственно (таблица 66). В среднем за три года цитоплазматический эффект отсутствовал (таблица 67). Влияние опылителя проявлялось каждый сезон. Так, по длине наибольшего листа значения истинного гетерозиса варьировали в интервале от 2,3 до 58,4% (приложение 92). В среднем за годы изучения проявление истинного гетерозиса по высоте растений наблюдалось у 100% гибридов в интервале 22,5-43,2% (таблица 67). Наибольший гетерозис отмечен с сортом Сахара (40,9-43,2%).

На гетерозис по площади наибольшего листа стимулирующее влияние проявила цитоплазма 9Е (39,5-53,7%) по сравнению с цитоплазмами А3 и А4 (30,8-44,4%) в 2016-2017 гг. сезоны (таблица 66). В условиях 2018 г. проявление истинного гетерозиса оказалось наиболее сильным, но различия между цитоплазмами незначимо: 73,8-81,7%. В среднем за три года цитоплазматический эффект отсутствовал. Влияние опылителя проявлялось каждый сезон и в среднем за период исследований. По данному признаку значения истинного гетерозиса варьировали в интервале от 1,4 до 120,7% (приложение 93). В среднем за годы изучения проявление истинного гетерозиса по высоте растений наблюдалось у 100% гибридов в интервале 27,1-79,6% (таблица 67). Наибольший гетерозис отмечен с сортами Сахара (50,3-79,6%) и Чайка (61,3-74,0%).

На гетерозис по урожайности биомассы ежегодно выявлено влияние цитоплазмы 9Е (74,3-89,0%) по сравнению с цитоплазмами А3 и А4 (62,1-81,8%). Однако в среднем за 2016-2018 гг. различия между цитоплазмами по данному признаку отсутствовали – 68,8-79,5%. Влияние опылителя на проявление истинного гетерозиса установлено каждый сезон и в среднем за период исследований. Значения гетерозиса по признаку «урожайность

биомассы» варьировали в интервале 5,0-178,1% за весь период исследований (приложение 93), тогда как в среднем за 3 года – 24,2-134,7% (таблица 67). При этом, у 32 гибридов гетерозис превышал 50%. Наибольшие показатели установлены у гибридов с сортом Флагман (91,7-134,7%). В работах крымских исследователей истинный гетерозис гибридов по урожайности биомассы достигал 48,6-73,3% [179].

Таким образом, в среднем за период испытаний влияние типа стерильной цитоплазмы не оказало существенного влияния на значения истинного гетерозиса у гибридов: по высоте растений интервал составил 21,7-22,3%, длине наибольшего листа – 33,6-34,1%, площади наибольшего листа – 48,9-57,1% и урожайности биомассы – 68,8-79,5%. В отдельные сезоны отмечен стимулирующий эффект цитоплазмы 9E на проявление истинного гетерозиса по длине и площади наибольшего листа, урожайности биомассы. Только в условиях 2018 г. цитоплазма А3 оказала наибольший эффект по сравнению с 9E на гетерозис по длине наибольшего листа.

**Гипотетический гетерозис.** В работах крымских исследователей гипотетический гетерозис гибридов по урожайности биомассы достигал 79,7-91,0% [179]. Дисперсионным анализом установлено, что влияние типа стерильной цитоплазмы в среднем по всем гибридам выявлено только в отдельные сезоны (таблица 68). Причем, по высоте растений различия между изоядерными гибридами в среднем по всем опылителям на цитоплазмах А3, А4 и 9E отсутствовали. В среднем за 2016-2018 гг. значения гетерозиса составили 55,2-56,2%. Влияние отцовского родителя проявлялось каждый сезон. Однако, в среднем за три года между опылителями, участвовавшими в гибридизации, различий не установлено. За период исследований значения гипотетического гетерозиса варьировали в интервале от 26,1 до 96,7% (приложение 94). В среднем за годы изучения проявление гипотетического гетерозиса по высоте растений наблюдалось у 100% гибридов в интервале 42,6-64,1% (таблица 69). Наибольший гетерозис (57,9-64,1%) отмечен с сортами Волжское 51, Кинельское 3, к-64.



Таблица 68 – Влияние типа стерильной цитоплазмы на проявление гипотетического гетерозиса у гибридов F1 на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 (%), среднее за 2016-2018 гг.

Тип ЦМС	Высота растений				Длина наибольшего листа				Площадь наибольшего листа				Урожайность биомассы			
	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее
A3	49,0	41,9	74,6	55,2	28,9 a	32,5 a	57,9 b	39,7	49,3 a	52,4 a	109,2 b	70,3	133,8	133,9	116,7	128,1
A4	50,0	41,2	76,8	56,0	32,0 b	32,7 a	55,0 b	39,9	56,9 b	62,5 b	102,1 b	73,8	121,7	138,6	127,9	129,4
9E	50,9	42,1	75,6	56,2	32,6 b	36,4 b	50,4 a	39,8	58,8 b	72,8 c	88,7 a	73,4	132,1	149,2	123,6	135,0
F <sub>05(A)</sub>	1,57	0,21	0,76	0,13	6,15*	5,64*	11,45*	0,01	15,85*	12,98*	9,88*	0,16	2,74	2,99	1,46	0,27
HCP <sub>05</sub>	ns	ns	ns	ns	2,29	2,60	3,15	ns	3,55	7,99	9,33	ns	ns	ns	ns	ns
F <sub>05(B)</sub>	33,04*	8,24*	7,35*	1,45	44,69*	4,70*	5,44*	1,61	56,26*	8,27*	5,48*	2,01*	36,58*	8,21*	21,40*	3,69*
HCP <sub>05</sub>	4,59	5,48	7,40	ns	4,76	5,42	6,56	ns	7,39	16,63	19,43	21,27	23,05	26,55	27,42	40,91
F <sub>05(AB)</sub>	4,54*	2,02*	1,87*	0,33	5,36*	2,38*	1,50	0,29	11,07*	1,83*	1,99*	0,50	2,76*	2,25*	3,29*	0,26
HCP <sub>05</sub>	7,96	9,50	12,82	ns	8,26	9,40	ns	ns	12,81	28,81	33,66	ns	39,93	46,00	47,50	ns

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; ns – различия не значимы. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, значимо различаются между собой при  $p \leq 0,05$  в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

Таблица 69 – Гипотетический гетерозис гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е (%), среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Высота растений			Параметры наибольшего листа						Урожайность биомассы		
				длина			площадь					
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Волжское 51	58,1	58,1	64,1	37,5	34,3	43,0	69,9	67,9	99,6	154,7	148,1	163,5
Флагман	58,5	55,1	55,1	47,0	37,0	39,1	70,2	55,3	62,0	155,7	144,8	189,3
Чайка	54,1	51,3	57,2	42,7	45,0	42,0	78,8	87,0	79,0	98,1	93,3	98,3
Сахара	52,0	55,8	57,3	47,3	50,9	47,2	75,8	106,9	98,8	139,2	154,8	149,6
Саратовское90	54,1	56,1	53,3	40,5	37,5	43,3	75,1	84,7	86,7	141,9	163,7	122,9
Камышинское8	50,7	54,2	56,5	30,0	35,6	35,6	45,1	47,5	52,2	99,8	120,3	94,8
Кинельское3	58,5	60,1	61,1	32,9	34,5	34,0	60,3	65,0	70,4	111,6	122,4	131,8
к-64	61,9	57,9	60,0	41,5	44,1	37,1	72,9	82,6	69,4	152,9	141,3	156,8
Л-60/12	54,6	63,9	54,6	39,9	45,1	42,3	66,9	87,8	65,7	116,7	105,0	122,0
Л-39/12	53,5	53,2	59,4	38,9	40,7	39,5	65,8	54,7	63,8	133,5	141,9	172,7
Л-42/13	53,7	53,1	55,6	33,2	35,4	37,1	73,0	64,5	70,4	131,2	139,2	125,1
Л-59/13	47,3	49,2	42,6	42,8	40,3	43,6	70,1	74,6	60,8	68,3	69,6	67,6
Л-52/13	60,3	60,4	53,8	40,3	38,2	34,0	82,7	78,3	75,6	161,5	137,5	159,8
F <sub>05</sub>	0,67			0,69			0,96			1,34		
НСР <sub>05</sub>	ns			ns			ns			ns		

Примечание: ns – различия не значимы при  $p \leq 0,05$ .

По длине наибольшего листа цитоплазматический эффект установлен в каждом сезоне, но в среднем за период исследований – отсутствовал (таблица 68). Так, влияние цитоплазм А4 и 9Е на гетерозис (32,0%) выявлен в 2016 г. в сравнении с цитоплазмой А3 (28,9%); в 2017 г. наибольший эффект оказала цитоплазма 9Е (36,4%) в сравнении с цитоплазмами А3 и А4 (32,5-32,7%); в 2018 г. наоборот – цитоплазма 9Е снижала значения гетерозиса (50,4%) по сравнению с цитоплазмами А3 и А4 (55,0-57,9%). Влияние опылителя проявлялось каждый сезон, но в среднем за период исследований отсутствовал. Так, по длине наибольшего листа значения гетерозиса варьировали в интервале от 6,3 до 67,8% (приложение 94). В среднем за годы изучения проявление истинного гетерозиса по высоте растений наблюдалось у 100% гибридов в интервале 30,0-50,9% (таблица 69). Наибольший гетерозис отмечен с сортом Сахара (47,2-50,9%).

На гетерозис по площади наибольшего листа стимулирующее влияние проявили цитоплазмы А4 и 9Е (56,9-72,8%) по сравнению с цитоплазмой А3 (49,3-52,4%) в 2016-2017 гг. сезоны. В условиях 2018 г. на проявление гипотетического гетерозиса наибольшее влияние оказали цитоплазмы А3 и А4 (102,1-109,2%) в сравнении с цитоплазмой 9Е (88,7%). В среднем за три года цитоплазматический эффект на гипотетический гетерозис отсутствовал – 70,3-73,8% (таблица 68). Влияние опылителя проявлялось каждый сезон и в среднем за период исследований. По данному признаку значения гипотетического гетерозиса варьировали в интервале от 17,9 до 134,7% (приложение 95). В среднем за годы изучения проявление гипотетического гетерозиса по площади наибольшего листа наблюдалось у 100% гибридов в интервале 45,1-106,9% (таблица 69). Наибольший гетерозис отмечен с сортом Сахара (75,8-106,9%).

На гетерозис по урожайности биомассы влияние цитоплазмы не выявлено. Влияние опылителя на проявление гипотетического гетерозиса установлено как в каждый сезон, так и в среднем за период исследований (таблица 68). Значения гетерозиса по признаку «урожайность биомассы» варьировали в интервале 26,3-240,4% за весь период исследований

(приложение 95). В среднем за 3 года испытаний гетерозис составил 67,6-189,3%. При этом, у 31 гибрида гетерозис превышал 100% (таблица 69). Наибольшие показатели установлены у гибридов с сортом Флагман (144,8-189,3%). Примечательно, что ежегодно различия между изоядерными гибридами выявлены в скрещиваниях с линией Л-52/13.

Таким образом, в среднем за период испытаний влияние типа стерильной цитоплазмы не оказало существенного влияния на значения гипотетического гетерозиса у гибридов: по высоте растений интервал составил 55,2-56,2%, длине наибольшего листа – 39,7-39,9%, площади наибольшего листа – 70,3-73,8% и урожайности биомассы – 128,1-135,0%. Цитоплазматический эффект отмечен по проявлению гипотетического гетерозиса длины и площади наибольшего листа: в 2016 г. наибольшее влияние оказали цитоплазмы А4 и 9Е, а в 2018 г. – наименьшее по сравнению с цитоплазмой А3. В условиях 2017 г. цитоплазма 9Е оказала наибольший эффект по сравнению с А3 и А4.

Проявление гетерозиса у гибридов представлено на рисунке 46.



Рисунок 46 – Проявление гетерозиса гибрида F1 (а) в сравнении с отцовской формой (б)

### 5.3 Влияние типов стерильных цитоплазм на наследование количественных признаков у гибридов F1 сорго

Сведения о влиянии типа стерильной цитоплазмы на генетический контроль признаков у сорго в литературе отсутствуют, что подтверждает актуальность этого направления исследований.

#### 5.3.1 Гибриды с изоядерными ЦМС-линиями с геномом Желтозерного 10

*Гибриды с образцами зернового сорго.* В среднем за три года изучения у 100% гибридов F1 сверхдоминирование ( $h_r > 1,0$ ) выявлено по высоте растений, длине и площади наибольшего листа, урожайности биомассы. Влияние типа стерильной цитоплазмы на наследование указанных признаков у изоядерных гибридов установлено только в отдельные годы.

Детальное рассмотрение изучаемого коэффициента показало влияние цитоплазмы 9E на высоту растений в 2017 г. ( $h_r = 17,0$ ) по сравнению с A3 и A4 ( $h_r = 7,6-9,1$ ). В среднем за 2015-2017 гг. коэффициент фенотипического доминирования составил 15,9-19,5 (таблица 70). Влияние опылителя наблюдалось каждый сезон и за весь период изучения. Величина  $h_r$  варьировала от 2,4 до 163,0 (приложение 96). В среднем за 2015-2017 гг. у всех гибридов отмечен  $h_r$  в пределах 3,6-110,7 (таблица 71). Наибольшие показатели (67,6-110,7) установлены в комбинациях с сортом Камелик.

По длине наибольшего листа как в среднем за 2015-2017 гг. (10,6-12,7), так и в отдельные сезоны различия между цитоплазмами по величине  $h_r$  отсутствовали: в 2015 г. – 13,9-14,4; в 2016 г. – 8,1-12,6; в 2017 г. – 9,8-11,1. Отмечена тенденция: значения коэффициента фенотипического доминирования ниже у гибридов на цитоплазме A4. Влияние опылителя наблюдалось каждый сезон и за весь период изучения (таблица 70). В среднем за 2015-2017 гг. у всех гибридов коэффициент фенотипического доминирования находился в пределах -0,1 – 26,1. Наибольшие показатели установлены в комбинациях с сортом Сармат ( $h_r = 11,5-26,1$ ), Топаз ( $h_r = 18,3-23,1$ ), Аванс ( $h_r = 13,0-21,0$ ), Пищевое 35 ( $h_r = 7,3-22,4$ ) и линией Л-КСИ-28/13 ( $h_r = 12,9-20,0$ ). Гибридная

Таблица 70 – Влияние типа стерильной цитоплазмы на проявление коэффициента фенотипического доминирования у гибридов F1 на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10, 2015-2017 гг.

Тип ЦМС	Высота растений				Параметры наибольшего листа								Урожайность биомассы			
					длина				площадь							
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее
A3	17,2	24,0	9,1 a	16,7	14,4	12,6	11,1	12,7	17,9	10,3 b	14,4	14,2	18,1	1,9 a	4,3 b	8,1
A4	14,9	25,2	7,6 a	15,9	13,9	8,1	9,8	10,6	17,2	6,8 a	10,8	11,6	19,4	1,6 a	2,8 a	7,9
9E	15,7	25,7	17,0 b	19,5	14,1	11,3	10,9	12,1	21,7	10,9 b	13,0	15,2	17,8	3,7 b	5,0 b	8,8
F <sub>05(A)</sub>	0,49	0,16	7,80*	0,44	0,05	1,11	0,21	0,64	1,91	5,43*	0,53	0,63	0,19	5,47*	5,92*	0,10
HCP <sub>05</sub>	ns	ns	5,05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	2,64	ns	ns	ns	1,38	1,32	ns
F <sub>05(B)</sub>	36,59*	39,06*	14,60*	9,18*	3,63*	2,48*	5,97*	2,41*	12,37*	51,04*	4,33*	3,42*	15,74*	20,33*	5,55*	3,14*
HCP <sub>05</sub>	11,16	15,43	12,38	19,45	17,75	15,23	-	9,99	12,14	6,46	17,10	13,35	12,90	3,39	3,23	11,25
F <sub>05(AB)</sub>	-1,29	0,57	4,72*	0,24	1,12	0,61	1,10	0,44	-0,83	-0,64	0,75	0,47	2,06*	5,48*	1,80*	0,28
HCP <sub>05</sub>	ns	ns	21,44	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	22,35	5,87	5,60	ns

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; ns – различия не значимы. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, значимо различаются между собой при  $p \leq 0,05$  в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

Таблица 71 – Коэффициент фенотипического доминирования у гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Высота растений			Параметры наибольшего листа						Урожайность биомассы		
				длина			площадь					
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	35,2	24,1	24,6	2,4	1,7	1,4	3,2	2,3	1,8	7,0	1,4	11,3
Старт	9,5	9,3	9,8	7,2	8,0	5,6	18,2	16,6	14,9	10,6	11,1	6,2
Меркурий	45,3	61,1	61,8	3,5	13,8	7,1	8,4	13,9	12,8	4,5	3,2	4,6
Огонек	15,0	17,4	25,6	3,1	4,4	9,1	10,8	16,3	9,6	6,4	4,8	7,6
Камелик	80,2	67,6	110,7	-0,1	2,4	5,8	17,6	31,4	25,0	5,3	7,1	6,7
Топаз	6,2	5,6	6,5	18,3	23,1	20,3	28,5	6,8	19,7	18,8	41,6	24,8
Факел	4,9	4,8	6,3	12,6	14,6	17,4	24,8	6,8	18,5	4,6	4,6	5,7
Аванс	12,0	11,1	11,1	17,3	13,0	21,0	5,7	4,8	5,1	4,3	4,1	4,3
Азарт	8,5	7,9	7,0	9,9	5,8	6,8	13,4	8,7	21,5	13,2	3,9	3,0
Волжское 615	6,2	7,0	7,0	15,2	10,9	27,3	11,7	11,3	7,9	4,0	3,9	5,1
Гелеофор	11,0	10,5	11,7	13,0	13,0	9,8	10,6	11,2	11,2	8,0	7,1	9,0
Кремовое	8,6	7,5	9,3	7,2	6,6	12,6	7,6	8,0	10,5	4,5	5,2	4,3
Пищевое 614	18,5	16,0	19,3	20,1	11,0	11,3	19,4	17,9	17,1	16,4	15,3	29,0
Сармат	6,5	5,8	6,5	26,1	15,2	11,5	10,0	13,1	10,3	2,5	2,0	2,5
Восторг	13,9	11,8	13,8	8,9	9,5	8,6	47,3	21,2	50,5	11,0	14,3	22,1
Гарант	3,7	3,9	5,5	3,3	6,7	8,9	3,2	3,5	3,6	3,3	3,0	4,0
Пищевое 35	4,9	3,6	3,8	22,4	7,3	18,4	7,0	4,9	6,8	5,1	3,1	3,3
Л-КСИ 28/13	11,1	11,0	10,7	20,0	12,9	19,6	3,4	5,7	7,9	6,3	4,8	5,6
F <sub>05</sub>	3,11*			1,08			1,42			1,19		
НСР <sub>05</sub>	33,69			ns			ns			ns		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . ns – различия не значимы.

депрессия выявлена в комбинации с сортом Камелик (таблица 71). Проявление наследования признака в отдельные годы представлено в приложении 97.

В среднем за изученный период цитоплазматический эффект на проявление  $h_r$  по площади наибольшего листа не выявлен (таблица 70). У гибридов на цитоплазмах А3, А4 и 9Е его значения составили 11,6-15,2. Причем, в 2016 г. цитоплазмы А3 и 9Е оказали стимулирующий эффект на изучаемый показатель ( $h_r=10,3-10,9$ ) по сравнению с типом ЦМС А4 ( $h_r=6,8$ ). Влияние опылителя наблюдалось каждый сезон и за весь период изучения. Следует отметить, что величина  $h_r$  изменялась от 0,3 до 82,8: частичное доминирование в сторону большего значения признака выявлено в условиях 2016 г. у гибридов с сортами Камелик на цитоплазмах А3 и А4 ( $h_r=0,3-0,5$ ), Азарт на цитоплазме 9Е ( $h_r=0,4$ ); неолное доминирование в сторону большего значения признака с образцами Гелеофор и Л-КСИ-28/13 на цитоплазме А3 ( $h_r=0,6-0,9$ ), Кремовое на цитоплазме 9Е ( $h_r=0,7$ ) (приложение 98). В среднем за 2015-2017 гг. у всех гибридов отмечено сверхдоминирование в пределах 1,8-50,5 (таблица 71). Наибольшие показатели установлены в комбинациях с сортом Восторг ( $h_r=21,2-50,5$ ), Камелик ( $h_r=17,6-31,4$ ).

Значения коэффициента фенотипического доминирования по признаку «урожайность биомассы» между гибридами на цитоплазмах А3, А4 и 9Е оказались не значимыми в среднем за 2015-2017 гг. – 7,9-8,8 (таблица 70). Влияние 9Е типа цитоплазмы установлено в 2016 г.: 3,7 против 1,6-1,9 на цитоплазмах А3 и А4; в 2017 г. цитоплазмы А3 и 9Е оказали больший эффект ( $h_r=4,3-5,0$ ) в сравнении с А4 ( $h_r=2,8$ ). Влияние отцовского родителя наблюдалось каждый сезон и за весь период изучения. Следует отметить, что величина  $h_r$  изменялась от -0,9 до 120,3 (приложение 99). В отдельные годы наблюдалась гибридная депрессия; неполное и частичное доминирование. В среднем за 2015-2017 гг. у всех гибридов отмечен коэффициент в пределах 1,4-41,6 (таблица 71). Наибольший коэффициент отмечен в комбинациях с сортами Топаз ( $h_r=18,8-41,6$ ) и Пищевое 614 ( $h_r=15,3-29,0$ ).



Таким образом, в среднем за период испытаний коэффициент фенотипического доминирования у гибридов составил по высоте растений ( $h_p=3,6-110,7$ ), длине наибольшего листа ( $h_p=-0,1-23,1$ ), площади наибольшего листа ( $h_p=1,8-50,5$ ) и урожайности биомассы ( $h_p=1,4-41,6$ ). Причем, цитоплазма 9E оказала значимое влияние на  $h_p$  по высоте растений (2017 г.) и урожайности биомассы (2016 г.) в сравнении с цитоплазмами А3, А4; цитоплазмы А3 и 9E по площади наибольшего листа (2016 г.) и урожайности биомассы (2017 г.) в сравнении с цитоплазмой А4.

**Гибриды с образцами сахарного сорго.** В исследовательских работах Л.Л. Болдыревой и В.В. Бритвина [30] по изучению закономерностей наследования высоты растений, продолжительности вегетационного периода, диаметра стебля у гибридов сахарного сорго отмечены разные типы доминирования, а кустистости – положительный и отрицательный эффект доминирования. Следует отметить, что в условиях Крыма эффект сверхдоминирования по высоте растений наблюдалось у гибридов с линией-опылителем Просвет 1/1, у остальных гибридов – в основном депрессия; по содержанию сахаров в соке главного стебля – отрицательное доминирование, частичное и неполное [302]. В других исследовательских работах установлено, что урожайность биомассы, содержание сахаров в стебле контролируются действием как аддитивных, так и неаддитивных генов, но в большинстве случаев – аддитивными [492].

В среднем за 2016-2018 гг. у гибридов F1 (100% комбинаций) установлено сверхдоминирование по высоте растений, площади и длине наибольшего листа, урожайности биомассы (таблица 72). Цитоплазматический эффект присутствовал только в отдельные годы.

Так, по высоте растений коэффициент фенотипического доминирования оказался значимо выше у гибридов на цитоплазме 9E ( $h_p=1,8$ ) по сравнению с А3 и А4 ( $h_p=1,6-1,7$ ) в 2017 г. (таблица 72). При этом влияние отцовского родителя зафиксировано ежегодно. За период исследований значения коэффициента фенотипического доминирования по высоте растений варьировали в интервале от 0,8 до 3,2 (приложение 100). В среднем за годы

изучения  $h_r$  по высоте растений составил 1,5-2,3 (таблица 73). Наибольшие значения отмечены с сортами Волжское 51 ( $h_r=2,1-2,4$ ), Чайка ( $h_r=2,1-2,5$ ).

Влияние типа ЦМС на коэффициент фенотипического доминирования по длине наибольшего листа отсутствовало (таблица 72). При этом влияние отцовского родителя зафиксировано ежегодно и в среднем за три года. За период исследований значения коэффициента фенотипического доминирования по длине листа варьировали в интервале от 0,6 до 50,6 (приложение 100). В среднем за годы изучения  $h_r$  составил 4,1-28,9 (таблица 73). Наибольшие значения отмечены с сортом Саратовское 90 ( $h_r=18,5-28,9$ ). По площади наибольшего листа коэффициент фенотипического доминирования оказался значимо выше у гибридов на цитоплазмах А4 и 9Е ( $h_r=14,1-17,3$ ) по сравнению с А3 ( $h_r=7,4$ ) в 2018 г. (таблица 72). При этом влияние отцовского родителя зафиксировано ежегодно и в среднем за период исследований. За период исследований значения коэффициента фенотипического доминирования по площади листа варьировали в интервале от -0,1 до 52,0 (приложение 101). В отдельных комбинациях отмечены различия между изоядерными гибридами: 2016 г. с сортом Чайка; 2017 г. – с Волжским 51; 2018 г. с 4 опылителями – Волжское 51, к-64, Саратовское 90, Л-52/13. В среднем за годы изучения  $h_r$  изменялся в интервале 2,7-24,1 (таблица 73). Наибольшие значения отмечены с сортом Волжское 51 ( $h_r=11,6-24,1$ ).

Цитоплазма 9Е оказывала влияние на коэффициент фенотипического доминирования по урожайности биомассы ( $h_r=4,1-7,5$ ) по сравнению с цитоплазмами А3 и А4 ( $h_r=3,3-5,2$ ) в 2016 и 2018 гг. В среднем за три года изучения цитоплазматический эффект не выявлен (таблица 72). При этом влияние отцовского родителя зафиксировано ежегодно и в среднем за 2016-2018 гг. За период исследований коэффициент фенотипического доминирования по урожайности биомассы варьировал в интервале 0,5-20,4 (приложение 101). В среднем за годы изучения  $h_r$  по урожайности биомассы составил 1,6-9,7 (таблица 73). Наибольшие значения отмечены с сортом Флагман ( $h_r=5,1-9,7$ ).

Таблица 72 – Влияние типа стерильной цитоплазмы на проявление коэффициента фенотипического доминирования у гибридов F1 на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10, 2016-2018 гг.

Тип ЦМС	Высота растений				Длина наибольшего листа				Площадь наибольшего листа				Урожайность биомассы			
	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее
A3	1,7	1,7 a	2,7	2,0	13,1	19,4	15,9	16,1	5,2	9,4	7,4 a	7,3	3,3 a	0,9	5,2 a	3,1
A4	1,7	1,6 a	2,6	2,0	12,7	17,2	15,3	15,0	6,7	6,3	14,1 b	9,0	3,4 a	1,0	5,2 a	3,2
9E	1,8	1,8 b	2,6	2,1	15,5	14,3	19,0	16,3	8,2	7,5	17,3 b	11,0	4,1 b	1,1	7,5 b	4,2
F <sub>05(A)</sub>	1,09	4,99*	0,24	0,25	0,27	0,79	0,85	0,96	1,51	1,04	8,79*	1,95	8,42*	1,91	12,18*	2,63
HCP <sub>05</sub>	ns	0,10	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	4,80	ns	0,42	ns	1,07	ns
F <sub>05(B)</sub>	34,90*	27,00*	6,42*	1,84	3,05*	3,94*	2,46*	2,34*	8,40*	4,79*	3,94*	3,41*	33,65*	4,84*	15,93*	3,14*
HCP <sub>05</sub>	0,20	0,22	0,40	ns	17,50	17,02	12,53	11,61	7,15	9,10	9,99	7,66	0,88	0,21	2,24	2,17
F <sub>05(AB)</sub>	2,70*	1,97*	0,82	0,21	0,74	0,58	1,20	0,33	0,60	1,23	1,07	0,46	2,29*	1,95*	3,88	0,48
HCP <sub>05</sub>	0,34	0,38	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,52	0,38	ns	ns

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; ns – различия не значимы. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, значимо различаются между собой при  $p \leq 0,05$  в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

Таблица 73 – Коэффициент фенотипического доминирования гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4, 9Е, среднее за 2016-2018 гг.

Сорт, линия	Высота растений			Параметры наибольшего листа						Урожайность биомассы		
				длина			площадь					
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Волжское 51	2,1	2,1	2,4	16,7	20,1	22,4	23,5	11,6	24,1	3,1	3,4	4,2
Флагман	1,9	1,8	1,8	20,8	17,9	14,1	8,9	12,9	12,0	5,1	5,1	9,7
Чайка	2,3	2,1	2,5	14,4	11,4	6,4	9,3	15,4	20,0	2,2	1,6	2,3
Сахара	1,8	1,9	2,0	15,6	25,3	23,6	4,6	8,0	11,2	3,7	3,5	4,8
Саратовское90	2,2	2,2	2,1	28,9	18,5	23,4	7,0	15,8	14,1	2,7	4,2	3,1
Камышинское8	2,0	2,0	2,1	7,8	5,7	8,7	6,4	10,6	4,2	1,8	2,3	2,0
Кинельское3	2,2	2,2	2,3	27,3	22,0	17,5	3,5	6,5	9,1	3,3	3,0	3,1
к-64	2,0	1,9	2,0	13,2	12,2	12,1	8,7	10,8	14,0	4,0	3,7	4,9
Л-60/12	2,0	2,3	2,0	13,4	29,2	22,0	3,5	4,9	5,2	2,6	2,6	3,1
Л-39/12	1,9	1,8	2,1	5,7	6,9	8,8	3,0	2,7	3,9	4,3	4,0	8,2
Л-42/13	1,8	1,8	1,9	4,1	5,3	7,5	3,4	3,1	3,8	2,3	2,7	2,5
Л-59/13	1,6	1,7	1,5	18,7	17,2	20,2	3,2	3,7	3,6	1,9	2,3	2,4
Л-52/13	2,2	2,2	2,0	22,5	16,5	25,1	7,8	10,8	17,3	3,6	3,5	4,5
F <sub>05</sub>	0,72			0,96			1,47			1,43		
НСР <sub>05</sub>	ns			ns			ns			ns		

Примечание: ns – различия не значимы при  $p \leq 0,05$ .

Таким образом, у гибридов F1 данной схемы скрещиваний отмечено наибольшее влияние цитоплазмы 9E на коэффициент фенотипического доминирования по высоте растений (2017 г.), урожайности биомассы (2016 и 2018 гг.) по сравнению с цитоплазмами A3 и A4, тогда как по площади наибольшего листа – A4 и 9E (2016 г.) по сравнению с цитоплазмой A3.

### **5.3.2 Гибриды с изоядерными ЦМС-линиями с геномом Карлика 4в**

Влияние стерильных цитоплазм A1, A2, A3, A4, A5 и A6 на наследование количественных признаков рассматривали у гибридов на основе ЦМС-линий Карлика 4в с Восторгом за 2016-2018 гг. Анализ показал, что в среднем за период изучения тип стерильной цитоплазмы не оказал существенного влияния на коэффициент фенотипического доминирования по высоте растений, длине и площади наибольшего листа, урожайности биомассы (таблица 74).

По высоте растений у гибридов на разных типах ЦМС установлено сверхдоминирование в 2016 г. (за исключением гибрида A4 Карлик 4в/ Восторг, у которого было частичное доминирование  $h_p=0,9$ ); в 2017-2018 гг. и в среднем за 2016-2018 гг. – частичное доминирование (кроме гибрида A5 Карлик 4в/Восторг, у которого было сверхдоминирование  $h_p=1,0-1,2$ ). В 2018 г. цитоплазма A5 увеличивала коэффициент фенотипического доминирования высоты растений по сравнению в другими изоядерными гибридами. У гибрида A5 Карлик 4в/Восторг установлено полное доминирование признака ( $h_p=1,0$ ), а у A1 Карлик 4в/Восторг – полудоминирование ( $h_p=0,5$ ), а у гибридов на цитоплазмах A2, A3, A4 и A6 – частичное доминирование отцовской формы ( $h_p=0,6-0,7$ ).

Длина наибольшего листа у данных гибридов наследовалась по типу сверхдоминирования в 2016 г. ( $h_p=5,0-11,3$ ) и в среднем за 2016-2018 гг. ( $h_p=2,4-4,5$ ). В остальные годы выявлено неполное, частичное и сверхдоминирование признака. Цитоплазматический эффект на характер наследования длины наибольшего листа также выявлен в условиях 2018 г. Гибриды на цитоплазмах A3, A5 и A6 ( $h_p=1,3-1,4$ ) характеризовались сверхдоминированием по

Таблица 74 – Влияние типа стерильной цитоплазмы на проявление коэффициента фенотипического доминирования у гибридов F1 с линией Восторг на основе изоядерных ЦМС-линий Карлика 4в, 2016-2018 гг.

Тип ЦМС	Высота растений				Длина наибольшего листа				Площадь наибольшего листа				Урожайность биомассы			
	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее
A1	1,4	0,9	0,5 a	0,9	6,6	1,3	0,5 a	2,8	4,7 ab	2,3	2,2 ab	3,1	0,0	2,3	7,2	3,2
A2	1,2	0,9	0,7 a	0,9	8,9	0,4	0,5 a	3,3	7,0 b	1,2	1,5 a	3,2	-0,1	1,2	1,4	0,8
A3	1,3	0,9	0,6 a	0,9	9,0	0,1	1,4 c	3,5	4,3 ab	0,5	3,5 c	2,7	-0,5	3,9	-0,2	1,1
A4	0,9	0,8	0,6 a	0,8	7,5	1,5	1,2 abc	3,4	5,8 ab	3,3	2,8 bc	4,0	-0,8	4,3	-0,3	1,1
A5	1,4	1,1	1,0 b	1,2	5,0	1,0	1,3 bc	2,4	3,6 a	2,0	3,0 bc	2,9	-0,2	3,0	1,1	1,3
A6	1,0	0,8	0,7 a	0,8	11,3	0,9	1,3 c	4,5	9,9 c	2,5	3,9 c	5,4	-0,7	1,1	-0,5	-0,1
F <sub>05</sub>	2,93	0,60	3,78*	3,08	0,67	1,92	3,69*	0,82	6,95*	2,64	7,07*	1,55	1,00	3,23	0,24	0,26
HCP <sub>05</sub>	ns	ns	0,29	ns	ns	ns	0,69	ns	2,74	ns	1,06	ns	ns	ns	ns	ns

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; ns – различия не значимы. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, значимо различаются между собой при  $p \leq 0,05$  в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

сравнению с аналогами на цитоплазмах А1 и А2, у которых наблюдалось полудоминирование отцовской формы ( $h_p=0,5$ ).

Характер наследования площади наибольшего листа в каждый год исследований и в среднем за весь период – сверхдоминирование: коэффициент варьировал от 1,2 до 9,9 и от 2,7 до 5,4, соответственно. Исключение составил гибрид А3 Карлик 4в/Восторг, у которого в 2017 г. отмечено полудоминирование над отцовской формой ( $h_p=0,5$ ). Влияние типа стерильной цитоплазмы на наследование площади наибольшего листа отмечено при выращивании гибридов в засушливых условиях 2016 и 2018 гг. Так, гибрид на цитоплазме А6 отличался более высоким значением  $h_p=9,9$  по сравнению с остальными гибридами ( $h_p=3,6-7,0$ ) в 2016 г. При этом, гибрид на цитоплазме А2 значительно отличался от гибрида на цитоплазме А5. В 2018 г. цитоплазмы А3 и А6 увеличивали сверхдоминирование признака ( $h_p=3,5-3,9$ ) по сравнению с цитоплазмами А1 и А2 ( $h_p=1,5-2,2$ ). Вместе с тем гибриды на цитоплазмах А4 и А5 ( $h_p=2,8-3,0$ ) значительно отличались от гибридов на цитоплазме А1 ( $h_p=1,5$ ), но не отличались от гибридов на цитоплазмах А3 и А6.

Таким образом, цитоплазматический эффект на характер наследования признаков высоте растений, длине и площади наибольшего листа у гибридов на основе ЦМС-линий Карлика 4в проявлялся только в годы, характеризующиеся засушливыми условиями в период вегетации гибридов сорго: цитоплазма А5 увеличивала значение коэффициента фенотипического доминирования по высоте растений в сравнении с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, А6; а цитоплазмы А3 и А6 – длине наибольшего листа по сравнению с цитоплазмой А2; цитоплазмы А2 и А6 – площади наибольшего листа в 2016 г. по сравнению с цитоплазмой А5, а также цитоплазмы А3, А4, А5 и А6 в 2018 г. по сравнению с цитоплазмой А2.

## Заключение по главе 5

В скрещиваниях с образцами зернового сорго тип стерильности 9Е усиливал эффекты ОКС по интенсивности начального роста, длине соцветия и урожайности биомассы; с образцами сахарного сорго – по длине соцветия и площади наибольшего листа, содержанию в биомассе протеина (ежегодно), а жира – в засушливые сезоны. Проявление цитоплазматических эффектов также зависело от взаимодействия *цитоплазма* (материнской формы) × *генотип* (отцовской формы).

В гибридизации ЦМС-линий с отцовскими формами зернового сорго наибольшие дисперсии СКС выявлены у 9Е Желтозерное 10 по высоте растений, параметрам соцветия; у А3 Желтозерное 10 – параметрам листа, продуктивности, продуктивной кустистости. В скрещиваниях с опылителями сахарного 9Е Желтозерное 10 характеризовалась высокими дисперсиями СКС по высоте растений, параметрам соцветия и содержанию протеина в биомассе; 9Е и А4 Желтозерное 10 – урожайности биомассы и стеблей.

В скрещиваниях изоядерных ЦМС-линий с геномом Карлика 4в с образцами зернового сорго наибольший эффект на ОКС по комплексу селекционных признаков оказывала цитоплазма А5 в засушливый сезон (высота через 30 дней после всходов и при созревании, параметры соцветия, выдвинутость ножки соцветия, ширина и площадь наибольшего листа, площадь флагового листа), тогда как в условиях большей влагообеспеченности – цитоплазма А6 (ширина и площадь наибольшего листа, урожайность зерна и биомассы). Высокие дисперсии СКС в оба сезона возделывания выявлены у ЦМС-линии на цитоплазме А5 по общей и продуктивной кустистости.

В генетическом контроле изученных селекционных признаков сорго данной схемы скрещиваний участвуют гены с аддитивным эффектом.

Для оценки пригодности использования на зернофураж и монокорм в дальнейшем сортоизучении выделены гибриды F1 сорго с высокими и средними эффектами СКС по комплексу селекционно-ценных признаков (всего 13)



– 9Е Желтозерное 10/Л-КСИ 28/13, А4 Желтозерное 10/Перспективный 1, А2 Карлик 4в/Огонек, А5 Карлик 4в/Аванс, А5 Карлик 4в/Волжское 615, А6 Карлик 4в/Гелеофор; на зеленый корм и силос в смеси – 9Е Желтозерное 10/Л-39/12, 9Е Желтозерное 10/Флагман, А3 Желтозерное 10/Л-52/13, А4 Желтозерное 10/Саратовское 90; в производстве сахаристых продуктов – А4 Желтозерное 10/Л-60/12, А3 Желтозерное 10/Флагман, А4 Желтозерное 10/Камышинское 8. Для создания трехлинейных высокопродуктивных гибридов или сортов-синтетиков в качестве исходного материала рекомендуются стерильные гибриды F1 (всего 3) – А4 Желтозерное 10/Огонек, 9Е Желтозерное 10/Камышинское 8, А3 Желтозерное 10/Перспективный 1.

У гибридов зернового сорго цитоплазмы А3 и 9Е оказали значимое влияние на истинный гетерозис по высоте растений (2015 г.) и длине наибольшего листа (2016 г.) в сравнении с цитоплазмой А4; цитоплазма 9Е (2015 г.) по урожайности биомассы в засушливых условиях, тогда как в условиях достаточного влагообеспечения цитоплазмы А4 и 9Е (2017 г.) – по площади наибольшего листа. В среднем за период испытаний истинный гетерозис у гибридов составил по высоте растений (27,7-92,0%), длине наибольшего листа (6,9-46,7%), площади наибольшего листа (19,1-99,1%) и урожайности биомассы (16,9-163,6%); гипотетический – по высоте растений (42,4-94,4%), длине наибольшего листа (19,9-57,3%), площади наибольшего листа (41,2-121,1%) и урожайности биомассы (43,6-192,2%). Причем, цитоплазмы А3 и 9Е оказали влияние на гипотетический гетерозис по высоте растений (2015 г.) и длине наибольшего листа (2016 г.) в сравнении с цитоплазмой А4; 9Е (2015 г.) и А3 (2016 г.) по урожайности биомассы в засушливых условиях (ГТК=0,508-0,672). По площади наибольшего листа цитоплазматический эффект типа 9Е проявился только в острозасушливых условиях, тогда как эффект цитоплазм А4, 9Е – в условиях увлажнения при ГТК=1,005.

У гибридов сахарного сорго в среднем за период испытаний влияние типа цитоплазмы не оказало существенного влияния на значения истинного гетерозиса: по высоте растений интервал показателя составил 21,7-22,3%,

длине наибольшего листа – 33,6-34,1%, площади наибольшего листа – 48,9-57,1% и урожайности биомассы – 68,8-79,5%. В отдельные сезоны отмечен стимулирующий эффект цитоплазмы 9E на проявление истинного гетерозиса по длине и площади наибольшего листа, урожайности биомассы. Только в условиях 2018 г. цитоплазма A3 оказало наибольший эффект по сравнению с 9E на гетерозис по длине наибольшего листа. В среднем за период испытаний влияние цитоплазмы не оказало существенного влияния на значения гипотетического гетерозиса у гибридов: по высоте растений интервал составил 55,2-56,2%, длине наибольшего листа – 39,7-39,9%, площади наибольшего листа – 70,3-73,8% и урожайности биомассы – 128,1-135,0%. Цитоплазматический эффект по проявлению гипотетического гетерозиса по длине и площади наибольшего листа зависел от условий внешней среды: при ГТК=0,508 наибольшее влияние оказали цитоплазмы A4 и 9E, а при ГТК=0,684 – наименьшее по сравнению с цитоплазмой A3. В условиях достаточной влагообеспеченности цитоплазма 9E оказала наибольший эффект по сравнению с A3 и A4 (2017 г.).

Характер наследования признаков определялось генетическими особенностями исходных компонентов скрещиваний и спецификой климатических условий выращивания объектов исследований. У гибридов F1 сорго проявились разные типы наследования основных селекционно-ценных признаков. При гибридизации изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 на основе A3, A4, 9E типов цитоплазм с образцами зернового и сахарного сорго сверхдоминирование установлено по высоте растений, площади наибольшего листа и урожайности биомассы ( $h_p > 1$ ). В среднем за период испытаний коэффициент фенотипического доминирования у гибридов составил по высоте растений ( $h_p = 3,6-110,7$ ), длине наибольшего листа ( $h_p = -0,1 - 23,1$ ), площади наибольшего листа ( $h_p = 1,8-50,5$ ) и урожайности биомассы ( $h_p = 1,4-41,6$ ). Причем, цитоплазма 9E оказала значимое влияние на  $h_p$  по высоте растений (2017 г. при ГТК=1,005) и урожайности биомассы (2016 г. при ГТК=0,508) в сравнении с цитоплазмами A3, A4; цитоплазмы A3 и 9E по площади наибольшего листа (2016 г.) и урожайности биомассы (2017 г.) в сравнении с цитоплазмой A4.

У гибридов F1 сахарного сорго отмечено влияние цитоплазмы 9E на коэффициент фенотипического доминирования по высоте растений (2017 г., т.е. в условиях достаточного увлажнения), урожайности биомассы (2016 и 2018 гг., т.е. в условиях засухи) по сравнению с цитоплазмами A3 и A4, тогда как по площади наибольшего листа – A4 и 9E (2016 г.) по сравнению с типом A3.

Цитоплазматический эффект на характер наследования признаков высоты растений, длины и площади наибольшего листа у гибридов зернового сорго на A1, A2, A3, A4, A5 и A6 цитоплазмах проявлялся только в годы, характеризующиеся засушливыми условиями. Так, цитоплазма A5 увеличивала значение коэффициента фенотипического доминирования по высоте растений в сравнении с цитоплазмами A1, A2, A3, A4, A6; а цитоплазмы A3 и A6 – длину наибольшего листа по сравнению с цитоплазмой A2; цитоплазмы A2 и A6 – площадь наибольшего листа в 2016 г. по сравнению с цитоплазмой A5, а также цитоплазмы A3, A4, A5 и A6 в 2018 г. по сравнению с цитоплазмой A2.

## ГЛАВА 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ЦИТОПЛАЗМ В ПРАКТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

### 6.1 Комбинационная способность ЦМС-линий на основе разных типов стерильных цитоплазм в скрещиваниях с образцами зернового сорго

В гетерозисной селекции сорго широко применяется цитоплазматическая мужская стерильность. Линии с ЦМС включают в гибридизацию в качестве материнской формы, а отцовской – восстановителей фертильности (сортов или линий). Для создания высокогетерозисных гибридов необходимо выявить родительские формы с высокой комбинационной способностью: общей (ОКС) и специфической (СКС) [435]. Результаты оценки комбинационной способности компонентов скрещиваний способствуют изучению закономерностей подбора родительских пар, что в дальнейшем влияет на практическую эффективность гибридизации [17, 25, 439, 530].

При создании гибридов сорго в настоящее время в гибридизацию вовлекаются ЦМС-линии не только со стерильной цитоплазмой А1 (*milo*), но и другими типами стерильности. Вместе с тем, цитоплазмы А2 и А3 уже использовались для повышения устойчивости гибридов к биотическим и абиотическим факторам [324, 479, 531]. В селекционной работе ФГБНУ РосНИИСК «Рос-сорго» используется более широкая коллекция ЦМС-линий на основе А1, А2, А3, А4, 9Е и М35-1А типов стерильных цитоплазм.

**Характеристика гибридов F1 по селекционно-ценным признакам.** Гибриды данной схемы скрещиваний характеризовались высотой при созревании в пределах 95,4-179,7 см; длиной соцветия – 12,9-40,7 см; шириной соцветия – 4,1-27,0 см и выдвинутостью ножки соцветия – 3,8-34,3 см в среднем за 2015-2017 гг. (таблица 75). При этом коэффициент вариации по высоте растений, длине соцветия и выдвинутости ножки метелки соответствовал средней степени изменчивости ( $V=10,1-16,6\%$ ), а по ширине соцветия – сильной ( $V=22,8\%$ ). Изменчивость морфометрических признаков гибридов F1 в зависимости от условий вегетации представлены в приложении 102.

Таблица 75 – Морфометрические признаки гибридов F1, полученных на основе разных типов ЦМС, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское 4
Высота при созревании, см							
A1 О-Янг 1	136,3	133,9	150,7	137,6	142,4	160,1	140,1
A2 КВВ 114	131,5	129,3	139,0	145,1	140,9	142,9	165,6
A2 Восторг	136,7	139,6	134,8	143,4	141,3	163,5	152,5
A3Фетерита 14	162,9	158,4	152,6	158,8	173,8	178,4	171,8
A4 КП 70	128,3	131,7	128,9	124,9	138,9	147,1	150,2
M35 Пищевое 614	119,4	119,3	126,2	131,6	127,5	130,3	126,1
9E Пищевое 614	121,2	116,0	125,7	135,0	127,9	127,8	126,9
Орион (st)							137,3
V, %							10,8
F <sub>05</sub>							7,53*
Длина соцветия, см							
A1 О-Янг 1	29,8	26,3	30,7	30,4	30,7	28,9	31,9
A2 КВВ 114	27,6	22,0	26,9	25,9	23,3	27,2	28,2
A2 Восторг	26,5	25,8	24,4	24,8	22,8	26,1	27,7
A3Фетерита 14	25,7	23,9	21,8	22,7	21,0	20,9	23,1
A4 КП 70	26,6	26,5	26,0	23,7	28,1	25,7	31,3
M35 Пищевое 614	24,5	24,1	24,8	24,4	25,1	26,7	25,1
9E Пищевое 614	25,9	23,4	26,4	25,0	25,2	25,0	27,2
Орион (st)							28,7
V, %							10,1
F <sub>05</sub>							2,17*
Ширина соцветия, см							
A1 О-Янг 1	15,1	12,6	12,7	11,7	16,6	14,7	16,6
A2 КВВ 114	12,3	13,7	15,4	13,5	14,5	14,0	14,1
A2 Восторг	12,6	10,8	9,7	10,5	11,6	14,4	14,3
A3Фетерита 14	14,3	14,3	8,7	9,1	10,5	10,1	11,6
A4 КП 70	8,3	6,1	6,1	6,6	10,6	8,7	8,4
M35 Пищевое 614	7,9	10,5	8,9	7,9	11,1	12,0	10,7
9E Пищевое 614	11,4	10,6	10,0	11,2	11,2	12,3	13,6
Орион (st)							7,2
V, %							22,8
F <sub>05</sub>							2,19*
Выдвинутость ножки соцветия, см							
A1 О-Янг 1	16,6	19,0	15,2	14,9	17,8	12,4	8,8
A2 КВВ 114	18,5	19,0	18,4	15,7	17,3	16,3	19,7
A2 Восторг	23,4	23,7	22,2	24,1	21,6	19,9	15,4
A3Фетерита 14	26,7	26,8	15,9	19,8	21,2	20,8	19,1
A4 КП 70	26,1	28,4	21,9	24,1	23,4	21,6	23,0
M35 Пищевое 614	22,8	21,3	19,7	24,3	20,0	24,9	24,3
9E Пищевое 614	22,0	23,4	19,9	22,0	21,4	21,2	21,7
Орион (st)							22,1
V, %							16,6
F <sub>05</sub>							2,54*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . V – коэффициент вариации.

В таблице 76 представлена характеристика гибридов по урожайности и элементам продуктивности зерна. Масса 1000 зерен изменялась от 22,4 до 42,9 г; число зерен с одной метелки – 222,0-2226,5 шт.; урожайность зерна – 1,89-9,65 т/га. Установлена средняя вариабельность по массе 1000 зерен и урожайности зерна: коэффициент вариации составил 10,8-15,8%.

Таблица 76 – Элементы продуктивности гибридов, полученных на основе разных типов ЦМС, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское 4
Урожайность зерна							
A1 О-Янг 1	4,81	4,05	6,22	6,48	5,34	4,07	4,91
A2 КВВ 114	5,12	5,87	7,13	5,01	5,22	5,20	6,27
A2 Восторг	6,82	5,45	6,36	6,64	4,90	6,48	5,07
A3Фетерита 14	5,70	5,24	5,43	6,08	4,67	5,75	6,83
A4 КП 70	3,33	3,97	4,75	4,58	4,66	4,74	5,81
M35 Пищевое 614	4,66	4,15	5,85	5,38	5,00	4,89	4,86
9E Пищевое 614	5,68	4,71	6,18	4,52	5,55	5,33	5,28
Орион (st)							7,02
V, %							15,5
F <sub>05</sub>							16,59*
Масса 1000 зерен							
A1 О-Янг 1	25,5	27,1	31,7	29,5	31,1	26,7	27,6
A2 КВВ 114	24,6	26,1	31,3	30,9	27,3	26,2	28,3
A2 Восторг	30,8	33,0	34,2	30,4	29,4	30,3	31,4
A3Фетерита 14	35,8	35,0	39,8	36,1	33,3	34,5	31,3
A4 КП 70	36,1	33,4	38,1	35,2	31,0	30,1	40,6
M35 Пищевое 614	31,6	29,2	31,8	31,0	32,5	31,7	27,5
9E Пищевое 614	29,3	27,5	33,0	30,9	30,1	30,1	26,8
Орион (st)							22,4
V, %							10,8
F <sub>05</sub>							5,56*
Число зерен с одной метелки							
A1 О-Янг 1	780,4	1061,9	1317,2	1282,8	1103,7	1087,9	1762,2
A2 КВВ 114	954,0	940,1	1258,5	805,8	1020,7	994,3	1252,2
A2 Восторг	950,4	662,2	931,3	1122,1	1058,0	1099,1	897,6
A3Фетерита 14	772,1	586,1	740,6	954,9	951,3	1021,0	1226,6
A4 КП 70	619,8	702,2	731,0	889,5	983,2	1050,0	961,3
M35 Пищевое 614	592,8	598,5	913,8	1057,8	1003,3	957,7	1176,2
9E Пищевое 614	858,4	749,2	1003,8	913,3	1150,6	909,4	1371,8
Орион (st)							1671,7
V, %							20,4
F <sub>05</sub>							1,59*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . V – коэффициент вариации.

Сильная вариабельность отмечена по числу зерен с одной метелки ( $V=20,4\%$ ). Причем, в 2015-2016 гг. коэффициент вариации по этим признакам достигал 31,7-35,5%.

Дисперсионный анализ по морфометрическим признакам и элементам продуктивности подтвердил достоверность различий между гибридами F1 ( $F_{05} > F_{теор.}$ ) как за каждый год исследований, так и в среднем за 2015-2017 гг., что позволило проанализировать эти различия по комбинационной способности исходного материала (таблицы 75-76, приложения 102-103).

**Общая комбинационная способность.** Приводится оценка как материнских, так и отцовских компонентов скрещиваний. ЦМС-линия А3 Фетерита 14 характеризуется стабильно высокими эффектами ОКС по высоте растений при созревании (20,60-31,36), тогда как А2 Восторг – средними положительными эффектами ОКС (0,26-9,37) (таблица 77). Вместе с тем, выявлена значительная реакция ЦМС-линий на сложившиеся метеоусловия: в условиях 2015 г. А1 О-Янг 1 отличалась низким значениям (-2,64), а А2 КВВ 114 – высокими (7,86) в сравнении с результатами в 2016-2017 гг. (приложение 104).

Таблица 77 – Эффекты ОКС стерильных линий по селекционно-ценным признакам, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Высота при созревании	Выдвигнутость ножки соцветия	Длина соцветия	Ширина соцветия	Урожайность зерна	Масса 1000 зерен	Число зерен с одной метелки
А1 О-Янг 1	2,71	-5,61	3,94	2,77	-0,20	-2,69	224,16
А2 КВВ 114	1,72	-2,61	-0,03	2,42	0,36	-3,33	56,94
А2 Восторг	4,25	0,89	-0,42	0,47	0,63	0,21	-15,17
А3Фетерита 14	24,94	0,89	-3,13	-0,29	0,34	3,95	-82,07
А4 КП 70	-4,58	3,48	0,98	-3,68	-0,77	3,76	-127,13
М35Пищевое 614	-14,50	1,88	-0,91	-1,67	-0,35	-0,40	-75,24
9Е Пищевое 614	-14,51	1,09	-0,44	-0,04	-0,01	-1,49	18,51
F <sub>05</sub>	41,51*	11,58*	10,31*	11,10*	2,20*	25,76*	3,03*
НСР <sub>05</sub>	3,86	1,68	1,23	1,24	0,60	1,06	124,70

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Низкая общая комбинационная способность по высоте растений установлена у материнских линий А4 КП 70, М-35-1А и 9Е Пищевое 614. Их рекомендуется использовать с целью получения низкорослых гибридов или сортов-синтетиков.

Высокая общая комбинационная способность по выдвинутости ножки соцветия установлена у А4 КП 70 и М35-1А Пищевое 614: в среднем за три года 3,48 и 1,88 (таблица 77). Причем, эффекты проявлялись стабильно каждый год: 2,98-4,17 и 1,29-2,47, соответственно (приложение 104).

По параметрам соцветия у ЦМС-линии А1 О-Янг 1 отмечены наибольшие эффекты ОКС: по длине метелки – 3,94, ширине – 2,77 (таблица 77). Средняя общая комбинационная способность установлена у стерильных линий А4 КП 70 по длине соцветия (0,98) и у А2 Восторг по ширине соцветия (0,47).

Для выведения продуктивного гибрида необходимо выделить материнские формы с высокими показателями массы 1000 зерен и с одной метелки, а также числа зерен с одной метелки. ЦМС-линию А1 О-Янг 1 целесообразно включать в скрещивания с целью получения гибридов с наибольшим числом зерен с одной метелки: эффекты ОКС составили 224,16 (таблица 77). Причем, положительные эффекты ОКС по этому признаку наблюдались ежегодно (приложение 105).

Стерильные линии А3 Фетерита 14 и А4 КП 70 рекомендуется использовать для выведения гибридов с крупным зерном. Данные линии отличаются высокими эффектами ОКС по массе 1000 зерен – 3,76-3,95.

Линия А2 Восторг характеризуется высокими эффектами по урожайности зерна (0,63), а А2 КВВ 114 и А3 Фетерита 14 – средними (0,34-0,36). Низкая ОКС по элементам продуктивности и урожайности зерна в данной схеме скрещиваний выявлена у М35-1А Пищевое 614.

Опылители зернового сорго сорта Меркурий и Огонек характеризуются высокими эффектами ОКС по выдвинутости ножки соцветия: 1,86 и 2,50, соответственно (таблица 78). Сорт Аванс отличается преимуществом по эффектам ОКС двух признаков – урожайность зерна (0,66) и масса 1000 зерен (3,10).



Таблица 78 – Эффекты ОКС сортов-опылителей сорго по селекционно-ценным признакам, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт	Высота при созревании	Выдвигнутость ножки соцветия	Длина соцветия	Ширина соцветия	Урожайность зерна	Масса 1000 зерен	Число зерен с одной метелки
Меркурий	-6,54	1,86	0,76	0,19	-0,16	-0,62	-185,58
Огонек	-7,70	2,50	-1,29	-0,28	-0,55	-0,98	-218,10
Аванс	-3,45	-1,54	-0,01	-1,28	0,66	3,10	9,89
Топаз	-0,83	0,13	-0,60	-1,44	0,20	0,84	28,47
Волжское 615	1,51	-0,20	-0,68	0,79	-0,27	-0,48	63,40
Пищевое 35	9,71	-1,00	-0,09	0,79	-0,12	-1,20	41,77
Волжское 4	7,30	-1,73	1,91	1,24	0,24	-0,65	260,13
F <sub>05</sub>	10,05*	3,14*	2,55*	2,46*	1,48	7,05*	5,74*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Гибриды с сортом Пищевое 35 отличаются высокорослостью: общая комбинационная способность составила 9,71 в среднем за 2015-2017 гг. По четырем признакам (высота растений, параметры соцветия и число зерен с одной метелки) выделился сорт Волжское 4 с варьированием эффектов ОКС от 1,24 до 260,13. У сорта Топаз по выдвинутости ножки соцветия (0,13), урожайности зерна (0,20), массе 1000 зерен (0,84) и числу зерен с одной метелки (28,47) общая комбинационная способность средняя.

Комбинационная способность отцовских форм, участвующих в скрещиваниях согласно представленной схеме, в отдельные годы отражена в приложении 106.

**Специфическая комбинационная способность.** Представлены дисперсии СКС как материнских, так и отцовских компонентов скрещиваний. Анализ дисперсий СКС стерильных линий показал, что по высоте растений при созревании высокой СКС отличилась ЦМС-линия А2 КВВ 114 (126,08). Материнские формы А3 Фетерита 14, А4 КП 70, 9Е Пищевое 614 и А2 Восторг характеризовались средними показателями дисперсий СКС: в среднем за 2015-2017 гг. значения составили 81,81-96,43 (таблица 79).

Таблица 79 – Дисперсии СКС стерильных линий по селекционно-ценным признакам, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Высота при созревании	Выдвинутость ножки соцветия	Длина соцветия	Ширина соцветия	Урожайность зерна	Масса 1000 зерен	Число зерен с одной метелки
А1 О-Янг 1	71,07	14,39	5,64	8,73	1,28	5,54	216698,38
А2 КВВ 114	126,08	14,46	4,59	7,28	1,33	5,19	55452,02
А2 Восторг	83,56	10,34	3,16	5,25	1,92	3,79	86382,46
А3Фетерита 14	86,80	12,15	6,78	7,91	1,34	6,53	44628,70
А4 КП 70	96,43	9,71	5,28	4,63	1,07	19,01	32705,86
М35Пищевое 614	49,66	17,05	8,05	3,11	0,40	7,28	26410,12
9Е Пищевое 614	81,81	6,98	2,75	1,50	0,72	3,56	38974,58

Наибольшие дисперсии СКС по выдвинутости ножки соцветия установлены у М35-1А Пищевое 614, А1 О-Янг 1 и А2 КВВ 114 (14,39-17,05). На проявление СКС по параметрам соцветия и выдвинутости ножки существенное влияние оказали погодные условия в годы проведения исследований (приложение 107). Так, в 2015-2016 гг. у ЦМС-линий А3 Фетерита 14 и М35-1А Пищевое 614 установлены высокие показатели длины соцветия (6,53-15,36), а в 2017 гг. – средние (2,27-2,51). В среднем за три года эти линии характеризуются высокой специфической способностью: дисперсии СКС составили 6,78-8,05. Стабильные показатели дисперсий СКС по длине соцветия выявлены у А1 О-Янг 1 (4,55-6,51). По ширине соцветия наибольшая дисперсия СКС в среднем за изучаемый период отмечена у А1 О-Янг 1, А2 КВВ 114 и А3 Фетерита 14 – 7,28-8,73.

В среднем за три года наибольшие дисперсии СКС по урожайности зерна выявлены у ЦМС-линии А2 Восторг (1,92), в том числе и в каждый сезон выращивания (1,28-2,78) (таблица 79, приложение 108). Средние значения СКС у А1 О-Янг 1, А3 Фетерита 14, А2 КВВ 114, А4 КП 70 (1,07-1,34). Материнские линии 9Е и М35-1А Пищевое 614 характеризуются низкой СКС – 0,40-0,72.

ЦМС-линия А4 КП 70 выделилась высокими дисперсиями СКС по массе 1000 зерен составила 19,01. Для повышения озерненности соцветий следует

включать в скрещивания стерильную линию А1 О-Янг 1, т.к. у нее выявлены высокие показатели дисперсий СКС по числу зерен с одной метелки – 216698,38. Средние значения признака у А2 Восторг – 86382,46.

Сорт Волжское 4 характеризовался высокой СКС по 6 из 7 изучаемых признаков. Наибольшие дисперсии СКС установлены по высоте растений (132,83), ширине соцветия (8,23), выдвинутости ножки соцветия (26,06), урожайности зерна (1,24), массе 1000 зерен (13,19) и числу зерен с одной метелки (222247,20). Основное преимущество сортов Пищевое 35 и Топаз – высокие дисперсии СКС по высоте растений (122,72-133,12), а сорта Меркурий – по урожайности зерна (1,39) (таблица 80).

Таблица 80 – Дисперсии СКС сортов-опылителей по селекционно-ценным признакам, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт	Высота при созревании	Выдвинутость ножки соцветия	Длина соцветия	Ширина соцветия	Урожайность зерна	Масса 1000 зерен	Число зерен с одной метелки
Меркурий	43,54	9,40	5,67	3,87	1,39	8,52	47880,93
Огонек	63,10	14,62	7,22	7,07	1,10	5,40	31108,64
Аванс	55,21	10,42	3,84	3,40	1,08	4,96	52664,84
Топаз	122,72	9,85	3,72	3,22	1,26	3,71	40315,21
Волжское 615	44,89	7,63	6,44	8,39	0,83	7,50	62057,98
Пищевое 35	133,12	7,07	3,40	4,23	1,16	7,62	45037,31
Волжское 4	132,83	26,06	5,96	8,23	1,24	13,19	222247,20

При скрещивании стерильных линий с сортом Огонек, у гибридов образуются крупные соцветия: дисперсии СКС составили 7,22 по длине соцветия и 7,07 по ширине соцветия. У сорта Аванс выявлена средняя специфическая комбинационная способность по высоте растений (55,21), выдвинутости ножки соцветия (10,42) и урожайности зерна (1,08). В приложении 109 представлена специфическая комбинационная способность сортов зернового сорго в каждый вегетационный сезон.

**Эффекты СКС гибридов F1.** Для выявления перспективных гибридов сорго используют оценку эффектов СКС (таблицы 81-82). Отмечено 5 гибридов F1 с высокими эффектами СКС по нескольким хозяйственным признакам.

Таблица 81 – Эффекты СКС гибридов на основе разных типов ЦМС по морфометрическим признакам, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское 4
Высота при созревании, см							
A1 О-Янг 1	-0,20	-1,40	11,14	-4,60	-2,11	7,36	-10,20
A2 КВВ 114	-4,00	-5,05	0,40	3,89	2,61	-8,85	16,24
A2 Восторг	-1,28	2,78	-6,27	-0,35	-4,75	9,19	-0,67
A3Фетерита 14	4,24	0,85	-9,18	-5,62	7,01	3,46	-0,78
A4 КП 70	-0,90	3,67	-3,31	-9,99	1,64	1,67	7,22
M35Пищевое 614	0,14	1,24	3,88	6,61	0,23	-5,13	-6,97
9E Пищевое 614	2,00	-2,09	3,34	10,06	0,58	-7,69	-6,18
F <sub>05</sub>							1,45
Длина соцветия, см							
A1 О-Янг 1	-0,80	-2,24	0,92	1,18	1,61	-0,80	0,14
A2 КВВ 114	0,75	-2,57	1,04	0,66	-1,84	1,44	0,50
A2 Восторг	0,26	1,68	-1,02	-0,01	-1,96	0,72	0,34
A3Фетерита 14	2,24	2,47	-0,90	0,54	-1,06	-1,76	-1,55
A4 КП 70	-0,98	0,95	-0,80	-2,54	1,93	-1,05	2,49
M35Пищевое 614	-1,18	0,47	-0,18	0,02	0,85	1,81	-1,79
9E Пищевое 614	-0,31	-0,76	0,94	0,16	0,45	-0,35	-0,14
F <sub>05</sub>							0,74
Ширина соцветия, см							
A1 О-Янг 1	0,63	-1,42	-0,27	-1,14	1,52	-0,38	1,08
A2 КВВ 114	-1,81	0,05	2,77	1,00	-0,20	-0,76	-1,04
A2 Восторг	0,44	-0,90	-1,05	-0,01	-1,18	1,66	1,03
A3Фетерита 14	2,90	3,33	-1,20	-0,70	-1,54	-1,93	-0,84
A4 КП 70	0,27	-1,41	-0,41	0,21	1,98	0,06	-0,70
M35Пищевое 614	-2,14	0,93	0,34	-0,50	0,45	1,34	-0,41
9E Пищевое 614	-0,29	-0,58	-0,18	1,15	-1,02	0,03	0,88
F <sub>05</sub>							0,65
Выдвинутость ножки соцветия, см							
A1 О-Янг 1	-0,23	1,52	1,76	-0,10	3,05	-1,57	-4,43
A2 КВВ 114	-0,32	-1,51	2,00	-2,39	-0,46	-0,71	3,41
A2 Восторг	0,02	-0,23	2,31	2,54	0,30	-0,61	-4,34
A3Фетерита 14	3,34	2,84	-3,99	-1,83	-0,08	0,33	-0,61
A4 КП 70	0,07	1,80	-0,61	-0,10	-0,49	-1,44	0,63
M35Пищевое 614	-1,52	-3,68	-1,36	1,66	-2,21	3,45	3,55
9E Пищевое 614	-1,50	-0,74	-0,21	0,21	-0,10	0,55	1,78
F <sub>05</sub>							0,93

Таблица 82 – Эффекты СКС гибридов на основе разных типов ЦМС по элементам продуктивности, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское 4
Урожайность зерна							
A1 О-Янг 1	-0,15	-0,52	0,43	1,15	0,49	-0,93	-0,46
A2 КВВ 114	-0,40	0,73	0,78	-0,87	-0,19	-0,37	0,33
A2 Восторг	1,02	0,04	-0,26	0,48	-0,78	0,63	-1,13
A3Фетерита 14	0,19	0,12	-0,90	0,21	-0,72	0,19	0,91
A4 КП 70	-1,05	-0,02	-0,46	-0,16	0,38	0,30	1,01
M35Пищевое 614	-0,14	-0,27	0,22	0,21	0,30	0,03	-0,35
9E Пищевое 614	0,52	-0,06	0,19	-1,00	0,50	0,12	-0,29
F <sub>05</sub>							0,59
Масса 1000 зерен							
A1 О-Янг 1	-2,33	-0,42	0,09	0,21	3,03	-0,52	-0,17
A2 КВВ 114	-2,59	-0,77	0,40	2,24	-0,02	-0,40	1,15
A2 Восторг	0,05	2,62	-0,24	-1,80	-1,43	0,15	0,66
A3Фетерита 14	1,33	0,86	1,55	0,15	-1,31	0,58	-3,16
A4 КП 70	1,82	-0,55	0,08	-0,57	-3,47	-3,64	6,32
M35Пищевое 614	1,50	-0,60	-2,09	-0,60	2,18	2,19	-2,56
9E Пищевое 614	0,22	-1,13	0,21	0,37	0,90	1,66	-2,23
F <sub>05</sub>							1,95*
Число зерен с одной метелки							
A1 О-Янг 1	-233,43	80,52	107,87	54,90	-159,18	-153,33	302,61
A2 КВВ 114	107,35	125,97	216,34	-254,86	-74,95	-79,68	-40,17
A2 Восторг	175,90	-79,77	-38,67	133,48	34,49	97,21	-322,65
A3Фетерита 14	64,43	-89,01	-162,54	33,21	-5,28	85,99	73,21
A4 КП 70	-42,80	72,18	-127,02	12,90	71,64	160,06	-146,96
M35Пищевое 614	-121,62	-83,43	3,89	129,31	39,89	15,91	16,05
9E Пищевое 614	50,18	-26,46	0,13	-108,94	93,40	-126,18	117,88
F <sub>05</sub>							0,66

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

В дальнейшее испытание рекомендуется включить низкорослые и среднерослые фертильные гибриды (всего 3), характеризующиеся крупным зерном и высокой урожайностью.

1. У гибрида А2 Восторг/Меркурий наибольшие эффекты СКС установлены по урожайности зерна (1,02) и числу зерен с одной метелки (175,90). Средние эффекты СКС по параметрам соцветия: длина – 0,26 и ширина – 0,44.

2. Гибрид А2 КВВ 114/Аванс характеризуется высокими значениями эффектов СКС по 4 селекционным признакам: ширине соцветия (2,77), выдвинутости

ножки соцветия (2,00), урожайности зерна (0,78) и числу зерен с одной метелки (216,34). Средние значения эффектов СКС установлены по высоте растений – 0,40, длине соцветия – 1,04 и массе 1000 зерен – 0,40.

3. Гибрид А1 О-Янг 1/Волжское 615 отличается крупным соцветием: эффектами СКС по длине – 1,61 и ширине – 1,52; сильно выдвинутой ножкой и крупным зерном (эффект СКС – 3,05 и 3,03, соответственно). Средняя СКС по урожайности зерна – 0,49.

В селекционных программах по созданию синтетических сортов-популяций или трехлинейных гибридов с целью улучшения морфологических признаков и элементов структуры урожая рекомендуется использовать стерильные гибриды F1:

1. А4 КП 70/Волжское 4 с высокими эффектами СКС по высоте растений (7,22), длине соцветия (2,49), урожайности зерна (1,01) и массе 1000 зерен (6,32);

2. А3 Фетерита 14/Меркурий с показателями по высоте растений (4,24), параметрам соцветия (длина – 2,24; ширина – 2,90); выдвинутой ножки соцветия (3,34), массе 1000 зерен (1,33).

В приложениях 110-111 представлены эффекты СКС гибридов за каждый сезон вегетации.

Отношение среднеквадратических отклонений общей и специфической комбинационной способности указывает на преобладание аддитивных эффектов над неаддитивными ( $m_{\text{ОКС}}/m_{\text{СКС}} > 1$ ) в генетическом контроле всех изученных признаков: 1,9-13,9. Вместе с тем, по длине и ширине соцветия, числу зерен с одного соцветия и урожайности зерна величина отношения  $m_{\text{ОКС}}/m_{\text{СКС}}$  оставалась относительно стабильной по годам исследований. Значения среднеквадратических отклонений ОКС и СКС по изучаемым признакам представлены в приложениях 112-113. Ранее аддитивный тип действия генов отмечен в наследовании длины метелки, массы 100 зерен и высоты растений сорго у компонентов скрещиваний, возделываемых в Эфиопии [403].

## 6.2 Проявление гетерозиса у гибридов F1 сорго с ЦМС-линиями на основе разных типов стерильных цитоплазм

Гибридная мощность (гетерозис) относится к явлению, при котором потомство, полученное от скрещивания двух линий, превосходит родительские линии [355]. Явление гетерозиса основывается на следующих теориях: доминирования, сверхдоминирования, компенсационного комплекса генов [235]. Современные исследования QTL подтверждают мультигенную природу гетерозиса. М.Н. Шаптуренко и Л.В. Хотылева [288] в своей работе предположили, что развитие гетеротического ответа у гибридов в первом поколении обусловлено действием многих локусов, которые имеют небольшой эффект взаимодействия посредством различных молекулярных механизмов.

Использование гетерозиса принесло огромную экономическую прибыль в мировом растениеводстве за счет повышения урожайности культур селекционерами наряду с изменениями морфотипа растения и увеличения эффективности фотосинтеза [63]. Явление гетерозиса широко используют в селекции на повышение продуктивности гибридов сорго, кукурузы, рапса, подсолнечника, полученных на основе ЦМС [463]. Так, гибридные растения различных культур могут формировать на 15-50% более высокие урожаи, чем сорта [37, 577]. Индийскими исследователями сообщается о 30-40% гетерозисе у гибридов сорго по урожайности зерна в сравнении с лучшими сортами [456]. Испытания гибридов в странах Африки выявило, что у более половины изученных комбинаций наблюдался истинный и гипотетический гетерозис по урожайности зерна и биомассе [357].

**Истинный гетерозис.** Гетерозис истинный показывает более сильное проявление признака в первом поколении по сравнению с лучшей родительской формой [218]. Известно, что гибриды первого поколения превосходят лучшую родительскую форму на 15-30% или даже 50% по урожайности [154]. В данной схеме скрещиваний степень проявления истинного гетерозиса изучаемых гибридов оказалась различной. Так, из 49 гибридов положительный

гетерозис по высоте растений, длине соцветия отмечен у 37 комбинаций или 75,5% от общего количества гибридов; ширине соцветия – 13 комбинаций (26,5%); выдвинутости ножки соцветия и массе 1000 зерен – 19 комбинаций (38,8%); урожайности зерна – 33 комбинаций (67,3%); числу зерен с одной метелки – 29 комбинаций (59,2%) (таблица 83).

Таблица 83 – Степень проявления истинного гетерозиса по основным хозяйственным признакам гибридов F1, среднее за 2015-2017 гг.

Признак	Количество гибридов с разной степенью гетерозиса, шт.				
	<0%	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%
Высота растений	12	35	2		
Длина соцветия	12	33	4		
Ширина соцветия	34	10	3	2	
Выдвинутость ножки соцветия	30	16	3		
Урожайность зерна	16	28	4	1	
Масса 1000 зерен	30	19			
Число зерен с одной метелки	20	19	8	1	1

В.В. Ковтуновым [148] отмечено, что истинный гетерозис по высоте растений наблюдался у 67% гибридных комбинаций с наибольшим значением истинного гетерозиса 22,6%, массе 1000 зерен у 43% гибридов с наибольшим значением истинного гетерозиса 21,7%. Л.Л. Болдыревой и В.В. Бритвиным [29] выделены гибриды, превышающие лучшую родительскую форму по высоте растений на 1,4-55,1%; длине соцветия – 3,2-35,7%; выдвинутости ножки соцветия – 12,0-95,0%. Частота истинного гетерозиса по высоте растений в схеме скрещиваний В.И. Старчак и Д.А. Степанченко [254] составила 71,3%, длине соцветия – 45,4%, ширине соцветия – 52,8%, массе 1000 зерен – 33,3%, числу зерен с одной метелки – 47,2%, урожайности зерна – 45,4%. В работах зарубежных исследователей отмечен отрицательный гетерозис по высоте растений [584]. Высокий гетерозис по урожайности зерна показали гибриды сорго, выращенные в Египте – 94-101% [470].



В среднем за три года наибольшее превосходство над лучшей родительской формой установлено в пределах 23,5-97,2% по разным селекционным признакам у следующих комбинаций, представленных в таблицах 84-85.

Таблица 84 – Истинный гетерозис (%) гибридов F1, полученных на основе разных типов ЦМС, по морфометрическим признакам, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское 4
Высота при созревании							
A1 О-Янг 1	12,3	10,9	21,8	3,4	5,1	7,4	1,3
A2 КВВ 114	8,3	5,8	13,9	9,3	4,0	-4,0	19,7
A2 Восторг	10,7	12,3	10,4	7,5	4,5	10,2	10,7
A3Фетерита 14	29,8	26,4	17,3	17,5	24,7	19,5	20,4
A4 КП 70	6,6	8,8	3,4	-6,7	2,8	-1,6	8,3
M35Пищевое 614	0,6	-1,9	3,3	-1,9	-5,7	-12,4	-8,8
9E Пищевое 614	1,4	-4,8	2,9	0,4	-5,2	-14,2	-8,2
Длина соцветия							
A1 О-Янг 1	29,2	13,4	23,5	37,0	26,5	21,7	18,0
A2 КВВ 114	20,6	-5,0	6,9	26,5	-4,0	14,2	6,3
A2 Восторг	8,1	4,5	-3,5	6,5	-8,3	7,6	2,8
A3Фетерита 14	13,5	3,1	-11,7	12,9	-14,1	-12,0	-12,8
A4 КП 70	10,9	10,4	1,9	-2,0	11,6	4,2	15,1
M35Пищевое 614	9,9	2,9	-2,3	11,8	4,0	12,2	-5,9
9E Пищевое 614	12,4	-3,0	4,8	20,7	3,0	5,3	2,1
Ширина соцветия							
A1 О-Янг 1	-4,6	-3,6	33,6	-0,9	53,9	19,5	25,7
A2 КВВ 114	-23,1	0,0	66,1	18,0	31,4	13,2	17,3
A2 Восторг	-20,3	-16,6	2,6	-9,7	-6,3	15,6	5,7
A3Фетерита 14	-8,2	5,8	-0,6	-21,1	-6,9	-17,8	-2,2
A4 КП 70	-46,1	-51,5	-31,1	-43,5	-9,7	-28,4	-25,8
M35Пищевое 614	-50,5	-24,6	-16,1	-40,1	-5,4	-10,6	-16,6
9E Пищевое 614	-31,1	-22,7	-5,1	-9,7	-3,1	-0,3	2,6
Выдвинутость ножки соцветия							
A1 О-Янг 1	-35,6	-23,3	29,3	-32,4	-10,7	-38,3	-90,9
A2 КВВ 114	-28,6	-27,2	40,8	-31,2	-14,8	-22,4	3,3
A2 Восторг	-9,6	-8,1	35,6	11,0	12,3	-1,5	-17,3
A3Фетерита 14	6,6	3,7	-8,6	-8,0	2,4	0,6	4,4
A4 КП 70	-1,1	4,5	7,1	0,6	-2,7	-10,0	12,5
M35Пищевое 614	-15,1	-23,7	-7,7	5,7	-10,8	11,2	12,4
9E Пищевое 614	-16,0	-15,4	-2,0	-3,6	-4,4	-4,7	5,4

По высоте растений у гибридов на основе А3 Фетерита 14 с сортами Меркурий, Огонек выявлен гетерозис в интервале 26,4-29,8%.

Таблица 85 – Истинный гетерозис (%) гибридов, полученных на основе разных типов ЦМС, по элементам продуктивности, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское 4
Урожайность зерна							
A1 О-Янг 1	2,4	-12,4	6,6	38,4	23,8	-21,1	-3,2
A2 КВВ 114	4,2	18,3	22,0	0,1	7,2	1,3	22,9
A2 Восторг	50,9	18,3	8,4	43,5	4,3	19,1	3,0
A3Фетерита 14	17,9	5,0	-13,0	11,8	-20,4	-5,5	25,9
A4 КП 70	-34,0	-16,7	-19,7	-3,4	-6,4	-13,8	19,9
M35Пищевое 614	1,1	-13,5	-3,8	27,8	14,5	-8,4	1,2
9E Пищевое 614	20,2	-3,0	2,4	3,7	24,8	0,0	12,2
Масса 1000 зерен							
A1 О-Янг 1	-12,3	-12,7	-14,8	2,2	9,5	-5,9	-7,7
A2 КВВ 114	1,4	-5,6	-15,9	16,0	16,7	-4,0	-6,5
A2 Восторг	-3,9	-4,2	-7,6	-5,3	-11,3	1,1	-2,1
A3Фетерита 14	-16,6	-18,5	-7,3	-15,9	-22,4	-12,9	-27,1
A4 КП 70	16,4	6,4	2,7	11,3	-1,5	-3,3	23,5
M35Пищевое 614	8,3	-4,0	-14,2	6,9	14,0	6,7	-10,7
9E Пищевое 614	2,0	-9,1	-11,3	7,7	4,9	2,8	-11,4
Число зерен с одной метелки							
A1 О-Янг 1	-9,1	15,3	40,2	32,3	16,2	-4,2	97,2
A2 КВВ 114	-12,1	-20,5	10,8	-34,3	-2,5	-16,8	-0,9
A2 Восторг	22,0	-9,4	24,0	19,7	31,2	3,8	18,8
A3Фетерита 14	6,2	-12,8	10,0	13,6	30,3	0,9	67,6
A4 КП 70	-39,7	-28,5	-24,7	-6,3	5,3	-4,8	0,0
M35Пищевое 614	-26,2	-26,7	19,1	19,3	36,0	-4,8	32,1
9E Пищевое 614	3,3	-11,9	21,5	1,8	43,7	-8,6	49,6

У гибридов на основе А1 О-Янг 1 с сортами Меркурий, Топаз, Волжское 615 и у А2 КВВ 114/Топаз по длине соцветия (26,5-37,0%).

У гибридов на основе А1 О-Янг 1 с сортами Аванс, Волжское 615, Волжское 4 по ширине соцветия и на основе А2 КВВ 114 с сортами Аванс, Волжское 615 гетерозис оказался в пределах 25,7-53,9% и 31,4-66,1%, соответственно.

По выдвинутости ножки метелки превышение над лучшей родительской формой составило 29,3-40,8% у гибридов на основе А1 О-Янг 1, А2 КВВ 114 и А2 Восторг с сортом Аванс.

У гибридов А2 Восторг/Меркурий, А2 Восторг/Топаз, М35-1А Пищевое 614/Топаз, А3 Фетерита 14/Волжское 4 по урожайности зерна гетерозис варьировал в пределах 25,9-50,9% (таблица 85).

По массе 1000 зерен значения показателя установлены в диапазоне 1,1-23,5% с наибольшим показателем у гибрида А4 КП 70/ Волжское 4.

У гибридов А1 О-Янг 1/Аванс, А1 О-Янг 1/Топаз, А1 О-Янг 1/Волжское 4, А2 Восторг/Волжское 615, А3 Фетерита 14/Волжское 615, М35-1А Пищевое 614/Волжское 615, 9Е Пищевое 614/Волжское 615, А3 Фетерита 14/Волжское 4, М35-1А Пищевое 614/Волжское 4, 9Е Пищевое 614/Волжское 4 по числу зерен с одной метелки гетерозис составил 30,3-97,2%.

Проявление гетерозиса по селекционным признакам у гибридов на цитоплазме А3 наблюдались и ранее в Судане [480].

Из представленных 22 гибридов к перспективным необходимо отнести те скрещивания, у которых высокие значения гетерозиса выявлены по нескольким селекционным признакам. Так, по трем признакам наибольший истинный гетерозис отмечен в комбинации А1 О-Янг 1/Аванс: ширина соцветия – 33,6%, выдвинутость ножки соцветия – 29,3% и число зерен с одной метелки – 40,2%. По двум признакам высокие значения преимущества над лучшим родительским компонентом установлен в 5 комбинациях: А2 КВВ 114/Аванс по ширине и выдвинутости ножки соцветия (40,8-66,1%); А1 О-Янг 1/Волжское 615 (26,5-53,9%); А1 О-Янг 1/Волжское 4 по ширине и озерненности соцветия (25,7-97,2%); А3 Фетерита 14/Волжское 4 (25,9-67,6%).

Проявление истинного гетерозиса по основным селекционным признакам гибридов первого поколения в каждый сезон вегетации представлен в приложениях 114-115.

**Гипотетический гетерозис.** Для дальнейшего ведения селекционных работ в гетерозисной селекции важным является не только сравнение гибрида с лучшей родительской формой, но и со средним значением признака обоих компонентов скрещиваний. Считается, что этот показатель один из обязательных при оценке гибридов [573]. Гипотетический гетерозис проявился по высоте растений и длине соцветия у 97,9% гибридов; ширине соцветия – 75,5%; выдвинутости ножки соцветия 83,6%, массе 1000 зерен – 69,3%; урожайности зерна – 85,7%; числу зерен с одной метелки – 87,7% (таблица 86).

Таблица 86 – Степень проявления гипотетического гетерозиса по основным хозяйственным признакам гибридов F1, среднее за 2015-2017 гг.

Признак	Количество гибридов с разной степенью гетерозиса, шт.					
	<0%	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%	100% и <
Высота растений	1	40	8			
Длина соцветия	1	36	12			
Ширина соцветия	12	24	11	1	1	
Выдвинутость ножки соцветия	8	35	3	2	1	
Урожайность зерна	7	25	14	3		
Масса 1000 зерен	15	30	4			
Число зерен с одной метелки	6	18	15	7	1	2

В.В. Ковтуновым [148] гипотетический гетерозис по высоте растений наблюдался у 81% гибридных комбинаций гибридных комбинаций с наибольшим значением гипотетического гетерозиса 23,6%. Л.Л. Болдыревой и В.В. Бритвиным [29] выделены гибриды, которые по урожайности зерна превышали среднее значение по родительским формам на 10,3-47,5%. В.И. Старчак и Д.А. Степанченко [254] установлена следующая частота гипотетического гетерозиса: по высоте растений – 45,4%, длине соцветия – 63,9%, ширине соцветия – 61,1%, массе 1000 зерен – 56,5%, числу зерен с одной метелки – 73,1%, урожайности зерна – 62,0%. В Кении гибриды сорго превосходили среднее значение признака обоих родительских форм урожайности: зерна на 54%, биомассы – 35%; в Египте – до 144% [412, 470].

В среднем за 2015-2017 гг. наибольшее превосходство над средним значением обоих родительских форм установлено в пределах 30,7-130,6% у следующих комбинаций (таблицы 87-88):

– у гибридов на основе А3 Фетерита 14 с сортами Меркурий, Огонек, Пищевое 35, Волжское 615 по высоте растений (30,7-34,9%);

– у гибридов на основе А1 О-Янг 1 с сортами Меркурий, Аванс, Топаз, Волжское 615 и на основе А3 Фетерита 14 с сортами Меркурий, Огонек по длине соцветия (31,8-46,3%);

Таблица 87 – Гипотетический гетерозис (%) гибридов F1, полученных на основе разных типов ЦМС, по морфометрическим признакам, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское 4
Высота при созревании							
A1 О-Янг 1	15,7	13,5	26,8	10,4	13,1	20,7	10,0
A2 КВВ 114	13,2	10,9	18,9	18,8	13,8	9,3	29,1
A2 Восторг	14,0	16,1	11,6	13,2	10,8	22,2	18,7
A3Фетерита 14	34,9	30,7	24,3	25,4	34,2	30,9	30,9
A4 КП 70	8,7	11,2	7,5	-0,7	8,7	9,8	17,1
M35Пищевое 614	9,1	7,6	13,7	12,3	8,5	4,9	6,0
9E Пищевое 614	8,1	2,3	11,0	12,9	6,9	0,9	4,7
Длина соцветия							
A1 О-Янг 1	34,5	18,3	32,4	46,3	34,3	27,5	30,5
A2 КВВ 114	27,7	2,4	19,5	30,1	5,8	25,0	21,9
A2 Восторг	14,8	10,9	0,7	14,2	-4,5	10,5	9,9
A3Фетерита 14	44,8	31,8	15,9	36,6	11,8	13,5	16,6
A4 КП 70	15,5	15,5	7,4	8,1	17,0	8,6	23,4
M35Пищевое 614	18,1	10,3	8,3	20,6	14,7	21,2	7,1
9E Пищевое 614	23,6	10,7	19,6	28,2	16,2	17,3	18,9
Ширина соцветия							
A1 О-Янг 1	21,2	11,1	41,9	12,1	65,5	39,4	48,6
A2 КВВ 114	0,0	19,8	78,4	36,1	45,9	23,3	37,1
A2 Восторг	2,9	3,1	13,3	8,2	13,3	43,7	37,3
A3Фетерита 14	31,6	41,7	15,4	2,2	18,0	9,8	25,1
A4 КП 70	-24,1	-37,3	-19,6	-26,8	16,4	3,5	-8,2
M35Пищевое 614	-40,8	-15,9	-9,1	-22,4	0,4	2,8	-5,9
9E Пищевое 614	-16,7	-13,9	3,0	0,5	1,0	7,5	15,3
Выдвинутость ножки соцветия							
A1 О-Янг 1	2,7	23,7	63,8	2,2	32,3	-7,1	-45,7
A2 КВВ 114	2,5	3,4	82,4	3,3	22,6	12,3	43,5
A2 Восторг	8,7	10,8	55,5	24,6	20,6	6,6	-10,4
A3Фетерита 14	25,8	23,2	8,3	2,0	15,1	9,3	7,6
A4 КП 70	10,8	22,3	34,2	13,7	14,7	3,8	21,6
M35Пищевое 614	-4,7	-11,7	18,6	12,1	-1,2	19,8	20,8
9E Пищевое 614	-5,5	-1,1	24,3	3,0	7,3	4,7	11,7

– у гибридов на основе А1 О-Янг 1 с сортами Аванс, Волжское 615, Пищевое 35, Волжское 4 и на основе А3 Фетерита 14 с сортами Меркурий, Огонек, а также А2 КВВ 114 с сортами Топаз, Волжское 615, Волжское 4 по ширине соцветия (31,6-62,5%);

– у гибридов на основе А1 О-Янг 1, А2 КВВ 114 и А2 Восторг с сортом Аванс по выдвинутости ножки метелки (55,5-82,4%).

– у гибридов А2 Восторг/Меркурий, А1 О-Янг 1/Топаз, А2 Восторг/Топаз по урожайности зерна (69,9-74,1%);

– у А4 КП 70/ Меркурий, М35-1А Пищевое 614/ Меркурий, А2 КВВ 114/Топаз, А4 КП 70/ Волжское 4 по массе 1000 зерен (32,8-49,2%);

– у гибридов А1 О-Янг 1/Аванс, А2 Восторг/Топаз, А2 Восторг/ Волжское 615, А1 О-Янг 1/Волжское 4 по числу зерен с одной метелки (60,1-130,6%).

Таблица 88 – Гипотетический гетерозис (%) гибридов, полученных на основе разных типов ЦМС, по элементам продуктивности, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское 4
Урожайность зерна							
А1 О-Янг 1	11,9	-3,3	23,4	70,8	29,1	-11,6	8,2
А2 КВВ 114	7,6	25,0	32,8	18,3	16,9	8,6	32,0
А2 Восторг	74,1	38,7	28,3	69,6	18,9	38,0	17,2
А3Фетерита 14	25,6	13,3	-3,0	32,9	-6,2	7,5	35,7
А4 КП 70	-32,6	-10,6	-11,0	14,9	5,0	-5,7	24,9
М35Пищевое 614	14,0	-2,1	18,3	44,1	26,5	7,3	13,1
9Е Пищевое 614	31,4	9,0	24,2	18,1	36,5	15,3	22,8
Масса 1000 зерен							
А1 О-Янг 1	7,8	-3,3	-2,4	13,0	8,5	-1,6	-0,1
А2 КВВ 114	24,1	6,8	5,1	32,9	8,8	9,8	13,3
А2 Восторг	20,6	8,8	-0,4	8,0	-3,6	2,7	7,2
А3Фетерита 14	14,8	-2,2	-0,3	7,2	-7,9	-0,2	-11,1
А4 КП 70	49,2	12,5	10,9	24,9	0,8	3,8	37,0
М35Пищевое 614	32,8	2,7	-2,7	17,0	12,8	15,5	-2,0
9Е Пищевое 614	23,3	-2,7	0,2	16,2	4,1	9,6	-4,5
Число зерен с одной метелки							
А1 О-Янг 1	2,6	45,9	69,6	52,9	37,9	22,6	130,6
А2 КВВ 114	7,7	12,8	43,9	-19,1	28,0	8,1	24,3
А2 Восторг	54,9	12,5	45,5	60,1	66,6	38,2	31,2
А3Фетерита 14	22,5	0,1	15,1	39,6	49,4	30,7	101,7
А4 КП 70	-24,6	-3,5	-6,8	6,6	29,8	18,5	21,2
М35Пищевое 614	-14,4	-9,2	32,1	38,0	47,0	18,1	80,6
9Е Пищевое 614	18,6	16,0	40,1	14,1	66,2	10,2	73,5

Из представленных 24 гибридов к перспективным необходимо отнести те скрещивания, у которых высокие значения гетерозиса выявлены по нескольким селекционным признакам. Так, по четырем признакам наибольший

гипотетический гетерозис отмечен в комбинации А1 О-Янг 1/Аванс: длина соцветия – 32,4%, ширина соцветия – 41,9%, выдвинутость ножки соцветия – 63,8% и число зерен с одной метелки – 69,6%. По трем признакам высокие значения превосходства над обоими родительскими формами установлены в 2 комбинациях: А3 Фетерита 14/Меркурий и А3 Фетерита 14/Огонек по высоте – 30,7-34,9%, длине и ширине соцветия (31,6-44,8%). По двум признакам у 5 комбинаций: А1 О-Янг 1/Топаз по длине соцветия – 46,3% и урожайности зерна – 70,8%; А2 КВВ 114/ Топаз по ширине соцветия – 36,1% и массе 1000 зерен – 32,9; А2 Восторг/Топаз по урожайности зерна – 69,6% и озерненности – 60,1%; А1 О-Янг 1/Волжское 615 по длине и ширине соцветия – 34,3 и 65,5, соответственно. Проявление гипотетического гетерозиса по основным селекционным признакам гибридов первого поколения в каждый сезон вегетации представлен в приложениях 116-117.

**Конкурсный гетерозис.** О селекционной ценности гибрида перед передачей на районирование в определенной территории РФ можно судить по проявлению конкурсного гетерозиса. По высоте растений при созревании конкурсный гетерозис проявился у 51,0% экспериментальных гибридов, по длине соцветия – 14,2%, ширине соцветия – 93,8%, выдвинутости ножки соцветия – 44,8%, урожайности зерна – 6,1%, масса 1000 зерен – 100,0%, числу зерен с одной метелки – 2,0% (таблица 89).

Таблица 89 – Степень проявления конкурсного гетерозиса по основным селекционным признакам гибридов F1, среднее за 2015-2017 гг.

Признак	Количество гибридов с разной степенью гетерозиса, шт.					
	<0%	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%	100% и <
Высота растений	24	22	3			
Длина соцветия	42	7				
Ширина соцветия	3	7	10	11	11	7
Выдвинутость ножки соцветия	27	21	1			
Урожайность зерна	46	3				
Масса 1000 зерен		6	28	12	3	
Число зерен с одной метелки	48	1				

В среднем за исследуемый период наибольшее превосходство над гибридом-стандартом установлено в пределах 0,5-90,9% у следующих комбинаций (таблицы 90-91):

Таблица 90 – Конкурсный гетерозис (%) гибридов F1 на основе разных типов ЦМС по морфометрическим признакам, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское4
Высота при созревании							
A1 О-Янг 1	-0,7	-2,3	9,8	0,3	3,5	16,4	2,1
A2 КВВ 114	-4,4	-5,9	1,2	5,8	2,4	3,4	20,6
A2 Восторг	-0,6	1,7	-1,8	4,4	2,8	19,1	11,3
A3Фетерита 14	18,6	15,4	11,1	15,7	26,4	29,9	25,0
A4 КП 70	-6,5	-4,0	-6,2	-9,2	1,0	6,8	9,3
M35Пищевое 614	-13,0	-13,3	-8,1	-4,3	-7,2	-5,1	-8,2
9E Пищевое 614	-11,8	-15,7	-8,5	-1,8	-6,9	-7,0	-7,5
Длина соцветия							
A1 О-Янг 1	4,2	-8,1	7,6	6,2	7,9	1,9	12,6
A2 КВВ 114	-3,1	-22,8	-5,5	-9,1	-18,0	-3,9	-0,8
A2 Восторг	-7,9	-9,5	-14,5	-12,8	-20,5	-8,1	-2,2
A3Фетерита 14	-10,1	-16,0	-23,7	-20,6	-25,8	-26,4	-18,4
A4 КП 70	-6,7	-7,1	-8,6	-16,7	-1,4	-9,5	10,3
M35Пищевое 614	-14,5	-14,3	-12,2	-13,9	-11,9	-5,8	-11,5
9E Пищевое 614	-8,9	-17,3	-6,9	-12,0	-11,4	-11,9	-3,9
Ширина соцветия							
A1 О-Янг 1	107,4	76,4	76,3	58,3	124,9	102,2	130,1
A2 КВВ 114	70,3	89,5	117,8	89,9	99,9	88,8	101,6
A2 Восторг	76,9	49,2	35,3	41,0	65,7	94,4	96,1
A3Фетерита 14	99,6	100,1	19,3	26,2	43,3	37,5	54,5
A4 КП 70	19,9	-13,4	-13,8	-8,9	51,1	23,0	16,7
M35Пищевое 614	8,8	44,5	21,2	4,4	52,9	62,1	45,6
9E Пищевое 614	58,3	45,5	39,0	54,0	55,1	68,4	89,1
Выдвинутость ножки соцветия							
A1 О-Янг 1	-23,9	-12,6	-30,2	-30,7	-15,0	-42,9	-59,1
A2 КВВ 114	-14,4	-11,7	-13,7	-23,9	-17,2	-21,9	-7,1
A2 Восторг	8,3	9,9	2,0	12,2	0,5	-7,6	-30,2
A3Фетерита 14	22,4	24,8	-24,6	-8,7	-0,6	-2,2	-10,8
A4 КП 70	21,9	29,7	1,6	12,0	10,0	1,2	6,9
M35Пищевое 614	6,4	-1,5	-9,3	13,4	-6,8	16,1	13,8
9E Пищевое 614	2,0	9,0	-7,6	2,7	-1,0	-2,9	0,0



Таблица 91 – Конкурсный гетерозис (%) гибридов, полученных на основе разных типов ЦМС, по элементам продуктивности, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское 4
Урожайность зерна							
А1 О-Янг 1	-27,4	-39,3	-7,6	0,5	-19,2	-37,9	-28,1
А2 КВВ 114	-26,5	-18,0	0,6	-28,1	-23,8	-23,5	-9,5
А2 Восторг	0,5	-21,4	-10,9	-8,0	-31,1	-12,1	-29,0
А3Фетерита 14	-11,9	-21,1	-20,0	-12,3	-33,6	-17,0	-0,7
А4 КП 70	-53,4	-42,2	-31,5	-31,9	-30,6	-32,8	-15,2
М35Пищевое 614	-32,4	-42,7	-16,6	-22,7	-27,7	-31,1	-31,2
9Е Пищевое 614	-19,0	-35,5	-11,3	-34,4	-20,6	-25,2	-24,5
Масса 1000 зерен							
А1 О-Янг 1	18,1	25,2	50,0	37,4	48,0	25,2	28,6
А2 КВВ 114	14,2	21,9	47,8	44,4	26,5	20,6	31,6
А2 Восторг	42,6	53,9	58,6	39,2	35,8	38,2	43,1
А3Фетерита 14	64,6	63,5	84,4	67,2	54,0	60,1	42,2
А4 КП 70	72,9	55,0	78,1	64,3	43,7	36,7	90,9
М35Пищевое 614	46,8	34,4	47,8	45,6	51,5	48,1	27,2
9Е Пищевое 614	35,7	27,0	53,9	45,0	39,6	39,6	22,6
Число зерен с одной метелки							
А1 О-Янг 1	-50,7	-30,5	-11,6	-17,3	-27,0	-31,2	0,8
А2 КВВ 114	-39,6	-39,0	-19,8	-46,6	-37,1	-38,1	-18,2
А2 Восторг	-39,5	-56,2	-42,9	-31,0	-34,9	-31,8	-40,7
А3Фетерита 14	-49,1	-60,4	-50,9	-40,9	-38,8	-33,1	-23,3
А4 КП 70	-60,1	-55,3	-53,4	-42,9	-37,9	-33,7	-38,7
М35Пищевое 614	-60,8	-60,6	-39,8	-31,0	-33,6	-38,5	-23,0
9Е Пищевое 614	-45,4	-53,3	-34,3	-40,6	-26,9	-41,8	-10,0

–у гибридов на основе А3 Фетерита 14 с сортами Пищевое 35, Волжское 615, Волжское 4 по высоте растений (25,0-29,9%);

–у гибридов на основе А1 О-Янг 1 с сортами Аванс, Топаз, Волжское 615, Волжское 4 и на основе А4 КП 70 с сортом Волжское 4 по длине соцветия (6,2-12,6%);

–у гибридов А1 О-Янг 1/Меркурий, А1 О-Янг 1/Волжское 615, А1 О-Янг 1/Пищевое 35, А1 О-Янг 1/Волжское 4, А3 Фетерита 14/Огонек, А2 КВВ 114/Аванс, А2 КВВ 114/Волжское 4 по ширине соцветия (100,1-130,1%);

–у гибридов А4 КП 70/Огонек и А3 Фетерита 14/Огонек по выдвинутости ножки метелки (24,8-29,7%);

–у гибридов А2 Восторг/Меркурий, А2 КВВ 114/Аванс, А1 О-Янг 1/Топаз по урожайности зерна (0,5-0,6%);

–у гибридов на основе А3 Фетерита 14 с сортами Меркурий, Огонек, Аванс, Топаз, Пищевое 35 и на основе А4 КП 70 с сортами Меркурий, Аванс, Топаз, Волжское 4 по массе 1000 зерен (60,1-84,4%);

–у гибрида А1 О-Янг 1/Волжское 4 по числу зерен с одной метелки (0,8%).

Из представленных 21 гибридов к перспективным необходимо отнести те скрещивания, у которых высокие значения гетерозиса выявлены по нескольким селекционным признакам. Так, по трем-четырем признакам наибольший конкурсный гетерозис отмечен в комбинациях с восстановленной фертильностью А2 КВВ 114/Аванс: ширина соцветия – 117,8%, урожайность зерна – 0,6% и масса 1000 зерен – 47,8%; А1 О-Янг 1/Топаз: по длине соцветия – 6,2%, ширине соцветия – 58,3%, урожайности зерна – 0,5% и масса 1000 зерен – 37,4%; А1 О-Янг 1/Волжское 4: длина соцветия – 12,6%, ширина соцветия – 130,1%, масса 1000 зерен – 28,6% и число зерен с одной метелки – 0,8%; А2 КВВ 114/ Волжское 4: высота растений – 20,6%, ширина соцветия – 101,6%, масса 1000 зерен – 31,6%.

Конкурсный гетерозис по основным селекционным признакам гибридов F1 в каждый сезон вегетации представлен в приложениях 118-119.

### **6.3 Коэффициент фенотипического доминирования у гибридов F1 на основе А1, А2, А3, А4, 9Е, М35-1А стерильных цитоплазм**

Для наибольшей эффективности в оценке исходного материала в гетерозисной селекции необходима информация о наследовании основных селекционных признаков, получаемая с помощью генетического анализа. В большинстве случаев наследование признаков определяется несколькими генами и характеризуется сильной изменчивостью под влиянием окружающей среды [30, 169, 218]. Полученные сведения о направлении доминирования признаков

способствуют ускорению селекционного процесса [77]. Установлено, что характер наследования признаков определяется генетическими особенностями компонентов скрещиваний и агроклиматическими условиями региона их возделывания [302]. В литературе встречаются немногочисленные сведения о контроле агорономически-ценных признаков и биохимических показателей качества продукции у гибридов сорго [5, 6, 24, 152, 170].

Наследование по принципу сверхдоминирования происходит в 73,4% комбинаций по высоте растений; 83,6% комбинаций по длине соцветия; 53,0% гибридов по урожайности зерна и 67,3% по числу зерен с одной метелки в среднем за 2015-2017 гг. (таблица 92). Многими исследователями отмечено в большинстве комбинаций сверхдоминирование и доминирование по высоте растений сорго [22, 148].

Таблица 92 – Коэффициент фенотипического доминирования по основным селекционным признакам у гибридов F1 зернового сорго на основе разных типов ЦМС, среднее за 2015-2017 гг.

Признак	Количество гибридов с разным проявлением $h_p$							
	$h_p < -1$	$h_p = -1,0$	$-1 < h_p < -0,5$	$-0,5 < h_p < 0$	$0 < h_p < 0,5$	$0,5 < h_p < 1$	$h_p = 1,0$	$h_p > 1,0$
Высота растений			1	1	4	6	1	36
Длина соцветия	1				2	5		41
Ширина соцветия	14		4	2	6	3	1	19
Выдвинутость ножки соцветия	8		1	6	8	7		19
Урожайность зерна	9		3	3	1	7		26
Масса 1000 зерен	5		5	7	10	8		14
Число зерен с 1 метелки	8			2	3	3		33

По ширине соцветия (от -8,77 до 54,65), массе 1000 зерен (от -9,18 до 7,20) и выдвинутости ножки соцветия (от -9,86 до 11,76) отмечен широкий

диапазон варьирования значений коэффициента фенотипического доминирования. При этом, сверхдоминирование по ширине соцветия установлено у 38,7% гибридов, а частичное доминирование – 6,1%, неполное доминирование – 12,2%. По выдвинутости ножки соцветия сверхдоминирование наблюдалось у 38,7% гибридов, а частичное доминирование – 14,2%, неполное доминирование – 16,3%. Широкая вариабельность коэффициента фенотипического доминирования по выдвинутости ножки метелки отмечена и ростовскими селекционерами [148].

Одним из важных элементов продуктивности считается масса 1000 зерен. Этот признак коррелирует с семенной продуктивностью [5]. В данном исследовании по крупности семян сверхдоминирование отмечено у 28,5% гибридов, а частичное доминирование – 16,3%, неполное доминирование – 20,4%.

Ранее в литературе опубликованы сведения, что у гибридов сорго наследование признака наблюдалось от депрессии до сверхдоминирования [23], хлопчатника – промежуточное наследование признака «масса 1000 семян» по отношению к родительским компонентам [264], у овса в большей степени – сверхдоминирование [230], у ячменя – доминирование [77]. Следует отметить, что изучение характера наследования массы зерна колоса у гибридов первого поколения мягкой яровой пшеницы показали широкое варьирование от депрессии до сверхдоминирования [43].

Положительное доминирование всех признаков в среднем за 2015-2017 гг. выявлено у 9 из 49 гибридных комбинаций (таблица 93-94):

– у гибрида АЗ Фетерита 14/Меркурий сверхдоминирование проявилось по высоте растений (12,88), длине соцветия (1,65), выдвинутости ножки соцветия (1,75), урожайности зерна (8,07); неполное доминирование по ширине соцветия (0,75) и частичное – масса 1000 зерен (0,41), число зерен с одной метелки (0,38);

– у гибрида АЗ Фетерита 14/Топаз сверхдоминирование по высоте растений (3,42), длине соцветия (1,96), урожайности зерна (3,23), число зерен с

одной метелки (1,63); частичное доминирование по выдвинутости ножки соцветия (0,43); ширине соцветия (0,22), массе 1000 зерен (0,27);

Таблица 93 – Коэффициент фенотипического доминирования морфометрических признаков гибридов F1, полученных на основе разных типов ЦМС, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское 4
Высота при созревании							
A1 О-Янг 1	11,90	26,29	7,11	2,36	2,28	1,80	2,27
A2 КВВ 114	3,72	4,07	30,09	3,09	1,46	0,91	3,08
A2 Восторг	7,09	4,78	68,12	5,05	2,26	2,03	0,71
A3Фетерита 14	12,88	11,80	12,58	3,42	5,17	7,50	4,60
A4 КП 70	5,88	6,24	2,08	-0,09	1,50	1,08	2,17
M35Пищевое 614	3,10	0,59	1,45	0,86	0,57	0,25	0,37
9E Пищевое 614	2,70	-0,64	1,50	1,00	0,62	0,06	0,35
Длина соцветия							
A1 О-Янг 1	15,37	18,57	5,69	8,99	9,00	7,24	3,68
A2 КВВ 114	21,83	-1,26	1,76	12,54	0,25	1,82	1,61
A2 Восторг	3,12	2,49	2,77	1,88	6,44	3,89	7,61
A3Фетерита 14	1,65	1,18	0,53	1,96	0,46	0,50	0,59
A4 КП 70	4,07	1,88	1,13	0,96	3,53	2,48	6,32
M35Пищевое 614	4,03	3,21	1,20	24,71	1,69	5,73	0,92
9E Пищевое 614	2,99	1,93	1,57	6,88	1,37	1,68	1,48
Ширина соцветия							
A1 О-Янг 1	0,78	0,15	4,78	1,26	54,65	1,58	3,14
A2 КВВ 114	-0,12	5,27	11,02	2,64	26,94	1,56	4,17
A2 Восторг	-1,16	-2,81	3,74	-4,44	0,24	-0,59	1,00
A3Фетерита 14	0,75	1,72	2,54	0,22	1,07	0,34	1,06
A4 КП 70	-0,58	-1,11	-1,54	-0,92	0,05	-0,41	-0,89
M35Пищевое 614	-3,61	-1,60	-8,77	-2,36	-3,00	-5,08	-1,93
9E Пищевое 614	-1,19	0,81	1,73	0,37	2,72	5,28	1,30
Выдвинутость ножки соцветия							
A1 О-Янг 1	0,04	0,35	4,39	0,11	0,66	-0,13	-0,50
A2 КВВ 114	-0,20	-0,27	3,00	-1,49	-0,75	-4,55	0,28
A2 Восторг	0,38	0,58	11,76	2,18	3,05	0,68	-2,21
A3Фетерита 14	1,75	1,78	0,02	0,43	1,62	-1,04	7,75
A4 КП 70	-0,26	1,50	1,64	0,74	1,43	0,57	5,17
M35Пищевое 614	-1,87	-0,89	0,64	2,71	0,42	4,79	11,06
9E Пищевое 614	-1,62	-0,30	0,91	1,69	1,17	-9,86	3,01

Таблица 94 – Коэффициент фенотипического доминирования селекционных признаков гибридов F1, полученных на основе разных типов ЦМС, среднее за 2015-2017 гг.

ЦМС-линия	Сорт						
	Меркурий	Огонек	Аванс	Топаз	Волжское 615	Пищевое 35	Волжское 4
Урожайность зерна							
А1 О-Янг 1	-10,52	1,38	-3,79	3,30	13,83	-0,60	1,10
А2 КВВ 114	13,84	8,96	7,08	0,70	2,92	-6,30	6,31
А2 Восторг	2,19	2,49	9,78	4,54	2,03	3,84	0,96
А3Фетерита 14	8,07	15,39	-0,60	3,23	-0,61	0,80	4,03
А4 КП 70	-26,81	-2,86	-1,66	-0,23	0,94	-0,46	4,43
М35Пищевое 614	-3,64	0,08	-1,39	34,69	8,03	-0,17	0,95
9Е Пищевое 614	2,50	0,77	-1,27	4,08	8,36	1,25	3,49
Масса 1000 зерен							
А1 О-Янг 1	0,35	-0,32	-0,15	1,46	0,63	-0,65	-2,53
А2 КВВ 114	1,04	0,09	0,27	2,49	-9,18	-2,49	0,57
А2 Восторг	0,90	0,74	-0,60	0,81	-3,09	0,57	0,85
А3Фетерита 14	0,41	-0,11	-0,21	0,27	-0,73	-0,16	-0,58
А4 КП 70	1,29	0,44	1,84	2,32	0,07	0,13	4,42
М35Пищевое 614	3,63	0,66	-0,27	3,55	1,61	3,08	-1,12
9Е Пищевое 614	3,60	-0,14	0,07	7,20	0,01	1,66	-0,53
Число зерен с одной метелки							
А1 О-Янг 1	11,32	4,27	3,75	6,63	5,69	0,17	37,33
А2 КВВ 114	0,78	0,15	1,60	-1,54	0,97	-0,16	1,32
А2 Восторг	2,00	1,91	5,23	1,83	4,68	1,83	1,62
А3Фетерита 14	0,38	1,38	12,66	1,63	6,95	1,24	4,88
А4 КП 70	-4,67	-0,55	-0,29	4,44	1,86	0,53	-1,21
М35Пищевое 614	-2,20	-10,04	4,98	3,29	50,01	1,39	1,73
9Е Пищевое 614	-3,97	-1,29	2,96	1,98	7,75	1,57	12,07

– у гибрида А2 КВВ 114/Аванс сверхдоминирование наблюдалось по высоте растений (30,09), длине соцветия (1,76), ширине соцветия (11,02), выдвинутости ножки соцветия (3,00), урожайности зерна (7,08), число зерен с одной метелки (1,60); частичное доминирование по массе 1000 зерен (0,27);

– у гибрида А2 КВВ 114/Волжское 4 сверхдоминирование наблюдалось по высоте растений (3,08), длине соцветия (1,61), ширине соцветия (4,17), урожайности зерна (6,31), число зерен с одной метелки (1,32); неполное доминирование по массе 1000 зерен (0,57); частичное по выдвинутости ножки соцветия (0,28);

– у гибрида 9Е Пищевое 614/Топаз полное доминирование проявилось по высоте растений (1,00); сверхдоминирование по длине соцветия (6,88), выдвинутости ножки соцветия (1,69), урожайности зерна (4,08), массе 1000 зерен (7,20), числу зерен с одной метелки (1,98); частичное доминирование по ширине соцветия (0,37);

– у гибрида 9Е Пищевое 614/Волжское 615 сверхдоминирование по длине соцветия (1,37), ширине соцветия (2,72), выдвинутости ножки соцветия (1,17), урожайности зерна (8,36), числу зерен с одной метелки (7,75); неполное доминирование по высоте растений (0,62) и частичное по массе 1000 зерен (0,01);

– у гибрида А1 О-Янг/Топаз сверхдоминирование по высоте растений (2,36), длине соцветия (8,99), ширине соцветия (1,26), урожайности зерна (3,30), массе 1000 зерен (1,46), числу зерен с одной метелки (6,63); частичное доминирование по выдвинутости ножки соцветия (0,11);

– у гибрида А1 О-Янг/Волжское 615 сверхдоминирование по высоте растений (2,28), длине соцветия (9,00), ширине соцветия (54,65), урожайности зерна (13,83), числу зерен с одной метелки (5,69); неполное доминирование по выдвинутости ножки соцветия (0,66) и массе 1000 зерен (0,63);

– у гибрида А4 КП 70/Волжское 615 сверхдоминирование по высоте растений (1,50), длине соцветия (3,53), выдвинутости ножки соцветия (1,43) число зерен с одной метелки (1,86); неполное доминирование по урожайности зерна (0,94) и частичное по массе 1000 зерен (0,07), ширине соцветия (0,05).

Проявление коэффициента фенотипического доминирования по основным селекционным признакам гибридов первого поколения в каждом сезоне вегетации представлен в приложениях 120-121.

#### **6.4 Использование цитоплазмы А2 в практической селекции**

Наибольшие посевные площади РФ под сорговыми культурами размещаются в основном в Поволжье. В этот регион входит и Саратовская область. Фактором, лимитирующим выращивание и семеноводство гибридного сорго,

является ограниченность тепловых ресурсов. Саратовская область относится к северной границе возделывания сорго на зерно. Сумма активных температур за период вегетации культуры в данной зоне позволяет выращивать только раннеспелые, среднеранние и среднеспелые сорта и гибриды. Следует отметить, что долгое время все гибриды в России, Индии, США, Китае, Мексике и многих других странах были получены на основе ЦМС-линий с цитоплазмой A1 (*milo*). ЦМС-линии с *milo* типом цитоплазмы характеризуются продолжительным вегетационным периодом, поэтому получить качественные семена в Поволжье удастся не каждый год.

Многолетнее изучение селекционной ценности новых источников стерильности в селекции сорго на гетерозис позволило подобрать альтернативные цитоплазме A1 типы ЦМС. Для расширения генетического разнообразия материнских форм в предыдущих главах рассматривалась адаптивная способность ЦМС-линий на разных типах цитоплазм, а также генетика восстановления фертильности. Как оказалось, что большинство сортов и линий сорго, используемых в гибридизации в качестве отцовской формы, являются закрепителями стерильности новых типов ЦМС, что сдерживает их применение в практической селекции [296].

В настоящее время для создания продуктивных гибридов F1 зернового сорго, используемых на зернофуражные или пищевые цели, необходимы надежные линии восстановители фертильности. В этой связи как альтернативный источник стерильности можно рекомендовать цитоплазму A2. Предыдущие исследования показали, что 12 сортов и линий зернового сорго селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» восстанавливали фертильность ЦМС-индуцирующей цитоплазмы A2 [132, 138].

В этой связи в предварительном сортоизучении проводилось испытание перспективных комбинаций скрещиваний зернового сорго. У гибрида A2 КВВ 181/Волжское 615 наблюдалось превышение над стандартами по высоте растений: Пищевое 614 на 25,6 см, Волжское 44 – 29,2 см (таблица 95).



Таблица 95 – Оценка гибридов F1 зернового сорго по комплексу селекционных признаков, среднее за 2021-2023 гг.

Признак	A2 Восторг/ Аванс	A2 KBB 181/ Волжское 615	A2 Тамара/ Желтозерное 10	Пищевое 614 (St)	Волжское 44 (St)	F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
Высота при созревании, см	133,9	153,9	135,8	128,3	124,7	4,47*	17,36
Длина наибольшего листа, см	38,9	50,4	67,1	40,5	52,6	5,70*	15,43
Ширина наибольшего листа, см	5,1	6,0	7,0	4,7	4,9	3,37	ns
Площадь наибольшего листа, см <sup>2</sup>	189,6	237,9	439,8	141,9	192,4	6,25*	152,04
Длина флагового листа, см	29,3	31,4	41,6	25,3	35,1	3,88*	10,26
Ширина флагового листа, см	4,3	5,1	5,9	4,1	4,3	4,17*	1,18
Площадь флагового листа, см <sup>2</sup>	94,2	123,6	187,6	80,5	113,6	3,50	ns
Длина соцветия, см	23,7	20,5	20,8	20,9	23,2	1,13	ns
Ширина соцветия, см	9,3	7,2	12,3	9,8	10,4	1,19	ns
Выдвинутость ножки соцветия, см	24,1	15,4	14,5	21,9	18,2	1,93	ns
Общая кустистость	1,72	1,95	1,29	1,29	1,70	1,73	ns
Продуктивная кустистость	1,67	1,95	1,29	1,25	1,60	1,58	ns
Урожайность зерна, т/га	5,07	7,06	5,62	4,14	4,72	4,63*	1,68
Урожайность биомассы, т/га	17,26	29,74	27,95	21,19	20,53	6,27*	11,02
Масса 1000 зерен, г	37,9	33,4	27,9	30,4	27,7	10,93*	4,20
Масса зерна с одной метелки, г	21,7	26,5	34,6	19,6	18,4	4,36*	10,31
Содержание белка в зерне, %	8,87	9,84	8,95	10,67	9,96	3,84*	1,25
Содержание жира в зерне, %	3,60	3,55	3,05	3,51	3,61	3,72	ns
Содержание клетчатки в зерне, %	1,59	1,97	1,42	1,28	1,31	2,88	ns
Содержание золы в зерне, %	1,52	1,65	1,78	1,40	1,52	0,89	ns
Содержание БЭВ в зерне, %	84,42	82,99	84,80	83,14	83,60	1,42	ns
Содержание крахмала в зерне, %	75,42	73,22	72,75	75,18	72,97	1,00	ns
Валовая энергия в 1 кг зернофуража, МДж	18,61	18,65	18,45	18,72	18,68	–	–
Выход валовой энергии с 1 га посевов, ГДж	94,35	131,67	103,69	77,50	88,17	–	–

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . ns – различия незначимы.

По параметрам фотосинтетической поверхности выделился гибрид А2 Тамара/Желтозерное 10. Превышение над стандартами по показателям составило: наибольшего листа – длина на 14,5-26,6 см, ширина на 2,1-2,3 см, площадь на 247,4-297,9 см<sup>2</sup>; флагового листа – длина на 6,5-16,3 см, ширина на 1,6-1,8 см, площадь на 74,0-107,1 см<sup>2</sup>.

Гибрид А2 Восторг/Аванс формировал урожайность зерна выше стандартов на 0,35-0,93 т/га. Наибольшей продуктивностью характеризовался гибрид А2 КВВ 181/Волжское 615, у которого урожайность зерна составила 7,06 т/га, а биомассы 29,74 т/га. Гибрид А2 Тамара/Желтозерное 10 также превысил стандарты по урожайности зерна на 0,90-1,48 т/га (или 19,1-35,7%), биомассы – 6,76-7,42 т/га (31,9-36,1%).

По массе 1000 зерен выделились гибриды с сортом Аванс и Волжское 615 (33,4-37,9 г), тогда как по массе зерна с одной метелки – гибрид с Желтозерным 10 (34,6 г).

Испытываемые гибриды по содержанию белка в зерне (8,87-9,84%) уступили стандарту Пищевое 614 (10,67%), но оказались на уровне Волжского 44 (9,96%). По содержанию жира (3,05-3,61%), клетчатки (1,28-1,97%), минеральных (1,40-1,78%) и безазотистых экстрактивных веществ (82,99-84,80%) различия между гибридами и стандартами не выявлены.

Энергетическая оценка посевов сортов и гибридов зернового сорго показала, что в 1 кг зернофуража валовая энергия составила 18,45-18,72 МДж. Расчет выхода валовой энергии с 1 гектара посевов выявил широкий размах варьирования показателей признака: у сортов – 77,50-88,17 ГДж, у гибридов – 94,35-131,67 ГДж.

По совокупности изученных и превышающих сорта-стандарты Пищевое 614, Волжское 44 признаков на государственное сортоиспытание передан гибрид А2 Тамара/Желтозерное 10 с присвоенным названием Тамараж (рисунок 47; приложение 122).



Тамараж (гибрид F1)



A2 Тамара (ЦМС-линия)

Рисунок 47 – Гибрид Тамараж и материнская форма

#### 6.4.1 Описание гибрида F1 Тамараж

Гибрид среднеспелый, используется в качестве зернофуража при откорме разных видов сельскохозяйственных животных, птицы, а также на продовольственные цели для получения безглютеновых пищевых продуктов (крупа, мука, крахмал). Продолжительность периода от всходов до полной спелости зерна – 115-120 дней. Урожайность зерна 4,40-7,49 т/га, биомассы – 23,27-30,15 т/га. Высота растения – 124,6-157,3 см. Масса 1000 зёрен – 25,4-30,1 г. В зерне гибрида Тамараж содержится 7,70-10,35% белка, 2,79-3,58% жира, 1,71-1,94% золы, 1,50-2,24% клетчатки, 81,41-84,69% БЭВ, 71,45-74,38% крахмала.

Гибрид Тамараж превосходит сорт-стандарт Пищевое 614 по урожайности зерна и вегетативной массы, отличается высокой холодостойкостью, поле-

вой всхожестью, повышенной долей зерна в биомассе, характеризуется большими размерами метёлки и параметрами листьев (у гибрида длина наибольшего листа достигает 77,6 см, ширина – 8,7 см, флагового – 52,5 см и 7,2 см, соответственно).

Гибрид отличается высокой засухоустойчивостью и холодостойкостью. Ломкость стебля – 0 баллов, полегаемость – 0%, устойчив к поражению основными болезнями. Технология выращивания предусматривает посев во второй-третьей декадах мая широкорядным способом (междурядье 0,70 м).

Для получения оптимальной густоты стояния 100-150 тыс. раст./га рекомендуется высевать 8-12 кг кондиционных семян.

Предназначен для возделывания в Нижневолжском регионе РФ.

## Заключение по главе 6

Оценка комбинационной способности ЦМС-линий на основе разных типов стерильности и сортов зернового сорго позволила выделить перспективные комбинации скрещиваний для дальнейшего сортоиспытания, а также создания трехлинейных гибридов. Для получения высокопродуктивных гибридов с улучшенным комплексом селекционно-ценных признаков в программу скрещиваний рекомендуется включать в качестве материнских форм ЦМС-линии с высокими эффектами ОКС по параметрам соцветия (2,77-3,94) и числу зерен с одной метелки (224,16) – А1 О-Янг 1; по высоте растений (24,94) и массе 1000 зерен (3,95) – А3 Фетерита 14; по выдвинутости ножки соцветия (3,48) и массе 1000 зерен (3,76) – А4 КП 70. Стерильная линия А2 КВВ 114 отличилась высокими эффектами ОКС по урожайности зерна (0,63) и средними по комплексу признаков: высота растений (4,25), ширина соцветия (0,47), выдвинутость ножки соцветия (0,89), масса 1000 зерен (0,21).

Высокой специфической комбинационной способностью обладали ЦМС-линии А1 О-Янг 1 (ширина соцветия – 8,73 и озерненность – 216698,38), А2 КВВ 114 (высота растений и ширина соцветия – 7,28-126,08), А3 Фетерита 14 (параметры соцветия – 6,78-7,91), М35-1А Пищевое 614 (длина соцветия и выдвинутость ножки метелки – 8,05-17,05), А2 Восторг (урожайности зерна – 1,92), А4 КП 70 (по крупности зерна – 19,01).

Выделены гибриды F1 сорго с высокими и средними эффектами СКС по комплексу селекционно-ценных признаков целесообразных для оценки пригодности использования на зернофураж в дальнейшем сортоизучении – А2 Восторг/Меркурий, А2 КВВ 114/Аванс, А1 О-Янг/Волжское 615.

Истинный гетерозис проявился по высоте растений и длине соцветия у 75,5% гибридов; ширине соцветия – 26,5%; выдвинутости ножки соцветия и массе 1000 зерен – 38,8%; урожайности зерна – 67,3%; числу зерен с одной метелки – 59,2%. Так, наибольший истинный гетерозис отмечен в комбинации А1 О-Янг 1/Аванс (29,3-40,2%) по трем признакам (ширина и выдвинутость ножки соцветия, число зерен с одной метелки).

Гипотетический гетерозис наблюдался по высоте растений и длине соцветия у 97,9% гибридов; ширине соцветия – 75,5%; выдвинутости ножки соцветия 83,6%, массе 1000 зерен – 69,3%; урожайности зерна – 85,7%; числу зерен с одной метелки – 87,7%. Наибольшее превосходство над обеими родительскими формами выявлено в 3 комбинациях: А1 О-Янг 1/Аванс (32,4-69,6%) по параметрам и выдвинутости ножки соцветия, озерненности; А3 Фетерита 14/Меркурий и А3 Фетерита 14/Огонек: по высоте растений и параметрам соцветия (31,6-44,8%).

Конкурсный гетерозис установлен по высоте растений при созревании у 51,0%, по длине соцветия – 14,2%, ширине соцветия – 93,8%, выдвинутости ножки соцветия – 44,8%, урожайности зерна – 6,1%, масса 1000 зерен – 100,0%, числу зерен с одной метелки – 2,0% экспериментальных гибридов. Наибольший конкурсный гетерозис отмечен у 4 фертильных гибридов А2 КВВ 114/Аванс (ширина соцветия, урожайность зерна и масса 1000 зерен – 0,6-117,8%), А1 О-Янг 1/Топаз (параметры соцветия, урожайности и крупности зерна – 0,5-58,3%), А1 О-Янг 1/Волжское 4 (параметры соцветия, масса 1000 зерен и число зерен с одной метелки – 0,8-130,1%), А2 КВВ 114/ Волжское 4 (высота растений, ширина соцветия, масса 1000 зерен – 20,6-101,6%).

Наследование по принципу сверхдоминирования происходит в 73,4% комбинаций по высоте растений; 83,6% комбинаций по длине соцветия; 53,0% гибридов по урожайности зерна и 67,3% гибридов по числу зерен с одной метелки. Положительное доминирование всех признаков выявлено у 9 гибридных комбинаций: А3 Фетерита 14/Меркурий; А2 КВВ 114/Аванс; А2 КВВ 114/Волжское 4; А3 Фетерита 14, 9Е Пищевое 614 и А1 О-Янг с Топазом; 9Е Пищевое 614, А4 КП 70 и А1 О-Янг с Волжским 615.

Выделен гибрид Тамараж, отличающийся высокой холодостойкостью, повышенной долей зерна в биомассе, большими размерами метёлки и параметрами листьев и предназначенный для возделывания в Нижневолжском регионе РФ. На гибрид подана заявка на выдачу патента (№ 90131/7653655 от 03.11.2023 г.).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные исследования за период 2009-2023 гг. отражают влияние цитоплазматического окружения на проявление многих признаков растений сорго, в том числе имеющих большое биологическое и хозяйственное значение. В основе такого влияния цитоплазмы могут лежать разные процессы: кооперативное взаимодействие ядерных и цитоплазматических генов в генетическом контроле биогенеза хлоропластов и митохондрий, эффективное функционирование которых необходимо для развития растений; ретроградная регуляция экспрессии ядерных генов, осуществляемая посредством сигналов, продуцируемых цитоплазматическими органеллами под действием факторов внешней среды (Юрина, Одинцова, 2007; Blanco et al., 2014; Chi et al., 2013; Fujii et al., 2007; Eckhardt, 2006). При этом генетически различные пластомы и митохондриомы могут по-разному реагировать на условия внешней среды и влиять на экспрессию ядерных генов. Возможность такого влияния необходимо учитывать и использовать в селекции на гетерозис, в частности, при создании линий с цитоплазматической мужской стерильностью, поскольку как митохондриальные, так и хлоропластные геномы различаются у разных стерильных цитоплазм (Heng et al., 2014, Tanaka et al., 2012).

Экспериментальные результаты в данной работе свидетельствуют, что цитоплазма является важным компонентом в наследовании и проявлении генетической информации у растений. При этом проявление цитоплазматических эффектов в значительной мере зависит от условий внешней среды, в особенности от складывающихся гидротермических факторов сезона выращивания. Таким образом, цитоплазма, является буфером между внешней средой и ядерным геномом, «перерабатывая» сигналы от внешней среды и регулируя экспрессию ядерных генов растений.

Результаты исследований подтверждают влияние типа стерильной цитоплазмы на устойчивость растений к абиотическим стрессорам, что целесообразно применять в селекционных программах по созданию засухоустойчивых

гибридов F1. Цитоплазма способствует устойчивости к высоким температурам и низкой влагообеспеченности в критические для сорго периоды развития растений. Полученные данные показывают влияние цитоплазмы на интенсивность набухания семян в условиях смоделированной засухи (на примере использования гипертонических растворов сахарозы и нитрата калия); содержание хлорофиллов в листьях в фазы кущение, выметывание и цветение растений; показатели водного режима листьев (оводненность тканей, водный дефицит, потеря влаги) у ЦМС-линий и гибридов сорго в фазы выметывание, цветение и молочно-восковую спелость. Выявленные адаптационные особенности генотипов позволяют вовлекать их в селекционный процесс в качестве источников засухоустойчивости.

Установлена значительная роль цитоплазмы в формировании экологической устойчивости ЦМС-линий, обеспечивающей стабильное семеноводство их и гибридов F1. Примененные в исследовании методы лабораторных и полевых опытов дают объективную оценку устойчивости ЦМС-линий, гибридов F1 к засухе и могут быть использованы в селекционном процессе, а выявленные корреляции свидетельствуют о высокой приспособленности исходного материала к произрастанию в регионах с недостаточным увлажнением.

Учет цитоплазматических эффектов на комбинационную способность ЦМС-линий, превосходство гибридов над компонентами скрещиваний является важным методологическим подходом и в селекции на повышение гетерозиса гибридов F1 сорго по основным селекционным признакам, и как следствие – увеличение продуктивности. В среднем за период исследований установлено, что ЦМС-линии с генетически различными типами стерильных цитоплазм отличаются эффектами ОКС. Отмечено влияние цитоплазмы на общую комбинационную способность в скрещиваниях с опылителями зернового и сахарного сорго по высоте растений через 30 дней после всходов, длине соцветия, площади и длине наибольшего листа, параметрам флагового листа, ку-



стистости, урожайности биомассы. В отдельные сезоны проявление цитоплазматического эффекта положительно отразилось на накоплении протеина в биомассе сахарного сорго.

Полиморфизм типов ЦМС-индуцирующих цитоплазм позволяет расширить генетическое разнообразие исходного материала, что создает основу для выявления материнских форм с высокими эффектами ОКС и рекомендовать их для получения высокопродуктивных гибридов с улучшенным комплексом селекционно-ценных признаков с последующим применением в различных отраслях Агропромышленного комплекса.

## ВЫВОДЫ

1. Установлен эффект цитоплазмы на засухоустойчивость растений ЦМС-линий и гибридов сорго в начальный период развития и критические фазы вегетации растений за счет влияния типа ЦМС на набухание семян, водный режим листьев и синтез зеленых пигментов, что свидетельствует об участии цитоплазматических генов в генетическом контроле данных признаков:

– цитоплазмы А4 и 9Е снижают водопотребление семян ЦМС-линий по сравнению с цитоплазмой А3;

– цитоплазмы А3, А5 и 9Е увеличивают оводненность тканей листьев ЦМС-линий в фазу цветения; цитоплазмы А2 и А3 снижают водный дефицит; цитоплазма А3 снижает потерю влаги в первые 30-90 минут увядания листьев, а А2 и А4 – за 24 ч увядания и в среднем за 1 час в сутки. По комплексу показателей водного режима высокой устойчивостью к засухе характеризовались линии А2 КВВ 114, А2 Восторг, А3 Фетерита 14;

– цитоплазмы А2 и А1 способствуют более высокому накоплению хлорофилла *a* в начальные фазы развития у гибридов F1, а цитоплазма А5 в конце вегетации; хлорофилла *b* и суммы пигментов – цитоплазмы А1, А4 и А5. Синтез пластидных пигментов зависит от фазы развития растений и в процессе вегетации снижается.

2. Выделены ЦМС-линии сорго, сочетающие высокую урожайность и адаптивную способность к факторам внешней среды:

– экологической пластичностью по продуктивности ( $bi=1,13-1,80$ ) характеризуются А2 КВВ 114, А2 Восторг, А3 Фетерита 14, А1 О-Янг 1, А2 Суд-зерн; фенотипической стабильностью ( $bi=0,91-1,07$ ) – М35-1А и 9Е Пищевое 614, А2 КВВ 181, А1 Ефремовское 2, А1-А5 Карлик 4в;

– высокие индексы стабильности по комплексу селекционных признаков отмечены у А1 Ефремовское 2, А1 О-Янг 1, А4 КП 70. В коллекции изоядерных ЦМС-линий более высокие показатели по периоду «всходы-цветение» установлены на цитоплазме 9Е; урожайности семян – цитоплазме А4; ширине соцветия – цитоплазмах 9Е, А1 и А5; выдвинутости ножки – цитоплазме А3.

3. Наибольший вклад в общую изменчивость селекционных признаков оказывают: генотипический фактор (46,8-85,6%) по высоте растений и выдвинутости ножки соцветия; доля фактора внешней среды (54,1-79,7%) по интенсивности начального роста и урожайности семян, что отразилось на сильной вариабельности этих признаков ( $V=20,5-44,4\%$ ).

4. Генетическая коллекция ЦМС-линий и опылителей, использованная для создания гибридов F1, характеризуется генетическим разнообразием по скороспелости, морфологическим признакам, урожайности и элементам ее структуры, биохимическим показателям качества продукции, подтвержденным кластерным анализом.

5. Среди включенных в скрещивания образцов зернового и сахарного сорго выявлены закрепители стерильности и восстановители фертильности разных типов ЦМС у сорго:

– фертильность цитоплазмы А1 и А5 восстанавливали 7 образцов; цитоплазмы А2 – 6 образцов; цитоплазмы А4 – 4 образца; цитоплазмы А6 – 5 образцов; цитоплазмы 9Е – 2 образца. На основе линий-восстановителей фертильности разных типов ЦМС созданы сорта зернового сорго: ЦМС А1 и А5 – Гранат (патент №9245); ЦМС А1, А2, А4, А5 и А6 – Гелеофор (патент №9562); ЦМС А4 и 9Е – Магистр (патент №11169);

– выделен один закрепитель цитоплазмы А2; цитоплазмы А3 – 20 образцов зернового и 13 образцов сахарного сорго; цитоплазмы А4 – по 13 образцов

зернового и сахарного сорго; цитоплазмы А6 – 2 образца зернового сорго; цитоплазмы 9Е – 15 образцов зернового и 13 образцов сахарного сорго; цитоплазмы М35-1А – 7 образцов зернового сорго. На основе линии-закрепителя стерильности цитоплазм А3, А4, 9Е выведен сорт сахарного сорго Изольда, (патент № 13547).

6. Установлена эффективность использования SSR-маркера sam26858a для выявления образцов с генами-восстановителями ЦМС типа 9Е (*Rf-9E*).

7. Условия внешней среды модифицируют стерилизующую способность цитоплазм А3, А4, А5, А6 и 9Е: выпадение осадков перед цветением способствует образованию нормальных (окрашенных) пыльцевых зерен у ЦМС-линий. В наибольшей мере этот эффект характерен для цитоплазм А4 и 9Е (15,4-17,5%). Однако, появление фертильных пыльцевых зерен не ведет к завязыванию семян.

8. Выявлен эффект цитоплазмы на комбинационную способность изоядерных ЦМС-линий с геномами Желтозерного 10 на основе цитоплазм А3, А4, 9Е и Карлика 4в на основе цитоплазм А1, А2, А3, А4, А5, А6:

– установлено влияние цитоплазмы 9Е на увеличение эффектов ОКС по высоте растений через 30 дней после всходов, длине соцветия и урожайности биомассы в скрещиваниях с образцами зернового сорго, а с образцами сахарного сорго – по длине соцветия и площади наибольшего листа, протеина в биомассе (каждый сезон) и жира (в засушливый сезон). Высокие дисперсии СКС установлены у ЦМС-линий на цитоплазме 9Е по высоте растений при созревании и параметрам соцветия;

– в засушливый сезон цитоплазма А5 оказывала позитивный эффект на ОКС стерильных линий по комплексу селекционных признаков (высота через 30 дней после всходов и при созревании, параметры соцветия, выдвинутость ножки соцветия, ширина и площадь наибольшего листа, площадь флагового листа, содержание крахмала в зерне), тогда как в условиях большей влагообеспеченности – цитоплазма А6 (ширина и площадь наибольшего листа, площадь

флагового листа, урожайность зерна и биомассы). Высокие дисперсии СКС стерильной линии на цитоплазме А5 по общей и продуктивной кустистости установлены в оба сезона возделывания.

9. Установлена закономерность проявления положительного эффекта цитоплазмы на истинный и гипотетический гетерозис у гибридов F1 сорго на основе цитоплазм А3, А4, 9Е: в засушливые сезоны цитоплазмы А3 и 9Е оказывали влияние на высоту растений, длину наибольшего листа, урожайность биомассы, а в условиях достаточной влагообеспеченности – цитоплазмы А4 и 9Е на площадь наибольшего листа гибридов зернового сорго; у гибридов сахарного сорго цитоплазма 9Е на длину и площадь наибольшего листа в отдельные сезоны. При этом, истинный (6,9-163,6%) и гипотетический (19,1-192,2%) гетерозис по разным признакам проявился у 100% комбинаций.

10. Цитоплазма оказывает влияние на наследование ряда селекционно-ценных признаков у гибридов F1:

– у гибридов зернового сорго, полученных на основе изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10, цитоплазма 9Е оказала значимое влияние на величину коэффициента фенотипического доминирования по высоте растений, а по площади наибольшего листа и урожайности биомассы – цитоплазмы А3 и 9Е; у гибридов сахарного сорго цитоплазма 9Е по высоте растений, урожайности биомассы, а по площади наибольшего листа – А4 и 9Е;

– у гибридов, полученных на основе изоядерных ЦМС-линий с геномом Карлик 4в и образцами зернового сорго, в засушливые сезоны вегетации цитоплазма А5 увеличивала значение коэффициента фенотипического доминирования по высоте растений; цитоплазмы А3, А5 и А6 – длине наибольшего листа и цитоплазма А6 – площади листа.

11. Использование полиморфизма цитоплазм (А1, А2, А3, А4, 9Е и М35-1А) позволило рекомендовать ЦМС-линии с высокой комбинационной способностью для селекционной работы по повышению продуктивности гибридов – А1 О-Янг 1, А2 КВВ 114, А2 Восторг, А3 Фетерита 14, А4 КП 70. Частота проявления истинного гетерозиса оказалась у 67,3-75,5% комбинаций

по высоте растений, длине соцветия, урожайности зерна и составила от 1,3 до 50,9%; гипотетического гетерозиса у 75,5-97,9% комбинаций по высоте растений, длине и ширине соцветия, выдвинутости ножки соцветия, урожайности зерна, числу зерен с одной метелки (1,0-130,6%); конкурсного гетерозиса у 93,8-100,0% гибридов по ширине соцветия и массе 1000 зерен (4,4-130,1%). Наследование по принципу сверхдоминирования у гибридов F1 происходит по высоте растений, длине соцветия, урожайности зерна и числу зерен с одной метелки у 53,0-83,6% комбинаций. Положительное доминирование комплекса признаков выявлено у 9 гибридных комбинаций.

12. Установлена тесная взаимосвязь урожайности семян материнских форм с индексом стабильности, общей оводненностью листьев; оводненности тканей с потерей влаги листьев за 24 ч и в среднем за 1 ч/сут; коэффициентами вариации и линейной регрессии, индексом засухоустойчивости ( $r=0,73-0,99$ ). Средняя сопряженность признаков проявилась по урожайности семян и отклонению от линии регрессии, индексу засухоустойчивости, средней потере влаги листьями за 1 ч в сутки и через 24 ч увядания, длине соцветия, ширине листа и урожайности биомассы; отклонению от линии регрессии и индексами стабильности, засухоустойчивости; оводненности листьев и длине соцветия, ширине листа ( $r=0,46-0,69$ ).

13. Выделены перспективные комбинации скрещиваний для дальнейшего сортоиспытания, а также создания трехлинейных гибридов. Подана заявка на выдачу патента гибрида Тамараж, характеризующегося наибольшей продуктивностью, фотосинтетической поверхностью листьев и соцветием.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для выявления восстановителей фертильности в цитоплазме 9E целесообразно проводить ПЦР-анализ с праймерами, амплифицирующими SSR-маркер *sam26858a*, ассоциированного с генами-восстановителями ЦМС типа 9E (*Rf-9E*) и расположенного в прицентромерном районе второй хромосомы генома сорго.

2. Рекомендуется в программу скрещиваний вовлекать в качестве материнских форм А1 О-Янг 1, А2 КВВ 114, А2 Восторг, А4 КП 70 для получения высокопродуктивных гибридов F1 с улучшенным комплексом селекционно-ценных признаков.

3. Перспективные гибриды F1 включить в экологическое конкурсное сортоиспытание:

– целесообразные для использования на зернофураж и монокорм А2 Восторг/Меркурий, А2 КВВ 114/Аванс, А1 О-Янг 1/Волжское 615, 9E Желтозерное 10/Л-КСИ 28/13, А4 Желтозерное 10/Перспективный 1, А2 Карлик 4в/Огонек, А5 Карлик 4в/Аванс, А5 Карлик 4в/Волжское 615, А6 Карлик 4в/Геллефор;

– на зеленый корм и силос 9E Желтозерное 10/Л-39/12, 9E Желтозерное 10/Флагман, А3 Желтозерное 10/Л-52/13, А4 Желтозерное 10/Саратовское 90;

– в производстве сахаристых продуктов А4 Желтозерное 10/Л-60/12, А3 Желтозерное 10/Флагман, А4 Желтозерное 10/Камышинское 8.

4. При создании трехлинейных высокопродуктивных гибридов или сортов-синтетиков в качестве исходного материала рекомендуются стерильные гибриды F1 (всего 5) – А4 Желтозерное 10/Огонек, 9E Желтозерное 10/Камелик, А3 Желтозерное 10/Перспективный 1, А4 КП 70/Волжское 4, А3 Фетерита 14/Меркурий.

5. В сельскохозяйственном производстве рекомендуется использовать сорта зернового сорго Гранат, Магистр и сахарного сорго сорт Изольда, допущенные к использованию на территории РФ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуразакова, З.Л. Содержание хлорофиллов в листьях растений сои на различных фазах развития / З.Л. Абдуразакова, Ш. Юнусханов, М.Ф. Абзалов, И.Д. Курбанбаев // Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений: V международная научно-методологическая конференция. Т. 1. – М.: Российский университет дружбы народов, 2019. – С. 234-236.
2. Абдурашитова, Э.Р. Влияние биопрепаратов на адаптацию сорго зернового в условиях дефицита влагообеспеченности / Э.Р. Абдурашитова, С.Ф. Абдурашитова, Е.Н. Турин, А.А. Гончало // «Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения»: Международная научная экологическая конференция. – Краснодар, 2021. – С.127-129.
3. Агафонов, В.А. Травосмеси суданской травы с высокобелковыми культурами в полевом кормопроизводстве Прибайкалья / В.А. Агафонов // Кормопроизводство. – 2022. – №3. – С. 21-25.
4. Адрианова, Ю.Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю.Е. Адрианова, И.А. Тарчевский. – М.: Наука, 2000. – 135 с.
5. Алабушев, А.В. Сорго (селекция, семеноводство, технология, экономика)/ А.В. Алабушев, Л.Н. Анипенко, Н.Г. Гурский, Н.Я. Коломиец, П.И. Костылев, П.А. Мангуш, О.И. Алабушева. – Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2003. – 368 с.
6. Алабушев, А.В. Особенности наследования лизина у гибридов второго поколения зернового сорго / А.В. Алабушев, В.В. Ковтунов, П.И. Костылев, Н.А. Ковтунова, Н.С. Кравченко // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 21(3). – С. 273-282.
7. Андрющенко, Н.И. Создание линий с цитоплазматической мужской стерильностью и оценка комбинационной способности новых опылителей в се-

лекции зернового сорго / Н.И. Андриющенко // Автореферат на соискание ученой степени канд. с.-х. н. – Рассвет: Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2002. – 20 с.

8. Анисимова, И.Н. Структурно-функциональная организация генов, индуцирующих и супрессирующих цитоплазматическую мужскую стерильность у растений / И.Н. Анисимова // Генетика. – 2020. – Т. 56. – № 11. – С. 1239-1249.

9. Анисимова, И.Н. Цитоплазматическая мужская стерильность и перспективы ее использования в селекционно генетических исследованиях и семеноводстве картофеля / И.Н. Анисимова, Т.А. Гавриленко // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – Т. 21. – № 1. – С. 83-95.

10. Анисимова, И.Н. Полиморфизм по признакам, ассоциированным с генетической системой ЦМС-RF, у зернового сорго из коллекции ВИР / И.Н. Анисимова, Д.Н. Рябова, Е.В. Малиновская, Н.В. Алпатьева, Ю.И. Карабицина, Е.Е. Радченко // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 5. – С. 952-963.

11. Анискина, Ю.В. Исследование генетического разнообразия сорго с использованием технологии мультиплексного микросателлитного анализа / Ю.В. Анискина, Е.В. Малиновская, В.С. Мицурова, Н.С. Велишаева, О.С. Колобова, И.А. Шилов // Биотехнология и селекция растений. – 2019. – № 2(3). – С. 20-29.

12. Антимонов, А.К. Производственный потенциал зернового сорго в северной зоне соргосеяния / А.К. Антимонов, Л.Ф. Сыркина, О.Н. Антимонова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4(44). – С. 65-70.

13. Антимонов, А.К. Селекция зернового сорго пищевого направления / А.К. Антимонов, Л.Ф. Сыркина, О.Н. Антимонова // Земледелие. – 2021. – № 8. – С. 28-32.



14. Антимонов, А.К. Оценка сортов зернового сорго на холодостойкость при пониженной температуре в разных средах / А.К. Антимонов, Л.Ф. Сыркина, О.Н. Антимонова, Ю.Ю. Никонорова // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 10. – С. 38-42.
15. Ашаева, О.В. Пигментный состав листьев различных сортов яровой пшеницы / О.В. Ашаева, Д.С. Монин // Нижегородский аграрный вестник. – 2012. – №2. – С. 111-113.
16. Ашиев, А.Р. Агроэкологическая оценка новых линий сои селекции Аграрного научного центра «Донской» / А.Р. Ашиев, К.Н. Хабибуллин, М.В. Скулова // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 6(66). – С. 7-11.
17. Бабак, О.Г. Использование ДНК-маркеров для изучения генетической изменчивости родительских форм гибридов томата (*Solanum Lycopersicum*) и особенностей проявления гетерозиса / О.Г. Бабак, Н.А. Некрашевич, А.М. Добродькин, И.Г. Пугачева, М.М. Добродькин, А.В. Кильчевский // Молекулярная и прикладная генетика. – 2013. – Т. 16. – С. 104-112.
18. Барановский, А.В. Оценка гибридов зернового сорго на адаптивную способность и экологическую пластичность / А.В. Барановский, О.Н. Курдюкова, А.С. Попов // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – №1(65). – С. 87-89.
19. Бебякин, В.М. Адаптивность: методические подходы, методы и критерии ее оценки / В.М. Бебякин, Л.И. Кедрова, Т.Б. Кериватова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2005а. – № 7. – С. 4-9.
20. Бебякин, В.М. Методические подходы, методы и критерии оценки адаптивности растений / В.М. Бебякин, Т.Б. Кулеватова, Н.И. Старичкова // Известия Саратовского университета. Серия Химия. Биология. Экология. – 2005б. – Вып.2. – Т. 5. – С. 69-71.
21. Белозерова, А.А. Оценка адаптивности генотипов озимой пшеницы и ржи по норме реакции и в условиях стресса / А.А. Белозерова, Н.А. Боме // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. – 2004. – № 3. – С. 89-95.

22. Беседа, Н.А. Наследование высоты растений у сорго зернового / Н.А. Беседа // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 3(24). – С. 80-82.
23. Беседа, Н.А. Наследование массы 1000 зерен в системе диаллельных скрещиваний зернового сорго / Н.А. Беседа // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4. Естественно-математические и технические науки. – 2010. – № 3. – С. 81-84.
24. Беседа, Н.А. Озерненность метелки у реципрочных гибридов зернового сорго / Н.А. Беседа, П.И. Костылев // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 1. – С. 16-19.
25. Беседа, Н.А. Комбинационная способность сорго зернового в системе диаллельных скрещиваний / Н.А. Беседа, П.И. Костылев, С.И. Горпиниченко // Зерновое хозяйство России. – 2009. – № 1. – С. 14-17.
26. Биктимиров, Р.А. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов зернового сорго в условиях Республики Башкортостан / Р.А. Биктимиров, А.А. Низаева // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 1(73). – С. 39-43.
27. Болдырева, Л.Л. Создание и морфо-биологическая оценка исходного материала зернового сорго для селекции на гетерозис в условиях Крыма / Л.Л. Болдырева // Автореферат на соискание ученой степени канд. с.-х. наук. – Днепрпетровск, 2004. – 20 с.
28. Болдырева, Л.Л. Создание новых форм сорго сахарного для производства сахарного сиропа / Л.Л. Болдырева, В.В. Бритвин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2015. – № 1(164). – С. 56-62.
29. Болдырева, Л.Л. Оценка гетерозиса по основным морфо-биологическим признакам и свойствам у гибридов F1 сорго зернового / Л.Л. Болдырева, В.В. Бритвин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3(65). – С. 225-229.
30. Болдырева, Л.Л. Наследование основных количественных признаков гибридами F1 сорго сахарного / Л.Л. Болдырева, В.В. Бритвин // Научные труды

Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2012. – № 149. – С. 77-80.

31. Болдырева, Л.Л. Оценка новых сортов сорго веничного в условиях предгорной зоны республики Крым / Л.Л. Болдырева, В.В. Бритвин, В.Д. Филатова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2017. – № 9(172). – С. 5-9.

32. Болдырева, Л.Л. Оценка комбинационной способности сорго сахарного по урожайности зелёной массы методом неполного топкросса / Л.Л. Болдырева, В.В. Бритвин, В.Н. Юдина // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – №22(185). – С. 5-11.

33. Боме, Н.А. Изучение зависимости водоудерживающей способности листьев *Triticum Aestivum* L. от их линейных размеров и площади / Н.А. Боме, Т.Ф. Ушакова, Е.А. Моденова, А.Я. Боме // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 4(46). – С. 13-16.

34. Брагин, А.Г. Анализ гетероплазматического состояния митохондриальной ДНК фертильных и мужскостерильных растений сахарной свеклы (*Beta vulgaris*) / А.Г. Брагин, М.К. Иванов, Л.А. Федосеева, Г.М. Дымшиц // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2011. – Т.15. – №3. – С. 524-530.

35. Бритвин, В.В. Оценка новых линий сорго сахарного на комбинационную способность / В.В. Бритвин, Л.Л. Болдырева // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2013. – №157. – С. 75-80.

36. Бритвин, В.В. Сорго как сырьё для производства биоэтанола / В.В. Бритвин, Л.Л. Болдырева // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2013. – № 154. – С. 69-72.

37. Бритвин, В.В. Использование гетерозиса в селекции сахарного сорго / В.В. Бритвин, В.Д. Филатова // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2011. – № 134. – С. 73-78.
38. Бугайов, В.Д. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов гороха посевного в условиях правобережной лесостепи Украины / В.Д. Бугайов, Н.И. Кондратенко, М.В. Демидюк // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2 (6). – С. 100-106.
39. Бычкова, В.В. Фотосинтетический потенциал гибридов F1 сорго на разных типах цитоплазм / В.В. Бычкова, О.П. Кибальник, Л.А. Эльконин // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2010. – № 3-4. – С. 17-19.
40. Бычкова, В.В. Влияние типа стерильной цитоплазмы на фотосинтетические параметры гибридов зернового сорго / В.В. Бычкова, Л.А. Эльконин // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 4(46). – С. 5-8.
41. Бычкова, В.В. Влияние типа стерильной цитоплазмы на урожайность зерна, биомассу и содержание белка у гибридов зернового сорго / В.В. Бычкова, Л.А. Эльконин // Таврический вестник аграрной науки. – 2017. – № 1(9). – С. 37-44.
42. Валекжанин, В.С. Экологическая пластичность генетически полиморфных образцов яровой мягкой пшеницы / В.С. Валекжанин, Н.И. Коробейников // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 12. – С. 25-27.
43. Валекжанин, В.С. Особенности характера изменчивости и наследования массы зерна колоса у гибридов F1 мягкой яровой пшеницы в условиях приобской лесостепи Алтайского края / В.С. Валекжанин, Н.И. Коробейников // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 6(164). – С. 11-16.
44. Валекжанин, В.С. Оценка адаптивных свойств сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Алтайского края / В.С. Валекжанин, С.Б. Лепехов // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 5. – С. 27-31.

45. Вертикова, Е.А. Использование гетерозиса в селекции сорговых культур для условий Нижнего Поволжья / Е.А. Вертикова, В.В. Пыльнев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 91. – С. 51-57.
46. Верхоламочкин, С.В. Агроэкологическое испытание сортов и гибридов сорго кормового [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] в условиях юго-западной части центральной России / С.В. Верхоламочкин, С.А. Бельченко, Т.И. Васькина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3. – С. 27-38.
47. Власова, Е.В. Оценка водоудерживающей способности листьев у образцов *Lupinus Angustifolius* L. / Е.В. Власова, М.А. Охотникова // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2019. – № 1(26). – С. 27-30.
48. Вожжова, Н.Н. Экологическая пластичность сортов озимой мягкой пшеницы по показателю "общая хлебопекарная оценка" / Н.Н. Вожжова, Н.С. Кравченко // Зерновое хозяйство России. – 2014. – № 1. – С. 22-26.
49. Володин, А.Б. Кормовая продуктивность сахарного сорго и сорго-суданковых гибридов на орошаемых землях Нижнего Поволжья / А.Б. Володин, Ю.П. Даниленко, А.Г. Болотин // Зерновое хозяйство России. – 2012. – №2. – С. 50-54.
50. Володин, А.Б. Схема селекции и уровень гетерозиса гибридов сорго сахарного / А.Б. Володин, С.И. Капустин, А.С. Капустин // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 1(25). – С. 64-72.
51. Воронова, О.Н. Количественный и качественный анализ пыльцы подсолнечника (*Helianthus* L.) и его использование в селекционной работе / О.Н. Воронова, В.А. Гаврилова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – № 180(1). – С. 95-104.
52. Вус, Н.А. Определение селекционной ценности коллекционных образцов нута (*Cicer Arietinum* L.) методом кластерного анализа / Н.А. Вус, Л.Н. Кобызева, О.Н. Безуглая // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – Т. 24.–№ 3. –С. 244-251.

53. Газе, В.Л. Определение уровня засухоустойчивости образцов озимой мягкой пшеницы прямым и косвенным методами / В.Л. Газе, В.А. Лиховидова, Е.В. Ионова // *Зерновое хозяйство России*. – 2018. – № 2(56). – С. 25-29.
54. Галицкий, Д.Н. Изучение экологической пластичности сортов льна масличного в условиях южной лесостепи Омской области / Д.Н. Галицкий // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 4. – С. 515.
55. Гаршин, А.Ю. Определение комбинационной способности сортообразцов сахарного сорго по качеству зерна в тестерных скрещиваниях / А.Ю. Гаршин, В.И. Жужукин, Д.С. Семин // *Кукуруза и сорго*. – 2014. – № 1. – С. 20-23.
56. Глуховцев, В.В. Роль новых сортов сахарного и зернового сорго в укреплении кормовой базы в засушливых условиях Среднего Поволжья и Урала / В.В. Глуховцев, Л.Ф. Сыркина, А.К. Антимонов, О.Н. Антимонова // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2014. – № 3(47). – С. 37-39.
57. Головина, Е.В. Морфофизиологические признаки и адаптивность новых сортов сои в условиях Центрально-черноземного региона РФ / Е.В. Головина, А.М. Задорин // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 2(26). – С. 27-35.
58. Головки, Т.К. Пигментный комплекс растений природной флоры Европейского Северо-Востока / Т.К. Головки, И.В. Далькэ, О.В. Дымова, И.Г. Захожий, Г.Н. Табаленкова // *Известия Коми научного центра УрО РАН*. – 2010. – № 1. – С. 39-46.
59. Гончаренко, А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А.А. Гончаренко // *Вестник Россельхозакадемии*. – 2005а. – № 6. – С. 49-53.
60. Гончаренко, А.А. О проблеме экологической устойчивости сортов зерновых культур / А.А. Гончаренко // «Безостая 1 – 50 лет триумфа»: Международная конференция. – Краснодар, 2005б. – С. 44-59.

61. Гончаренко, А.А. Селекция восстановителей мужской фертильности для получения гибридов озимой ржи / А.А. Гончаренко, А.В. Макаров, С.А. Ермаков, Т.В. Семенова, В.Н. Точилин, Н.В. Цыганкова, О.А. Крахмалева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 3(31). – С. 9-14.
62. Гончарова, Ю.К. Механизмы засухоустойчивости и методы анализа устойчивости по признаку / Ю.К. Гончарова, О.А. Брагина, Ю.Ф. Якуба // II Международная научно-практическая конференция «Современные подходы и методы в защите растений». – Екатеринбург, 2020. – С. 144-145.
63. Гончарова, Ю.К. Локализация хромосомных регионов, определяющих эффективность фотосинтеза у российских сортов риса / Ю.К. Гончарова, С.В. Гончаров, Е.Е. Чичарова // Генетика. – 2018. – Т. 54. – № 7. – С. 796-804.
64. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 646 с.
65. ГОСТ 12038-84. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 зерен (с изменениями №1). – М.: Стандартинформ, 2011. – С. 116-118.
66. ГОСТ 12042-80. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартинформ, 2011. – С. 36-64.
67. ГОСТ 31640-2012. Корма. Методы определения содержания сухого вещества. – М.: Стандартинформ, 2020. – 12 с.
68. Горбунов, В.С. Ресурсосберегающая технология производства зернового сорго/ В.С. Горбунов, Г.И. Костина, А.Г. Ишин, О.В. Колов, В.И. Жужукин, Д.С. Семин, И.Г. Ефремова, С.В. Лящева, О.П. Кибальник, Е.Л. Ревякин // Рекомендации. – М., 2012. – 40 с.
69. Гребенникова, И.Г. Анализ экологической пластичности тритикале / И.Г. Гребенникова, А.Ф. Алейников, П.И. Стёпочкин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2013. – № 3(232). – С. 101-106.

70. Григорьев, Н.Г. Об определении питательности кормов / Н.Г. Григорьев, Н.Н. Скоробогатых, В.М. Косолапов // Кормопроизводство. – 2008. – № 9. – С. 19-21.
71. Грюнер, Л.А. Количество и соотношение фотосинтетических пигментов в листьях ежевики / Л.А. Грюнер, О.В. Кулешова // Современное садоводство. – 2018. – № 3. – С. 75-80.
72. Гудова, Л.А. Кластерный анализ по минимуму евклидовых расстояний в селекции кукурузы / Л.А. Гудова // «Эффективные решения в приоритетных отраслях АПК в засушливых регионах: Международная заочная научно-практическая конференция. – Саратов, 2020. – С. 30-35.
73. Гужов, Ю.Л. Селекция и семеноводство культивируемых растений / Ю.Л. Гужов, А. Фукс, П. Валичек. – М., 1999. – 536 с.
74. Гусев, В.В. Новый сорт зернового сорго Зернышко / В.В. Гусев, М.М. Халикова, В.С. Ескова, В.В. Ларина, Н.В. Бахарева, А.В. Храмов // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 5. – С. 15-18.
75. Даутов, И.Т. Экологическая пластичность сортов ярового ячменя при различных приёмах обработки почвы в степи оренбургского Предуралья / И.Т. Даутов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2(34). – С. 25-26.
76. Домблидес, Е.А. Определение типа цитоплазмы у растений семейства Капустные (*Brassicaceae Burnett*) с помощью ДНК маркеров / Е.А. Домблидес, А.С. Домблидес, Т.В. Заячковская, Л.Л. Бондарева // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – № 19(5). – С. 529-537.
77. Донцова, А.А. Изучение закономерностей наследования количественных признаков при создании нового исходного материала озимого ячменя / А.А. Донцова, Е.Г. Филиппов // Научный журнал КубГАУ. – 2011. – № 71(07). – С. 636-645.
78. Дорофеева, М.М. Сравнительный анализ некоторых классических методик определения площади листовой поверхности / М.М. Дорофеева, С.А. Бонеева // Растительные ресурсы. – 2020. – Т. 56. – Вып. 2. – С. 182-192.



79. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М. Агропромиздат, 2011. – 352 с.
80. Дронов, А.В. Ресурсный потенциал сорго всех видов при производстве кормов и продуктов переработки в условиях Брянской области / А.В. Дронов, М.Ю. Дышлок, Е.М. Обложко // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 2. – С. 3-7.
81. Дубровская, Е.В. Биоремедиационный потенциал сорго веничного / Е.В. Дубровская, А.Ю. Муратова, Н.Н. Позднякова, В.С. Гринев, С.Н. Голубев, А.Д. Бондаренкова, О.В. Турковская // Доклады Башкирского университета. – 2018. – Т. 3. – № 4. – С. 390-396.
82. Дымова, О.В. Фотосинтетические пигменты: функционирование, экология, биологическая активность / О.В. Дымова, Т.К. Головки // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2018. – № 314. – С. 5-16.
83. Евдокимов, М.Г. Засухоустойчивый генофонд твердой яровой пшеницы, идентифицированный в многолетних испытаниях питомников Казахстанско-Сибирской селекции пшеницы / М.Г. Евдокимов, В.С. Юсов, А.И. Моргунов, Ю.И. Зеленский // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – № 21(5). – С. 515-522.
84. Ержебаева, Р.С. Поиск источников засухоустойчивости среди новой коллекции сои (*Glycine Max*) в условиях Юго-Востока Казахстана / Р.С. Ержебаева, С.В. Дидоренко, М.С. Кудайбергенов, А.К. Даниярова, А.А. Амангелдиева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 3(31). – С. 63-73.
85. Ермаков, А.И. Методы биохимических исследований растений / под общей ред. А.И. Ермакова. – Л.: Колос, 1987. – С. 101-108.
86. Ескова, В.С. Оценка урожайности и параметров адаптивности сахарного и травянистого сорго в зоне засушливой черноземной степи Поволжья / В.С. Ескова, В.В. Гусев, М.М. Халикова, Р.А. Эленбергер, Н.В. Бахарева, А.В. Храмов, К.А. Набабкина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 3(47). – С. 102-107.

87. Ефремова, В.В. Адаптивно-значимые признаки у изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы / В.В. Ефремова, Ю.Т. Аистова, Е.Г. Самелик, Л.В. Назаренко // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 85(01). – С. 390-402.
88. Ефремова, Е.Н. Влияние сорговой муки на показатели пшеничного хлеба / Е.Н. Ефремова // Вестник Алтайского ГАУ. – 2014. – № 3. – С. 125-129.
89. Жужукин, В.И. Селекция гетерозисных гибридов сахарного сорго / В.И. Жужукин, А.Ю. Гаршин // Кукуруза и сорго. – 2016. – № 3. – С. 18-21.
90. Жужукин, В.И. Изучение комбинационной способности сортообразцов сахарного сорго по биохимическому составу биомассы и зерна / В.И. Жужукин, В.С. Горбунов, О.П. Кибальник, Д.С. Семин, А.Ю. Гаршин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017а. – № 5. – С. 11-15.
91. Жужукин, В.И. Оценка комбинационной способности сортообразцов сахарного сорго / В.И. Жужукин, В.С. Горбунов, О.П. Кибальник, Д.С. Семин, А.Ю. Гаршин // Вестник сельскохозяйственной науки. – 2017б. – № 5. – С. 34-37.
92. Жужукин, В.И. Оценка комбинационной способности сахарного сорго по хозяйственно ценным признакам в тестерных скрещиваниях / В.И. Жужукин, Д.С. Семин, А.Ю. Гаршин // Кукуруза и сорго. – 2016. – № 1. – С. 11-13.
93. Жук, Е.А. Инновационные разработки по использованию веничного сорго в кормопроизводстве / Е.А. Жук // Таврический вестник аграрной науки. – 2017. – №2(10). – С. 45-51.
94. Жукова, М.П. Результаты селекции сорго на гетерозис / М.П. Жукова, А.Б. Володин, И.А. Донец, А.С. Голубь, Н.С. Чухлебова // Вестник АПК Ставрополья. – 2016. – № 4(24). – С. 163-168.
95. Жученко, А.А. Возможности создания сортов и гибридов растений с учетом изменения климата / А.А. Жученко // «Стратегия адаптивной селекции полевых культур в связи с глобальным изменением климата»: Международная научно-практическая конференция. – Саратов, 2004. – С. 10-16.

96. Жученко, А.А. Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина / А.А. Жученко. – Краснодар: ВНИИ риса, 2010. – 485 с.
97. Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – С. 279.
98. Зайцев, С.А. Применение диаллельного анализа при изучении комбинационной способности кукурузы / С.А. Зайцев // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 8. – С. 16-19.
99. Заостровных, В.И. Экологическая пластичность коллекционных образцов сои различных групп спелости / В.И. Заостровных, М.С. Ракина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 9(71). – С. 40-43.
100. Захаров-Гезехус, И.А. Цитоплазматическая наследственность / И.А. Захаров-Гезехус // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18. – № 1. – С. 93-102.
101. Зиборов, А.И. Исходный материал в селекции яровой мягкой и твердой пшеницы на адаптивность / А.И. Зиборов, В.С. Валекжанин // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 6. – С. 31-34.
102. Зиборов, А.И. Исходный материал для селекции и яровой твердой пшеницы на экологическую пластичность в условиях приобской лесостепи Алтайского края / А.И. Зиборов, М.А. Розова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2012. – № 1(224). – С. 44-52.
103. Змиевская, Е.А. Восстановительная способность и пыльцевая продуктивность линий-восстановителей фертильности ржи озимой / Е.А. Змиевская, Д.К. Егоров // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – С. 85-89.
104. Зотова, Л.П. Оценка коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость в условиях Северного Казахстана / Л.П. Зотова, С.А. Джатаев // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2019. – № 1(100). – С. 35-46.

105. Зубарева, К.Ю. Особенности набухания семян в зависимости от условий предпосевной обработки / К.Ю. Зубарева // «Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности»: IV Международная научная конференция. – Донецк, 2019. – С. 344-346.
106. Зыкин, В.А. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений / В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов, Д.Р. Исламгулов. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2009. – 99 с.
107. Зыкин, В.А. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений / В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов, Р.С. Кираев, И.О. Чанышев. – Уфа, 2011. – 97 с.
108. Зыкин, В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации / В.А. Зыкин, В.В. Мешков, В.А. Сапега. – Новосибирск, 1984. – 24 с.
109. Зыкин, В.А. Экология пшеницы: Монография / В.А. Зыкин, В.П. Шамагин, И.А. Белан. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2000. – 124 с.
110. Ибрагимова, З.Ш. параметры водного режима и содержание фотосинтетических пигментов на разных стадиях развития сои в условиях засухи / З.Ш. Ибрагимова, С.А. Мамедова, Р.Т. Алиев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2023. – № 6. – С. 11-16.
111. Иванова, Е.В. Применение многомерного анализа при оценке сортообразцов льна масличного в контрольном питомнике / Е.В. Иванова, Е.Л. Андроник, М.Е. Маслинская // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2014. – № 350. – С. 446-456.
112. Иванов, М.К. Цитоплазматическая мужская стерильность и восстановление фертильности пыльцы у высших растений / М.К. Иванов, Г.М. Дымшиц // Генетика. – 2007. – Т. 43. – № 4. – С. 451-468.
113. Игнатьев, Л.А. Реакция растений на повреждающее действие абиотических факторов и регуляция их продуктивности в условиях неустойчивой погоды / Л.А. Игнатьев // Автореферат на соискание ученой степени докт. биол. наук. – Новосибирск, 1993. – 33 с.

114. Игнатъев, С.А. Оценка параметров адаптивности коллекционных образцов эспарцета / С.А. Игнатъев, А.А. Регидин // *Зерновое хозяйство России*. – 2019. – № 3(63). – С. 53-58.
115. Ионова, Е.В. Величина фотосинтетического потенциала сортов сорго зернового при различной влагообеспеченности / Е.В. Ионова // *Зерновое хозяйство России*. – 2011. – № 2(14). – С. 21-23.
116. Ионова, Е.В. Засуха и засухоустойчивость зерновых колосовых (обзор) / Е.В. Ионова // *Зерновое хозяйство России*. – 2011. – № 2 (14). – С. 37–41.
117. Ионова, Е.В. Изменение водного режима растений озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона («засушник») / Е.В. Ионова, Е.И. Некрасов // *Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры»*. – 2014. – № 4(12). – С. 42-45.
118. Кабанова, Е.М. Влияние цитоплазматической мужской стерильности на длину метелки и высоту прикрепления початков кукурузы / Е.М. Кабанова, В.В. Казакова, А.А. Сивовол // *Труды КубГАУ*. – 2015. – № 57. – С. 84-88.
119. Казарин, В.Ф. Использование индекса засухочувствительности для оценки полевой засухоустойчивости образцов люцерны в Поволжском регионе / В.Ф. Казарин, А.А. Курьянович, И.А. Володина // *Кормопроизводство*. – 2015. – № 12. – С. 7-11.
120. Казыдуб, Н.Г. Отбор перспективных образцов для селекции фасоли с использованием кластерного анализа в условиях южной лесостепи Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, Т.В. Маракаева, М.М. Коробейникова, М.В. Епанчинцев // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. – 2014.– № 4(16). – С. 8-14.
121. Калинина, А.В. Состав и содержание пигментов фотосинтеза в листьях проростков озимой мягкой пшеницы / А.В. Калинина, С.В. Лящева // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2018. – Т. 20. – № 2(2). – С. 286-290.
122. Калинина, А.В. Влияние растворов сахарозы на рост и развитие проростков озимой мягкой пшеницы / А.В. Калинина, С.В. Лящева, А.Д. Заворотина,

Н.Ю. Ларионова, А.И. Сергеева // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2018. – №3(20). – С. 22-24.

123. Каменева, О.Б. Изучение некоторых морфобиологических признаков фотопериодически нейтральных форм сорго сахарного / О.Б. Каменева, О.П. Кибальник, Д.С. Семи́н, И.Г. Ефремова // АгроЭкоИнфо. – 2022. – № 6(54).

124. Каменева, О.Б. Изучение влияния муки сорго на биохимические показатели готовых хлебобулочных изделий / О.Б. Каменева // «Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК»: Международная научно-практическая конференция. – Казань, 2023. – С. 116-118.

125. Капустин, С.И. Хозяйственно-ценные признаки новых сортов и гибридов сахарного сорго в условиях Северного Кавказа / С.И. Капустин, А.Б. Володин, А.С. Капустин // Вестник БГАУ. – 2019. – № 2. – С. 27-32.

126. Капустин, С.И. Кормовой потенциал гибридов сахарного сорго в засушливых условиях Центрального Предкавказья / С.И. Капустин, А.Б. Володин, А.С. Капустин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4(72). – С. 109-111.

127. Капустин, С.И. Морфобиологические особенности и селекционная ценность стерильных линий сорго / С.И. Капустин, А.Б. Володин, А.С. Капустин // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4(48). – С. 29-33.

128. Капустин, С.И. Сорговый мёд – новые возможности культуры / С.И. Капустин, А.Б. Володин, С.А. Кузьминов // Новости науки в АПК. – 2018. – № 2-1(11). – С. 83-84.

129. Карабицина, Ю.И. Особенности наследования признака восстановления фертильности пыльцы подсолнечника при цитоплазматической мужской стерильности / Ю.И. Карабицина, В.А. Гаврилова, Н.В. Алпатьева, Е.Б. Кузнецова, И.Н. Анисимова // Генетика. – 2019. – Т. 55. – № 11. – С. 1327-1334.

130. Карабицина, Ю.И. Генетическое разнообразие линий и наследование признака восстановления фертильности пыльцы подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) при ЦМС-РЕТ1 / Ю.И. Карабицина // Автореферат диссертации на

соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Санкт-Петербург, 2020. – 24 с.

131. Карапетян, А.К. Влияние зерна сорго на инкубационные показатели яиц кур-несушек родительского стада / А.К. Карапетян, М.В. Струк, О.В. Корнева, И.Ю. Даниленко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1(171). – С. 123-127.

132. Кибальник, О.П. Селекционная ценность новых типов ЦМС у сорго / О.П. Кибальник // Автореферат на соискание ученой степени канд. биол. наук – Саратов, 2009. – 21 с.

133. Кибальник, О.П. Особенности набухания семян сорго зернового в селекции на повышение засухоустойчивости / О.П. Кибальник, В.В. Бычкова, Н.В. Калмыков // «АГРОБИОТЕХНОЛОГИЯ-2021»: Международная научная конференция. – Москва, 2021. – С. 333-338.

134. Кибальник, О.П. Использование параметров устьичного аппарата зернового сорго в селекции на засухоустойчивость / О.П. Кибальник, Г.И. Костина // «Вавиловские чтения – 2014»: Международная научно-практическая конференция. – Саратов, 2014. – С. 113-114.

135. Кибальник, О.П. Оценка пластичности и стабильности зернового сорго в условиях Саратовской области / О.П. Кибальник, Г.И. Костина, Д.С. Семин // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2010. – № 3-4. – С. 64-67.

136. Кибальник, О.П. Оценка новых образцов зернового сорго по холодоустойчивости в условиях Саратовской области / О.П. Кибальник, С.С. Куколева, Д.С. Семин, С.В. Лящева, А.Ю. Гаршин // «Экологическая стабилизация аграрного производства. Научные аспекты решения проблемы»: Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов. – Саратов, 2015. – С. 58-63.

137. Кибальник, О.П. Адаптивность сахарного сорго к условиям Нижнего Поволжья / О.П. Кибальник, С.В. Лящева, Д.С. Семин, А.Ю. Гаршин, С.С. Ку-

колева // «Современные технологии в сельскохозяйственной науке и производстве»: Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов. – Саратов, 2016. – С. 45-49.

138. Кибальник, О.П. Использование ЦМС типа А2 в селекции зернового сорго в Поволжье / О.П. Кибальник, Д.С. Семин, С.В. Лящева, Т.В. Ларина // «Агро XXI». – 2015. – № 7-9. – С. 11-13.

139. Кибальник, О.П. Адаптивная способность коллекционных сортообразцов зернового сорго / О.П. Кибальник, Д.С. Семин, В.И. Старчак // Аграрная наука. – 2016. – № 3. – С. 6-8.

140. Кибальник, О.П. Влияние типов стерильных цитоплазм на содержание пигментов в листьях гибридов F1 зернового сорго / О.П. Кибальник, Л.А. Эльконин // Доклады РАСХН. – 2009. – № 1. – С. 18-21.

141. Кибальник, О.П. Влияние типа стерильной цитоплазмы на проявление хозяйственно-полезных признаков у сорго-суданковых гибридов / О.П. Кибальник, Л.А. Эльконин // Доклады РАСХН. – 2012. – № 1. – С. 12-15.

142. Кибальник, О.П. Влияние разных типов стерильных цитоплазм на морфобиологические и селекционно-ценные признаки гибридов F1 зернового сорго / О.П. Кибальник, Л.А. Эльконин, В.В. Кожемякин // Кукуруза и сорго. – 2009. – № 4. – С. 19-22.

143. Кибальник, О.П. Влияние восстановления фертильности новых типов ЦМС у сорго / О.П. Кибальник, Л.А. Эльконин, М.И. Цветова // «Вавиловские чтения – 2008»: Международная научно-практическая конференция. – Саратов, 2008. – С. 97-100.

144. Кильчевский, А.В. Генетико-экологические основы селекции растений / А.В. Кильчевский // Вестник ВОГиС. – 2005. – Т. 9. – № 4. – С. 518-526.

145. Кильчевский, А.В. Экологическая селекция растений / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Тэхналогія, 1997. – 372 с.



146. Клюка, В.И. Экологическая пластичность гибридов подсолнечника в условиях Западного Предкавказья / В.И. Клюка, И.Б. Хаштыров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 36. – С. 149-150.
147. Кобылянский, В.Д. Создание исходного материала для селекции гибридной ржи в России / В.Д. Кобылянский, А.Г. Катерова, Н.С. Лапиков // Генетика. – 1994. – Т. 30. – № 10. – С. 1403-1412.
148. Ковтунов, В.В. Наследование основных количественных признаков гибридами первого поколения сорго зернового / В.В. Ковтунов // Зерновое хозяйство России. – 2015. – №3. – С. 33-37.
149. Ковтунов, В.В. Посевная площадь и урожайность сорго зернового / В.В. Ковтунов // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 3(57). – С. 47-49.
150. Ковтунов, В.В. Основные направления использования сорго зернового / В.В. Ковтунов, С.И. Горпиниченко // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 6. – С. 28-32.
151. Ковтунов, В.В. Питательная ценность зерна сорго / В.В. Ковтунов, Н.А. Ковтунова, О.А. Лушпина, Н.Н. Сухоненко, Н.Г. Игнатьева // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 3(51). – С. 51-54.
152. Ковтунов, В.В. Закономерности наследования сырого белка в зерне гибридов F1-F2 сорго зернового / В.В. Ковтунов, П.И. Костылев, Н.А. Ковтунова // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 9(27). – С. 9-13.
153. Ковтунова, Н.А. Достоинства нового сорта суданской травы Алиса / Н.А. Ковтунова, А.В. Алабушев, А.Е. Романюкин, Е.А. Шишова, В.В. Ковтунов, Н.И. Сарычева // Кормопроизводство. – 2019. – № 7. – С. 41-48.
154. Ковтунова, Н.А. Гетерозис в селекции сахарного сорго / Н.А. Ковтунова, А.Б. Володин, В.В. Ковтунов // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 49(1). – С. 11-17.
155. Ковтунова, Н.А. Современная оценка питательности кормов из сорговых культур / Н.А. Ковтунова, В.В. Ковтунов, С.И. Горпиниченко // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 123(09). – С. 783-792.

156. Кожушко, Н.Н. Водоудерживающая способность как показатель засухоустойчивости растений / Н.Н. Кожушко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1976. – Т. 57. – Вып. 2. – С. 59-66.
157. Кокина, Л.П. Оценка коллекционных образцов ячменя на устойчивость к осмотическому стрессу / Л.П. Кокина, И.Н. Щенникова, И.Ю. Зайцева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 5(66). – С. 40-44.
158. Колов, О.В. Новый прием повышения содержания сахаров в растениях сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья / О.В. Колов, А.Ю. Буенков, В.С. Горбунов, Д.С. Семин // АгроXXI. – 2011. – № 4-6. – С. 34-35.
159. Коломиец, Н.Я. Интенсивность начального роста сорго – важный селекционный признак / Н.Я. Коломиец, А.А. Олейник // Селекция и семеноводство. – 2002. – № 2. – С. 25-27.
160. Константинова, О.Б. Урожайность и экологическая пластичность новых сортов озимого тритикале в условиях лесостепной зоны Кемеровской области / О.Б. Константинова, Е.П. Кондратенко, Е.А. Егушова // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 6(93). – С. 119-123.
161. Копылович, В.Л. Результаты исследований по созданию сорта сорго веничного / В.Л. Копылович, А.В. Бондаренко, Н.М. Шестак // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2017. – № 53. – С. 348-355.
162. Корепанова, Е.В. Экологическая пластичность сортов льна-долгунца в условиях Среднего Предуралья / Е.В. Корепанова, И.Ш. Фатыхов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 27-30.
163. Корзун, О.С. Характер проявления пластичности и стабильности урожайности зерна проса в экологическом сортоиспытании / О.С. Корзун // Наука и современность. – 2010. – № 7-1. – С. 282-286.
164. Корзун, О.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений / О.С. Корзун, А.С. Бруйло. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 140 с.

165. Косарева, И.А. Изучение коллекций сельскохозяйственных культур и диких родичей по признакам устойчивости к токсическим элементам кислых почв / И.А. Косарева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2012. – №170(1). – С. 35-45.
166. Костина, Г.И. Пластичность образцов сахарного сорго в условиях Саратовской области / Г.И. Костина, О.Б. Каменева, О.П. Кибальник, Д.С. Семин // Кормопроизводство. – 2011. – №7. – С. 18-21.
167. Костина, Г.И. Селекция зернового сорго на пищевые цели в условиях Нижнего Поволжья / Г.И. Костина, Д.С. Семин, И.Г. Ефремова, О.П. Кибальник, В.О. Пешкова // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 2. – С. 3-6.
168. Костина, Г.И. Оценка технологических свойств сырья веничного сорго / Г.И. Костина, П.А. Матюшин, Е.А. Жук, В.И. Локтев // Кукуруза и сорго. – 2007. – № 5. – С. 15-17.
169. Костылев, П.И. Генетический анализ количественных признаков риса, сорго и ячменя / П.И. Костылев // «Генетические основы селекции»: Всероссийская школа молодых селекционеров им. С.А. Кунакбаева. – Уфа: ГНУ БашНИИСХ, 2008. – С. 172-175.
170. Костылев, П.И. Генетические основы наследования продолжительности вегетационного периода у сорго зернового / П.И. Костылев, Н.А. Беседа // Зерновое хозяйство России. – 2010. – № 1(7). – С. 22-27.
171. Кравченко, Р.В. Адаптивность и стабильность проявления урожайных свойств гибридов кукурузы на фоне антропогенных факторов / Р.В. Кравченко // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 77(03). – С. 770-784.
172. Кравченко, Н.С. Степень адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона («засушник») / Н.С. Кравченко, Е.В. Ионова // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 5. – С. 7-10.
173. Кравченко, Н.С. Характеристика коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы по адаптивным свойствам признака «массовая доля белка в зерне» / Н.С. Кравченко, Е.В. Ионова, С.В. Подгорный, Н.Н. Вожжова // Зерновое хозяйство России. – 2020. – №1(67). – С. 43-48.

174. Кравченко, Р.В. Анализ параметров экологической пластичности и стабильности продуктивности гибридов кукурузы различных групп спелости / Р.В. Кравченко, А.А. Шовканов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 35. – С. 259-263.
175. Кривошеев, Г.Я. Экологическое испытание новых гибридов кукурузы в условиях различной влагообеспеченности / Г.Я. Кривошеев, А.С. Игнатъев // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 4(58). – С. 47-51.
176. Кривошеев, Г.Я. Отбор по косвенным признакам засухоустойчивых линий кукурузы / Г.Я. Кривошеев, Н.А. Шевченко // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 12. – С. 31-34.
177. Кривошеев, Г.Я. Исходный материал для селекции засухоустойчивых гибридов кукурузы / Г.Я. Кривошеев, Н.А. Шевченко, В.Л. Газе, Н.Н. Анисимова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – № 6(55). – С. 15-20.
178. Кротова, Н.В. Влияние почвенной кислотности на содержание пигментов и элементы продуктивности ярового овса / Н.В. Кротова, Г.А. Баталова // Труды по прикладной ботанике, генетике, селекции. – 2013. – Т. 171. – С. 109-113.
179. Кузнецова, Е.Ю. Оценка гибридов первого поколения сорго и их родительских форм по основным морфо-биологическим и хозяйственно-ценным признакам / Е.Ю. Кузнецова, Л.Л. Болдырева, С.А. Кузнецов // Ученые записки инженерно-педагогического университета. Серия: Биологические науки. – 2016. – № 2. – С. 20-23.
180. Куколева, С.С. Анализ селекционных питомников суданской травы в фазу выметывания / С.С. Куколева, И.Г. Ефремова, Ю.А. Калинин // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2022. – Т. 9. – №1. – С. 58-65.
181. Куколева, С.С. Комбинационная способность сортообразцов суданской травы в Нижнем Поволжье / С.С. Куколева, В.И. Жужукин, О.П. Кибальник, Д.С. Семин, В.И. Старчак // Успехи современного естествознания. – 2018. – Ч. 2. – № 12. – С. 283-289.

182. Куколева, С.С. Изучение влияния осмотического стресса на засухоустойчивость образцов суданской травы селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» / С.С. Куколева, О.П. Кибальник, Т.В. Ларина // Сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 3(15). – С. 12-21.
183. Куколева, С.С. Скрининг сортообразцов суданской травы в условиях Саратовской области / С.С. Куколева, Д.С. Семин, О.П. Кибальник, В.И. Старчак // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 4(46). – С. 8-11.
184. Кумаков, В.И. Засуха и продукционный процесс в посевах яровой пшеницы / В.И. Кумаков, А.П. Игошин, О.Е. Евдокимова, Г.Ф. Игошина // Сельскохозяйственная биология. – 1994. – № 3. – С. 105-114.
185. Куперман, Ф.М. Биологический контроль в сельском хозяйстве / Ф.М. Куперман. – М.: Московский университет, 1962. – 274 с.
186. Куркова, И.В. Оценка адаптивной способности и экологической пластичности сортов и сортообразцов ярового ячменя Амурской селекции / И.В. Куркова, С.А. Фокин // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 2. – С. 16-21.
187. Лавренчук, Н.Ф. Изменчивость цветения метелок у кукурузы с ЦМС / Н.Ф. Лавренчук, М.Т. Франковская // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 2. – С. 11-14.
188. Латипова, Р.Ш. Блюда приготовленные из зерна сорго в Хорезмской области / Р.Ш. Латипова // Journal of Technical and Natural Sciences. – 2019. – № 4(13). – С. 12-17.
189. Лебедева, Т.С. Пигменты растительного мира / Лебедева, К.М. Сытник. – Киев: Наук. Думка, 1986. – 83 с.
190. Левакова, О.В. Результаты изучения адаптивно-экологических показателей новых сортов и перспективных линий озимой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области / О.В. Левакова // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 2(62). – С. 13-16.

191. Левицкая, Н.Г. Аномальная погода осеннее-зимнего сезона 2018-2019 гг. и ее влияние на осеннюю вегетацию и перезимовку озимых культур в Саратовской области / Н.Г. Левицкая, И.И. Демакина // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2019а. – № 2. – С. 16-18.
192. Левицкая, Н.Г. Современные изменения климата Саратовской области и стратегия адаптации к ним селекции и агротехнологий / Н.Г. Левицкая, И.И. Демакина // Успехи современного естествознания. – 2019б. – № 10. – С. 7-12.
193. Левицкая, Н.Г. Изменение климата и аномальность зим на территории Саратовской области в конце XX – начале XXI вв. / Географические исследования в Саратовском университете / Н.Г. Левицкая, О.В. Шаталова, Г.Ф. Иванова // Сб. научных работ к 70-летию географического факультета. – Саратов: Саратовский университет, 2008. – С. 165-170.
194. Левицкая, Н.Г. Обзор средних и экстремальных характеристик климата Саратовской области во второй половине XX – начале XXI века / Н.Г. Левицкая, О.В. Шаталова, Г.Ф. Иванова // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – № 1. – С. 30-33.
195. Лепехов, С.Б. Эффекты взаимодействия генотип-среда у сортов яровой мягкой пшеницы / С.Б. Лепехов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016 – № 7(141). – С. 9-14.
196. Леухина, Т.В. Исследования засухоустойчивости сортов сои северного экотипа в условиях осмотического стресса / Т.В. Леухина, О.В. Леухина, Е.В. Головина // Селекция и сорторазведения садовых культур. – 2021. – Т. 8. – № 1-2. – С. 53-56.
197. Лиховидова, В.А. Влияние засушливых условий выращивания на водный дефицит и содержание хлорофилла сортов озимой твердой пшеницы, различающихся по продуктивности / В.А. Лиховидова, Е.В. Ионова // Аграрная наука. – 2020. – № 5. – С. 72-75.
198. Лиховидова, В.А. Засухоустойчивость образцов озимой пшеницы мягкой в начальную фазу органогенеза и изменение площади листьев и содержания хлорофилла растений в условиях водного стресса / В.А. Лиховидова, Е.В.

- Ионова, В.Л. Газе, Д.М. Марченко // *Зерновое хозяйство России*. – 2018. – №5. – С. 29-31.
199. Лыско, И.А. Определение жизнеспособности пыльцы у гибрида томата F1 MO755 x *L. Esculentum* Var. *Racemigerum* / И.А. Лыско, Н.А. Щербаков // «Молодые ученые агропромышленному комплексу Поволжья»: Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов. – Саратов, 2010. – С. 93-95.
200. Любимова, А.В. Анализ коллекции песчаного овса (*Avena Strigosa* Shreb.) по компонентному составу авенина / А.В. Любимова, Д.И. Еремин // *АПК России*. – 2017. – Т. 24. – №5. – С. 1111-1116.
201. Малиновская, Е.В. Комбинационная способность самоопыленных линий зернового сорго и их реакция на ЦМС / Е.В. Малиновская // «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования»: 5 Международный симпозиум. – М., 2003. – С. 360-363.
202. Мамонтова, В.Н. Селекция и семеноводство яровой пшеницы. Избранные труды / В.Н. Мамонтова. – М.: Колос, 1980. – 287 с.
203. Манукян, И.Р. Методы оценки устойчивости озимой тритикале к засушливым условиям предгорной зоны Северного Кавказа / И.Р. Манукян, М.А. Басиева, Е.С. Мирошникова, В.И. Гасиев, Т.С. Абиева // *Нива Поволжья*. – 2020. – № 2(55). – С. 22-27.
204. Мартынов, С.П. Оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур / С.П. Мартынов // *Сельскохозяйственная биология*. – 1989. – № 3. – С. 124-128.
205. Мартынов, С.П. Статистический и биометрико-генетический анализ в растениеводстве и селекции / С.П. Мартынов // *Пакет программ AGROS версия 2.09: руководство пользователя*. – Тверь, 1999. – 90 с.
206. Маслова, Т.Г. Функции каротиноидов в листьях высших растений (обзор) / Т.Г. Маслова, Е.Ф. Марковская, Н.Н. Слемнев // *Журнал общей биологии*. – 2020. – Т. 81. – № 4. – С. 297-310.

207. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур – М.: Агропромиздат, 1989. – Вып. 2. – 197 с.
208. Михня, Н.И. Изменчивость и наследование некоторых количественных признаков у томата / Н.И. Михня, В.Г. Грати, Г.А. Лупашку, С.В. Григорча // Селекция и семеноводство овощных культур. – 2014. – № 45. – С. 412-420.
209. Мокрянская, Т.И. Характер проявления гетерозиса – надежный индикатор высокой специфической комбинационной способности у огурца пчелоопыляемого типа / Т.И. Мокрянская, В.Ф. Гороховский // Овощи России. – 2021. – № 3. – С. 76-83.
210. Набиев, С.М. Морфофизиологические защитные реакции хлопчатника к водному стрессу / С.М. Набиев, Ш.А. Хамдуллаев, Х.Х. Матниязова, Р.М. Усманов // Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений: V международная научно-методологическая конференция. Т. 1. – М.: Российский университет дружбы народов, 2019. – С. 85-90.
211. Некрасов, Е.И. Водоудерживающая способность сортов озимой пшеницы при различных условиях выращивания / Е.И. Некрасов, Е.В. Ионова // Таврический вестник аграрной науки. – 2020. – № 3(23). – С. 122-130.
212. Ненько, Н.И. Физиолого-биохимические критерии устойчивости яблони к абиотическим стрессам летнего периода / Н.И. Ненько, Г.К. Киселева, Е.В. Ульяновская, Е.К. Яблонская, А.В. Караваева // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54. – № 1. – С. 158-168.
213. Никитин, И.А. Анализ применения зерна сорго и продуктов его переработки в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / И.А. Никитин, А.Ю. Свечников, А.Д. Зоц, А.Д. Алфимова, Д.А. Татраев, М.О. Мириев // Технические науки – от теории к практике. – 2016. – № 12(30). – С. 123-129.
214. Николаев, П.Н. Адаптивность урожайности ярового овса в условиях Омского Прииртышья / П.Н. Николаев, Н.И. Аниськов, О.А. Юсова, И.В. Сафонова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2018. – № 179(4). – С. 28-38.



215. Николаев, П.Н. Особенности формирования урожайности овса в условиях южной лесостепи Омского региона / П.Н. Николаев, О.А. Юсова, Т.И. Кравцова, И.В. Сафонова, Н.И. Аниськов // Аграрная Россия. – 2020. – № 8. – С. 25-30.
216. Ниязмухамедова, М.Б. Физиолого-биохимические показатели и продуктивность пшеницы в условиях богары / М.Б. Ниязмухамедова, Б.Н. Сатторов. – Душанбе: Дониш, 2022. – 105 с.
217. Новикова, Н.Е. Проблемы засухоустойчивости растений в аспекте селекции гороха / Н.Е. Новикова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 1. – С. 53-58.
218. Олейник, А.А. Наследование продуктивности главного колоса у межсортовых гибридов озимой мягкой пшеницы / А.А. Олейник // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 80(06). – С. 285-304.
219. Орлянский, Н.А. Изучение адаптивности материнских форм гибридов кукурузы / Н.А. Орлянский, Н.А. Орлянская, А.Г. Горбачева, И.А. Ветошкина // Сахарная свекла. – 2021. – № 5. – С. 35-40.
220. Орлянский, Н.А. Оценка адаптивности раннеспелых (ФАО 140-170) зерновых гибридов кукурузы в экологическом испытании / Н.А. Орлянский, Н.А. Орлянская, Д.С. Чеботарев // Вестник аграрной науки. – 2022. – №5(98). – С. 119-126.
221. Павловская, Н.Е. Влияние химических и биологических препаратов на содержание влаги и сахаров в листьях озимой пшеницы / Н.Е. Павловская, К.Ю. Зубарева, Е.Г. Прудникова, Н.Ю. Агеева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 3(43). – С.84-93.
222. Пакудин, В.З. Оценка экологической пластичности сортов / В.З. Пакудин // Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью математико-статистических методов. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1979. – С. 40-44.

223. Пакудин, В.З. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур / В.З. Пакудин, Л.М. Лопатина // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – № 4. – С. 109-113.
224. Пакуль, В.Н. Засухоустойчивость сортов яровой мягкой пшеницы / В.Н. Пакуль, Л.Г. Плиско // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 12(78). – Ч. 2. – С. 49-52.
225. Панкина, И.А. Изучение набухания семян зернобобовых культур / И.А. Панкина, Л.М. Борисова // «Современные тенденции развития аграрного комплекса»: I Международная научно-практическая интернет-конференция. – Солёное Займище: ФГБНУ ПНИИАЗ, 2016. – С. 746-748.
226. Панфилова, О.В. Физиологические особенности адаптивности сортов и отборных форм смородины красной к засухе и повышенным температурам / О.В. Панфилова, О.Д. Голяева // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – № 5. – Т. 52. – С. 1056-1064.
227. Парфенова, Е.С. Оценка относительной засухоустойчивости сортов озимой ржи способом проращивания на растворе сахарозы / Е.С. Парфенова, М.Г. Шамова, Н.А. Набатова, Е.А. Псарева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 11. – С.347-351.
228. Патурицкий, А.В. Физиологическая оценка засухоустойчивости и потенциальной продуктивности селекционного материала зерновых культур / А.В. Патурицкий, Н.С. Козулина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета исследований. – 2003. – № 4. – С. 151-156.
229. Паушева, З.П. Практикум по цитологии растений / З.П. Паушева. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
230. Петров, Г.Л. Изменчивость и наследование элементов продуктивности у гибридов овса в условиях Северного Зауралья / Л.Г. Петров, М.Н. Фомина, Н.Г. Малышкина, Е.Ю. Петрова // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 2. – С. 32-37.
231. Полевой, А.Н. Моделирование развития зерновых культур на ранних этапах онтогенеза и формирования всходов / А.Н. Полевой, В.В. Сеницына //

- Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2013. – Т. 25. – С. 265-288.
232. Полонский, В.И. О разнокачественности семян пшеницы по способности к набуханию и прорастанию в растворах осмотика / В.И. Полонский, И.В. Грибовская, Э.К. Волкова // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – №5. – С. 63-67.
233. Поползухин, П.В. Оценка продуктивности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя в условиях Сибирского Прииртышья / П.В. Поползухин, П.Н. Николаев, Н.И. Аниськов, О.А. Юсова, И.В. Сафонова // Земледелие. – 2018. – № 3. – С. 40-43.
234. Потанин, В.Г. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений / В.Г. Потанин, А.Ф. Алейников, П.И. Степочкин // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18. – № 3. – С. 548-552.
235. Пухальский, В.А. Проблемы генетической теории селекции растений / В.А. Пухальский // Вестник ВОГиС. – 2005. – Т. 9. – №3. – С. 306-316.
236. Ракина, М.С. Экологическая пластичность образцов сои из мирового генофонда коллекции ВИР по основным показателям качества семян / М.С. Ракина // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 2. – С. 12-14.
237. Родина, Т.В. Физиологические особенности сортообразцов чумизы (*Setaria italica*) в условиях осмотического стресса в селекции на повышение засухоустойчивости / Т.В. Родина, А.Н. Асташов, О.В. Киреева, Н.Р. Тамбовцева // «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: III Международная научно-практическая конференция ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». – Саратов: Амирит, 2023. – 153-162.
238. Родина, Т.В. Оценка засухоустойчивости сортов пайзы / Т.В. Родина, А.З. Багдалова, О.П. Кибальник, К.А. Пронудин // «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса»: Международная

научно-практическая конференция. – Солёное Займище: Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, 2021. – С. 380-383.

239. Рыбась, И.А. Оценка параметров экологической пластичности и стабильности сортов озимой мягкой пшеницы / И.А. Рыбась // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 6(124). – С. 26-29.

240. Рыбась, И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур / И.А. Рыбась // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – № 5. – С. 617-626.

241. Савченко, В.К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях / В.К. Савченко. – Минск, 1984. – С. 51-68.

242. Сазонова, И.А. Фракционный состав белковых полимеров в зерне различных генотипов сорго / И.А. Сазонова, В.В. Бычкова, А.В. Ерохина, Ю.В. Бочкарева // Journal of Agriculture and Environment. – 2022. – №3(23).

243. Самсонова, Н.Е. Влияние соединений кремния и сложного NPK-удобрения на водный режим листьев и урожайность яровой пшеницы / Н.Е. Самсонова, З.Ф. Зайцева, М.В. Капустина, Н.А. Антонова // Агрехимия. – 2014. – № 9. – С. 58-66.

244. Сапега, В.А. Оценка сортов ярового ячменя по урожайности, экологической пластичности и адаптивности/ В.А. Сапега // Аграрная Россия. – 2018. – № 1. – С. 3-8.

245. Сарсенбаев, Б.А. Биотехнология получения биоэтанола из стеблей сорго сахарное (*Sorghum Saccharatum* (L.) Pers.) / Б.А. Сарсенбаев, Е.А. Киршибаев, М. Камунур, Г.А. Байсеитова, Э.А. Сарыбаева, Н.К. Нокербекова // Биотехнология. Теория и практика. – 2013. – №. 3. – С. 61-64.

246. Седукова, Г.В. Питательная ценность зеленой массы сорго сахарного, сорго-суданкового гибрида, суданской травы в юго-восточной части Беларуси / Г.В. Седукова, Н.В. Кристова, С.Л. Подоляк // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. – № 58. – С. 249-255.

247. Серебrenикова, Е.С. Качество муки из зерна сорго и реологические свойства теста из смеси пшеничной и сорговой муки / Е. С. Серебrenикова, Л. В. Анисимова // Ползуновский вестник. – 2022. – №3. – С.71-79.
248. Слемнев, Н.Н. Содержание пигментов пластид у растений ключевых сообществ подтаежно-лесостепного пояса Западного Хэнтэя (Монголия) / Н.Н. Слемнев, Т.Г. Маслова, А. Алтанцоож, Ш. Цоож // «Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века»: Всероссийская научная конференция. – Петрозаводск, 2008. – Ч. 6. – С. 116-118.
249. Соболева, Г.В. Оценка гибридных популяций гороха по осмоустойчивости и создание на их основе перспективных в селекции на засухоустойчивость / Г.В. Соболева, А.А. Зеленев, А.Н. Соболева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4(36). – С. 18-23.
250. Соболева, Г.В. Использование физиологических методов в селекции гороха на засухоустойчивость / Г.В. Соболева, В.Н. Уваров // Земледелие. – 2015. – № 4. – С. 37-39.
251. Соредда, В. Використання гетерозису в селекції цукрового сорго / В. Соредда // Бюллетень інституту сільського господарства степової зони НААН України. – 2012. – № 3. – С. 136-138.
252. Сотченко, В.С. С-тип цитоплазматической мужской стерильности кукурузы / В.С. Сотченко, А.Г. Горбачев, Н.И. Косогорова // Доклады РАСХН. – 2007. – № 2. – С. 12-14.
253. Старчак, В.И. Оценка комбинационной способности сортообразцов зернового сорго по морфологическим признакам/ В.И. Старчак, Д.С. Семин // «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата»: Международная научно-практическая конференция. – Саратов, 2021. – С. 260-265.
254. Старчак, В.И. Изучение исходного материала для гетерозисной селекции зернового сорго / В.И. Старчак, Д.А. Степанченко. – М.: Русайнс, 2022. – 96 с.

255. Старчак, В.И. Оценка комбинационной способности зернового сорго в тестерных скрещиваниях / В.И. Старчак // Аграрные конференции. – 2017. – № 2. – С. 1-6.
256. Стрельченко, П.П. Идентификация мировых центров генетического разнообразия зернового сорго с использованием ДНК-маркеров риса / П.П. Стрельченко, О.И. Романова, А.В. Конарев, К. Окуно // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 3. – С.16-19.
257. Сурин, Н.А. Комплексная оценка селекционного материала в селекции ячменя на адаптивность в Восточносибирском регионе / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова, С.А. Герасимов // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – № 4(64). – С. 98-103.
258. Сухоруков, А.Ф. Адаптивный потенциал исходного материала озимой пшеницы в Среднем Поволжье / А.Ф. Сухоруков, А.А. Сухоруков // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 2. – С. 3-6.
259. Тарабрин, А.М. Оценка качества надземной биомассы суданской травы для селекции в условиях Нижнего Поволжья / А.М. Тарабрин, К.С. Кондаков, Е.А. Вертикова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 6. – С. 112-122.
260. Тетяников, Н.В. Анализ взаимодействия «генотип × среда» и оценка адаптивного потенциала ячменя в условиях Северного Зауралья / Н.В. Тетяников, Н.А. Боме // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021. – № 182(3). – С.63-73.
261. Тимошенкова, Т.А. Водный режим листового аппарата *Triticum durum* как показатель при селекции на засухоустойчивость / Т.А. Тимошенкова // известия оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – №. 5(103). – С. 38-45.
262. Тороп, А.А. Влияние типов цитоплазматической мужской стерильности на свойства озимой ржи / А.А. Тороп, В.В. Чайкин, Р.З. Мамедов, И.А. Филатова // Аграрная наука. – 2014. – № 3. – С. 17-18.

263. Третьяков, Н.Н. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухова, Л.А. Паничкин и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
264. Турабеков, Ш. Корреляция между хозяйственно-ценными признаками у межлинейных гибридов хлопчатника *G. Hirsutum* L. / Ш. Турабеков, М.М. Эргашев, И.А. Абдулов, А.А. Бекмухамедов, А.К. Рахимов, Ш.А. Хамдуллаев, Ш.У. Бобохужаев // Научные исследования и разработки молодых ученых. – 2014. – № 1. – С. 10-14.
265. Турковская, О.В. Фиторемедиационный потенциал сорго веничного для очистки земель от углеводородов нефти и тяжелых металлов / О.В. Турковская, А.Ю. Муратова, Е.В. Дубровская, А.Д. Бондаренкова, Е.В. Любунь // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 12. – С. 50-54.
266. Удовенко, Г.В. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство) / под общ. редакцией Г.В. Удовенко. – Л.: ВИР, 1988. – 227 с.
267. Удовенко, Г.В. Методика диагностики устойчивости растений (засухо-, жаро-, соле- и морозоустойчивости) / Сост.: Г.В. Удовенко, Т.В. Олейникова Т.В., Н.Н. Кожушко и др. – Л., 1970. – 74 с.
268. Усатов, А.В. Получение гетерозисных гибридов на основе новых ЦМС линий подсолнечника / А.В. Усатов, М.А. Тихонова, В.А. Гаврилова, В.Т. Рожкова, Н.В. Маркин // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2010. – № 142-143. – С. 19-23.
269. Урбан, Э.П. Использование ЦМС Р и G-типов в селекции и семеноводстве гетерозисных гибридов F1 озимой ржи (*Secale Cereale* L.) / Э.П. Урбан, С.И. Гордей // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2013. – № 49. – С. 291-299.
270. Ушанов, С.В. Изучение динамики набухания семян фасоли сорта «Сакса» (*Phaseolus vulgaris* L.) / С.В. Ушанов, Е.З. Усубова // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. – 2011. – № 4. – С. 292-294.

271. Федулов, Ю.П. Влияние условий агротехники на содержание фотосинтетических пигментов в листьях озимой пшеницы / Ю.П. Федулов, И.И. Трубникова, А.В. Загорулько, В.В. Маймистров, Д.В. Терещенко, А.А. Новиков, С.Ю. Фаткина // Труды кубанского государственного аграрного университета. – 1999. – № 372. – С. 40.
272. Франковская, М.Т. Влияние разных типов ЦМС на продуктивность гибридов / М.Т. Франковская, Д.Ю. Папазов, Л.Г. Огняник // Кукуруза и сорго. – 1995. – № 3. – С. 4-5.
273. Хамдуллаев, Ш.А. Физиологические параметры водного обмена у растений хлопчатника с разной формой листа / Ш.А. Хамдуллаев, С.М. Набиев, М.Ф. Абзалов // Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений: V международная научно-методологическая конференция. Т. 1. – М.: Российский университет дружбы народов, 2019. – С. 338-344.
274. Хангильдин, В.В. Гомеостаз компонентов урожая зерна и предпосылки к созданию модели яровой пшеницы / В.В. Хангильдин // Генетический анализ количественных признаков растений. – Уфа: БФ АН СССР, 1979. – С. 5-39.
275. Хангильдин, В.В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях / В.В. Хангильдин, С.В. Бирюков // Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. – 1984. – № 1. – С. 67-76.
276. Харитонов, Е.М. Применение многомерных методов для разделения сортов риса по реакции на изменение условий среды / Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова, Н.А. Очкас, В.А. Шелег, С.В. Болянова // Сельскохозяйственная биология.– 2017. – Т. 52.– №1.– С. 152-160.
277. Хотылева, Л.В. Теоретические аспекты гетерозиса / Л.В. Хотылева, А.В. Кильчевский, М.Н. Шаптуренко // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20. – № 4. – С. 482-492.
278. Царев, А.П. Агробиологические основы выращивания и использования сорговых культур в Поволжье / А.П. Царев, Е.В. Морозов. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011 – 244 с.



279. Цаценко, Л.В. Пыльцевой анализ в селекции растений / Л.В. Цаценко, А.С. Синельникова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 77. – С. 38-48.
280. Цаценко, Л.В. Цитологический анализ в генетическом мониторинге / Л.В. Цаценко. – Краснодар: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», 2023. – 119 с.
281. Цветова, М.И. Анализ пыльцы сорго в эксперименте и исследовательской работе (Методические аспекты) / М.И. Цветова, А.Г. Ишин // «Научное обеспечение расширения посевов сорговых культур и кукурузы на зерно в засушливых районах Юго-Востока России и стран СНГ»: международная научно-практическая конференция. – Саратов, 2004. – С. 55-63.
282. Цыганова, О.П. Характеристика селекционно-ценных образцов зернового сорго и суданской травы по реакции на новые типы ЦМС-индуцирующих цитоплазм / О.П. Цыганова, Л.А. Эльконин, Т.Г. Хуснетдинова, А.Г. Ишин // «Научное обеспечение расширения посевов сорговых культур и кукурузы на зерно в засушливых районах Юго-Востока России и стран СНГ»: Международная научно-практическая конференция. – Саратов, 2004. – С. 38-44.
283. Чайкин, В.В. Результаты сравнительного изучения влияния ЦМС Р- и G-типов на биологические и хозяйственные признаки озимой ржи / В.В. Чайкин, Р.З. Мамедов, Е.А. Тороп, А.А. Тороп // Селекція і насінництво. – 2008. – № 96. – С. 98-105.
284. Чанышев, Д.И. Кластеризация коллекционных образцов тритикале для использования в селекции / Д.И. Чанышев, А.Ф. Олейников, И.Г. Гребенникова, А.Ф. Чешкова, П.И. Степочкин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 6. – С. 90-95.
285. Чесноков, Ю.В. Статистический анализ и молекулярные маркеры в селекции растений на гетерозис / Ю.В. Чесноков, Н.В. Кочерина, А.М. Артемьева // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – Т. 49. – № 1. – С. 3-16.

286. Чирков, Ю.И. Определение площади листьев расчетным методом / Ю.И. Чирков. – М., 1961. – С. 5-6.
287. Шакирзянова, М.С. Продуктивность и экологическая пластичность сортов гороха экологического сортоиспытания / М.С. Шакирзянова // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 12. – С. 28-30.
288. Шаптуренко, М.Н. Гетерозис: современные тенденции в изучении молекулярных механизмов / М.Н. Шаптуренко, Л.В. Хотылева // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20. – № 5. – С. 683-694.
289. Шилов, И.А. Усовершенствование метода идентификации генов устойчивости к пирикулярриозу риса PI-TA, PI-B / И.А. Шилов, О.С. Колобова, Ю.В. Анискина, Т.В. Шалаева, Н.С. Велишаева, П.Н. Костылев, Е.В. Дубина // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 8. – С. 45–48.
290. Шимкевич, А.М. Функциональное состояние фотосинтетического аппарата у аллоплазматических линий ячменя / А.М. Шимкевич, В.Н. Макаров, И.М. Голоенко, О.Г. Давыденко // Экологическая генетика. – 2006. – № 4(2). – С. 37-42.
291. Шукис, Е.Р. Новый сорт сорго Дуплет / Е.Р. Шукис, С.К. Шукис, S.A. Ignatiev // Зерновое хозяйство России. – 2011. – №2. – С. 12-14.
292. Шурхаева, К.Д. Изучение генофонда гороха посевного с применением кластерного анализа / К.Д. Шурхаева, А.Н. Фадеева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 1(33). – С. 16-23.
293. Щенникова, И.Н. Оценка коллекционных образцов ячменя на засухоустойчивость / И.Н. Щенникова, О.И. Бутакова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2009. – № 1(12). – С. 22-24.
294. Щенникова, И.Н. Комбинационная способность многорядных сортов ячменя / И.Н. Щенникова, Л.П. Кокина, О.И. Бутакова // Аграрная наука Северо-Востока. – 2010. – № 3(18). – С. 14-18.
295. Щербак, В.С. Возможности использования экзотических рас кукурузы стран Латинской Америки в качестве источников засухоустойчивости / В.С. Щербак // Селекция и генетики кукурузы. – Краснодар, 1987. – С. 63-72.

296. Эльконин, Л.А. Цитоплазматическая мужская стерильность у сорго / Л.А. Эльконин // «Научное обеспечение расширения посевов сорговых культур и кукурузы на зерно в засушливых районах Юго-Востока России и стран СНГ»: Международная научно-практическая конференция. – Саратов, 2004. – С. 12-38.
297. Эльконин, Л.А. Идентификация молекулярных маркеров, ассоциированных с геном-восстановителем ЦМС типа 9Е сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) / Л.А. Эльконин, А.В. Владимирова, С.Х. Сарсенова, В.М. Панин // Биомика. – 2022. – Т.14(3). – С. 182–191.
298. Эльконин, Л.А. Использование новых ЦМС-индуцирующих цитоплазм для создания скороспелых линий сорго с мужской стерильностью / Л.А. Эльконин, В.В. Кожемякин, А.Г. Ишин // Доклады РАСХН. – 1997. – № 2. – С. 7-9.
299. Эльконин, Л.А. Наследуемая активация генов-восстановителей фертильности стерильной цитоплазмы сорго типа «9Е» условиями выращивания растений / Л.А. Эльконин, В.В. Кожемякин, М.И. Цветова // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – №2. – С. 4-8.
300. Эльконин, Л.А. Спорофитный тип восстановления фертильности в ЦМС-индуцирующей цитоплазме сорго типа А3 и его модификация условиями влагообеспеченности растений / Л.А. Эльконин, В.В. Кожемякин, М.И. Цветова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019. – №23(4). – С. 412-421.
301. Эльконин, Л.А. Создание линий-восстановителей фертильности ЦМС типа 9Е сорго на основе фертильных ревертантов, индуцированных условиями внешней среды / Л.А. Эльконин, С.Х. Сарсенова // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – №5. – С. 20-24.
302. Юдина, В.Н. Наследование хозяйственно-ценных признаков гибридами F1 сорго сахарного / В.Н. Юдина, Л.Л. Болдырева, В.В. Бритвин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2021. – № 28(191). – С. 22-31.

303. Юсов, В.С. Комбинационная способность сортов яровой твердой пшеницы по прорастанию семян на растворах с повышенным осмотическим давлением / В.С. Юсов, М.Г. Евдокимов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. – № 11. – С. 18-21.
304. Юсов, В.С. Изменчивость комбинационной способности твердой пшеницы в зависимости от условий выращивания / В.С. Юсов, М.Г. Евдокимов, Б.М. Татина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – №2. – С. 451-454.
305. Юсова, О.А. Стрессоустойчивость сортов ячменя различного агроэкологического происхождения для условий резко континентального климата / О.А. Юсова, П.Н. Николаев, Я.Б. Бендина, И.В. Сафонова, Н.И. Аниськов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – № 181(4). – С. 44-55.
306. Юрина, Н.П. Сигнальные системы растений. Пластидные сигналы и их роль в экспрессии ядерных генов / Н.П. Юрина, М.С. Одинцова // Физиология растений. – 2007. – Т. 54. – № 4. – С. 485-498.
307. Якушевский, Е.С. Видовой состав сорго и его селекционное использование / Е.С. Якушевский // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1969. – Т. 41. – Вып. 2. – С. 148-178.
308. Якушевский, Е.С. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench* / Е.С. Якушевский, С.Г. Варадинов, В.А. Корнейчук, Л. Баняи. – Л., 1982. – 34 с.
309. Янченко, В.И. Использование засухоустойчивого генофонда твердой пшеницы в создании высокоадаптивных сортов сибирского экотипа / В.И. Янченко, М.В. Розова, В.М. Мельник // Вестник региональной сети по внедрению сортов и семеноводству. – 2004. – № 1-2(7-8). – С. 31-36.
310. Aboughadareh, A.P. Physiological responses to drought stress in wild relatives of wheat implication for wheat improvement/ A.P. Aboughadareh, A. Ahmadi, J. Mehrabi, A. Etminan, M. Moghaddam, K.H.M. Siddique // Acta Physiologiae Plantarum. – 2017. – V. 106. – P.97-106.

311. Abraha, T. Genetic Variation among Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Landraces from Eritrea under Post-Flowering Drought Stress Conditions / T. Abraha, S. Githiri, R. Kasili, W. Araia, A. Nyende // American Journal of Plant Sciences. – 2015. – V. 6. – P. 1410-1424.
312. Abreha, K.B. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress / K.B. Abreha, M. Enyew, A. Carlsson, R. Vertukuri, T. Feyissa, T. Motlhaodi, D. Ng'uini, M. Geleda // Planta. – 2022. – V. 255. – e. 20.
313. Ahmed, A.M. Composition of Physiocochemical Characteristics of Starch Isolated from Sweet and Grain Sorghum // A.M. Ahmed, C. Zhang, Q. Liu // Journal of Chemistry. – 2016. – V. 2. – P. 1-15.
314. Akata, E.A. Combining ability and heterotic pattern in West African Sorghum Landraces / E.A. Akata, C. Diatta, J.M. Faye, A. Diop, F. Maina, B. Sine, W. Tchala, I. Ndoye, G.P. Morris, N. Cisse // African Crop Science Journal. – 2017. – V. 25. – N. 4. – P. 491-508.
315. Akman, H. Physio-morphological, Biochemical, and Anatomical Traits of Drought tolerant and Susceptible Sorghum Cultivars under Pre- and Post anthesis Drought / H. Akman, C. Zhang, G. Ejeta // Physiologia Plantarum. – 2021. – V. 172. – P. 912-921.
316. Akula, U.V. Influence of type of sterile cytoplasm on the resistance to sorghum shoot fly / U.V. Akula, P.G. Poluru, A.K. Jangam, P.V. Jagannath // Plant Breeding. – 2012. – V. 131(1). – P. 94-99.
317. Ali, M.A. Morpho-physiological criteria for tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor*) at seedling and post-anthesis stages / M.A. Ali, A. Abbas, S. Niaz, M. Zulkiffal, S. Ali // International Journal of Agriculture & Biology. – 2009. – V. 11. – P. 674-680.
318. Almodares, A. Stalk yield and carbohydrate from sweet sorghum: a review / A. Almodares, M.R. Hadi // AJAR. – 2009. – V. 4(9). – P. 772-780.

319. Alsina, I. Comparison of different chlorophylls determination methods for leafy vegetables / I. Alsina, M. Düma, L. Dubova, A. Šenberga, S. Daģis // *Agronomy Research*. – 2016. – V. 14(2). – P. 309-316.
320. Amelework, B. Physiological mechanisms of drought tolerance in sorghum, genetic basis and breeding methods: a review / B. Amelework, H. Shimelis, P. Tongoona, M. Laing // *African Journal Agricultural Research*. – 2015. – V. 10(31). – P. 3029-3040.
321. Amelework, B. Genetic variation in sorghum as revealed by phenotypic and SSR markers: implication for combining ability and heterosis for grain yield / B. Amelework, H. Shimelis, M. Laing // *Plant Genetic Resource*. – 2016. – V. 1(4). – P.1-13.
322. Amiribehzadi, A. Estimation of heterosis in diverse cytoplasmic male sterile sources of Pearl millet {*Pennisetum glaucum* (L) Br. R} / A. Amiribehzadi, C.T. Satyavathi, S.P. Singh, C. Bharadwaj, M.P. Singh // *Annual Agriculture Research New Series*. – 2012. – V. 33(4). – P. 220-227.
323. Anglani, C. Sorghum for human food – A review / C. Anglani // *Plant Foods for Human Nutrition*. – 1998. – V. 52. –P. 85-95.
324. Aruna, C. Fodder yield and quality in forage sorghum: scope for improvement though diverse male sterile cytoplasm / C. Aruna, P.K. Shrotria, S.K. Pahuja, A.V. Umakanth, B.V. Bhat, A.V. Devender, J.V. Patil // *Crop & Pasture Science*. – 2013. – V. 63(12). – P. 1114-1123.
325. Asadi, M. Response of sorghum genotypes to water deficit stress under different CO<sub>2</sub> and nitrogen levels / M. Asadi, H.R. Eshghizadeh // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2021. – V. 158. – P. 256-264.
326. Assefa, Y. Grain sorghum water requirement and responses to drought stress: A review / Y. Assefa, S.A. Staggenborg, V.P.V. Prasad // *Crop Management*. – 2010. – V. 9. – Is. 1. – P. 1-11.
327. Azarinasrabad, A. Evaluation of Water Stress on Yield, Its Components and Some Physiological Traits at Different Growth Stages in Grain Sorghum Genotypes

- / A. Azarinasrabad, S.M. Mousavinik, M. Galavi, S.A. Beheshti, A. Sirousmehr // *Notulae Scientia Biologicae*. – 2016. – V. 8(2). – P. 204-210.
328. Badi, S. The nutritive value of new and traditional sorghum and millet foods from Sudan / S. Badi, B. Pedersen, L. Monowar, B.O. Eggum // *Plant Foods for Human Nutrition*. – 1990. – V. 40. – P. 5-19.
329. Badigannavar, A. Physiological, genetic and molecular basis of drought resilience in Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] / A. Badigannavar, N. Teme, A.C. Olivera, G. Li, M. Vaksman, V.E. Viana, T.R. Ganapathi, F. Sarsu // *Indian Journal of Plant Physiology*. – 2018. – V. 23. – P. 670-688.
330. Bahadure, D.M. Exploitation of heterosis for bioethanol production in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Hybrids / D.M. Bahadure, M.S. Marker, A.V. Umakanth, J.V. Patil, G.J. Synerem // *The Biosan*. – 2014. – V. 9(4). – P.1641-1646.
331. Bakheit, B.R. Variability and Correlations in Grain Sorghum Genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench) Under Drought Conditions at Different stages of Growth / B.R. Bakheit // *Journal of Agronomy and Crop Sciences*. – 1990. – V. 164. – Is. 5. – P. 355-360.
332. Barkan, A. A combinatorial amino acid code for RNA recognition by pentapeptide repeat proteins / A. Barkan, M. Rojas, S. Fujii, A. Yap, Y.S. Chong, C.S. Bond, I. Small // *PLoS Genet*. – 2012. – V.8. – e. 1002910.
333. Behera, P.P. Sorghum Physiology and Adaptation to Abiotic Stresses / P.P. Behera, N. Saharia, N. Borah, S.H. Devi, R.N. Sarma // *International Journal of Environment and Climate Change*. – 2022. – V. 12(10). – P. 1005-1022.
334. Belum, V.S. Combining ability and heterosis as influenced by male-sterility inducing cytoplasm in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] / V.S. Belum, B.V. Reddy, S. Ramesh, P.S. Reddy, B. Ramesh // *Euphytica*. – 2007. – V. 154 (1-2). – P. 153-164.
335. Bennett, A.S. Production, transportation and milling costs of sweet sorghum as a feedstock for centralized bioethanol production in the upper Midwest / A.S. Bennett, R.P. Anex // *Bioresource technology*. – 2009. – V. 100(4). – P. 1595-1607.

336. Bentolila, S. A pentatricopeptide repeat-containing gene restores fertility to cytoplasmic male-sterile plants / S. Bentolila, A.A. Alfonso, M.R. Hanson // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2002. – N 16. – P. 10887-10892.
337. Bhagavatula, S. Sorghum and Millet Economies in Asia – Facts, Trends and Outlook / S. Bhagavatula, R.P. Parthasarathy, G. Basavaraj, N. Nagaraj. – Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 2013. – 80 p.
338. Bibi, A. Screening of Sorghum (*Sorghum bicolor* Var Moench) for drought tolerance at seedling stage in polyethylene glycol / A. Bibi, M.H.N. Tahir, H.M. Akram // The Journal of Animal & Plant Sciences. – 2012. – V. 22(3). – P. 671-678.
339. Blanco, N.E. Interaction between plastid and mitochondrial retrograde signaling pathways during changes to plastid redox status / N.E. Blanco, M. Guinea-Díaz, J. Whelan, A. Strand // Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. – 2014. – V. 369. – P.1640.
340. Blum, A. The comparative drought resistance of landraces of sorghum and millet from dry and humid region/ A. Blum, C.Y. Sullivan // Annals of Botany. – 1986. – V. 57. – P. 835-846.
341. Bollivar, D.W. Recent advances in chlorophyll biosynthesis / D.W. Bollivar // Photosynth. Research. – 2006. – V. 89. – N.3. – P. 1-22.
342. Brown, G.G. The radish *Rfo* restorer gene of *Ogura* cytoplasmic male sterility encodes a protein with multiple pentatricopeptide repeats / G.G. Brown, N. Formanova, H. Jin, R. Wargachuk, C. Dendy, P. Patil, M. Laforest, J. Zhang, W.Y. Cheung, B.S. Landry // Plant Journal. – 2003. – V. 35. –P. 262-272.
343. Butow, R.A. Mitochondrial Signaling: The Retrograde Response / R.A. Butow, N.G. Avadhani // Molecular cell. – 2004. – V. 14. – Is. 1. – P. 1-15.
344. Bychkova, V.V. Parameters affecting photosynthetic activity of F1 grain sorghum hybrids obtained in different types or sterile cytoplasms / V.V. Bychkova, L.A. Elkonin, O.P. Kibalnik // XXII EUCARPIA Maize and Sorghum Conference. – Opatija, 2011. – P. 79.



345. Campbell, L.G. Cultivar  $\times$  Environment Interactions in Soft Red Winter Wheat Yield Tests / L.G. Campbell, H.N. Lafever // Crop Science. – 1977. – V. 17(4). – P. 604-608.
346. Chadalavada, K. Sorghum mitigates climate variability and change on crop yield and quality / K. Chadalavada, Kumari B.D.R., Kumar T.S. // Planta. – 2021. – V. 253. – e. 113.
347. Chakrabarty, S.K. Influence of cyto-sterility source of female line on seed quality of Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern & Cross.) in relation to storage period / S.K. Chakrabarty, A. Maity, J.V. Yadav // Plant Breeding. – 2015. – V. 134(3). – P. 333-337.
348. Chandra-Shekara, A.C. Effect of cytoplasm and cytoplasm-nuclear interaction on combining ability and heterosis for agronomic traits in pearl millet {*Pennisetum glaucum* (L) Br.R.}/ A.C. Chandra-Shekara, B.M. Prasanna, B.B. Singh, K.V. Unnikrishan, A. Seetharam // Euphytica. – 2007. – V. 153. – P. 15-26.
349. Chang, C. Variations in chlorosis and potential usefulness of alloplasmic *Brassica rapa* with the cytoplasm of male sterile *Brassica juncea* / C. Chang, D. Sun, K. Hondo, F. Kakihara // Plant Breeding. – 2014. – V. 133(5). – P. 620-623.
350. Chamola, R. Effect of alien cytoplasm and fertility restorer genes on agronomic and physiological traits of *Brassica Juncea* (L.) Czern / R. Chamola, H.S. Balyan, S.R. Bhat // Plant Breeding. – 2013. – V. 132(6). – P. 681-687.
351. Chase, C.D. Cytoplasmic male sterility a window to the world of plant mitochondrial-nuclear interactions / C.D. Chase // Trend in Genetics. – 2007. – V. 23. – Is. 2. – P. 81-90.
352. Chase, C. Cytoplasmic male sterility and fertility restoration by nuclear genes / C. Chase, S. Babay-Laughnan // In Molecular Biology and Biotechnology of Plant Organelles (Eds. H. Daniel, C. Chase). – Dordrecht, notherland: Kluwer Academic Publ., 2004. – P. 593-622.

353. Chaves, M.M. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell / M.M. Chaves, J. Flexas, C. Pinheiro // *Annals of Botany*. – 2009.–V. 103.–P. 551-560.
354. Che, P. Developing a flexible, high-efficiency *Agrobacterium* – mediated sorghum transformation system with broad application / P. Che, A. Anand, E. Wu, J.D. Sander, M.K. Simon, W. Zhu, A.L. Sigmund, G. Zastrow-Hayes, M. Miller, D. Liu, S.J. Lawit, Z.-Y. Zhao, M.C. Albertsen, T.J. Jones // *Plant Biotechnology Journal*. – 2018. – V. 16.– P.1388-1395.
355. Chen, L. Male Sterility and Fertility Restoration in Crops / L. Chen, Y.-G. Liu // *Annual Review of Plant Biology*. – 2014. – V. 65. – P. 579-606.
356. Chi, W. Intracellular Signaling from Plastid to Nucleus / W. Chi, X. Sun, L. Zhang // *Annual Review of Plant Biology*. – 2013. – V. 64. – P. 559-582.
357. Chikuta, S. Combining Ability and Heterosis of Selected Grain and forage Dual Purpose Sorghum Genotypes / S. Chikuta, T. Odong, F. Kabr, P. Rubaihayo // *Journal of Agricultural Science*. – 2017. – V. 9. – N 2. – P.122-130.
358. Choudhari, A.K. Exploitation of heterosis using diverse cytoplasm based male sterile lines in Rabi Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) / A.K. Choudhari, A.W. More, H.V. Kalpande, D.B. Deosarkar // *The Bioscan*. – 2016. – V. 11(2). – P. 971-975.
359. Ciampitti, I.A. Sorghum: A state of the Art and Future Perspectives / I.A. Ciampitti, P.V.V. Prasad. – John Wiley and Sons Publ., 2019. – V. 58. – 514 p.
360. Clifton, S.W. Sequence and comparative analysis of the maize NB mitochondrial genome / S.W. Clifton, P. Minx, C.M. Fauron, M. Gibson, J.O. Allen, H. Sun, M. Thompson, W.B. Barbazuk, S. Kanuganti, C. Tayloe, L. Meyer, R.K. Wilson, K.J. Newton // *Plant Physiology*. – 2004. – V. 136(3). – P. 3486-3506.
361. Dahan, J. The Rf and Rf-like PPR higher plants, a fast-evolving subclass of PPR genes / J. Dahan, H. Mireau // *RNA Biology*. – 2013. – V. 10. – P. 1469–1476.
362. Dahlberg, J.A. Evaluation of sorghum germplasm used in US breeding programmes sources of sugary disease resistance / J.A. Dahlberg, R. Bandyopadhyay,

- W.L. Rooney, G.N. Odvody, P. Maddera-Torres // *Plant Pathology*. – 2001. – V. 50(6). – P. 681-689.
363. Dandin, R. Inheritance pattern of fertility restoration on *Maldandi* cytoplasm in rabi sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench / R. Dandin, B. Biradar, Pattanashetti // *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*. – 2014. – V. 27(4). – P. 522-523.
364. Deb, U.K. Impact of improved sorghum cultivars on genetic diversity and yield stability / U.K. Deb, M.C.S. Bantilan, B.V.S. Reddy, P.J. Bramel, R.N. Kameswara // In *Sorghum genetic enhancement: research process, dissemination and impacts* (Eds. M.C.S. Bantilan, U.K. Deb, C.L.L. Gowda, B.V.S. Reddy, A.B. Obilana, R.E. Evenson). – Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 2004. – P. 225-234.
365. Delorme, V. Cytoplasmic-nuclear male sterility in pearl millet: comparative RFLP and transcript analyses of isonuclear male-sterile lines / V. Delorme, C.L. Keen, K.N. Rai, C.J. Leaver // *Theoretical and Applied Genetics*. – 1997. – V. 95. – N.5. – P. 961-968.
366. Devnarain, N. Physiological responses of selected African sorghum landraces to progressive water stress and re-watering / N. Devnarain, B.G. Crampton, R. Chikwamba, J.V.W. Becker, M.M. O’Kennedy // *South African Journal of Botany*. – 2016. – V. 103. – P. 61-69.
367. Dhillon, H.C. Agronomic Characteristics of Different Cytoplasmic Male-Sterility Systems and their Reaction to Sorghum Shoot Fly, *Atherigona soccata* / M.K. Dhillon, H.C. Sharma, B.V.S. Reddy // *SAT*. – 2005a. – V. 1(1). – P. 1-4.
368. Dhillon, M.K. Relative susceptibility of different male sterile cytoplasm in sorghum to Shoot Fly, *Atherigona soccata* / M.K. Dhillon, H.C. Sharma, B.V.S. Reddy, R. Singh, J.S. Naresh, K. Zhu // *Euphytica*. – 2005b. – V. 144. – P. 275-283.
369. Dhillon, M.K. Implication of cytoplasmic male-sterility systems for development and deployment of pest resistant hybrids in cereals / M.K. Dhillon, H.C. Sharma, C.M. Smith // *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. – 2008. – V. 3. – N 068. – P. 1-16.

370. Djanaguiraman, M. Sensitivity of sorghum pollen and pistil to high-temperature stress / M. Djanaguiraman, R. Perumal, S.V.K. Jagadish, I.A. Ciampitti, R. Welti, P.V.V. Prasad // *Plant, Cell & Environment*. – 2017. – V. 41. – Is. 5. – P. 1065-1082.
371. Durães, N.N.L. Heterosis for ethanol Yield and Yield Components in Sweet Sorghum / N.N.L. Durães, J.A.R. Nunes, A.T. Bruzi, G.M.R. Lombardi, T.G. Fagundes, N.N.L.D. Parrella, R. Schaffert, R. Parrella // *Sugar Tech*. – 2021. – V. 23. – P. 360-368.
372. Duressa, D. Identification of variant  $\alpha$ -kafirin alleles associated with protein digestibility in grain sorghum/ D. Duressa, S. Bean, P.St. Amand, T. Tesso // *Crop Science*. – 2020. – V. 60. – Is. 5. – P. 2467-2478.
373. Durga, K.K. Influence of cytoplasm on the occurrence of leaf blight (*exserohilum turcicum* (pass.)) In sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench / K.K. Durga, B.V.S. Reddy, M.S.S. Reddy, M. Ganesh // *Indian Journal of Agriculture Research*. – 2008. – V. 42(2). – P. 97-101
374. Eberhart, S.A. Stability parameters for comparing varieties/ S.A. Eberhart, W.A. Russel // *Crop Science*. – 1966. – V. 6. – N 1. – P. 36-40.
375. Eckhardt, N.A. Cytoplasmic Male Sterility and Fertility Restoration / N.A. Eckhardt // *The Plant Cell*. – 2006. – V. 18. – Is. 3. – P. 515-517.
376. Eckhardt, U. Recent advances in chlorophyll biosynthesis and breakdown in higher plants / U. Eckhardt, B. Grimm, S. Hörtensteiner // *Plant Molecular Biology* – 2004. – V. 56. – N.1. – P.1-14.
377. Ekiz, N. Cytoplasmic effects on quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) / N. Ekiz, K.A. Safi, A. Akcin, L. Simsek // *Euphytica*. – 1998. – V. 100. – Is. 1-3. – P. 189-196.
378. Elkonin, L.A. Environmental effect on expression of A3 type CMS of sorghum / L.A. Elkonin, G.A. Gerashchenkov, M.I. Tsvetova, S.Kh. Sarsenova, N.A. Rozhnova // *The International Journal of Plant Reproductive biology*. – 2019. – V. 11. – N 2. – P. 139-144.

379. Elkonin, L.A. Comparative analysis of restoration of male-fertility on the cytoplasmic male-sterile (CMS)-inducing cytoplasms A3 and M-35-1 / L.A. Elkonin, V.V. Kozhemyakin // *International Sorghum and Millet Newsletter*. – 1999. – N 38. – P. 29-30.
380. Elkonin, L.A. Nuclear-cytoplasmic interactions in fertility restoration in sorghum: alternative CMS-inducing cytoplasms / L.A. Elkonin, V.V. Kozhemyakin, A.G. Ishin // *International Sorghum and Millet Newsletter*. – 1995. – V. 36. – P. 75-76.
381. Elkonin, L.A. Comparative Analysis of Restoration of Male-Sterile (CMS)-Inducing Cytoplasms A3 and M35-1 / L.A. Elkonin, V.V. Kozhemyakin, A.G. Ishin // *International Sorghum and Millet Newsletter*. – 1997. – V. 38. – P. 29-30.
382. Elkonin, L. Nuclear-cytoplasmic interactions in restoration of male fertility in the '9E' and A4 CMS-inducing cytoplasms of sorghum / L. Elkonin, V. Kozhemyakin, A. Ishin // *Theoretical and Applied Genetics*. – 1998. – V. 97. – P. 626-632.
383. Elkonin, L.A. Influence of water availability on fertility restoration of CMS-lines with the 'M35', A4 and '9E' CMS-Inducing cytoplasms of sorghum // L.A. Elkonin, V.V. Kozhemyakin, A.G. Ishin // *Plant Breeding*. – 2005. – T. 124. – № 6. – C. 565-571.
384. Elkonin, L.A. Epigenetic regulation of cytoplasmic male sterility in sorghum / L.A. Elkonin, V.V. Kozhemyakin, G.A. Gerashchenkov, N.A. Rozhnova, V.M. Panin // *The International Journal of Plant Reproductive Biology*. – 2018. – V 2. – P. 109-118.
385. Elkonin, L.A. Genetic and epigenetic regulation of male fertility restoration in the '9E', A4 and 'M35' CMS-inducing cytoplasms of sorghum / L.A. Elkonin, V.V. Kozhemyakin, O.P. Kibalnik // *Acta Agronomy Hungarica*. – 2006. – V. 54. – P. 281-289.
386. Elkonin, L.A. Regulation of Pollen Fertility in the '9E'-CMS-Inducing Cytoplasm of Sorghum: Interaction of Plant Genotype with Environment//*Pollen: Structure, Types and Effects* (ed. B.J. Kaiser)/L.A. Elkonin, M.I. Tsvetova, V.V. Kozhemyakin and O.P. Kibalnik // Nova Science Publishers Inc. New York. 2010. – P.

157-179.

387. Elkonin, L.A. Heritable effect of plant water availability conditions on restoration of male fertility in the “9E” CMS-inducing cytoplasm of sorghum / L.A. Elkonin, M.I. Tsvetova // *Frontiers in Plant Genetics and Genomics*. – 2012. – V.3. – P. 91.
388. Emendack, Y. Agro-morphological characterization of diverse sorghum lines for pre- and post-flowering drought tolerance / Y. Emendack, J. Burke, J. Sanchez, H.E. Laza, C. Hayes // *Australian Journal of Crop Science*. – 2018. – V. 12(01). – P. 135-150.
389. Fan, Z.G. Influence of temperature on sterility of 2 cytoplasmic male-sterility systems in rape (*Brassica napus* L.) / Z.G. Fan, B.R. Stefansson // *Canadian Journal Plant Science*. – 1986. – V. 66. – P. 221-227.
390. Farooq, M. Plant drought stress: effect, mechanisms and management / M. Farooq, A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, S.M.A. Basra // *Agronomy for Sustainable Development*. – 2009. – V. 29. – P. 185-212.
391. Fasahat, P. Principles and Utilization of Combining Ability in Plant Breeding / P. Fasahat, A. Rajabi, J.M. Rad, J. Derera // *Biometrics & Biostatistics International Journal*. – 2016. – V. 4(1). – P. 1-24.
392. Feng, B. Effect of heat stress on the photosynthetic characteristics in flag leaves at the grain-filling stage of different heat-resistant's winter wheat varieties / B. Feng, P. Liu, G. Li, S.T. Dong, F.H. Wang, L.A. Kong, J.W. Zhang // *Agronomy and Crop Science*. – 2014. – V. 200. – P. 143-155.
393. Fernandez, G.C.J. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress Tolerance / G.C.J. Fernandez // *Asian Vegetable Research and development Centre*. – Taiwan, 1992. – P. 257-270.
394. Fisher, R.A. Drought resistance in spring wheat cultivar. I. Grain yield response / R.A. Fisher, R. Maurer // *Australian Journal Agriculture Research*. – 1978. – V. 29. – N. 4. – P. 897-912.
395. Fujii, S. Retrograde regulation of nuclear gene expression in CW-CMS of rice

/ S. Fujii, S. Komatsu, K. Toriyama // Plant Molecular Biology. – 2007. – V. 63. – P. 405-417.

396. Fujii, S. Genome Barriers between Nuclei and Mitochondria Exemplified by Cytoplasmic Male Sterility / S. Fujii, K. Toriyama // Plant Cell Physiology. – 2008. – V. 49. – N 10. – P. 1484-1494.

397. Frankel, R. Chloroplast DNA Variation in Isonuclear Male-Sterile Lines of Nicotiana / R. Frankel, W.R. Scowcroft, P.R. Whitfeld // Molecular Gen. Genet. – 1979. – V. 169. – P. 129-135.

398. Gabay-Laughnan, S. Characterization of a novel thermo-sensitive restorer of fertility for cytoplasmic male sterility in maize/ S. Gabay-Laughnan, E.V. Kuzmin, J. Monroe, L. Roark, K.J. Newton // Genetics. – 2009. – V. 182. – P. 91-103.

399. Galicia-Juárez, M. Identification of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Genotypes with Potential for Hydric and Heat Stress Tolerance in Northeastern Mexico / M. Galicia-Juárez, F. Zavala-García, S.R. Sinagawa-García, A. Gutiérrez-Diez, H. Williams-Alanis, M.E. Cisneros-López, R.E. Valle-Gough // Planta. – 2021. – V. 10. – e. 2265.

400. Gano, B. Adaptation Responses to Early Drought Stress of West Africa Sorghum Varieties / B. Gano, J.S.B. Dembele, T.K. Tovignan, B. Sine, V. Vadez, D. Diouf, A. Audebert // Agronomy. – 2021. – V. 11. – e. 443.

401. Gaware, U.P. Growth Instability of Sorghum in Western Maharashtra Region / U.P. Gaware, N. V. Shende, P.N. Walke, K.D. Parvekar // International journal of Horticulture, Agriculture and Food science. – 2017. –V. 1(1).

402. Gill, P.K. Effect of various abiotic stresses of the growth, soluble sugars and water relations of sorghum seedlings grown in light and darkness // P.K. Gill, A.D. Sharma, P. Singht, S.S. Bhullar // Bulgary Journal of Plant Physiology. – 2001. – V. 27(1-2). – P. 72-84.

403. Girma, M. Combining Ability for Yield and its Components in Ethiopian Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Landraces / M. Girma, A. Amsalu, B. Ketema // East African Journal of Sciences. – 2010. – V. 4(1). – P. 34-40.

404. Golubinova, I. Effect of drought stress in genotypes *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] by using sucrose in laboratory condition / I. Golubinova // Bulgarian journal of Agricultural Science. – 2020. – V. 26. – N 1. – P. 61-69.
405. Golubinova, I. Temperature effect on seed imbibition in sorghum / I. Golubinova, R. Vasilevska-Ivanova // Доклади на Българската академия на науките Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences. – 2008. – Т. 61. – N 11. – P. 1491-1496.
406. Goyal, M. Genetic variance and predicted response for three types of recurrent selection procedures in forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] / M. Goyal, R.S. Sohu, R. Bhardwaj, B.S. Gill, M. Goyal // Range Management and Agroforestry. – 2020. – V. 41(1). – P. 43-51.
407. Griffing, B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system / B. Griffing // Australian Journal of Biology Science. – 1956. – N 9. – P. 463-493.
408. Halder, K. Chromatin – based transcriptional reprogramming in plants under abiotic stresses / K. Halder, A. Chaudhuri, M.Z. Abdin, M. Majee, A. Datta // Plants. – 2022. – V. 11. – e. 1449.
409. Hanson, M. Interaction of mitochondrial and genes that affect male gametophyte development / M. Hanson, S. Bentolila // Plant Cell. – 2004. – V. 16. – P.154-169.
410. Hanson, M. Interactions of Mitochondrial and Nuclear Genes That Affect Male Gametophyte Development / M. Hanson, S. Bentolila // Plant Cell. – 2006. – V. 54. – P.281-289.
411. Hariprassana, K. Influence of male sterile cytoplasm on the physico-chemical grain quality traits in hybrid rice (*Oryza sativa* L.) / K. Hariprassana, F.U. Zaman, A.K. Singh // Euphytica. – 2006. – V. 149. – P. 273-280.
412. Haussmann, B.I.G. Hybrid performance of sorghum and its relationship to morphological and physiological traits under variable drought stress in Kenya / B.I.G. Haussmann, A.B. Obilana, A. Blum, P.O. Ayiecho, W. Schipprack, H.H. Cieiger // Plant breeding. – 2006. – V. 117(3). – P. 223-229.



413. He, J. Comparative transcript profiling of alloplasmic male-sterile lines revealed altered gene expression related to pollen development in rice (*Oryza sativa* L.) / J. He, C. Chen, H. Zhang, Q. Qian, Y. Ding // *BMS Plant Biology*. – 2016. – V. 16. – P. 175.
414. He, S. Combining ability of cytoplasmic male sterility on yield and agronomic traits of sorghum for grain and biomass dual-purpose use / S. He, C. Tang, M.L. Wang, S. Li, B. Diallo, Y. Xu, F. Zhou, L. Sun, W. Shi, G.H. Xie // *Industrial Crop & Products*. – 2020. – V. 157. – e. 112894.
415. Heng, S. Comparative analysis of mitochondrial genomes between the *hau* cytoplasmic male sterility (CMS) line and its iso-nuclear maintainer line in *Brassica juncea* to reveal the origin of the CMS-associated gene *orf288* / S. Heng, C. Wei, B. Jing, Z. Wan, J. Wen, B. Yi, C. Ma, J. Tu, T. Fu, J. Shen // *BMC Genomics*. – 2014. – V. 15. – P. 322-334.
416. Hiei, Y. Progress of cereal transformation technology mediated by *Agrobacterium tumefaciens* / Y. Hiei, Y. Ishida, T. Komari // *Frontiers in Plant Science*. – 2014. – V. 5. – P. 628.
417. Hinge, P. Effect of PEG induced water stress on chlorophyll content, membrane injury index, osmoprotectants and antioxidant enzymes activities in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) / P. Hinge, A. Kale, B. Pawar, A. Jadhav // *Maydica*. – 2015. – V. 60. – N. 1. – M. 8.
418. Hoffmann, L.J. Cytoplasm Has No Effect on the Yield and Quality of Biomass Sorghum Hybrids / L.J. Hoffmann, W.L. Rooney // *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*. – 2013. – № 2. – P. 129-134.
419. Hollamby, G. Breeding, Objectives, Philosophies and Methods in South Australia / G. Hollamby, A. Bayraktar // *In Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers* / M.P. Reynolds, S. Rajaram, A. McNab (eds.). – Mexico, 1996. – P. 52-65.
420. Hossain, Md.S. Sorghum: A prospective crop for climatic vulnerability, food and nutritional security / Md.S. Hossain, Md.N. Islam, Md.m. Rahman, M.G.

- Mostofa, Md.A.R. Khan // Journal of Agriculture and Food Research. – 2022. – V. 8. – e. 100300.
421. Hu, H. Genetic engineering and breeding of drought-resistant crops / H. Hu, L. Xiong // Annual Review on Plant Biology. – 2014. – V. 65. – P. 715-741.
422. Hundekar, R. Combining ability analysis for yield and grain mold resistance in *Kharif Sorghum* [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] / R. Hundekar, M.Y. Kamatar, S.M. Brunda, V. Pattar // International Journal of Plant Science. – 2014. – V. 9(1). – P. 252-256.
423. Hunsigi, G. Sweet stalk sorghum: an alternative sugar crop for ethanol production / G. Hunsigi, N.R. Yekkeli, B.Y. Kongawad // Sugar Tech. – 2010. – V. 12. – P. 79-80.
424. Ingle, K. Assesment of Cytomorphological Differences in Sorghum Fertility Restoration / K. Ingle, M. Moharil, S. Gahukar, P. Jadhav, R. Ghorade, N. Thakur, K. Kasanaboina, S.A. Ceasar // Agriculture. – 2023. – V. 13(5). – e. 985.
425. Impa, S.M. Water deficit and heat stress induced alterations in grain physico-chemical characteristics and micronutrient composition in field grown grain sorghum / S.M. Impa, R. Perumal, S.R. Bean, V.S.J. Sunoj, S.V.K. Jagadish // Journal Cereal Science. – 2019. – V. 86. – P. 124-131.
426. Itabashi, E. The fertility restorer, *Rf2*, for Lead Rice-type cytoplasmic male sterility of rice encodes a mitochondrial glycine-rich protein / E. Itabashi, N. Iwata, S. Fujii, T. Kazama, K. Toriyama // The Plant Journal. – 2010. – V. 65. – Is. 3. – P. 359-367.
427. Jabereldar, A.A. Effect of water stress on drought tolerance index of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) / A.A. Jabereldar, A.M. El Naim, Y.M. Dagash, A.A. Abdalla, S.E. Ahmed // University of Kordofan Journal of Natural resources and Environmental Studies. – 2017. – Sp. Is. – P. 11-20.
428. Jadvan, R.R. Heterosis and Combining Ability Studies in Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Over the Environments / R.R. Jadvan, D.T. Deshmukh // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2017. – V. 6(10). – P. 3058-3064.

429. Jan, C. Effect of wild *Helianthus* cytoplasm on agronomic and oil characteristics of cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.) / C. Jan, G. Seiler, J.J. Hammond // *Plant Breeding*. – 2014. – V. 133. – Is. 2. – P. 262-267.
430. Jebril, J. The A3 cytoplasm mediated male sterility increased biomass, soluble solids, and total sugar in sweet sorghum hybrids / J. Jebril, D. Wang, K. Rozeboom, Tesso T. // *Industrial Crop & Products*. – 2021. – V. 171. – e. 113933.
431. Jeevitha, R. Morpho-physiological responses of Sorghum Cultivars to Drought Stress / R. Jeevitha, D. Vijayalakshmi, A. Vinitha, S. Gowsiga, G. Ramya // *International Journal of Environment and Climate Change*. – 2022. – V. 12(11). – P. 2062-2075.
432. Ji, Q. Genetic transformation of major cereal crops / Q. Ji, X. Xu, K. Wang // *International Journal of Developmental Biology*. – 2013. – V. 57. – P. 495-508.
433. Jordan, D.R. Mapping and characterization of *Rf5*: a new gene conditioning pollen fertility restoration in A1 and A2 cytoplasm in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) / D.R. Jordan, R.R. Klein, K.G. Sakreowski, R.G. Henzell, P.E. Klein, E.S. Mace // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2011. – V. 123. – P. 383-396.
434. Jordan, D.R. Molecular mapping and candidate gene identification of the *Rf2* gene for pollen fertility restoration in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) / D.R. Jordan, E.S. Mace, R.G. Henzell, P.E. Klein, R.R. Klein // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2010. – V. 120. – P. 1279-1287.
435. Justin, R. Combining ability of some sorghum lines for dry lands and sub-humid environments of East Africa / R. Justin, B. Were, M. Mgonja, D. Santosh, R. Bhishek, M. Emmarold, O. Agustino, G. Samuel // *African Journal of Agriculture Research*. – 2015. – V. 10(19). – P. 2048-2060.
436. Kante, M. QTL mapping and validation of fertility restoration in West African sorghum A1 cytoplasm and identification of a potential causative mutation for *Rf2* / M. Kante, H.F.W. Rattunde, B. Nebie, E. Weltzien, B.I.G. Haussmann, W.L. Leiser // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2018. – V. 131. – P. 2397-2412.

437. Katiyar, R.K. Effect of alien cytoplasm on expression of heterosis and productivity of India mustard (*Brassica Juncea*) hybrids / R.K. Katiyar, R. Chamola, M. Yadov // Indian Journal of Agricultural Sciences. – 2007. – V.77(3). – P. 158-161.
438. Kempken, F. Plant breeding: male sterility in higher plants – fundamentals and applications / F. Kempken, D. Pring // Progress in Botany. – 1999. – V.60. – P. 139-166.
439. Kenga, R. Genetic and phenotypic association between yield components in hybrid sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) population / R. Kenga, A. Tenkouano, S.C. Gupta, S.O. Alabi // Euphytica. – 2006. – V. 150(3). – P. 319-326.
440. Keshavarzi, M. Effect of water deficit stress on grain yield and yield components of wheat cultivars / M. Keshavarzi, H.R. Miri, B.J. Haghghi // Agronomy and Plant Production. – 2013. – V. 4(6). – P. 1376-1380.
441. Kidanemariam, W. Review on Mechanisms of Drought Tolerance in Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Basis and Breeding Methods / W. Kidanemariam // Academic Research Journal of Agricultural Science and Research. – 2019. – V. 7(2). – P. 87-99.
442. Kishan, A.G. Line  $\times$  Tester Analysis Involving Diverse Cytoplasm System in Sorghum / A.G. Kishan, S.T. Borikar // Plant Breeding. – 1989. – V. 102(2). – P. 153-157.
443. Kiyosawa, A. Fine mapping of *Rf5* region for a sorghum fertility restorer gene and microsynteny analysis across grass species / A. Kiyosawa, J.-I. Yonemaru, H. Mizuno, H. Kanamori, J. Wu, H. Kawahigashi, K. Goto // Breeding Science. – 2022. – V. 72. – Is. 2. – P. 141-149.
444. Klein, R.R. Fertility restorer locus *Rf1* of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) encodes a pentatricopeptide repeat protein not present in the colinear region of rice chromosome 12 / R.R. Klein, P.E. Klein, J.E. Mullet, P. Minx, W.L. Rooney, K.F. Schertz // Theoretical and Applied Genetics. – 2005. – V. 111(6). – P. 994-1012.
445. Koizuka, N. Genetic characterization of a pentatricopeptide repeat protein gene, *orf687*, that restores fertility in the cytoplasmic male-sterile *Kosena* radish /

- N. Koizuka, R. Imal, H. Fujimoto, Y. Kimura, J. Kohno-Murase, T. Sakai, S. Kawasaki, J. Imamura // *The Plant Journal*. – 2003. – V. 34. – Is. 4. – P. 407-415.
446. Komori, T. Map-based cloning a fertility restorer gene, *Rf-1*, in rice (*Oryza sativa* L.) / T. Komori, S. Ohta, N. Murai, Y. Kuraya, S. Suzuki, Y. Hiei, H. Imaseki, N. Nitta // *Plant Journal*. – 2004. – V. 37. – P. 315-325.
447. Kozhemyakin, V.V. Effect of drought stress on male fertility restoration in A3 CMS-inducing cytoplasm of sorghum / V.V. Kozhemyakin, L.A. Elkonin, J.A. Dahlberg // *Crop Journal*. – 2017. – V. 5. – Is. – P. 282-289.
448. Krieg, D.R. No Evidence of Cytoplasmic Male-Sterility Systems Influencing Gas Exchange Rate of Sorghum Leaves / D.R. Krieg, F.S. Girma, S. Peng // *Crop Science*. – 1992. – V. 32(6). – P. 1342-1344.
449. Kruft, V. Proteomic approach to identify novel mitochondrial proteins in Arabidopsis / V. Kruft, H. Eubel, L. Jansch, W. Werhahn, H. Braun // *Plant Physiology*. – 2001. – V. 127. – P. 1694-1710.
450. Kubo, T. Angiosperm mitochondrial genomes and mutations / T. Kubo, K.J. Newton // *Mitochondrion*. – 2008. – V. 8. – P. 5-14.
451. Kubo, T. The complete nucleotide sequence of the mitochondrial genome of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) reveals a novel gene for tRNA<sup>Cys</sup> (GCA) / T. Kubo, S. Nishizawa, A. Sugawara, N. Itchoda, A. Estiati, T. Mikami // *Nucleic Acids Research*. – 2000. – V. 28. – P. 2571-2576.
452. Kuhlman, L.C. Allelic frequency at the *Rf3* and *Rf4* loci and the genetics of A3 cytoplasmic fertility restoration in converted sorghum lines / L.C. Kuhlman, D.R. Pring, W.L. Rooney, H.V. Tang // *Crop Science*. – 2006. – V. 46. – P. 1576-1580.
453. Kumar, A. Breeding high-yielding drought-tolerant rice: genetic variations and conventional and molecular approaches / A. Kumar, S. Dixit, T. Ram, R.B. Yadaw, K.K. Mishra, N.P. Mandal // *Journal of Experimental Botany*. – 2014. – V. 65. – Is. 21. – P. 6265-6278.
454. Kumar, A. Combining Ability for grain Yield and its Components Involving Alloplasmic Iso-Nuclear Lines of Pearl Millet / A. Kumar, R. Kumar, Devvard, A.K.

Dehinwal // International Journal Current Microbiology Applied Science. – 2017. – V. 6(8). – P. 554-561.

455. Kumar, A.A. Recent Advances in Sorghum Genetic Enhancement Research at ICRISAT / A.A. Kumar, D.V.S. Reddy, H.C. Sharma, C.T. Hash, P.S. Rao, B. Ramaiah, P.S. Reddy // American Journal of Plant Sciences. – 2011. – V. 2. – P. 589-600.

456. Kumar, S. Genetic Parameters for Hydrocyanic acid Content in Forage Sorghum (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) / S. Kumar, V. Kumar, P. Chand, N. Kumar, P.K. Shrotria // International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research. – 2013. – V. 4(4). – P. 395-400.

457. Larin, C. Genome-wide analysis of Arabidopsis pentatricopeptide repeat protein reveals their essential role in orangelle biogenesis / C. Larin, C. Andres, S. Aubourg, M. Bellaoui, F. Bitton, C. Bruyere, M. Caboche, C. Debast, J. Gualberto, B. Hoffman, A. Lecharny, Ret M. Le, M.L. Martin-Magniette, H. Mireau, N. Peeters, J.P. Renou, B. Szurek, L. Taconnat, I. Small // Plant Cell. – 2004. – V. 16. – P. 2089-2103.

458. Latowski, D. The xanthophylls cycle-molecular mechanisms and physiological significance / D. Latowski, J. Grzyb, K. Stralka // Acta Physiology Plant. – 2004. – V. 26. – N 2. – P. 197-212.

459. Laughnan, J.R. Cytoplasmic male sterility in maize / J.R. Laughnan, S. Gabay-Laughnan // Annual Review of Genetics. – 1983. – V. 17. – P. 27-48.

460. Leder, I. Sorghum and millets / I. Leder // In: Cultivated plants, primarily as food sources, Encyclopedia of life support systems (EOLSS) / G. Fuleky (ed.) – Eolss Publ., 2004 – 18 p.

461. Lee, R.D. Selectin of Superior Female Parents in Sorghum Utilizing A3 Cytoplasm / R.D. Lee, B.E. Johnson, K.M. Eskridge, J.F. Pedersen // Crop Science. – 1992. – V. 32(4). – P. 918-921.

462. Li, M. In silico mapping of 1758 new SSR markers developed from public genomic sequences for sorghum / M. Li, N. Yuyama, L. Luo, M. Hirata, H. Cai // Mol. Breeding. – 2009. – V. 24. – P. 41-47.

463. Li, S. Characterization and use of male sterility in hybrid rice breeding / S. Li, D. Yang, Y. Zhu // *Journal of Integrative Plant Biology*. – 2007. – V. 49. – P. 791-804.
464. Logan, D.C. The mitochondrial compartment / D.C. Logan // *Journal Experimental Botany*. – 2006. – V. 57. – P. 1225-1243.
465. Lopez-Juez, E. Plastids unleashed: their development and their integration in plant development / E. Lopez-Juez, K.A. Pyke // *International Journal of Developmental Biology*. – 2005. – V. 49. – N. 5-6. – P. 557-577.
466. Machado, S. Combined effects of drought and high temperature on water relation of wheat and sorghum / S. Machado, G.M. Paulsen // *Plant and Soil*. – 2001. – V. 233. – P. 179-187.
467. Maftuchah. Combining ability and heterosis in Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) / Maftuchah, H. Widyaningrum, A. Zainudin, Sulistyawati, H.A. Reswari, H. Sulistiyanto // *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. – 2022. – V. 54(1). – P. 30-43.
468. Mahdy, E.E. The Effect of Environment on Combining Ability and Heterosis in Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) / E.E. Mahdy, M.A. Ali, A.M. Mahmoud // *Asian Journal of Crop science*. – 2011. – V. 3(1). – P. 1-15.
469. Mahfouz, H. Integrated Effect of Planting Dates and Irrigation Regimes on Morpho-Physiological response, Yield and Quality, and Water Use Efficiency of Clitoria (*Clitorian ternatea* L.) in Arid Region / H. Mahfouz, A. Maher, A. Shaaban // *Arch Agron Soil Science*. – 2020. – V. 66. – P. 152-167.
470. Mahmoud, A.M. Magnitude of Combining Ability and heterosis as Influenced by Type of Soil in Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) / A.M. Mahmoud, T.A. Ahmed // *Asian Journal of Crop Science*. – 2010. – V.2(1). – P. 1-11.
471. Makanda, I. Combining ability and heterosis of sorghum germplasm for stem sugar traits under off-season condition in tropical lowland environments / I. Makanda, P. Tongoona, J. Derera // *Field Crops research*. – 2009. – V. 114. – Is. 2. – P. 272-279.
472. Marshall, D.R. Effects of temperature and day-length on cytoplasmic male

- sterility in cotton (*Gossypium*) / D.R. Marshall, N.J. Thomson, G.H. Nicholls, C.M. Patrick // Australian Journal Agricultural Research. – 1974. – V. 25. – P. 443-447.
473. Masuda, T. Regulation and evolution of chlorophyll metabolism / T. Masuda, Y. Fujita // Photochemical and Photobiological Science. – 2008. – V. 7. – N.10. – P. 131-1149.
474. Mathur, S. Sweet sorghum as biofuel feedstock: recent advances and available resources / S. Mathur, A.V. Umakanth, V.A. Tonapi, R. Sharma, M.K. Sharma // Biotechnology for Biofuels. – 2017. – V. 10. – P. 1-19.
475. Maves, A.J. Agronomic Performance of Sorghum Hybrid Produced by Using Different Male-Sterility-Inducing Cytoplasm / A.J. Maves, R.E. Atkins // Journal of Iowa Academy of Science. – 1988. – V. 95. – P. 43-46.
476. McCormick, R.F. The *Sorghum bicolor* reference genome: improved assembly, gene annotation, a transcriptome atlas, and signatures of genome organization / R.F. McCormick, S.K. Truong, A. Sreedasyam, J. Jenkins, S. Shu, D. Sims et al. // Plant Journal. – 2018. – V. 93. – P. 338-354.
477. Menezes, C.B. Selection indices to identify drought-tolerant grain sorghum cultivars / C.B. Menezes, C.A. Ticona-Benavente, M.J. Cardoso, E.A. Bastos, D.W. Nogueira, A.F. Portugal, C.V. Santos, R.E. Schaffert // Genetics & Molecular research. – 2014. – V. 13(4). – P. 9817-9827.
478. Mengistu, G. Combining ability and heterosis among sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) lines for yield, yield-related traits, and anthracnose resistance in western Ethiopia / G. Mengistu, H. Shimelis, M. Laing, D. Lule, J. Mashilo // Euphytica. – 2020. – V. 216. – e. 33.
479. Mohammed, M.I. Line x tester analysis across locations and year in Sudanese x exotic lines of forage sorghum / M.I. Mohammed // Journal of Plant Breeding and Crop Science. – 2009. – V. 1(9). – P. 311-319.
480. Mohammed, M.I. Heterosis and combining Ability for Quality Traits in Forage Sorghum / M.I. Mohammed, N.H. Talib // Australian Journal of Basic and Applied Science. – 2008. – V. 2(1). – P. 99-104.



481. Mohammed, R. Quantitative genetic analysis of agronomic and morphological traits in sorghum, *Sorghum bicolor* / R. Mohammed, R. Are, R. Bhavanasi, R.S. Munghate, K.P.B. Kishor, H.C. Sharma // *Frontiers in Plant Science*. – 2015. – V. 6. – P. 1-17.
482. More, A. Heterosis and line  $\times$  tester analysis of combining ability in *kharif* sorghum with special reference to grain mold (*Sorghum bicolor* L. Moench) / A. More, H.V. Kalpande, R.L. Aundhekar, S.K. Chavan, V.S. Patil, S.S. Jangampalli // *Agrotechnology*. – 2014. – V. 2. – P. 4.
483. Moran, J.L. Effect of cytoplasm on the Agronomic Performance of Grain Sorghum Hybrids / J.L. Moran, W.L. Rooney // *Crop Science*. – 2003. – V. 43(3). – P. 777-781.
484. Mundia, C.W. A Regional Comparison of Factors Affecting Global Sorghum Production: The Case of North America, Asia and Africa's Sahel / C.W. Mundia, S. Secchi, K. Akamani, G. Wang // *Sustainability*. – 2019. – V. 11. – e 2135.
485. Murty, B.R. Physiological analysis of cytoplasmic differentiation in pearl millet / B.R. Murty, R.P. Thakur, S.L. Mehta, S.N. Srivastava // *Proceeding of the Indian National Science Academy*. – 1997. – V. 63B. – P. 333-348.
486. Nagur, T. Characterization of different sterility-inducing cytoplasm in sorghum / T. Nagur, P.M. Menon // *Sorghum Newsletter*. – 1974. – V. 17. – P. 18.
487. Nasrabad, A.A. Evaluation of water stress at different grow stages on yield. Its components, cell membrane stability and leaf relative water content of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes / A.A. Nasrabad, S.M. Moosavi-Nik, M. Galavi, A. Siroosmehr, S.A.R. Beheshti // *Environmental Stress in Crop Sciences*. – 2016. – V. 9. – Is. 3(3). – P. 217-228.
488. Nasrabad, A.A. Drought stress effect during Different Grow Stages on Yield, Osmolites and Photosynthetic Pigments Accumulation of Grain Sorghum Genotypes (*Sorghum bicolor* L.) / A.A. Nasrabad, S.M. Moosavi-Nik, M. Galavi, S.A.R. Beheshti, A. Siroosmehr // *Field Crops Research*. – 2017. – V. 15. – Is. 3(47). – P. 676-690.

489. Ndlovu, E. Morpho-physiological effect of moisture, heat and combined stress on *Sorghum bicolor* [Moench (L.)] and its acclimation mechanisms / E. Ndlovu, J. Staden, M. Maphosa // *Plant Stress*. – 2021. – V. 2. – e. 100018.
490. Notsu, Y. The complete sequence of the rice (*Oryza sativa* L.) mitochondrial genome: frequent DNA sequence acquisition and loss during the evolution of flowering plants / Y. Notsu, S. Masood, T. Nishikawa, N. Kubo, G. Akiduki, M. Nakazono, K. Kadowaki // *Molecular Genetics Genomics*. – 2002. – V. 268. – P. 434-445.
491. Oliveira, A.B. Salinity Effect on Germination and Establishment of Sorghum Seedlings from Artificially Aged and Primed Seeds / A.B. Oliveira, J.T. Prisco, J. Eneas-Filho, E. Gomes-Filho // *Journal of New Seeds*. – 2010. – V. 11. – Is. 4. – P. 399-411.
492. Olweny, C. Combining Ability of Parents and Hybrids for Sugar Yield and Its Attributing Traits in Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* L. Moench] / C. Olweny, G. Abayo, M.M. Dida, P. Okori // *Sugar Tech*. – 2017. – V. 19(1). – P. 57-63.
493. Overman, M.A. Cytoplasmic inherited male sterility in Sorghum / M.A. Overman, H.E. Warmke // *Journal Heredity*. – 1972. – V. 63. – P. 227-234.
494. Padmashree, N. Combining ability sorghum [*Sorghum bicolor* L. Moench] for yield and quality parametrs / N. Padmashree, K. Sridhar, S.T. Kajjidoni // *Karnataka Journal Agricultural Science*. – 2014. – V. 27(4). – P. 449-453.
495. Pandey, S. Heterosis and inbreeding depression in forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] / S. Pandey, P.K. Shrotria // *Forage Research*. – 2012. – V. 38(1). – P. 35-39.
496. Paterson, A.H. The *Sorghum bicolor* genome and the diversification of grasses / A.H. Paterson, J.E. Bowers, R. Bruggmann, I. Dubchak, J. Grimwood, H. Gundlach, G. Haberer, U. Hellsten, T. Mitros, A. Poliakov et al. // *Nature*. – 2009. – V. 457. – P. 551-558.
497. Patil, V.R. Combining ability studies in grain Sorghum / V.R. Patil, N.S. Kute // *Journal of Global Biosciences*. – 2015. – V. 4(1). – P. 1902-1909.

498. Pecina-Quintero, V. Incidence of Head Smut *Sporisorium reilianum* (Kühn) Langdon and Fullerton in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] hybrids with A1 and A2 cytoplasms / V. Pecina-Quintero, H. Williams-Alanís, N. Montes-García, R. Rodríguez-Herrera, E. Rosales-Robles, V.A. Vidal-Martínez // *Revista Mexicana de Fitopatología*. – 2004. – V. 22. – P. 315-319.
499. Pedersen, J.F. Rapid iodine staining techniques for identifying the waxy phenotype in sorghum grain and waxy genotype in sorghum pollen / J.F. Pedersen, S.R. Bean, D.L. Funnell, D.L. Graybosch // *Crop Science*. – 2004. – V. 44. – P. 764-767.
500. Pedersen, J.F. Forage Yield, Quality, and Fertility of Sorghum x Sudan Grass Hybrid in A1 and A3 Cytoplasm / J.F. Pedersen, J.J. Toy // *Crop Science*. – 1997. – V. 37(6). – P. 1973-1975.
501. Peng, S. Leaf photosynthetic rate is correlated with biomass and grain production in grain sorghum lines / S. Peng, D.R. Pring, F.S. Girma // *Photosynthesis Research*. – 1991. – V. 28. – Is. 1. – P. 17.
502. Pfeiffer, T.W. Heterosis in Sweet Sorghum and Selection of a New Sweet Sorghum Hybrid for Use in Syrup Production in Appalachia All Rights Reserved / T.W. Pfeiffer, M.J. Bitzer, J.J. Toy, J.F. Pedersen // *Crop Science*. – 2010. – V. 50. – N. 5. – P. 1788-1794.
503. Phuong, N. Genetic Dissection of Pre-Flowering Growth and development in *Sorghum bicolor* L. Moench under Well-Watered and Drought Stress Conditions / N. Phuong, G. Afolayan, M.El. Soda, H. Stützel, W. Wenzel, R. Uptmoor // *Agricultural Science*. – 2014. – V. 5. – P. 923-934.
504. Pogson, B.J. Genetic dissection of chloroplast biogenesis and development: an overview / B.J. Pogson, V. Albrecht // *Plant Physiology*. – 2011. – V. 155. – P. 1545-1551.
505. Pradhan, A. Cooler canopy leverages sorghum adaptation to drought and heat stress / A. Pradhan, L. Aher, V. Hegde, K.K. Jangid, J. Rane // *Scientific reports*. – 2022. – V. 12. – e. 4603.

506. Prasad, P.V.V. Sensitivity of grain sorghum to high temperature stress during reproductive development / P.V.V. Prasad, S.R. Pisipati, R.N. Mutava, M.R. Tuinstra // Crop Science. – 2008. – V. 48. – P. 1911-1917.
507. Prasad, S. Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuel in India / S. Prasad, A. Singh, N. Jain, H.C. Hoshi // Energy & Fuels. – 2007. – V. 21. – P. 2415-2420.
508. Prasad, P.V.V. High night temperature decreases leaf photosynthesis and pollen function in grain sorghum / P.V.V. Prasad, M. Djanaguriman // Functional Plant Biology. – 2011. – V. 38(12). – P. 993-1003.
509. Praveen, M. Inheritance and molecular mapping of *Rf6* locus with pollen fertility restoration ability on A1 and A2 cytoplasm in sorghum / M. Praveen, U.G. Anurag, N. Suneetha, A. Umakanth, J.V. Patila, R. Madhusudhana // Plant Science. – 2015. – V. 238. – P. 73-80.
510. Praveen, M. Fine mapping of *Rf2*, a major locus controlling pollen fertility restoration in sorghum A1 cytoplasm, encodes a PPR gene and its validation through expression analysis / M. Praveen, G.U. Anurag, V.A. Tonapi, M. Ragimasalawada, R. Snowdon. // Plant Breeding. – 2018. – V. 137. – P. 148-161.
511. Pring, D. A unique two gene gametophytic male sterility system in sorghum involving a possible role of RNA editing in fertility restoration / D. Pring, H. Tang, W. Howad, F. Kempken // Journal of Heredity. – 1999. – V. 90. – P. 386-393.
512. Pring, D. Cytoplasmic male sterility and organelle DNAs of sorghum / D. Pring, H.V. Tang, K.F. Schertz // In Molecular biology of plants mitochondria / C.S. Levings III, I.K. Vasil (Eds.). – Boston: Kluwer Academic Publ., 1995. – P. 461-495.
513. Qadir, M. Physio-biochemical responses and defining selection criteria for drought tolerance in *Sorghum bicolor* / M. Qadir, A. Bibi, H.A. Sadaqat, F.S. Awan // Maydica. – 2019. – V. 64. – M. 14.
514. Qadir, M. Screening of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes under varicose levels of drought stress / M. Qadir, A. Bibi, M. Tahir, M. Saleem, H.A. Sadaqat // Maydica. – 2015. – V. 60. – N 4. – M. 35.

515. Quinby, J.R. Interaction of genes and cytoplasm in male sterility in sorghum / J.R. Quinby // Proc. 35<sup>th</sup> Corn and Sorghum res. Conference. – Chicago, 1980. – V. 35. – P. 175-184.
516. Queiroz, M.S. Drought stresses on seed germination and early growth of maize and sorghum / M.S. Queiroz, C.E. Oliveira, F. Steiner, A.M. Zuffo, T. Zoz, E.P. Vendruscolo, M.V. Silva, B. Mello, R. Cabra, F.T. Menis // Journal Agricultural Science. – 2019. – V. 11(2). – P. 310-318.
517. Rakshit, S. The Sorghum Genome / S. Rakshit, Yi-H. Wang. – Springer Publ., 2016. – 289 p.
518. Ramatoulaye, F. Production and use sorghum: a literature review / F. Ramatoulaye, C. Mady, S. Fallou // Journal of Nutritional Health & Food Science. – 2016. – V. 4(1). – P. 1-4.
519. Ramesh, S. Influence of Cytoplasmic-nuclear Male Sterility on Agronomic Performance of Sorghum Hybrids / S. Ramesh, B.V.S. Reddy, S. Reddy, B. Ramaiah // ISMN. – 2006. – V. 47. – P. 21-25.
520. Ramu, P. Assessment of genetic diversity in the sorghum reference set using EST-SSR markers / P. Ramu, C. Billot, J.F. Rami, S. Senthilvel, H.D. Upadhyaya, A.L. Reddy, C.T. Hash // Theoretical and Applied Genetics. – 2013. – V. 126(8). – P. 2051-2064.
521. Rao, N.G.P. Genetic analysis of cytoplasmic systems in sorghum / N.G.P. Rao, D.P. Tripathi, B.S. Rana // Indian Journal Genetic & Plant Breeding. – 1984. – V. 44. – N 3. – P. 480-496.
522. Rao, D.B. Sweet sorghum cane for bio-fuel production: A SWOT analysis in Indian context, National Research Centre for Sorghum / D.B. Rao, C.V. Rathnavathi, P.K. Biswas, S.S. Rao, B.S. Kumar, N. Seeetharama. – Hyderabad, 2004. – 20 p.
523. Rao, P.S. Sweet Sorghum: Genetics, Breeding and Commercialization / P.S. Rao, A.V. Umakanth, B.V.S. Reddy, I. Dweikat, S. Bhargava, G.G. Kumar, J.V. Patil // In Biofuel Crops: production, Physiology and Genetics / B.P. Singh (Ed.). – 2013. – 198 p.

524. Reddy, B.V.S. Sweet sorghum: a water saving bio-energy crop / B.V.S. Reddy, A. A. Kumar, S. Ramesh. – Patancheru: International Crops Res. Institute for the Semi-Arid Tropics, 2007. – 12 p.
525. Reddy, B.V.S. Sorghum improvement (1980–2010): Status and way forward / B.V.S. Reddy, A.A. Kumar, H.C. Sharma, S.P. Rao, M. Blummel, R.Ch. Reddy, R. Sharma, S.P. Deshpande, S.D. Mazumdar, E. Dinakaran // Journal of SAT Agricultural Research. – 2012. – V. 10. – P. 1-14.
526. Reddy, B.V.S. Cytoplasmic-nuclear male sterility: Origin, evaluation, and utilization in hybrid development / B.V.S. Reddy, K.N. Rai, N.P. Sarma, I. Kumar, K.B. Saxena // In Plant Breeding: Mendelian to Molecular Approaches (H.K. Jain, M.C. Kharkwal (Eds.). – New Delhi, India: Narosa Publ. House Pvt. Ltd., 2004.
527. Reddy, B.V.S. Sorghum Improvement in the New Millennium / B.V.S. Reddy, S. Ramesh, A.A. Kumar, C.L.L. Gowda. – Patancheru, Andhra Pradesh: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 2008. – 340 p.
528. Reddy, B.V.S. Biofuel crops research for energy security and rural development in developing countries / B.V.S. Reddy, S. Ramesh, A.A. Kumar, S.P. Wani, R. Ortiz, H. Ceballos, T.K. Sreedevi // Bioenergy Research. – 2008. – V. 1. – P. 248-258.
529. Reddy, B.V.S. Genetic and Cytoplasmic-Nuclear Male sterility in Sorghum / B.V.S. Reddy, S. Ramesh, R. Ortiz // Plant Breeding Reviews /Ed. J. Janik. Hoboken. – New Jersey: Willey & Sons, Inc. – 2005. – V. 25. – P. 139-169.
530. Reddy, B.V.S. Combining ability and heterosis as influenced by male-sterility inducing cytoplasm in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] / B.V.S. Reddy, S. Ramesh, P.S. Reddy, B. Ramaiah // Euphytica. – 2007. – V. 154. – P. 153-164.
531. Reddy, B.V.S. Male-Sterility inducing cytoplasmic effect on combining ability in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). / B.V.S. Reddy, S. Ramesh, P.S. Reddy, A.A. Kumar // Indian Journal of Genetic and Plant Breeding. – 2009. – V. 69(3). – P. 199-204.

532. Reddy, B.V.S. Sweet sorghum: characteristics and potential / B.V.S. Reddy, P.S. Reddy // International Sorghum and Millets Newsletter. – 2003. – V. 44. – P. 26-28.
533. Reddy, P.S. Cytoplasmic nuclear male sterility in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) – Current status and future prospects /P.S. Reddy // The Journal of Research PJTSAU. – 2018. – V. 46(1). – P. 1-14.
534. Reddy, P.S. Genetic enhancement of Rabi Sorghum – Adapting the Indian Durra/ P.S. Reddy, J.V. Patil. – Elsevier Publ., 2015. – P. 4, 111.
535. Reddy, P.S. Agronomic potential of A4(M) cytoplasmic male-sterility system compared to A1 CMS system of sorghum / P.S. Reddy, M.D. Rao, B.V.S. Reddy, R.P. Thakur, A.A. Kumar // Indian Journal of agricultural Science. – 2011. – V. 81. – N. 10. – P. 908-913.
536. Reddy, S.P. Evaluation of A1, A2, A3, A4(M), A4(G) and A4(VZM) cytoplasm in iso-nuclear backgrounds for grain mold resistance / S.P. Reddy, M.D. Rao, B.V.S. Reddy, A.A. Kumar, R.P. Thakur, V.P. Rao // Crop Protection. – 2011. – V. 30. – P. 658-662.
537. Reddy, S.P. Performance of A1, A2, A3, A4M, A4G and A4VZM cytoplasm based iso-nuclear sorghum hybrids for shoot fly resistance across-rainy and post-rainy seasons / S.P. Reddy, B.V.S. Reddy, A.A. Kumar, H.C. Sharma // Indian Journal of Genetics. – 2015. – V. 75(3). – P. 324-329.
538. Reddy, B.V.S. Sweet sorghum as a biofuel crop: Where are we now? / B.V.S. Reddy, S.P. Rao, A.A. Kumar, S.P. Reddy, P.P. Rao, K.K. Sharma, M. Blummel, R.Ch. Reddy // In Proceedings of Sixth International Biofuels Conference. – New Delhi: Winrock International India. – 2009. – P. 191-202.
539. Rezende, R.K.S. Germination of Sweet Sorghum Seed in Different Water Potentials / R.K.S. Rezende, T.E. Masetto, G.C. Oba, M.V. Jesus // American Journal of Plant Science. – 2017. – V. 8. – P. 3062-3072.
540. Rocha, M.J. General and specific combining ability in sweet sorghum / M.J. Rocha, J.A.R. Nunes, R.A. Costo Parella, P.S. Silva Leite, G.M.R. Lombardi, M.L.

Costa Moura, R.E. Schaffert, A.T. Bruzi // Crop Breeding and Applied Biotechnology. – 2018. – V. 18. – P. 365-372.

541. Rosenow, D.T. Evaluation for drought and disease resistance in sorghum for use in molecular marker-assisted selection / D.T. Rosenow // Use of molecular markers in sorghum and pearl millet breeding for developing countries: Proceeding of an ODA Plant Sciences Research Programme Conference. – Norwich, 1993. – P.27-31.

542. Rud, J.D. Analysis of Resistance to Ergot in Sorghum and Potential Alternate Hosts / J.D. Rud, B.A. Ramundo, L.E. Claflin, M.R. Tuinstra // Crop Science. – 2002. – V. 42(4). – P. 1135-1138

543. Ruperao, P. Sorghum Pan-Genome Explores the Functional Utility for Genomic-Assisted Breeding to Accelerate the Genetic Gain / P. Ruperao, N. Thirunavukkarasu, P. Gandham, S. Selvanayagam, M. Govindaraj, B. Nebie, E. Manyasa, R. Gupta, R.R. Das, D.A. Odeny, H. Gandhi, D. Edwards, S.P. Deshande, A. Rathore // Frontiers Plant Science. – 2021. – V. 12. – e. 666342.

544. Sadikova, Sh. The use of fructic syrup in the expansion of the range of baby food / Sh. Sadikova, K. Dodaev // Journal of critical reviews. – 2020. – V. 7(15). – P. 1766-1770.

545. Samson, F. Prairie conservation in North America / F. Samson, F. Knopf // Bioscience. – 1994. – V. 44. – P. 418-421.

546. Sanchez, A.C. Mapping QTLs associated with drought resistance in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) / A.C. Sanchez, P.K. Subudhi, D.T. Rosenow, H.T. Nguyen // Plant Molecular Biology. – 2002.–V. 48.–P. 713-726.

547. Sarath, G. Opportunities and roadblocks in utilizing forages and small grains for liquid fuels / G. Sarath, R.B. Mitchell, S.E. Sattler, D. Funnell, J.F. Pederson, R.A. Graybosch, K.P. Vogel // Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. –2008. – V. 35. – P. 343-354.

548. Sarmento, E.C.S. Physiological potential of sorghum seeds under discontinuous hydration and water deficiency conditions / E.C.S. Sarmento, F.S. de Oliveira, F.A. Cabral, D.F. Oliveira, A.S. Dutra // Revista Ciência Agronômica. – 2020. – V. 51. – N. 4. – e.2027200.



549. Satyavathi, C.T. Analysis of diversity among cytoplasmic male sterile sources and their utilization in developing F1 hybrids in Pearl millet {*Pennisetum glaucum* (L) Br.R} / C.T. Satyavathi, S. Belum, B.B. Singh, K.V. Unnikrishnan, C. Bhadravaj // Indian Journal of Genetic and Plant Breeding. – 2009. – V. 69(4spl). – P. 352-360.
550. Schertz, K.F. A cytoplasmic male sterility system in Sorghum / K.F. Schertz, J.M. Ritchey // Crop Science. – 1978. – V. 18. – N 5. – P. 890-893.
551. Schmitz-Linneweber, C. Pentatricopeptide repeat proteins: a socket set for organelle gene expression / C. Schmitz-Linneweber, I. Smoll // Trends Plant Science. – 2008. – V. 13. – P. 663-670.
552. Schnable, P.S. The molecular basis of cytoplasmic male sterility and fertility restoration / P.S. Schnable, R.P. Wise // Trends in Plant Science. – 1998. – V. 3. – Is. 5. – P. 175-180.
553. Secrist, R.E. Pollen Fertility and Agronomic Performance of Sorghum Hybrids with Different Male-Sterility – Inducing Cytoplasms / R.E. Secrist, R.E. Atkins // Journal of Iowa Academe Science. – 1989. – V. 96. – N 3-4. – P. 99-103.
554. Shan, L.Q. New grain sorghum cytoplasmic male-sterile line A2V4A and F1 hybrid Jinza no 12 for Northwest / L.Q. Shan, P.J. Ai, L.T. Yiu, Z.F. Yao // International Sorghum Millets Newsletter. – 2000. – V. 41. – P. 31-32.
555. Sharma, HC. Cytoplasmic male-sterility and source of pollen influence the expression of resistance to sorghum midge, *Stenodiplosis sorghicola* / H.C. Sharma // Euphytica. – 2001. – V. 122. – P. 391-395.
556. Sharma, H.C. Expression of resistance *Atherigona Soccata* in F1 hybrids involving shoot fly resistant and susceptible cytoplasmic male-sterile and restorer lines of sorghum / H.C. Sharma, M.K. Dhillon, B.V.S. Reddy // Plant Breeding. – 2006. – V. 125(5). – P. 473-477.
557. Shi, C.H. Analysis of genetic effects on nutrient quality traits in indica rice / C.H. Shi, J.M. Xue, Y.G. Yu, X.E. Yang, J. Zhu // Theoretical and Applied Genetics. – 1996. – V. 92. – P. 1099-1102.

558. Shivani, D. Effect of nucleo-cytoplasmic interactions on the expression of quality characters in rice (*Oryza sativa* L.) hybrid / D. Shivani, B.C. Viraktamath, R.N. Shobha // *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. – 2007. – V. 67. – P. 225-228.
559. Shivanna, K.R. Pollen biology: A Laboratory Manual / K.R. Shivanna, N.S. Rangaswamy. – Berlin: Springer Science & Business Media, 2012. – 119 p.
560. Shu, Q.Y. Studies on the apparent amylose content and starch viscosity of indica hybrid rice / Q.Y. Shu, D.X. Wu, Y.W. Xia, M.W. Gao, A. McClung // *Journal of Zhejiang Agricultural University*. – 1998. – V. 24. – P. 621-626.
561. Silva, M.J. Combining ability of biomass sorghum in different crop years and sites for bioenergy generation / M.J. Silva, C.M.B. Damasceno, J.E. Souza Carneiro, H.D. Pereira, P.C. Souza Carneiro, R.E. Schaffert, R.A. Costa Parrella // *Agronomy Journal*. – 2020. – V. 112. – P. 1549-1563.
562. Smith, C.W. Sorghum: Origin, history, technology, and production / C.W. Smith, R.A. Frederiksen. – New York: John Wiley and Sons Publ., 2000. – 840 p.
563. Stack, J.P. Expression of susceptibility to Fusarium Head Blight and grain mold in A1 and A2 cytoplasm of Sorghum bicolor / J.P. Stack, J.F. Pedersen // *Plant Disease*. – 2003. – V. 87. – P. 172-176.
564. Stamenković, O.S. Production of biofuels from sorghum / O.S. Stamenković, K. Siliveru, V.B. Veljković, I.B. Banković-Ilić, M.B. Tasić, I.A. Ciampitti, I.G. Dalović, P.M. Mitrović, V.Š. Sikora, P.V.V. Prasad // *Renewable and Sustainable Energy Review*. – 2020. – V. 124. – e. 109769.
565. Stephens, J.C. Cytoplasmic male-sterility for hybrid Sorghum seed production / J.C. Stephens, R.F. Holland // *Agronomy*. – 1954. – V. 46. – P.20-23.
566. Tadesse, T. Combining ability of introduced sorghum parental lines for major morpho-agronomic traits / T. Tadesse, T. Tesso, G. Ejeta // *Journal of SAT Agricultural Research*. – 2008. – V. 6. – P. 1-7.
567. Tanaka, Y. A complete of Ogura-Type male-sterile cytoplasm and its comparative analysis with that of normal cytoplasm in radish (*Raphanus sativus* L.) / Y. Tanaka, M. Tsuda, K. Yasumoto, H. Yamagishi, T. Terachi // *BMC Genomics*. –

2012. – V. 13. – P. 352-363.

568. Tang, H.V. Cosegregation of single genes associated with fertility restoration and transcript processing of sorghum mitochondrial *orf107* and *urf209* / H.V. Tang, R. Chang, D.R. Pring // *Genetics*. – 1998. – V. 150. – P. 383-391.

569. Tang, H.V. Fertility Restoration of the Sorghum A3 Male-Sterile Cytoplasm thought a Sporophytic Mechanism derived from Sudangrass / H.V. Tang, J.F. Pederson, C.D. Chase, D.R. Pring // *Crop Science*. – 2007. – V. 47. – Is. 3. – P. 943-950.

570. Tang, H.V. Conversion of fertility restoration of the sorghum IS1112C (A3) male-sterile cytoplasm from two genes to one gene / H.V. Tang, D.R. Pring // *Crop Science*. – 2003. – V. 43. – P. 1747-1753.

571. Tang, S.Z. Effect of CMS cytoplasm in isonuclear alloplasmic CMS line with wide compatibility in rice / S.Z. Tang, Y.D. Zhang, H.Q. Sun, Q.B. Ye, X.H. Chen, M.H. Gu // *Acta Agronomica Sinica*. – 2003. – V. 29(2). – P. 202-207.

572. Tao, D. Cytoplasm affects grain weight and filled-grain ratio in *indica* rice / D. Tao, P. Xu, J. Zhou, X. Deng, J. Li, W. Deng, J. Yang, G. Yang, Q. Li, F. Hu // *BMC Genetic*. – 2011. – V. 12. – e. 53.

573. Tariq, A.S. Heterosis and combining ability studies for quantitative traits in fodder sorghum / A.S. Tariq, Z. Akram, G. Shabbir, K.S. Khan, M.S. Iqbal // *Journal agricultural Research*. – 2014. – V. 52(3). – P. 329-337.

574. Tátrai, A.D. Morphological and physiological plant responses to drought stress in *Thymus citriodorus* / A.D. Tátrai, R. Sanoubar, S. Pluhár, S. Mancarella, F. Orsini, G. Gianquinto // *International Journal of Agronomy*. – 2016. – V. 16. – P. 1-8.

575. Temu, V.W. Nitrogen fertilizer and panicle removal in sweet sorghum production: effect on biomass, juice yield and soluble sugar content / V.W. Temu // *Journal Sustainable Bioenergy Systems*. – 2017. – V. 7. – P. 14-26.

576. Terletsкая, N.V. Drought Stress Tolerance and Photosynthetic Activity of Alloplasmic Lines *T. dicoccum* × *T. aestivum* / N.V. Terletsкая, A.B. Shcherban, M.A. Nesterov, Perfil'ev, E.A. Salina, N.A. Altayeva, I.V. Blavachinskaya //

- International Journal of Molecular Sciences. – 2020.–V. 21.–P. 3356.
577. Tester, M. Breeding technologies to increase crop production in a changing world / M. Tester, P. Langridge // Science. – 2010. – V. 327. – P. 815-822.
578. Torres-Cardona, S. Fertility Restoration to A1, A2, and Cytoplasm Systems of Converted Sorghum Lines / S. Torres-Cardona, A. Sotomayor-Rios, A. Quiles Belen, K.F. Schertz // Texas Agriculture Experimental Station. – 1990. – P. 1-11. MP – 1721.
579. Tripathi, D.P. Characterization of diverse cytoplasmic genic male sterile in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) / D.P. Tripathi / Ph. D. Thesis. – New Delhi: Indian Agricultural Research Institute. – 1979.
580. Tuinstra, M.R. Identification of Quantitative Trait Loci Associated with Pre-Flowering Drought Tolerance in Sorghum / M.R. Tuinstra, E.M. Grote, P.B. Goldsbrought, G. Ejeta // Crop Science. – 1996. – V. 36. – Is. 5. – P. 1337-1344.
581. Tuteja, O.P. Effect of alien cytoplasmic and nuclear genes on seed cotton yield and fibre quality traits in cotton (*Gossypium hirsutum*) / O.P. Tuteja, S.K. Verma // Indian Journal of Agricultural Sciences. – 2011. – V. 81. – N 4. – P. 314-320.
582. Tyagi, V. Cytoplasmic effect on combining ability for agronomic traits in sunflower under different irrigation regimes / V. Tyagi, S.K. Dhillon // SABRAO Journal of Breeding and Genetics. – 2016. – V. 48(3). – P. 295-308.
583. Tyagi, V. Characterization for Drought Tolerance and Physiological Efficiency in Novel cytoplasmic Male Sterile Sources of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) / V. Tyagi, G. Kaur, P. Kaushik, S.K. Dhillon // Agronomy. – 2018. – V. 8(10). – e. 232.
584. Umakanth, A.V. Heterosis in landrace hybrids of post-rainy sorghum {*Sorghum bicolor* (L.) Moench} / A.V. Umakanth, S.S. Rao, S.V. Kuriakose // Indian Journal of Agricultural research. – 2006. – V. 40(2). – P. 147-150.
585. Umakanth, V.A. Influence of types of sterile cytoplasm on the resistance to sorghum shoot fly (*Atherigona soccata*) / V.A. Umakanth, G.P. Padmaja, J.A. Kumar, V.J. Patil // Plant Breeding. – 2012. – V. 131. – P. 94-99.
586. Umakanth, A.V. Combining Ability and Heterosis over Environments for

Stalk and Sugar Related Traits in sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) / A.V. Umakanth, J.V. Patil, Ch. Rani, S.R. Gadakh, S.S. Kumar, S.S. Rao, T.V. Kotashane // Sugar Tech. – 2012. – V. 14. – P. 237-246.

587. Vacek, L.A. The Effects of Cytoplasm on the Yield and Quality of Sorghum Biomass Hybrids / L.A. Vacek // Master's thesis. – Texas A & M University, 2016. <http://hdl.handle.net/1969.1/156846>

588. Vacek, L.A. Effect of cytoplasm, male and female parents on biomass productivity in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) / L.A. Vacek, W. Rooney // journal of Crop Improvement. – 2018. – V. 32. – Is. 5. – P. 635-647.

589. Vanamala, J.K.P., Massey, A. R., Pinnamaneni, S. R., Reddivari, L., and Reardon, K. F. Grain and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) serves as a novel source of bioactive compounds for human health / J.K.P. Vanamala, A.R. Massey, S.R. Pinnamaneni, L. Reddivari, K.F. Reardon // Food Sciences Nutrition. – 2018. – V. 58(17). – P. 2867-2881.

590. Varga, B. Effect of simulating drought in various phenophases on the water use efficiency of winter wheat / B. Varga, G. Vida, E. Varga-Laszlo, S. Bencze, O. Veisz // Agronomy and Crop Science. – 2015. – V. 201. – P. 1-9.

591. Venkateswaran, K. Origin, domestication and diffusion of *Sorghum bicolor* / K. Venkateswaran, M. Elangovan, N. Sivaraj // In: Breeding Sorghum for diverse end uses / Eds. C. Aruna, K.B.R.S. Visarada, V.A. Tonapi. – Woodhead Publ., 2019. – P. 15-31.

592. Verma, R. Drought Resistance Mechanism and Adaptation to Water Stress in Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] / R. Verma // International Journal of Bio-resource and Stress Management. – 2018. – V. 9(8). – P. 167-172.

593. Verma, L.K. Comparative analysis of restoration behavior of *milo* (104A, 401A) and *Maldandi* (M31-2A) based male sterile lines in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] / L.K. Verma, B.D. Biradar, S.S. Patil // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2022. – V. 69. – P. 559-566.

594. Viliga, F. Studies concerning the effects of osmotic stress on seed germination and embryo growth in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] / F. Viliga, R. Suma-

Ian R. // Universitatea din Craiova university of Craiova. – 2012. – V. XVII. – P. 863-866.

595. Wang, Z. Cytoplasmic male sterility of rice with *boro* II cytoplasm is caused by a cytotoxic peptide and is restored by two related PPR motif genes via distant modes of mRNA silencing / Z. Wang, Y. Zou, X. Li, Q. Zhang, L. Chen, H. Wu, D. Su, Y. Chen, J. Guo, Luo Da, Y. Long, Y. Zhong, Y.G. Liu // Plant Cell. – 2006. – V. 18. – P. 676-687.

596. Wang, M.I. Genetic diversity and population structure analysis of accession in the US historic sweet sorghum collection / M.L. Wang, C. Zhu, N.A. Barkley, Z. Chen, J.E. Erpelding, S.C. Murray, M.R. Tuinstra, T. Tesso, G.A. Pederson, J. Yu // Theoretical and Applied Genetics. – 2009. – V. 120(1). – P. 13-23.

597. Webster, O.J. Breeding behavior and histological structure of a nondehiscent anther character in *Sorghum vulgare* Pers. / O.J. Webster, S.P. Singh // Crop Science. – 1964. – V.4. – P. 656-658.

598. Wen, L.Y. Mitochondrial gene expression in developing male gametophytes of male-fertile and S male-sterile maize / L.Y. Wen, C.D. Chase // Sexual Plant Reproduction. – 1999. – V. 11. – P. 323-330.

599. Wen, L. Development and mapping of AFLP markers linked to the sorghum fertility restorer gene *rf4* / L. Wen, H.V. Tang, R. Chang, D.R. Pring, P.E. Klein, K.L. Childs, R.R. Klein // Theoretical and Applied Genetics. – 2002. – V. 104. – P. 577-585.

600. Wiersema, J.H. The nomenclature of *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Gramineae) / J.H. Wiersema, J. Dahlberg // Taxon. – 2007. – V. 56. – P. 941-946.

601. Wilhelm, W.W. Crop and soil productivity response to corn residue removal: A literature review / W.W. Wilhelm, J.M.F. Johnson, J.L. Hatfield, W.B. Voorhees, D.R. Linden // Agronomy Journal. – 2004. – V. 96. – P. 1-17.

602. Williams-Alanis, H. Combining ability on iso-genic sorghum in A1 and A2 cytoplasm / H. Williams-Alanis, R. Rodriguez-Herrera // International Sorghum and Millets Newsletter. – 1994. – V. 35. – P. 75.

603. Woodson, J.D. Coordination of gene expression between organellar and

- nuclear genomes / J.D. Woodson, J. Chory // Nature Reviews Genetics. – 2008. – V. 9. – P. 383-395.
604. Worstell, J.V. Relationships among male-sterility – inducing cytoplasm of sorghum / J.V. Worstell, H.J. Kidd, K.F. Schertz // Crop Science. – 1984. – V. 24. – P. 186-189.
605. Wricke, G. Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen / G. Wricke // Zeitschrift für Pflanzenzüchtung. – 1962. – V. 47(1). – P. 92-96.
606. Xu, G.W. Isolation of mitochondrial DNA sequences that distinguish male-sterility-inducing cytoplasm in *Sorghum bicolor* (L.) Moench / G.W. Xu, Y.X. Cui, K.F. Schertz, G.E. Hart // Theoretical and Applied Genetics. – 1995. – V. 90. – P. 1180-1187.
607. Xue, X. Sugar accumulation enhancement in sorghum stem is associated with reduced reproductive sink strength and increased phloem unloading activity / X. Xue, G. Beuchat, J. Wang, Y.-C. Yu, S. Moose, J. Chen, L.-Q. Chen // Frontiers in Plant Science. – 2023. – V. 14. – e.1233813.
608. Yadav, O.P. Performance of pearl millet isonuclear hybrids involving different cytoplasmic male-sterility systems / O.P. Yadav // Plant Breeding. – 1996. – V. 115(2). – P. 140-142.
609. Yadav, S.K. Influence of water deficit at vegetative, anthesis and grain filling stages on water relation and yield in sorghum / S.K. Yadav, N.J. Lakshimi, M.M. Ari, M. Vanaja, B.V. Arlu // Indian journal of Plant Physiology. – 2005. – V. 10. – N 1. – P. 20-24.
610. Yan, P. Interaction of genotype-ecological type-plant spacing configuration in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in China / P. Yan, Y.-H. Song, K.Y. Zhang, Y.-J. Tang, X.-N. Zhao, N. Wang, F.L. Ke, F.-J. Gao, J.-H. li, Y. Gao, W. Yang, F.C. Gao, D.D. Qi, Z. Wang, G.-X. You, F.X. Han, z.-Y. Zhou, G.-Y. Li // Frontiers in Plant Science. – 2023. – V. 13. – e. 1076854.
611. Young, J.B. Effects of cytoplasm on heterosis and combining ability for agronomic traits in rice (*Oryza sativa* L.). / J.B. Young, S.S. Virmani // Euphytica.

– 1990. – V. 48. – P. 177-188.

612. Younis, M.E. Effect of water stress on Growth, Pigments and  $^{14}\text{CO}_2$  Assimilation in Three Sorghum Cultivars / M.E., Younis, O.A. El-Shahaby, S.A. Abo-Hamed, A.H. Ibrahim // Journal of Agronomy and Crop Science. – 2008. – V. 185(2). – P. 73-82.

613. Zargar, M. Productivity of various barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under semi-arid conditions in southern Russia / M. Zargar, G. Bodner, A. Tumanyan, V. Plushikov, E. Pakina, N. Shcherbakova, M. Bayat // Agronomy research. – 2018. – V. 16(5). – P. 2242-2253.

614. Zhang, L.M. Sweet sorghum originated through selection of Dry, a plant-specific NAC transcription factor gene / L.M. Zhang, C.Y. Leng, H. Luo, X.Y. Wu, Z.Q. Liu, Y.M. Zhang et al. // Plant Cell. – 2018. – V. 30(10). – P. 2286–2307.

615. Zhang, M. Single – base resolution methylome of cotton cytoplasmic male sterility system reveals epigenomic changes in response to high-temperature stress during anther development / M. Zhang, X. Zhang, L. Guo, T. Qi, G. Liu, J. Feng, K. Shahzad, B. Zhang, X. Li, H. Wang, H. Tang, X. Qiao, J. Wu, C. Xing // Journal of Experimental Botany. – 2020. – V. 71. – N 3. – P. 951-969.

616. Zhou, F. Correlation and combining ability of main chemical components in sorghum stems and leaves using cytoplasmic male sterile lines for improving biomass feedstocks / F. Zhou, M.L. Wang, C. Tang, Y. Xu, F. Fan, G.H. Xie // Industrial Crop & Product. – 2021. – v. 167. – e. 113552.

617. Zhu, G. Effects of gibberellic acid on water uptake and germination of sweet sorghum seeds under salinity stress / G. Zhu, L. An, X. Jiao, X. Chen, G. Zhou, N. McLaughlin // Chilean Journal of Agricultural Research. – 2019. – V. 79(3). – P.415-424.

618. Zhu, Z.-B. Comparison of Characteristics for Breeding utilization of Isonuclear Alloplasmic liuqianxin A with Four Cytoplasm Sources / Z.-B. Zhu, H.-G. Zhang, C. Liu, P. Li, C.D. Yi, S.Z. Tang, M.-H. Gu // Acta Agronomica Sinica. – 2010. – V. 36(1). – P. 1-8.



## **Приложения**

Приложение 1 – Перечень гибридных комбинаций

Гибриды зернового сорго							
1	А1 О-Янг 1/Меркурий	28	9Е Пищевое 614/ Топаз	55	А3 Ж-10/ Топаз	82	А4 Ж-10/ Восторг
2	А2 КВВ114/ Меркурий	29	А1 О-Янг 1/Волжское615	56	А3 Ж-10/ Факел	83	А4 Ж-10/ Гарант
3	А2 Восторг/ Меркурий	30	А2 КВВ 114/ Волжское615	57	А3 Ж-10/ Аванс	84	А4 Ж-10/ Пищевое35
4	А3Фетерита14/ Меркурий	31	А2 Восторг / Волжское615	58	А3 Ж-10/ Азарт	85	А4 Ж-10/ Л-КСИ 28/13
5	А4 КП 70/ Меркурий	32	А3 Фетерита 14/ Волжское615	59	А3 Ж-10/ Волжское615	86	9Е Ж-10/ Перспективный1
6	М35 П614/ Меркурий	33	А4 КП 70/ Волжское615	60	А3 Ж-10/Гелеофор	87	9Е Ж-10/ Старт
7	9Е П614/ Меркурий	34	М35 Пищевое614/Волжское615	61	А3 Ж-10/ Кремовое	88	9Е Ж-10/ Меркурий
8	А1 О-Янг 1/ Огонек	35	9Е Пищевое 614/ Волжское615	62	А3 Ж-10/ Пищевое 614	89	9Е Ж-10/ Огонек
9	А2 КВВ 114/ Огонек	36	А1 О-Янг 1/Пищевое35	63	А3 Ж-10/ Сармат	90	9Е Ж-10/ Камелик
10	А2 Восторг/ Огонек	37	А2 КВВ 114/ Пищевое35	64	А3 Ж-10/ Восторг	91	9Е Ж-10/ Топаз
11	А3Фетерита14/ Огонек	38	А2 Восторг / Пищевое35	65	А3 Ж-10/ Гарант	92	9Е Ж-10/ Факел
12	А4 КП 70/ Огонек	39	А3 Фетерита 14/ Пищевое35	66	А3 Ж-10/ Пищевое35	93	9Е Ж-10/ Аванс
13	М35 Пищевое 614/ Огонек	40	А4 КП 70/ Пищевое35	67	А3 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	94	9Е Ж-10/ Азарт
14	9Е Пищевое 614/ Огонек	41	М35 Пищевое 614/ Пищевое35	68	А4 Ж-10/ Перспективный1	95	9Е Ж-10/ Волжское615
15	А1 О-Янг 1/Аванс	42	9Е Пищевое 614/ Пищевое35	69	А4 Ж-10/ Старт	96	9Е Ж-10/ Гелеофор
16	А2 КВВ 114/ Аванс	43	А1 О-Янг 1/Волжское4	70	А4 Ж-10/ Меркурий	97	9Е Ж-10/ Кремовое
17	А2 Восторг / Аванс	44	А2 КВВ 114/ Волжское4	71	А4 Ж-10/ Огонек	98	9Е Ж-10/ Пищевое 614
18	А3 Фетерита 14/ Аванс	45	А2 Восторг / Волжское4	72	А4 Ж-10/ Камелик	99	9Е Ж-10/ Сармат
19	А4 КП 70/ Аванс	46	А3 Фетерита 14/ Волжское4	73	А4 Ж-10/ Топаз	100	9Е Ж-10/ Восторг
20	М35 Пищевое 614/ Аванс	47	А4 КП 70/ Волжское4	74	А4 Ж-10/ Факел	101	9Е Ж-10/ Гарант
21	9Е Пищевое 614/ Аванс	48	М35 Пищевое 614/ Волжское4	75	А4 Ж-10/ Аванс	102	9Е Ж-10/ Пищевое35
22	А1 О-Янг 1/Топаз	49	9Е Пищевое 614/ Волжское4	76	А4 Ж-10/ Азарт	103	9Е Ж-10/ Л-КСИ 28/13
23	А2 КВВ 114/ Топаз	50	А3Ж-10/Перспективный1	77	А4 Ж-10/ Волжское615	104	А2 Тамара/Ж10
24	А2 Восторг / Топаз	51	А3 Ж-10/ Старт	78	А4 Ж-10/ Гелеофор	105	А2 КВВ 181/Волжское 615
25	А3 Фетерита 14/ Топаз	52	А3 Ж-10/ Меркурий	79	А4 Ж-10/ Кремовое	106	А2 К4 в./Л-65/14
26	А4 КП 70/ Топаз	53	А3 Ж-10/ Огонек	80	А4 Ж-10/ Пищевое 614	107	А3 К4 в./Л-65/14
27	М35 Пищевое 614/ Топаз	54	А3 Ж-10/ Камелик	81	А4 Ж-10/ Сармат	108	А5 К4 в./Л-65/14

Продолжение приложения 1

109	А1 К4 в./ Аванс	123	А1 К4 в./Гелеофор	137	А1 К4 в./ Волжское615	152	А1 К4в./ Меркурий
110	А2 К4 в./ Аванс	124	А2 К4 в./ Гелеофор	138	А2 К4 в./ Волжское615	153	А2 К4в./ Меркурий
111	А3 К4 в./ Аванс	125	А3 К4 в./ Гелеофор	139	А3 К4 в./ Волжское615	154	А3 К4в./ Меркурий
112	А4 К4 в./ Аванс	126	А4 К4 в./ Гелеофор	140	А4 К4 в./ Волжское615	155	А4 К4в./ Меркурий
113	А5 К4 в./ Аванс	127	А5 К4 в./ Гелеофор	141	А5 К4 в./ Волжское615	156	А5 К4в./ Меркурий
114	А6 К4 в./ Аванс	128	А6 К4 в./ Гелеофор	142	А6 К4 в./ Волжское615	157	А6 К4в./ Меркурий
115	А1 К4 в./Восторг	129	А1 К4 в./Кремовое	143	А1 К4 в./Жемчуг	158	А1 К4 в./Огонек
116	А2 К4 в./ Восторг	130	А2 К4 в./ Кремовое	144	А2 К4 в./ Жемчуг	159	А2 К4 в./ Огонек
117	А3 К4 в./ Восторг	131	А3 К4 в./ Кремовое	145	А3 К4 в./ Жемчуг	160	А3 К4 в./ Огонек
118	А4 К4 в./ Восторг	132	А4 К4 в./ Кремовое	146	А4 К4 в./ Жемчуг	161	А4 К4 в./ Огонек
119	А5 К4 в./ Восторг	133	А5 К4 в./ Кремовое	147	А5 К4 в./ Жемчуг	162	А5 К4 в./ Огонек
120	А6 К4 в./ Восторг	134	А6 К4 в./ Кремовое	148	А6 К4 в./ Жемчуг	163	А6 К4 в./ Огонек
121	А3 Ж-10/Л-50/14	135	А3 Ж-10/Л-65/14	149	А1 К4 в./ Гранат	164	А4 К4 в./Гранат
122	А4 Ж-10/Л-50/14	136	А4 Ж-10/Л-65/14	150	А2 К4 в./ Гранат	165	А5 К4 в./ Гранат
				151	А3 К4 в./ Гранат	166	А6 К4 в./ Гранат
Гибриды сахарного сорго							
167	А3 Ж-10/Волжское51	176	А3 Ж-10/Л-39/12	186	А4 Ж-10/к-64	196	9Е Ж-10/к-64
168	А3 Ж-10/Флагман	177	А3 Ж-10/Л-42/13	187	А4 Ж-10/Л-60/12	197	9Е Ж-10/Л-60/12
169	А3 Ж-10/Чайка	178	А3 Ж-10/Л-59/13	188	А4 Ж-10/Л-39/12	198	9Е Ж-10/Л-39/12
170	А3 Ж-10/Сахара	179	А3 Ж-10/Л-52/13	189	А4 Ж-10/Л-42/13	199	9Е Ж-10/Л-42/13
171	А3 Ж-10/Саратовское90	180	А4 Ж-10/ Волжское51	190	А4 Ж-10/ Кинельское3	200	9Е Ж-10/Л-59/13
172	А3 Ж-10/Камышинское8	181	А4 Ж-10/ Флагман	191	А4 Ж-10/Л-59/13	201	9Е Ж-10/Л-52/13
173	А3 Ж-10/Кинельское3	182	А4 Ж-10/ Чайка	192	А4 Ж-10/Л-52/13	202	9Е Ж-10/ Камышинское 8
174	А3 Ж-10/к-64	183	А4 Ж-10/ Сахара	193	9Е Ж-10/ Волжское51	203	9Е Ж-10/ Кинельское3
175	А3 Ж-10/Л-60/12	184	А4 Ж-10/ Саратовское90	194	9Е Ж-10/ Флагман	204	9Е Ж-10/ Сахара
		185	А4 Ж-10/ Камышинское 8	195	9Е Ж-10/ Чайка	205	9Е Ж-10/ Саратовское90

Приложение 2 – Количество осадков и температура воздуха за вегетационный период сорго. Саратов, 2009-2023 гг.

Год	Месяц, декада													$\Sigma^2$
	май		июнь			июль			август			сентябрь		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
Осадки, мм														
2009	1,5	46,6	11,2	6,5	7,0	12,3	–	19,9	0,5	2,8	31,3	0,3	2,9	<b>142,8</b>
2010	21,8	9,5	–	18,6	–	19,0	–	0,9	–	0,3	0,3	11,0	–	<b>81,4</b>
2011	0,4	4,6	14,0	23,1	25,6	2,0	–	2,3	8,7	1,7	9,5	25,7	17,8	<b>135,4</b>
2012	–	5,0	12,6	22,1	12,0	6,7	18,6	1,9	2,9	20,0	71,9	10,0	6,9	<b>190,6</b>
2013	1,2	10,2	3,7	42,4	94,9	1,3	4,9	31,0	8,8	–	2,3	42,8	14,1	<b>257,6</b>
2014	–	–	3,0	57,0	14,0	10,0	4,0	–	1,0	28,0	5,0	–	–	<b>122,0</b>
2015	11,8	5,6	4,2	0,5	43,8	0,3	26,4	3,5	2,1	2,7	12,3	4,8	–	<b>180,0</b>
2016	44,0	30,0	4,0	4,0	1,0	14,0	0,3	14,0	6,0	2,0	–	9,0	9,0	<b>137,3</b>
2017	45,0	49,0	13,7	14,6	38,4	33,7	11,0	6,6	9,1	–	–	27,8	–	<b>248,9</b>
2018	23,8	4,3	0,6	13,2	0,3	3,1	23,6	60,1	0,3	–	4,1	–	51,2	<b>184,6</b>
2019	–	5,0	18,6	–	2,4	10,4	23,7	15,8	32,1	–	14,5	6,0	3,0	<b>131,5</b>
2020	3,2	24,7	13,8	4,0	63,5	0,9	–	3,8	55,5	12,5	–	–	13,9	<b>195,8</b>
2021	17,8	2,0	59,6	13,4	2,0	12,4	8,5	24,4	–	1,4	1,1	33,0	1,1	<b>176,7</b>
2022	18,3	11,7	30,6	1,0	3,1	32,5	17,1	23,9	–	12,6	–	26,2	12,2	<b>189,2</b>
2023	27,7	9,7	12,5	1,0	45,8	12,5	16,8	11,6	3,0	3,7	18,9	6,0	7,0	<b>176,2</b>
Ср. мног. <sup>1</sup>	14,0	15,0	15,0	15,0	15,0	17,0	17,0	17,0	15,0	15,0	14,0	13,0	13,0	<b>195,0</b>
Температура, °С														
2009	14,3	17,0	21,3	23,4	22,0	18,9	27,2	28,3	18,8	20,8	18,4	19,7	15,7	<b>265,8</b>
2010	17,7	18,0	22,7	23,0	26,8	24,6	27,6	33,3	30,6	27,3	24,3	17,0	17,1	<b>310,0</b>
2011	16,6	19,4	17,6	19,9	21,0	25,4	24,8	28,2	22,5	24,2	18,7	16,9	15,1	<b>270,3</b>
2012	21,4	20,6	20,6	25,5	22,9	23,3	25,4	23,2	27,0	22,4	22,2	14,8	16,2	<b>285,5</b>
2013	21,9	20,1	19,4	21,5	22,0	23,2	22,1	19,0	21,1	23,6	19,8	16,0	13,7	<b>263,4</b>
2014	21,7	21,7	22,8	16,7	17,9	21,7	22,9	21,9	23,6	25,5	20,1	16,8	13,4	<b>266,7</b>
2015	13,1	23,3	20,7	24,5	26,4	23,3	19,7	22,8	21,9	19,7	18,8	17,5	16,1	<b>267,8</b>
2016	13,6	19,5	15,9	22,9	24,1	21,9	26,5	22,4	25,6	25,3	23,4	17,2	11,9	<b>270,2</b>
2017	10,6	15,0	16,0	17,8	20,1	19,9	21,4	23,8	24,3	21,3	21,6	16,4	19,3	<b>247,5</b>
2018	18,4	17,3	15,9	18,7	25,2	25,3	23,9	21,9	23,3	21,7	20,1	20,1	17,8	<b>269,6</b>
2019	19,7	19,4	22,4	22,2	23,6	21,3	20,9	22,1	17,7	21,4	18,6	15,9	15,6	<b>260,8</b>
2020	12,3	15,8	19,5	22,1	18,9	26,3	24,3	22,6	21,4	17,3	20,5	18,1	13,9	<b>253,0</b>
2021	20,4	20,8	17,7	21,0	27,3	23,7	26,5	23,1	25,8	26,6	21,2	15,3	14,1	<b>283,5</b>
2022	11,7	13,0	19,8	21,5	21,7	20,0	23,0	22,0	24,4	23,0	24,7	13,0	13,8	<b>251,6</b>
2023	15,2	20,4	18,7	18,4	17,8	24,2	19,3	22,5	25,3	25,2	17,5	16,8	14,4	<b>255,7</b>
Ср. мног. <sup>1</sup>	15,8	16,3	17,7	19,7	20,8	21,0	21,7	21,4	21,4	19,8	18,6	16,3	14,1	<b>244,6</b>

Примечание: <sup>1</sup> – среднегодевной показатель; <sup>2</sup> $\Sigma$  – сумма.

Приложение 3 – Продолжительность межфазного периода и урожайность семян стерильных линий, 2009-2018 гг.

ЦМС-линия	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Межфазный период «всходы-цветение», сутки										
A2 КВВ 114	56,0	49,3	43,0	43,7	42,3	56,0	56,7	56,0	55,3	54,3
A2 Восторг	51,7	45,0	44,7	46,0	43,3	51,7	47,0	51,3	54,3	51,7
A3 Фетерита 14	52,7	43,7	46,7	48,0	48,0	52,7	50,7	49,0	55,7	55,0
A4 КП 70	52,0	38,0	43,0	46,7	45,3	47,7	44,3	48,3	54,3	47,7
M35 Пищевое 614	52,0	41,0	45,3	49,7	51,7	48,0	49,7	50,0	52,3	47,7
9E Пищевое 614	52,0	40,7	45,3	49,7	51,7	48,0	49,3	50,0	52,7	48,0
A3 Желтозерное 10	53,0	45,7	49,3	45,3	49,7	49,3	49,7	55,3	54,0	52,3
A4 Желтозерное 10	53,0	45,7	49,3	45,3	49,7	49,3	49,7	55,3	54,0	52,3
9E Желтозерное 10	53,0	45,7	49,3	45,3	49,7	49,3	49,7	55,3	54,0	52,7
A2 КВВ 181	49,0	37,3	42,0	43,0	41,3	48,7	43,7	46,0	50,7	46,7
A1 Ефремовское 2	61,3	53,3	58,3	56,3	60,0	57,3	60,3	59,7	62,7	62,7
F <sub>05</sub>	78,16*	185,95*	259,94*	155,75*	294,68*	92,64*	177,91*	342,68*	103,77*	217,47*
НСР <sub>05</sub>	1,04	1,02	0,84	0,88	0,91	1,01	1,06	0,66	0,88	0,91
Урожайность семян, т/га										
A2 КВВ 114	1,80	2,00	1,95	2,12	5,00	4,93	5,06	3,72	5,72	5,88
A2 Восторг	1,62	2,42	2,84	3,08	5,95	5,03	5,23	2,03	4,49	5,25
A3 Фетерита 14	2,67	2,91	3,02	3,13	3,00	4,24	7,13	3,58	6,65	3,74
A4 КП 70	3,15	3,13	3,20	3,40	6,80	3,05	5,72	3,39	5,67	2,89
M35 Пищевое 614	3,00	1,50	1,51	2,77	3,40	2,76	5,04	2,49	4,30	4,74
9E Пищевое 614	3,03	1,61	1,57	3,16	3,20	2,75	5,11	2,72	4,33	4,66
A3 Желтозерное 10	3,75	3,27	2,19	3,74	3,78	4,19	5,83	3,04	3,00	5,48
A4 Желтозерное 10	3,64	3,15	2,18	3,74	3,67	3,69	5,86	3,31	3,02	5,23
9E Желтозерное 10	3,75	2,94	2,21	3,74	3,85	3,98	5,78	3,33	3,10	5,33
A2 КВВ 181	2,35	2,07	2,10	2,83	3,91	3,18	4,56	1,84	4,89	5,04
A1 Ефремовское 2	3,80	3,15	3,31	3,54	3,52	5,80	7,70	4,16	4,14	5,01
F <sub>05</sub>	51,64*	3,59*	2,52*	5,22*	62,94*	17,08*	29,61*	24,59*	77,61*	4,62*
НСР <sub>05</sub>	0,31	1,03	1,16	0,65	0,45	0,71	0,50	0,42	0,40	1,16

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 4 – Высота растений (см) материнских линий сорго, 2009-2018 гг.

ЦМС-линия	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Интенсивность начального роста (высота через 30 дней после всходов)										
A2 KBВ 114	44,0	55,2	40,2	70,0	12,7	52,9	79,5	56,5	46,2	62,8
A2 Восторг	41,9	55,6	32,7	51,0	13,7	49,6	81,7	43,6	35,2	45,2
A3 Фетерита 14	40,0	70,3	37,7	68,0	14,2	43,5	73,7	59,5	39,9	54,5
A4 КП 70	37,7	79,1	24,7	59,0	16,0	41,7	76,6	51,1	40,4	48,8
M35 Пищевое 614	38,4	39,6	32,0	50,3	14,0	41,2	66,6	42,1	28,3	44,3
9E Пищевое 614	33,8	39,3	39,9	52,0	13,7	44,9	65,0	43,6	35,3	46,9
A3 Желтозерное 10	42,1	56,4	55,0	70,5	22,5	60,2	79,8	66,1	42,8	56,6
A4 Желтозерное 10	45,4	56,0	48,0	69,7	19,0	62,9	78,5	67,5	48,4	54,3
9E Желтозерное 10	49,0	57,7	50,7	69,0	21,7	61,2	82,1	65,3	44,4	57,4
A2 KBВ 181	36,9	62,5	25,7	70,0	16,7	50,7	91,3	68,3	46,4	40,3
A1 Ефремовское 2	27,8	59,8	34,3	51,0	12,5	51,1	71,4	44,2	29,3	54,6
F <sub>05</sub>	4,43*	77,89*	9,48*	40,07*	12,39*	60,53*	6,31*	66,30*	8,58*	5,87*
НСР <sub>05</sub>	8,15	3,86	9,41	4,24	2,96	2,96	8,80	3,86	6,92	8,24
Высота при созревании										
A2 KBВ 114	99,4	98,4	111,3	106,3	112,0	120,5	118,7	104,4	111,5	110,8
A2 Восторг	113,0	111,8	121,3	114,7	108,0	135,9	119,2	110,8	128,7	119,1
A3 Фетерита 14	104,6	105,2	100,3	116,7	112,7	145,6	121,3	97,7	153,2	114,2
A4 КП 70	112,6	101,3	110,0	122,3	123,7	125,6	126,7	106,5	121,5	107,0
M35 Пищевое 614	82,4	91,0	90,0	100,7	99,3	102,6	102,1	96,2	99,2	86,1
9E Пищевое 614	88,1	93,0	90,3	97,0	106,3	100,1	107,0	98,8	106,6	97,4
A3 Желтозерное 10	102,2	100,8	115,0	104,5	118,3	125,3	112,0	102,7	117,2	103,7
A4 Желтозерное 10	100,5	100,6	117,3	104,0	120,3	124,8	111,2	102,6	116,9	99,9
9E Желтозерное 10	98,2	99,7	116,7	103,3	118,3	123,2	112,9	102,8	121,2	101,9
A2 KBВ 181	104,2	97,2	94,7	114,0	109,0	109,6	106,0	96,9	111,6	96,6
A1 Ефремовское 2	106,8	120,3	100,7	120,0	138,0	143,5	143,0	132,5	163,3	134,2
F <sub>05</sub>	29,17*	12,73*	12,10*	3,88*	23,51*	16,50*	16,42*	30,28*	121,12*	14,25*
НСР <sub>05</sub>	5,05	6,86	9,57	12,62	6,30	10,86	8,34	5,47	5,17	10,11

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 5 – Площадь листа и выдвинутость ножки соцветия у материнских линий, 2009-2018 гг.

ЦМС-линия	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Площадь наибольшего листа, см <sup>2</sup>										
A2 КВВ 114	118,7	94,8	156,5	149,2	144,6	122,4	143,1	146,2	252,1	179,1
A2 Восторг	105,9	120,0	224,3	157,6	81,2	182,5	130,6	160,9	215,7	154,2
A3 Фетерита 14	103,8	145,8	151,5	134,3	172,9	187,6	129,4	203,6	272,8	172,1
A4 КП 70	194,0	126,6	231,3	196,5	166,2	174,3	147,6	211,9	278,9	148,6
M35 Пищевое 614	148,1	128,0	191,5	138,5	160,9	145,4	127,9	147,6	171,1	113,7
9E Пищевое 614	164,5	145,2	193,2	144,9	153,8	136,4	117,9	150,6	225,9	107,6
A3 Желтозерное 10	137,5	145,3	234,1	169,1	174,3	138,4	130,6	151,3	218,4	158,4
A4 Желтозерное 10	133,0	159,2	237,0	200,7	157,5	115,1	122,8	150,1	203,2	182,2
9E Желтозерное 10	148,4	135,3	231,0	186,9	182,9	131,2	123,3	153,7	206,5	202,5
A2 КВВ 181	84,2	113,6	105,2	107,2	114,3	78,1	98,2	98,2	147,7	124,9
A1 Ефремовское 2	179,1	158,6	205,2	283,6	282,7	263,9	156,9	281,1	330,6	238,6
F <sub>05</sub>	4,92*	3,91*	12,79*	5,56*	10,40*	40,69*	1,87	49,93*	27,26*	8,28*
НСР <sub>05</sub>	44,57	29,37	35,29	59,00	45,25	22,57	–	19,98	29,19	40,04
Выдвинутость ножки, см										
A2 КВВ 114	5,4	2,8	6,7	1,0	7,5	4,8	3,9	13,8	12,7	7,2
A2 Восторг	14,7	10,2	16,7	14,0	15,5	18,9	19,3	12,8	18,7	12,7
A3 Фетерита 14	12,4	17,4	17,0	20,0	16,3	18,1	19,6	15,6	16,2	13,5
A4 КП 70	13,5	18,4	19,7	22,0	20,5	18,8	26,2	22,3	14,9	17,7
M35 Пищевое 614	18,9	18,5	20,7	23,3	24,0	26,9	20,5	21,9	21,6	19,7
9E Пищевое 614	18,5	20,6	20,0	23,3	24,3	26,3	22,0	21,5	18,7	20,6
A3 Желтозерное 10	12,3	12,1	20,3	15,3	19,0	20,9	14,2	10,2	16,7	17,8
A4 Желтозерное 10	11,6	14,5	22,0	17,7	22,0	21,4	13,6	9,7	16,7	15,3
9E Желтозерное 10	13,7	13,1	21,0	17,0	19,0	19,9	17,6	11,7	17,4	17,3
A2 КВВ 181	13,1	10,3	11,3	12,7	13,7	18,7	16,2	10,2	11,9	11,9
A1 Ефремовское 2	12,6	9,7	11,0	10,0	20,0	11,3	13,9	14,5	16,7	11,8
F <sub>05</sub>	25,40*	19,78*	7,85*	9,33*	5,42*	24,10*	9,75*	11,96*	13,65*	10,54*
НСР <sub>05</sub>	2,10	3,42	5,33	6,48	6,22	3,74	5,47	4,13	2,17	3,66

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 6 – Параметры наибольшего листа (см) материнских линий сорго, 2009-2018 гг.

ЦМС-линия	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ширина наибольшего листа										
A2 KBV 114	3,4	3,5	4,3	4,7	4,3	4,2	4,2	4,4	6,5	4,9
A2 Восторг	3,8	4,6	5,2	5,2	3,5	5,4	4,3	5,1	5,7	4,4
A3 Фетерита 14	4,0	5,5	5,3	6,0	5,8	6,2	4,7	5,8	6,9	5,6
A4 КП 70	4,4	5,0	6,0	6,0	6,1	5,4	5,2	5,7	7,3	5,6
M35 Пищевое 614	3,8	4,3	5,2	5,3	4,6	4,5	4,1	4,9	5,3	3,8
9E Пищевое 614	4,1	5,3	4,9	5,3	4,6	4,2	3,8	4,9	6,6	3,8
A3 Желтозерное 10	3,1	4,3	5,3	5,3	4,5	4,1	3,7	4,1	5,3	4,2
A4 Желтозерное 10	3,0	4,2	5,5	5,7	4,1	3,7	3,6	3,9	5,0	4,7
9E Желтозерное 10	3,3	4,0	5,4	5,5	4,7	4,1	3,6	4,0	5,0	4,9
A2 KBV 181	3,6	4,4	4,0	4,2	4,3	3,1	3,7	3,4	4,5	4,2
A1 Ефремовское 2	4,3	4,7	5,3	6,8	6,0	6,1	4,5	6,0	6,6	5,8
F <sub>05</sub>	4,16*	5,55*	6,60*	2,45*	7,27*	65,84*	3,20*	73,97*	30,13*	9,40*
НСР <sub>05</sub>	0,70	0,73	0,63	1,32	0,91	0,37	0,84	0,28	0,50	0,67
Длина наибольшего листа										
A2 KBV 114	45,9	36,2	48,3	42,7	44,8	38,7	45,6	44,5	51,7	49,2
A2 Восторг	37,0	34,9	58,3	40,5	30,5	45,6	40,7	42,6	50,9	46,6
A3 Фетерита 14	34,7	35,3	38,1	30,0	40,1	40,4	36,9	47,3	53,3	41,4
A4 КП 70	58,6	33,7	51,5	43,7	37,0	42,9	37,9	49,9	51,4	35,7
M35 Пищевое 614	52,8	39,6	49,6	34,7	47,0	42,9	40,9	40,4	43,0	39,7
9E Пищевое 614	53,0	37,1	53,5	36,3	45,3	43,9	40,9	40,9	45,6	37,9
A3 Желтозерное 10	59,5	45,3	59,0	43,3	51,7	44,7	47,6	49,5	55,6	50,5
A4 Желтозерное 10	59,4	51,1	57,5	47,0	51,0	42,1	45,4	50,7	55,0	52,1
9E Желтозерное 10	60,9	45,1	58,1	48,5	51,5	43,2	46,3	51,1	55,8	54,8
A2 KBV 181	32,9	34,4	35,1	34,7	35,7	34,1	35,9	38,3	44,0	39,9
A1 Ефремовское 2	55,3	45,2	51,6	55,7	62,0	57,7	46,7	63,1	66,7	54,9
F <sub>05</sub>	15,23*	14,03*	15,22*	6,30*	15,50*	12,04*	8,17*	48,55*	16,64*	11,35*
НСР <sub>05</sub>	8,02	4,63	6,06	8,65	6,71	4,88	4,37	2,94	4,80	6,15

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .



Приложение 7 – Параметры соцветия (см) материнских линий сорго, 2009-2018 гг.

ЦМС-линия	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Длина соцветия										
A2 KBВ 114	22,7	23,7	20,3	21,7	18,5	19,1	20,3	20,5	18,4	24,8
A2 Восторг	22,1	24,3	23,5	24,7	20,1	21,2	22,9	22,7	24,3	23,7
A3 Фетерита 14	14,8	13,2	13,8	15,3	14,1	12,6	14,8	10,7	13,4	14,5
A4 КП 70	25,2	24,4	25,8	27,0	22,5	25,4	26,9	19,4	24,8	23,7
M35 Пищевое 614	17,9	23,0	21,0	23,3	23,7	20,6	24,4	15,9	20,0	21,5
9E Пищевое 614	19,7	24,7	17,7	22,0	23,3	23,2	21,0	16,3	18,9	24,2
A3 Желтозерное 10	15,5	17,7	19,2	17,5	19,0	17,7	19,3	16,3	18,2	19,2
A4 Желтозерное 10	14,9	16,9	20,7	19,3	19,0	17,9	19,0	15,3	18,6	20,1
9E Желтозерное 10	15,6	18,8	19,7	19,5	17,8	20,0	18,7	16,8	19,6	19,9
A2 KBВ 181	17,9	19,5	19,3	20,7	18,5	18,0	20,1	15,0	18,1	19,6
A1 Ефремовское 2	22,8	26,4	24,3	24,7	19,5	21,8	23,9	21,2	27,0	22,9
F <sub>05</sub>	10,24*	22,51*	6,84*	5,44*	26,90*	52,56*	13,88*	49,56*	51,39*	17,43*
НСР <sub>05</sub>	3,41	2,58	3,71	4,33	1,56	1,36	2,62	1,43	1,57	2,10
Ширина соцветия										
A2 KBВ 114	8,4	3,9	8,7	7,3	5,0	9,5	7,8	8,2	9,5	7,9
A2 Восторг	6,9	6,8	8,5	9,3	6,1	9,1	9,3	11,7	5,4	10,1
A3 Фетерита 14	6,2	5,0	5,7	6,0	5,2	7,7	6,1	4,9	7,2	6,7
A4 КП 70	4,6	5,4	4,7	6,7	6,2	6,3	5,3	6,6	6,9	5,8
M35 Пищевое 614	5,9	5,2	5,7	9,3	9,0	8,9	15,5	9,9	7,9	9,6
9E Пищевое 614	5,8	5,2	6,0	9,3	7,7	6,8	12,2	9,7	9,5	11,2
A3 Желтозерное 10	6,5	5,3	7,5	6,5	8,5	7,5	9,1	5,5	7,9	8,7
A4 Желтозерное 10	6,7	5,4	7,0	9,3	8,2	5,7	8,3	5,6	7,4	9,0
9E Желтозерное 10	8,1	6,3	7,5	8,0	8,0	6,3	7,1	6,3	8,4	9,2
A2 KBВ 181	13,1	5,5	5,8	6,0	5,7	10,2	6,2	6,4	6,1	7,5
A1 Ефремовское 2	6,3	7,5	10,8	11,7	10,5	12,3	11,5	11,1	9,3	9,7
F <sub>05</sub>	19,23*	1,86	20,04*	5,90*	4,17*	5,51*	8,84*	85,00*	6,77*	8,77*
НСР <sub>05</sub>	1,50	–	1,17	2,27	2,52	2,48	3,03	0,77	1,53	1,58

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 8 – Основные признаки материнских линий, 2014-2019 гг.

ЦМС-линия	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Межфазный период «всходы-цветение», сутки						
A2 Тамара	45,0	42,7	48,3	52,3	46,0	46,7
A1 Карлик 4в.	49,0	50,0	52,7	54,0	47,3	45,3
A2 Карлик 4в.	49,0	50,0	52,7	53,7	47,0	45,3
A3 Карлик 4в.	49,0	50,0	53,3	54,0	47,7	45,3
A4 Карлик 4в.	49,0	50,0	52,7	54,0	47,0	45,3
A5 Карлик 4в.	49,0	50,0	53,0	54,3	47,7	45,5
A6 Карлик 4в.	49,0	50,0	52,7	54,3	47,7	45,5
A1 О-Янг 1	47,7	45,7	50,7	51,0	44,0	45,7
A2 Кремовое	47,0	42,3	50,0	50,7	45,3	44,3
A2 Судзерн	45,0	43,7	43,0	51,0	44,7	44,0
F <sub>05</sub>	250,21*	166,68*	143,92*	38,29*	36,12*	18,09*
НСР <sub>05</sub>	0,31	0,78	0,79	0,73	0,66	0,50
Интенсивность начального роста, см						
A2 Тамара	51,5	42,0	46,6	36,6	39,4	51,8
A1 Карлик 4в.	49,3	71,5	27,9	27,2	46,8	58,3
A2 Карлик 4в.	48,4	69,2	27,2	33,2	44,3	64,2
A3 Карлик 4в.	49,2	68,0	27,6	34,8	41,3	53,9
A4 Карлик 4в.	49,4	65,6	25,8	38,0	45,8	56,5
A5 Карлик 4в.	49,4	68,1	26,8	34,9	42,6	53,0
A6 Карлик 4в.	49,3	71,3	27,9	34,3	39,4	53,5
A1 О-Янг 1	57,0	90,6	57,1	56,6	60,3	65,2
A2 Кремовое	50,4	82,6	48,0	46,7	45,1	59,6
A2 Судзерн	61,2	88,4	73,8	40,5	63,9	86,4
F <sub>05</sub>	8,42*	52,37*	189,20*	15,74*	8,21*	6,92*
НСР <sub>05</sub>	4,62	4,05	3,61	6,12	8,73	11,34
Высота при созревании, см						
A2 Тамара	88,8	92,0	74,7	88,3	82,9	74,5
A1 Карлик 4в.	83,9	81,2	68,5	64,2	71,6	75,8
A2 Карлик 4в.	82,6	79,6	66,9	69,1	67,9	75,4
A3 Карлик 4в.	84,2	82,8	66,9	71,4	71,5	72,7
A4 Карлик 4в.	84,1	77,9	68,6	69,6	67,9	74,9
A5 Карлик 4в.	84,1	81,5	65,1	72,5	69,2	73,4
A6 Карлик 4в.	83,7	83,6	63,9	72,4	65,9	73,7
A1 О-Янг 1	136,4	110,9	103,0	135,3	97,2	89,0
A2 Кремовое	135,5	127,8	111,6	138,7	111,9	119,7
A2 Судзерн	128,6	119,9	124,0	145,6	139,4	129,2
F <sub>05</sub>	234,32*	166,51*	521,94*	128,15*	222,07*	148,16*
НСР <sub>05</sub>	4,62	4,28	2,92	8,71	4,87	5,12
Урожайность семян, т/га						
A2 Тамара	3,90	5,50	3,56	5,56	4,22	3,52
A1 Карлик 4в.	2,85	4,40	3,13	2,83	2,52	1,94
A2 Карлик 4в.	3,05	4,60	3,23	2,53	2,53	1,99
A3 Карлик 4в.	2,96	4,50	3,26	3,07	2,50	1,98
A4 Карлик 4в.	2,80	4,35	3,32	2,80	2,44	2,05
A5 Карлик 4в.	2,87	4,45	3,46	2,76	2,45	2,06
A6 Карлик 4в.	2,92	4,36	3,24	2,87	2,58	2,13
A1 О-Янг 1	3,00	5,29	3,77	3,94	3,82	2,18
A2 Кремовое	3,40	3,55	3,52	5,24	3,62	1,99
A2 Судзерн	3,50	7,07	3,72	2,82	4,91	2,16
F <sub>05</sub>	8,21*	40,97*	4,15*	38,83*	8,14*	4,22*
НСР <sub>05</sub>	0,37	0,44	0,32	0,52	0,94	0,68

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 9 – Размер соцветия и выдвинутости ножки (см) ЦМС-линий,  
2014-2019 гг.

ЦМС-линия	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Длина соцветия						
A2 Тамара	17,5	22,8	14,2	21,9	23,2	21,8
A1 Карлик 4в.	21,7	30,0	19,2	21,1	21,4	23,7
A2 Карлик 4в.	20,9	28,8	18,9	22,0	21,5	23,9
A3 Карлик 4в.	20,8	30,7	18,9	23,2	20,9	22,2
A4 Карлик 4в.	21,3	31,2	18,5	22,6	21,2	23,5
A5 Карлик 4в.	21,1	31,7	19,7	23,5	23,5	23,5
A6 Карлик 4в.	21,2	29,7	17,5	23,8	23,1	23,5
A1 О-Янг 1	21,2	23,7	18,9	21,7	25,0	19,9
A2 Кремовое	20,7	22,2	21,1	26,4	24,7	22,4
A2 Судзерн	16,6	18,0	12,8	20,3	21,3	22,3
F <sub>05</sub>	1,62	20,74*	13,22*	5,29*	2,87*	2,33
HCP <sub>05</sub>	–	3,11	2,08	2,20	2,63	–
Ширина соцветия						
A2 Тамара	10,5	17,0	7,7	8,2	10,7	10,8
A1 Карлик 4в.	8,5	22,3	7,4	8,0	5,2	12,9
A2 Карлик 4в.	8,2	21,6	5,8	7,9	4,7	13,9
A3 Карлик 4в.	8,0	22,5	6,1	7,1	5,2	10,3
A4 Карлик 4в.	7,7	22,5	8,1	6,8	4,8	12,3
A5 Карлик 4в.	8,0	22,7	8,8	7,2	4,2	11,4
A6 Карлик 4в.	8,2	20,7	8,7	7,9	5,5	11,2
A1 О-Янг 1	11,0	7,6	9,0	10,0	9,6	9,4
A2 Кремовое	13,3	16,2	11,9	16,5	16,6	10,4
A2 Судзерн	11,0	11,1	9,0	11,5	10,9	5,5
F <sub>05</sub>	17,21*	32,07*	3,69*	46,82*	162,78*	16,46*
HCP <sub>05</sub>	1,35	2,81	2,65	1,29	0,94	1,68
Выдвинутость ножки соцветия						
A2 Тамара	19,3	22,5	11,1	14,8	10,9	14,4
A1 Карлик 4в.	10,0	4,3	7,5	8,8	19,5	13,4
A2 Карлик 4в.	10,6	5,3	8,7	7,2	13,7	11,8
A3 Карлик 4в.	10,7	4,8	7,5	9,8	19,2	15,0
A4 Карлик 4в.	10,2	4,2	8,5	8,9	12,2	12,7
A5 Карлик 4в.	12,1	6,0	6,3	9,0	14,8	12,0
A6 Карлик 4в.	11,2	4,3	6,9	9,9	16,8	14,2
A1 О-Янг 1	4,5	7,3	3,6	9,3	5,9	6,3
A2 Кремовое	18,6	21,9	13,6	25,3	15,9	13,1
A2 Судзерн	16,8	21,8	19,4	27,3	21,0	19,0
F <sub>05</sub>	21,88*	70,86*	23,68*	94,60*	9,11*	5,26*
HCP <sub>05</sub>	2,88	2,89	2,70	2,22	4,49	4,11

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 10 – Размер наибольшего листа материнских линий сорго,  
2014-2019 гг.

ЦМС-линия	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Длина, см						
A2 Тамара	44,8	37,1	43,6	50,3	41,3	32,6
A1 Карлик 4в.	36,9	48,6	37,5	40,7	34,9	32,7
A2 Карлик 4в.	39,5	50,8	34,4	40,9	32,0	37,8
A3 Карлик 4в.	37,0	52,6	33,5	40,0	38,2	37,3
A4 Карлик 4в.	38,6	46,3	37,9	38,6	34,7	38,1
A5 Карлик 4в.	39,1	48,4	34,7	40,0	31,3	30,3
A6 Карлик 4в.	37,8	52,0	39,5	41,5	38,4	32,5
A1 О-Янг 1	46,3	43,4	43,3	46,8	40,2	35,5
A2 Кремовое	42,2	29,4	42,7	43,2	36,4	33,5
A2 Судзерн	41,5	28,1	40,1	32,9	41,1	33,9
F <sub>05</sub>	5,04*	42,62*	6,20*	5,64*	2,94*	3,44*
НСР <sub>05</sub>	4,41	4,13	4,47	5,85	6,21	4,20
Ширина, см						
A2 Тамара	4,6	4,1	4,8	4,9	4,4	3,8
A1 Карлик 4в.	5,2	5,7	3,9	4,5	4,1	5,0
A2 Карлик 4в.	5,0	6,0	4,0	4,6	3,9	5,4
A3 Карлик 4в.	5,1	5,6	3,9	4,3	4,0	5,0
A4 Карлик 4в.	5,2	5,4	4,1	4,3	4,5	5,4
A5 Карлик 4в.	5,2	5,6	3,9	4,4	4,2	4,6
A6 Карлик 4в.	5,1	5,9	4,2	4,6	4,2	5,3
A1 О-Янг 1	4,7	5,4	5,6	4,7	5,6	5,3
A2 Кремовое	4,9	3,8	5,5	4,7	4,7	4,4
A2 Судзерн	3,9	2,9	4,2	3,9	3,7	3,7
F <sub>05</sub>	3,86*	14,77*	27,44*	0,55	2,82*	24,18*
НСР <sub>05</sub>	0,62	0,79	0,37	–	0,93	0,39
Площадь, см <sup>2</sup>						
A2 Тамара	155,1	115,6	156,0	185,3	135,5	92,0
A1 Карлик 4в.	144,3	208,0	108,2	136,9	105,6	122,3
A2 Карлик 4в.	148,2	228,9	103,2	140,9	94,9	152,9
A3 Карлик 4в.	140,1	219,3	100,0	127,7	115,0	139,5
A4 Карлик 4в.	149,9	192,7	116,0	124,2	118,5	152,3
A5 Карлик 4в.	152,1	202,7	108,7	130,5	99,1	103,4
A6 Карлик 4в.	145,5	228,4	124,9	142,5	120,4	128,4
A1 О-Янг 1	148,7	140,5	181,9	198,5	169,8	142,8
A2 Кремовое	153,8	84,4	176,5	150,5	126,9	109,9
A2 Судзерн	120,6	62,8	125,7	97,0	112,4	93,7
F <sub>05</sub>	1,19	24,64*	16,47*	7,73*	2,84*	9,53*
НСР <sub>05</sub>	–	36,84	22,25	31,51	37,80	22,25

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 11 – Содержание хлорофиллов (мг/г) в листьях материнских форм с геномом Желтозерного 10 и Пищевого 614, 2010 г.

ЦМС-линия (фактор А)	Фаза развития растений (фактор В)	Хлорофиллы			
		<i>a</i>	<i>b</i>	$\sum ab^1$	$a/b^2$
А3 Желтозерное10	кущение	0,90	0,48	1,38	1,88
	выметывание	0,81	0,19	0,99	4,26
<b>Среднее:</b>		<b>0,85</b>	<b>0,33</b>	<b>1,19</b>	<b>3,07</b>
А4 Желтозерное10	кущение	0,91	0,47	1,38	1,94
	выметывание	0,90	0,22	1,13	4,09
<b>Среднее:</b>		<b>0,90</b>	<b>0,35</b>	<b>1,25</b>	<b>3,01</b>
9Е Желтозерное10	кущение	0,90	0,47	1,37	1,91
	выметывание	0,80	0,18	0,98	4,44
<b>Среднее:</b>		<b>0,85</b>	<b>0,33</b>	<b>1,18</b>	<b>3,17</b>
М35-1А Пищевое 614	кущение	0,89	0,49	1,38	1,82
	выметывание	0,79	0,25	1,04	3,16
<b>Среднее:</b>		<b>0,84</b>	<b>0,37</b>	<b>1,21</b>	<b>2,49</b>
9Е Пищевое 614	кущение	0,89	0,48	1,37	1,85
	выметывание	0,80	0,26	1,06	3,08
<b>Среднее:</b>		<b>0,84</b>	<b>0,37</b>	<b>1,21</b>	<b>2,46</b>
Среднее по фазам развития растений:					
	кущение	0,90	0,48	1,38	1,88
	выметывание	0,82	0,22	1,04	3,80
F <sub>05(A)</sub>		0,15	0,34	0,08	0,44
F <sub>05(B)</sub>		1,53*	66,48*	12,97*	13,42*
F <sub>05(AB)</sub>		0,08	0,21	0,08	0,37

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . <sup>1</sup> – сумма хлорофиллов; <sup>2</sup> – отношение пигментов *a* и *b*.

Приложение 12 – Содержание хлорофилла (мг/г) в листьях гибридов F1 с А3, А4, 9Е типами стерильных цитоплазм, 2010 г.

ЦМС- линия (фактор А)	Опылитель (фактор В)	Фазы развития растений (фактор С)	Хлорофиллы			
			<i>a</i>	<i>b</i>	$\Sigma ab^1$	$a/b^2$
А3 Желто- зерное 10	Меркурий	кущение	1,12 hi	0,54 fg	1,66 i	2,07 a
		выметывание	0,55 cd	0,07 a	0,62 d	7,86 d
	Пищевое 35	кущение	0,87fgj	0,39 bc	1,26 f	2,23 a
		выметывание	0,14 a	0,05 a	0,19 a	2,80 ab
<b>Среднее по гибридам с цитоплазмой А3:</b>			<b>0,67</b>	<b>0,26</b>	<b>0,93</b>	<b>3,73</b>
А4 Желто- зерное 10	Меркурий	кущение	0,97 ghi	0,56 g	1,53 ghi	1,73 a
		выметывание	0,56 d	0,08 a	0,64 d	7,00 cd
	Пищевое 35	кущение	1,02ghi	0,52 d-g	1,54 hi	1,96 a
		выметывание	0,25 a	0,14 a	0,39 bc	1,79 a
<b>Среднее по гибридам с цитоплазмой А4:</b>			<b>0,71</b>	<b>0,32</b>	<b>1,03</b>	<b>3,12</b>
9Е Желто- зерное 10	Меркурий	кущение	1,12 i	0,53 efg	1,65 i	2,11 a
		выметывание	0,51bcd	0,07 a	0,58 cd	7,29bcd
	Пищевое 35	кущение	0,82 efg	0,42 cde	1,24 ef	1,95 a
		выметывание	0,19 a	0,08 a	0,27 ab	2,38 a
<b>Среднее по гибридам с цитоплазмой 9Е:</b>			<b>0,68</b>	<b>0,28</b>	<b>0,94</b>	<b>3,43</b>
Среднее по гибридам с опылителями:						
Меркурий			0,81	0,31	1,11	5,19
Пищевое 35			0,55	0,27	0,82	2,19
Среднее по фазам развития растений:						
		кущение	0,99	0,50	1,48	2,01
		выметывание	0,37	0,08	0,45	5,37
F <sub>05(A)</sub>			2,82	5,23*	8,41*	1,78
F <sub>05(B)</sub>			48,91*	6,08*	95,29*	21,52*
F <sub>05(C)</sub>			261,73*	572,73*	1052,57*	26,39*
F <sub>05(ABC)</sub>			1,67	0,15	2,65	0,31

Примечания: \* $p \leq 0,05$ . <sup>1</sup>– сумма хлорофиллов; <sup>2</sup>– отношение пигментов *a* и *b*. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 13 – Проявление гетерозиса (%) и наследование содержания пигментов в листьях у гибридов F1 в фазы кущения и выметывания, 2010 г.

Комбинация скрещивания	Кущение			Выметывание		
	hp <sup>1</sup>	Г <sub>ист.</sub> <sup>2</sup>	Г <sub>гип.</sub> <sup>3</sup>	hp	Г <sub>ист.</sub>	Г <sub>гип.</sub>
<b>Хлорофилл <i>a</i></b>						
А3 Желтозерное 10/Меркурий	-0,22	-22,8	-5,1	-2,58	-52,6	-44,4
А4 Желтозерное 10/Меркурий	-0,78	-33,1	-17,8	-3,62	-51,7	-45,6
9Е Желтозерное 10/Меркурий	-0,22	-22,8	-5,1	-2,61	-56,0	-47,9
А3 Желтозерное 10/Пищевое 35	0,79	-3,3	11,5	-12,17	-85,0	-83,9
А4 Желтозерное 10/Пищевое 35	1,92	12,1	29,1	-67,0	-67,0	-72,8
9Е Желтозерное 10/Пищевое 35	0,33	-8,9	5,1	-11,33	-11,3	-78,2
<b>Хлорофилл <i>b</i></b>						
А3 Желтозерное 10/Меркурий	3,00	12,5	20,0	-1,72	-87,5	-81,6
А4 Желтозерное 10/Меркурий	4,00	19,1	27,3	-1,82	-85,7	-79,5
9Е Желтозерное 10/Меркурий	3,00	12,8	20,5	-1,58	-87,5	-81,1
А3 Желтозерное 10/Пищевое 35	-1,59	-53,0	-4,09	-4,75	-82,1	-79,2
А4 Желтозерное 10/Пищевое 35	-0,72	-37,3	-20,0	-3,67	-50,0	-44,0
9Е Желтозерное 10/Пищевое 35	-1,28	-49,4	-35,4	-3,00	-71,4	-65,2
<b>Сумма хлорофиллов</b>						
А3 Желтозерное 10/Меркурий	0,16	-10,8	2,5	-2,08	-64,2	-54,7
А4 Желтозерное 10/Меркурий	-0,36	-17,7	-5,6	-2,63	-63,0	-55,2
9Е Желтозерное 10/Меркурий	0,16	-11,3	2,5	-2,11	-66,5	-57,4
А3 Желтозерное 10/Пищевое 35	-3,60	-15,4	-12,5	-9,20	-84,3	-82,9
А4 Желтозерное 10/Пищевое 35	2,00	3,4	6,9	-19,50	-67,8	-66,7
9Е Желтозерное 10/Пищевое 35	-3,17	-16,8	-13,3	-7,55	-77,7	-75,5

Примечание: <sup>1</sup> – Коэффициент фенотипического доминирования; <sup>2</sup> – Истинный гетерозис, %; <sup>3</sup> – Гипотетический гетерозис, %.

Приложение 14 – Содержание хлорофилла (мг/г) в листьях гибридов F1 с М35 и 9Е типами стерильных цитоплазм, 2010 г.

ЦМС-линия (фактор А)	Опылитель (фактор В)	Фазы развития растений (фактор С)	Хлорофиллы			
			<i>a</i>	<i>b</i>	$\Sigma ab^1$	$a/b^2$
М35 Пищевое 614	Меркурий	кущение	1,76f	0,43	2,19cd	4,09
		выметывание	0,98b	0,19	1,87b	3,56
	Пищевое 35	кущение	1,76ef	0,89	2,65e	1,98
		выметывание	0,86b	0,18	2,34d	2,21
<b>Среднее по гибридам с цитоплазмой М35:</b>			<b>1,33</b>	<b>0,42</b>	<b>1,76</b>	<b>4,02</b>
9Е Пищевое 614	Меркурий	кущение	1,46cd	0,41	1,17a	5,15
		выметывание	0,68a	0,21	0,89a	5,01
	Пищевое 35	кущение	1,61def	0,73	1,03a	4,89
		выметывание	0,81ab	0,17	0,99a	4,87
<b>Среднее по гибридам с цитоплазмой 9Е:</b>			<b>1,14</b>	<b>0,38</b>	<b>1,52</b>	<b>3,91</b>
Среднее по гибридам с опылителями:						
Меркурий			1,22	0,31	1,53	4,45
Пищевое 35			1,26	0,49	1,75	3,48
Среднее по фазам развития растений:						
Кущение			1,65	0,62	2,26	2,96
Выметывание			0,83	0,19	1,02	4,98
F <sub>05(A)</sub>			110,96*	2,69	68,86*	0,23
F <sub>05(B)</sub>			74,17*	6,49	66,44*	0,68
F <sub>05(C)</sub>			725,97*	24,88*	517,15*	2,24
F <sub>05(ABC)</sub>			0,74	0,10	0,95	0,01

Примечания: \* $p \leq 0,05$ . <sup>1</sup> – сумма хлорофиллов; <sup>2</sup> – отношение пигментов *a* и *b*. Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 15 – Гетерозис (%) у гибридов F1 на основе М35 и 9Е цитоплазм по содержанию пигментов в листьях в фазы кущения и выметывания, 2010 г.

Комбинация скрещивания	Кущение			Выметывание		
	hp <sup>1</sup>	Г <sub>ист.</sub> <sup>2</sup>	Г <sub>гип.</sub> <sup>3</sup>	hp	Г <sub>ист.</sub>	Г <sub>гип.</sub>
<b>Хлорофилл <i>a</i></b>						
М35 Пищевое 614/Меркурий	2,1	21,4	50,4	0,0	-15,5	0,0
9Е Пищевое 614 /Меркурий	1,0	0,7	24,8	-1,7	-41,4	-30,6
М35 Пищевое 614/Пищевое 35	8,9	97,8	125,6	0,0	-7,5	0,0
9Е Пищевое 614/Пищевое 35	7,6	80,9	106,4	-1,0	-12,9	-6,9
<b>Хлорофилл <i>b</i></b>						
М35 Пищевое 614/Меркурий	-0,5	-12,2	-4,4	-1,5	-66,1	-53,7
9Е Пищевое 614 /Меркурий	-1,3	-14,6	-8,9	-1,3	-62,5	-48,8
М35 Пищевое 614/Пищевое 35	1,4	7,2	34,8	-9,0	-35,7	-33,3
9Е Пищевое 614/Пищевое 35	0,4	-12,1	10,6	-10,0	-39,3	-37,0
<b>Сумма хлорофиллов</b>						
М35 Пищевое 614/Меркурий	2,4	17,7	35,2	-0,7	-32,4	-15,8
9Е Пищевое 614 /Меркурий	1,0	0,5	15,4	-1,6	-48,6	-36,4
М35 Пищевое 614/Пищевое 35	24,2	77,9	84,0	-1,3	-14,9	-8,9
9Е Пищевое 614/Пищевое 35	15,2	57,0	63,6	-2,1	-18,2	-13,2

Примечание: <sup>1</sup> – Коэффициент фенотипического доминирования; <sup>2</sup> – Истинный гетерозис, %; <sup>3</sup> – Гипотетический гетерозис, %.

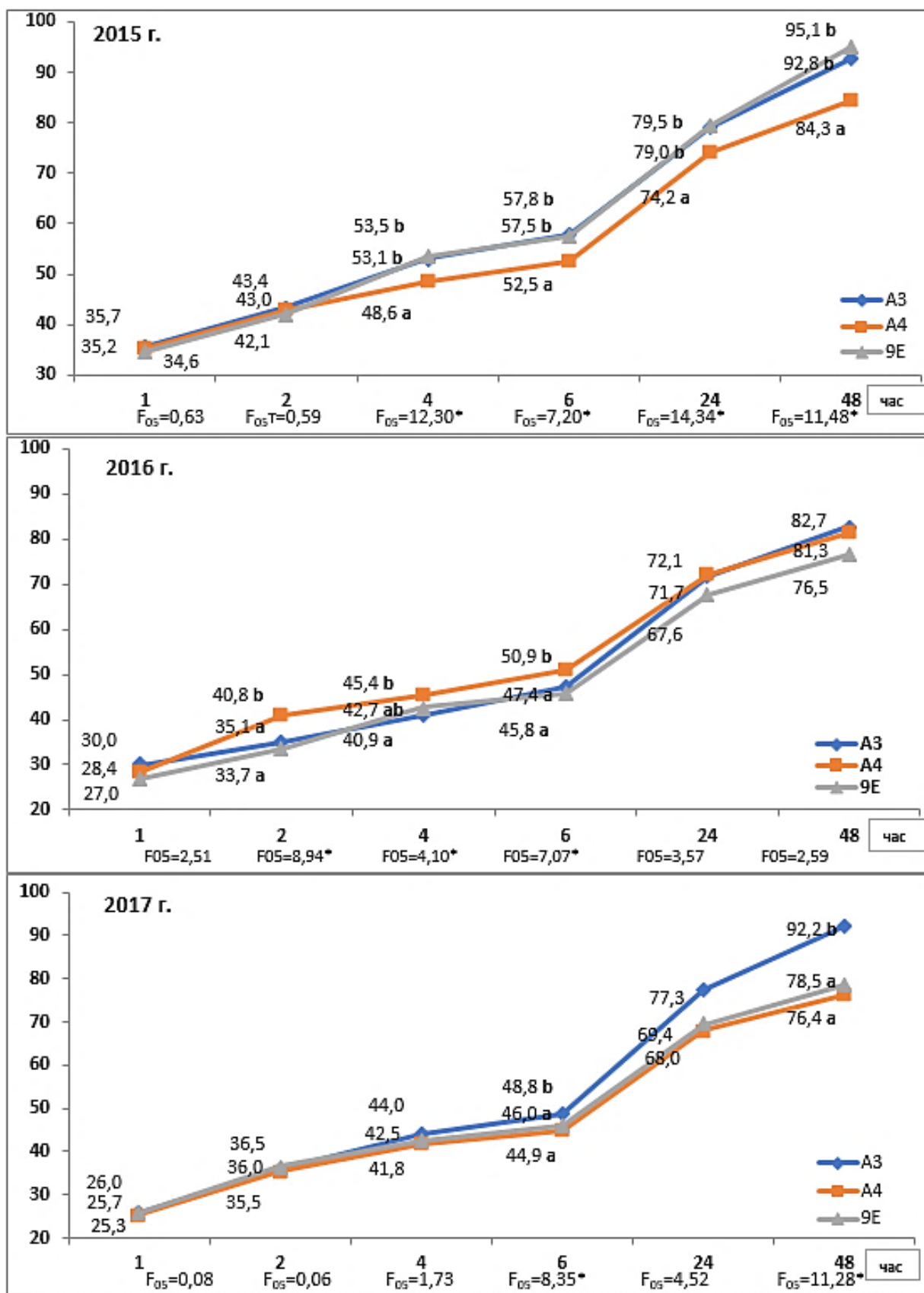


Приложение 16 – Набухание семян ЦМС-линий в растворах осмотиков, 2015-2017 гг.

ЦМС-линия и вариант опыта (фактор А)		Время экспозиции (фактор В), час						Среднее
		1	2	4	6	24	48	
2015 г.								
А3 Желтозерное 10	H <sub>2</sub> O	35,6	44,2	52,9	58,7	80,3	101,0	<b>62,1 ef</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	36,8	44,1	55,5	58,8	79,8	91,3	<b>62,7 f</b>
	KNO <sub>3</sub>	34,8	42,0	51,0	55,9	76,9	86,2	<b>57,8 abc</b>
А4 Желтозерное 10	H <sub>2</sub> O	35,1	42,6	49,5	53,0	77,1	86,9	<b>57,4 abc</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	34,1	42,1	48,7	52,9	73,4	83,1	<b>55,7 a</b>
	KNO <sub>3</sub>	36,4	44,2	47,7	51,6	72,0	82,9	<b>55,8 a</b>
9Е Желтозерное 10	H <sub>2</sub> O	33,3	42,2	55,3	59,0	79,7	102,7	<b>62,0 def</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	35,0	40,5	53,1	54,6	79,6	92,7	<b>59,3 b-e</b>
	KNO <sub>3</sub>	35,5	43,7	52,2	58,8	79,2	90,0	<b>59,9 c-f</b>
Среднее		<b>36,3 a</b>	<b>42,8 b</b>	<b>51,8 c</b>	<b>55,9 d</b>	<b>77,6 e</b>	<b>90,8 f</b>	
F <sub>05(A)</sub> =6,46 *; F <sub>05(B)</sub> =582,34*; F <sub>05(AB)</sub> =1,50; НСР <sub>05(A)</sub> =2,97; НСР <sub>05(B)</sub> =2,42								
2016 г.								
А3 Желтозерное 10	H <sub>2</sub> O	31,3	37,6	46,1	48,7	71,9	82,9	<b>53,1 e</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	30,1	34,8	39,3	47,1	72,1	86,0	<b>51,6 b-e</b>
	KNO <sub>3</sub>	28,8	32,8	37,2	46,3	71,2	79,1	<b>49,2 ab</b>
А4 Желтозерное 10	H <sub>2</sub> O	29,8	38,6	44,4	49,4	75,9	84,8	<b>53,8 e</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	25,7	39,2	45,1	53,4	70,6	84,1	<b>53,0 de</b>
	KNO <sub>3</sub>	29,5	44,4	46,7	49,8	69,9	75,0	<b>52,5 cde</b>
9Е Желтозерное 10	H <sub>2</sub> O	27,7	31,9	45,2	47,6	68,1	78,9	<b>49,9 ab</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	25,9	37,6	43,5	44,8	68,0	73,8	<b>48,9 a</b>
	KNO <sub>3</sub>	27,5	31,6	39,5	45,0	66,7	76,9	<b>47,9 a</b>
Среднее		<b>28,5 a</b>	<b>36,5 b</b>	<b>43,0 c</b>	<b>48,0 d</b>	<b>70,5 e</b>	<b>80,2 f</b>	
F <sub>05(A)</sub> =6,55 *; F <sub>05(B)</sub> =849,85*; F <sub>05(AB)</sub> =1,84; НСР <sub>05(A)</sub> =2,35; НСР <sub>05(B)</sub> =1,92; НСР <sub>05(AB)</sub> =5,77								
2017 г.								
А3 Желтозерное 10	H <sub>2</sub> O	27,3	38,5	43,7	49,2	83,2	100,8	<b>57,1 e</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	29,0	34,9	41,8	44,2	70,1	82,9	<b>50,5 bc</b>
	KNO <sub>3</sub>	21,7	34,6	46,6	52,9	78,7	92,8	<b>54,5 d</b>
А4 Желтозерное 10	H <sub>2</sub> O	26,9	34,0	40,9	44,0	65,0	76,1	<b>47,8 a</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	25,1	34,2	42,0	42,8	67,6	75,3	<b>47,8 a</b>
	KNO <sub>3</sub>	23,8	38,2	42,4	47,8	71,3	77,7	<b>50,2 abc</b>
9Е Желтозерное 10	H <sub>2</sub> O	24,3	34,3	39,9	44,7	69,6	80,6	<b>48,9 ab</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	27,0	32,7	42,4	43,1	67,3	74,9	<b>47,9 a</b>
	KNO <sub>3</sub>	25,7	42,4	45,3	50,1	71,2	80,0	<b>52,5 cd</b>
Среднее		<b>25,6 a</b>	<b>36,0 b</b>	<b>42,8 c</b>	<b>46,5 d</b>	<b>71,6 e</b>	<b>82,4 f</b>	
F <sub>05(A)</sub> =18,16*; F <sub>05(B)</sub> =1183,88*; F <sub>05(AB)</sub> =4,34*; НСР <sub>05(A)</sub> =2,16; НСР <sub>05(B)</sub> =1,76; НСР <sub>05(AB)</sub> =5,29								

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 17 – Влияние типа стерильной цитоплазмы изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерного 10 на набухание семян (%), 2015-2017 гг.



Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 18 – Влияние типа стерильной цитоплазмы на набухание семян (%) гибридов F1, 2015 г.

Тип ЦМС и варианты опыта (фактор А)		Время экспозиции (фактор В), час						Среднее	Время экспозиции (фактор В), час						Среднее
		1	2	4	6	24	48		1	2	4	6	24	48	
		с сортом Кремовое							с сортом Азарт						
А3	H <sub>2</sub> O	37,1	46,7	49,3	60,6	82,5	103,5	<b>63,3 b-e</b>	30,4	33,4	46,2	52,9	81,0	128,0	<b>61,9 fg</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	36,9	43,8	54,9	56,7	77,8	93,1	<b>60,5 ab</b>	29,2	36,0	47,6	58,6	73,9	120,3	<b>60,9 efg</b>
	KNO <sub>3</sub>	39,9	46,9	51,3	59,0	78,2	95,6	<b>61,9 abc</b>	31,1	33,6	49,3	59,8	80,1	123,9	<b>63,0 g</b>
А4	H <sub>2</sub> O	29,3	52,4	53,6	56,2	84,4	113,3	<b>64,9 de</b>	20,6	28,7	42,8	49,0	75,7	118,9	<b>56,0 d</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	33,9	47,7	57,5	61,6	84,1	102,0	<b>64,4 cde</b>	19,9	31,3	35,3	40,5	65,6	106,3	<b>49,8 a</b>
	KNO <sub>3</sub>	28,9	45,7	53,4	57,2	84,0	94,7	<b>60,7 ab</b>	18,6	31,1	37,8	46,6	77,7	107,1	<b>53,2 bc</b>
9E	H <sub>2</sub> O	37,8	52,9	55,2	60,9	78,2	104,8	<b>65,0 e</b>	21,1	31,4	43,4	47,9	73,2	118,6	<b>55,9 d</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	36,4	43,0	53,3	58,3	74,0	92,4	<b>59,6 a</b>	23,8	28,4	37,9	48,0	72,1	106,4	<b>52,8 b</b>
	KNO <sub>3</sub>	35,4	46,6	48,8	58,4	76,0	88,6	<b>59,0 a</b>	26,3	32,6	41,1	56,9	73,4	101,6	<b>55,3 cd</b>
<b>Среднее в опыте</b>		<b>35,1 a</b>	<b>47,3 b</b>	<b>53,0 c</b>	<b>58,8 d</b>	<b>79,9 e</b>	<b>98,7 f</b>		<b>24,6 a</b>	<b>31,8 b</b>	<b>42,4 c</b>	<b>51,2 d</b>	<b>74,7 e</b>	<b>114,6 f</b>	
F <sub>05(A)</sub> =5,93*; F <sub>05(B)</sub> =883,21*; F <sub>05(AB)</sub> =2,92*; НСР <sub>05(A)</sub> =2,67; НСР <sub>05(B)</sub> =2,18; НСР <sub>05(AB)</sub> =6,55								F <sub>05(A)</sub> =28,24*; F <sub>05(B)</sub> =2307,78*; F <sub>05(AB)</sub> =3,63*; НСР <sub>05(A)</sub> =2,37; НСР <sub>05(B)</sub> =1,94; НСР <sub>05(AB)</sub> =5,82							

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 19 – Влияние типа стерильной цитоплазмы на набухание семян (%) гибридов F1, 2016 г.

Тип ЦМС и варианты опыта (фактор А)		Время экспозиции (фактор В), час						Среднее	Время экспозиции (фактор В), час						Среднее
		1	2	4	6	24	48		1	2	4	6	24	48	
		с сортом Кремовое							с сортом Азарт						
А3	H <sub>2</sub> O	25,7	40,1	47,5	53,6	72,4	87,4	<b>54,4 a</b>	30,5	35,4	45,5	52,9	84,8	136,0	<b>64,2 d</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	31,2	42,4	46,8	54,3	73,1	84,2	<b>55,3 abc</b>	29,0	48,4	49,6	52,7	80,5	112,9	<b>62,2 cd</b>
	KNO <sub>3</sub>	33,6	43,8	49,0	53,7	70,2	74,8	<b>54,2 a</b>	31,5	42,7	45,9	53,9	78,0	108,4	<b>56,2 b</b>
А4	H <sub>2</sub> O	37,8	52,9	55,2	60,9	78,2	104,8	<b>65,0 d</b>	32,3	38,4	40,5	45,4	81,9	107,3	<b>57,6 bc</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	36,4	43,0	53,3	58,3	74,0	92,4	<b>59,6 c</b>	26,3	33,7	36,1	41,1	68,6	94,5	<b>50,1 a</b>
	KNO <sub>3</sub>	35,4	46,6	48,8	58,4	76,0	88,6	<b>59,0 bc</b>	32,5	35,1	38,8	42,5	77,8	105,0	<b>55,3 b</b>
9E	H <sub>2</sub> O	32,7	47,8	58,9	66,2	90,7	130,4	<b>71,1 fg</b>	27,8	36,3	39,2	47,0	83,5	125,3	<b>59,8 bcd</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	39,0	54,9	61,8	69,4	90,2	116,0	<b>71,9 g</b>	30,5	39,6	43,5	49,7	73,3	104,4	<b>56,8 b</b>
	KNO <sub>3</sub>	40,3	49,8	58,0	66,2	89,6	117,8	<b>70,3 efg</b>	34,8	42,6	48,7	55,8	76,9	99,3	<b>59,7 bcd</b>
<b>Среднее в опыте</b>		<b>34,7 a</b>	<b>46,8 b</b>	<b>53,3 c</b>	<b>60,1 d</b>	<b>79,4 e</b>	<b>99,6 f</b>		<b>30,6 a</b>	<b>39,1 b</b>	<b>43,1 c</b>	<b>49,0 d</b>	<b>75,8 e</b>	<b>110,4 f</b>	
F <sub>05(A)</sub> =24,90*; F <sub>05(B)</sub> =379,98*; F <sub>05(AB)</sub> =3,03*; НСР <sub>05(A)</sub> =4,13; НСР <sub>05(B)</sub> =3,37; НСР <sub>05(AB)</sub> =10,12								F <sub>05(A)</sub> =7,56*; F <sub>05(B)</sub> =590,76*; F <sub>(AB)</sub> =3,40*; НСР <sub>05(A)</sub> =4,21; НСР <sub>05(B)</sub> =3,43; НСР <sub>05(AB)</sub> =10,31							

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 20 – Влияние типа стерильной цитоплазмы на набухание семян (%) гибридов F1, 2017 г.

Тип ЦМС и варианты опыта (фактор А)		Время экспозиции (фактор В), час						Среднее	Время экспозиции (фактор В), час						Среднее
		1	2	4	6	24	48		1	2	4	6	24	48	
		с сортом Кремовое							с сортом Азарт						
А3	H <sub>2</sub> O	33,6	49,7	57,7	60,9	81,7	101,9	<b>64,3 c</b>	30,2	39,1	56,7	59,3	92,2	136,3	<b>69,0 g</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	36,6	50,5	56,4	61,7	80,8	92,1	<b>63,0 c</b>	31,6	38,8	44,4	47,3	78,5	93,8	<b>55,7 b</b>
	KNO <sub>3</sub>	33,4	50,3	52,6	53,9	70,9	85,8	<b>57,8 a</b>	30,6	39,0	49,7	59,2	80,4	114,7	<b>62,3 f</b>
А4	H <sub>2</sub> O	30,5	45,1	50,9	55,9	88,1	115,9	<b>64,4 c</b>	28,0	34,9	40,4	45,7	80,0	121,5	<b>58,4 cd</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	33,1	45,1	48,3	62,2	85,5	101,9	<b>62,7 c</b>	27,4	32,1	37,3	40,1	72,1	103,1	<b>52,0 a</b>
	KNO <sub>3</sub>	31,9	43,1	55,1	58,5	82,3	103,4	<b>62,4 bc</b>	30,1	32,2	37,2	42,2	73,8	102,2	<b>52,9 a</b>
9E	H <sub>2</sub> O	35,1	45,0	49,9	55,1	78,4	100,5	<b>60,7 abc</b>	29,9	42,3	45,5	53,4	76,8	122,3	<b>61,7 ef</b>
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	34,3	44,9	53,4	60,2	77,8	101,4	<b>62,0 abc</b>	35,7	42,6	45,3	54,7	84,5	115,0	<b>62,9 f</b>
	KNO <sub>3</sub>	29,2	43,6	51,3	55,5	78,1	91,4	<b>58,2 ab</b>	31,6	43,7	48,8	53,3	73,8	102,6	<b>59,0 d</b>
<b>Среднее в опыте</b>		<b>33,1 a</b>	<b>46,4 b</b>	<b>52,8 c</b>	<b>58,2 d</b>	<b>80,4 e</b>	<b>99,4 f</b>		<b>30,6 a</b>	<b>38,3 b</b>	<b>45,0 c</b>	<b>50,6 d</b>	<b>79,1 e</b>	<b>112,4 f</b>	
F <sub>05(A)</sub> =2,78*; F <sub>05(B)</sub> =429,05*; F <sub>05(AB)</sub> =1,63*; НСР <sub>05(A)</sub> =3,98; НСР <sub>05(B)</sub> =3,25; НСР <sub>05(AB)</sub> =9,77								F <sub>05(A)</sub> =68,68*; F <sub>05(B)</sub> =3434,40*; F <sub>05(AB)</sub> =12,55*; НСР <sub>05(A)</sub> =1,80; НСР <sub>05(B)</sub> =1,47; НСР <sub>05(AB)</sub> =4,41							

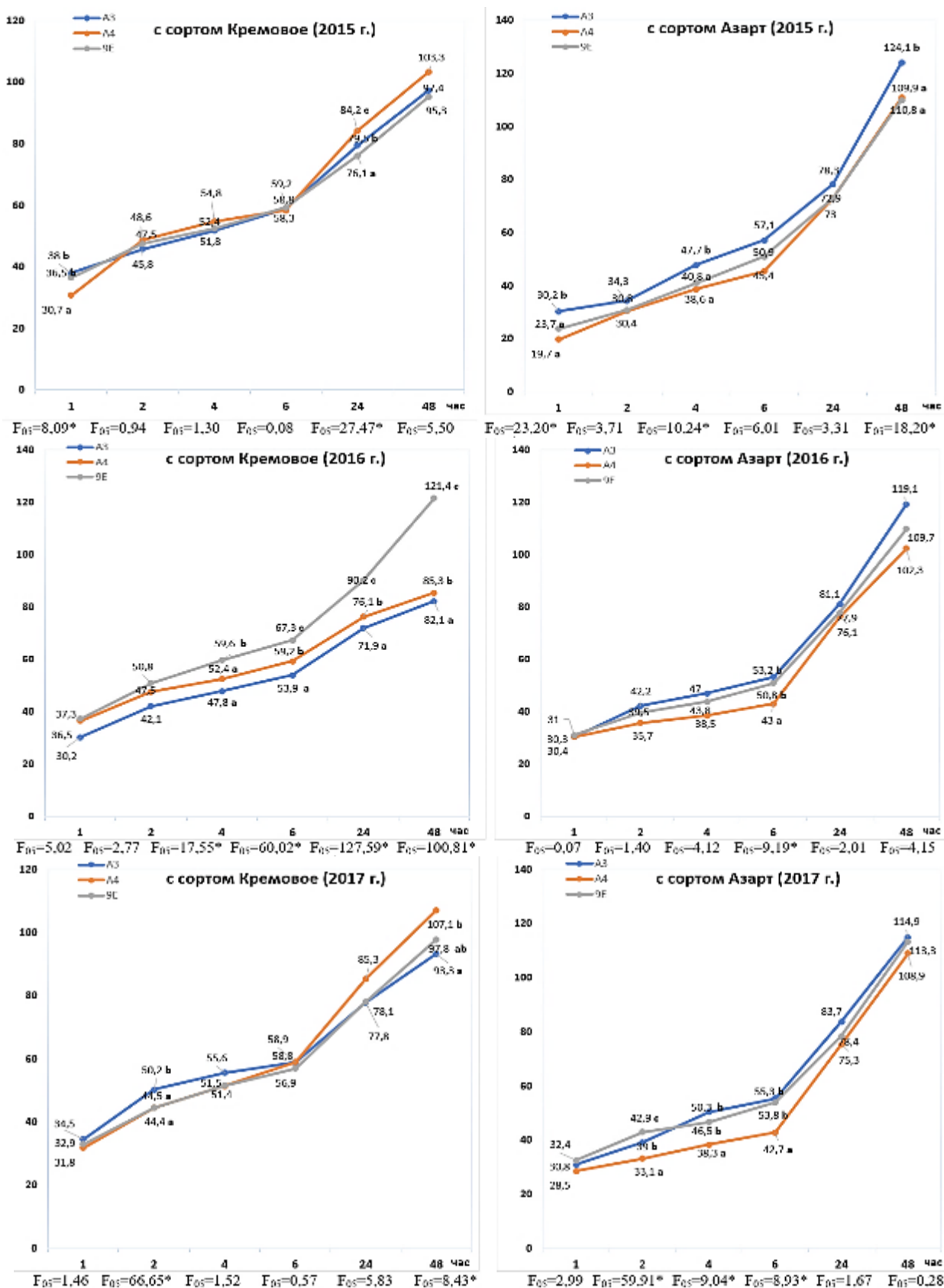
Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 21 – Набухание семян сортов сорго в растворах осмотиков, 2015-2017 гг.

Сорт и варианты опыта (фактор А)		Год (фактор В)	Время экспозиции (фактор С), час						Среднее
			1	2	4	6	24	48	
Кремовое	H <sub>2</sub> O	2015	22,1	25,5	32,7	40,7	71,2	103,4	<b>56,2 b</b>
		2016	29,8	39,7	45,6	52,6	85,0	154,0	
		2017	26,2	30,7	38,9	42,6	67,4	104,1	
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	2015	18,1	30,9	32,1	32,7	62,7	101,9	<b>53,0 a</b>
		2016	28,2	35,5	42,5	44,8	77,8	137,8	
		2017	28,1	33,1	33,9	40,2	66,9	106,7	
	KNO <sub>3</sub>	2015	20,0	28,1	35,4	40,1	68,3	99,8	<b>53,7 a</b>
		2016	28,3	37,7	44,3	52,8	75,7	141,6	
		2017	29,1	30,0	36,4	40,5	64,6	94,6	
Азарт	H <sub>2</sub> O	2015	31,7	39,4	50,3	55,2	87,7	106,0	<b>64,8 e</b>
		2016	30,8	40,7	52,2	57,0	90,2	131,3	
		2017	37,1	41,5	49,4	55,7	88,8	120,5	
	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	2015	20,9	32,7	45,6	51,1	73,2	101,0	<b>59,4 c</b>
		2016	29,2	39,9	47,8	51,6	76,4	113,2	
		2017	37,0	45,2	47,0	54,2	86,2	117,2	
	KNO <sub>3</sub>	2015	28,7	41,2	49,0	56,0	85,2	100,2	<b>61,7 d</b>
		2016	34,0	42,6	46,1	53,8	78,0	102,3	
		2017	40,5	47,4	45,7	56,2	89,7	114,7	
Среднее			<b>28,9 a</b>	<b>36,8 b</b>	<b>43,1 c</b>	<b>48,8 d</b>	<b>77,5 e</b>	<b>113,9 f</b>	
		2015						<b>53,4 a</b>	
		2016						<b>63,1 c</b>	
		2017						<b>58,0 b</b>	
$F_{05(A)}=45,72 *$ ; $F_{05(B)}=100,19*$ ; $F_{05(C)}=2165,85*$ ; $F_{05(AB)}=18,62*$ ; $F_{05(AC)}=6,20*$ ; $F_{05(BC)}=18,19*$ ; $F_{05(ABC)}=2,73*$ ; $HCP_{05(A)}=1,91$ ; $HCP_{05(B)}=1,35$ ; $HCP_{05(C)}=1,91$ ; $HCP_{05(AB)}=3,30$ ; $HCP_{05(AC)}=4,68$ ; $HCP_{05(BC)}=3,30$ ; $HCP_{05(ABC)}=8,10$									

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 22 – Влияние типа стерильной цитоплазмы изоядерных гибридов с геномом Желтозерного 10 на набухание семян (%), 2015-2017 гг.



Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 23 – Метеорологические показатели за 10 дней до исследования параметров водного режима листьев в период цветения ЦМС-линий сорго, 2019-2022 гг.

ЦМС-линия	Сумма активных температур, °С					Количество осадков, мм					Гидротермический коэффициент				
	2019	2020	2021	2022	среднее	2019	2020	2021	2022	среднее	2019	2020	2021	2022	среднее
А2 Тамара	211,7	243,4	246,1	238,2	<b>234,9</b>	10,4	0,0	1,6	0,0	<b>3,0</b>	0,69	0,00	0,07	0,00	<b>0,19</b>
А2 КВВ 181	211,7	266,2	246,1	238,2	<b>240,6</b>	10,4	0,9	1,6	0,0	<b>3,2</b>	0,70	0,02	0,07	0,00	<b>0,20</b>
А1 О-Янг 1	220,1	266,2	246,1	211,8	<b>236,1</b>	3,5	0,9	1,6	19,4	<b>6,4</b>	0,69	0,02	0,07	0,92	<b>0,42</b>
А2 Судзерн	220,1	266,2	246,1	211,8	<b>236,1</b>	3,5	0,9	1,6	19,4	<b>6,4</b>	0,38	0,02	0,07	0,92	<b>0,35</b>
А2 Восторг	220,1	266,2	–	–	<b>243,2</b>	3,5	0,9	–	–	<b>2,2</b>	0,38	0,02	–	–	<b>0,20</b>
А2 Кремовое	220,1	243,4	264,6	238,2	<b>241,6</b>	3,5	0,0	8,5	0,0	<b>3,0</b>	0,69	0,03	0,32	0,00	<b>0,26</b>
9Е Пищевое614	220,1	–	264,6	–	<b>242,4</b>	3,5	–	8,5	–	<b>6,0</b>	0,37	–	0,32	–	<b>0,35</b>
М35-1А Пищевое614	211,7	243,4	265,2	238,2	<b>239,6</b>	10,4	0,0	8,7	0,0	<b>4,8</b>	0,70	0,00	0,33	0,00	<b>0,26</b>
А3 Фетерита 14	220,1	–	246,1	238,2	<b>234,8</b>	3,5	–	1,6	0,0	<b>1,7</b>	0,69	–	0,07	0,00	<b>0,25</b>
А4 КП 70	211,7	266,2	264,6	238,2	<b>245,2</b>	10,4	0,9	8,5	0,0	<b>4,9</b>	0,73	0,03	0,32	0,00	<b>0,27</b>
А3 Желтозерное 10	220,1	235,4	264,7	–	<b>240,1</b>	3,5	0,3	8,5	–	<b>4,1</b>	0,37	0,01	0,32	–	<b>0,23</b>
А4 Желтозерное 10	220,1	235,4	264,7	238,2	<b>239,6</b>	3,5	0,3	8,5	0,0	<b>3,1</b>	0,37	0,01	0,32	0,00	<b>0,18</b>
9Е Желтозерное 10	220,1	235,4	264,7	238,2	<b>239,6</b>	3,5	0,3	8,5	0,0	<b>3,1</b>	0,37	0,01	0,32	0,00	<b>0,18</b>
А1 Карлик 4в	220,1	235,4	264,7	238,2	<b>239,6</b>	3,5	0,3	8,5	0,0	<b>3,1</b>	0,37	0,01	0,32	0,00	<b>0,18</b>
А2 Карлик 4в	220,1	–	264,7	238,2	<b>241,0</b>	3,5	–	8,5	0,0	<b>4,0</b>	0,37	–	0,32	0,00	<b>0,23</b>
А3 Карлик 4в	211,7	243,4	264,7	211,8	<b>232,9</b>	10,4	0,0	8,5	19,4	<b>9,6</b>	1,21	0,00	0,32	0,92	<b>0,61</b>
А5 Карлик 4в	211,7	243,4	264,7	211,8	<b>232,9</b>	10,4	0,0	8,5	19,4	<b>9,6</b>	1,21	0,00	0,32	0,92	<b>0,61</b>
А6 Карлик 4в	211,7	243,4	264,7	211,8	<b>232,9</b>	10,4	0,0	8,5	19,4	<b>9,6</b>	1,21	0,03	0,32	0,92	<b>0,62</b>
А2 КВВ 114	211,7	235,4	241,7	244,1	<b>233,2</b>	10,4	0,3	15,2	0,0	<b>6,5</b>	0,47	0,01	0,63	0,00	<b>0,28</b>
А1 Ефремовское 2	204,0	235,4	241,7	244,1	<b>231,3</b>	31,9	0,3	15,2	0,0	<b>11,9</b>	0,18	0,01	0,63	0,00	<b>0,20</b>
<b>средняя</b>	<b>215,9</b>	<b>247,3</b>	<b>257,4</b>	<b>231,1</b>	<b>237,2</b>	<b>7,7</b>	<b>0,4</b>	<b>7,4</b>	<b>5,7</b>	<b>5,5</b>	<b>0,61</b>	<b>0,01</b>	<b>0,29</b>	<b>0,27</b>	<b>0,31</b>



Приложение 24 – Метеорологические показатели за 20 дней до исследования параметров водного режима листьев в период цветения ЦМС-линий сорго, 2019-2022 гг.

ЦМС-линия	Сумма активных температур, °С					Количество осадков, мм					Гидротермический коэффициент				
	2019	2020	2021	2022	среднее	2019	2020	2021	2022	среднее	2019	2020	2021	2022	среднее
А2 Тамара	455,2	506,6	501,2	454,0	<b>479,3</b>	12,8	0,0	16,0	24,4	<b>13,3</b>	0,28	0,00	0,32	0,54	<b>0,28</b>
А2 КВВ 181	455,2	532,4	501,2	454,0	<b>485,7</b>	12,8	24,3	16,0	24,4	<b>19,4</b>	0,28	0,46	0,32	0,54	<b>0,40</b>
А1 О-Янг 1	426,3	532,4	501,2	453,4	<b>478,3</b>	3,5	24,3	16,0	38,8	<b>20,7</b>	0,08	0,46	0,32	0,86	<b>0,43</b>
А2 Судзерн	426,3	532,4	501,2	453,4	<b>478,3</b>	3,5	24,3	16,0	38,8	<b>20,7</b>	0,08	0,46	0,32	0,86	<b>0,43</b>
А2 Восторг	426,3	532,4	–	–	<b>479,4</b>	3,5	24,3	–	–	<b>13,9</b>	0,08	0,46	–	–	<b>0,27</b>
А2 Кремовое	426,3	506,6	523,1	454,0	<b>477,5</b>	3,5	0,0	20,9	24,4	<b>12,2</b>	0,08	0,00	0,40	0,54	<b>0,25</b>
9Е Пищевое614	426,3	–	523,1	–	<b>474,7</b>	3,5	–	20,9	–	<b>12,2</b>	0,08	–	0,40	–	<b>0,24</b>
М35-1А Пищевое614	455,2	506,6	506,9	454,0	<b>480,7</b>	12,8	0,0	19,1	24,4	<b>14,1</b>	0,28	0,00	0,38	0,54	<b>0,30</b>
А3 Фетерита 14	426,3	–	501,2	454,0	<b>460,5</b>	3,5	–	16,0	24,4	<b>14,6</b>	0,08	–	0,32	0,54	<b>0,31</b>
А4 КП 70	455,2	532,4	523,1	454,0	<b>491,2</b>	12,8	24,3	20,9	24,4	<b>20,6</b>	0,28	0,46	0,40	0,54	<b>0,42</b>
А3 Желтозерное 10	426,3	507,9	496,1	–	<b>476,8</b>	3,5	1,2	22,5	–	<b>9,1</b>	0,08	0,02	0,45		<b>0,19</b>
А4 Желтозерное 10	426,3	507,9	496,1	454,0	<b>471,1</b>	3,5	1,2	22,5	24,4	<b>12,9</b>	0,08	0,02	0,45	0,54	<b>0,27</b>
9Е Желтозерное 10	426,3	507,9	496,1	454,0	<b>471,1</b>	3,5	1,2	22,5	24,4	<b>12,9</b>	0,08	0,02	0,45	0,54	<b>0,27</b>
А1 Карлик 4в	426,3	507,9	496,1	454,0	<b>471,1</b>	3,5	1,2	22,5	24,4	<b>12,9</b>	0,08	0,02	0,45	0,54	<b>0,27</b>
А2 Карлик 4в	426,3	–	496,1	454,0	<b>458,8</b>	3,5	–	22,5	24,4	<b>16,8</b>	0,08	–	0,45	0,54	<b>0,36</b>
А3 Карлик 4в	455,2	506,6	496,1	453,4	<b>477,8</b>	12,8	0,0	22,5	38,8	<b>18,5</b>	0,28	0,00	0,45	0,86	<b>0,40</b>
А5 Карлик 4в	455,2	506,6	496,1	453,4	<b>477,8</b>	12,8	0,0	22,5	38,8	<b>18,5</b>	0,28	0,00	0,45	0,86	<b>0,40</b>
А6 Карлик 4в	455,2	506,6	496,1	453,4	<b>477,8</b>	12,8	0,0	22,5	38,8	<b>18,5</b>	0,28	0,00	0,45	0,86	<b>0,40</b>
А2 КВВ 114	455,2	507,9	499,6	466,3	<b>482,3</b>	12,8	1,2	23,5	23,9	<b>15,4</b>	0,28	0,02	0,47	0,51	<b>0,32</b>
А1 Ефремовское 2	413,3	507,9	499,6	466,3	<b>471,7</b>	36,5	1,2	23,5	23,9	<b>21,3</b>	0,88	0,02	0,47	0,51	<b>0,47</b>
<b>средняя</b>	<b>437,2</b>	<b>514,6</b>	<b>502,6</b>	<b>455,3</b>	<b>475,9</b>	<b>8,9</b>	<b>7,6</b>	<b>20,5</b>	<b>28,6</b>	<b>16,7</b>	<b>0,20</b>	<b>0,14</b>	<b>0,41</b>	<b>0,63</b>	<b>0,35</b>

Приложение 25 – Метеорологические показатели за 30 дней до исследования параметров водного режима листьев в период цветения ЦМС-линий сорго, 2019-2022 гг.

ЦМС-линия	Сумма активных температур, °С					Количество осадков, мм					Гидротермический коэффициент				
	2019	2020	2021	2022	среднее	2019	2020	2021	2022	среднее	2019	2020	2021	2022	среднее
А2 Тамара	674,7	695,9	739,8	689,7	<b>700,0</b>	12,8	0,9	21,4	41,0	<b>19,0</b>	0,19	0,01	0,29	0,59	<b>0,27</b>
А2 КВВ 181	674,7	765,5	739,8	689,7	<b>717,4</b>	12,8	64,4	21,4	41,0	<b>34,9</b>	0,19	0,84	0,29	0,59	<b>0,48</b>
А1 О-Янг 1	649,9	765,5	739,8	637,1	<b>698,1</b>	3,5	64,4	21,4	73,8	<b>40,8</b>	0,05	0,84	0,29	1,16	<b>0,59</b>
А2 Судзерн	649,9	765,5	739,8	637,1	<b>698,1</b>	3,5	64,4	21,4	73,8	<b>40,8</b>	0,05	0,84	0,29	1,16	<b>0,59</b>
А2 Восторг	649,9	765,5	–	–	<b>707,7</b>	3,5	64,4	–	–	<b>34,0</b>	0,05	0,84	–	–	<b>0,45</b>
А2 Кремовое	649,9	695,9	795,8	689,7	<b>707,8</b>	3,5	0,9	22,9	41,0	<b>17,1</b>	0,05	0,01	0,29	0,59	<b>0,24</b>
9Е Пищевое614	649,9	–	795,8	–	<b>722,9</b>	3,5	–	22,9	–	<b>13,2</b>	0,05	–	0,29	–	<b>0,17</b>
М35-1А Пищевое614	674,7	695,9	792,8	689,7	<b>713,3</b>	12,8	0,9	22,9	41,0	<b>19,4</b>	0,19	0,01	0,29	0,59	<b>0,27</b>
А3 Фетерита 14	649,9	–	739,8	689,7	<b>693,1</b>	3,5	–	21,4	41,0	<b>22,0</b>	0,05	–	0,29	0,59	<b>0,31</b>
А4 КП 70	674,7	765,5	795,8	689,7	<b>731,4</b>	12,8	64,4	22,9	41,0	<b>35,3</b>	0,19	0,84	0,29	0,59	<b>0,48</b>
А3 Желтозерное 10	649,9	640,0	769,0	–	<b>686,3</b>	3,5	52,0	22,9	–	<b>26,1</b>	0,05	0,81	0,30	–	<b>0,39</b>
А4 Желтозерное 10	649,9	640,0	769,0	689,7	<b>687,2</b>	3,5	52,0	22,9	41,0	<b>29,9</b>	0,05	0,81	0,30	0,59	<b>0,44</b>
9Е Желтозерное 10	649,9	640,0	769,0	689,7	<b>687,2</b>	3,5	52,0	22,9	41,0	<b>29,9</b>	0,05	0,81	0,30	0,59	<b>0,44</b>
А1 Карлик 4в	649,9	640,0	769,0	689,7	<b>687,2</b>	3,5	52,0	22,9	41,0	<b>29,9</b>	0,05	0,81	0,30	0,59	<b>0,44</b>
А2 Карлик 4в	649,9	–	769,0	689,7	<b>702,9</b>	3,5	–	22,9	41,0	<b>22,5</b>	0,05	–	0,30	0,59	<b>0,32</b>
А3 Карлик 4в	674,7	695,9	769,0	637,1	<b>694,2</b>	12,8	0,9	22,9	73,8	<b>27,6</b>	0,19	0,01	0,30	1,16	<b>0,41</b>
А5 Карлик 4в	674,7	695,9	769,0	637,1	<b>694,2</b>	12,8	0,9	22,9	73,8	<b>27,6</b>	0,19	0,01	0,30	1,16	<b>0,41</b>
А6 Карлик 4в	674,7	695,9	769,0	637,1	<b>694,2</b>	12,8	0,9	22,9	73,8	<b>27,6</b>	0,19	0,01	0,30	1,16	<b>0,41</b>
А2 КВВ 114	674,7	640,0	736,8	688,4	<b>685,0</b>	12,8	52,0	37,9	41,0	<b>35,9</b>	0,19	0,81	0,51	0,60	<b>0,53</b>
А1 Ефремовское 2	661,2	640,0	736,8	688,4	<b>681,6</b>	36,5	52,0	37,9	41,0	<b>41,9</b>	0,55	0,81	0,51	0,60	<b>0,62</b>
<b>средняя</b>	<b>660,4</b>	<b>696,6</b>	<b>763,4</b>	<b>674,1</b>	<b>698,4</b>	<b>8,9</b>	<b>37,6</b>	<b>24,1</b>	<b>50,6</b>	<b>29,5</b>	<b>0,13</b>	<b>0,54</b>	<b>0,32</b>	<b>0,76</b>	<b>0,43</b>

Приложение 26 – Метеорологические показатели от всходов до исследования параметров водного режима листьев в период цветения ЦМС-линий сорго, 2019-2022 гг.

ЦМС-линия	Сумма активных температур, °С					Количество осадков, мм					Гидротермический коэффициент				
	2019	2020	2021	2022	среднее	2019	2020	2021	2022	среднее	2019	2020	2021	2022	среднее
А2 Тамара	877,5	1111,2	1035,5	1232,0	<b>1064,1</b>	31,4	82,5	89,2	109,2	<b>78,1</b>	0,36	0,74	0,86	0,89	<b>0,71</b>
А2 КВВ 181	877,5	1023,0	1035,5	1250,6	<b>1046,7</b>	31,4	82,5	89,2	109,2	<b>78,1</b>	0,36	0,81	0,86	0,87	<b>0,72</b>
А1 О-Янг 1	748,1	1023,0	1035,5	1033,3	<b>960,0</b>	22,1	82,5	89,2	104,2	<b>74,5</b>	0,30	0,81	0,86	1,01	<b>0,74</b>
А2 Судзери	748,1	1023,0	1035,5	1010,4	<b>954,3</b>	22,1	82,5	89,2	104,2	<b>74,5</b>	0,30	0,81	0,86	1,03	<b>0,75</b>
А2 Восторг	748,1	1023,0	–	–	<b>885,6</b>	22,1	82,5	–	–	<b>52,3</b>	0,30	0,81	–	–	<b>0,55</b>
А2 Кремовое	748,1	1111,2	1199,0	1296,4	<b>1088,7</b>	22,1	82,5	95,9	109,2	<b>77,4</b>	0,30	0,74	0,80	0,84	<b>0,67</b>
9Е Пищевое614	748,1	–	1199,0	–	<b>973,6</b>	22,1	–	95,9	–	<b>59,0</b>	0,30	–	0,80	–	<b>0,55</b>
М35-1А Пищевое614	877,5	1111,2	1226,9	1272,2	<b>1122,0</b>	31,4	82,5	95,9	109,2	<b>79,8</b>	0,36	0,74	0,78	0,86	<b>0,69</b>
А3 Фетерита 14	748,1	–	1035,5	1250,6	<b>1011,4</b>	22,1	–	89,2	109,2	<b>73,5</b>	0,30	–	0,86	0,87	<b>0,68</b>
А4 КП 70	877,5	1023,0	1199,0	1319,3	<b>1104,7</b>	31,4	82,5	95,9	109,2	<b>79,8</b>	0,36	0,81	0,80	0,83	<b>0,70</b>
А3 Желтозерное 10	748,1	1180,2	1171,1	–	<b>1033,1</b>	22,1	82,2	95,9	–	<b>66,7</b>	0,30	0,70	0,82	–	<b>0,60</b>
А4 Желтозерное 10	748,1	1180,2	1171,1	1250,6	<b>1087,5</b>	22,1	82,2	95,9	109,2	<b>77,4</b>	0,30	0,70	0,82	0,87	<b>0,67</b>
9Е Желтозерное 10	748,1	1180,2	1171,1	1250,6	<b>1087,5</b>	22,1	82,2	95,9	109,2	<b>77,4</b>	0,30	0,70	0,82	0,87	<b>0,67</b>
А1 Карлик 4в	748,1	1180,2	1171,1	1250,6	<b>1087,5</b>	22,1	82,2	95,9	109,2	<b>77,4</b>	0,30	0,70	0,82	0,87	<b>0,67</b>
А2 Карлик 4в	748,1	–	1171,1	1250,6	<b>1056,6</b>	22,1	–	95,9	109,2	<b>75,7</b>	0,30	–	0,82	0,87	<b>0,66</b>
А3 Карлик 4в	877,5	1111,2	1171,1	1010,4	<b>1042,6</b>	31,4	82,5	95,9	104,2	<b>78,5</b>	0,36	0,74	0,82	1,03	<b>0,74</b>
А5 Карлик 4в	877,5	1111,2	1171,1	1033,3	<b>1048,3</b>	31,4	82,5	95,9	104,2	<b>78,5</b>	0,36	0,74	0,82	1,01	<b>0,73</b>
А6 Карлик 4в	877,5	1111,2	1171,1	1033,3	<b>1048,3</b>	31,4	82,5	95,9	104,2	<b>78,5</b>	0,36	0,74	0,82	1,01	<b>0,73</b>
А2 КВВ 114	877,5	1180,2	1355,0	1323,6	<b>1184,1</b>	31,4	82,2	110,9	109,2	<b>83,4</b>	0,36	0,70	0,82	0,83	<b>0,67</b>
А1 Ефремовское 2	1059,0	1180,2	1355,0	1323,6	<b>1229,5</b>	55,1	82,2	110,9	109,2	<b>89,4</b>	0,52	0,70	0,82	0,83	<b>0,72</b>
<b>средняя</b>	<b>815,4</b>	<b>1109,6</b>	<b>1162,1</b>	<b>1199,5</b>	<b>1072,0</b>	<b>27,5</b>	<b>82,4</b>	<b>95,7</b>	<b>107,7</b>	<b>78,3</b>	<b>0,33</b>	<b>0,75</b>	<b>0,83</b>	<b>0,91</b>	<b>0,70</b>

Приложение 27 – Оводненность тканей листьев ЦМС-линий, 2019-2022 гг.

ЦМС-линия	Оводненность тканей, %				
	2019	2020	2021	2022	среднее
A2 Тамара	74,01 m	69,04bcd	77,17 f-i	77,69 j	<b>74,48 e</b>
A2 КВВ 181	73,25 i-m	70,50c-h	75,09 e-h	74,17 f-i	<b>73,25 cde</b>
A1 О-Янг 1	71,46 fgh	68,19bcd	72,24 cde	72,19 c-f	<b>71,02 b-e</b>
A2 Судзерн	66,56 ab	68,72bcd	71,38 cd	70,93 bc	<b>69,40 abc</b>
A2 Восторг	71,41 fgh	67,10abc	80,45 jk	75,95 hij	<b>73,73 de</b>
A2 Кремовое	70,46 def	71,79d-i	–	–	<b>71,12 b-e</b>
9E Пищевое614	67,66 b	66,71abc	80,78 k	73,78 fgh	<b>72,23 cde</b>
M35-1A Пищевое614	70,33 def	–	78,44 ijk	–	<b>74,39 e</b>
A3 Фегерита 14	73,35 j-m	74,56hi	73,10 cde	74,26 f-i	<b>73,82 e</b>
A4 КП 70	71,85 f-j	–	74,96 e-h	74,43 f-i	<b>73,75 e</b>
A3 Желтозерное 10	69,34 cd	66,99 abc	67,07 a	69,32 ab	<b>68,18 ab</b>
A4 Желтозерное 10	65,08 a	63,16 a	68,15 ab	68,40 a	<b>66,20 a</b>
9E Желтозерное 10	69,53 de	65,79 ab	71,72 cde	70,18 abc	<b>69,31 abc</b>
A1 Карлик 4в	71,19 e-h	75,62 i	77,57 g-k	–	<b>74,79 e</b>
A2 Карлик 4в	71,99 f-j	73,34 e-i	72,51 cde	75,04 ghi	<b>73,22 cde</b>
A3 Карлик 4в	72,53 g-m	73,35 f-i	70,71 bc	73,46 d-g	<b>72,51 cde</b>
A5 Карлик 4в	74,00 lm	73,53 ghi	74,68 d-h	75,99 hij	<b>74,55 e</b>
A6 Карлик 4в	72,64 h-m	–	74,54 d-h	76,54 ij	<b>74,57 e</b>
A2 КВВ 114	73,72 klm	70,32c-g	74,08 def	70,27 abc	<b>72,10 cde</b>
A1 Ефремовское 2	70,36 def	68,43bcd	77,79 h-k	73,58 e-h	<b>72,54 cde</b>
<b>X</b>	<b>71,04</b>	<b>69,83</b>	<b>74,33</b>	<b>73,30</b>	<b>72,25</b>
Sx (ошибка)	0,55	0,84	0,86	0,65	<b>0,53</b>
V, %	3,4	4,9	5,0	3,7	<b>3,3</b>
F <sub>05</sub>	22,36*	7,95*	14,47*	14,23*	<b>3,65*</b>
НСР <sub>05</sub>	1,53	3,67	2,94	2,13	<b>3,38</b>

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 28 – Параметры водного режима листьев перспективных линий зернового сорго (%), 2021-2023 гг.

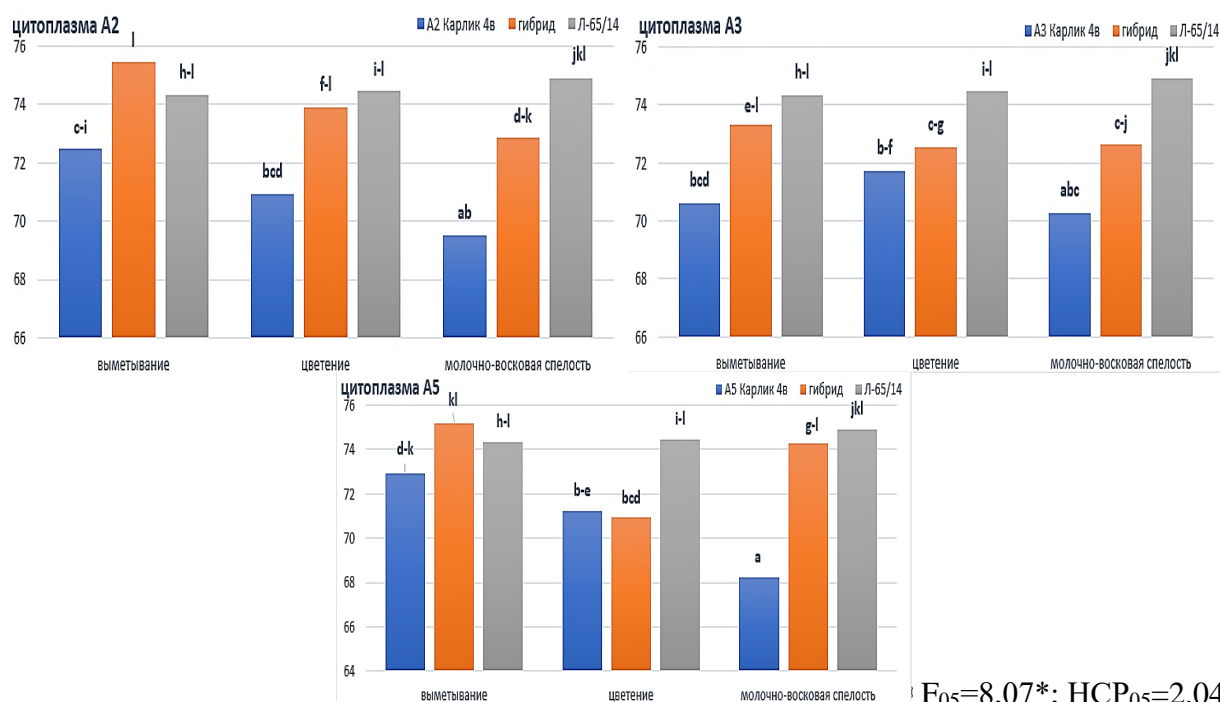
Показатель	Л-65/14				Л-50/14			
	2021	2022	2023	среднее	2021	2022	2023	среднее
Оводненность	78,30	77,36	74,66	<b>76,77</b>	78,41	75,88	68,95	<b>74,41</b>
Водный дефицит	18,16	18,38	9,66	<b>15,40</b>	13,54	17,01	9,42	<b>13,32</b>
Потеря влаги через 30 мин	6,20	6,32	2,80	<b>5,10</b>	5,51	6,66	3,33	<b>5,17</b>
Потеря влаги через 60 мин	11,40	11,31	5,51	<b>9,40</b>	10,55	12,95	6,05	<b>9,85</b>
Потеря влаги через 90 мин	16,36	16,10	7,35	<b>13,27</b>	15,88	17,76	8,74	<b>14,13</b>
Потеря влаги через 24 ч	72,96	71,34	60,47	<b>68,26</b>	73,10	68,45	65,86	<b>69,14</b>
Средняя потеря влаги за 1 ч/сут	3,04	2,97	2,52	<b>2,84</b>	3,05	2,85	2,75	<b>2,88</b>

Приложение 29 – Оводненность тканей листьев (%) гибридов F1 на основе разных типов ЦМС с геномом Карлика 4в и Желтозерного 10, 2023 г.

Образец (фактор А)	Фаза развития растений (фактор В)			
	выметывание	цветение	молочно-вос- ковая спелость	Среднее
А1 Карлик 4в	72,90 h-o	72,00 e-j	69,38 abc	<b>71,42 ab</b>
А2 Карлик 4в	72,47 f-m	70,95 c-h	69,53 abc	<b>70,99 ab</b>
А3 Карлик 4в	70,60 b-g	71,71 d-j	70,29 a-e	<b>70,86 a</b>
А4 Карлик 4в	72,85 h-o	74,78 n-q	68,59 ab	<b>72,08 bc</b>
А5 Карлик 4в	72,93 h-o	71,23 c-i	68,25 a	<b>70,80 a</b>
В Карлик 4в	71,93 e-j	72,32 e-m	70,32 a-f	<b>71,52 ab</b>
Л-65/14	74,33 l-q	74,46 m-q	74,90 opq	<b>74,57 f</b>
А2 Карлик 4в/Л-65/14	75,46 q	73,90 j-q	72,86 h-o	<b>74,08 ef</b>
А3 Карлик 4в/Л-65/14	73,32 i-q	72,54 g-m	72,96 h-o	<b>72,94 cde</b>
А5 Карлик 4в/Л-65/14	75,18 pq	70,91 c-h	74,26 k-q	<b>73,45 def</b>
<b>Среднее</b>	<b>73,20 c</b>	<b>72,48 b</b>	<b>71,14 a</b>	
F <sub>05(A)</sub> =13,95*; НСР <sub>05(A)</sub> =1,08; F <sub>05(B)</sub> =26,33*; НСР <sub>05(B)</sub> =0,59; F <sub>05(AB)</sub> =5,01*; НСР <sub>05(AB)</sub> =1,87				
А3 Желтозерное 10	67,97	67,99	65,82	<b>67,26 a</b>
А4 Желтозерное 10	70,04	69,43	66,76	<b>68,74 b</b>
В Желтозерное 10	69,51	64,74	65,16	<b>66,47 a</b>
Л-65/14	74,33	74,46	74,90	<b>74,57 fg</b>
Л-50/14	72,67	69,40	73,79	<b>71,95 cd</b>
А3 Желтозерное 10/ Л-65/14	75,11	77,15	73,14	<b>75,13 gh</b>
А4 Желтозерное 10/ Л-65/14	78,17	77,17	72,46	<b>75,93 h</b>
А3 Желтозерное 10/ Л-50/14	75,00	71,96	72,78	<b>73,25 e</b>
А4 Желтозерное 10/ Л-50/14	76,04	71,90	69,96	<b>72,63 de</b>
<b>Среднее</b>	<b>73,20 c</b>	<b>71,58 b</b>	<b>70,53 a</b>	
F <sub>05(A)</sub> =122,03*; НСР <sub>05(A)</sub> =0,91; F <sub>05(B)</sub> =54,84*; НСР <sub>05(B)</sub> =0,53; F <sub>05(AB)</sub> =10,87*; НСР <sub>05(AB)</sub> =1,59				

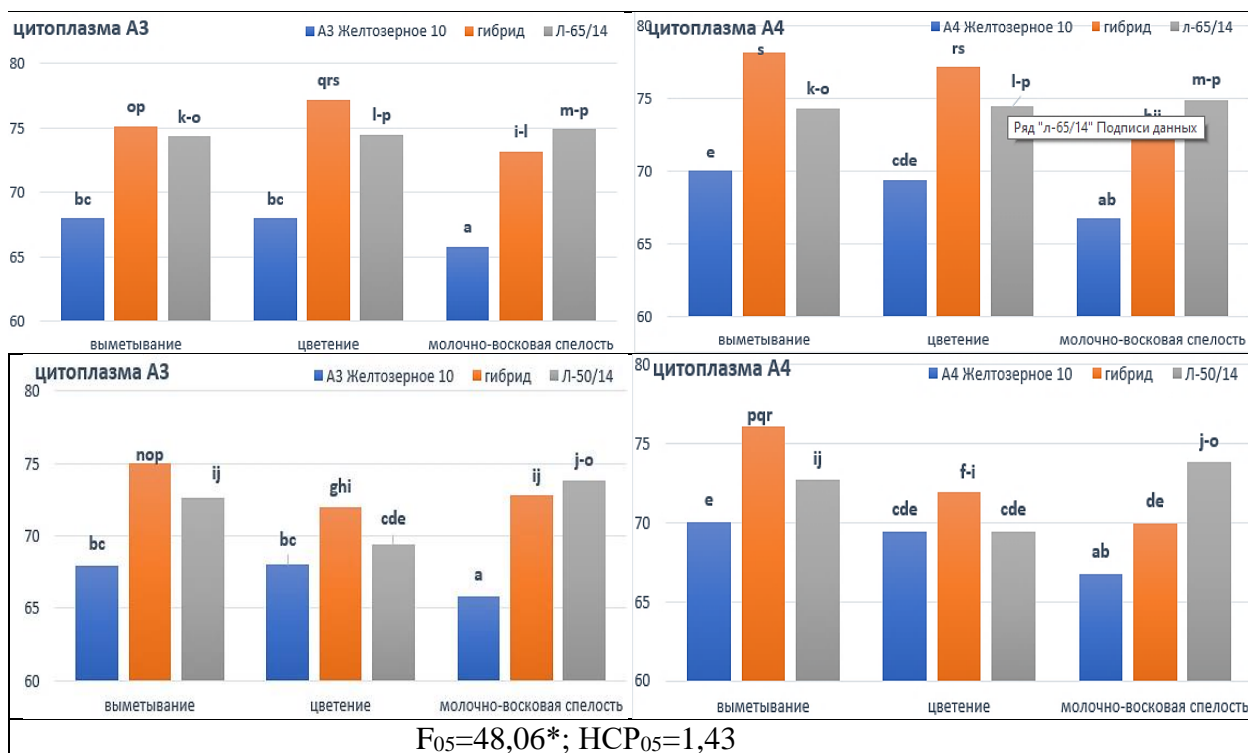
Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 30 – Оводненность тканей (%) в листьях гибридов сорго А2, А3, А5 Карлика 4в/Л-65/14 в разные фазы, 2023 г.



Примечание:  $*p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 31 – Оводненность тканей листьев (%) гибридов сорго А3, А4 Желтозерного с линиями Л-50/14, Л-65/14 в разные фазы, 2023 г.



Примечание:  $*p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 32 – Водный дефицит в листьях ЦМС-линий, 2019-2022 гг.

ЦМС-линия	Водный дефицит, %				
	2019	2020	2021	2022	среднее
A2 Тамара	9,70 g-j	8,02 abc	15,59 e-i	15,63 fg	<b>12,24 b-e</b>
A2 КВВ 181	9,16 f-j	9,00 a-e	18,35 h-k	18,25 h-l	<b>13,69 cde</b>
A1 О-Янг 1	10,50 ij	8,14 a-d	23,78 l	14,12 ef	<b>14,13 cde</b>
A2 Судзери	11,15 jk	8,59 a-d	22,03 jkl	18,43 i-l	<b>15,05 e</b>
A2 Восторг	7,13 b-g	10,45 a-f	6,19 ab	8,65 b	<b>8,10 abc</b>
A2 Кремовое	10,00 hij	6,69 a	–	–	<b>8,35 abc</b>
9E Пищевое614	11,18 jk	13,54 f-i	10,82 b-e	10,76 c	<b>11,58 a-e</b>
M35-1A Пищевое614	8,55 c-j	–	6,14 ab	–	<b>7,35 ab</b>
A3 Фетерита 14	4,13 a	12,56 e-h	9,36 a-d	16,03 fg	<b>10,52 a-e</b>
A4 КП 70	5,26 ab	–	12,00 d-g	19,99 l	<b>12,42 b-e</b>
A3 Желтозерное 10	7,31 b-g	9,99 a-f	11,53 c-f	13,55 de	<b>10,59 a-e</b>
A4 Желтозерное 10	13,09 k	15,66 hij	15,06 e-i	15,78 fg	<b>14,90 e</b>
9E Желтозерное 10	9,05 d-j	17,87 j	16,12 f-i	16,81 g-j	<b>14,96 e</b>
A1 Карлик 4в	9,07 e-j	14,53 g-j	13,27 d-g	–	<b>12,29 b-e</b>
A2 Карлик 4в	5,93 abc	11,87 d-g	11,86 d-g	16,68 g-j	<b>11,59 a-e</b>
A3 Карлик 4в	5,06 ab	11,61 b-g	15,21 e-i	19,07 kl	<b>12,74 b-e</b>
A5 Карлик 4в	5,26 ab	17,13 ij	19,58 i-l	18,67 jkl	<b>15,16 e</b>
A6 Карлик 4в	6,89 b-f	–	16,60 ghi	16,32 ghi	<b>13,27 b-e</b>
A2 КВВ 114	6,82 b-f	7,21 a	5,39 a	4,34 a	<b>5,94 a</b>
A1 Ефремовское 2	15,54 l	11,73c-g	22,10 kl	10,08 bc	<b>14,86 de</b>
<b>X</b>	<b>8,54</b>	<b>11,45</b>	<b>14,26</b>	<b>14,89</b>	<b>11,98</b>
Sx (ошибка)	0,65	0,83	1,25	1,02	<b>0,62</b>
V, %	34,0	29,8	38,2	28,4	<b>23,1</b>
F <sub>05</sub>	13,36*	9,42*	13,44*	41,75*	<b>2,39*</b>
HCP <sub>05</sub>	2,35	3,34	4,41	1,96	<b>5,06</b>

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

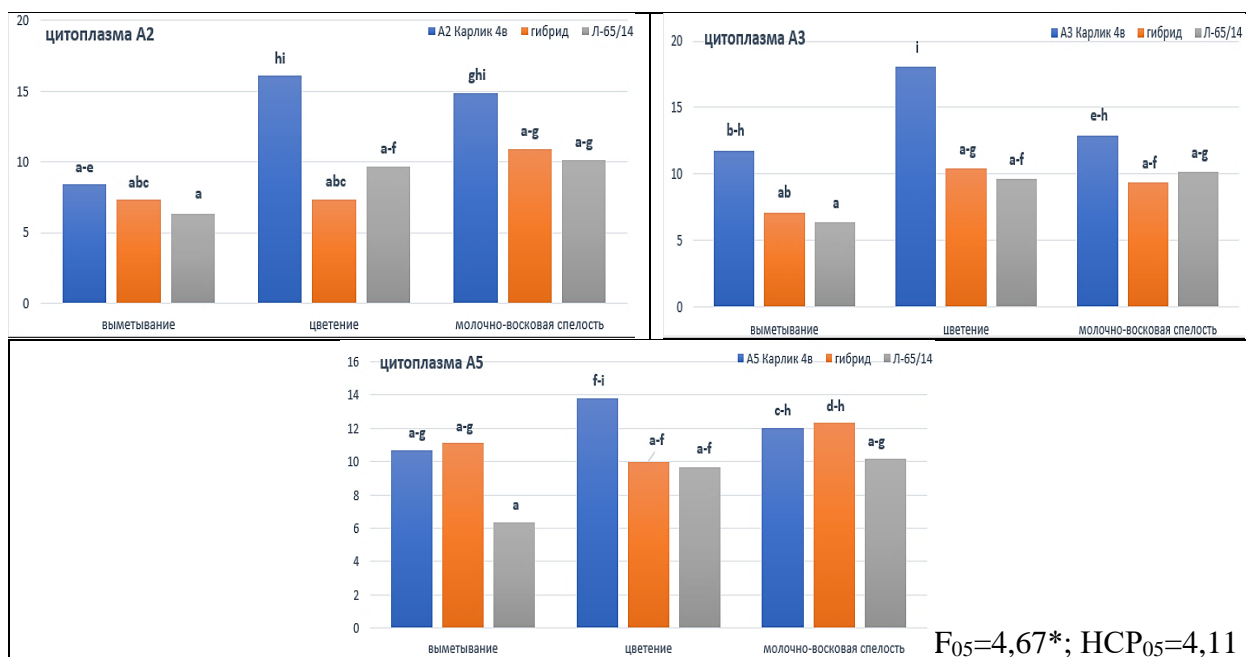
Приложение 33 – Водный дефицит листьев (%) изоядерных гибридов F1 на основе разных типов ЦМС с геномом Карлика 4в и Желтозерного 10, 2023 г.

Образец (фактор А)	Фаза развития растений (фактор В)			
	выметывание	цветение	молочно-вос- ковая спелость	Среднее
А1 Карлик 4в	10,32 a-h	10,49 a-i	10,16 a-h	<b>10,32 a-d</b>
А2 Карлик 4в	8,39 a-f	16,07 kl	14,86 i-l	<b>13,11 ef</b>
А3 Карлик 4в	11,77 c-k	18,05 l	12,85 f-k	<b>14,22 f</b>
А4 Карлик 4в	9,53 a-g	8,16 a-e	9,72 a-h	<b>9,13 ab</b>
А5 Карлик 4в	10,68 a-j	13,83 g-k	12,01 d-k	<b>12,17 c-f</b>
В Карлик 4в	8,89 a-f	14,90 jkl	14,05 h-l	<b>12,61 def</b>
Л-65/14	6,36 a	9,66 a-h	10,16 a-h	<b>8,73 a</b>
А2 Карлик 4в/Л-65/14	7,31 abc	7,36 abc	10,91 b-j	<b>8,53 a</b>
А3 Карлик 4в/Л-65/14	7,11 ab	10,42 a-h	9,39 a-g	<b>8,97 ab</b>
А5 Карлик 4в/Л-65/14	11,10 b-j	9,99 a-h	12,31 e-k	<b>11,13 a-e</b>
<b>Среднее</b>	<b>9,14 a</b>	<b>11,89 b</b>	<b>11,64 b</b>	
F <sub>05(A)</sub> =7,55*; НСР <sub>05(A)</sub> =2,16; F <sub>05(B)</sub> =13,74*; НСР <sub>05(B)</sub> =1,18; F <sub>05(AB)</sub> =2,10*; НСР <sub>05(AB)</sub> =3,75				
А3 Желтозерное 10	12,90 i-j	8,74 a-h	16,66 qr	<b>12,77 bc</b>
А4 Желтозерное 10	15,01 m-q	10,15 e-k	19,09 r	<b>14,75 d</b>
В Желтозерное 10	13,15 j-p	15,03 n-q	15,14 opq	<b>14,44 cd</b>
Л-65/14	6,36 abc	9,66 c-i	10,16 f-k	<b>8,73 a</b>
Л-50/14	7,09 a-g	9,42 b-i	10,08 d-k	<b>8,86 a</b>
А3 Желтозерное 10/ Л-65/14	7,11 a-g	5,97 ab	16,44 pqr	<b>9,84 a</b>
А4 Желтозерное 10/ Л-65/14	7,99 a-g	6,37 abc	13,49 k-q	<b>9,28 a</b>
А3 Желтозерное 10/ Л-50/14	6,51 abc	5,89 a	14,66 l-q	<b>9,02 a</b>
А4 Желтозерное 10/ Л-50/14	5,23 a	10,59 g-k	11,82 h-o	<b>9,21 a</b>
<b>Среднее</b>	<b>9,04 a</b>	<b>9,09 a</b>	<b>14,17 b</b>	
F <sub>05(A)</sub> =7,55*; НСР <sub>05(A)</sub> =2,16; F <sub>05(B)</sub> =13,74*; НСР <sub>05(B)</sub> =1,18; F <sub>05(AB)</sub> =2,10*; НСР <sub>05(AB)</sub> =3,75				

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

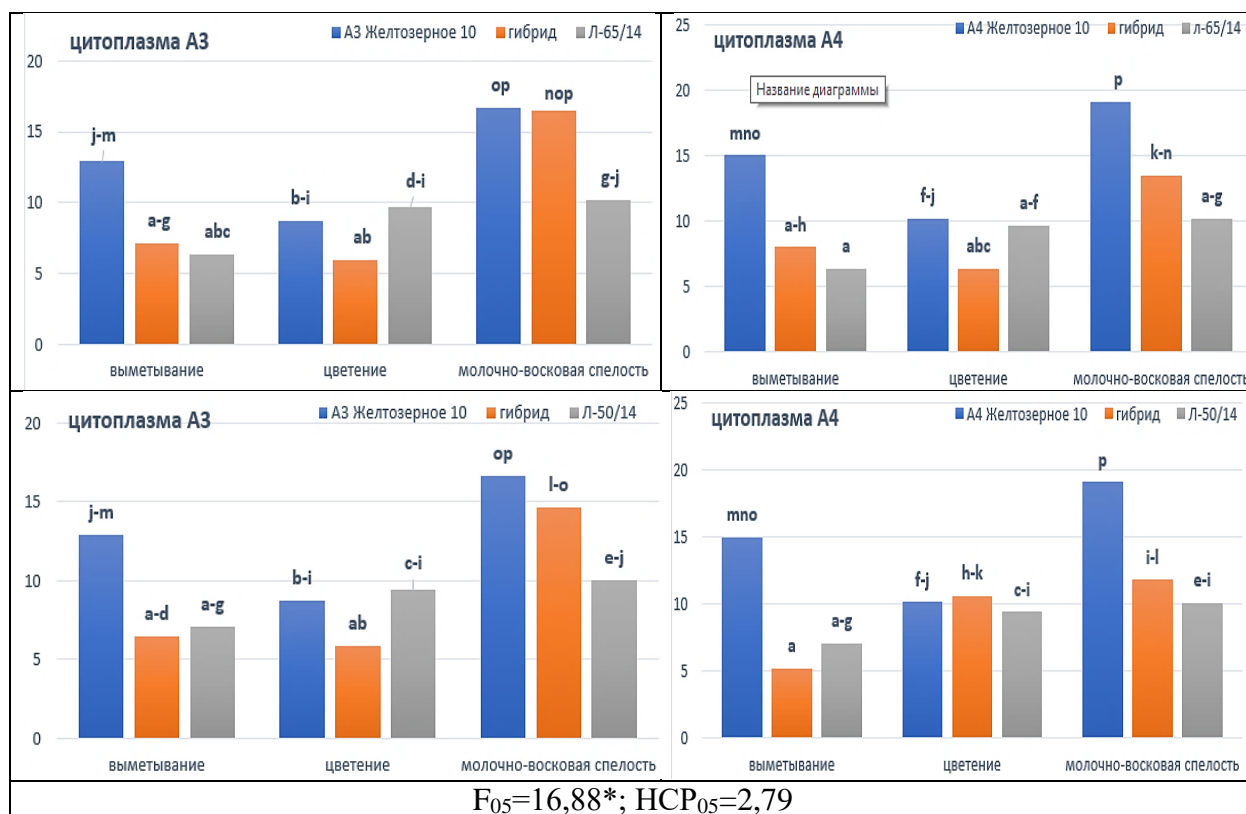


Приложение 34 – Водный дефицит (%) в листьях гибридов сорго А2, А3, А5 Карлика 4в/Л-65/14 в разные фазы, 2023 г.



Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 35 – Водный дефицит (%) в листьях гибридов сорго на основе А3, А4 Желтозерного 10 с линиями Л-50/14, Л-65/14 в разные фазы, 2023 г.



Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 36 – Потеря влаги листьев ЦМС-линий через 30-60 минут естественного увядания, 2019-2022 гг.

ЦМС-линия	Потеря влаги за 30 минут естественного увядания, %				Потеря влаги за 60 минут естественного увядания, %				
	2020	2021	2022	среднее	2019	2020	2021	2022	среднее
A2 Тамара	8,18 c-f	6,34 abc	6,45 ef	<b>6,99 a-e</b>	15,36 cd	13,53 b-e	11,43 abc	11,69 def	<b>13,00 abc</b>
A2 КВВ 181	14,69 k	7,53 b-f	11,89 o	<b>11,37 e</b>	12,76 ab	26,08 l	13,64 b-f	18,97 n	<b>17,86 bcd</b>
A1 О-Янг 1	11,30 hij	7,57 c-f	5,40 c	<b>8,09 a-e</b>	21,46 jkl	22,51 k	13,79 c-f	10,58 cd	<b>17,09 a-d</b>
A2 Судзери	11,82 ij	9,12 d-g	7,68 hi	<b>9,54 b-e</b>	19,23 f-j	21,35 ijk	15,27 d-g	13,97 h	<b>17,45 bcd</b>
A2 Восторг	10,53 ghi	6,20 abc	8,62 j	<b>8,45 b-e</b>	22,67 l	19,90 g-k	11,57 abc	15,32 ijk	<b>17,36 bcd</b>
A2 Кремовое	10,44 f-i	–	–	<b>10,44 cde</b>	25,19 m	18,90 f-k	–	–	<b>22,04 d</b>
9Е Пищевое614	5,78 a	6,47 abc	6,84 fg	<b>6,36 abc</b>	30,76 nop	10,00 a	11,97 abc	12,01 ef	<b>16,19 a-d</b>
M35-1А Пищевое614	–	6,47 abc	–	<b>6,47 a-d</b>	31,00 op	–	11,67 abc	–	<b>21,33 d</b>
A3 Фетерита 14	13,41 jk	4,61 a	6,14 de	<b>8,05 a-e</b>	14,94 bcd	21,48 jk	9,40 a	11,00 cde	<b>14,20 a-d</b>
A4 КП 70	–	8,26 c-g	8,01 ij	<b>8,13 a-e</b>	31,09 p	–	15,36 fg	12,93 fgh	<b>19,79 cd</b>
A3 Желтозерное 10	8,45 efg	9,17 efg	6,02 cde	<b>7,88 a-e</b>	14,84 bcd	14,18 de	18,01 gh	10,90 cde	<b>14,48 a-d</b>
A4 Желтозерное 10	8,93 efg	12,76 jkl	7,14 gh	<b>9,61 b-e</b>	16,36 de	15,42 e	25,85 lmn	13,85 gh	<b>17,87 bcd</b>
9Е Желтозерное 10	8,41 d-g	12,73 i-l	5,39 c	<b>8,84 b-e</b>	16,64 de	14,14 cde	24,37 klm	10,19 bc	<b>16,34 a-d</b>
A1 Карлик 4в	8,65 efg	14,05 l	–	<b>11,35 e</b>	22,33 kl	14,28 de	27,65 n	–	<b>21,42 d</b>
A2 Карлик 4в	8,06 b-e	10,72 g-j	9,48 kl	<b>9,42 b-e</b>	20,09 h-k	14,84 de	21,87 ijk	15,52 jk	<b>18,08 bcd</b>
A3 Карлик 4в	9,68 e-i	9,99 fgh	10,03 lmn	<b>9,90 b-e</b>	20,81 i-l	19,95 h-k	20,99 hij	16,51 kl	<b>19,57 bcd</b>
A5 Карлик 4в	5,36 a	13,32 kl	10,45 n	<b>9,71 b-e</b>	19,44 g-j	11,65 a-d	26,59 mn	18,12 mn	<b>18,95 bcd</b>
A6 Карлик 4в	–	11,67 h-l	10,17 mn	<b>10,92 d-e</b>	18,35 e-h	–	22,05 jk	17,21 lm	<b>19,20 bcd</b>
A2 КВВ 114	4,11 a	4,57 a	3,30 a	<b>3,99 a</b>	11,23 a	9,10 a	9,26 a	7,18 a	<b>9,19 a</b>
A1 Ефремовское 2	4,96 a	7,86 c-f	4,05 b	<b>5,62 ab</b>	12,95 ab	9,99 ab	15,35 efg	7,62 a	<b>11,48 ab</b>
X	8,98	8,91	7,47	<b>8,55</b>	19,87	16,31	17,16	13,15	<b>17,14</b>
Sx (ошибка)	0,70	0,67	0,57	<b>0,43</b>	1,34	1,20	1,39	0,84	<b>0,74</b>
V, %	32,5	33,0	31,9	<b>22,9</b>	30,2	30,5	35,4	26,4	<b>19,5</b>
F <sub>05</sub>	18,15*	15,29*	125,21*	<b>2,19*</b>	68,84*	20,28*	36,01*	69,92*	<b>1,90*</b>
НСР <sub>05</sub>	2,05	2,23	0,64	<b>3,78</b>	2,13	3,31	3,01	1,24	<b>6,83</b>

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 37 – Потеря влаги листьев ЦМС-линий через 90 минут и 24 часа естественного увядания, 2019-2022 гг.

ЦМС-линия	Потеря влаги за 90 минут естественного увядания, %					Потеря влаги за 24 ч естественного увядания, %				
	2019	2020	2021	2022	среднее	2019	2020	2021	2022	среднее
A2 Тамара	30,36 def	24,57 def	16,59 bcd	16,17 def	<b>21,92 abc</b>	71,89 mn	67,47c-f	72,71 klm	66,32 f-i	<b>69,60 c-f</b>
A2 КВВ 181	25,27 bc	37,12 j	19,76 d-g	25,22 mn	<b>26,84 bcd</b>	71,58 lmn	69,74 f-i	70,79 jk	62,96 abc	<b>68,77 b-f</b>
A1 О-Янг 1	35,49 gh	32,39 hij	20,43 efg	15,01 cd	<b>25,83 bcd</b>	69,82 hij	67,76 def	68,88 g-j	66,99 hij	<b>68,36 b-f</b>
A2 Судзери	35,89 ghi	31,28 g-j	21,64 g	20,28 hi	<b>27,27 cd</b>	64,65 b	67,74 def	65,91 b-e	61,12 a	<b>64,86 abc</b>
A2 Восторг	35,89 ghi	30,67 f-i	16,42 bc	21,34 ijk	<b>26,08 bcd</b>	69,04 f-i	66,41 b-f	69,62 ij	66,42 ghi	<b>67,87 a-f</b>
A2 Кремовое	40,81 jk	27,33 fgh	–	–	<b>34,07 d</b>	68,58 e-h	69,57 e-i	–	–	<b>69,07 b-f</b>
9Е Пищевое614	45,15 l	18,18 abc	17,18 cd	17,01 efg	<b>24,38 bcd</b>	65,84 bcd	64,88 a-d	69,15 hij	65,26 d-i	<b>66,28 a-e</b>
M35-1А Пищевое614	39,14 ij	–	16,65 bcd	–	<b>27,89 cd</b>	67,87 efg	–	70,81 jk	–	<b>69,34 b-f</b>
A3 Фетерита 14	27,06 cd	35,04 ij	13,22 a	15,96 de	<b>22,82 abc</b>	72,01 n	72,24 ij	67,01 e-i	62,05 ab	<b>68,33 b-f</b>
A4 КП 70	42,60 kl	–	21,67 g	18,65 g	<b>27,64 cd</b>	70,31 i-m	–	74,66 m	68,87 j	<b>71,58 f</b>
A3 Желтозерное 10	28,99 de	26,99 fgh	29,35 hij	15,81 de	<b>25,28 bcd</b>	67,10 cde	65,33 a-d	61,46 a	64,45 c-g	<b>64,58 ab</b>
A4 Желтозерное 10	32,24 efg	27,24 fgh	36,07 no	17,81 fg	<b>28,34 cd</b>	61,32 a	61,83 a	63,04 a	67,05 ij	<b>63,31 a</b>
9Е Желтозерное 10	32,58 fg	26,17 e-h	35,78 l-o	14,06 bc	<b>27,15 cd</b>	67,18 de	63,42 ab	65,94 cde	64,69 c-h	<b>65,31 a-d</b>
A1 Карлик 4в	36,63 hi	19,01 bcd	37,42 o	–	<b>31,02 cd</b>	69,32 g-j	74,18 j	66,57 d-h	–	<b>70,02 def</b>
A2 Карлик 4в	32,91 fgh	24,72 def	30,89 jk	22,13 jkl	<b>27,66 cd</b>	70,17 i-l	71,76 hij	62,15 a	65,68 e-i	<b>67,44 a-f</b>
A3 Карлик 4в	35,20 gh	29,47 f-i	30,56 ijk	23,01 kl	<b>29,56 cd</b>	71,42 k-n	68,66 d-i	63,58 abc	62,72 abc	<b>66,60 a-e</b>
A5 Карлик 4в	33,72 fgh	20,68 cde	35,96 mno	25,48 n	<b>28,96 cd</b>	72,17 n	71,72 g-j	70,98 jk	66,39 ghi	<b>70,32 ef</b>
A6 Карлик 4в	33,04 fgh	–	32,67 k	23,40 l	<b>29,70 cd</b>	70,86 j-n	–	62,56 a	63,60 b-e	<b>65,93 a-e</b>
A2 КВВ 114	21,37 a	12,28 a	13,60 ab	9,83 a	<b>14,27 a</b>	71,72 lmn	65,31 a-d	68,66 f-j	63,61 b-e	<b>67,32 a-f</b>
A1 Ефремовское 2	22,58 ab	12,69 a	21,62 fg	10,90 a	<b>16,95 ab</b>	65,42 b	62,74 ab	74,07 lm	66,38 ghi	<b>67,15 a-f</b>
X	33,34	25,63	24,60	18,35	<b>26,18</b>	68,92	67,69	67,81	64,97	<b>67,60</b>
Sx (ошибка)	1,39	1,73	1,93	1,13	<b>1,01</b>	0,64	0,86	0,92	0,50	<b>0,47</b>
V, %	18,7	27,9	34,3	25,4	<b>17,4</b>	4,2	5,3	5,9	3,2	<b>3,2</b>
F <sub>05</sub>	31,98*	14,35*	68,57*	76,38*	<b>2,19*</b>	35,63*	9,52*	25,00*	9,40*	<b>2,26*</b>
НСР <sub>05</sub>	3,26	5,65	3,02	1,60	<b>8,68</b>	1,43	3,45	2,40	2,02	<b>4,02</b>

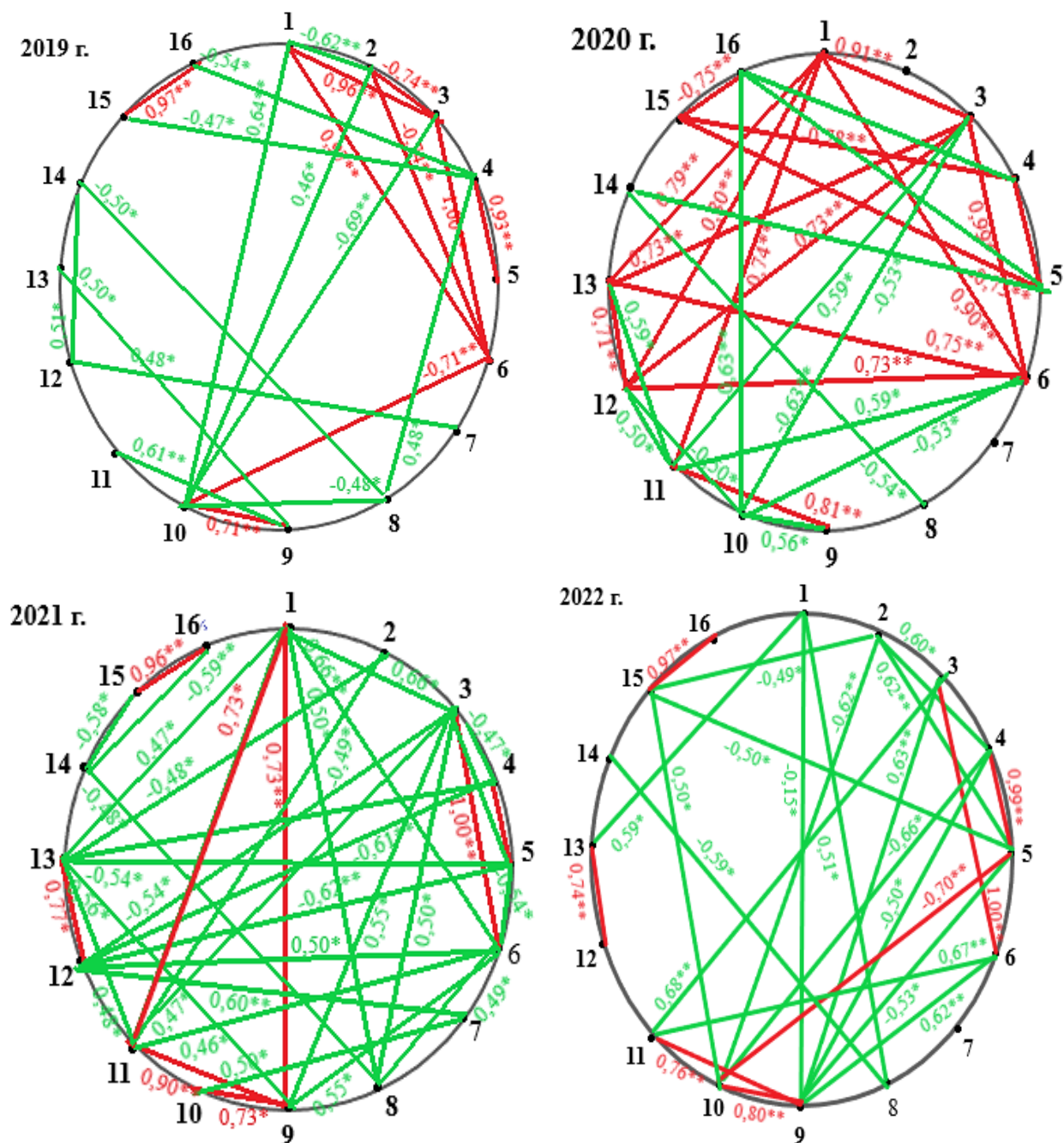
Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 38 – Средняя потеря влаги листьев ЦМС-линий за 1 час в сутки, 2019-2022 гг.

ЦМС-линия	Средняя потеря влаги за 1 ч увядания в сутки, %				
	2019	2020	2021	2022	среднее
А2 Тамара	3,00 n	2,81 c-f	3,03 klm	2,76 ghi	<b>2,90 cde</b>
А2 КВВ 181	2,99 mn	2,90 f-i	2,95 jk	2,62 a-d	<b>2,87 b-e</b>
А1 О-Янг 1	2,91 g-j	2,83 def	2,87 g-j	2,79 hij	<b>2,85 b-e</b>
А2 Судзерн	2,70 b	2,82 def	2,74 cde	2,55 a	<b>2,70 abc</b>
А2 Восторг	2,88 gh	2,67 b-f	2,90 ij	2,77 ghi	<b>2,81 a-e</b>
А2 Кремовое	2,86 fg	2,89 e-i	–	–	<b>2,88 b-e</b>
9Е Пищевое614	2,74 c	2,70 a-d	2,88 hij	2,72 d-i	<b>2,76 a-d</b>
М35-1А Пищевое614	2,88 g	–	2,95 jk	–	<b>2,91 de</b>
А3 Фетерита 14	3,00 n	3,01 ij	2,79 e-i	2,59 ab	<b>2,85 b-e</b>
А4 КП 70	2,93 ijk	–	3,11 m	2,87 j	<b>2,97 e</b>
А3 Желтозерное 10	2,80 de	2,72 a-d	2,56 a	2,68 b-g	<b>2,69 ab</b>
А4 Желтозерное 10	2,57 a	2,57 a	2,62 a	2,80 ij	<b>2,64 a</b>
9Е Желтозерное 10	2,81 e	2,64 ab	2,74 b-e	2,70 c-h	<b>2,72 a-d</b>
А1 Карлик 4в	2,89 ghi	3,09 j	2,78 d-h	–	<b>2,92 de</b>
А2 Карлик 4в	2,93 hij	2,99 hij	2,59 a	2,74 e-i	<b>2,81 a-e</b>
А3 Карлик 4в	2,97 k-n	2,86 d-i	2,65 abc	2,62 abc	<b>2,77 a-e</b>
А5 Карлик 4в	3,01 n	2,99 g-j	2,95 jk	2,76 f-i	<b>2,93 de</b>
А6 Карлик 4в	2,95 j-n	–	2,61 a	2,65 b-e	<b>2,74 a-d</b>
А2 КВВ 114	2,99 mn	2,71 a-d	2,86 f-j	2,65 b-e	<b>2,80 a-e</b>
А1 Ефремовское 2	2,72 bc	2,61 ab	3,09 lm	2,77 ghi	<b>2,80 a-e</b>
Х	2,88	2,81	2,82	2,70	<b>2,81</b>
Sx (ошибка)	0,03	0,04	0,03	0,02	<b>0,02</b>
V, %	4,1	5,4	5,9	3,2	<b>3,2</b>
F <sub>05</sub>	59,88*	9,98*	24,61*	9,09*	<b>2,23*</b>
НСР <sub>05</sub>	0,05	0,14	0,10	0,08	<b>0,16</b>

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 39 – Взаимосвязь параметров водного режима и селекционных признаков у ЦМС-линий сорго, 2019-2022 гг.



Примечание: \* $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,01$ . 1 – Оводненность; 2 – Водный дефицит; 3 – Средняя потеря влаги листьями за 1 ч/сут; 4 – Потеря влаги листьями за 60 минут естественного увядания; 5 – Потеря влаги листьями за 90 минут естественного увядания; 6 – Потеря влаги листьями за 24 часа естественного увядания; 7 – Высота растений; 8 – Длина метелки; 9 – Площадь наибольшего листа; 10 – Длина наибольшего листа; 11 – Ширина наибольшего листа; 12 – Урожайность биомассы; 13 – Урожайность зерна; 14 – Масса 1000 зерен; 15 – Сумма активных температур за период от всходов до цветения растений на дату проведения опыта; 16 – Количество осадков за период от всходов до цветения растений на дату проведения опыта.

Приложение 40 – Показатели селекционно-ценных признаков сортов и линий зернового сорго, среднее за 2014-2018 гг.

ЦМС-линия	Признак								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А2 КВВ 114	55,7	59,6	113,2	20,6	8,6	8,5	46,0	4,8	168,6
А2 Восторг	51,2	51,1	122,7	23,0	9,1	16,5	45,3	5,0	168,9
А3 Фетерита 14	52,6	54,2	126,4	13,2	6,5	16,6	43,9	5,8	193,1
А4 КП 70	48,5	51,7	117,5	24,0	6,2	20,0	43,6	5,8	192,3
М35 Пищевое 614	49,6	44,5	97,2	20,5	10,4	22,1	41,4	4,5	141,1
9Е Пищевое 614	49,7	47,1	102,0	20,7	9,9	21,8	41,8	4,7	147,7
А3 Желтозерное10	52,1	61,1	112,2	18,1	7,7	16,0	49,6	4,3	159,4
А4 Желтозерное 10	52,3	62,3	111,1	18,2	7,2	15,3	49,0	4,2	154,7
9Е Желтозерное 10	52,3	62,1	112,4	19,0	7,5	16,8	50,2	4,3	163,4
А2 КВВ 181	47,2	59,4	104,1	18,2	7,3	13,8	38,4	3,8	109,4
А1 Ефремовское 2	60,5	50,1	143,3	23,4	10,8	13,6	57,8	5,8	254,2
А2 Тамара	46,9	47,2	85,3	19,9	10,8	15,7	43,4	4,6	149,2
А1 Карлик 4в.	50,6	44,6	73,9	22,7	10,3	10,0	39,7	4,7	140,6
А2 Карлик 4в.	50,5	44,4	73,6	22,4	9,6	9,1	39,5	4,7	143,2
А3 Карлик 4в.	50,8	44,2	75,4	22,9	9,8	10,4	40,3	4,6	140,4
А4 Карлик 4в.	50,5	44,9	73,6	23,1	10,0	8,8	39,2	4,7	140,3
А5 Карлик 4в.	50,8	44,4	74,5	23,9	10,2	9,6	38,7	4,7	138,6
А6 Карлик 4в.	50,7	44,4	73,9	23,1	10,2	10,0	41,8	4,8	152,3
А1 О-Янг 1	47,8	64,3	116,6	22,1	9,4	6,1	44,0	5,4	174,5
А2 Кремовое	47,1	54,6	125,1	23,0	14,9	19,1	38,8	4,7	138,4
А2 Судзерж	45,5	65,6	131,5	17,6	10,7	21,3	36,7	3,7	103,7

Примечание: 1 – Период «всходы-цветение» (дни); 2 – Высота растений через 30 дней после всходов (см); 3 – Высота при созревании (см); 4 – Длина соцветия (см); 5 – Ширина соцветия (см); 6 – Выдвинутость ножки соцветия (см); 7 – Длина наибольшего листа (см); 8 – Ширина наибольшего листа (см); 9 – Площадь наибольшего листа (см<sup>2</sup>).

Продолжение приложения 40

ЦМС-линия	Признак									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
А2 КВВ 114	30,7	4,2	98,2	1,72	1,72	21,8	21,7	1034	5,06	15,3
А2 Восторг	32,4	4,2	104,5	1,80	1,79	31,1	20,2	672	4,41	15,5
А3 Фетерита 14	25,7	5,2	99,0	1,83	1,80	40,8	23,2	569	5,07	18,3
А4 КП 70	28,0	4,3	92,5	1,71	1,68	30,7	24,6	802	4,15	14,5
М35 Пищевое 614	26,8	4,3	89,0	1,87	1,80	28,1	19,1	670	3,87	12,1
9Е Пищевое 614	27,6	4,2	91,2	1,89	1,86	27,8	19,6	695	3,91	12,8
А3 Желтозерное 10	33,6	4,1	104,8	1,13	1,13	34,4	27,9	817	4,31	11,5
А4 Желтозерное 10	34,8	4,0	103,8	1,14	1,11	34,1	27,8	821	4,22	11,2
9Е Желтозерное 10	33,7	4,2	106,4	1,14	1,12	34,9	29,1	826	4,30	12,2
А2 КВВ 181	24,5	3,5	65,0	3,03	3,03	29,7	10,7	361	3,90	14,5
А1 Ефремовское 2	40,6	4,9	150,0	1,42	1,38	24,0	32,3	1347	5,36	20,7
А2 Тамара	25,7	4,2	82,8	2,41	2,38	31,3	18,8	610	4,43	14,1
А1 Карлик 4в.	29,6	4,3	99,5	2,25	2,15	26,1	14,5	555	3,15	9,6
А2 Карлик 4в.	28,3	4,4	95,3	2,20	2,16	26,2	14,6	553	3,19	9,5
А3 Карлик 4в.	29,9	4,3	98,7	2,35	2,22	25,7	14,6	570	3,26	9,8
А4 Карлик 4в.	28,6	4,4	97,0	2,34	2,22	26,2	14,7	556	3,14	9,3
А5 Карлик 4в.	29,3	4,4	99,0	2,43	2,33	26,4	14,9	560	3,20	9,7
А6 Карлик 4в.	30,8	4,4	102,9	2,51	2,43	26,4	14,9	557	3,19	9,8
А1 О-Янг 1	27,8	4,5	93,0	1,41	1,40	25,3	23,1	912	3,97	10,3
А2 Кремовое	23,0	3,2	55,9	1,37	1,33	27,2	19,9	729	3,87	16,7
А2 Судзерт	23,5	3,2	55,9	2,25	2,25	30,9	18,3	617	4,39	16,0

Примечание: 10 – Длина флагового листа (см); 11 – Ширина флагового листа (см); 12 – Площадь флагового листа (см<sup>2</sup>); 13 – Общая кустистость; 14 – Продуктивная кустистость; 15 – Масса 1000 зерен (г); 16 – Масса зерна с одной метелки (г); 17 – Число зерен с одной метелки (шт.); 18 – Урожайность зерна (т/га); 19 – Урожайность биомассы (т/га).

Приложение 41 – Показатели селекционно-ценных признаков сортов и линий зернового сорго, среднее за 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Признак										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перспективный1	70,8	115,6	15,1	10,3	18,7	33,7	3,2	80,4	21,3	3,1	49,3
Меркурий	54,1	120,2	23,1	15,4	24,7	42,4	4,2	132,8	24,9	3,6	66,9
Огонек	56,2	121,6	23,5	13,8	25,0	40,3	4,1	123,3	28,3	3,5	73,9
Камелик	58,7	112,1	20,0	8,1	5,8	45,5	5,3	179,9	30,1	4,5	101,0
Топаз	51,0	134,2	20,1	12,7	21,7	47,9	5,4	192,9	27,8	4,3	89,2
Факел	51,3	140,8	24,2	13,5	20,2	53,0	5,0	197,7	34,4	3,9	100,1
Азарт	61,8	127,1	20,4	12,0	16,5	44,4	4,7	155,7	29,9	4,3	95,9
Волжское615	53,8	135,4	24,6	11,3	19,9	48,3	5,3	191,0	31,6	4,3	101,4
Гарант	54,3	139,5	28,7	16,5	18,2	58,3	5,4	234,9	30,5	4,4	100,1
Пищевое 35	51,2	148,9	23,6	11,9	20,3	54,6	5,5	224,0	32,6	4,3	104,6
Пищевое 614	41,0	102,0	19,6	11,0	20,2	45,4	4,9	166,0	33,4	5,0	124,6
Сармат	52,7	134,5	18,5	8,3	26,7	51,9	5,4	209,1	27,8	4,0	82,9
Восторг	53,2	122,1	23,8	9,4	18,8	44,5	4,8	159,3	34,7	4,8	124,3
Аванс	58,7	122,2	25,2	9,0	11,9	52,8	6,2	244,2	31,0	4,1	94,8
Кремовое	57,9	128,7	21,3	19,8	24,8	41,9	4,7	146,9	24,0	3,3	59,1
Л-КСИ 28/13	53,4	126,0	18,6	8,2	18,4	52,2	5,4	210,3	31,9	4,6	109,5
Гелеофор	55,7	126,3	22,2	12,9	20,0	45,0	5,6	187,9	24,6	4,2	77,1
Жемчуг	47,7	126,4	15,0	8,7	21,1	35,2	3,1	81,4	21,7	2,9	46,9
Гранат	49,8	118,6	21,6	8,4	17,5	51,9	5,7	220,7	34,2	3,4	86,7
Старт	54,0	125,2	23,0	12,8	30,9	42,4	4,5	142,3	24,9	3,3	61,3

Примечание: 1 – Высота растений через 30 дней после всходов (см); 2 – Высота при созревании (см); 3 – Длина соцветия (см); 4 – Ширина соцветия (см); 5 – Выдвинутость ножки соцветия (см); 6 – Длина наибольшего листа (см); 7 – Ширина наибольшего листа (см); 8 – Площадь наибольшего листа (см<sup>2</sup>); 9 – Длина флагового листа (см); 10 – Ширина флагового листа (см); 11 – Площадь флагового листа (см<sup>2</sup>).



Продолжение приложения 41

Сорт, линия	Признак									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Перспективный1	2,43	2,43	27,9	5,0	220,0	3,20	13,63	13,42	73,74	5,97
Меркурий	1,57	1,56	20,0	11,4	631,7	4,82	22,63	10,44	72,77	3,68
Огонек	1,65	1,65	28,7	12,2	458,4	4,24	22,67	11,96	74,26	3,82
Камелик	1,26	1,25	22,4	25,2	1119,7	5,02	21,53	11,21	74,88	3,09
Топаз	1,45	1,45	24,6	18,5	741,1	3,96	20,50	11,04	78,48	3,54
Факел	1,31	1,28	29,1	24,0	821,5	5,15	26,26	12,03	74,29	3,54
Азарт	1,62	1,62	34,8	17,0	505,1	4,99	18,27	13,07	74,01	3,92
Волжское615	1,24	1,24	29,8	17,3	602,1	4,14	26,36	11,91	73,07	3,97
Гарант	1,37	1,37	24,5	24,2	997,8	6,13	25,00	11,38	75,45	4,52
Пищевое 35	1,23	1,22	27,1	24,1	958,4	5,02	23,37	10,95	72,68	4,22
Пищевое 614	1,93	1,93	29,1	23,8	803,7	4,09	12,70	12,35	75,13	3,06
Сармат	1,50	1,48	35,0	16,4	475,6	4,39	30,43	11,78	75,20	3,52
Восторг	1,73	1,73	31,9	25,7	861,8	4,02	16,76	11,99	72,88	4,26
Аванс	1,53	1,52	37,1	22,2	601,9	5,91	27,00	11,70	75,87	4,19
Кремовое	1,30	1,30	26,0	23,1	838,7	4,48	20,66	10,86	73,62	3,99
Л-КСИ 28/13	1,32	1,31	26,7	19,5	727,5	3,98	22,73	10,85	74,70	4,41
Гелеофор	1,23	1,22	36,0	25,6	1055,0	4,82	27,47	10,70	74,49	3,80
Жемчуг	1,22	1,22	30,9	20,1	653,0	4,53	18,90	14,12	74,37	3,85
Гранат	1,14	1,14	31,6	23,1	732,7	4,15	13,60	12,48	72,53	3,91
Старт	1,55	1,55	26,9	11,9	448,3	4,36	18,53	11,74	72,55	4,50

Примечание: 12 – Общая кустистость; 13 – Продуктивная кустистость; 14 – Масса 1000 зерен (г); 15 – Масса зерна с одной метелки (г); 16 – Число зерен с одной метелки (шт.); 17 – Урожайность зерна (т/га); 18 – Урожайность биомассы (т/га); 19 – Содержание протеина в зерне (%); 20 – Содержание крахмала в зерне (%); 21 – Содержание жира в зерне (%).

Приложение 42 – Показатели селекционно-ценных признаков сортов и линий сахарного сорго, среднее за 2016-2018 гг.

Признак	Сорт, линия												
	Волжское 51	Флагман	Чайка	Сахара	Саратовское 90	Камышинское 8	Кинельское 3	к-64	Л-60/12	Л-39/12	Л-42/13	Л-59/13	Л-52/13
1	44,3	60,2	48,2	53,6	58,3	46,8	45,6	53,5	53,3	57,4	59,3	52,1	49,7
2	188,2	203,8	174,3	195,9	181,3	185,9	193,3	208,4	191,4	198,2	198,1	197,8	186,8
3	22,4	22,4	22,5	20,5	24,8	23,5	21,4	22,1	21,1	21,5	22,5	20,3	23,4
4	11,5	10,2	9,5	9,8	12,5	13,5	13,1	13,7	9,5	8,5	10,9	9,2	12,2
5	54,2	59,1	47,3	55,5	52,7	60,5	55,4	58,0	56,2	61,1	62,2	57,2	56,0
6	4,8	4,9	4,9	5,9	5,6	5,9	5,6	5,1	6,3	6,5	6,6	6,5	5,3
7	194,1	216,0	172,9	244,3	220,2	266,3	231,4	220,7	264,1	296,3	306,2	277,4	221,4
8	33,2	34,2	32,7	30,2	32,7	31,6	41,8	31,6	27,3	28,8	27,3	32,7	25,1
9	3,5	3,6	2,9	3,2	4,7	3,4	5,3	4,3	3,5	3,5	3,5	3,7	3,1
10	86,7	91,8	70,7	72,1	114,7	80,2	165,3	101,4	71,3	75,2	71,3	90,3	58,0
11	1,48	1,19	1,38	1,33	1,59	1,80	1,55	1,24	1,28	1,25	1,11	1,29	1,53
12	1,41	1,18	1,35	1,30	1,56	1,77	1,49	1,18	1,26	1,23	1,08	1,22	1,52
13	22,8	25,3	22,8	27,1	22,7	20,1	23,2	25,2	25,1	27,9	25,4	26,3	26,5
14	14,6	18,0	16,7	19,0	13,4	19,1	23,4	21,6	20,4	26,8	27,0	24,2	19,7
15	650,3	727,0	666,2	740,7	528,4	934,3	1049,8	916,0	788,5	1010,7	1022,0	1024,0	816,3
16	3,19	3,06	3,52	3,75	2,85	3,99	3,91	3,55	3,31	3,54	3,62	3,78	4,34
17	24,14	19,16	22,09	21,82	23,88	25,65	22,55	22,35	20,95	20,12	23,41	23,37	25,70
18	6,66	7,94	7,37	6,09	5,86	8,16	7,31	7,33	7,85	5,88	8,08	7,18	7,79
19	2,32	2,81	2,39	2,62	2,04	2,97	3,05	3,58	2,74	2,55	3,06	2,48	2,70
20	17,3	15,0	12,7	17,8	18,3	15,9	14,6	14,7	17,4	18,5	19,3	17,4	16,1

Примечание: 1 – Высота растений через 30 дней после всходов (см); 2 – Высота при созревании (см); 3 – Длина соцветия (см); 4 – Ширина соцветия (см); 5 – Длина наибольшего листа (см); 6 – Ширина наибольшего листа (см); 7 – Площадь наибольшего листа (см<sup>2</sup>); 8 – Длина флагового листа (см); 9 – Ширина флагового листа (см); 10 – Площадь флагового листа (см<sup>2</sup>); 11 – Общая кустистость; 12 – Продуктивная кустистость; 13 – Масса 1000 зерен (г); 14 – Масса зерна с одной метелки (г); 15 – Число зерен с одной метелки (шт.); 16 – Урожайность зерна (т/га); 17 – Урожайность биомассы (т/га); 18 – Содержание протеина в бимассе (%); 19 – Содержание жира в биомассе (%); 20 – Содержание водорастворимых сахаров в соке стебля (%).

Приложение 43 – Реакция отцовских форм на ЦМС типов А1, А2, А3, А4, А5, А6, 2017 г.

ЦМС-линия	Сорт								
	Жемчуг	Меркурий	Огонек	Аванс	Кремовое	Волжское615	Восторг	Гелеофор	Гранат
А1 Карлик 4в.	R	R	R	R	R	R	В*	R	R
А2 Карлик 4в.	В*	R	R	R	В*	R	В*	R	В
А3 Карлик 4в.	В	В	В	В	В	В	В	В	В
А4 Карлик 4в.	R*	В	R*	В*	В	R	В	R	В
А5 Карлик 4в.	R	R	R	R	R	R*	В*	R	R
А6 Карлик 4в.	В*	R	R	R	В	R*	В	R	R*

Примечание: В – закрепитель стерильности; В\* – встречались полустерильные и стерильные растения; R – восстановитель фертильности; R\* – частичное восстановление фертильности.

Приложение 44 – Цитологический анализ пыльцы изоядерных гибридов F1 с геномом Карлик 4в на основе А1, А2, А3, А4, А5 и А6 типов цитоплазм, 2017г.

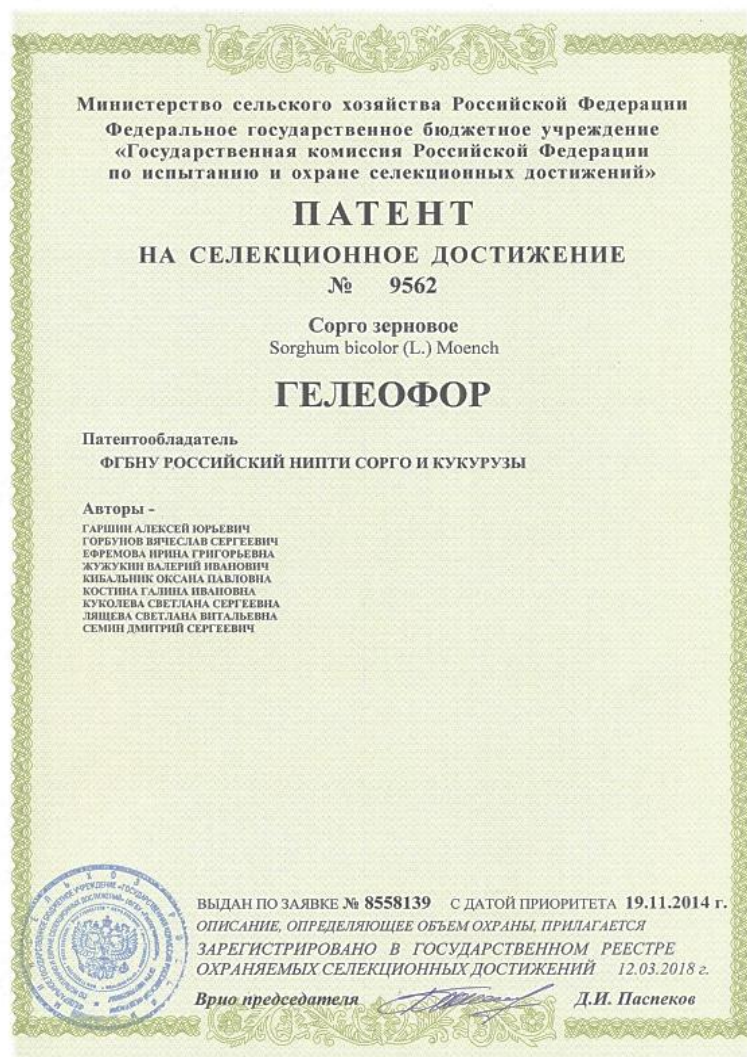
Тип ЦМС	Растение	Количество разных типов пыльцевых зерен <sup>1</sup> , %				
		I	II	III	IV	V
Гибриды с сортом Жемчуг						
А1	Ф <sup>2</sup>	86,4 d	10,8	–	1,3 a	1,4 a
А2	ПС <sup>3</sup>	36,2 a	15,9	–	23,8 c	23,0 cd
А3	С <sup>4</sup>	–	–	1,6 a	74,0 e	24,2 de
А4	ПФ <sup>5</sup>	50,0 b	16,5	4,0 b	15,3 b	14,1 b
А5	Ф	83,5 cd	7,3	0,3 a	3,3 a	5,5 a
А6	ПС	25,4 a	11,7	–	34,3 d	29,7 e
F <sub>05</sub>		47,93*	1,91	18,11*	178,15*	31,95*
НСР <sub>05</sub>		12,99	–	1,72	6,34	6,25
Гибриды с сортом Гелеофор						
А1	Ф	63,0 ab	15,9 c	0,8	4,5 a	15,9
А2	Ф	59,0 a	6,2 ab	7,7	14,0 b	13,2
А3	С	–	–	–	85,8 d	14,2
А4	Ф	45,5 a	10,9 bc	4,0	26,1 c	13,0
А5	Ф	93,1 bc	1,5 a	–	1,4 a	4,0
А6	Ф	93,1 c	3,7 ab	–	–	3,3
F <sub>05</sub>		5,66*	6,67*	8,72	159,47*	0,84
НСР <sub>05</sub>		29,45	7,45	–	9,09	–
Гибриды с линией Восторг						
А1	С	–	–	–	96,9 d	3,1 a
А2	С	–	9,1	–	85,7 cd	2,0 a
А3	С	–	6,9	3,2	88,6 cd	2,2 a
А4	С	6,8 a	17,4	3,3	45,6 b	22,2 bcd
А5	ПС	43,2 b	10,1	7,7	14,6 a	32,1 d
А6	С	–	–	–	73,9 c	26,1 cd
F <sub>05</sub>		81,83*	1,17	1,42	27,25*	7,47*
НСР <sub>05</sub>		17,33	–	–	19,00	15,81
Гибриды с линией Меркурий						
А1	Ф	33,3 b	28,1 c	0,7 a	32,1 c	5,9 ab
А2	Ф	33,4 b	26,1 bc	0,8 a	31,3 bc	8,3 b
А3	С	–	–	–	72,0 e	28,0 cd
А4	С	1,1 a	4,9 a	2,0 b	59,5 d	32,3 d

Продолжение приложения 44

Тип ЦМС	Рас- тение	Количество разных типов пыльцевых зерен, %				
		I	II	III	IV	V
A5	Ф	90,7 d	4,9 a	0,2 a	1,7 a	2,6 a
A6	Ф	84,3 cd	8,9 a	–	2,8 a	4,0 ab
F <sub>05</sub>		46,33*	11,34*	5,96*	75,39*	86,71*
HCP <sub>05</sub>		18,19	11,22	1,08	10,42	4,43
Гибриды с сортом Гранат						
A1	Ф	76,8 c	11,9 b	0,1 a	3,8 a	7,3 abc
A2	С	0,8 a	2,0 ab	2,9 a	74,3 d	20,0 d
A3	С	0,3 a	6,3 ab	6,6 b	70,0 cd	16,8 cd
A4	С	3,5 a	40,8 c	14,4 cb	27,1 b	15,7 bcd
A5	Ф	76,1 bc	11,2 ab	–	7,0 a	6,8 ab
A6	Ф	91,5 d	1,4 a	0,5 a	3,9 a	3,0 a
F <sub>05</sub>		174,25*	22,93*	39,90*	127,12*	5,24*
HCP <sub>05</sub>		10,53	9,64	3,05	9,23	9,32
Гибриды с сортом Огонек						
A1	Ф	66,0 c	19,8 bc	0,3	5,3 a	8,3 ab
A2	Ф	69,1 c	12,3 b	0,8	5,8 a	12,0 b
A3	С	3,3 a	12,5 b	2,7	42,4 c	39,0 c
A4	Ф	36,7 b	24,6 c	1,5	27,7 b	9,4 ab
A5	Ф	91,0 e	3,2 a	–	1,0 a	4,8 a
A6	Ф	78,2 d	13,4 b	–	1,8 a	3,4 a
F <sub>05</sub>		666,81*	8,36*	1,31	74,86*	53,19*
HCP <sub>05</sub>		3,90	7,52	–	6,14	5,77
Гибриды с сортом Аванс						
A1	Ф	95,5 d	1,1 a	–	0,7 a	2,8 a
A2	Ф	75,4 c	10,2 b	0,4 a	6,0 c	8,0 b
A3	С	2,6 a	7,6 ab	2,6 b	80,9 e	4,4 a
A4	ПС	36,2 b	20,7 c	6,0 c	12,6 d	24,0 c
A5	Ф	93,3 d	3,5 ab	–	0,8 a	2,4 a
A6	Ф	87,3 d	4,2 ab	0,1 a	4,0 bc	4,7 a
F <sub>05</sub>		219,26*	7,44*	65,73*	988,24*	73,79*
HCP <sub>05</sub>		7,99	8,12	1,16	3,14	3,01
Гибриды с сортом Кремовое						
A1	Ф	80,4 de	7,5 a	0,3 a	3,3 a	8,2 a
A2	ПС	44,4 c	26,2 c	0,7 a	11,0 a	18,7 bc
A3	С	1,7 a	9,8 ab	9,7 b	46,0 bc	32,9 d
A4	С	20,5 b	21,2 bc	1,0 a	50,5 c	6,9 a
A5	Ф	58,2 c	16,8 abc	0,4 a	6,0 a	19,3 c
A6	Ф	92,6 e	–	–	1,9 a	5,6 a
F <sub>05</sub>		61,79*	5,21*	5,61*	13,10*	14,14*
HCP <sub>05</sub>		13,93	11,11	5,58	19,40	8,79
Гибриды с сортом Волжское 615						
A1	Ф	91,1 cd	2,5	0,1	2,2 ab	3,6 a
A2	Ф	75,7 b	10,9	0,1	3,9 ab	9,9 b
A3	С	0,7 a	8,5	2,7	47,0 c	41,2 c
A4	Ф	76,3 b	13,1	0,6	7,3 b	2,1 a
A5	Ф	97,6 d	–	–	1,6 ab	0,9 a
A6	Ф	98,1 d	–	–	0,8 a	1,1 a
F <sub>05</sub>		244,03*	2,81	2,38	98,25*	90,70*
HCP <sub>05</sub>		7,44	–	–	5,73	5,20

Примечание: <sup>1</sup> – I. Полностью окрашенные пыльцевые зерна (ПЗ); II. Дефектные ПЗ с менее интенсивной окраской; III. ПЗ с небольшим количеством содержимого; IV. Дефектные ПЗ со слабой окраской содержимого; V. Пустые ПЗ. \* $p \leq 0,05$ . <sup>2</sup> – фертильное растение; <sup>3</sup> – полустерильное растение; <sup>4</sup> – стерильное растение; <sup>5</sup> – полуфертильное растение. \* $p \geq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 45 – Патент, акт внедрения на сорта Гелеофор и Гранат



## Продолжение приложения 45

УТВЕРЖДАЮ:

Глава крестьянского фермерского  
хозяйства

  
Н.В. Бондарь  
2022 г.

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Наименование организации, где выполнялось внедрение:

Крестьянское фермерское хозяйство Бондарь Николай Владимирович (КФХ Бондарь Н.В.), Саратовская область, Дергачевский район, с. Антоновка, ИНН 641000529140.

Наименование мероприятия, по какому плану внедрялось:

Испытание и внедрение в производство сорта зернового сорго Гранат.

Наименование научной организации, проводящей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы (ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»)

Сроки начала внедрения мероприятия: 2022 г.

Фактический объем внедрения в натуральных показателях:

Площадь посевов составила 40 га.

Получен положительный экономический эффект от предложенной технологии возделывания зернового сорго сорта Гранат.

УТВЕРЖДАЮ:

Председатель СПК имени Чапаева

  
С.И. Трунилин  
12 Сентября 2023 г.

### Акт о внедрении

В порядке проведения производственного опыта на полях сельскохозяйственного производственного кооператива имени Чапаева (ИНН 6444003068) Петровского района Саратовской области высевался сорт зернового сорго Гранат на площади 110 гектар.

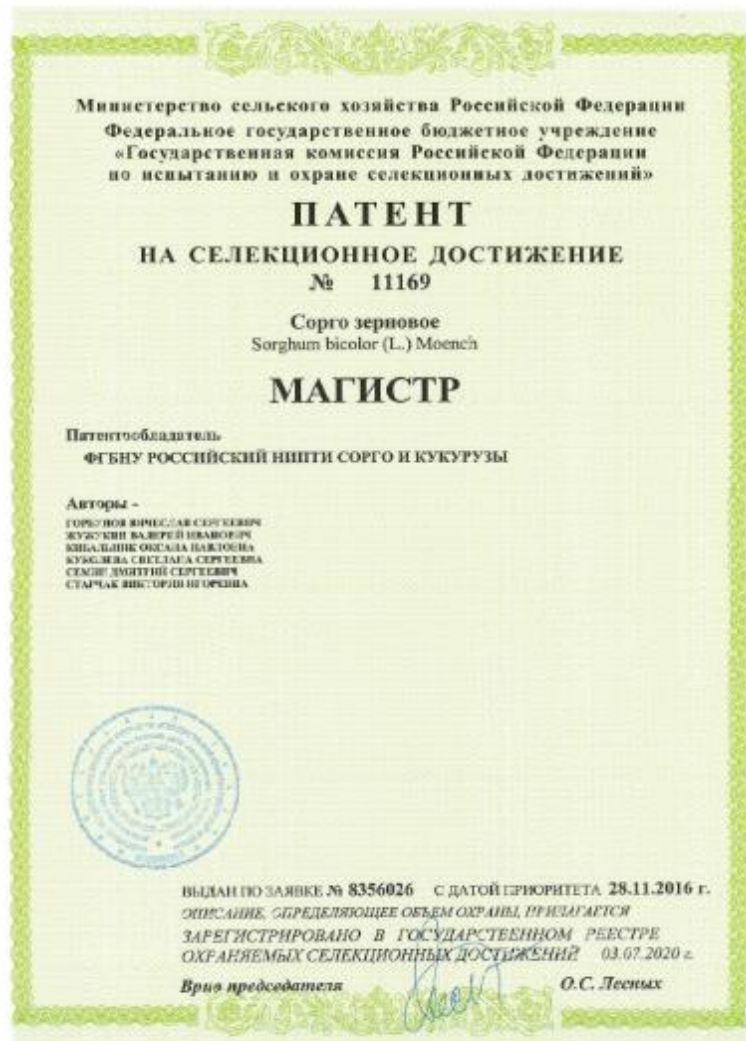
Получен положительный экономический эффект от предложенной технологии выращивания.

Председатель сельскохозяйственного  
производственного кооператива имени Чапаева

 Трунилин С.И.



Приложение 46 – Патент, справка об экологическом испытании на сорта Магистр и Изольда



# Продолжение приложения 46

АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ  
ИЛМХОИ ТОҶИКИСТОН  
ИНСТИТУТИ БОТАНИКА,  
ФИЗИОЛОГИЯ ВА  
ГЕНЕТИКАИ РАСТАНИИ



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
НАУК ТАДЖИКИСТАНА  
ИНСТИТУТ БОТАНИКИ,  
ФИЗИОЛОГИИ И  
ГЕНЕТИКИ РАСТЕНИЙ

734017, ш. Душанбе, кӯлини Кларков, 27, ват: (992 372) 224-71-88, 224-43-57, 225-80-83, 225-80-54

№ 30005/23-104 « 23 » сентября 2024 г.

## СПРАВКА

о результатах экологического испытания сортовых культур селекции  
ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в условиях Республики Таджикистан

Сообщаем, что в течение 2022-2024 гг. ученые Института ботаники, физиологии и генетики растений Национальной академии наук Таджикистана на основе научного сотрудничества с Евразийским центром по продовольственной безопасности Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы» (соглашение о сотрудничестве № 14-2022 от 24.02.2022 г.), ведут успешную научную работу по изучению сортов сахарного сорго – Изольда, Волжское 51, Шахрезада, Севилья, а также ряда зерновых сортов сорго в условиях Таджикистана. В своих научных работах сотрудники Института ботаники, физиологии и генетики растений Национальной академии наук Таджикистана эффективно используют рекомендации сотрудников ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (г. Саратов, Россия) по технологии выращивания сорго. Полученные нами научные данные по изучению этих сортов в разных агроэкологических зонах Таджикистана (на вертикальной зональности 350, 560, 840, 1300 и 1500 м над уровнем моря) показывают перспективность использования этих образцов в селекционном процессе и в производственных условиях Таджикистана в будущем. Нами в 2024 году начата селекционная работа по сорго под руководством селекционера, кандидата биологических наук Кибальник Оксана Павловны. Селекционный материал, полученный с ее участием, включен в селекционный процесс в нашем институте. Надеемся, что от такого плодотворного научного сотрудничества между селекционерами Российской Федерации и Республики Таджикистан в будущем можно совместно создать новые перспективные гибриды и сорта сорго, и тем самым внести научный вклад в обогащение генофонда сорговых культур и для условий Российской Федерации и для Республики Таджикистан. Ученые Института ботаники, физиологии и генетики растений НАН Таджикистана высоко ценят научное сотрудничество с селекционерами из ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» и выражают им глубокую признательность за поддержку и научное сотрудничество по селекции сорговых культур в Таджикистане.

Директор Института ботаники, физиологии и  
генетики растений НАН Таджикистана, кандидат  
биологических наук



Бобозода Б.Б.

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение, дополнительное профессиональное  
образование  
«ТАТАРСКИЙ ИНСТИТУТ ПЕРЕПОДГОТОВКИ  
КАДРОВ АГРОБИЗНЕСА»  
ФГБОУ ДПО ТИПКА



РОССИЯ ФЕДЕРАЦИЯ СЕНЕЦ АЗЫЛ  
ХУЖАЛЫГИ МИНИСТРЛЫГИ  
Остава Инвари белем бирү федераль дүәри  
бизнес учреждение  
«ТАТАРСКИЙ ИНСТИТУТ ПЕРЕПОДГОТОВКИ  
КАДРОВ АГРОБИЗНЕСА»  
ФГБОУ ДПО ТИПКА

Оренбург: тракт ул. Х.Исхакиев, 420059  
Телефон: 8(33) 277-51-86  
Email: tipka@mail.ru

18.09.2024 № 01-07/257

## СПРАВКА

о результатах экологического испытания сортовых культур селекции  
ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в условиях Республики Татарстан

В 2024 г. в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса» (ФГБОУ ДПО «ТИПКА») с Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы» (ФГБНУ РосНИИСК «Россорго») №88 от 05.04.2024 г. проводилось экологическое испытание сортовых культур в условиях Республики Татарстан (сорт зернового сорго – Волжское 44; сорта сахарного сорго – Изольда, Шахрезада; сорта суданской травы – Констанция, Юбилейная 20; сорго-суданковых гибридов Аннон, Агат).

Результаты изучения коллекции сортов и гибридов сорговых культур в регионе показывают перспективность использования данных образцов в селекционном процессе и в производственных условиях Республики Татарстан.

Врио ректора, доктор экономических  
наук, профессор



С.Л. Алексеев

Иск. Нияметзянов А.Р.  
8903260436



## Продолжение приложения 46



Институт сельского хозяйства - филиал  
Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр  
Российской академии наук»  
(ИСХ КБНЦ РАН)

Адрес: 360004, г. Нальчик, ул. Кирова, 224  
Email: ishkbncran@yandex.ru

Телефон (8662) 72-20-46, (8662) 72-22-31

№ 04-15/134

Нальчик, 2024

ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»  
Зам. директора  
Ю.В. Бочкареву

### СПРАВКА

о результатах экологического испытания сорговых и просовидных культур селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в условиях Кабардино-Балкарской Республики

В 2024 г. в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве Института сельского хозяйства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук» (ИСХ КБНЦ РАН) с Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы» (ФГБНУ РосНИИСК «Россорго») №11 от 07.03.2024 г., проводилось экологическое испытание в условиях Кабардино-Балкарской Республики сорговых культур (зернового сорго – Волжское 44, Азарт, Принц, Кулон, Кремовое, Пищевое 35, Факел; сахарного сорго – Чайка, **Изольда**, Шахерезада; суданской травы – **Констанция**; сорго-суданского гибрида Аннион) и просовидных культур (чумизы Афродита; могоара Скиф; пайзы Готика и Лада).

Результаты изучения коллекции сортов и гибридов сорговых и просовидных культур в регионе показывают перспективность использования данных образцов в селекционном процессе и в производственных условиях Кабардино-Балкарской Республики.

Директор ИСХ КБНЦ РАН



М.Х. Жскамухов

### СПРАВКА

о результатах экологического испытания сорговых и просовидных культур селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в условиях Алтайского края

В 2024 г. в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный алтайский научный центр агробиотехнологии» (ФГБНУ ФАНЦА) с Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы» (ФГБНУ РосНИИСК «Россорго») №8 от 01.03.2024 г. проводилось экологическое испытание сорговых культур в условиях Алтайского края (сорта зернового сорго – Волжское 44, Азарт, Принц, Кулон, Кремовое, Пищевое 35, Факел, РСК Кахалонг, РСК Коралл и гибрид **Тамараж**; сорта сахарного сорго – Чайка, **Изольда**, Шахерезада, Севиля; сорта суданской травы – **Констанция**, Эмма, Мечта Поволжья, Юбилейная 20; сорго-суданковых гибридов Аннион, Агат) и просовидных культур (сорт чумизы Афродита; сорт могоара Скиф; сорта пайзы Готика и Лада).

Результаты изучения коллекции сортов и гибридов сорговых и просовидных культур в регионе показывают перспективность использования данных образцов в селекционном процессе и в производственных условиях Алтайского края.

Директор ФГБНУ ФАНЦА

А.А. Гаркуша



Приложение 47 – Высота растений и параметры соцветия гибридов F1 зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Высота, см						Соцветие, см					
	Через 30 дней после всходов			При созревании			Длина			Ширина		
	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.
А3Ж-10/Перспективный1	100,9	58,7	39,1	183,4	180,3	171,5	21,8	14,9	22,9	10,7	6,7	10,7
А3 Ж-10/ Старт	88,0	60,6	44,1	186,6	163,5	177,0	25,3	20,0	26,7	13,5	9,0	15,9
А3 Ж-10/ Меркурий	80,2	60,8	45,3	195,1	174,9	188,9	21,8	19,0	26,3	9,5	5,4	16,6
А3 Ж-10/ Огонек	91,3	55,9	41,4	173,3	175,9	192,4	19,1	18,4	26,5	8,3	4,2	14,2
А3 Ж-10/ Камелик	107,4	68,4	56,3	238,3	199,3	204,2	20,1	19,0	26,2	6,2	6,8	11,3
А3 Ж-10/ Топаз	97,8	57,0	40,5	187,3	166,0	199,0	19,7	18,2	23,0	6,3	5,8	7,8
А3 Ж-10/ Факел	93,4	52,1	48,9	218,9	186,3	197,7	19,5	19,3	22,2	6,5	4,8	11,0
А3 Ж-10/ Аванс	107,4	60,8	47,5	196,0	178,6	182,5	19,1	19,8	26,0	7,2	5,6	10,4
А3 Ж-10/ Азарт	114,0	57,5	49,5	215,6	171,1	163,5	20,3	18,4	21,5	10,9	6,2	14,4
А3 Ж-10/ Волжское615	108,4	58,7	40,6	194,1	175,3	209,2	17,4	18,4	25,0	6,3	4,9	11,4
А3 Ж-10/Гелеофор	92,5	60,7	38,6	229,2	169,3	200,2	17,7	16,3	26,3	6,4	3,8	10,3
А3 Ж-10/ Кремовое	120,5	58,8	43,9	211,1	166,7	205,6	22,0	18,0	27,4	8,1	5,4	15,3
А3 Ж-10/ Пищевое614	70,0	55,2	39,1	155,6	163,8	159,3	20,1	19,4	21,0	7,6	4,8	10,1
А3 Ж-10/ Сармат	96,9	57,1	40,7	201,7	181,4	210,1	16,9	20,3	16,5	5,8	6,3	9,4
А3 Ж-10/ Восторг	90,8	60,1	44,6	226,7	159,0	178,1	19,6	18,3	23,3	6,7	4,8	11,4
А3 Ж-10/ Гарант	97,8	56,0	40,1	174,3	175,0	184,7	21,2	19,2	25,0	9,3	7,3	16,1
А3 Ж-10/ Пищевое35	106,3	59,8	27,8	258,9	193,7	205,1	21,9	18,2	24,8	5,4	5,4	9,8
А3 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	108,6	64,4	38,8	185,9	167,5	176,9	16,5	16,7	20,8	5,5	5,1	9,5
А4Ж-10/ Перспективный1	106,0	62,1	47,3	159,5	173,7	171,8	19,7	15,0	22,5	11,7	7,7	12,7
А4 Ж-10/ Старт	91,8	63,7	42,1	186,1	167,8	174,8	22,7	21,6	27,2	12,7	11,0	15,6
А4 Ж-10/ Меркурий	66,0	60,1	37,9	192,9	181,9	203,5	18,2	18,6	32,8	9,4	6,3	14,1
А4 Ж-10/ Огонек	78,8	57,8	40,5	192,7	176,7	181,1	20,6	18,1	25,8	7,3	6,5	13,0
А4 Ж-10/ Камелик	71,9	66,3	51,9	208,9	199,4	198,5	20,4	19,8	26,5	7,6	7,2	13,1
А4 Ж-10/ Топаз	103,7	50,8	43,3	213,7	148,5	195,7	19,5	17,7	24,1	5,7	3,9	9,9
А4 Ж-10/ Факел	94,7	54,8	44,1	189,4	209,7	196,7	17,1	19,8	24,1	4,6	5,7	12,3
А4 Ж-10/ Аванс	85,1	55,2	44,6	192,5	175,0	182,2	19,9	20,5	24,3	7,4	5,9	9,9

Продолжение приложения 47

А4 Ж-10/ Азарт	88,0	63,2	49,9	204,5	165,5	166,9	18,4	17,6	20,6	5,6	8,1	13,9
А4 Ж-10/ Волжскоеб15	91,8	50,2	39,4	201,9	188,1	215,3	19,1	21,0	24,0	7,7	4,8	11,2
А4 Ж-10/ Гелеофор	90,9	53,6	36,3	213,9	181,6	182,5	19,0	18,8	21,3	7,7	5,0	9,3
А4 Ж-10/ Кремовое	96,2	61,5	53,3	193,3	153,9	212,2	20,3	17,9	24,5	7,2	4,3	11,6
А4 Ж-10/ Пищевоеб14	73,5	56,5	37,5	148,8	139,5	176,1	19,7	17,8	22,8	7,8	4,2	13,6
А4 Ж-10/ Сармат	94,1	54,2	35,6	180,0	176,2	209,3	15,6	16,2	21,0	5,4	5,7	9,6
А4 Ж-10/ Восторг	101,3	49,4	39,7	219,1	155,1	182,5	19,2	17,4	23,1	5,4	3,9	13,0
А4 Ж-10/ Гарант	102,3	57,5	39,3	198,2	173,0	172,5	20,5	20,2	26,8	7,6	6,1	17,8
А4 Ж-10/ Пищевое35	98,3	66,1	33,6	211,9	193,0	188,6	19,1	20,2	23,9	6,8	6,2	11,5
А4 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	90,3	66,4	45,1	189,5	168,8	173,4	21,2	18,9	19,7	8,0	5,6	7,9
9Е Ж-10/ Перспективный1	112,3	66,6	68,7	174,2	159,2	176,2	18,3	13,8	24,5	8,9	6,6	13,4
9Е Ж-10/ Старт	79,9	62,7	47,3	176,4	157,9	183,8	19,8	21,7	24,8	11,8	10,4	12,8
9Е Ж-10/ Меркурий	101,5	60,0	49,9	238,0	190,7	193,9	24,5	20,4	25,2	9,0	5,2	16,7
9Е Ж-10/ Огонек	85,0	60,3	41,2	216,6	176,9	199,8	18,7	18,9	26,7	7,1	6,1	15,0
9Е Ж-10/ Камелик	112,1	73,7	53,5	240,1	195,6	203,8	21,8	20,2	28,8	8,1	6,6	15,3
9Е Ж-10/ Топаз	94,8	61,9	51,1	203,6	163,7	192,9	16,4	19,0	22,7	4,9	4,9	7,9
9Е Ж-10/ Факел	97,2	71,7	49,8	215,5	243,4	193,7	24,1	27,2	24,8	7,0	8,1	15,4
9Е Ж-10/ Аванс	92,2	62,8	46,2	182,6	176,9	173,2	21,8	20,7	24,4	6,7	6,1	10,4
9Е Ж-10/ Азарт	95,0	63,8	49,0	169,9	163,8	163,4	26,5	17,5	23,5	15,0	6,7	16,2
9Е Ж-10/ Волжскоеб15	81,7	59,9	43,1	229,9	167,4	210,5	21,4	17,6	26,6	9,3	4,8	11,4
9Е Ж-10/ Гелеофор	92,1	56,0	44,1	217,8	181,9	193,3	17,6	20,1	21,8	7,0	5,2	9,6
9Е Ж-10/ Кремовое	100,1	61,2	44,4	226,7	163,8	191,3	20,8	20,1	27,5	7,4	4,5	14,9
9Е Ж-10/ Пищевоеб14	54,2	60,0	41,6	158,9	157,2	196,0	21,4	20,7	23,9	6,5	5,1	14,1
9Е Ж-10/ Сармат	93,1	63,9	42,0	183,9	185,8	204,0	16,3	18,4	23,1	6,0	5,3	10,1
9Е Ж-10/ Восторг	93,9	60,7	45,1	197,6	156,5	188,7	21,2	17,7	22,1	9,0	6,2	11,0
9Е Ж-10/ Гарант	94,2	65,0	45,9	223,9	177,4	198,3	21,6	20,2	24,7	5,6	6,5	13,4
9Е Ж-10/ Пищевое35	92,9	55,0	37,3	183,2	230,2	189,6	20,3	21,7	25,4	8,4	6,9	9,8
9Е Ж-10/ Л-КСИ 28/13	87,0	66,6	39,2	181,9	159,3	186,6	18,9	18,4	27,4	8,8	6,2	17,1
F <sub>05</sub>	7,46*	2,85*	2,42*	8,93*	5,80*	3,54*	5,89*	4,92*	2,74*	9,71*	5,35*	2,21*
V, %	11,9	8,4	12,6	11,7	9,1	7,4	11,0	8,9	9,8	25,7	19,7	21,1

Примечание: \* $p \geq 0,05$ .

Приложение 48 – Параметры наибольшего листа гибридов F1 зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Длина, см			Ширина, см			Площадь, см <sup>2</sup>		
	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.
А3Ж-10/Перспективный1	64,9	64,5	55,8	5,3	5,0	4,7	269,3	242,7	197,1
А3 Ж-10/ Старт	77,9	60,7	60,3	8,1	4,9	5,5	471,1	222,7	246,5
А3 Ж-10/ Меркурий	82,1	49,4	63,7	8,2	4,4	5,3	502,5	162,6	251,8
А3 Ж-10/ Огонек	62,4	51,4	66,3	4,2	4,5	5,9	194,5	172,7	290,7
А3 Ж-10/ Камелик	66,1	51,0	66,0	6,0	5,6	6,3	298,2	208,8	309,1
А3 Ж-10/ Топаз	71,1	68,1	73,5	5,5	6,2	6,2	290,2	316,9	342,3
А3 Ж-10/ Факел	74,1	67,6	74,6	5,6	4,0	6,2	307,8	203,5	343,7
А3 Ж-10/ Аванс	83,5	71,9	75,8	7,0	5,6	7,3	437,7	299,1	412,4
А3 Ж-10/ Азарт	74,4	68,0	57,7	5,6	4,7	5,3	310,5	237,7	228,1
А3 Ж-10/ Волжское615	73,7	66,2	75,9	5,7	4,2	6,3	312,0	240,8	359,8
А3 Ж-10/Гелеофор	72,8	62,2	67,4	5,4	4,4	5,5	290,2	204,6	277,5
А3 Ж-10/ Кремовое	69,2	67,2	74,9	5,3	4,7	5,9	275,5	237,7	331,5
А3 Ж-10/ Пищевое614	71,3	66,8	62,3	5,5	4,9	5,5	292,9	242,6	255,2
А3 Ж-10/ Сармат	76,1	74,1	71,4	5,1	5,0	5,4	300,0	273,0	289,9
А3 Ж-10/ Восторг	76,4	61,4	66,4	7,2	5,2	6,3	412,4	235,8	317,8
А3 Ж-10/ Гарант	72,2	60,4	63,3	6,5	6,2	6,4	349,1	281,3	300,3
А3 Ж-10/ Пищевое35	76,8	62,3	73,1	6,4	5,0	7,4	366,7	234,1	404,5
А3 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	72,7	48,2	67,6	5,2	4,7	6,5	286,2	172,4	338,2
А4Ж-10/ Перспективный1	63,2	49,9	55,8	4,9	4,6	5,2	231,4	171,7	220,1
А4 Ж-10/ Старт	76,8	56,4	68,1	6,0	5,2	6,9	348,3	218,2	350,4
А4 Ж-10/ Меркурий	70,0	51,1	77,1	7,0	5,1	7,0	366,9	192,6	402,6
А4 Ж-10/ Огонек	73,8	57,2	60,3	5,9	4,7	5,4	329,4	200,6	246,7
А4 Ж-10/ Камелик	61,0	50,3	68,2	5,9	5,9	6,9	270,1	220,4	360,8
А4 Ж-10/ Топаз	78,5	60,5	73,1	5,8	4,2	6,9	344,3	191,1	375,1
А4 Ж-10/ Факел	73,9	61,5	71,3	4,9	4,8	5,8	269,7	219,3	308,1
А4 Ж-10/ Аванс	86,1	62,4	73,8	7,8	5,7	6,8	503,2	269,3	377,0
А4 Ж-10/ Азарт	69,5	56,5	60,7	4,9	4,9	6,3	253,6	207,1	287,6

Продолжение приложения 48

А4 Ж-10/ Волжскоеб15	67,2	62,7	71,8	6,1	5,2	6,1	307,5	241,8	325,5
А4 Ж-10/ Гелеофор	76,2	63,3	64,1	6,4	6,1	5,8	367,8	284,6	278,0
А4 Ж-10/ Кремовое	70,6	58,2	73,9	5,3	4,1	6,1	278,8	177,3	334,4
А4 Ж-10/ Пищевоеб14	67,4	64,9	66,0	6,0	4,2	6,1	301,7	204,3	298,8
А4 Ж-10/ Сармат	67,3	73,6	74,9	6,0	5,2	6,7	303,6	287,6	374,6
А4 Ж-10/ Восторг	63,4	53,9	64,1	6,1	4,8	6,2	290,3	195,4	295,8
А4 Ж-10/ Гарант	72,3	66,1	69,7	6,3	6,2	6,1	341,7	308,9	319,6
А4 Ж-10/ Пищевое35	75,9	62,5	69,0	7,1	5,5	6,2	400,3	260,4	319,2
А4 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	68,8	62,5	68,3	6,6	5,6	6,3	342,9	260,2	321,6
9Е Ж-10/ Перспективный1	54,8	49,8	58,4	4,1	4,9	5,1	167,5	183,4	220,8
9Е Ж-10/ Старт	78,4	61,5	65,0	7,7	5,1	5,7	452,6	237,3	276,3
9Е Ж-10/ Меркурий	73,0	69,4	76,3	6,5	3,6	7,5	353,6	184,7	427,2
9Е Ж-10/ Огонек	73,9	54,4	64,0	5,4	5,1	5,2	297,8	206,6	248,2
9Е Ж-10/ Камелик	67,6	57,1	68,6	6,3	5,9	7,4	319,1	251,1	386,6
9Е Ж-10/ Топаз	85,1	66,3	70,8	6,1	4,6	6,2	387,2	227,7	328,2
9Е Ж-10/ Факел	71,2	73,6	74,8	5,2	4,6	5,8	274,5	251,3	327,5
9Е Ж-10/ Аванс	74,6	63,4	77,6	7,2	5,7	7,4	402,8	271,8	437,0
9Е Ж-10/ Азарт	61,2	55,7	55,8	5,5	4,4	6,0	250,8	184,9	248,3
9Е Ж-10/Волжскоеб15	74,8	73,7	71,2	6,3	5,0	6,6	349,7	278,9	349,4
9Е Ж-10/ Гелеофор	72,9	64,1	67,8	6,4	6,2	6,1	346,6	295,7	308,1
9Е Ж-10/ Кремовое	69,3	63,1	67,9	5,4	4,2	5,9	278,9	196,8	302,7
9Е Ж-10/ Пищевоеб14	70,0	65,9	69,9	5,7	4,9	6,6	298,0	239,3	345,3
9Е Ж-10/ Сармат	71,3	71,1	73,2	5,6	5,4	6,5	296,1	286,5	354,3
9Е Ж-10/ Восторг	73,7	60,0	68,5	7,0	4,6	6,9	386,3	206,3	356,3
9Е Ж-10/ Гарант	65,5	63,9	75,9	6,0	6,1	6,1	292,7	286,1	347,1
9Е Ж-10/ Пищевое35	79,1	70,5	72,7	6,0	7,0	6,8	355,9	368,3	371,3
9Е Ж-10/ Л-КСИ 28/13	85,2	62,0	71,9	7,9	5,4	6,2	500,2	249,8	331,1
F <sub>05</sub>	5,46*	4,45*	3,39*	6,25*	2,76*	2,08*	6,18*	2,87*	2,40*
V, %	8,8	11,2	8,6	15,1	13,6	10,5	21,7	17,2	17,1

Примечание: \* $p \geq 0,05$ .

Приложение 49 – Кустистость и урожайность гибридов F1 зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Продуктивная кустистость, шт.			Урожайность зерна, т/га			Урожайность биомассы, т/га		
	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.
А3Ж-10/Перспективный1	1,59	1,02	1,70	2,30	3,52	4,21	32,0	15,5	12,0
А3 Ж-10/ Старт	1,64	1,20	1,22	1,09	3,87	6,22	35,0	19,6	21,8
А3 Ж-10/ Меркурий	2,00	1,00	1,47	2,88	3,31	6,00	40,5	24,5	28,9
А3 Ж-10/ Огонек	1,26	1,06	2,36	6,44	2,65	7,69	40,3	21,3	39,6
А3 Ж-10/ Камелик	1,17	1,19	1,27	4,08	3,46	6,35	33,1	33,1	30,1
А3 Ж-10/ Топаз	1,26	0,91	1,27	1,21	2,07	5,90	42,8	29,2	40,1
А3 Ж-10/ Факел	1,41	1,04	1,56	2,27	2,27	5,91	35,4	30,7	37,1
А3 Ж-10/ Аванс	1,22	1,02	1,00	1,19	3,13	6,02	46,5	37,8	39,9
А3 Ж-10/ Азарт	1,20	1,00	1,73	5,24	4,33	5,81	26,2	21,1	18,6
А3 Ж-10/ Волжское615	1,32	1,09	1,12	6,08	2,32	4,71	39,8	37,7	26,1
А3 Ж-10/Гелеофор	1,37	1,23	1,13	3,67	1,82	6,75	49,4	28,3	37,8
А3 Ж-10/ Кремовое	1,10	1,18	1,30	3,35	3,77	7,14	40,5	30,6	33,5
А3 Ж-10/ Пищевое614	1,20	1,16	1,19	1,28	2,96	5,03	37,6	31,4	23,9
А3 Ж-10/ Сармат	1,24	1,05	1,34	2,11	1,24	4,42	41,7	38,6	36,2
А3 Ж-10/ Восторг	1,28	1,03	1,16	4,27	3,27	6,60	33,1	26,1	23,9
А3 Ж-10/ Гарант	1,47	1,09	1,18	3,55	2,47	6,16	42,3	35,3	37,8
А3 Ж-10/ Пищевое35	1,23	1,00	1,03	2,56	1,09	3,41	56,2	24,9	29,9
А3 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	1,12	1,00	1,12	2,10	1,90	6,13	43,2	25,1	32,9
А4Ж-10/ Перспективный1	1,64	1,05	2,40	4,60	3,63	5,34	14,8	21,6	18,1
А4 Ж-10/ Старт	1,49	1,05	1,61	2,07	3,83	6,27	29,2	21,6	27,6
А4 Ж-10/ Меркурий	2,09	1,00	1,62	2,44	3,20	5,07	30,5	25,9	31,4
А4 Ж-10/ Огонек	1,09	1,07	1,32	7,53	2,84	6,17	41,0	20,6	20,0
А4 Ж-10/ Камелик	1,18	1,00	1,00	4,76	2,71	5,24	42,1	23,0	25,2
А4 Ж-10/ Топаз	1,46	1,00	1,06	1,29	1,33	5,49	42,5	20,5	30,8
А4 Ж-10/ Факел	1,30	1,00	1,30	2,50	2,11	5,94	40,0	29,3	29,5
А4 Ж-10/ Аванс	1,45	1,07	1,26	1,27	2,81	4,94	50,8	30,0	32,4
А4 Ж-10/ Азарт	1,00	1,00	1,64	2,33	3,82	6,62	21,8	19,4	21,6

Продолжение приложения 49

А4 Ж-10/ Волжское615	1,53	0,98	1,19	5,48	2,50	5,05	41,9	36,0	28,5
А4 Ж-10/ Гелеофор	1,13	1,09	1,33	3,38	1,85	4,63	53,4	30,9	22,0
А4 Ж-10/ Кремовое	1,11	1,00	1,12	3,49	2,86	7,81	44,9	21,9	35,2
А4 Ж-10/ Пищевое614	1,38	1,14	1,30	1,32	1,85	4,99	32,0	18,8	23,9
А4 Ж-10/ Сармат	1,29	1,12	1,23	2,27	1,55	3,47	40,3	31,0	32,6
А4 Ж-10/ Восторг	1,16	1,15	1,13	4,97	2,05	6,16	36,2	22,2	24,8
А4 Ж-10/ Гарант	1,14	0,97	1,03	3,04	2,45	6,53	43,1	35,7	30,7
А4 Ж-10/ Пищевое35	1,44	1,00	1,16	2,17	1,14	4,12	37,9	27,8	28,9
А4 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	1,09	1,04	1,15	2,76	2,23	4,52	44,8	22,9	22,6
9Е Ж-10/ Перспективный1	1,60	1,00	1,91	3,39	3,08	5,14	27,4	13,3	16,0
9Е Ж-10/ Старт	1,63	1,00	1,62	2,17	3,43	5,77	28,7	22,3	22,7
9Е Ж-10/ Меркурий	2,00	1,00	2,09	2,50	2,65	5,82	38,5	27,9	32,7
9Е Ж-10/ Огонек	1,62	1,08	1,68	4,87	2,91	8,49	49,1	21,0	35,2
9Е Ж-10/ Камелик	1,09	1,10	1,00	4,14	3,25	8,27	41,2	28,2	29,1
9Е Ж-10/ Топаз	1,29	1,13	1,35	1,38	1,41	5,71	42,3	22,8	44,2
9Е Ж-10/ Факел	1,39	1,06	1,71	2,72	3,60	5,65	41,9	35,3	37,1
9Е Ж-10/ Аванс	1,40	1,15	1,25	1,29	2,99	5,42	50,9	39,2	30,1
9Е Ж-10/ Азарт	1,30	1,00	1,44	2,60	3,80	7,34	19,9	21,0	20,9
9Е Ж-10/ Волжское615	1,62	1,09	1,27	5,91	2,55	5,55	45,7	32,4	36,3
9Е Ж-10/ Гелеофор	1,27	1,15	1,09	3,05	2,08	5,27	56,5	33,2	26,4
9Е Ж-10/ Кремовое	1,17	1,14	1,19	3,44	3,15	7,82	44,3	21,7	24,1
9Е Ж-10/ Пищевое614	2,00	1,09	1,20	1,96	2,53	5,45	40,2	27,8	29,1
9Е Ж-10/ Сармат	1,39	1,09	1,03	2,25	1,71	3,56	45,5	36,7	30,6
9Е Ж-10/ Восторг	1,17	1,19	1,09	4,93	2,22	5,93	47,1	25,6	25,3
9Е Ж-10/ Гарант	1,42	1,05	1,08	3,64	2,42	6,82	54,1	35,7	34,4
9Е Ж-10/ Пищевое35	1,77	1,00	1,19	1,97	0,93	4,11	38,8	29,0	29,3
9Е Ж-10/ Л-КСИ 28/13	1,20	1,02	1,00	2,44	2,37	6,33	38,6	22,1	34,3
F <sub>05</sub>	3,02*	4,22*	1,66*	12,42*	5,08*	1,48*	3,23*	5,24*	1,79*
V, %	18,6	6,6	19,5	48,6	31,4	19,9	21,7	23,5	23,3

Примечание: \* $p \geq 0,05$

Приложение 50 – Эффекты ОКС отцовских форм гибридов зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по высоте растений и параметрам соцветия, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Высота						Соцветие					
	Через 30 дней после всходов			При созревании			Длина			Ширина		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Перспективный1	12,77	2,40	7,86	-26,70	-4,54	-16,25	-0,10	-4,38	-1,04	2,61	1,04	-0,14
Старт	-7,06	2,26	0,65	-16,03	-12,54	-10,88	2,57	2,15	1,89	4,85	4,17	2,36
Меркурий	-11,06	0,23	0,52	9,60	6,60	6,02	1,47	0,39	3,76	1,48	-0,33	3,39
Огонек	-8,60	-2,07	-2,81	-4,86	0,90	1,68	-0,56	-0,48	1,99	-0,25	-0,36	1,66
Камелик	3,50	9,40	10,05	30,04	22,50	12,75	0,74	0,72	2,83	-0,52	0,91	0,82
Топаз	5,14	-3,50	1,12	2,47	-16,20	6,45	-1,50	-0,65	-1,07	-2,19	-1,09	-3,88
Факел	1,47	-0,54	3,75	8,87	37,53	6,62	0,20	3,15	-0,64	-1,79	0,24	0,49
Аванс	1,27	-0,47	2,25	-8,70	1,23	-10,12	0,24	1,39	0,56	-0,72	-0,09	-2,18
Азарт	5,37	1,43	5,69	-2,40	-8,80	-24,82	1,70	-1,11	-2,47	2,68	1,04	2,42
Волжское 615	0,34	-3,80	-2,81	9,57	1,33	22,25	-0,73	0,05	0,86	-0,05	-1,13	-1,08
Гелеофор	-1,80	-3,30	-4,18	21,24	2,00	2,58	-1,93	-0,55	-1,21	-0,79	-1,29	-2,68
Кремовое	11,97	0,43	3,35	11,30	-14,14	13,62	1,00	-0,28	2,13	-0,25	-1,23	1,52
Пищевое 614	-27,73	-2,84	-4,45	-44,63	-22,10	-12,28	0,37	0,35	-1,77	-0,52	-1,26	0,19
Сармат	1,07	-1,67	-4,41	-10,53	5,53	18,38	-3,76	-0,65	-4,14	-2,09	-0,19	-2,71
Восторг	1,70	-3,34	-0,71	15,40	-18,74	-6,32	-0,03	-1,15	-1,51	-0,79	-0,99	-0,61
Гарант	4,47	-0,57	-2,08	-0,26	-0,47	-4,25	1,07	0,92	1,16	-0,32	0,67	3,36
Пищевое 35	5,54	0,23	-10,95	18,94	30,03	5,02	0,40	1,09	0,36	-0,95	0,21	-2,04
Л-КСИ 28/13	1,67	5,73	-2,81	-13,30	-10,40	-10,45	-1,16	-0,95	-1,71	-0,39	-0,33	-0,91
F <sub>05</sub>	12,32*	3,91*	6,17*	16,56*	13,98*	8,72*	7,92*	9,28*	5,14*	19,89*	13,17*	4,60*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .



Приложение 51 – Эффекты ОКС отцовских форм гибридов зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по параметрам наибольшего листа и продуктивности, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Наибольший лист									Продуктивная ку- стистость			Урожайность					
	Длина			Ширина			Площадь						зерна			биомассы		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.				2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Перспек.1	-11,28	-7,13	-11,79	-1,29	-0,24	-1,20	-107,43	-36,04	106,92	0,23	-0,04	0,67	0,31	0,80	-0,87	-15,15	-10,15	-13,78
Старт	5,46	-2,33	-3,99	1,21	-0,01	-0,16	93,84	-9,24	-28,52	0,21	0,02	0,15	-1,33	1,10	0,32	-8,92	-5,78	-5,11
Меркурий	2,79	-5,23	3,91	1,18	-0,71	0,40	77,51	-55,34	40,94	0,65	-0,06	0,39	-0,50	0,44	-0,13	-3,38	-0,85	1,86
Огонек	-2,21	-7,53	-4,92	-0,89	-0,31	-0,70	-56,26	-42,00	-57,72	-0,05	0,01	0,45	3,17	0,19	1,69	3,58	-5,98	2,46
Камелик	-7,34	-9,06	-0,85	0,01	0,73	0,67	-34,36	-8,54	32,58	-0,23	0,03	-0,25	1,22	0,53	0,86	-1,08	1,15	-1,01
Гопаз	5,99	3,11	4,01	-0,26	-0,07	0,24	10,41	9,93	28,94	-0,04	-0,05	-0,11	-1,82	-1,10	-0,06	2,65	-2,78	9,22
Факел	0,82	5,71	5,11	-0,82	-0,61	-0,26	-46,16	-10,60	6,84	-0,01	-0,03	0,19	-0,61	0,05	0,07	-0,78	4,82	5,42
Аванс	9,16	4,04	7,28	1,28	0,59	0,97	117,74	44,76	89,21	-0,02	0,02	-0,17	-1,86	0,37	-0,30	9,52	8,72	4,99
Азарт	-3,88	-1,79	-10,39	-0,72	-0,41	-0,33	-58,53	-25,40	-64,92	-0,21	-0,06	0,27	0,28	1,37	0,83	-17,25	-6,45	-8,78
Волжс.615	-0,34	5,67	4,51	-0,02	-0,27	0,14	-7,09	18,53	25,31	0,11	-0,01	-0,14	2,71	-0,15	-0,66	2,58	8,42	1,16
Гелеофор	1,72	1,34	-2,02	0,01	0,49	-0,40	4,71	26,33	-31,72	-0,12	0,09	-0,15	0,26	-0,69	-0,21	13,22	3,85	-0,41
Кремовое	-2,54	0,97	3,78	-0,72	-0,74	-0,23	-52,43	-31,37	3,28	-0,25	0,04	-0,13	0,32	0,65	1,83	3,35	-2,21	1,79
Пищев.614	-2,68	4,01	-2,39	-0,32	-0,41	-0,13	-32,63	-6,57	-19,82	0,15	0,07	-0,11	-1,59	-0,16	-0,61	-3,28	-0,95	-3,51
Сармат	-0,68	11,07	4,71	-0,49	0,13	0,01	-30,26	47,06	20,01	-0,07	0,03	-0,14	-0,90	-1,11	-1,95	2,62	8,49	3,99
Восторг	-1,08	-3,43	-2,12	0,71	-0,21	0,27	32,84	-22,80	3,68	-0,17	0,06	-0,21	1,61	-0,10	0,47	-1,05	-2,31	-4,48
Гарант	-2,24	1,61	1,18	0,21	1,09	0,01	-2,33	56,80	2,74	-0,03	-0,03	-0,24	0,30	-0,16	0,74	6,62	5,29	5,16
Пищев. 35	5,02	3,24	3,15	0,44	0,76	0,60	44,14	52,30	45,41	0,10	-0,06	-0,21	-0,88	-1,56	-1,88	4,42	0,29	0,22
Л-28/13	3,32	-4,26	0,81	0,51	0,16	0,14	46,27	-7,84	10,71	-0,24	-0,04	-0,25	-0,68	-0,44	-0,10	2,32	-3,58	0,79
F05	9,83*	8,21*	8,29*	13,20*	5,09*	3,84*	12,76*	5,29*	5,09*	9,78*	5,41*	3,71*	38,75*	13,84*	3,49*	12,16*	12,08*	3,61*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 52 – Дисперсии СКС изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерное 10 на основе А3, А4 и 9Е типов цитоплазм, 2015-2017 гг.

Признак	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Высота									
- через 30 дней	49,98	73,28	65,46	7,79	11,26	12,80	12,45	8,82	18,68
- при созревании	253,47	90,12	305,75	75,16	41,38	109,25	36,67	34,58	54,05
Соцветие									
- длина	1,76	2,29	3,92	1,21	1,09	1,85	2,16	2,77	3,13
- ширина	0,91	1,79	2,29	0,49	0,41	0,39	1,31	1,99	3,18
Наибольший лист									
- длина	15,94	13,51	20,34	23,81	10,41	18,22	10,02	5,20	6,19
- ширина	0,36	0,23	0,22	0,27	0,14	0,17	0,22	0,13	0,11
- площадь	2212,52	1351,96	1804,90	1232,02	452,21	606,24	1243,77	791,26	570,34
Продуктивная кустистость	0,01	0,01	0,02	0,004	0,002	0,002	0,04	0,03	0,02
Урожайность									
- зерна	0,36	0,27	0,19	0,10	0,07	0,10	0,27	0,30	0,27
- биомассы	22,53	11,86	13,29	7,74	9,39	4,97	14,06	17,91	11,31

Приложение 53 – Дисперсии СКС отцовских форм гибридов зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по морфологическим признакам, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Высота						Соцветие					
	Через 30 дней после всходов			При созревании			Длина			Ширина		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Перспективный 1	84,74	5,59	169,66	67,20	164,38	2,05	4,36	1,70	0,41	2,97	0,41	0,97
Старт	56,34	8,14	0,71	69,30	52,55	10,10	9,74	0,44	2,96	1,13	0,70	5,09
Мр	320,74	7,24	18,23	563,90	40,04	70,26	6,64	0,20	18,82	0,29	0,41	1,94
Огонек	6,15	1,93	5,23	490,57	4,54	62,70	2,45	0,16	0,23	0,60	1,03	0,60
Камелик	388,62	1,99	11,79	179,39	19,85	4,98	0,32	0,09	0,89	0,86	0,19	2,18
Топаз	54,40	12,26	10,83	287,49	69,23	16,97	5,65	0,16	1,13	0,86	1,26	2,04
Факел	32,00	68,64	5,29	143,41	724,57	11,84	8,85	14,30	0,95	0,99	2,18	2,93
Аванс	50,91	6,04	7,08	76,82	6,33	45,14	1,10	0,14	1,72	0,44	0,01	0,29
Азарт	84,12	10,54	8,32	627,54	28,50	11,42	13,46	1,16	1,19	19,48	0,83	0,56
Волжское 615	105,35	15,59	0,58	334,55	158,80	19,37	2,94	4,75	0,91	1,79	0,10	0,28
Гелеофор	13,09	19,71	3,03	30,93	47,22	67,83	1,76	1,91	9,40	0,70	0,26	0,81
Кремовое	77,13	6,28	46,97	178,72	34,14	149,47	0,86	0,40	2,58	0,28	0,67	3,98
Пищевое 614	112,93	1,03	0,67	4,38	135,22	303,95	0,12	1,23	1,11	0,99	0,23	3,23
Сармат	7,29	6,61	5,77	84,18	7,37	22,23	0,39	5,13	8,78	0,01	0,58	0,04
Восторг	87,37	25,84	5,77	269,38	8,51	19,72	0,27	0,88	1,26	2,31	1,13	1,97
Гарант	44,78	6,68	1,42	643,93	0,27	129,13	0,01	0,25	1,99	4,21	0,68	7,21
Пищевое 35	17,38	61,66	11,29	1410,23	362,07	89,64	1,68	1,38	0,32	1,79	0,25	1,58
Л-28/13	60,68	4,89	26,92	57,43	55,61	28,23	7,12	0,99	13,79	2,72	0,09	19,46

Приложение 54 – Дисперсии СКС отцовских форм гибридов зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по параметрам наибольшего листа и продуктивности, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Наибольший лист									Продуктивная ку- стистость			Урожайность					
	Длина			Ширина			Площадь						зерна			биомассы		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.				2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
П1 <sup>1</sup>	29,16	69,45	0,55	0,46	0,07	0,01	2856,92	1593,48	20,37	0,008	0,002	0,14	1,20	0,11	0,54	61,42	35,09	23,40
Старт	0,50	0,70	12,46	1,27	0,01	0,48	3850,20	2,25	2434,22	0,007	0,011	0,05	0,35	0,07	0,29	16,97	7,61	25,17
Мр	28,87	95,31	46,18	0,89	0,61	0,95	6679,55	311,95	6754,97	0,012	0,001	0,10	0,08	0,12	0,09	17,69	6,97	9,92
Огонек	55,65	20,07	11,74	0,69	0,05	0,29	5296,44	270,74	1406,89	0,040	0,001	0,27	1,58	0,06	0,80	12,20	2,07	70,38
Камелик	7,62	5,73	0,50	0,03	0,01	0,15	404,42	228,50	690,45	0,015	0,007	0,02	0,09	0,07	1,60	28,31	11,29	0,48
Гопаз	56,72	6,26	5,72	0,05	1,33	0,15	2294,70	4236,11	841,23	0,023	0,012	0,02	0,02	0,16	0,05	3,59	9,75	27,70
Факел	3,60	16,55	4,22	0,16	0,11	0,17	382,73	320,66	769,14	0,006	0,001	0,04	0,07	0,68	0,18	10,30	7,64	6,48
Аванс	40,63	25,44	2,50	0,17	0,01	0,16	3082,08	398,84	877,96	0,015	0,004	0,02	0,01	0,01	0,21	8,76	11,39	20,91
Азарт	41,36	47,87	9,26	0,15	0,09	0,13	1090,54	1065,22	707,65	0,011	0,001	0,02	2,67	0,04	0,51	17,54	0,75	10,83
В615 <sup>2</sup>	11,11	14,63	11,75	0,06	0,19	0,07	393,77	188,80	689,00	0,013	0,002	0,01	0,15	0,06	0,14	4,90	10,10	29,71
Гелеофор	8,22	4,10	4,28	0,27	0,83	0,02	1812,08	2231,00	118,06	0,018	0,003	0,02	0,08	0,04	1,01	9,69	11,61	44,44
Кремовое	3,03	11,78	22,19	0,01	0,18	0,03	28,54	993,15	815,10	0,001	0,006	0,01	0,01	0,11	0,26	9,41	16,66	49,91
П614 <sup>3</sup>	1,01	2,43	8,11	0,06	0,20	0,15	65,87	289,09	1033,59	0,121	0,002	0,01	0,20	0,19	0,02	6,38	22,18	8,78
Сармат	11,68	10,94	2,55	0,17	0,01	0,28	67,74	111,35	1164,25	0,001	0,003	0,03	0,01	0,12	0,29	1,05	4,72	8,01
Восторг	34,87	5,90	3,39	0,36	0,17	0,10	3633,06	509,95	707,21	0,013	0,008	0,01	0,15	0,29	0,24	35,96	0,18	5,00
Гарант	16,73	18,81	28,62	0,10	0,02	0,12	1133,97	435,39	127,26	0,026	0,002	0,01	0,17	0,01	0,13	26,45	15,84	3,41
П35 <sup>4</sup>	2,64	11,88	5,98	0,34	0,92	0,56	767,96	4036,46	2620,83	0,043	0,001	0,01	0,09	0,03	0,28	110,00	11,09	2,13
Л-28/13	69,55	77,88	1,98	1,64	0,14	0,11	1799,25	2246,10	367,47	0,001	0,001	0,01	0,08	0,12	0,53	24,61	2,89	21,21

Примечание: <sup>1</sup> – Перспективный 1; <sup>2</sup> – Волжское 615; <sup>3</sup> – Пищевое 614; <sup>4</sup> – Пищевое 35.

Приложение 55 – Эффекты СКС гибридов F1 зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по высоте растений и параметрам соцветия, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Высота						Соцветие					
	Через 30 дней после всходов			При созревании			Длина			Ширина		
	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.
А3Ж-10/Перспективный1	-10,32	-2,73	-11,36	8,32	9,97	-1,47	1,90	0,85	-0,03	0,30	-0,02	-1,14
А3 Ж-10/ Старт	-3,39	-0,70	0,84	0,85	1,17	-1,33	2,73	-0,59	0,84	0,87	-0,86	1,57
А3 Ж-10/ Меркурий	-7,19	1,54	2,17	-16,28	-6,86	-6,33	0,33	0,18	-1,43	0,23	0,04	1,23
А3 Ж-10/ Огонек	1,44	-1,06	1,60	-23,61	0,14	1,50	-0,34	0,45	0,54	0,77	-1,12	0,57
А3 Ж-10/ Камелик	5,44	-0,03	3,64	6,49	1,94	2,23	-0,64	-0,15	-0,59	-1,07	0,21	-1,50
А3 Ж-10/ Топаз	-5,79	1,47	-3,23	-16,95	7,34	3,33	1,20	0,42	0,11	0,70	1,21	-0,30
А3 Ж-10/ Факел	-6,52	-6,40	2,54	8,25	-26,10	1,87	-0,70	-2,29	-1,13	0,50	-1,12	-1,47
А3 Ж-10/ Аванс	7,68	2,24	2,64	2,92	2,50	3,40	-1,14	-0,02	1,47	0,13	0,01	0,60
А3 Ж-10/ Азарт	10,18	-2,96	1,40	16,22	5,04	-0,90	-1,40	1,08	0,01	0,43	-0,52	-0,01
А3 Ж-10/ Волжское615	9,61	3,47	0,80	-17,25	-0,90	-2,27	-1,87	-0,09	0,17	-1,44	0,34	0,50
А3 Ж-10/Гелеофор	-4,16	4,97	0,17	6,19	-7,56	8,40	-0,37	-1,59	3,54	-0,60	-0,59	1,00
А3 Ж-10/ Кремовое	10,08	-0,66	-2,06	-1,98	5,97	2,77	1,00	-0,15	1,31	0,57	0,94	1,80
А3 Ж-10/ Пищевое614	-0,72	-1,00	0,94	-1,55	11,04	-17,63	-0,27	0,62	-1,19	0,33	0,38	-2,07
А3 Ж-10/ Сармат	-2,62	-0,26	2,50	10,45	1,00	2,50	0,66	2,52	-3,33	0,10	0,81	0,13
А3 Ж-10/ Восторг	-9,36	4,40	2,70	9,52	2,87	-4,80	-0,37	1,02	0,84	-0,30	0,11	0,03
А3 Ж-10/ Гарант	-5,12	-2,46	-0,43	-27,21	0,60	-0,27	0,13	-0,15	-0,13	1,83	0,94	0,77
А3 Ж-10/ Пищевое35	2,31	0,54	-3,86	38,19	-11,19	10,87	-1,50	-1,32	0,47	-1,44	-0,49	-0,14
А3 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	8,48	-0,36	-0,99	-2,58	3,04	-1,87	-2,34	-0,79	-1,46	-1,90	-0,26	-1,57
А4Ж-10/ Перспективный1	2,97	1,40	-2,85	-8,07	4,49	0,07	0,34	0,65	-0,63	1,55	0,65	0,62
А4 Ж-10/ Старт	8,60	3,14	-0,85	7,87	6,59	-2,29	0,67	0,72	1,14	0,32	0,82	1,02
А4 Ж-10/ Меркурий	-13,20	1,57	-4,92	-10,97	1,26	9,51	-2,73	-0,51	4,87	0,39	0,62	-1,51
А4 Ж-10/ Огонек	-2,86	1,57	1,02	3,30	2,06	-8,56	1,71	-0,15	-0,36	0,02	0,85	-0,88
А4 Ж-10/ Камелик	-21,86	-1,40	-0,45	-15,40	3,16	-2,23	0,21	0,35	-0,49	0,59	0,29	0,05
А4 Ж-10/ Топаз	8,30	-4,00	-0,12	16,97	-9,04	1,27	1,54	-0,38	1,01	0,35	-1,01	1,55
А4 Ж-10/ Факел	2,97	-2,96	-1,95	-13,74	-1,57	2,11	-2,56	-2,08	0,57	-1,15	-0,55	-0,41
А4 Ж-10/ Аванс	-6,43	-2,63	0,05	6,93	0,03	4,34	0,21	0,39	-0,43	0,59	-0,01	-0,15

Продолжение приложения 55

А4 Ж-10/ Азарт	-7,63	3,47	1,92	12,63	0,56	3,74	-2,76	-0,01	-1,09	-4,61	1,05	-0,75
А4 Ж-10/ Волжскоеб15	1,20	-4,30	-0,09	-1,94	13,02	5,07	0,37	2,22	-1,03	0,22	-0,08	0,05
А4 Ж-10/ Гелеофор	2,44	-1,40	-1,82	-1,60	5,86	-8,06	1,47	0,62	-1,66	0,95	0,29	-0,25
А4 Ж-10/ Кремовое	-6,03	2,77	7,65	-12,27	-5,71	10,61	-0,16	-0,55	-1,79	-0,08	-0,48	-2,15
А4 Ж-10/ Пищевоеб14	10,97	1,04	-0,35	-0,84	-12,14	0,41	-0,13	-1,28	0,41	0,79	-0,55	1,19
А4 Ж-10/ Сармат	2,77	-2,43	-2,29	-3,74	-3,07	2,94	-0,09	-1,88	0,97	-0,05	-0,11	0,09
А4 Ж-10/ Восторг	9,34	-5,56	-1,89	9,43	0,09	0,84	-0,23	-0,18	0,44	-1,35	-1,11	1,39
А4 Ж-10/ Гарант	7,57	-0,23	-0,92	4,20	-0,27	-11,23	-0,03	0,55	1,47	0,39	-0,58	2,22
А4 Ж-10/ Пищевое35	2,50	7,57	2,25	-1,30	-10,77	-4,39	-0,76	0,39	-0,63	0,22	-0,01	1,32
А4 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	-1,63	2,37	5,62	8,53	5,46	-4,12	2,91	1,12	-2,76	0,85	-0,08	-3,41
9Е Ж-10/ Перспективный1	7,35	1,33	14,22	-0,25	-14,46	1,39	-2,24	-1,50	0,66	-1,85	-0,63	0,52
9Е Ж-10/ Старт	-5,21	-2,44	0,02	-8,72	-7,76	3,63	-3,40	-0,14	-1,98	-1,19	0,04	-2,59
9Е Ж-10/ Меркурий	20,39	-3,11	2,75	27,24	5,60	-3,17	2,40	0,33	-3,44	-0,62	-0,66	0,28
9Е Ж-10/ Огонек	1,42	-0,51	-2,62	20,32	-2,20	7,06	-1,37	-0,30	-0,18	-0,79	0,27	0,32
9Е Ж-10/ Камелик	16,42	1,43	-3,19	8,92	-5,10	-0,01	0,43	-0,20	1,09	0,48	-0,50	1,45
9Е Ж-10/ Топаз	-2,51	2,53	3,35	-0,02	1,70	-4,61	-2,74	-0,04	-1,11	-1,05	-0,20	-1,25
9Е Ж-10/ Факел	3,55	9,36	-0,59	5,48	27,67	-3,97	3,26	4,37	0,56	0,65	1,67	1,88
9Е Ж-10/ Аванс	-1,25	0,39	-2,69	-9,85	-2,53	-7,74	0,93	-0,37	-1,04	-0,72	0,01	-0,45
9Е Ж-10/ Азарт	-2,55	-0,51	-3,32	-28,85	-5,60	-2,84	4,16	-1,07	1,09	4,18	-0,53	0,75
9Е Ж-10/Волжскоеб15	-10,81	0,83	-0,72	19,18	-12,13	-2,81	1,50	-2,14	0,86	1,22	-0,26	-0,55
9Е Ж-10/ Гелеофор	1,72	-3,57	1,65	-4,59	1,70	-0,34	-1,10	0,97	-1,88	-0,35	0,30	-0,75
9Е Ж-10/ Кремовое	-4,05	-2,11	-5,59	14,25	-0,26	-13,37	-0,84	0,70	0,49	-0,49	-0,46	0,35
9Е Ж-10/ Пищевоеб14	-10,25	-0,04	-0,59	2,38	1,10	17,23	0,40	0,67	0,79	-1,12	0,17	0,88
9Е Ж-10/ Сармат	-0,15	2,69	-0,22	-6,72	2,07	-5,44	-0,57	-0,64	2,36	-0,05	-0,70	-0,22
9Е Ж-10/ Восторг	0,02	1,16	-0,82	-18,95	-2,96	3,96	0,60	-0,84	-1,28	1,65	1,00	-1,42
9Е Ж-10/ Гарант	-2,45	2,69	1,35	23,02	-0,33	11,49	-0,10	-0,40	-1,34	-2,22	-0,36	-2,99
9Е Ж-10/ Пищевое35	-4,81	-8,11	1,62	-36,89	21,97	-6,47	-0,74	0,93	0,16	1,22	0,50	-1,19
9Е Ж-10/ Л-КСИ 28/13	-6,85	-2,01	-4,62	-5,95	-8,50	5,99	-0,57	-0,34	4,22	1,05	0,34	4,98
F <sub>05</sub>	4,53*	1,77*	1,17	5,35*	1,96*	1,12	4,82*	2,52*	1,62*	5,06*	1,64*	1,04

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 56 – Эффекты СКС гибридов F1 зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по параметрам наибольшего листа и продуктивной кустистости, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Длина			Ширина			Площадь			Продуктивная кустистость		
	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.
А3Ж-10/Перспективный1	2,97	9,33	0,03	0,60	0,28	-0,10	45,24	46,01	-1,33	0,02	-0,01	-0,31
А3 Ж-10/ Старт	-0,76	0,73	-3,27	0,90	-0,05	-0,33	45,77	-0,79	-30,33	0,09	0,11	-0,27
А3 Ж-10/ Меркурий	6,11	-7,67	-7,77	1,04	0,15	-1,10	93,50	-14,79	-94,50	0,01	-0,01	-0,26
А3 Ж-10/ Огонек	-8,59	-3,37	3,67	-0,90	-0,15	0,60	-80,73	-18,02	43,07	-0,02	-0,02	0,57
А3 Ж-10/ Камелик	0,24	-2,24	-0,70	0,01	-0,08	-0,36	1,07	-15,39	-28,83	0,06	0,09	0,18
А3 Ж-10/ Топаз	-8,09	2,69	1,93	-0,23	1,32	-0,03	-51,70	74,25	8,00	-0,04	-0,11	0,04
А3 Ж-10/ Факел	0,07	-0,41	1,93	0,44	-0,35	0,47	22,47	-18,62	31,50	0,08	-0,01	0,03
А3 Ж-10/ Аванс	1,14	5,56	0,97	-0,27	0,05	0,34	-11,53	21,61	17,84	-0,10	-0,07	-0,18
А3 Ж-10/ Азарт	5,07	7,49	0,53	0,34	0,15	-0,36	37,54	30,38	-12,33	0,07	-0,01	0,12
А3 Ж-10/ Волжское615	0,84	-1,77	3,83	-0,27	-0,48	0,17	-12,40	-10,45	29,14	-0,13	0,03	-0,08
А3 Ж-10/ Гелеофор	-2,13	-1,44	1,87	-0,60	-1,05	-0,10	-45,99	-54,45	3,87	0,15	0,07	-0,06
А3 Ж-10/ Кремовое	-1,46	3,93	3,57	0,04	0,48	0,14	-3,56	36,35	22,87	0,01	0,07	0,09
А3 Ж-10/ Пищевое614	0,77	0,49	-2,87	-0,17	0,35	-0,36	-5,96	16,45	-30,33	-0,29	0,02	-0,05
А3 Ж-10/ Сармат	3,57	0,73	-0,87	-0,40	-0,08	-0,60	-1,23	-6,79	-35,47	-0,03	-0,05	0,14
А3 Ж-10/ Восторг	4,27	2,53	0,97	0,50	0,45	0,04	48,07	25,88	8,77	0,12	-0,10	0,03
А3 Ж-10/ Гарант	1,24	-3,51	-5,44	0,30	0,15	0,40	19,94	-8,22	-7,80	0,17	0,05	0,08
А3 Ж-10/ Пищевое35	-1,43	-3,24	2,40	-0,03	-0,72	0,80	-8,93	-50,92	53,74	-0,21	-0,01	-0,10
А3 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	-3,83	-9,84	-0,77	-1,30	-0,42	0,37	-91,56	-52,49	22,14	0,02	-0,03	0,03
А4Ж-10/ Перспективный1	3,26	-2,62	-0,76	0,14	-0,27	0,13	13,74	-20,64	5,03	0,08	0,05	0,41
А4 Ж-10/ Старт	0,13	-0,92	3,74	-1,27	0,09	0,80	-70,62	-0,94	56,93	-0,05	-0,01	0,14
А4 Ж-10/ Меркурий	-4,01	-3,32	4,84	-0,23	0,69	0,33	-35,69	19,56	39,66	0,11	0,02	-0,10
А4 Ж-10/ Огонек	4,79	5,08	-3,12	0,74	-0,11	-0,17	60,58	14,22	-17,57	-0,19	0,02	-0,46
А4 Ж-10/ Камелик	-2,87	-0,28	0,71	-0,17	0,06	-0,04	-20,62	0,56	6,23	0,08	-0,08	-0,08
А4 Ж-10/ Топаз	1,29	-2,25	0,74	0,01	-0,84	0,40	8,81	-47,21	24,16	0,17	0,01	-0,16
А4 Ж-10/ Факел	1,86	-3,85	-2,16	-0,33	0,29	-0,20	-9,22	1,52	-20,74	-0,02	-0,01	-0,21
А4 Ж-10/ Аванс	5,73	-1,28	-1,82	0,47	-0,01	-0,44	60,38	-3,84	-34,20	0,14	0,01	0,10
А4 Ж-10/ Азарт	2,16	-1,35	2,74	-0,43	0,19	0,37	-12,96	4,12	30,53	-0,12	0,02	0,05

Продолжение приложения 56

А4 Ж-10/ Волжское615	-3,67	-2,62	-1,06	0,07	0,36	-0,30	-10,49	-5,11	-21,80	0,09	-0,05	0,01
А4 Ж-10/ Гелеофор	3,26	2,32	-2,22	0,34	0,49	-0,07	38,01	29,89	-12,27	-0,08	-0,05	0,16
А4 Ж-10/ Кремовое	1,93	-2,42	1,78	-0,03	-0,27	0,07	6,14	-19,71	9,13	0,03	-0,09	-0,07
А4 Ж-10/ Пищевое614	-1,14	1,25	0,04	0,27	-0,51	-0,04	9,24	-17,51	-3,37	-0,10	0,03	0,08
А4 Ж-10/ Сармат	-3,24	2,88	1,84	0,44	-0,04	0,43	8,78	12,16	32,60	0,03	0,06	0,04
А4 Ж-10/ Восторг	-6,74	-2,32	-2,12	-0,67	-0,11	-0,34	-67,62	-10,18	-29,87	0,01	0,05	0,02
А4 Ж-10/ Гарант	3,33	4,85	0,18	0,04	-0,01	-0,17	18,94	23,72	-5,14	-0,16	-0,05	-0,06
А4 Ж-10/ Пищевое35	-0,34	-0,38	-2,49	0,60	-0,37	-0,67	31,08	-20,28	-48,20	0,01	0,02	0,05
А4 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	-5,74	7,22	-0,86	0,04	0,33	-0,10	-28,46	39,66	-11,10	-0,01	0,04	0,07
9Е Ж-10/ Перспективный1	-6,23	-6,71	0,73	-0,74	-0,01	-0,04	-58,98	-25,37	-3,70	-0,10	-0,04	-0,10
9Е Ж-10/ Старт	0,63	0,19	-0,47	0,36	-0,04	-0,47	24,85	1,73	-26,60	-0,04	-0,10	0,13
9Е Ж-10/ Меркурий	-2,10	10,99	2,93	-0,80	-0,84	0,77	-57,81	-4,77	54,84	-0,12	-0,01	0,36
9Е Ж-10/ Огонек	3,80	-1,71	-0,54	0,16	0,26	-0,44	20,15	3,80	-25,50	0,21	-0,01	-0,11
9Е Ж-10/ Камелик	2,63	2,52	-0,01	0,16	0,02	0,40	19,55	14,83	22,60	-0,14	-0,01	-0,10
9Е Ж-10/ Топаз	6,80	-0,44	-2,67	0,23	-0,48	-0,37	42,89	-27,04	-32,17	-0,13	0,10	0,12
9Е Ж-10/ Факел	-1,93	4,26	0,23	-0,10	0,06	-0,27	-13,25	17,10	-10,77	-0,06	0,01	0,18
9Е Ж-10/ Аванс	-6,87	-4,28	0,86	-0,20	-0,04	0,10	-48,85	-17,77	16,37	-0,04	0,06	0,07
9Е Ж-10/ Азарт	-7,23	-6,14	-3,27	0,10	-0,34	-0,01	-24,58	-34,50	-18,20	0,05	-0,01	-0,17
9Е Ж-10/Волжское615	2,83	4,39	-2,77	0,20	0,12	0,13	22,89	15,56	-7,33	0,05	0,02	0,07
9Е Ж-10/ Гелеофор	-1,13	-0,88	0,36	0,26	0,56	0,17	7,99	24,56	8,40	-0,07	-0,02	-0,10
9Е Ж-10/ Кремовое	-0,47	-1,51	-5,34	-0,01	-0,21	-0,20	-2,58	-16,64	-31,99	-0,04	0,02	-0,02
9Е Ж-10/ Пищевое614	0,37	-1,74	2,83	-0,10	0,16	0,40	-3,28	1,06	33,70	0,39	-0,05	-0,04
9Е Ж-10/ Сармат	-0,33	-3,61	-0,97	-0,04	0,12	0,17	-7,55	-5,37	2,87	-0,01	-0,01	-0,18
9Е Ж-10/ Восторг	2,47	-0,21	1,16	0,16	-0,34	0,30	19,55	-15,70	21,10	-0,12	0,05	-0,04
9Е Ж-10/ Гарант	-4,57	-1,34	5,26	-0,34	-0,14	-0,24	-38,88	-15,50	12,94	-0,01	0,01	-0,02
9Е Ж-10/ Пищевое35	1,77	3,62	0,09	-0,57	1,09	-0,14	-22,15	71,20	-5,53	0,21	-0,01	0,06
9Е Ж-10/ Л-КСИ 28/13	9,57	2,62	1,63	1,26	0,09	-0,27	120,02	12,83	-11,03	-0,02	-0,01	-0,10
F <sub>05</sub>	3,31*	2,44*	1,04	2,99*	1,69*	1,13	3,22*	1,72*	1,04	1,45	2,82*	0,72

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .



Приложение 57 – Эффекты СКС гибридов F1 зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по урожайности, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Урожайность зерна			Урожайность биомассы		
	2015г.	2016г.	2017г.	2015г.	2016г.	2017г.
А3Ж-10/Перспективный1	-1,11	-0,03	-0,73	7,38	-2,73	-4,79
А3 Ж-10/ Старт	-0,67	0,02	0,09	4,15	-3,00	-3,65
А3 Ж-10/ Меркурий	0,29	0,12	0,33	4,12	-3,03	-3,52
А3 Ж-10/ Огонек	0,18	-0,29	0,20	-3,05	-1,10	6,58
А3 Ж-10/ Камелик	-0,23	0,18	-0,31	-5,59	3,57	0,55
А3 Ж-10/ Топаз	-0,07	0,42	0,16	0,38	3,60	0,32
А3 Ж-10/ Факел	-0,21	-0,53	0,04	-3,59	-2,50	1,12
А3 Ж-10/ Аванс	-0,04	0,02	0,52	-2,79	0,70	4,35
А3 Ж-10/ Азарт	1,87	0,21	-0,82	3,68	-0,83	-3,19
А3 Ж-10/ Волжское615	0,28	-0,27	-0,43	-2,55	0,90	-5,62
А3 Ж-10/Гелеофор	0,32	-0,23	1,16	-3,59	-3,93	7,65
А3 Ж-10/ Кремовое	-0,06	0,37	-0,49	-2,62	4,44	1,15
А3 Ж-10/ Пищевое614	-0,22	0,38	-0,17	1,12	3,97	-3,15
А3 Ж-10/ Сармат	-0,08	-0,40	0,56	-0,69	1,74	1,65
А3 Ж-10/ Восторг	-0,44	0,62	0,33	-5,42	0,04	-2,19
А3 Ж-10/ Гарант	0,16	-0,11	-0,38	-4,09	1,64	2,08
А3 Ж-10/ Пищевое35	0,35	-0,10	-0,51	12,02	-3,77	-0,89
А3 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	-0,32	-0,40	0,43	1,12	0,30	1,55
А4Ж-10/ Перспективный1	1,08	0,35	0,74	-8,22	6,80	4,89
А4 Ж-10/ Старт	0,20	0,25	0,48	-0,06	2,43	5,72
А4 Ж-10/ Меркурий	-0,26	0,27	-0,26	-4,29	1,80	2,55
А4 Ж-10/ Огонек	1,16	0,17	-0,98	-0,76	1,63	-9,45
А4 Ж-10/ Камелик	0,34	-0,31	-1,08	5,01	-3,10	-0,78
А4 Ж-10/ Топаз	-0,10	-0,06	0,09	1,68	-1,67	-5,41
А4 Ж-10/ Факел	-0,09	-0,43	0,41	2,61	-0,47	-2,91
А4 Ж-10/ Аванс	-0,07	-0,04	-0,22	3,11	-3,67	0,42
А4 Ж-10/ Азарт	-1,15	-0,04	0,33	0,88	0,90	3,39

Продолжение приложения 57

А4 Ж-10/ Волжское615	-0,44	0,17	0,25	1,14	2,63	0,35
А4 Ж-10/ Гелеофор	-0,08	0,06	-0,62	2,01	2,10	-4,58
А4 Ж-10/ Кремовое	-0,03	-0,28	0,52	3,38	-0,84	6,42
А4 Ж-10/ Пищевое614	-0,29	-0,47	0,13	-2,89	-5,20	0,42
А4 Ж-10/ Сармат	-0,03	0,18	-0,05	-0,49	-2,44	1,62
А4 Ж-10/ Восторг	0,15	-0,34	0,23	-1,02	-0,44	2,29
А4 Ж-10/ Гарант	-0,46	0,13	0,33	-1,69	-4,54	-1,45
А4 Ж-10/ Пищевое35	-0,16	0,21	0,54	-4,69	2,56	1,69
А4 Ж-10/ Л-КСИ 28/13	0,23	0,19	-0,84	4,31	1,53	-5,18
9Е Ж-10/ Перспективный1	0,04	-0,32	-0,02	0,84	-4,07	-0,10
9Е Ж-10/ Старт	0,47	-0,27	-0,58	-4,09	0,57	-2,07
9Е Ж-10/ Меркурий	-0,03	-0,39	-0,07	0,18	1,24	0,97
9Е Ж-10/ Огонек	-1,34	0,12	0,78	3,81	-0,53	2,87
9Е Ж-10/ Камелик	-0,11	0,12	1,39	0,58	-0,47	0,23
9Е Ж-10/ Топаз	0,16	-0,36	-0,25	-2,06	-1,93	2,10
9Е Ж-10/ Факел	0,30	0,95	-0,44	0,98	2,97	1,80
9Е Ж-10/ Аванс	0,12	0,02	-0,30	-0,32	2,97	-4,77
9Е Ж-10/ Азарт	-0,72	-0,17	0,49	-4,56	-0,07	-0,20
9Е Ж-10/ Волжское615	0,16	0,10	0,19	1,41	-3,53	5,27
9Е Ж-10/ Гелеофор	-0,24	0,17	-0,54	1,58	1,84	-3,07
9Е Ж-10/ Кремовое	0,09	-0,10	-0,03	-0,76	-3,60	-7,57
9Е Ж-10/ Пищевое614	0,52	0,09	0,03	1,78	1,24	2,73
9Е Ж-10/ Сармат	0,12	0,22	-0,52	1,18	0,70	-3,27
9Е Ж-10/ Восторг	0,28	-0,28	-0,56	6,44	0,40	-0,10
9Е Ж-10/ Гарант	0,31	-0,02	0,06	5,78	2,90	-0,64
9Е Ж-10/ Пищевое35	-0,19	-0,11	-0,03	-7,32	1,20	-0,80
9Е Ж-10/ Л-КСИ 28/13	0,08	0,21	0,41	-5,42	-1,83	3,63
F <sub>05</sub>	2,53*	1,01	0,47	1,63*	1,42	0,85

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 58 – Дисперсионный анализ комбинационной способности компонентов гибридов F1 зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по селекционным признакам

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Через 30 дней после всходов				При созревании				Длина соцветия				Ширина соцветия			
<b>2015</b>																
ОКС линий	4360,906	17	256,524	12,320*	17098,500	17	1005,794	16,558*	111,302	17	6,547	7,920*	166,828	17	9,813	19,892*
ОКС тестеров	661,587	2	330,793	15,886*	624,222	2	312,111	5,138*	12,510	2	6,255	7,567*	3,327	2	1,664	3,372*
СКС	3207,851	34	94,349	4,531*	11039,777	34	324,699	5,345*	135,436	34	3,983	4,819*	84,833	34	2,495	5,058*
Случайное	2207,167	106	20,822		6438,864	106	60,744		87,627	106	0,827		52,293	106	0,493	
<b>2016</b>																
ОКС линий	597,193	17	35,129	3,911*	13705,167	17	806,186	13,978*	130,210	17	7,659	9,284*	88,683	17	5,217	13,173*
ОКС тестеров	217,637	2	108,819	12,116*	193,389	2	96,694	1,677	15,372	2	7,686	9,316*	2,358	2	1,179	2,977
СКС	541,373	34	15,923	1,773*	3838,569	34	112,899	1,958*	70,548	34	2,075	2,515*	22,009	34	0,647	1,635*
Случайное	952,021	106	8,981		6113,374	106	57,673		87,450	106	0,825		41,976	106	0,396	
<b>2017</b>																
ОКС линий	1297,716	17	76,336	4,481*	8268,500	17	486,382	8,723*	217,255	17	12,780	5,138*	243,108	17	14,300	4,604*
ОКС тестеров	210,296	2	105,148	6,172*	86,889	2	43,444	0,779	8,352	2	4,176	1,679	10,870	2	5,435	1,750
СКС	679,191	34	19,976	1,173*	2129,611	34	62,636	1,123	136,933	34	4,027	1,619*	110,309	34	3,244	1,045
Случайное	1805,887	106	17,037		5910,596	106	55,760		263,657	106	2,487		329,236	106	3,106	
<b>Среднее</b>																
ОКС линий	1079,359	17	63,492	3,134*	8519,333	17	501,137	6,159*	93,706	17	5,512	4,167*	116,483	17	6,852	7,734*
ОКС тестеров	137,283	2	68,641	3,388*	216,722	2	108,361	1,332	10,836	2	5,418	4,096*	4,329	2	2,164	2,443
СКС	560,420	34	16,483	0,814	1634070	34	48,061	0,591	34,591	34	1,017	0,769	29,592	34	0,870	0,982
Случайное	2147,701	106	20,261		8624,302	106	81,361		140,203	106	1,323		93,916	106	0,886	

Приложение 59 – Дисперсионный анализ комбинационной способности компонентов гибридов F1 зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по параметрам наибольшего листа и продуктивной кустистости

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Длина				Ширина				Площадь				Продуктивная кустистость			
<b>2015</b>																
ОКС линий	1255,885	17	73,876	9,835*	30,225	17	1,778	13,203*	180605,328	17	10623,843	12,756*	2,532	17	0,149	9,776*
ОКС тестеров	35,753	2	17,877	2,380	0,174	2	0,087	0,645	750,222	2	375,111	0,450	0,197	2	0,099	6,470*
СКС	845,861	34	24,878	3,312*	13,733	34	0,404	2,999*	91277,953	34	2684,646	3,223*	0,751	34	0,022	1,450
Случайное	796,237	106	7,512		14,275	106	0,135		88283,367	106	832,862		1,615	106	0,015	
<b>2016</b>																
ОКС линий	1501,755	17	88,339	8,209*	14,875	17	0,875	5,087*	59893,750	17	3523,162	5,286*	0,123	17	0,007	5,410*
ОКС тестеров	148,832	2	74,416	6,915*	0,382	2	0,191	1,109	2609,417	2	1304,708	1,958	0,012	2	0,006	4,484*
СКС	891,382	34	26,217	2,436*	9,872	34	0,290	1,668*	38937,832	34	1145,230	1,718*	0,128	34	0,004	2,821*
Случайное	1140,666	106	10,761		18,232	106	0,172		70649,211	106	666,502		0,141	106	0,001	
<b>2017</b>																
ОКС линий	1443,974	17	84,940	8,289*	13,296	17	0,782	3,840*	108068,664	17	6356,980	5,094*	3,977	17	0,234	3,714*
ОКС тестеров	33,092	2	16,546	1,615	1,160	2	0,580	2,849	6272,444	2	3136,222	2,513	0,004	2	0,002	0,031
СКС	363,871	34	10,702	1,044	7,853	34	0,231	1,134	44289,391	34	1302,629	1,044	1,551	34	0,046	0,724
Случайное	1086,182	106	10,247		21,589	106	0,204		132270,828	106	1247,838		6,678	106	0,063	
<b>Среднее</b>																
ОКС линий	975,578	17	57,387	6,800*	12,822	17	0,754	5,311*	74443,000	17	4379,000	5,347*	1,000	17	0,059	3,529*
ОКС тестеров	39,405	2	19,702	2,335	0,431	2	0,215	1,518	1925,333	2	962,667	1,176	0,037	2	0,018	1,104
СКС	266,205	34	7,830	0,928	2,322	34	0,068	0,481	14398,667	34	423,490	0,517	0,283	34	0,008	0,500
Случайное	894,534	106	8,439		15,052	106	0,142		86804,812	106	818,913		1,767	106	0,017	

Приложение 60 – Дисперсионный анализ комбинационной способности компонентов гибридов F1 зернового сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по урожайности

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Урожайность зерна				Урожайность биомассы			
<b>2015</b>								
ОКС линий	106,989	17	6,293	38,753*	3030,617	17	178,272	12,159*
ОКС тестеров	0,262	2	0,131	0,808	112,669	2	56,335	3,842*
СКС	13,979	34	0,411	2,532*	810,526	34	23,839	1,626*
Случайное	17,214	106	0,162		1554,151	106	14,662	
<b>2016</b>								
ОКС линий	31,291	17	1,841	13,840*	1597,477	17	93,969	12,081*
ОКС тестеров	0,614	2	0,307	2,309	114,362	2	57,181	7,351*
СКС	4,570	34	0,134	1,011	375,638	34	11,048	1,420
Случайное	14,098	106	0,133		824,503	106	7,778	
<b>2017</b>								
ОКС линий	52,605	17	3,094	3,485*	1569,227	17	92,307	3,612*
ОКС тестеров	2,870	2	1,435	1,616	129,431	2	64,716	2,532
СКС	14,323	34	0,421	0,474	735,764	34	21,640	0,847
Случайное	94,128	106	0,888		2708,865	106	25,555	
<b>Среднее</b>								
ОКС линий	35,492	17	2,088	6,051*	1595,147	17	93,832	10,021*
ОКС тестеров	0,266	2	0,133	0,385	103,604	2	51,802	5,532*
СКС	2,725	34	0,080	0,232	132,386	34	3,894	0,416
Случайное	36,570	106	0,345		992,549	106	9,364	

Приложение 61 – Высота и параметры соцветия растений гибридов F1  
сахарного сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС, 2016-2018 гг.

Комбинация скрещивания	При созревании			Длина соцветия			Ширина соцветия		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
А3 Ж-10/Волжское 51	233,6	213,6	253,7	22,8	27,2	24,8	7,2	12,0	8,5
А3 Ж-10/Флагман	246,9	223,3	270,3	27,5	25,4	26,7	7,5	10,1	9,3
А3 Ж-10/Чайка	206,9	205,6	237,9	20,5	24,9	24,0	4,7	9,5	8,0
А3 Ж-10/Сахара	217,8	223,5	248,8	20,5	24,1	24,0	7,0	9,8	8,1
А3 Ж-10/Саратовское90	202,1	218,1	245,1	23,0	31,2	26,1	7,3	12,0	10,5
А3 Ж-10/Камышинское8	216,2	211,3	231,4	21,1	27,6	25,1	8,8	14,7	11,1
А3 Ж-10/Кинельское3	220,3	228,1	265,0	23,1	26,6	24,6	8,1	12,8	11,2
А3 Ж-10/к-64	244,8	243,5	274,6	26,5	26,5	25,7	10,2	11,1	10,3
А3 Ж-10/Л-60/12	217,7	231,0	242,6	21,5	22,7	24,1	6,3	8,0	10,0
А3 Ж-10/Л-39/12	219,9	232,8	250,5	23,5	23,3	23,0	7,2	9,6	8,4
А3 Ж-10/Л-42/13	214,1	242,9	246,6	20,8	25,5	23,5	7,3	11,2	7,8
А3 Ж-10/Л-59/13	181,3	223,5	267,8	20,8	24,9	24,5	6,5	10,7	9,5
А3 Ж-10/Л-52/13	211,4	227,2	269,1	21,8	26,6	25,0	8,2	12,7	9,8
А4 Ж-10/ Волжское 51	233,7	222,4	241,7	24,2	25,7	25,1	7,9	10,4	11,5
А4 Ж-10/ Флагман	251,6	208,1	260,9	26,7	25,7	28,7	9,5	10,4	9,8
А4 Ж-10/ Чайка	204,4	210,1	221,9	21,8	24,2	25,8	5,7	9,1	8,4
А4 Ж-10/ Сахара	212,2	240,7	252,2	24,2	26,5	24,0	6,6	10,2	9,0
А4 Ж-10/ Саратовское90	208,1	223,3	239,1	22,0	33,4	30,9	8,9	12,6	12,1
А4 Ж-10/ Камышинское8	219,2	219,8	232,8	24,4	27,5	24,0	10,1	14,5	9,6
А4 Ж-10/ Кинельское3	214,7	225,6	276,9	23,1	26,3	25,7	7,6	10,3	10,7
А4 Ж-10/к-64	216,6	237,6	284,0	24,0	29,2	27,0	7,5	14,6	9,6
А4 Ж-10/Л-60/12	233,5	231,0	263,6	21,5	25,7	26,6	6,3	10,7	11,4
А4 Ж-10/Л-39/12	213,7	224,5	259,3	23,2	23,8	24,3	6,2	9,5	8,4
А4 Ж-10/Л-42/13	220,3	223,3	251,7	18,2	24,5	23,6	7,3	10,1	8,3
А4 Ж-10/Л-59/13	208,1	210,4	256,5	23,5	26,6	24,5	7,0	12,0	8,5
А4 Ж-10/Л-52/13	211,6	230,5	262,7	23,2	27,1	26,8	10,4	12,3	10,1
9Е Ж-10/ Волжское 51	240,5	228,5	260,5	26,4	26,7	26,5	8,1	11,5	9,8
9Е Ж-10/ Флагман	229,8	230,3	264,9	22,5	25,6	26,4	6,1	12,2	9,4
9Е Ж-10/ Чайка	223,1	216,0	226,2	22,1	25,2	24,7	8,3	8,5	8,2
9Е Ж-10/ Сахара	217,4	234,6	263,7	24,4	28,1	24,8	7,8	11,1	9,8
9Е Ж-10/ Саратовское90	213,4	218,3	231,5	25,2	30,8	28,8	8,9	18,6	12,3
9Е Ж-10/ Камышинское8	217,1	228,2	241,7	23,6	25,7	24,6	8,3	13,8	10,4
9Е Ж-10/ Кинельское3	229,3	233,7	264,6	23,3	29,2	25,3	8,5	12,4	9,1
9Е Ж-10/к-64	240,5	230,5	282,8	27,4	29,8	26,6	9,6	12,1	10,2
9Е Ж-10/Л-60/12	235,8	212,4	242,7	21,3	27,4	25,2	6,3	9,8	8,4
9Е Ж-10/Л-39/12	225,5	236,6	268,4	22,9	24,4	25,5	6,3	9,0	9,7
9Е Ж-10/Л-42/13	215,6	232,9	263,3	21,4	27,6	24,4	7,3	11,2	8,4
9Е Ж-10/Л-59/13	185,4	230,1	237,9	19,8	26,8	24,0	6,3	9,8	8,0
9Е Ж-10/Л-52/13	197,6	230,4	253,8	20,1	27,2	26,2	7,7	11,1	12,7
F <sub>05</sub>	10,94*	1,81*	5,07*	10,23*	5,13*	2,59*	17,08*	5,15*	3,78*
V, %	6,9	4,3	6,1	9,3	7,3	5,3	17,1	14,9	13,4

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 62 – Параметры наибольшего листа гибридов F1 сахарного сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС, 2016-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Длина			Ширина			Площадь		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
А3 Ж-10/Волжское 51	66,2	70,7	81,6	5,2	6,2	5,8	258,6	328,5	354,0
А3 Ж-10/Флагман	75,2	74,9	90,8	4,6	5,6	6,0	257,9	313,5	403,0
А3 Ж-10/Чайка	59,8	72,3	81,5	4,9	6,5	6,3	220,1	354,1	381,2
А3 Ж-10/Сахара	75,8	73,0	86,8	5,0	6,8	6,9	282,7	369,8	443,6
А3 Ж-10/Саратовское90	63,1	72,1	84,7	5,3	6,9	6,4	251,2	370,0	404,4
А3 Ж-10/Камышинское8	59,1	76,8	79,1	4,8	6,6	5,5	211,4	380,4	325,2
А3 Ж-10/Кинельское3	62,1	73,8	78,1	5,8	6,4	5,9	269,0	357,1	340,9
А3 Ж-10/к-64	68,3	77,5	86,6	5,9	5,3	6,5	301,2	306,2	421,0
А3 Ж-10/Л-60/12	67,5	74,7	84,0	7,1	5,9	6,5	255,9	330,0	403,2
А3 Ж-10/Л-39/12	72,3	77,8	85,6	6,6	6,4	6,9	256,5	371,4	437,2
А3 Ж-10/Л-42/13	61,7	78,9	86,7	7,0	7,6	7,2	322,4	445,3	468,7
А3 Ж-10/Л-59/13	64,6	81,3	87,5	5,2	6,9	7,3	249,1	421,2	479,1
А3 Ж-10/Л-52/13	64,4	75,1	86,4	5,3	6,6	6,8	254,7	370,1	435,1
А4 Ж-10/ Волжское 51	63,1	72,7	79,3	5,0	5,9	6,6	235,5	321,5	387,9
А4 Ж-10/ Флагман	71,9	69,9	84,2	4,8	5,4	5,7	255,8	283,8	355,7
А4 Ж-10/ Чайка	66,5	73,2	78,8	5,2	7,1	6,0	258,4	389,9	352,4
А4 Ж-10/ Сахара	75,4	83,6	86,0	6,4	7,5	7,6	360,1	465,3	484,1
А4 Ж-10/ Саратовское90	60,7	72,8	83,4	5,6	8,0	6,8	252,6	433,5	420,0
А4 Ж-10/ Камышинское8	67,2	82,8	76,5	5,5	6,9	4,9	259,6	424,8	277,4
А4 Ж-10/ Кинельское3	63,5	72,0	82,3	5,9	5,7	6,8	278,5	306,2	416,2
А4 Ж-10/к-64	72,7	79,8	85,4	5,4	6,4	6,8	291,0	379,6	433,0
А4 Ж-10/Л-60/12	73,0	76,4	86,3	5,6	7,3	8,3	303,3	419,0	530,6
А4 Ж-10/Л-39/12	74,1	76,4	89,2	5,9	5,7	6,6	327,9	327,7	441,7
А4 Ж-10/Л-42/13	68,4	77,8	90,2	6,7	6,5	6,9	342,4	380,7	464,4
А4 Ж-10/Л-59/13	72,3	69,8	87,8	6,3	7,3	7,0	340,2	383,6	455,9
А4 Ж-10/Л-52/13	68,1	71,6	84,1	5,5	6,4	6,8	279,2	341,9	423,5
9Е Ж-10/ Волжское 51	70,7	76,0	85,0	6,1	7,1	6,7	320,2	402,3	424,3
9Е Ж-10/ Флагман	75,6	74,0	81,3	4,9	5,3	6,4	273,4	294,3	385,2
9Е Ж-10/ Чайка	62,0	77,4	76,8	5,5	6,9	5,5	254,5	400,7	316,8
9Е Ж-10/ Сахара	73,5	81,3	86,2	7,1	7,9	6,4	389,4	479,0	411,4
9Е Ж-10/ Саратовское90	71,6	75,6	81,8	6,0	6,9	6,8	318,6	391,5	414,7
9Е Ж-10/ Камышинское8	71,2	78,3	79,4	5,0	7,4	5,3	264,1	432,7	319,6
9Е Ж-10/ Кинельское3	63,8	75,0	81,3	5,6	6,6	7,0	268,0	370,6	423,1
9Е Ж-10/к-64	59,9	79,0	91,2	5,6	6,1	6,4	250,1	362,0	437,4
9Е Ж-10/Л-60/12	70,0	77,9	86,5	5,8	7,0	6,5	304,6	403,3	422,1
9Е Ж-10/Л-39/12	75,6	75,6	89,5	5,5	6,6	7,5	310,5	371,3	500,5
9Е Ж-10/Л-42/13	68,4	81,2	88,7	7,1	8,3	6,9	364,1	436,3	456,9
9Е Ж-10/Л-59/13	78,0	78,4	82,1	4,9	7,8	6,3	282,8	457,1	385,2
9Е Ж-10/Л-52/13	64,4	77,6	78,1	5,2	7,1	7,0	250,0	411,1	407,6
F <sub>05</sub>	7,31*	2,33*	3,25*	31,86*	3,14*	2,58*	12,46*	2,50*	3,61*
V, %	7,8	4,6	4,7	12,3	11,3	10,1	14,4	12,9	13,0

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 63 – Кустистость гибридов F1 сахарного сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС, 2016-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Общая кустистость			Продуктивная кустистость		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
А3 Ж-10/Волжское 51	1,11	1,29	1,28	1,09	1,10	1,28
А3 Ж-10/Флагман	1,31	1,17	1,58	1,31	0,89	1,25
А3 Ж-10/Чайка	1,03	1,25	1,32	1,03	1,14	1,32
А3 Ж-10/Сахара	1,36	1,14	1,08	1,02	1,01	1,08
А3 Ж-10/Саратовское90	1,15	1,94	1,46	1,12	1,19	1,46
А3 Ж-10/Камышинское8	1,21	1,27	1,22	1,18	1,03	1,20
А3 Ж-10/Кинельское3	1,06	1,15	1,12	1,06	1,00	1,12
А3 Ж-10/к-64	1,11	1,09	1,36	1,09	1,04	1,21
А3 Ж-10/Л-60/12	1,09	1,18	1,13	1,06	1,18	1,00
А3 Ж-10/Л-39/12	1,05	1,02	1,10	1,03	0,98	1,10
А3 Ж-10/Л-42/13	1,03	1,13	1,06	1,03	0,90	1,04
А3 Ж-10/Л-59/13	1,07	1,10	1,05	1,04	0,97	1,02
А3 Ж-10/Л-52/13	1,03	1,24	1,33	1,02	0,97	1,14
А4 Ж-10/ Волжское 51	1,19	1,75	1,69	1,17	1,48	1,22
А4 Ж-10/ Флагман	1,25	1,31	1,81	1,25	1,18	1,65
А4 Ж-10/ Чайка	1,17	1,80	1,24	1,04	1,16	1,24
А4 Ж-10/ Сахара	1,21	1,03	1,29	1,02	0,97	1,29
А4 Ж-10/ Саратовское90	1,18	1,37	1,68	1,11	1,04	1,63
А4 Ж-10/ Камышинское8	1,23	1,46	1,28	1,17	0,95	1,28
А4 Ж-10/ Кинельское3	1,09	1,43	1,33	1,05	1,25	1,21
А4 Ж-10/к-64	1,10	1,11	1,20	1,06	1,04	1,20
А4 Ж-10/Л-60/12	1,11	1,08	1,08	1,06	1,08	1,00
А4 Ж-10/Л-39/12	1,13	1,04	1,21	1,13	1,00	1,21
А4 Ж-10/Л-42/13	1,09	1,08	1,06	1,09	1,08	1,03
А4 Ж-10/Л-59/13	1,07	1,15	1,05	1,04	1,09	1,05
А4 Ж-10/Л-52/13	1,00	1,27	1,68	1,00	1,04	1,68
9Е Ж-10/ Волжское 51	1,31	1,65	1,56	1,31	1,26	1,40
9Е Ж-10/ Флагман	1,17	1,17	1,67	1,14	1,07	1,61
9Е Ж-10/ Чайка	1,07	1,16	1,46	1,07	1,05	1,46
9Е Ж-10/ Сахара	1,03	1,04	1,14	1,03	1,00	1,10
9Е Ж-10/ Саратовское90	1,22	1,62	1,59	1,19	1,34	1,59
9Е Ж-10/ Камышинское8	1,27	1,24	1,22	1,23	1,05	1,17
9Е Ж-10/ Кинельское3	1,02	1,19	1,07	1,04	1,10	1,02
9Е Ж-10/к-64	1,09	1,14	1,05	1,03	1,00	1,02
9Е Ж-10/Л-60/12	1,10	1,04	1,10	1,01	1,04	1,10
9Е Ж-10/Л-39/12	1,06	1,12	1,58	1,03	1,05	1,58
9Е Ж-10/Л-42/13	1,03	1,27	1,03	1,03	1,07	1,03
9Е Ж-10/Л-59/13	1,03	1,15	1,14	0,97	1,00	1,11
9Е Ж-10/Л-52/13	1,11	1,46	1,75	1,09	1,00	1,69
F <sub>05</sub>	4,25*	1,70*	4,60*	3,53*	1,18	4,16*
V, %	8,1	16,0	18,2	7,6	9,1	17,3

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .



Приложение 64 – Урожайность биомассы и стеблей гибридов F1 сахарного сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС, 2016-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Биомассы			Стеблей		
	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
А3 Ж-10/Волжское 51	43,4	42,9	42,2	33,5	26,8	30,8
А3 Ж-10/Флагман	30,8	34,2	49,1	24,2	22,0	40,1
А3 Ж-10/Чайка	24,8	35,2	37,3	17,5	22,9	23,7
А3 Ж-10/Сахара	32,0	34,0	52,5	23,5	22,2	37,9
А3 Ж-10/Саратовское90	32,5	46,6	45,7	23,3	31,1	29,3
А3 Ж-10/Камышинское8	34,2	42,8	30,7	23,2	24,0	20,1
А3 Ж-10/Кинельское3	27,0	30,7	49,0	19,1	22,5	36,9
А3 Ж-10/к-64	34,8	33,0	53,3	26,4	24,2	42,9
А3 Ж-10/Л-60/12	22,9	40,9	39,8	15,8	25,8	26,1
А3 Ж-10/Л-39/12	25,8	35,9	48,1	17,1	22,7	31,7
А3 Ж-10/Л-42/13	29,6	45,8	38,4	18,5	29,2	28,9
А3 Ж-10/Л-59/13	18,1	33,6	36,7	12,3	23,8	24,8
А3 Ж-10/Л-52/13	37,9	46,8	58,4	29,6	29,9	43,9
А4 Ж-10/ Волжское 51	36,8	41,1	50,5	25,1	26,6	35,0
А4 Ж-10/ Флагман	29,6	31,0	49,1	21,4	17,4	35,9
А4 Ж-10/ Чайка	24,0	38,2	30,6	17,1	26,9	18,0
А4 Ж-10/ Сахара	33,2	43,0	46,6	25,6	29,0	35,7
А4 Ж-10/ Саратовское90	33,6	38,5	67,6	24,5	23,6	48,3
А4 Ж-10/ Камышинское8	37,4	45,1	36,6	25,4	30,1	25,5
А4 Ж-10/ Кинельское3	26,3	38,4	47,9	18,4	23,5	34,5
А4 Ж-10/к-64	27,8	36,2	55,5	20,2	24,5	46,2
А4 Ж-10/Л-60/12	23,3	33,9	40,4	15,9	20,6	27,8
А4 Ж-10/Л-39/12	23,3	43,3	47,4	15,4	28,5	33,8
А4 Ж-10/Л-42/13	33,9	43,1	40,3	21,5	28,5	28,6
А4 Ж-10/Л-59/13	21,5	29,4	37,1	15,2	19,3	26,9
А4 Ж-10/Л-52/13	39,9	32,2	56,2	31,7	21,5	38,9
9Е Ж-10/ Волжское 51	45,8	43,3	51,9	34,0	30,4	39,5
9Е Ж-10/ Флагман	38,5	32,9	62,0	28,3	20,2	44,9
9Е Ж-10/ Чайка	25,5	39,8	32,1	17,3	29,5	16,4
9Е Ж-10/ Сахара	34,8	37,4	53,2	28,0	26,8	41,5
9Е Ж-10/ Саратовское90	33,1	42,1	42,2	23,6	26,4	26,4
9Е Ж-10/ Камышинское8	35,4	41,2	31,4	23,7	24,8	21,1
9Е Ж-10/ Кинельское3	29,7	46,6	41,5	21,1	30,7	31,1
9Е Ж-10/к-64	35,2	36,7	55,5	27,3	24,9	43,5
9Е Ж-10/Л-60/12	31,1	39,6	35,5	22,9	23,4	24,6
9Е Ж-10/Л-39/12	24,6	43,6	66,1	15,6	28,9	52,3
9Е Ж-10/Л-42/13	29,6	46,2	37,8	18,3	30,5	27,5
9Е Ж-10/Л-59/13	18,0	34,1	37,7	11,7	22,5	27,3
9Е Ж-10/Л-52/13	31,1	46,4	71,4	22,2	31,4	51,8
F <sub>05</sub>	10,07*	1,57*	3,93*	11,47*	1,28	3,11*
V, %	21,0	13,3	22,5	25,2	14,3	14,3

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 65 – Урожайность метелок и листьев гибридов F1 сахарного сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС, 2016-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Метелок			Листьев		
	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
А3 Ж-10/Волжское 51	6,1	10,3	6,7	3,8	5,8	4,7
А3 Ж-10/Флагман	3,3	8,0	7,8	3,3	4,2	1,5
А3 Ж-10/Чайка	4,3	9,1	7,8	3,0	3,2	5,8
А3 Ж-10/Сахара	2,7	7,6	7,4	4,9	4,1	7,2
А3 Ж-10/Саратовское90	4,9	10,7	8,0	4,3	4,8	8,3
А3 Ж-10/Камышинское8	6,8	14,5	7,9	4,1	4,4	2,7
А3 Ж-10/Кинельское3	3,5	7,7	6,1	4,4	4,1	6,1
А3 Ж-10/к-64	4,5	5,7	6,3	3,9	3,2	4,1
А3 Ж-10/Л-60/12	3,1	9,7	5,7	4,0	5,4	8,0
А3 Ж-10/Л-39/12	4,2	7,1	5,6	4,6	6,2	10,8
А3 Ж-10/Л-42/13	5,9	9,8	5,9	5,1	6,8	3,6
А3 Ж-10/Л-59/13	2,5	6,9	8,9	3,3	3,0	3,0
А3 Ж-10/Л-52/13	5,0	10,3	8,6	3,3	6,5	6,0
А4 Ж-10/ Волжское 51	5,9	9,0	7,5	5,7	6,0	8,1
А4 Ж-10/ Флагман	5,1	9,9	9,8	3,1	3,6	3,5
А4 Ж-10/ Чайка	4,4	7,8	6,4	3,6	3,5	6,2
А4 Ж-10/ Сахара	2,7	9,7	7,2	4,9	4,3	3,7
А4 Ж-10/ Саратовское90	5,1	10,5	11,8	4,0	4,4	7,5
А4 Ж-10/ Камышинское8	7,5	9,2	9,0	4,5	5,7	2,1
А4 Ж-10/ Кинельское3	3,4	7,9	6,7	4,5	6,9	6,8
А4 Ж-10/к-64	3,5	7,3	6,3	4,1	4,5	3,1
А4 Ж-10/Л-60/12	3,2	8,2	6,9	4,2	5,1	5,8
А4 Ж-10/Л-39/12	3,6	9,6	6,4	4,7	5,2	7,2
А4 Ж-10/Л-42/13	6,7	9,0	7,0	5,7	5,6	4,7
А4 Ж-10/Л-59/13	2,8	6,8	6,9	3,4	3,3	3,3
А4 Ж-10/Л-52/13	5,9	5,6	7,8	2,5	5,0	9,6
9Е Ж-10/ Волжское 51	8,6	7,7	7,7	4,2	5,2	4,8
9Е Ж-10/ Флагман	6,3	8,5	12,1	4,0	4,3	5,0
9Е Ж-10/ Чайка	4,6	9,7	7,5	3,4	4,0	8,2
9Е Ж-10/ Сахара	2,7	8,1	6,9	4,0	4,1	4,8
9Е Ж-10/ Саратовское90	5,0	10,7	8,5	4,5	4,9	7,3
9Е Ж-10/ Камышинское8	7,0	11,1	7,8	4,6	5,3	2,6
9Е Ж-10/ Кинельское3	3,9	9,8	6,8	4,6	6,1	3,6
9Е Ж-10/к-64	4,4	7,3	6,7	3,5	4,6	5,3
9Е Ж-10/Л-60/12	4,3	8,7	5,9	3,9	7,5	5,0
9Е Ж-10/Л-39/12	3,9	8,4	5,4	5,1	6,3	8,4
9Е Ж-10/Л-42/13	5,9	10,3	6,6	5,4	5,5	3,7
9Е Ж-10/Л-59/13	2,6	7,8	7,4	3,7	3,9	3,1
9Е Ж-10/Л-52/13	4,7	6,8	7,9	4,2	8,2	11,8
F <sub>05</sub>	19,54*	2,09*	4,34*	4,13*	2,42*	2,06*
V, %	32,7	16,5	14,2	17,6	24,8	43,8

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 66 – Содержание сахаров в соке стебля и сырого протеина, жира в биомассе гибридов F1 сахарного сорго, 2016-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Сахара в соке			Сырой протеин			Сырой жир		
	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
А3 Ж-10/Волжское 51	17,8	17,0	17,6	3,87	2,93	5,87	1,22	1,57	1,72
А3 Ж-10/Флагман	15,9	14,2	18,4	3,33	3,60	5,54	0,99	1,43	1,64
А3 Ж-10/Чайка	15,2	12,0	16,2	–	–	–	–	–	–
А3 Ж-10/Сахара	17,5	14,6	22,1	3,95	3,08	5,94	1,24	1,67	0,61
А3 Ж-10/Саратовское90	17,2	11,7	15,7	–	–	–	–	–	–
А3 Ж-10/Камышинское8	11,2	11,4	15,4	–	–	–	–	–	–
А3 Ж-10/Кинельское3	19,4	14,4	19,1	5,20	4,47	5,42	1,56	1,27	1,51
А3 Ж-10/к-64	19,1	16,8	18,9	–	–	–	–	–	–
А3 Ж-10/Л-60/12	20,0	10,7	19,9	3,19	4,51	6,09	1,63	1,07	2,29
А3 Ж-10/Л-39/12	19,2	15,2	18,4	3,69	3,40	5,82	1,44	0,97	1,23
А3 Ж-10/Л-42/13	20,4	15,6	22,1	6,15	6,19	5,61	1,46	0,76	1,48
А3 Ж-10/Л-59/13	20,1	16,1	20,5	4,30	6,67	4,57	1,45	1,61	2,35
А3 Ж-10/Л-52/13	18,0	15,2	17,1	5,87	6,43	6,02	2,06	1,62	3,01
А4 Ж-10/ Волжское 51	18,1	18,5	18,1	3,28	3,23	4,77	1,34	1,05	1,32
А4 Ж-10/ Флагман	15,7	14,0	17,0	3,44	3,35	6,83	0,70	1,44	1,84
А4 Ж-10/ Чайка	15,1	11,5	16,3	–	–	–	–	–	–
А4 Ж-10/ Сахара	17,6	13,4	21,7	4,02	4,55	4,19	0,72	1,98	0,94
А4 Ж-10/ Саратовское90	17,6	11,3	16,2	–	–	–	–	–	–
А4 Ж-10/ Камышинское8	12,1	12,8	16,4	–	–	–	–	–	–
А4 Ж-10/ Кинельское3	18,5	16,4	18,1	5,85	4,57	7,31	2,00	1,80	2,27
А4 Ж-10/к-64	18,2	13,9	18,3	–	–	–	–	–	–
А4 Ж-10/Л-60/12	21,1	12,2	22,3	3,11	3,61	6,66	1,23	1,77	2,46
А4 Ж-10/Л-39/12	19,7	14,7	18,1	3,37	4,36	6,53	1,20	1,83	1,98
А4 Ж-10/Л-42/13	19,7	15,1	21,4	6,91	5,52	6,14	1,39	1,48	2,45
А4 Ж-10/Л-59/13	18,5	16,9	19,9	4,87	4,71	6,39	1,82	1,89	2,68
А4 Ж-10/Л-52/13	17,4	16,9	16,6	3,90	5,66	6,23	1,10	1,57	2,25
9Е Ж-10/ Волжское 51	17,4	16,9	18,5	3,71	3,39	7,83	1,64	1,28	2,27
9Е Ж-10/ Флагман	11,3	15,0	17,1	4,10	5,94	7,69	1,62	2,33	2,17
9Е Ж-10/ Чайка	16,0	11,5	17,3	–	–	–	–	–	–
9Е Ж-10/ Сахара	18,7	13,0	20,8	4,11	4,96	4,38	0,87	1,70	0,67
9Е Ж-10/ Саратовское90	16,8	12,6	15,4	–	–	–	–	–	–
9Е Ж-10/ Камышинское8	11,4	12,6	15,4	–	–	–	–	–	–
9Е Ж-10/ Кинельское3	18,2	14,5	17,9	5,97	3,82	6,59	1,83	1,37	1,75
9Е Ж-10/к-64	17,9	15,2	18,9	–	–	–	–	–	–
9Е Ж-10/Л-60/12	20,6	11,8	21,8	4,08	6,96	6,90	1,39	2,19	3,27
9Е Ж-10/Л-39/12	19,7	14,1	17,2	3,90	2,35	6,32	1,56	0,93	1,42
9Е Ж-10/Л-42/13	21,5	15,9	21,2	6,26	6,08	5,92	1,89	1,12	2,26
9Е Ж-10/Л-59/13	19,4	16,5	19,0	6,10	4,51	4,16	1,74	1,54	2,49
9Е Ж-10/Л-52/13	17,8	18,2	15,9	4,02	5,34	6,19	2,03	1,19	2,42
F <sub>05</sub>	38,24*	4,37*	6,12*	57,88*	60,85*	11,11*	48,17*	101,73*	55,13*
V, %	14,7	14,6	11,4	25,3	26,9	16,2	26,0	25,6	33,9

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 67 – Эффекты ОКС сортов и линий сахарного сорго по селекционно-ценным признакам, 2016-2018 гг.

Сорт, линия	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
	Высота при созревании			Длина соцветия			Ширина соцветия		
Волжское51	16,66	-3,99	-2,10	1,55	-0,06	0,05	0,12	-0,03	0,28
Флагман	23,49	-4,93	11,30	2,65	-1,03	1,85	0,09	-0,43	-0,15
Чайка	-7,81	-14,93	-25,40	-1,45	-1,83	-0,58	-1,38	-2,30	-1,45
Сахара	-3,47	7,44	0,83	0,12	-0,36	-1,15	-0,48	-0,97	-0,68
Саратовское90	-11,41	-5,59	-15,50	0,48	5,21	3,19	0,76	3,07	1,98
Камышинское8	-1,77	-5,73	-18,77	0,12	0,34	-0,85	1,46	3,00	0,72
Кинельское3	2,16	3,64	14,76	0,25	0,77	-0,21	0,46	0,50	0,68
к-64	14,69	11,71	26,40	3,05	1,91	1,02	1,49	1,27	0,38
Л-60/12	9,73	-0,69	-4,44	-1,48	-1,33	-0,11	-1,31	-1,83	0,28
Л-39/12	0,43	5,81	5,33	0,28	-2,76	-1,15	-1,04	-1,97	-0,82
Л-42/13	-2,61	7,54	-0,20	-2,78	-0,73	-1,58	-0,31	-0,50	-1,48
Л-59/13	-27,67	-4,16	-0,01	-1,55	-0,49	-1,08	-1,01	-0,50	-0,98
Л-52/13	-12,41	3,87	7,80	-1,22	0,37	0,59	1,16	0,70	1,22
F <sub>05</sub> .	28,41*	3,20*	14,29*	21,57*	12,11*	6,86*	34,28*	10,98*	9,05*
	Длина наибольшего листа			Ширина наибольшего листа			Площадь наибольшего листа		
Волжское51	-1,58	-2,89	-2,16	-0,23	-0,29	-0,18	-11,27	-28,39	-22,66
Флагман	5,98	-3,09	1,31	-0,89	-1,25	-0,52	-20,34	-81,96	-30,09
Чайка	-5,48	-1,73	-5,09	-0,46	0,15	-0,62	-38,37	2,41	-61,26
Сахара	6,65	3,27	2,21	0,51	0,71	0,42	61,36	58,87	34,98
Саратовское90	-3,12	-2,53	-0,82	-0,03	0,58	0,12	-8,57	19,17	1,64
Камышинское8	-2,42	3,27	-5,79	-0,56	0,28	-1,32	-37,67	33,47	-103,99
Кинельское3	-5,12	-2,43	-3,56	0,11	-0,45	0,02	-10,87	-34,53	-17,99
к-64	-1,28	2,74	3,61	-0,03	-0,75	0,02	-1,94	-29,89	19,08
Л-60/12	1,92	0,31	1,48	0,51	0,05	0,55	5,23	4,94	40,58
Л-39/12	5,75	0,57	3,98	0,34	-0,45	0,45	15,59	-22,36	48,41
Л-42/13	-2,08	3,27	4,41	1,27	0,78	0,45	60,26	41,61	51,94
Л-59/13	3,38	0,47	1,68	-0,19	0,65	0,32	7,99	41,47	28,68
Л-52/13	-2,62	-1,26	-1,26	-0,33	0,01	0,32	-21,41	-4,79	10,68
F <sub>05</sub> .	14,58*	3,54*	8,25*	63,31*	6,58*	6,46*	19,97*	4,86*	9,77*
	Общая кустистость			Продуктивная кустистость			Урожайность биомассы		
Волжское51	0,077	0,30	0,20	0,102	0,208	0,049	11,31	3,30	1,91
Флагман	0,117	-0,04	0,38	0,145	-0,024	0,252	2,28	-6,43	7,11
Чайка	-0,037	0,14	0,03	-0,042	0,045	0,089	-5,92	-1,40	-12,96
Сахара	0,073	-0,19	-0,14	-0,065	-0,078	-0,094	2,65	-0,86	4,48
Саратовское90	0,057	0,38	0,27	0,052	0,118	0,309	2,38	3,27	5,54
Камышинское8	0,110	0,06	-0,07	0,105	-0,061	-0,034	4,98	3,90	-13,39
Кинельское3	-0,070	-0,01	-0,14	-0,038	0,045	-0,134	-3,02	-0,56	-0,16
к-64	-0,027	-0,15	-0,11	-0,028	-0,044	-0,108	1,91	-3,83	8,48
Л-60/12	-0,027	-0,16	-0,21	-0,045	0,028	-0,218	-4,92	-1,00	-7,72
Л-39/12	-0,047	-0,20	-0,01	-0,024	-0,061	0,046	-6,12	1,80	7,58
Л-42/13	-0,077	-0,10	-0,26	-0,038	-0,054	-0,218	0,35	5,90	-7,46
Л-59/13	-0,070	-0,13	-0,23	-0,072	-0,051	-0,191	-11,49	-6,76	-9,12
Л-52/13	-0,080	0,06	0,28	-0,052	-0,068	0,252	5,61	2,67	15,71
F <sub>05</sub>	9,16*	3,49*	13,48*	9,06*	1,90*	10,96*	27,88*	2,74*	11,69*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Продолжение приложения 67

Сорт, линия	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
	Урожайность стеблей			Урожайность метелок			Урожайность листьев		
Волжское51	8,93	2,35	1,76	2,24	0,21	-0,13	0,41	0,67	0,30
Флагман	2,70	-5,71	6,96	0,27	0,01	2,47	-0,69	-0,96	-2,23
Чайка	-4,63	0,85	-13,97	-0,19	0,08	-0,19	-0,82	-1,43	1,17
Сахара	3,77	0,42	5,03	-1,93	-0,32	-0,26	0,45	-0,83	-0,33
Саратовское90	1,87	1,45	1,33	0,37	1,84	2,01	0,11	-0,29	2,14
Камышинское8	2,17	0,72	-11,10	2,47	2,81	0,81	0,25	0,14	-3,10
Кинельское3	-2,40	-0,01	0,83	-1,03	-0,32	-0,89	0,35	0,71	-0,06
к-64	2,70	-1,04	10,86	-0,49	-2,02	-0,99	-0,32	-0,89	-1,40
Л-60/12	-3,73	-2,31	-7,17	-1,09	0,08	-1,26	-0,12	1,01	0,70
Л-39/12	-5,90	1,12	5,93	-0,73	-0,42	-1,63	0,65	0,91	3,24
Л-42/13	-2,50	3,82	-5,00	1,54	0,91	-0,93	1,25	0,97	-1,56
Л-59/13	-8,87	-3,71	-7,00	-1,99	-1,62	0,31	-0,69	-1,59	-2,43
Л-52/13	5,90	2,02	11,53	0,57	-1,22	0,67	-0,82	1,57	3,57
F <sub>05</sub> .	30,99*	1,95*	9,07*	53,90*	3,80*	12,04*	9,30*	5,28*	5,79*
	Содержание сахаров в соке стебля			Содержание сырого протеина в биомассе			Содержание сырого жира в биомассе		
Волжское51	0,15	3,10	-0,35	-0,85	-1,41	0,16	-0,05	-0,19	-0,18
Флагман	-3,31	0,03	-0,92	-0,84	-0,30	0,69	-0,35	0,23	-0,07
Чайка	-2,18	-2,70	-1,82	–	–	–	–	–	–
Сахара	0,32	-0,70	3,12	-0,44	-0,40	-1,16	-0,51	0,28	-1,21
Саратовское90	-0,42	-2,50	-2,65	–	–	–	–	–	–
Камышинское8	-6,04	-2,10	-2,68	–	–	–	–	–	–
Кинельское3	1,08	0,73	-0,05	1,21	-0,31	0,44	0,35	-0,01	-0,11
к-64	0,78	0,93	0,28	–	–	–	–	–	–
Л-60/12	2,95	-2,80	2,92	-1,00	0,42	0,55	-0,03	0,17	0,71
Л-39/12	1,92	0,30	-0,52	-0,81	-1,22	0,22	-0,05	-0,25	-0,41
Л-42/13	2,92	1,17	3,15	1,98	1,33	-0,10	0,13	-0,37	0,10
Л-59/13	1,72	2,13	1,38	0,63	0,69	-0,95	0,22	0,18	0,55
Л-52/13	0,12	2,40	-1,88	0,13	1,21	0,15	0,28	-0,03	0,60
F <sub>05</sub>	117,77*	12,23*	20,91*	155,95*	110,69*	18,57*	84,62*	126,71*	174,20*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Таблица 68 – Дисперсии СКС изоядерных ЦМС-линий с геномом Желтозерное 10 на основе А3, А4 и 9Е типов цитоплазм, 2016-2018 гг.

Признак	2016 г.			2017 г.			2018 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Высота при созревании	36,52	71,61	52,95	36,91	41,38	41,74	56,60	39,07	67,94
Соцветие									
- длина	1,45	1,73	2,28	1,04	0,66	1,15	0,55	0,70	0,31
- ширина	0,44	0,88	0,83	1,07	1,18	1,85	0,59	0,53	0,80
Лист наибольший:									
- длина	7,28	8,27	13,99	6,99	7,97	1,79	5,84	2,55	6,70
- ширина	0,25	0,13	0,19	0,11	0,25	0,10	0,13	0,19	0,16
- площадь	447,19	464,84	554,86	861,92	944,36	277,38	857,90	802,86	863,44
Кустистость									
- общая	0,004	0,001	0,005	0,018	0,026	0,011	0,013	0,008	0,013
- продуктивная	0,002	0,001	0,003	0,006	0,008	0,003	0,015	0,009	0,013
Урожайность									
- биомассы	2,48	8,00	8,65	14,08	13,15	6,18	11,80	32,86	36,66
- стеблей	2,31	7,65	7,45	7,77	7,54	3,46	10,05	24,78	28,70
- метелок	0,25	0,22	0,42	1,86	1,30	0,52	0,72	0,68	0,56
- листьев	0,06	0,21	0,15	0,39	0,50	0,38	2,27	1,18	1,68
Содержание сахаров в соке стебля	0,39	0,39	0,94	0,68	0,52	0,39	0,44	0,18	0,26
Содержание протеина в биомассе	0,34	0,11	0,21	0,55	0,53	1,09	0,41	0,62	0,56
Содержание жира в биомассе	0,05	0,07	0,04	0,07	0,08	0,10	0,08	0,11	0,07

Приложение 69 – Дисперсии СКС сортов и линий сахарного сорго по селекционно-ценным признакам, 2016-2018 гг.

Сорт, линия	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
	Высота при созревании			Длина соцветия			Ширина соцветия		
Волжское51	6,99	41,50	91,46	2,48	1,45	0,73	0,11	0,81	1,75
Флагман	161,71	88,61	22,17	8,38	0,36	1,01	2,70	0,77	0,03
Чайка	79,22	15,39	68,25	0,30	0,57	0,17	3,17	0,60	0,01
Сахара	11,33	86,10	61,90	3,59	1,75	0,46	0,44	0,16	0,50
Саратовское90	17,70	22,57	45,70	2,51	2,63	3,20	0,56	11,51	0,64
Камышинское8	3,79	51,46	31,88	2,06	2,91	1,37	0,71	0,55	0,88
Кинельское3	41,04	3,90	48,45	0,07	1,28	0,01	0,30	1,87	1,47
к-64	233,54	67,26	26,46	3,42	1,25	0,01	2,50	3,20	0,30
Л-60/12	74,30	164,54	45,67	0,14	2,87	0,48	0,03	1,57	2,20
Л-39/12	26,84	18,54	81,08	0,34	0,02	0,80	0,54	0,34	0,51
Л-42/13	11,65	88,37	74,25	3,28	1,60	0,41	0,03	0,42	0,02
Л-59/13	210,03	65,19	226,22	3,52	0,23	0,59	0,09	1,62	0,89
Л-52/13	88,32	6,71	58,18	2,60	0,16	0,08	1,77	1,21	2,32
	Длина наибольшего листа			Ширина наибольшего листа			Площадь наибольшего листа		
Волжское51	14,23	2,49	9,89	0,30	0,17	0,19	1646,98	742,95	1262,90
Флагман	9,40	6,35	19,68	0,01	0,19	0,19	266,77	866,00	896,10
Чайка	7,08	2,23	3,68	0,06	0,09	0,18	24,22	161,97	1076,16
Сахара	8,25	28,35	0,10	1,01	0,09	0,27	1316,15	2071,34	964,69
Саратовское90	26,52	0,43	1,02	0,09	0,56	0,03	929,20	1309,25	23,45
Камышинское8	19,08	13,56	2,85	0,11	0,01	0,17	103,65	285,08	1052,45
Кинельское3	0,86	0,81	6,44	0,04	0,20	0,28	332,68	963,70	1843,87
к-64	53,66	2,46	11,58	0,09	0,23	0,01	1871,06	1042,23	79,12
Л-60/12	3,49	0,74	3,24	0,76	0,37	0,87	80,82	1535,29	3901,15
Л-39/12	0,31	5,02	6,64	0,38	0,20	0,28	423,67	781,23	1465,24
Л-42/13	4,34	0,44	4,18	0,05	0,62	0,07	70,51	1449,08	67,65
Л-59/13	24,85	33,16	8,12	0,55	0,03	0,28	1266,96	746,55	2288,80
Л-52/13	5,17	4,47	14,90	0,03	0,04	0,03	468,62	547,27	223,54
	Общая кустистость			Продуктивная кустистость			Урожайность биомассы		
Волжское51	0,011	0,045	0,022	0,012	0,024	0,010	15,82	0,78	14,69
Флагман	0,004	0,002	0,005	0,008	0,011	0,023	15,40	3,17	41,17
Чайка	0,004	0,099	0,016	0,001	0,001	0,013	0,15	3,53	23,16
Сахара	0,026	0,008	0,005	0,000	0,001	0,011	0,66	26,88	16,19
Саратовское90	0,002	0,102	0,003	0,002	0,027	0,001	1,21	16,60	189,27
Камышинское8	0,001	0,008	0,002	0,001	0,006	0,007	4,24	11,40	9,78
Кинельское3	0,001	0,014	0,015	0,001	0,008	0,016	0,80	48,06	28,39
к-64	0,001	0,001	0,043	0,001	0,002	0,026	13,23	3,84	0,24
Л-60/12	0,001	0,009	0,008	0,001	0,011	0,004	13,96	9,98	14,53
Л-39/12	0,001	0,004	0,050	0,003	0,001	0,042	2,02	17,13	91,80
Л-42/13	0,001	0,014	0,005	0,001	0,004	0,006	9,74	1,19	3,99
Л-59/13	0,001	0,001	0,004	0,002	0,001	0,002	7,07	3,08	0,97
Л-52/13	0,005	0,016	0,028	0,002	0,001	0,060	30,43	54,83	53,74

Продолжение приложения 69

Сорт, линия	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
	Урожайность стеблей			Урожайность метелок			Урожайность листьев		
Волжское51	20,08	0,92	10,06	1,61	1,51	0,11	0,86	0,55	3,93
Флагман	7,99	4,92	16,89	1,54	1,57	3,99	0,20	0,14	2,86
Чайка	0,35	7,30	25,06	0,02	0,61	0,97	0,04	0,01	1,45
Сахара	3,66	13,74	6,26	0,08	1,86	0,21	0,36	0,15	3,25
Саратовское90	1,31	15,11	143,63	0,06	0,03	3,39	0,09	0,09	0,34
Камышинское8	2,71	17,25	7,83	0,17	5,91	0,26	0,02	0,39	0,09
Кинельское3	0,60	11,18	16,71	0,03	1,37	0,04	0,01	1,81	3,12
к-64	11,05	0,94	3,40	0,38	1,31	0,11	0,13	0,37	1,05
Л-60/12	12,20	6,57	5,43	0,18	0,27	0,19	0,04	0,97	2,59
Л-39/12	1,29	10,57	106,61	0,23	2,30	0,17	0,04	0,31	3,40
Л-42/13	5,55	0,06	3,57	0,31	0,25	0,08	0,04	0,97	0,43
Л-59/13	6,05	4,32	0,15	0,08	0,30	1,72	0,02	0,02	0,04
Л-52/13	31,61	19,82	35,55	0,58	4,84	0,50	0,72	1,82	8,22
	Содержание сахаров в соке стебля			Содержание сырого протеина в биомассе			Содержание сырого жира в биомассе		
Волжское51	0,07	0,74	0,41	0,08	0,06	2,19	0,03	0,17	0,21
Флагман	5,98	0,24	0,46	0,06	1,52	0,62	0,09	0,27	0,02
Чайка	0,41	0,17	0,66	–	–	–	–	–	–
Сахара	0,68	0,91	0,22	0,02	0,91	1,57	0,07	0,01	0,03
Саратовское90	0,11	0,41	0,10	–	–	–	–	–	–
Камышинское8	0,27	0,40	0,30	–	–	–	–	–	–
Кинельское3	0,23	1,15	0,25	0,14	0,37	0,51	0,11	0,02	0,09
к-64	0,23	2,44	0,21	–	–	–	–	–	–
Л-60/12	0,41	0,44	1,90	0,11	2,33	0,01	0,04	0,22	0,17
Л-39/12	0,19	0,44	0,18	0,01	1,47	0,03	0,01	0,15	0,10
Л-42/13	1,06	0,19	0,11	0,31	0,06	0,03	0,02	0,04	0,12
Л-59/13	0,58	0,09	0,31	0,57	1,53	1,37	0,08	0,02	0,01
Л-52/13	0,10	1,93	0,17	1,37	0,43	0,04	0,17	0,09	0,31



Приложение 70 – Эффекты СКС гибридов F1 сахарного сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по высоте и параметрам соцветия, 2016-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Длина соцветия			Ширина соцветия			Высота растений		
	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
А3 Ж-10/Волжское 51	-1,32	1,37	0,04	-0,33	0,94	-1,21	-0,98	-7,36	1,70
А3 Ж-10/Флагман	2,28	0,54	0,14	0,01	-0,56	0,03	5,49	3,27	4,90
А3 Ж-10/Чайка	-0,62	0,84	-0,12	-1,33	0,71	0,03	-3,22	-4,43	9,20
А3 Ж-10/Сахара	-2,19	-1,42	0,45	0,07	-0,33	-0,64	3,35	-8,90	-6,14
А3 Ж-10/Саратовское90	-0,05	0,11	-1,79	-0,86	-2,16	-0,91	-4,42	-1,26	6,50
А3 Ж-10/Камышинское8	-1,59	1,38	1,25	-0,06	0,61	0,96	0,05	-7,93	-3,94
А3 Ж-10/Кинельское3	0,28	-0,06	0,11	0,24	1,21	1,09	0,22	-0,50	-3,87
А3 Ж-10/к-64	0,88	-1,29	-0,02	1,30	-1,26	0,49	12,19	6,84	-5,91
А3 Ж-10/Л-60/12	0,42	-1,85	-0,48	0,20	-1,26	0,29	-9,95	6,74	-7,07
А3 Ж-10/Л-39/12	0,64	0,17	-0,55	0,84	0,47	-0,21	1,55	2,04	-8,94
А3 Ж-10/Л-42/13	1,02	0,34	0,38	0,20	0,61	-0,14	-1,22	10,41	-7,31
А3 Ж-10/Л-59/13	-0,22	-0,49	0,88	0,10	0,11	1,06	-8,95	2,71	13,70
А3 Ж-10/Л-52/13	0,45	0,34	-0,28	-0,36	0,91	-0,84	5,89	-1,63	7,20
А4 Ж-10/ Волжское 51	-0,42	-0,86	-0,87	0,01	-0,85	1,42	-2,01	2,75	-10,30
А4 Ж-10/ Флагман	0,97	0,10	0,92	1,64	-0,45	0,15	9,05	-10,61	-4,50
А4 Ж-10/ Чайка	0,17	-0,60	0,46	-0,69	0,12	0,05	-6,85	1,39	-6,80
А4 Ж-10/ Сахара	1,01	0,23	-0,78	-0,69	-0,12	-0,12	-3,38	9,62	-2,73
А4 Ж-10/ Саратовское90	-1,56	1,56	1,79	0,37	-1,75	0,32	0,45	5,25	0,50
А4 Ж-10/ Камышинское8	1,21	0,53	-1,08	0,87	0,22	-0,92	1,92	1,89	-2,53
А4 Ж-10/ Кинельское3	-0,23	-1,10	-0,01	-0,63	-1,49	0,22	-6,51	-1,68	8,04
А4 Ж-10/к-64	-2,13	0,66	0,06	-1,76	2,05	-0,59	-17,15	2,25	3,50
А4 Ж-10/Л-60/12	-0,09	0,40	0,79	-0,16	1,25	1,32	4,72	8,05	13,94
А4 Ж-10/Л-39/12	-0,16	-0,07	-0,48	-0,53	0,18	-0,59	-5,78	-4,95	-0,13
А4 Ж-10/Л-42/13	-2,09	-1,40	-0,74	-0,16	-0,69	-0,02	3,85	-7,88	-2,20
А4 Ж-10/Л-59/13	1,97	0,46	-0,34	0,24	1,22	-0,32	16,72	-9,08	2,40
А4 Ж-10/Л-52/13	1,34	0,10	0,29	1,47	0,32	-0,92	4,95	2,99	0,80
9Е Ж-10/ Волжское 51	1,74	-0,51	0,83	0,32	-0,09	-0,21	3,00	4,61	8,60
9Е Ж-10/ Флагман	-3,26	-0,64	-1,07	-1,64	1,01	-0,17	-14,54	7,34	-0,40
9Е Ж-10/ Чайка	0,44	-0,24	-0,34	2,02	-0,82	-0,07	10,06	3,04	-2,40
9Е Ж-10/ Сахара	1,18	1,19	0,33	0,62	0,44	0,76	0,03	-0,73	8,87
9Е Ж-10/ Саратовское90	1,61	-1,67	-0,01	0,49	3,91	0,59	3,96	-3,99	-7,00
9Е Ж-10/ Камышинское8	0,38	-1,91	-0,17	-0,81	-0,82	-0,04	-1,97	6,04	6,47
9Е Ж-10/ Кинельское3	-0,06	1,16	-0,10	0,39	0,28	-1,31	6,30	2,17	-4,16
9Е Ж-10/к-64	1,24	0,63	-0,04	0,46	-0,79	0,09	4,96	-9,09	2,40
9Е Ж-10/Л-60/12	-0,32	1,46	-0,30	-0,04	0,01	-1,61	5,23	-14,79	-6,86
9Е Ж-10/Л-39/12	-0,49	-0,11	1,03	-0,31	-0,66	0,79	4,23	2,91	9,07
9Е Ж-10/Л-42/13	1,08	1,06	0,36	-0,04	0,08	0,16	-2,64	-2,53	9,50
9Е Ж-10/Л-59/13	-1,76	0,02	-0,54	-0,34	-1,32	-0,74	-7,77	6,37	-16,10
9Е Ж-10/Л-52/13	-1,79	-0,44	-0,01	-1,11	-1,22	1,76	-10,84	-1,36	-8,00
F05	6,70*	1,49	0,95	11,81*	2,58*	2,65*	4,02*	1,17	1,95*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 71 – Эффекты СКС гибридов F1 сахарного сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по параметрам наибольшего листа, 2016-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Длина			Ширина			Площадь		
	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
А3 Ж-10/Волжское 51	1,62	-1,71	-0,81	-0,16	0,05	-0,48	9,05	-6,00	-30,77
А3 Ж-10/Флагман	3,05	2,69	4,92	-0,10	0,42	0,06	17,42	32,57	25,66
А3 Ж-10/Чайка	-0,88	-1,27	2,02	-0,23	-0,09	0,46	-2,35	-11,20	35,03
А3 Ж-10/Сахара	2,99	-5,57	0,02	-1,10	-0,35	0,02	-39,49	-51,96	1,19
А3 Ж-10/Саратовское90	0,05	-0,67	0,95	-0,26	-0,12	-0,18	-1,05	-12,06	-4,67
А3 Ж-10/Камышинское8	-4,65	-1,77	0,32	-0,23	-0,12	0,36	-11,75	-15,96	21,76
А3 Ж-10/Кинельское3	1,05	0,93	-2,91	0,10	0,42	-0,58	19,05	28,74	-48,54
А3 Ж-10/к-64	3,42	-0,54	-1,58	0,34	-0,39	0,02	42,32	-26,80	-5,51
А3 Ж-10/Л-60/12	-0,58	-0,91	-2,05	1,00	-0,59	-0,51	-10,15	-37,83	-44,81
А3 Ж-10/Л-39/12	0,39	1,93	-2,95	0,67	0,42	-0,01	-19,92	30,87	-18,64
А3 Ж-10/Л-42/13	-2,38	0,33	-2,28	0,14	0,38	0,29	1,32	40,80	9,33
А3 Ж-10/Л-59/13	-4,95	5,53	1,25	-0,20	-0,19	0,52	-19,72	16,84	42,99
А3 Ж-10/Л-52/13	0,85	1,06	3,09	0,04	0,15	0,02	15,28	12,00	16,99
А4 Ж-10/ Волжское 51	-4,31	0,30	-2,66	-0,45	-0,44	0,11	-44,34	-23,76	-8,12
А4 Ж-10/ Флагман	-3,08	-2,30	-1,23	0,02	0,03	-0,46	-14,98	-7,89	-32,89
А4 Ж-10/ Чайка	2,99	-0,37	-0,23	-0,02	0,33	-0,06	5,66	13,84	-5,02
А4 Ж-10/ Сахара	-0,24	5,03	-0,33	0,22	0,16	0,51	7,62	32,77	30,45
А4 Ж-10/ Саратовское90	-5,18	0,03	0,11	-0,05	0,80	0,01	-29,94	40,67	-0,32
А4 Ж-10/ Камышинское8	0,62	4,23	-1,83	0,39	-0,01	-0,46	6,16	17,67	-37,29
А4 Ж-10/ Кинельское3	-0,38	-0,87	1,74	0,12	-0,47	0,11	-1,74	-32,93	15,51
А4 Ж-10/к-64	4,99	1,77	-2,33	-0,25	0,53	0,11	1,82	35,84	-4,75
А4 Ж-10/Л-60/12	2,09	0,80	0,71	-0,58	0,63	1,07	6,96	40,41	71,35
А4 Ж-10/Л-39/12	-0,64	0,53	1,11	-0,12	-0,47	-0,53	21,19	-23,59	-25,39
А4 Ж-10/Л-42/13	1,49	-0,77	1,67	-0,25	0,90	-0,23	-8,98	-34,56	-6,22
А4 Ж-10/Л-59/13	-0,08	-5,97	2,01	0,82	0,03	0,01	41,09	-31,53	8,55
А4 Ж-10/Л-52/13	1,72	-2,43	1,24	0,15	-0,24	-0,19	9,49	-26,96	-5,85
9Е Ж-10/ Волжское 51	2,69	1,41	3,47	0,61	0,39	0,37	35,30	29,76	38,90
9Е Ж-10/ Флагман	0,02	-0,39	-3,70	0,08	-0,45	0,40	-2,44	-24,68	7,23
9Е Ж-10/ Чайка	-2,11	1,64	-1,80	0,25	-0,25	-0,40	-3,31	-2,64	-30,01
9Е Ж-10/ Сахара	-2,74	0,54	0,31	0,88	0,19	-0,53	31,86	19,19	-31,64
9Е Ж-10/ Саратовское90	5,12	0,64	-1,06	0,31	-0,68	0,17	31,00	-28,61	5,00
9Е Ж-10/ Камышинское8	4,02	-2,46	1,51	-0,15	0,12	0,10	5,60	-1,71	15,53
9Е Ж-10/ Кинельское3	-0,68	-0,06	1,17	-0,22	0,05	0,47	-17,31	4,19	33,03
9Е Ж-10/к-64	-8,41	-1,23	3,91	-0,09	-0,15	-0,13	-44,14	-9,04	10,26
9Е Ж-10/Л-60/12	-1,51	0,11	1,34	-0,42	-0,05	-0,56	3,20	-2,58	-26,54
9Е Ж-10/Л-39/12	0,26	-2,46	1,84	-0,55	0,05	0,54	-1,27	-7,28	44,03
9Е Ж-10/Л-42/13	0,89	0,44	0,61	0,11	0,52	-0,06	7,66	-6,24	-3,11
9Е Ж-10/Л-59/13	5,02	0,44	-3,26	-0,62	0,15	-0,53	-21,37	14,69	-51,54
9Е Ж-10/Л-52/13	-2,58	1,37	-4,33	-0,19	0,09	0,17	-24,77	14,96	-11,14
F05	3,99*	1,58	1,83*	19,38*	1,33	1,76*	4,96*	1,09	1,93*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 72 – Эффекты СКС гибридов F1 сахарного сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по кустистости, 2016-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Общая кустистость			Продуктивная кустистость		
	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
А3 Ж-10/Волжское 51	-0,09	-0,24	-0,16	-0,10	-0,13	0,06
А3 Ж-10/Флагман	0,07	-0,02	-0,04	0,08	-0,11	-0,17
А3 Ж-10/Чайка	-0,06	-0,12	0,05	-0,01	0,06	0,06
А3 Ж-10/Сахара	0,16	0,10	-0,02	0,01	0,05	0,01
А3 Ж-10/Саратовское90	-0,03	0,33	-0,05	-0,02	0,04	-0,02
А3 Ж-10/Камышинское8	-0,02	-0,02	0,05	-0,01	0,06	0,06
А3 Ж-10/Кинельское3	0,01	-0,08	0,02	0,02	-0,07	0,08
А3 Ж-10/к-64	0,01	0,01	0,23	0,04	0,05	0,15
А3 Ж-10/Л-60/12	-0,01	0,11	0,10	0,02	0,12	0,05
А3 Ж-10/Л-39/12	-0,03	-0,01	-0,13	-0,03	0,01	-0,12
А3 Ж-10/Л-42/13	-0,02	0,01	0,08	-0,02	-0,07	0,09
А3 Ж-10/Л-59/13	0,02	-0,01	0,04	0,03	-0,01	0,04
А3 Ж-10/Л-52/13	-0,01	-0,05	-0,19	-0,01	0,01	-0,28
А4 Ж-10/ Волжское 51	-0,03	0,15	0,14	-0,02	0,16	-0,11
А4 Ж-10/ Флагман	-0,01	0,05	0,08	0,01	0,10	0,11
А4 Ж-10/ Чайка	0,07	0,36	-0,15	-0,01	0,01	-0,13
А4 Ж-10/ Сахара	-0,01	-0,08	0,08	-0,01	-0,05	0,10
А4 Ж-10/ Саратовское90	-0,02	-0,31	0,06	-0,03	-0,18	0,04
А4 Ж-10/ Камышинское8	-0,02	0,10	-0,01	-0,03	-0,09	0,03
А4 Ж-10/ Кинельское3	0,02	0,13	0,11	-0,01	0,10	0,06
А4 Ж-10/к-64	-0,01	-0,04	-0,05	-0,01	-0,02	0,02
А4 Ж-10/Л-60/12	-0,01	-0,05	-0,07	0,01	-0,05	-0,07
А4 Ж-10/Л-39/12	0,04	-0,06	-0,13	0,06	-0,04	-0,12
А4 Ж-10/Л-42/13	0,03	-0,12	-0,04	0,04	0,03	-0,04
А4 Ж-10/Л-59/13	0,00	-0,02	-0,08	0,02	0,03	-0,04
А4 Ж-10/Л-52/13	-0,06	-0,09	0,05	-0,04	0,01	0,14
9Е Ж-10/ Волжское 51	0,12	0,10	0,02	0,12	-0,02	0,05
9Е Ж-10/ Флагман	-0,06	-0,04	-0,04	-0,10	0,01	0,06
9Е Ж-10/ Чайка	-0,01	-0,23	0,09	0,02	-0,07	0,07
9Е Ж-10/ Сахара	-0,16	-0,02	-0,06	0,01	-0,01	-0,10
9Е Ж-10/ Саратовское90	0,05	-0,01	-0,01	0,05	0,14	-0,02
9Е Ж-10/ Камышинское8	0,04	-0,07	-0,05	0,04	0,03	-0,09
9Е Ж-10/ Кинельское3	-0,03	-0,06	-0,13	-0,01	-0,02	-0,14
9Е Ж-10/к-64	0,01	0,04	-0,18	-0,03	-0,03	-0,17
9Е Ж-10/Л-60/12	0,01	-0,05	-0,03	-0,04	-0,06	0,02
9Е Ж-10/Л-39/12	-0,01	0,07	0,26	-0,04	0,03	0,24
9Е Ж-10/Л-42/13	-0,01	0,12	-0,05	-0,02	0,04	-0,05
9Е Ж-10/Л-59/13	-0,02	0,03	0,03	-0,05	-0,02	0,01
9Е Ж-10/Л-52/13	0,07	0,15	0,14	0,05	-0,01	0,14
F <sub>05</sub>	2,55*	0,90	1,68*	1,54	0,76	1,97*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 73 – Эффекты СКС гибридов F1 сахарного сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по урожайности биомассы и стеблей, 2016-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Биомассы			Стеблей		
	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
А3 Ж-10/Волжское 51	1,80	0,95	-4,42	2,72	-0,71	-3,05
А3 Ж-10/Флагман	-1,77	1,99	-2,72	-0,35	2,54	1,05
А3 Ж-10/Чайка	0,43	-2,05	5,55	0,29	-3,11	5,59
А3 Ж-10/Сахара	-0,94	-3,78	3,32	-2,11	-3,38	0,79
А3 Ж-10/Саратовское90	-0,17	4,69	-4,55	-0,41	4,48	-4,12
А3 Ж-10/Камышинское8	-1,07	0,25	-0,62	-0,81	-1,88	-0,88
А3 Ж-10/Кинельское3	-0,27	-7,38	4,45	-0,35	-2,65	3,99
А3 Ж-10/к-64	2,60	-1,82	0,12	1,85	0,08	-0,05
А3 Ж-10/Л-60/12	-2,47	3,25	2,82	-2,31	2,94	1,19
А3 Ж-10/Л-39/12	1,63	-4,55	-4,19	1,15	-3,58	-6,32
А3 Ж-10/Л-42/13	-1,04	1,25	1,15	-0,85	0,21	1,82
А3 Ж-10/Л-59/13	-0,71	1,72	1,12	-0,68	2,34	-0,28
А3 Ж-10/Л-52/13	2,00	5,49	-2,02	1,85	2,71	0,29
А4 Ж-10/ Волжское 51	-4,56	-0,16	1,99	-5,17	-0,37	-0,23
А4 Ж-10/ Флагман	-2,72	-0,52	-4,61	-2,64	-1,50	-4,53
А4 Ж-10/ Чайка	-0,13	1,64	-3,04	0,40	1,42	-1,50
А4 Ж-10/ Сахара	0,51	5,91	-4,48	0,50	3,96	-2,80
А4 Ж-10/ Саратовское90	1,17	-2,72	15,46	1,30	-2,47	13,50
А4 Ж-10/ Камышинское8	2,37	3,24	3,39	1,90	4,76	3,13
А4 Ж-10/ Кинельское3	-0,73	1,01	1,46	-0,54	-1,10	0,20
А4 Ж-10/к-64	-4,16	2,08	0,42	-3,84	0,92	1,87
А4 Ж-10/Л-60/12	-1,83	-3,06	1,52	-1,71	-1,70	1,50
А4 Ж-10/Л-39/12	-0,63	3,54	-6,78	-0,04	2,76	-5,60
А4 Ж-10/Л-42/13	3,51	-0,76	1,16	2,66	0,06	0,13
А4 Ж-10/Л-59/13	2,94	-1,79	-0,38	2,73	-1,60	0,43
А4 Ж-10/Л-52/13	4,24	-8,42	-6,11	4,46	-5,13	-6,10
9Е Ж-10/ Волжское 51	2,76	-0,80	2,43	2,45	1,09	3,28
9Е Ж-10/ Флагман	4,50	-1,46	7,33	2,99	-1,04	3,48
9Е Ж-10/ Чайка	-0,30	0,41	-2,51	-0,68	1,69	-4,09
9Е Ж-10/ Сахара	0,43	-2,13	1,16	1,62	-0,57	2,02
9Е Ж-10/ Саратовское90	-1,00	-1,96	-10,91	-0,88	-2,01	-9,39
9Е Ж-10/ Камышинское8	-1,30	-3,50	-2,77	-1,08	-2,87	-2,25
9Е Ж-10/ Кинельское3	1,00	6,37	-5,91	0,89	3,75	-4,19
9Е Ж-10/к-64	1,56	-0,26	-0,54	1,99	-1,01	-1,82
9Е Ж-10/Л-60/12	4,30	-0,20	-4,34	4,02	-1,24	-2,69
9Е Ж-10/Л-39/12	-1,00	1,01	10,96	-1,12	0,82	11,92
9Е Ж-10/Л-42/13	-2,47	-0,50	-2,31	-1,82	-0,27	-1,95
9Е Ж-10/Л-59/13	-2,24	0,07	-0,74	-2,05	-0,74	-0,15
9Е Ж-10/Л-52/13	-6,24	2,94	8,13	-6,32	2,42	5,82
F05	2,40*	0,98	1,85*	3,45*	0,89	1,42

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 74 – Эффекты СКС гибридов F1 сахарного сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по урожайности метелок и листьев, 2016-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Метелок			Листьев		
	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
А3 Ж-10/Волжское 51	-0,51	1,06	-0,31	-0,61	0,38	-1,13
А3 Ж-10/Флагман	-1,34	-1,04	-1,81	-0,01	0,41	-1,79
А3 Ж-10/Чайка	0,13	-0,01	0,86	-0,18	-0,12	-0,89
А3 Ж-10/Сахара	0,26	-1,11	0,53	0,45	0,18	2,01
А3 Ж-10/Саратовское90	0,16	-0,17	-1,14	0,19	0,35	0,64
А3 Ж-10/Камышинское8	-0,04	2,66	-0,04	-0,15	-0,49	0,27
А3 Ж-10/Кинельское3	0,16	-1,01	-0,14	0,05	-1,35	0,64
А3 Ж-10/к-64	0,63	-1,31	0,16	0,22	-0,65	-0,03
А3 Ж-10/Л-60/12	-0,17	0,59	-0,17	0,12	-0,35	1,77
А3 Ж-10/Л-39/12	0,56	-1,51	0,10	-0,05	0,55	2,04
А3 Ж-10/Л-42/13	-0,01	-0,14	-0,31	-0,15	1,08	-0,36
А3 Ж-10/Л-59/13	0,13	-0,51	1,46	-0,01	-0,15	-0,09
А3 Ж-10/Л-52/13	0,06	2,49	0,80	0,12	0,18	-3,09
А4 Ж-10/ Волжское 51	-0,94	0,29	-0,04	1,06	0,47	2,29
А4 Ж-10/ Флагман	0,23	1,39	-0,34	-0,44	-0,30	0,22
А4 Ж-10/ Чайка	-0,01	-0,78	-1,08	0,20	0,07	-0,48
А4 Ж-10/ Сахара	0,03	1,52	-0,21	0,23	0,27	-1,48
А4 Ж-10/ Саратовское90	0,13	0,16	2,12	-0,34	-0,16	-0,14
А4 Ж-10/ Камышинское8	0,43	-2,11	0,52	0,03	0,71	-0,31
А4 Ж-10/ Кинельское3	-0,17	-0,28	-0,08	-0,07	1,34	1,36
А4 Ж-10/к-64	-0,61	0,82	-0,38	0,20	0,54	-1,01
А4 Ж-10/Л-60/12	-0,31	-0,38	0,49	0,10	-0,76	-0,41
А4 Ж-10/Л-39/12	-0,27	1,52	0,36	-0,17	-0,56	-1,54
А4 Ж-10/Л-42/13	0,56	-0,41	0,26	0,23	-0,23	0,76
А4 Ж-10/Л-59/13	0,20	-0,08	-1,08	-0,14	0,04	0,22
А4 Ж-10/Л-52/13	0,73	-1,68	-0,54	-0,90	-1,43	0,52
9Е Ж-10/ Волжское 51	1,45	-1,35	0,35	-0,45	-0,85	-1,16
9Е Ж-10/ Флагман	1,11	-0,35	2,15	0,44	-0,12	1,57
9Е Ж-10/ Чайка	-0,12	0,79	0,22	-0,02	0,05	1,37
9Е Ж-10/ Сахара	-0,29	-0,42	-0,32	-0,69	-0,45	-0,53
9Е Ж-10/ Саратовское90	-0,29	0,02	-0,99	0,15	-0,19	-0,50
9Е Ж-10/ Камышинское8	-0,39	-0,55	-0,49	0,12	-0,22	0,04
9Е Ж-10/ Кинельское3	0,01	1,29	0,22	0,02	0,02	-2,00
9Е Ж-10/к-64	-0,02	0,49	0,22	-0,42	0,12	1,04
9Е Ж-10/Л-60/12	-0,48	-0,22	-0,32	-0,22	1,12	-1,36
9Е Ж-10/Л-39/12	-0,29	-0,02	-0,45	0,22	0,02	-0,50
9Е Ж-10/Л-42/13	-0,55	0,55	0,05	-0,09	-0,85	-0,40
9Е Ж-10/Л-59/13	-0,32	0,59	-0,39	0,15	0,12	-0,13
9Е Ж-10/Л-52/13	-0,79	-0,82	-0,25	0,78	1,25	2,57
F <sub>05</sub>	3,81*	1,35	2,57*	2,81*	1,00	1,08

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 75 – Эффекты СКС гибридов F1 сахарного сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по содержанию сахаров в соке стебля и питательных веществ в биомассе, 2016-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Содержание сахаров			Сырой протеин			Сырой жир		
	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.	2016г.	2017г.	2018г.
А3 Ж-10/Волжское 51	-0,12	-0,32	-0,62	0,32	-0,24	0,05	-0,18	0,43	0,14
А3 Ж-10/Флагман	1,45	-0,06	0,75	-0,22	-0,68	-0,80	-0,11	-0,13	-0,05
А3 Ж-10/Чайка	-0,39	0,48	-0,55	–	–	–	–	–	–
А3 Ж-10/Сахара	-0,59	1,08	0,41	-0,01	-1,10	1,44	0,30	0,05	0,06
А3 Ж-10/Саратовское90	-0,15	-0,02	-0,22	–	–	–	–	–	–
А3 Ж-10/Камышинское8	-0,52	-0,72	-0,49	–	–	–	–	–	–
А3 Ж-10/Кинельское3	0,55	-0,56	0,58	-0,40	0,20	-0,67	-0,24	-0,04	-0,14
А3 Ж-10/к-64	0,55	1,64	0,05	–	–	–	–	–	–
А3 Ж-10/Л-60/12	-0,72	-0,72	-1,59	-0,20	-0,50	-0,11	0,21	-0,43	-0,19
А3 Ж-10/Л-39/12	-0,49	0,68	0,35	0,11	0,04	-0,06	0,04	-0,10	-0,12
А3 Ж-10/Л-42/13	-0,29	0,21	0,38	-0,22	0,27	0,06	-0,12	-0,19	-0,39
А3 Ж-10/Л-59/13	0,61	-0,26	0,55	-0,72	1,39	-0,12	-0,22	0,10	0,03
А3 Ж-10/Л-52/13	0,11	-1,42	0,41	1,34	0,63	0,21	0,33	0,32	0,64
А4 Ж-10/ Волжское 51	0,31	0,97	-0,04	-0,18	0,25	-1,50	0,11	-0,39	-0,52
А4 Ж-10/ Флагман	1,38	-0,46	-0,58	-0,02	-0,74	0,02	-0,23	-0,44	-0,11
А4 Ж-10/ Чайка	-0,36	-0,23	-0,38	–	–	–	–	–	–
А4 Ж-10/ Сахара	-0,36	-0,33	0,09	0,15	0,56	-0,76	-0,05	0,05	0,13
А4 Ж-10/ Саратовское90	0,38	-0,63	0,36	–	–	–	–	–	–
А4 Ж-10/ Камышинское8	0,51	0,47	0,59	–	–	–	–	–	–
А4 Ж-10/ Кинельское3	-0,22	1,24	-0,34	0,34	0,49	0,75	0,37	0,17	0,35
А4 Ж-10/к-64	-0,22	-1,46	-0,48	–	–	–	–	–	–
А4 Ж-10/Л-60/12	0,51	0,57	0,89	-0,19	-1,21	-0,01	-0,02	-0,05	-0,28
А4 Ж-10/Л-39/12	0,14	-0,03	0,12	-0,12	1,19	0,18	-0,02	0,43	0,36
А4 Ж-10/Л-42/13	-0,86	-0,50	-0,24	0,63	-0,21	0,13	-0,02	0,21	0,31
А4 Ж-10/Л-59/13	-0,86	0,34	0,02	-0,06	-0,38	1,23	0,32	0,06	0,10
А4 Ж-10/Л-52/13	-0,36	0,07	-0,01	-0,54	0,02	-0,03	-0,46	-0,03	-0,37
9Е Ж-10/ Волжское 51	-0,19	-0,65	0,66	-0,14	-0,01	1,45	0,07	-0,03	0,37
9Е Ж-10/ Флагман	-2,82	0,52	-0,17	0,25	1,43	0,78	0,35	0,57	0,16
9Е Ж-10/ Чайка	0,74	-0,25	0,93	–	–	–	–	–	–
9Е Ж-10/ Сахара	0,94	-0,75	-0,51	-0,15	0,55	-0,68	-0,24	-0,10	-0,19
9Е Ж-10/ Саратовское90	-0,22	0,65	-0,14	–	–	–	–	–	–
9Е Ж-10/ Камышинское8	0,01	0,25	-0,10	–	–	–	–	–	–
9Е Ж-10/ Кинельское3	-0,32	-0,68	-0,24	0,07	-0,68	-0,07	-0,14	-0,12	-0,22
9Е Ж-10/к-64	-0,32	-0,18	0,43	–	–	–	–	–	–
9Е Ж-10/Л-60/12	0,21	0,15	0,70	0,39	1,72	0,12	-0,20	0,49	0,47
9Е Ж-10/Л-39/12	0,34	-0,65	-0,47	0,02	-1,24	-0,12	-0,01	-0,33	-0,25
9Е Ж-10/Л-42/13	1,14	0,29	-0,14	-0,41	-0,07	-0,19	0,14	-0,01	0,07
9Е Ж-10/Л-59/13	0,24	-0,08	-0,57	0,78	-1,00	-1,10	-0,10	-0,15	-0,14
9Е Ж-10/Л-52/13	0,24	1,35	-0,40	-0,81	-0,69	-0,18	0,13	-0,28	-0,26
F <sub>05</sub>	5,18*	0,79	0,70	15,31*	41,40*	11,79*	26,61*	95,13*	21,99*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 76 – Дисперсионный анализ комбинационной способности компонентов гибридов F1 сахарного сорго на основе А3, А4, 9Е типов ЦМС по высоте и параметрам соцветия, 2016-2018 гг.

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Высота при созревании				Длина соцветия				Ширина соцветия			
<b>2016</b>												
ОКС линий	6833,250	12	569,438	28,412*	105,189	12	8,766	21,568*	37,582	12	3,132	34,278*
ОКС тестеров	56,981	2	28,490	1,422	2,375	2	1,188	2,922	0,886	2	0,443	4,849*
СКС	1932,644	24	80,527	4,018*	65,392	24	2,725	6,704*	25,907	24	1,079	11,814*
Случайное	1523,222	76	20,042		30,889	76	0,406		6,944	76	0,091	
<b>2017</b>												
ОКС линий	1968,333	12	164,028	3,201*	138,816	12	11,568	12,109*	104,672	12	8,723	10,976*
ОКС тестеров	122,731	2	61,365	1,198	12,488	2	6,244	6,536*	1,876	2	0,938	1,180
СКС	1440,436	24	60,018	1,171	34,154	24	1,423	1,490	49,257	24	2,052	2,583*
Случайное	3894,392	76	51,242		72,605	76	0,955		60,395	76	0,795	
<b>2018</b>												
ОКС линий	7182,833	12	598,569	14,292*	67,149	12	5,596	6,861*	39,384	12	3,282	9,051*
ОКС тестеров	0,001	2	0,001	0,001	10,530	2	5,265	6,456*	1,031	2	0,516	1,422
СКС	1963,417	24	81,809	1,953*	18,608	24	0,775	0,951	23,022	24	0,959	2,645*
Случайное	3183,022	76	41,882		61,986	76	0,816		27,560	76	0,363	
<b>Среднее</b>												
ОКС линий	3154,917	12	262,910	5,756*	67,542	12	5,628	6,932*	48,914	12	4,076	9,051*
ОКС тестеров	34,712	2	17,356	0,380	6,698	2	3,349	4,124*	1,007	2	0,503	1,118
СКС	496,122	24	20,672	0,453	15,079	24	0,628	0,774	10,394	24	0,433	0,962
Случайное	3471,402	76	45,676		61,712	76	0,812		34,225	76	0,450	

Продолжение приложения 76

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Длина листа				Ширина листа				Площадь листа			
<b>2016</b>												
ОКС линий	646,068	12	53,839	14,580*	11,345	12	0,945	63,310*	35451,168	12	2954,264	19,966*
ОКС тестеров	87,326	2	43,663	11,824*	0,103	2	0,051	3,436*	9503,423	2	4751,711	32,114*
СКС	354,450	24	14,769	3,999*	6,944	24	0,289	19,375*	17602,660	24	733,444	4,957*
Случайное	280,648	76	3,693		1,135	76	0,015		11245,300	76	147,964	
<b>2017</b>												
ОКС линий	225,198	12	18,766	3,539*	13,817	12	1,151	6,579*	55703,168	12	4641,931	4,860*
ОКС тестеров	41,445	2	20,722	3,908*	2,130	2	1,065	6,085*	10000,500	2	5000,250	5,235*
СКС	201,060	24	8,378	1,580	5,577	24	0,232	1,328	25003,832	24	1041,826	1,091
Случайное	403,003	76	5,303		13,300	76	0,175		72589,422	76	955,124	
<b>2018</b>												
ОКС линий	416,573	12	34,714	8,249*	10,530	12	0,878	6,464*	76568,500	12	6380,708	9,768*
ОКС тестеров	5,046	2	2,523	0,599	0,327	2	0,163	1,203	1038,346	2	519,173	0,795
СКС	184,756	24	7,698	1,829*	5,720	24	0,238	1,756*	30291,654	24	1262,152	1,932*
Случайное	319,831	76	4,208		10,318	76	0,136		49643,617	76	653,206	
<b>Среднее</b>												
ОКС линий	209,474	12	17,456	3,751*	7,781	12	0,648	5,574*	35093,168	12	2924,431	5,813*
ОКС тестеров	17,400	2	8,700	1,869	0,399	2	0,199	1,714	4181,961	2	2090,981	4,156*
СКС	124,501	24	5,188	1,115	2,028	24	0,084	0,726	9535,871	24	397,328	0,790
Случайное	353,704	76	4,654		8,841	76	0,116		38235,320	76	503,096	



Продолжение приложения 76

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Урожайность стеблей				Урожайность листьев				Урожайность метелок			
<b>2016</b>												
ОКС линий	937,214	12	78,101	30,986*	14,824	12	1,235	9,300*	74,379	12	6,198	53,898*
ОКС тестеров	10,746	2	5,373	2,132	0,463	2	0,232	1,743	1,954	2	0,977	8,498*
СКС	208,927	24	8,705	3,454*	5,090	24	0,212	1,597	10,526	24	0,439	3,814*
Случайное	191,561	76	2,521		10,095	76	0,133		8,740	76	0,115	
<b>2017</b>												
ОКС линий	245,633	12	20,469	1,959*	39,881	12	3,323	5,275*	62,378	12	5,198	3,795*
ОКС тестеров	38,903	2	19,451	1,862	2,960	2	1,480	2,349	1,880	2	0,940	0,686
СКС	225,509	24	9,396	0,899	15,187	24	0,633	1,004	44,261	24	1,844	1,346
Случайное	793,921	76	10,446		47,880	76	0,630		104,095	76	1,370	
<b>2018</b>												
ОКС линий	2428,216	12	202,351	9,073*	164,150	12	13,679	5,788*	55,021	12	4,585	12,043*
ОКС тестеров	36,824	2	18,412	0,826	0,186	2	0,093	0,039	1,936	2	0,968	2,543
СКС	762,304	24	31,763	1,424	61,513	24	2,563	1,084	23,457	24	0,977	2,567*
Случайное	1695,058	76	22,303		179,616	76	2,363		28,936	76	0,381	
<b>Среднее</b>												
ОКС линий	594,677	12	49,556	4,193*	35,221	12	2,935	4,136*	40,097	12	3,341	5,893*
ОКС тестеров	21,510	2	10,755	0,910	0,835	2	0,418	0,588	0,380	2	0,190	0,335
СКС	116,071	24	4,836	0,409	11,971	24	0,499	0,703	9,200	24	0,383	0,676
Случайное	898,143	76	11,818		53,935	76	0,710		43,092	76	0,567	

Продолжение приложения 76

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Продуктивная кустистость				Общая кустистость				Урожайность всей биомассы			
<b>2016</b>												
ОКС линий	0,196	12	0,016	9,058*	0,202	12	0,017	9,164*	1331,163	12	110,930	27,879*
ОКС тестеров	0,001	2	0,000	0,147	0,004	2	0,002	1,049	21,318	2	10,659	2,679
СКС	0,066	24	0,003	1,537	0,112	24	0,005	2,551*	229,469	24	9,561	2,403*
Случайное	0,137	76	0,002		0,139	76	0,002		302,401	76	3,979	
<b>2017</b>												
ОКС линий	0,267	12	0,022	1,907*	1,256	12	0,105	3,489*	563,491	12	46,958	2,743*
ОКС тестеров	0,037	2	0,018	1,568	0,033	2	0,017	0,557	56,946	2	28,473	1,663
СКС	0,214	24	0,009	0,764	0,649	24	0,027	0,901	400,962	24	16,707	0,976
Случайное	0,887	76	0,012		2,280	76	0,030		1300,841	76	17,116	
<b>2018</b>												
ОКС линий	1,219	12	0,102	10,958*	1,645	12	0,137	13,484*	3080,130	12	256,678	11,689*
ОКС тестеров	0,127	2	0,063	6,852*	0,101	2	0,051	4,981*	54,817	2	27,409	1,248
СКС	0,437	24	0,018	1,966*	0,410	24	0,017	1,679*	975,834	24	40,660	1,852*
Случайное	0,704	76	0,009		0,773	76	0,010		1668,811	76	21,958	
<b>среднее</b>												
ОКС линий	0,292	12	0,024	4,054*	0,645	12	0,054	6,452*	820,085	12	68,340	4,152*
ОКС тестеров	0,033	2	0,017	2,784	0,031	2	0,015	1,834	34,901	2	17,451	1,060
СКС	0,079	24	0,003	0,549	0,157	24	0,007	0,786	134,752	24	5,615	0,341
Случайное	0,456	76	0,006		0,633	76	0,008		1251,036	76	16,461	

Продолжение приложения 76

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Содержание сахаров в соке стебля				Содержание протеина в биомассе				Содержание жира в биомассе			
<b>2016</b>												
ОКС линий	234,887	234,887	234,887	234,887	27,156	8	3,394	155,949*	1,941	8	0,243	84,619*
ОКС тестеров	0,716	0,716	0,716	0,716	0,747	2	0,374	17,164*	0,524	2	0,262	91,330*
СКС	20,644	20,644	20,644	20,644	5,333	16	0,333	15,314*	1,221	16	0,076	26,613*
Случайное	12,631	12,631	12,631	12,631	1,132	52	0,022		0,149	52	0,003	
<b>2017</b>												
ОКС линий	147,184	147,184	147,184	147,184	23,319	8	2,915	110,693*	1,352	8	0,169	126,718*
ОКС тестеров	0,400	0,400	0,400	0,400	0,800	2	0,400	15,195*	0,453	2	0,227	169,915*
СКС	19,100	19,100	19,100	19,100	17,445	16	1,090	41,404*	2,030	16	0,127	95,136*
Случайное	76,228	76,228	76,228	76,228	1,369	52	0,026		0,069	52	0,001	
<b>2018</b>												
ОКС линий	157,318	157,318	157,318	157,318	10,051	8	1,256	18,577*	8,687	8	1,086	174,201*
ОКС тестеров	1,078	1,078	1,078	1,078	1,639	2	0,820	12,119*	0,522	2	0,261	41,883*
СКС	10,536	10,536	10,536	10,536	12,768	16	0,798	11,799*	2,194	16	0,137	21,997*
Случайное	47,639	47,639	47,639	47,639	3,517	52	0,068		0,324	52	0,006	
<b>среднее</b>												
ОКС линий	108,354	108,354	108,354	108,354	8,784	8	1,098	2,994*	1,747	8	0,218	3,561*
ОКС тестеров	0,288	0,288	0,288	0,288	0,692	2	0,346	0,943	0,234	2	0,117	1,911
СКС	6,359	6,359	6,359	6,359	4,400	16	0,275	0,750	1,138	16	0,071	1,159
Случайное	81,776	81,776	81,776	81,776	19,067	52	0,367		3,189	52	0,061	

Приложение 77 – Морфологические признаки (см) и урожайность биомассы (т/га) гибридов F1 сорго на основе А1, А2, А3, А4, А5 и А6 типов ЦМС, 2017-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Интенсивность начального роста		Высота растений		Длина соцветия		Ширина соцветия		Выдвинутость ножки соцветия		Урожайность биомассы	
	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.
А1 К4в./Меркурий	24,5	36,0	135,8	115,1	30,4	22,0	23,6	13,1	29,9	22,2	23,95	18,4
А2 К4в./ Меркурий	26,2	34,1	129,2	117,2	29,2	23,0	20,5	12,7	25,8	21,5	25,73	17,7
А3 К4в./ Меркурий	29,9	41,5	129,5	112,0	27,8	26,9	17,8	10,9	25,5	21,8	24,55	17,4
А4 К4в./ Меркурий	34,1	41,8	132,2	108,1	27,9	24,2	16,6	12,5	24,9	21,6	24,00	22,7
А5 К4в./ Меркурий	34,1	35,9	133,2	112,9	29,9	27,2	17,0	12,6	26,5	23,1	21,15	19,9
А6 К4в./ Меркурий	34,4	42,2	130,3	112,6	30,3	29,2	19,2	15,3	22,8	20,8	26,60	25,0
А1 К4 в./Огонек	24,8	38,9	130,9	115,8	26,7	24,8	17,9	14,2	26,0	22,8	23,60	18,5
А2 К4 в./ Огонек	30,7	38,2	129,3	110,0	25,8	22,3	15,7	13,0	26,8	23,4	21,15	18,8
А3 К4 в./ Огонек	38,0	32,1	121,5	108,5	25,3	24,1	13,7	11,0	27,1	23,9	19,37	17,5
А4 К4 в./ Огонек	33,4	31,5	127,3	112,1	25,7	29,4	14,8	9,9	24,3	23,1	14,57	18,0
А5 К4 в./ Огонек	40,2	36,2	134,8	110,7	25,9	22,3	15,5	10,7	24,2	22,6	16,85	14,9
А6 К4 в./ Огонек	33,7	42,9	127,4	112,6	24,2	25,1	12,7	11,3	25,6	19,8	15,15	18,0
А1 К4 в./Аванс	39,7	49,2	123,2	111,1	26,7	28,5	9,0	10,6	16,4	12,5	21,50	24,4
А2 К4 в./ Аванс	35,7	51,2	124,3	103,2	28,0	29,8	12,8	10,9	12,2	11,7	20,43	19,0
А3 К4 в./ Аванс	37,0	48,7	125,0	105,4	28,1	27,4	12,4	11,5	11,9	16,7	23,40	19,5
А4 К4 в./ Аванс	33,9	41,0	119,7	103,9	27,1	26,4	10,7	11,0	13,4	17,8	25,67	16,5
А5 К4 в./ Аванс	42,0	39,8	121,5	106,3	29,7	26,0	14,1	11,0	13,0	16,8	31,90	25,9
А6 К4 в./ Аванс	38,5	33,1	124,4	105,2	27,4	26,7	12,0	12,3	12,0	15,3	25,73	18,3
А1 К4 в./Восторг	39,7	43,1	126,2	107,4	25,1	24,9	10,4	11,9	17,2	16,2	19,27	21,6
А2 К4 в./ Восторг	36,4	47,9	125,9	110,9	26,5	27,7	11,6	10,7	19,3	14,0	16,27	22,6
А3 К4 в./ Восторг	34,1	45,9	126,8	107,6	24,6	26,2	11,5	11,5	19,0	14,0	25,10	16,2
А4 К4 в./ Восторг	37,1	43,0	123,4	107,6	26,3	23,7	12,2	11,4	17,0	11,9	27,23	13,7
А5 К4 в./ Восторг	38,6	45,2	131,1	118,7	25,7	25,7	11,4	9,9	19,3	18,1	20,43	21,3
А6 К4 в./ Восторг	34,8	42,2	123,4	110,9	25,0	25,1	12,8	10,0	17,3	13,1	15,47	15,0
А1 К4 в./Гелеофор	33,7	40,4	133,8	117,9	25,3	24,8	15,5	12,6	22,7	21,5	16,77	17,3
А2 К4 в./ Гелеофор	32,4	45,4	125,6	109,2	26,0	25,7	13,0	11,0	23,8	20,6	19,45	16,4

Продолжение приложения 77

А3 К4 в./ Гелеофор	34,4	48,1	128,2	106,5	24,2	25,9	12,1	12,8	22,6	17,2	20,27	20,0
А4 К4 в./ Гелеофор	34,5	41,4	130,6	114,4	26,3	24,1	14,2	11,6	20,1	21,2	19,17	17,5
А5 К4 в./ Гелеофор	37,9	41,3	138,6	114,4	26,5	25,3	14,2	11,4	22,2	21,7	21,23	18,5
А6 К4 в./ Гелеофор	30,1	45,4	133,8	112,3	26,4	23,6	14,0	12,1	22,4	19,0	21,97	21,7
А1 К4 в./Кремовое	39,1	40,0	128,1	111,1	26,0	28,3	15,6	13,7	18,2	14,5	17,90	19,7
А2 К4 в./ Кремовое	38,6	43,1	128,6	112,5	28,7	26,7	17,1	11,6	15,7	19,9	19,15	16,8
А3 К4 в./ Кремовое	35,9	44,8	129,4	109,9	27,7	28,4	15,5	12,4	17,8	11,9	17,20	18,8
А4 К4 в./ Кремовое	36,7	41,8	127,8	108,2	29,2	29,3	17,1	15,6	18,8	13,3	18,80	17,5
А5 К4 в./ Кремовое	38,0	40,4	125,8	113,1	26,7	26,0	15,6	13,7	13,7	13,4	20,17	15,4
А6 К4 в./ Кремовое	31,1	39,2	132,2	112,3	26,5	26,1	16,9	13,6	18,5	14,4	18,80	18,4
А1 К4 в./Волжскоеб15	38,2	44,4	129,2	113,1	26,6	24,7	14,5	12,6	18,5	22,2	16,40	22,9
А2 К4 в./Волжскоеб15	31,2	48,5	128,5	110,8	26,2	25,1	15,0	13,1	19,1	18,8	21,20	15,9
А3 К4 в./Волжскоеб15	39,7	45,9	134,7	118,3	27,5	25,0	15,7	11,4	22,1	21,7	18,43	19,9
А4 К4 в./Волжскоеб15	36,2	45,1	136,6	114,1	27,2	28,0	13,6	11,6	19,5	17,9	20,20	19,6
А5 К4 в./Волжскоеб15	40,5	42,7	135,1	114,5	28,3	28,0	19,2	14,5	18,6	19,1	22,20	22,4
А6 К4 в./Волжскоеб15	35,0	45,3	137,2	113,2	28,3	28,7	14,6	16,0	16,0	15,8	26,33	22,5
А1 К4 в./Жемчуг	34,2	-	135,3	-	23,4	-	15,5	-	24,4	-	11,65	-
А2 К4 в./ Жемчуг	38,8	-	139,2	-	23,7	-	15,1	-	20,6	-	11,00	-
А3 К4 в./ Жемчуг	37,9	-	138,9	-	21,8	-	14,4	-	20,8	-	13,60	-
А4 К4 в./ Жемчуг	43,7	-	144,5	-	22,8	-	18,7	-	21,2	-	20,13	-
А5 К4 в./ Жемчуг	34,0	-	150,8	-	25,5	-	14,5	-	15,8	-	19,60	-
А6 К4 в./ Жемчуг	42,9	-	137,8	-	22,5	-	11,5	-	22,4	-	18,20	-
А1 К4 в./Гранат	36,5	-	104,2	-	24,7	-	7,9	-	21,0	-	14,27	-
А2 К4 в./ Гранат	33,0	-	102,6	-	25,5	-	8,2	-	17,7	-	15,47	-
А3 К4 в./ Гранат	35,2	-	104,6	-	26,5	-	7,6	-	17,8	-	17,25	-
А4 К4 в./ Гранат	35,8	-	104,8	-	25,7	-	8,1	-	19,0	-	22,43	-
А5 К4 в./ Гранат	39,3	-	104,1	-	26,0	-	9,7	-	15,5	-	18,50	-
А6 К4 в./ Гранат	34,3	-	103,4	-	26,3	-	8,0	-	13,6	-	22,80	-
F05	1,49*	5,93*	13,68*	1,94*	1,90*	4,82*	4,68*	3,79*	9,97*	9,96*	3,03*	2,20*
V, %	11,3	11,2	8,0	3,4	7,2	7,9	23,9	12,3	21,9	20,8	20,5	14,8

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 78 – Параметры листьев у гибридов F1 сорго на основе А1, А2, А3, А4, А5 и А6 типов ЦМС, 2017-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Наибольший лист						Флаговый лист					
	Длина, см		Ширина, см		Площадь, см <sup>2</sup>		Длина, см		Ширина, см		Площадь, см <sup>2</sup>	
	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.
А1 К4в./Меркурий	50,9	37,1	6,2	4,1	233,4	113,3	36,2	26,2	5,6	4,2	149,9	81,9
А2 К4в./ Меркурий	49,8	34,7	5,5	4,2	206,3	107,3	34,7	30,7	5,4	3,7	145,5	85,6
А3 К4в./ Меркурий	50,2	37,2	5,6	4,5	205,0	126,0	34,9	27,5	5,1	4,0	132,9	87,1
А4 К4в./ Меркурий	48,7	39,9	5,3	4,8	193,6	142,0	33,6	33,5	5,3	4,3	137,1	106,5
А5 К4в./ Меркурий	54,0	37,5	6,3	4,5	251,6	138,6	37,9	31,8	6,2	4,2	175,4	99,5
А6 К4в./ Меркурий	50,5	43,3	6,2	5,4	233,4	173,2	34,7	30,4	6,2	4,8	161,7	108,6
А1 К4 в./Огонек	44,5	41,6	5,3	4,5	174,0	139,7	29,8	28,8	5,1	3,9	113,4	83,8
А2 К4 в./ Огонек	44,0	38,3	5,1	4,3	167,2	121,4	29,1	29,0	5,1	3,8	110,6	82,3
А3 К4 в./ Огонек	42,4	38,1	5,1	4,5	161,8	127,9	28,5	28,5	4,9	4,2	105,1	88,1
А4 К4 в./ Огонек	50,2	43,5	5,9	4,5	222,6	146,1	30,2	29,6	5,5	4,2	123,8	91,7
А5 К4 в./ Огонек	50,9	42,8	6,1	5,2	229,8	164,4	31,0	26,1	4,5	4,4	103,0	85,7
А6 К4 в./ Огонек	49,6	47,8	6,2	6,1	227,4	217,5	32,1	26,6	4,9	4,5	117,3	88,3
А1 К4 в./Аванс	52,7	49,6	5,6	6,2	223,7	229,3	32,0	34,4	5,2	5,4	126,8	138,6
А2 К4 в./ Аванс	56,3	43,1	5,9	6,1	249,5	168,3	30,0	32,8	5,7	5,4	121,4	130,9
А3 К4 в./ Аванс	57,0	44,9	6,5	5,4	276,9	180,7	34,7	37,0	6,0	4,7	154,9	129,5
А4 К4 в./ Аванс	53,1	48,5	5,8	5,5	230,5	198,7	27,2	34,1	5,3	4,4	109,2	112,0
А5 К4 в./ Аванс	56,5	46,1	6,7	5,4	280,1	184,0	41,3	35,9	6,0	4,4	184,9	117,7
А6 К4 в./ Аванс	55,8	46,2	6,7	5,5	278,5	187,8	32,5	33,2	5,8	4,5	142,9	110,2
А1 К4 в./Восторг	53,6	45,1	6,1	5,4	243,7	181,5	34,0	33,1	4,8	4,8	122,2	118,4
А2 К4 в./ Восторг	49,0	44,1	5,8	5,2	213,0	169,4	35,4	32,8	5,7	4,6	149,3	112,7
А3 К4 в./ Восторг	47,3	50,3	5,3	5,5	185,1	206,5	32,2	33,6	5,2	4,6	124,1	114,9
А4 К4 в./ Восторг	56,3	49,6	7,0	5,6	293,6	205,7	38,0	34,6	6,0	4,4	171,4	114,4
А5 К4 в./ Восторг	52,4	50,7	6,1	5,6	240,7	212,7	40,1	34,5	6,3	4,6	187,8	119,5
А6 К4 в./ Восторг	52,5	49,6	6,4	5,6	251,2	205,4	35,2	32,8	5,7	5,0	149,3	121,1
А1 К4 в./Гелеофор	53,0	47,7	5,4	5,0	214,8	177,1	29,9	28,1	4,7	4,6	104,8	96,4
А2 К4 в./ Гелеофор	44,2	45,8	5,2	5,3	171,9	182,1	33,0	28,3	5,4	4,8	132,8	100,7

Продолжение приложения 78

А3 К4 в./ Гелеофор	51,0	45,9	6,4	5,3	250,1	181,3	29,4	35,6	5,3	5,0	118,2	134,3
А4 К4 в./ Гелеофор	60,5	44,5	6,7	5,0	301,8	166,0	35,4	28,9	5,6	4,7	150,9	101,9
А5 К4 в./ Гелеофор	50,9	46,8	6,0	5,1	230,1	179,3	28,1	30,4	5,0	4,3	106,0	97,6
А6 К4 в./ Гелеофор	52,1	48,8	5,9	5,1	231,1	186,1	31,1	31,1	5,7	4,6	131,9	106,3
А1 К4 в./Кремовое	52,4	44,2	5,6	5,4	230,9	178,5	28,1	29,2	4,3	4,0	90,9	89,0
А2 К4 в./ Кремовое	52,9	41,3	6,0	4,7	234,8	143,6	33,5	28,9	5,0	4,2	123,7	91,6
А3 К4 в./ Кремовое	48,4	44,2	5,7	5,6	206,8	185,5	31,7	27,1	4,5	4,2	106,4	86,6
А4 К4 в./ Кремовое	53,1	46,1	6,2	5,5	246,6	182,0	36,9	28,9	5,4	4,0	148,1	88,2
А5 К4 в./ Кремовое	53,9	41,2	6,2	4,5	253,2	138,5	33,3	30,7	4,4	4,2	109,4	95,5
А6 К4 в./ Кремовое	48,7	42,1	5,1	5,1	183,3	162,5	28,5	29,0	4,5	4,2	96,9	93,3
А1 К4 в./Волжскоеб15	58,4	48,4	6,4	5,7	278,9	204,4	32,9	29,0	5,0	4,5	126,3	98,2
А2 К4 в./Волжскоеб15	50,6	43,9	4,9	5,0	183,8	162,8	26,1	37,3	4,1	5,0	80,1	138,7
А3 К4 в./Волжскоеб15	57,2	47,3	5,7	5,1	243,8	179,4	32,6	28,7	5,1	4,4	125,3	94,2
А4 К4 в./Волжскоеб15	57,1	52,4	6,1	6,0	259,2	233,1	35,6	27,9	5,5	4,6	147,6	93,8
А5 К4 в./Волжскоеб15	57,1	51,5	5,8	5,4	249,0	207,8	32,8	37,9	5,7	5,0	142,7	143,1
А6 К4 в./Волжскоеб15	56,2	44,5	6,1	7,0	254,6	234,0	31,2	38,3	5,4	5,3	125,3	151,7
А1 К4 в./Жемчуг	45,6	-	5,2	-	175,2	-	26,9	-	4,0	-	80,3	-
А2 К4 в./ Жемчуг	46,0	-	4,6	-	156,0	-	31,0	-	4,6	-	105,1	-
А3 К4 в./ Жемчуг	47,7	-	5,1	-	181,5	-	32,0	-	5,1	-	120,4	-
А4 К4 в./ Жемчуг	48,3	-	4,7	-	172,4	-	29,8	-	4,6	-	102,0	-
А5 К4 в./ Жемчуг	46,9	-	4,7	-	162,1	-	28,2	-	4,2	-	88,9	-
А6 К4 в./ Жемчуг	45,1	-	4,5	-	151,3	-	31,7	-	4,5	-	106,5	-
А1 К4 в./Гранат	52,5	-	5,6	-	220,5	-	28,5	-	4,6	-	97,1	-
А2 К4 в./ Гранат	54,1	-	5,1	-	207,2	-	28,3	-	4,4	-	94,4	-
А3 К4 в./ Гранат	50,4	-	5,5	-	204,8	-	30,5	-	4,5	-	102,5	-
А4 К4 в./ Гранат	53,5	-	5,8	-	230,8	-	30,5	-	4,7	-	107,7	-
А5 К4 в./ Гранат	57,9	-	6,7	-	289,6	-	34,9	-	5,3	-	138,6	-
А6 К4 в./ Гранат	54,9	-	5,9	-	242,8	-	34,8	-	5,3	-	136,7	-
F <sub>05</sub>	3,09*	4,97*	2,52*	4,32*	2,77*	5,70*	1,76*	2,46*	2,76*	2,31*	2,08*	2,78*
V, %	8,0	9,6	10,3	11,4	16,9	18,4	10,3	10,8	11,2	9,0	20,1	17,7

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 79 – Элементы продуктивности и биохимический состав зерна гибридов F1 сорго на основе А1, А2, А3, А4, А5 и А6 типов ЦМС, 2017-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Общая кустистость		Продуктивная кустистость		Урожайность зерна, т/га		Содержание в зерне, %					
							протеин		жир		крахмал	
	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.
А1 К4в./Меркурий	2,44	2,64	2,32	2,39	7,18	4,28	9,72	11,93	4,65	4,29	75,94	69,10
А2 К4в./ Меркурий	2,96	2,84	2,85	2,84	7,25	5,52	10,30	12,34	4,61	3,97	74,64	66,80
А3 К4в./ Меркурий	2,42	2,46	2,32	2,38	7,23	6,05	10,02	11,94	3,84	3,83	71,94	71,93
А4 К4в./ Меркурий	2,59	3,19	2,49	3,12	7,21	6,37	8,92	12,35	3,91	3,46	73,24	70,39
А5 К4в./ Меркурий	1,74	2,42	1,74	2,42	7,21	6,32	8,26	12,50	3,80	3,44	73,29	68,57
А6 К4в./ Меркурий	2,74	2,71	2,74	2,71	6,55	7,90	8,83	11,76	3,38	3,76	75,04	70,74
А1 К4 в./Огонек	3,20	2,05	3,20	1,72	7,14	4,94	8,19	11,58	4,35	4,15	76,08	73,49
А2 К4 в./ Огонек	2,55	2,45	2,45	2,45	7,03	4,82	7,93	12,29	4,37	3,88	76,85	67,49
А3 К4 в./ Огонек	1,84	3,64	1,84	3,64	6,27	4,95	9,77	12,49	3,83	3,90	73,50	68,31
А4 К4 в./ Огонек	2,40	3,57	2,40	3,57	6,65	4,97	9,62	14,07	3,26	4,19	76,34	61,66
А5 К4 в./ Огонек	1,40	1,69	1,36	1,69	5,72	4,38	10,06	11,56	4,05	4,19	76,04	60,51
А6 К4 в./ Огонек	2,95	2,57	2,79	2,57	5,67	5,92	8,85	12,07	4,72	3,45	76,50	69,71
А1 К4 в./Аванс	1,05	2,44	1,05	2,44	6,47	9,00	7,74	11,56	4,33	3,29	75,81	72,88
А2 К4 в./ Аванс	1,20	1,77	1,20	1,77	6,35	6,03	8,80	12,82	4,57	3,73	74,95	64,20
А3 К4 в./ Аванс	1,64	2,00	1,58	2,00	7,56	6,90	9,13	12,29	4,28	4,95	73,04	68,67
А4 К4 в./ Аванс	1,43	2,05	1,37	2,05	6,85	6,68	7,49	11,87	4,36	4,10	71,84	68,53
А5 К4 в./ Аванс	1,89	2,80	1,89	2,80	9,06	7,40	8,23	13,04	4,60	4,01	76,59	69,93
А6 К4 в./ Аванс	1,17	2,04	1,17	2,00	7,00	7,05	10,05	10,75	4,86	4,28	72,11	69,90
А1 К4 в./Восторг	1,47	2,65	1,40	2,65	6,94	7,06	10,40	11,55	3,70	3,92	70,89	65,10
А2 К4 в./ Восторг	1,39	2,00	1,35	1,75	5,09	6,24	11,93	12,70	4,15	4,32	71,05	70,29
А3 К4 в./ Восторг	2,43	1,77	2,16	1,77	7,46	5,72	8,15	12,88	3,72	3,74	73,48	68,54
А4 К4 в./ Восторг	3,19	1,87	3,08	1,87	8,57	5,67	11,07	11,68	4,69	3,96	75,63	69,66
А5 К4 в./ Восторг	2,05	2,18	2,11	1,96	7,87	7,75	8,30	11,78	4,04	4,13	72,81	69,61
А6 К4 в./ Восторг	1,68	1,58	1,63	1,58	6,40	5,16	8,38	11,93	4,33	4,07	76,73	70,84
А1 К4 в./Гелеофор	1,06	1,96	1,06	1,82	5,18	6,56	7,20	11,81	4,36	3,87	75,99	70,00
А2 К4 в./ Гелеофор	1,04	1,57	1,04	1,45	5,68	6,13	10,96	11,12	3,51	3,77	75,81	72,18



Продолжение приложения 79

А3 К4 в./ Гелеофор	1,58	1,78	1,48	1,78	5,82	6,28	8,57	11,72	4,01	4,19	71,92	72,01
А4 К4 в./ Гелеофор	1,27	1,75	1,27	1,75	5,90	6,37	8,07	11,56	3,49	3,83	71,92	70,08
А5 К4 в./ Гелеофор	1,18	2,07	1,18	1,94	6,13	6,57	8,95	11,18	3,85	4,04	76,43	70,96
А6 К4 в./ Гелеофор	1,36	1,80	1,33	1,74	5,93	7,17	8,22	12,24	4,30	4,03	75,61	68,99
А1 К4 в./Кремовое	1,05	1,89	1,05	1,76	6,35	6,84	9,18	11,99	4,25	3,52	75,06	67,63
А2 К4 в./ Кремовое	1,08	2,22	1,08	2,22	6,13	5,75	8,14	13,64	3,94	3,61	73,96	67,57
А3 К4 в./ Кремовое	1,08	1,75	1,06	1,71	5,73	6,59	9,92	12,89	3,78	3,95	77,76	71,43
А4 К4 в./ Кремовое	1,63	1,96	1,57	1,80	6,48	5,97	8,50	11,53	4,02	3,57	77,15	71,28
А5 К4 в./ Кремовое	1,89	2,53	1,89	2,53	5,79	5,43	8,89	12,51	4,40	3,92	77,17	69,39
А6 К4 в./ Кремовое	1,19	1,59	1,16	1,59	5,88	6,61	9,14	12,22	3,29	3,72	77,49	71,30
А1 К4 в./Волжскоеб15	1,38	1,90	1,38	1,90	6,05	6,15	9,00	12,26	3,90	4,29	73,27	66,93
А2 К4 в./Волжскоеб15	1,45	1,49	1,45	1,49	5,53	5,33	11,48	11,10	4,60	3,89	69,49	72,62
А3 К4 в./Волжскоеб15	1,24	2,34	1,24	2,34	5,79	6,34	8,11	12,12	4,41	4,05	72,75	69,89
А4 К4 в./Волжскоеб15	1,06	1,96	1,06	1,86	5,81	6,91	8,70	10,50	5,38	3,85	71,87	67,58
А5 К4 в./Волжскоеб15	1,73	1,99	1,73	1,99	6,37	6,78	8,98	12,96	3,73	3,88	72,87	68,21
А6 К4 в./Волжскоеб15	1,50	1,91	1,50	1,91	6,73	6,75	9,20	12,30	4,02	3,96	72,05	65,54
А1 К4 в./Жемчуг	2,47	-	2,47	-	3,94	-	9,16	-	5,03	-	77,49	-
А2 К4 в./ Жемчуг	1,48	-	1,48	-	3,92	-	8,68	-	4,57	-	72,73	-
А3 К4 в./ Жемчуг	1,52	-	1,52	-	5,13	-	8,26	-	4,94	-	74,32	-
А4 К4 в./ Жемчуг	2,67	-	2,67	-	6,95	-	9,72	-	5,73	-	76,74	-
А5 К4 в./ Жемчуг	2,87	-	2,87	-	5,73	-	7,76	-	4,97	-	74,71	-
А6 К4 в./ Жемчуг	2,45	-	2,45	-	6,55	-	7,76	-	4,66	-	77,47	-
А1 К4 в./Гранат	1,56	-	1,55	-	4,81	-	10,08	-	3,65	-	72,63	-
А2 К4 в./ Гранат	1,64	-	1,52	-	4,88	-	11,56	-	3,56	-	70,09	-
А3 К4 в./ Гранат	2,43	-	2,25	-	5,43	-	9,20	-	3,96	-	71,08	-
А4 К4 в./ Гранат	2,00	-	1,77	-	4,84	-	10,68	-	4,10	-	74,88	-
А5 К4 в./ Гранат	1,58	-	1,23	-	5,18	-	9,14	-	4,66	-	77,17	-
А6 К4 в./ Гранат	1,89	-	1,80	-	6,33	-	8,94	-	4,85	-	71,37	-
F <sub>05</sub>	7,65*	3,53*	8,67*	3,58*	1,99*	1,71*	10,11*	3,94*	23,10*	2,32*	2,36*	2,21*
V, %	34,6	23,3	34,5	24,5	16,0	15,3	11,8	5,9	12,4	6,5	3,0	3,5

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 80 – Эффекты СКС гибридов F1 сорго на основе А1, А2, А3, А4, А5 и А6 типов ЦМС по морфометрическим признакам и урожайности биомассы, 2017-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Интенсивность начального роста		Высота растений		Длина соцветия		Ширина соцветия		Выдвинутость ножки соцветия		Урожайность биомассы	
	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.
А1 К4в./Меркурий	-4,96	-2,28	2,43	0,27	1,48	-2,84	4,10	-0,25	2,37	-0,17	1,43	-3,09
А2 К4в./ Меркурий	-2,44	-6,52	8,45	4,90	-0,24	-2,17	1,10	0,16	-0,26	-0,59	2,71	-1,56
А3 К4в./ Меркурий	-0,86	1,08	-2,97	0,50	-0,96	1,22	-0,68	-1,42	-0,96	0,10	0,49	-2,16
А4 К4в./ Меркурий	2,97	4,44	-1,19	-3,43	-1,39	-1,65	-2,47	-0,12	-0,85	-0,04	-1,51	3,68
А5 К4в./ Меркурий	0,84	-0,88	-3,31	-1,80	-0,05	2,01	-2,65	-0,05	1,80	0,31	-4,34	-0,95
А6 К4в./ Меркурий	4,45	4,16	-3,42	-0,46	1,16	3,43	0,61	1,68	-2,10	0,39	1,22	4,07
А1 К4 в./Огонек	-7,59	2,57	0,70	2,34	1,43	0,71	2,46	2,02	-1,30	-0,34	6,96	-0,42
А2 К4 в./ Огонек	-0,87	-0,47	11,71	-0,93	0,01	-2,12	0,36	1,63	0,98	0,55	4,01	2,11
А3 К4 в./ Огонек	4,31	-6,37	-7,80	-1,63	0,19	-0,83	-0,72	-0,16	0,88	1,43	1,19	0,51
А4 К4 в./ Огонек	-0,66	-3,91	-2,92	1,94	0,07	4,30	-0,20	-1,56	-1,21	0,69	-5,05	1,56
А5 К4 в./ Огонек	4,01	1,37	1,46	-2,63	-0,40	-2,15	-0,08	-0,78	-0,27	-0,95	-2,76	-3,38
А6 К4 в./ Огонек	0,82	6,81	-3,15	0,91	-1,29	0,08	-1,83	-1,16	0,93	-1,38	-4,34	-0,36
А1 К4 в./Аванс	2,97	5,67	-1,48	3,41	-0,80	1,61	-3,22	-1,12	1,62	-3,17	-1,46	2,50
А2 К4 в./ Аванс	-0,21	5,33	12,23	-1,96	-0,02	2,58	0,68	-0,01	-1,11	-3,69	-3,04	-0,68
А3 К4 в./ Аванс	-1,03	3,03	1,22	1,04	0,75	-0,33	1,20	0,81	-1,81	1,70	-1,10	-0,48
А4 К4 в./ Аванс	-4,49	-1,61	-5,00	-0,49	-0,77	-1,50	-1,09	0,01	0,40	2,86	-0,28	-2,93
А5 К4 в./ Аванс	1,47	-2,23	-6,33	-1,26	1,17	-1,25	1,74	-0,02	1,05	0,71	5,97	4,64
А6 К4 в./ Аванс	1,28	-10,19	-0,64	-0,72	-0,32	-1,12	0,69	0,31	-0,15	1,59	-0,09	-3,05
А1 К4 в./Восторг	3,99	-1,15	-1,60	-4,96	-0,10	-0,07	-1,64	0,50	-2,62	1,11	0,45	1,90
А2 К4 в./ Восторг	1,51	1,31	10,71	1,07	0,78	2,40	-0,34	0,11	0,96	-0,80	-3,05	5,12
А3 К4 в./ Восторг	-2,91	-0,49	-0,10	-1,43	-0,45	0,39	0,49	1,13	0,26	-0,42	4,74	-1,58
А4 К4 в./ Восторг	-0,28	-0,33	-4,42	-1,46	0,73	-2,29	0,60	0,73	-1,03	-2,46	5,42	-3,53
А5 К4 в./ Восторг	-0,91	2,46	0,16	6,47	-0,54	0,37	-0,78	-0,80	2,32	2,60	-1,36	2,24
А6 К4 в./ Восторг	-1,40	-1,80	-4,75	0,31	-0,42	-0,80	1,67	-1,67	0,12	-0,03	-6,21	-4,15
А1 К4 в./Гелеофор	0,94	-2,96	0,37	3,61	-0,15	0,48	1,28	0,18	-1,24	0,76	-1,23	-2,57
А2 К4 в./ Гелеофор	0,46	-0,31	4,78	-2,56	0,03	1,05	-1,12	-0,60	1,34	0,15	0,95	-1,24

Продолжение приложения 80

А3 К4 в./ Гелеофор	0,34	2,60	-4,33	-4,46	-1,10	0,74	-1,10	1,41	-0,26	-2,87	0,73	2,06
А4 К4 в./ Гелеофор	0,07	-1,05	-2,85	3,41	0,48	-1,24	0,41	-0,09	-2,05	1,19	-1,82	0,10
А5 К4 в./ Гелеофор	1,34	-0,56	2,02	0,24	0,02	0,62	-0,17	-0,32	1,10	0,55	0,26	-0,73
А6 К4 в./ Гелеофор	-3,15	2,28	0,01	-0,22	0,73	-1,65	0,69	-0,59	1,10	0,22	1,11	2,39
А1 К4 в./Кремовое	3,61	-1,25	14,45	-1,93	-1,14	1,41	-1,09	-0,23	-0,55	-0,61	1,04	0,63
А2 К4 в./ Кремовое	3,93	-0,49	-72,44	2,00	1,04	-0,52	0,51	-1,52	-1,57	5,08	1,79	-0,04
А3 К4 в./ Кремовое	-0,89	1,41	16,65	0,20	0,72	0,67	-0,17	-0,51	0,13	-2,53	-1,20	1,66
А4 К4 в./ Кремовое	-0,46	1,47	14,13	-1,53	1,70	1,40	0,85	2,40	1,84	-1,08	-1,05	0,90
А5 К4 в./ Кремовое	-1,29	0,66	9,01	0,20	-1,47	-1,25	-1,23	0,47	-2,22	-2,12	0,34	-3,03
А6 К4 в./ Кремовое	-4,88	-1,80	18,20	1,05	-0,86	-1,72	1,12	-0,61	2,38	1,25	-0,92	-0,11
А1 К4 в./Волжскоеб15	2,47	-0,61	-6,02	-2,74	-0,42	-1,31	-1,32	-1,10	-2,10	2,41	-2,58	1,06
А2 К4 в./Волжскоеб15	-3,71	1,15	5,90	-2,51	-1,34	-1,23	-0,72	0,21	-0,02	-0,70	1,71	-3,71
А3 К4 в./Волжскоеб15	2,67	-1,26	0,39	5,79	0,64	-1,85	0,90	-1,27	2,58	2,58	-2,09	-0,01
А4 К4 в./Волжскоеб15	-1,19	1,00	1,36	1,56	-0,19	0,98	-1,79	-1,37	0,69	-1,16	-1,77	0,23
А5 К4 в./Волжскоеб15	0,97	-0,81	-3,26	-1,21	0,25	1,64	3,24	1,50	0,83	-1,10	0,25	1,21
А6 К4 в./Волжскоеб15	-1,22	0,53	1,63	-0,87	1,06	1,77	-0,31	2,03	-1,97	-2,03	4,49	1,22
А1 К4 в./Жемчуг	-3,31	-	-7,45	-	0,45	-	0,16	-	1,90	-	-2,24	-
А2 К4 в./ Жемчуг	2,11	-	9,06	-	0,23	-	-0,14	-	-0,42	-	-3,39	-
А3 К4 в./ Жемчуг	-0,91	-	-2,95	-	-1,00	-	0,09	-	-0,62	-	-1,83	-
А4 К4 в./ Жемчуг	4,52	-	1,73	-	-0,52	-	3,80	-	0,49	-	3,26	-
А5 К4 в./ Жемчуг	-7,31	-	4,91	-	1,52	-	-0,98	-	-3,87	-	2,75	-
А6 К4 в./ Жемчуг	4,90	-	-5,30	-	-0,67	-	-2,93	-	2,53	-	1,45	-
А1 К4 в./Гранат	1,89	-	-1,42	-	-0,75	-	-0,74	-	1,93	-	-2,37	-
А2 К4 в./ Гранат	-0,79	-	9,60	-	-0,47	-	-0,34	-	0,11	-	-1,68	-
А3 К4 в./ Гранат	-0,71	-	-0,12	-	1,20	-	-0,02	-	-0,19	-	-0,93	-
А4 К4 в./ Гранат	-0,48	-	-0,84	-	-0,12	-	-0,10	-	1,72	-	2,80	-
А5 К4 в./ Гранат	0,89	-	-4,66	-	-0,49	-	0,92	-	-0,74	-	-1,11	-
А6 К4 в./ Гранат	-0,80	-	-2,57	-	0,63	-	0,27	-	-2,84	-	3,30	-
F <sub>05</sub>	1,19	5,12*	20,42*	1,45	0,59	4,52*	1,36	2,63*	1,94*	2,96*	2,22*	2,53*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 81 – Эффекты СКС гибридов F1 сорго на основе А1, А2, А3, А4, А5 и А6 типов ЦМС по параметрам листьев, 2017-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Наибольший лист						Флаговый лист					
	Длина		Ширина		Площадь		Длина		Ширина		Площадь	
	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.
А1 К4в./Меркурий	0,35	-1,33	0,41	-0,45	15,09	-20,37	2,21	-2,39	0,30	0,01	12,39	-8,39
А2 К4в./ Меркурий	1,11	-0,51	0,07	-0,13	10,81	-2,24	0,40	0,54	-0,13	-0,51	2,31	-9,86
А3 К4в./ Меркурий	0,98	-0,40	-0,14	0,01	-4,50	-2,46	0,01	-2,40	-0,47	-0,15	-13,28	-7,25
А4 К4в./ Меркурий	-3,76	-0,07	-0,73	0,17	-42,04	1,21	-2,49	3,67	-0,51	0,22	-21,08	15,90
А5 К4в./ Меркурий	1,57	-1,34	0,15	0,04	12,06	4,71	0,66	0,57	0,42	0,05	12,89	1,74
А6 К4в./ Меркурий	-0,25	3,65	0,23	0,36	8,59	19,14	-0,79	0,01	0,38	0,39	6,77	7,86
А1 К4 в./Огонек	-2,30	-0,56	-0,26	-0,31	-20,89	-13,41	1,03	2,13	0,44	-0,26	14,11	1,73
А2 К4 в./ Огонек	-0,94	-0,65	-0,09	-0,30	-4,87	-7,58	0,02	0,76	0,20	-0,37	5,62	-4,94
А3 К4 в./ Огонек	-3,07	-3,23	-0,40	-0,26	-24,28	-19,99	-1,18	0,51	-0,03	0,08	-2,87	1,97
А4 К4 в./ Огонек	1,49	-0,20	0,11	-0,40	10,37	-14,12	-0,67	1,68	0,32	0,15	3,83	9,31
А5 К4 в./ Огонек	2,22	0,23	0,19	0,47	13,67	11,08	-1,03	-3,21	-0,64	0,28	-21,29	-3,84
А6 К4 в./ Огонек	2,60	4,41	0,46	0,79	26,01	44,01	1,83	-1,87	-0,29	0,12	0,59	-4,23
А1 К4 в./Аванс	-2,40	3,06	-0,54	0,56	-30,59	37,56	0,40	1,26	-0,13	0,61	-0,31	20,03
А2 К4 в./ Аванс	3,06	-0,23	0,12	0,67	18,03	0,69	-1,92	-1,91	0,14	0,59	-11,39	7,16
А3 К4 в./ Аванс	3,23	-0,81	0,41	-0,19	31,42	-5,82	2,19	2,55	0,40	-0,05	19,12	6,87
А4 К4 в./ Аванс	-3,91	0,41	-0,58	-0,23	-41,13	-0,15	-6,50	-0,28	-0,54	-0,28	-38,58	-6,89
А5 К4 в./ Аванс	-0,48	-0,86	0,20	-0,16	4,57	-7,95	6,44	0,12	0,19	-0,35	32,79	-8,34
А6 К4 в./ Аванс	0,50	-1,57	0,38	-0,65	17,71	-24,32	-0,60	-1,74	-0,05	-0,51	-1,63	-18,83
А1 К4 в./Восторг	1,88	-3,28	0,04	-0,05	8,06	-15,64	-0,47	0,96	-0,48	0,14	-15,57	6,15
А2 К4 в./ Восторг	-0,86	-1,06	0,11	-0,03	0,18	-3,61	0,62	-0,91	0,19	-0,08	5,84	-4,73
А3 К4 в./ Восторг	-3,08	2,75	-0,70	0,11	-41,73	14,58	-3,18	0,15	-0,35	-0,02	-22,35	-1,41
А4 К4 в./ Восторг	2,67	-0,32	0,70	0,07	40,62	1,45	1,43	1,22	0,21	-0,15	12,95	1,83
А5 К4 в./ Восторг	-1,19	1,91	-0,32	0,24	-16,18	15,35	2,37	-0,28	0,54	-0,02	25,03	-0,23
А6 К4 в./ Восторг	0,58	-0,01	0,16	-0,35	9,06	-12,12	-0,77	-1,14	-0,10	0,12	-5,89	-1,61
А1 К4 в./Гелеофор	1,18	0,97	-0,47	-0,10	-16,26	-1,82	0,10	-0,87	-0,25	-0,06	-6,39	-5,22

Продолжение приложения 81

А2 К4 в./ Гелеофор	-5,76	2,29	-0,31	0,42	-36,34	27,31	2,89	-2,24	0,22	0,12	15,92	-6,09
А3 К4 в./ Гелеофор	0,52	0,01	0,58	0,26	27,85	7,59	-1,32	5,31	0,09	0,38	-1,67	28,62
А4 К4 в./ Гелеофор	6,77	-3,77	0,59	-0,18	53,41	-20,04	3,50	-1,31	0,14	0,15	19,03	-0,04
А5 К4 в./ Гелеофор	-2,79	-0,34	-0,23	0,09	-22,19	0,16	-4,96	-1,21	-0,43	-0,32	-30,19	-11,49
А6 К4 в./ Гелеофор	0,08	0,85	-0,15	-0,50	-6,46	-13,21	-0,20	0,33	0,23	-0,28	3,29	-5,78
А1 К4 в./Кремное	0,97	0,87	-0,14	0,31	7,21	13,13	-2,55	1,66	-0,05	-0,13	-8,76	2,88
А2 К4 в./ Кремное	3,32	1,19	0,62	-0,18	33,93	2,36	2,54	-0,21	0,42	0,06	18,36	0,31
А3 К4 в./ Кремное	-1,70	1,70	0,01	0,56	-8,08	25,34	0,14	-1,75	-0,12	0,11	-1,93	-3,58
А4 К4 в./ Кремное	-0,24	1,23	0,22	0,32	5,57	9,51	4,15	0,12	0,54	-0,01	27,77	1,76
А5 К4 в./ Кремное	0,59	-2,54	0,10	-0,51	8,27	-27,09	-0,61	0,52	-0,43	0,11	-15,26	1,91
А6 К4 в./ Кремное	-2,93	-2,46	-0,82	-0,50	-46,89	-23,26	-3,65	-0,34	-0,37	-0,14	-20,18	-3,28
А1 К4 в./Волжскоеб15	2,43	0,26	0,62	0,04	36,26	0,55	2,38	-2,76	0,20	-0,30	14,66	-17,17
А2 К4 в./Волжскоеб15	-3,51	-1,03	-0,51	-0,45	-36,02	-16,93	-4,73	3,97	-0,93	0,19	-37,23	18,16
А3 К4 в./Волжскоеб15	2,57	-0,01	-0,02	-0,51	9,97	-19,24	1,17	-4,37	0,04	-0,35	4,98	-25,23
А4 К4 в./Волжскоеб15	-0,78	2,71	0,09	0,25	-0,78	22,13	2,98	-5,10	0,19	-0,08	15,28	-21,89
А5 К4 в./Волжскоеб15	-0,74	2,94	-0,33	-0,18	-14,88	3,73	-0,98	3,50	0,42	0,25	6,06	20,26
А6 К4 в./Волжскоеб15	0,03	-4,87	1,15	0,84	5,46	9,76	-0,82	4,75	0,08	0,29	-3,76	25,87
А1 К4 в./Жемчуг	-0,87	-	0,46	-	11,02	-	-1,69	-	-0,17	-	-7,32	-
А2 К4 в./ Жемчуг	1,39	-	0,22	-	14,64	-	2,10	-	0,20	-	11,79	-
А3 К4 в./ Жемчуг	2,57	-	0,41	-	26,13	-	2,50	-	0,67	-	24,10	-
А4 К4 в./ Жемчуг	-0,08	-	-0,28	-	-9,11	-	-0,89	-	-0,08	-	-6,30	-
А5 К4 в./ Жемчуг	-1,44	-	-0,40	-	-23,31	-	-3,64	-	-0,44	-	-23,72	-
А6 К4 в./ Жемчуг	-1,57	-	-0,42	-	-19,38	-	1,61	-	-0,19	-	1,46	-
А1 К4 в./Гранат	-1,25	-	-0,11	-	-9,88	-	-1,40	-	0,14	-	-2,82	-
А2 К4 в./ Гранат	2,21	-	-0,24	-	-0,36	-	-1,92	-	-0,30	-	-11,21	-
А3 К4 в./ Гранат	-2,02	-	-0,15	-	-16,77	-	-0,32	-	-0,23	-	-6,10	-
А4 К4 в./ Гранат	-2,16	-	-0,14	-	-16,91	-	-1,50	-	-0,28	-	-12,90	-
А5 К4 в./ Гранат	2,27	-	0,64	-	37,99	-	1,74	-	0,36	-	13,68	-
А6 К4 в./ Гранат	0,95	-	0,01	-	5,92	-	3,40	-	0,31	-	19,36	-
F <sub>05</sub>	1,40	1,75*	1,54*	2,87*	1,54*	2,56*	1,41	1,75*	1,52*	1,63*	1,28	1,71*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 82 – Эффекты СКС гибридов F1 сорго на основе А1, А2, А3, А4, А5 и А6 типов ЦМС по продуктивности и показателям качества зерна, 2017-2018 гг.

Комбинация скрещивания	Общая кустистость		Продуктивная кустистость		Урожайность зерна		Содержание в зерне					
							протеин		жир		крахмал	
	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.	2017г.	2018г.
А1 К4в./Меркурий	0,03	-0,10	-0,04	-0,21	0,32	-1,97	0,55	0,06	0,60	0,52	1,46	-0,73
А2 К4в./ Меркурий	0,65	0,27	0,61	0,34	0,64	-0,01	0,12	-0,01	0,59	0,22	1,67	-2,46
А3 К4в./ Меркурий	-0,04	-0,31	-0,04	-0,36	0,11	0,09	0,69	-0,45	-0,05	-0,12	-1,06	1,30
А4 К4в./ Меркурий	-0,10	0,33	-0,11	0,32	-0,23	0,39	-0,48	0,36	-0,22	-0,26	-0,85	1,41
А5 К4в./ Меркурий	-0,74	-0,34	-0,68	-0,28	-0,20	0,10	-0,68	0,23	-0,24	-0,37	-1,63	-0,17
А6 К4в./ Меркурий	0,20	0,16	0,26	0,19	-0,64	1,40	-0,20	-0,19	-0,69	0,00	0,42	0,64
А1 К4 в./Огонек	0,89	-0,64	0,91	-0,85	0,97	-0,23	-0,71	-0,49	0,24	0,21	-0,28	6,39
А2 К4 в./ Огонек	0,33	-0,07	0,28	-0,02	1,11	0,36	-1,98	-0,26	0,29	-0,03	2,01	0,96
А3 К4 в./ Огонек	-0,53	0,92	-0,45	0,94	-0,16	0,06	0,71	-0,11	-0,12	-0,22	-1,37	0,40
А4 К4 в./ Огонек	-0,20	0,76	-0,13	0,81	-0,09	0,07	0,49	1,87	-0,94	0,31	0,38	-4,50
А5 К4 в./ Огонек	-0,99	-1,03	-0,99	-0,97	-1,00	-0,76	1,40	-0,92	-0,05	0,21	-0,75	-5,50
А6 К4 в./ Огонек	0,50	0,07	0,38	0,09	-0,83	0,50	0,10	-0,09	0,58	-0,48	0,01	2,34
А1 К4 в./Аванс	-0,27	0,23	-0,28	0,30	-0,50	1,65	-0,66	-0,23	-0,19	-0,75	1,28	3,62
А2 К4 в./ Аванс	-0,02	-0,28	-0,01	-0,27	-0,37	-0,61	-0,61	0,56	0,09	-0,28	1,93	-4,49
А3 К4 в./ Аванс	0,26	-0,25	0,26	-0,27	0,33	-0,17	0,57	-0,02	-0,08	0,73	-0,01	-1,40
А4 К4 в./ Аванс	-0,18	-0,28	-0,20	-0,28	-0,70	-0,40	-1,15	-0,04	-0,24	0,12	-2,29	0,12
А5 К4 в./ Аванс	0,50	0,56	0,51	0,57	1,54	0,08	0,06	0,85	0,10	-0,07	1,63	1,77
А6 К4 в./ Аванс	-0,29	0,02	-0,28	-0,06	-0,30	-0,55	1,79	-1,12	0,32	0,25	-2,55	0,37
А1 К4 в./Восторг	-0,49	0,61	-0,51	0,76	0,13	0,62	0,87	-0,27	-0,42	-0,08	-3,01	-4,20
А2 К4 в./ Восторг	-0,47	0,13	-0,44	-0,04	-1,47	0,51	1,38	0,41	0,06	0,34	-1,34	1,56
А3 К4 в./ Восторг	0,42	-0,30	0,26	-0,26	0,39	-0,44	-1,55	0,54	-0,24	-0,44	1,06	-1,56
А4 К4 в./ Восторг	0,95	-0,29	0,93	-0,21	1,18	-0,50	1,30	-0,26	0,49	0,01	2,12	1,21
А5 К4 в./ Восторг	0,02	0,12	0,15	-0,02	0,51	1,34	-1,00	-0,45	-0,07	0,09	-1,53	1,71
А6 К4 в./ Восторг	-0,42	-0,27	-0,40	-0,23	-0,74	-1,53	-1,01	0,03	0,19	0,08	2,69	1,27
А1 К4 в./Гелеофор	-0,11	0,11	-0,12	0,11	-0,35	-0,13	-1,46	0,47	0,42	-0,06	0,91	-0,94

Продолжение приложения 82

А2 К4 в./ Гелеофор	-0,03	-0,11	-0,02	-0,16	0,40	0,16	1,29	-0,69	-0,39	-0,14	2,24	1,81
А3 К4 в./ Гелеофор	0,35	-0,10	0,31	-0,06	0,03	-0,12	0,75	-0,14	0,23	0,08	-1,68	0,26
А4 К4 в./ Гелеофор	-0,19	-0,22	-0,15	-0,15	-0,20	-0,05	-0,82	0,10	-0,53	-0,05	-2,77	-0,01
А5 К4 в./ Гелеофор	-0,07	0,20	0,05	0,14	0,05	-0,09	0,53	-0,56	-0,08	0,07	0,91	1,11
А6 К4 в./ Гелеофор	0,05	0,14	0,03	0,12	0,07	0,23	-0,29	0,82	0,34	0,11	0,39	-2,22
А1 К4 в./Кремное	-0,20	-0,13	-0,20	-0,14	0,54	0,47	0,39	-0,20	0,29	-0,17	-1,84	-2,38
А2 К4 в./ Кремное	-0,07	0,37	-0,05	0,43	0,56	0,09	-1,66	0,97	0,01	-0,06	-1,43	-1,87
А3 К4 в./ Кремное	-0,22	-0,30	-0,19	-0,32	-0,35	0,50	0,97	0,17	-0,02	0,08	2,34	0,62
А4 К4 в./ Кремное	0,10	-0,18	0,07	-0,29	0,09	-0,13	-0,52	-0,79	-0,02	-0,07	0,64	2,12
А5 К4 в./ Кремное	0,57	0,49	0,58	0,54	-0,58	-0,92	0,33	-0,09	0,45	0,19	-0,17	0,48
А6 К4 в./ Кремное	-0,19	-0,24	-0,21	-0,22	-0,26	-0,01	0,49	-0,06	-0,70	0,04	0,45	1,02
А1 К4 в./Волжскоеб15	0,06	-0,06	0,04	0,02	0,25	-0,40	-0,07	0,66	-0,46	0,33	0,75	-1,77
А2 К4 в./Волжскоеб15	0,23	-0,30	0,23	-0,29	-0,03	-0,51	1,39	-0,98	0,28	-0,05	-1,52	4,49
А3 К4 в./Волжскоеб15	-0,13	0,35	-0,10	0,33	-0,27	0,07	-1,13	-0,01	0,21	-0,10	1,72	0,38
А4 К4 в./Волжскоеб15	-0,54	-0,12	-0,53	-0,21	-0,57	0,63	-0,61	-1,23	0,94	-0,06	-0,26	-0,27
А5 К4 в./Волжскоеб15	0,34	0,01	0,33	0,02	0,02	0,26	0,14	0,95	-0,62	-0,12	-0,09	0,60
А6 К4 в./Волжскоеб15	0,04	0,14	0,04	0,12	0,60	-0,05	0,27	0,61	-0,36	0,01	-0,60	-3,43
А1 К4 в./Жемчуг	0,30	-	0,28	-	-1,18	-	0,78	-	0,03	-	1,44	-
А2 К4 в./ Жемчуг	-0,59	-	-0,60	-	-0,96	-	-0,72	-	-0,39	-	-1,81	-
А3 К4 в./ Жемчуг	-0,70	-	-0,67	-	-0,26	-	-0,29	-	0,10	-	-0,24	-
А4 К4 в./ Жемчуг	0,22	-	0,23	-	1,25	-	1,10	-	0,65	-	1,09	-
А5 К4 в./ Жемчуг	0,63	-	0,62	-	0,05	-	-0,39	-	-0,02	-	-1,77	-
А6 К4 в./ Жемчуг	0,14	-	0,14	-	1,10	-	-0,48	-	-0,36	-	1,29	-
А1 К4 в./Гранат	-0,22	-	-0,09	-	-0,19	-	0,32	-	-0,50	-	-0,71	-
А2 К4 в./ Гранат	-0,04	-	0,01	-	0,13	-	0,79	-	-0,55	-	-1,74	-
А3 К4 в./ Гранат	0,60	-	0,62	-	0,17	-	-0,72	-	-0,03	-	-0,77	-
А4 К4 в./ Гранат	-0,06	-	-0,11	-	-0,74	-	0,69	-	-0,13	-	1,93	-
А5 К4 в./ Гранат	-0,27	-	-0,46	-	-0,37	-	-0,39	-	0,53	-	3,39	-
А6 К4 в./ Гранат	-0,02	-	0,04	-	1,00	-	-0,68	-	0,68	-	-2,10	-
F <sub>05</sub>	4,70*	3,31*	5,35*	3,57*	1,31	1,71*	9,69*	6,49*	19,75*	4,32*	1,69*	4,66*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 83 – Дисперсионный анализ комбинационной способности компонентов гибридов F1 сорго на основе А1, А2, А3, А4, А5 и А6 типов ЦМС по селекционным признакам

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Высота через 30 дней после всходов				Высота при созревании				Урожайность биомассы			
<b>2017</b>												
ОКС линий	116,319	5	23,264	2,532*	1379,417	5	275,883	29,975*	79,980	5	15,996	3,369*
ОКС тестеров	305,107	8	38,138	4,151*	6286,417	8	785,802	85,378*	404,288	8	50,536	10,645*
СКС	437,497	40	10,937	1,191	7516,917	40	187,923	20,418*	422,276	40	10,557	2,224*
Случайное	973,794	106	9,187		975,599	106	9,204		503,224	106	4,747	
<b>2018</b>												
ОКС линий	88,69	5	17,738	6,353*	78,045	5	15,609	2,561*	37,118	5	7,424	2,455*
ОКС тестеров	385,898	6	64,316	23,033*	251,104	6	41,851	6,867*	61,379	6	10,230	3,383*
СКС	428,473	30	14,282	5,115*	265,257	30	8,842	1,451	229,456	30	7,649	2,530*
Случайное	228,969	82	2,792		499,738	82	6,094		247,922	82	3,023	
	Длина соцветия				Ширина соцветия				Выдвинутость ножки			
<b>2017</b>												
ОКС линий	144,452	8	18,056	11,475*	472,909	8	59,114	27,297*	49,187	5	9,837	6,007*
ОКС тестеров	8,008	5	1,602	1,018	10,757	5	2,151	0,994	834,813	8	104,352	63,717*
СКС	36,829	40	0,921	0,585	117,913	40	2,948	1,361	127,378	40	3,184	1,944*
Случайное	166,798	106	1,574		229,550	106	2,166		173,600	106	1,638	
<b>2018</b>												
ОКС линий	5,794	5	1,159	1,344	9,208	5	1,842	3,130*	23,301	5	4,660	3,207*
ОКС тестеров	49,033	6	8,172	9,477*	35,652	6	5,942	10,100*	441,093	6	73,515	50,596*
СКС	116,959	30	3,899	4,521*	46,466	30	1,549	2,633*	129,029	30	4,301	2,960*
Случайное	70,711	82	0,862		48,243	82	0,588		119,146	82	1,453	



Продолжение приложения 83

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Длина				Ширина				Площадь			
<b>Наибольший лист</b>												
<b>2017</b>												
ОКС линий	111,014	5	22,203	4,359*	2,972	5	0,594	4,701*	12258,723	5	2451,745	5,21*
ОКС тестеров	518,729	8	64,841	12,729*	7,85	8	0,981	7,756*	35408,332	8	4426,042	9,405*
СКС	285,944	40	7,149	1,403	7,800	40	0,195	1,542*	28887,195	40	722,180	1,535*
Случайное	539,968	106	5,094		13,402	106	0,126		49884,359	106	470,607	
<b>2018</b>												
ОКС линий	104,693	5	20,939	6,638*	2,136	5	0,427	6,186*	7526,179	5	1505,236	10,063*
ОКС тестеров	482,878	6	80,480	25,513*	6,429	6	1,072	15,515*	23389,250	6	3898,208	26,060*
СКС	165,781	30	5,526	1,752*	5,950	30	0,198	2,872*	11490,446	30	383,015	2,561*
Случайное	258,664	82	3,154		5,663	82	0,069		12265,839	82	149,583	
<b>Флаговый лист</b>												
<b>2017</b>												
ОКС линий	65,801	5	13,160	2,353*	1,923	5	0,385	3,577*	4172,688	5	834,537	3,055*
ОКС тестеров	210,322	8	26,290	4,701*	9,129	8	1,141	10,612*	15578,021	8	1947,253	7,129*
СКС	314,799	40	7,870	1,407	6,522	40	0,163	1,516*	13962,854	40	349,071	1,278
Случайное	592,741	106	5,592		11,399	106	0,108		28952,469	106	273,137	
<b>2018</b>												
ОКС линий	26,053	5	5,211	1,277	0,439	5	0,088	1,484	578,969	5	115,794	1,053
ОКС тестеров	224,910	6	37,485	9,184*	3,423	6	0,570	9,642*	8020,219	6	1336,703	12,155*
СКС	213,927	30	7,131	1,747*	2,894	30	0,096	1,631*	5634,781	30	187,826	1,708*
Случайное	334,680	82	4,081		4,852	82	0,059		9017,802	82	109,973	

Продолжение приложения 83

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Общая кустистость				Продуктивная кустистость				Урожайность зерна			
<b>2017</b>												
ОКС линий	0,758	5	0,152	3,280*	0,688	5	0,138	3,572*	26,556	8	3,319	7,858*
ОКС тестеров	11,562	8	1,445	31,283*	10,865	8	1,358	35,276*	4,63	5	0,926	2,192
СКС	8,680	40	0,217	4,697*	8,232	40	0,206	5,345*	22,089	40	0,552	1,307
Случайное	4,897	106	0,046		4,081	106	0,038		44,778	106	0,422	
<b>2018</b>												
ОКС линий	0,518	5	0,104	1,865	0,499	5	0,100	1,734	3,808	5	0,762	2,138
ОКС тестеров	4,609	6	0,768	13,834*	4,583	6	0,764	13,269*	15,276	6	2,546	7,148*
СКС	5,516	30	0,184	3,311*	6,164	30	0,205	3,569*	18,181	30	0,606	1,701*
Случайное	4,554	82	0,056		4,720	82	0,058		29,208	82	0,356	
Случайное	6,642	82	0,081		1,804	82	0,022		139,354	82	1,699	
	Протеин в зерне				Жир в зерне				Крахмала в зерне			
<b>2017</b>												
ОКС линий	9,033	5	1,807	16,774*	0,291	5	0,058	5,269*	31,681	5	6,336	3,233*
ОКС тестеров	10,770	8	1,346	12,500*	5,469	8	0,684	61,961*	100,604	8	12,576	6,417*
СКС	41,745	40	1,044	9,690*	8,719	40	0,218	19,756*	132,497	40	3,312	1,690*
Случайное	11,416	106	0,108		1,170	106	0,011		207,732	106	1,960	
<b>2018</b>												
ОКС линий	1,769	5	0,354	4,368*	0,246	5	0,049	2,241	18,377	5	3,675	2,163
ОКС тестеров	2,932	6	0,489	6,033*	0,574	6	0,096	4,348*	52,047	6	8,674	5,104*
СКС	15,775	30	0,526	6,492*	2,853	30	0,095	4,323*	237,638	30	7,921	4,661*
Случайное	6,642	82	0,081		1,804	82	0,022		139,354	82	1,699	

Приложение 84 – Истинный гетерозис гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е (%) по высоте растений, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	64,1 r-z	43,5 b-o	54,3 k-v	69,0 r-u	62,8 n-t	49,1 b-o	30,5 a-k	30,6 a-l	34,1 b-q
Старт	40,4 a-m	40,0 a-l	32,7 a-g	47,5 a-n	51,3 d-r	42,4 a-k	34,5 b-q	32,8 b-p	39,6 g-u
Меркурий	52,6 j-t	50,9 h-t	86,1 BC	70,3 s-v	77,3 t-y	85,6 v-y	44,0 i-u	55,1 u-x	47,7 o-v
Огонек	36,4 a-k	51,5 i-t	70,4 v-C	67,2 o-t	68,8 q-v	68,7 p-v	41,5 h-u	33,4 b-q	47,4 m-v
Камелик	117,7 D	86,2 C	112,6 D	88,7 y	88,7 xy	85,1 u-y	69,6 y	64,7 wxy	67,7 xy
Топаз	30,0 a-d	48,2 e-s	41,3 a-n	45,0 a-n	29,7 a	42,9 a-k	38,1 f-t	35,7 c-r	33,6 b-q
Факел	49,3 g-s	29,1 a-d	46,9 d-s	44,2 a-m	62,2 m-t	88,3 wxy	31,6 a-l	30,9 a-l	28,8 a-i
Аванс	64,6 s-A	58,7 n-x	53,1 k-v	51,8 e-r	48,8 b-n	50,4 c-o	40,6 g-u	40,2 g-u	33,4 b-q
Азарт	61,6 p-y	53,2 k-v	27,3 ab	51,6 e-r	46,6 a-n	45,2 a-n	21,0 a-d	23,5 a-f	20,9 a-d
Волжское 615	32,8 a-g	38,1 a-k	57,3 l-w	47,7 a-m	58,6 h-s	41,0 a-j	47,7 n-v	52,1 s-w	48,5 q-v
Гелеофор	79,2 A-C	67,3 t-A	70,3 u-C	48,5 b-n	59,3 i-s	59,5 k-s	46,1 l-u	33,2 b-q	41,1 h-u
Кремовое	62,0 q-z	48,3 f-s	73,9 w-C	41,7 a-k	31,1 ab	39,4 a-g	48,4 q-v	53,4 t-w	38,71 f-t
Пищевое 614	39,2 a-k	33,9 a-i	41,5 a-n	59,3 j-s	35,8 a-e	52,9 e-s	36,2 d-r	50,5 r-w	61,7 v-y
Сармат	43,3 b-o	28,0 abc	30,8 a-f	49,0 b-n	44,8 a-n	52,6 e-s	48,8 q-v	48,3 p-v	44,5 j-u
Восторг	81,6 A-C	75,6 x-C	58,1 m-x	42,1 a-k	38,6 a-g	39,8 a-g	37,6 e-s	41,0 h-u	45,7 k-u
Гарант	25,0 a	42,2 a-n	60,6 o-x	33,2 a-d	31,7 ab	35,1 a-e	24,9 a-g	16,7 a	34,1 b-q
Пищевое 35	78,1 y-C	45,4 c-q	26,0 ab	35,8 a-e	35,2 a-e	61,6 m-t	29,3 a-j	19,0 ab	19,5 ab
Л-КСИ 28/13	40,1 a-l	42,6 a-n	36,8 a-k	54,3 f-s	55,4 g-s	46,7 a-n	29,3 a-j	26,9 a-h	36,4 d-r
F <sub>05</sub>	15,52*			8,71*			7,22*		
НСР <sub>05</sub>	14,53			14,77			12,60		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 85 – Истинный гетерозис гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е (%) по длине наибольшего листа, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	35,7	40,2	18,2	30,5 p-A	-1,7 a	-2,6 a	0,1 a	2,6 abc	5,0 a-f
Старт	63,7	66,3	69,2	22,8 k-x	11,2 a-l	20,4 i-v	8,6 a-g	23,8 j-C	17,0 f-p
Меркурий	72,5	54,7	53,7	0,6 abc	0,7 abc	35,8 v-A	14,6 c-l	40,9 D	37,2 D
Огонек	30,9	62,9	59,6	3,8 a-h	12,7 a-m	6,5 a-j	19,2 g-t	8,8 a-h	15,2 c-n
Камелик	38,7	35,5	45,8	-0,5 abc	-2,5 a	15,5 c-q	18,7 g-s	23,5 j-C	22,9 i-B
Топаз	49,1	69,5	83,6	37,7 x-A	19,3 g-u	29,8 o-A	32,1 t-D	33,1 v-D	26,8 l-D
Факел	46,9	51,1	41,0	22,7 j-v	11,2 a-l	33,0 s-A	32,6 u-D	28,3 o-D	33,2 w-D
Аванс	71,9	76,9	47,7	32,4 r-A	14,8 b-q	16,8 d-s	34,8 y-D	31,3 s-D	35,7 B-D
Азарт	56,3	54,0	32,1	37,4 w-A	11,2 a-l	9,0 a-k	3,8 abc	10,4 a-i	0,4 a
Волжское 615	54,7	45,1	61,4	26,7 l-y	19,3 f-u	40,5 y-A	36,5 CD	30,8 s-D	27,8 n-D
Гелеофор	52,8	68,5	57,4	22,3 i-x	23,9 k-x	24,8 k-y	21,0 g-w	16,8 e-p	21,9 i-A
Кремовое	45,1	56,6	49,5	30,9 q-A	12,6 a-m	22,1 i-x	34,8 z-D	34,7 x-D	21,7 h-x
Пищевое 614	49,0	41,7	47,0	34,7 t-A	27,9 m-z	28,9 n-z	12,0 a-j	20,3 g-w	25,5 k-D
Сармат	50,5	27,5	35,4	43,3 zA	45,1 A	35,4 u-A	28,4 p-D	35,0 A-D	30,3 q-D
Восторг	60,1	40,8	59,0	24,1 k-x	6,2 a-i	17,4 e-s	19,2 g-t	16,6 d-p	22,8 i-B
Гарант	19,9	19,9	8,4	12,9 a-n	23,5 k-x	19,4 h-u	3,9 a-d	14,4 c-l	24,6 j-D
Пищевое 35	46,8	45,1	51,2	11,4 a-l	11,3 a-l	26,0 l-y	30,6 r-D	20,7 g-w	27,8 m-D
Л-КСИ 28/13	48,7	40,1	75,1	-3,1 a	23,2 k-x	21,4 i-w	12,0 a-j	13,4 b-k	19,3 g-T
F <sub>05</sub>	7,74*			4,12*			5,92*		
НСР <sub>05</sub>	15,64			13,14			10,59		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 86 – Истинный гетерозис гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е (%) по площади наибольшего листа, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	100,0 c-o	89,4 b-m	36,0 ab	59,8 tuv	14,2 a-o	19,2 a-r	-9,9 a	7,9 a-d	2,2 ab
Старт	223,1 yz	136,1 m-t	210,6 xyz	46,9 n-v	45,3 m-v	53,9 r-v	12,8 a-e	71,6 q-w	27,5 a-p
Меркурий	260,1 z	168,4 r-y	150,9 n-w	7,1 a-k	28,0 d-u	20,2 a-r	15,3 a-f	97,7 w	97,6 vw
Огонек	47,5 abc	163,8 q-x	130,7 m-t	13,8 a-o	33,5 e-u	34,1 f-u	32,9 b-q	19,9 a-i	15,0 a-f
Камелик	125,7 l-t	120,0 i-r	159,3 p-x	-11,7 a	-7,6 a-d	5,5 a-i	39,7 b-u	72,8 r-w	76,5 t-w
Топаз	61,1 a-i	90,6 b-m	115,2 f-r	70,8 v	3,0 a-i	22,5 a-s	55,7 h-u	76,8 uvw	50,6 e-u
Факел	84,9 a-m	61,7 a-i	64,9 a-j	5,2 a-i	13,3 a-o	29,8 e-u	51,5 e-u	39,0 b-u	46,0 d-u
Аванс	114,1 e-r	151,1 o-w	101,0 c-p	15,7 a-o	3,9 a-i	5,3 a-i	52,6 f-u	39,6 b-u	59,7 j-w
Азарт	133,2 m-t	99,6 c-o	102,2 c-p	27,7 c-u	10,7 a-m	-1,6 a-f	4,4 abc	41,3 b-u	14,8 a-f
Волжское 615	97,2 c-o	94,9 c-o	122,8 j-s	-10,3 a	6,6 a-i	19,3 a-r	64,6 o-w	55,1 g-u	61,1 k-w
Гелеофор	124,3 k-t	195,4 v-y	180,9 t-y	-1,0 a-f	37,7 i-v	43,2 j-v	20,6 a-i	22,5 a-k	36,4 b-s
Кремовое	108,5 d-q	128,3 m-t	126,4 m-t	17,8 a-r	-12,2 a	-2,5 a-e	51,8 e-u	65,0 p-w	39,2 b-u
Пищевое 614	96,0 c-o	102,2 c-p	99,0 c-o	57,4 s-v	33,2 e-u	53,8 q-v	13,6 a-f	41,9 c-u	56,9 i-u
Сармат	52,5 a-d	53,8 a-d	50,8 a-d	28,6 d-u	37,0 h-v	35,9 g-v	31,5 b-p	75,5 s-w	63,5 m-w
Восторг	198,5 wxu	116,4 h-r	192,7 u-y	53,7 p-v	26,6 b-u	32,7 e-u	45,2 d-u	38,9 b-u	63,6 n-w
Гарант	54,8 a-e	53,0 a-d	31,1 a	31,6 e-u	44,6 m-v	34,0 f-u	14,8 a-f	22,1 a-k	32,7 b-q
Пищевое 35	98,1 c-o	116,2 g-r	92,2 b-o	3,1 a-i	14,1 a-o	62,7 uv	62,6 l-w	28,3 a-p	49,2 e-u
Л-КСИ 28/13	58,6 a-h	89,9 b-m	179,7 s-y	-1,7 a-f	48,1 o-v	43,4 k-v	21,7 a-j	16,1 a-g	19,9 a-i
F <sub>05</sub>	8,74*			2,21*			3,74*		
НСР <sub>05</sub>	47,82			29,45			31,64		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 87 – Истинный гетерозис гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е (%) по урожайности биомассы, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	105,1 e-p	-1,3 a	73,6 c-h	-3,2 a	26,9 ab	-16,4 a	18,5 a-e	82,0 c-j	55,6 a-i
Старт	126,8 i-v	93,9 d-m	80,7 c-k	-14,3 a	-5,6 a	-2,6 a	64,0 a-i	107,6 g-j	69,3 a-i
Меркурий	96,7 d-m	47,7 bcd	87,0 c-m	10,8 a	17,3 a	26,5 ab	48,2 a-h	61,9 a-i	68,4 a-i
Огонек	112,8 g-r	116,6 g-u	159,6 q-B	-2,7 a	-6,6 a	-4,5 a	95,8 e-j	-1,3 ab	73,6 b-i
Камелик	113,9 g-s	180,1 x-B	167,4 u-B	12,9 a	-21,1 a	-3,4 a	63,1 a-i	35,9 a-h	57,3 a-i
Топаз	165,5 s-B	177,4 v-B	166,7 t-B	0,4 a	-29,2 a	-21,5 a	133,1 ij	77,8 b-j	155,1 j
Факел	82,8 c-k	109,6 g-q	119,3 g-u	-16,3 a	-19,8 a	-4,2 a	61,4 a-i	27,7 a-g	56,7 a-i
Аванс	109,2 g-q	131,5 j-x	132,0 k-x	7,7 a	-13,6 a	12,1 a	67,1 a-i	36,8 a-h	26,2 a-g
Азарт	69,7 b-g	38,0 abc	22,2 ab	-19,2 a	-24,5 a	-18,5 a	30,1 a-h	100,9 f-j	47,1 a-h
Волжское 615	80,4 c-k	89,0 c-m	106,9 f-p	11,8 a	9,4 a	-1,1 a	72,0 b-i	67,0 a-i	112,0 hij
Гелеофор	157,3 o-B	178,3 w-B	194,5 zAB	-0,6 a	9,3 a	18,5 a	52,9 a-i	-10,8 a	7,8 a-d
Кремовое	162,2 r-B	198,5 AB	190,5 y-B	5,3 a	-25,7 a	-26,4 a	43,9 a-h	53,9 a-i	5,1 abc
Пищевое 614	136,1 l-x	105,4 f-p	150,4 n-A	286,0 d	111,4 b	247,1 cd	57,4 a-i	57,7 a-i	93,2 e-j
Сармат	56,1 b-f	50,2 bcd	70,2 b-g	5,3 a	-13,9 a	1,7 a	50,2 a-h	34,4 a-h	25,5 a-f
Восторг	115,2 g-t	136,7 m-x	202,5 B	24,4 ab	6,4 a	22,6 ab	53,5 a-i	59,4 a-i	62,9 a-i
Гарант	71,5 c-g	74,5 c-i	120,0 g-u	30,9 ab	32,4 ab	32,4 ab	62,7 a-i	32,6 a-h	48,5 a-h
Пищевое 35	157,3 p-B	73,4 c-h	77,6 c-i	-2,2 a	9,0 a	13,3 a	34,6 a-h	29,8 a-g	31,7 a-h
Л-КСИ 28/13	115,8 g-u	124,2 h-u	93,0 d-m	-16,1 a	-22,9 a	-25,8 a	92,5 e-j	23,4 a-f	87,2 d-j
F <sub>05</sub>	8,56*			3,15*			1,58*		
НСР <sub>05</sub>	42,24			80,87			66,33		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 88 – Гипотетический гетерозис зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е (%) по высоте растений, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	66,4 j-v	45,2 a-f	57,3 b-q	72,1 k-r	65,9 e-o	51,8 a-i	37,9 a-p	38,2 a-h	39,5 a-h
Старт	52,5 a-o	52,4 a-o	43,5 a-e	53,1 a-m	57,1 b-m	47,7 a-e	42,3 a-k	40,6 a-j	45,4 c-m
Меркурий	62,8 f-v	61,4 d-t	97,6 BC	71,3 i-r	78,3 n-t	86,7 p-t	52,0 f-u	64,0 r-x	53,5 h-v
Огонек	45,1 a-f	61,6 e-t	80,5 u-B	71,6 j-r	72,8 m-r	72,6 l-r	51,9 f-u	43,4 b-k	55,5 i-v
Камелик	120,2 D	88,4 y-C	114,9 D	91,3 st	91,4 t	87,6 q-t	71,8 vx	67,1 u-x	68,7 vwx
Топаз	46,3 a-g	67,2 m-v	58,3 c-q	52,9 a-l	36,8 a	50,6 a-h	52,4 g-u	49,8 e-r	45,2 b-m
Факел	69,3 n-x	46,8 a-g	66,0 e-t	60,5 c-n	80,7 o-t	109,7 u	47,9 d-q	47,1 d-q	42,5 a-k
Аванс	69,7 o-x	67,0 k-v	57,5 c-q	62,0 c-o	58,8 b-n	60,4 c-n	47,7 d-q	47,5 d-q	37,9 a-g
Азарт	75,8 q-A	67,1 l-v	47,9 a-j	58,7 b-n	53,5 a-m	51,9 a-j	29,6 ab	32,4 a-d	27,5 a
Волжское 615	50,4 a-m	56,8 b-p	77,5 r-A	58,3 b-m	70,1 i-r	51,1 a-h	61,6 o-x	66,5 t-x	60,1 l-w
Гелеофор	91,1 A-C	78,6 t-A	80,9 v-B	56,2 a-m	67,5 f-o	67,7 g-o	57,5 k-w	43,7 b-k	49,7 e-r
Кремовое	74,4 p-A	59,9 c-s	86,2 x-C	51,1 a-h	39,8 ab	48,6 a-g	60,6 m-w	66,2 s-x	47,2 d-q
Пищевое 614	42,4 abc	36,6 a	44,7 a-f	63,0 c-o	45,6 abc	56,4 a-m	46,0 d-n	61,2 n-w	76,1 x
Сармат	59,7 c-s	42,8 a-d	45,0 a-f	61,6 c-o	57,0 b-m	65,4 d-o	62,5 q-x	62,1 p-x	55,5 j-v
Восторг	91,5 ABC	85,7 w-C	66,1 i-v	48,1 a-g	44,6 abc	45,7 abc	44,3 b-k	48,1 e-q	50,5 e-r
Гарант	38,7 ab	58,1 c-q	77,6 s-A	49,4 a-g	47,8 a-e	51,5 a-h	39,2 a-h	30,3 abc	47,3 d-q
Пищевое 35	101,4 CD	64,9 g-v	41,9 abc	57,9 b-m	57,2 b-m	87,6 rst	48,7 e-r	36,9 a-g	35,5 a-e
Л-КСИ 28/13	52,1 a-o	55,2 b-o	47,9 a-j	58,5 b-m	59,7 c-m	50,6 a-h	39,1 a-h	36,7 a-f	44,5 b-l
F <sub>05</sub>	12,75*			6,62*			6,37*		
НСР <sub>05</sub>	15,00			15,89			12,56		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 89 – Гипотетический гетерозис гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е (%) по длине наибольшего листа, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	70,7	73,5	47,5	50,2 ху	14,6 a-g	13,9 a-f	20,3 a-f	21,1 b-h	25,9 c-r
Старт	72,0	73,6	75,4	34,2 i-x	23,1 d-o	33,5 h-x	22,0 b-k	38,4 q-w	31,4 e-u
Меркурий	91,0	67,6	72,0	10,9 a-d	13,1 a-f	52,9 y	22,7 b-m	49,3 wxy	46,9 v-y
Огонек	46,6	78,6	76,6	11,9 a-e	23,1 d-o	16,6 b-i	36,9 o-w	24,5 c-p	32,0 f-u
Камелик	53,8	46,4	59,9	2,2 abc	-0,4 ab	12,7 a-f	26,9 c-t	31,3 e-u	31,5 e-u
Топаз	55,2	75,1	88,5	41,7 q-y	24,3 d-q	35,7 l-y	34,9 j-v	35,2 l-v	29,6 e-t
Факел	53,6	57,1	49,2	29,2 e-u	15,9 a-h	38,2 m-y	35,3 m-v	30,0 e-ti	35,4 m-v
Аванс	72,3	83,5	56,6	38,4 n-y	18,5 c-l	20,2 d-l	36,6 n-v	33,9 h-u	39,5 t-w
Азарт	64,0	57,5	36,7	42,9 t-y	17,0 c-i	15,0 a-g	15,3 abc	22,0 b-k	11,5 ab
Волжское 615	62,1	51,9	66,9	30,3 f-v	22,0 d-n	42,8 r-y	44,2 u-y	37,2 p-w	35,0 k-v
Гелеофор	74,3	87,5	77,5	24,0 d-q	24,4 d-q	25,7 d-t	29,3 d-t	24,2 b-p	30,5 e-t
Кремовое	67,8	77,5	71,3	35,4 j-y	15,8 a-g	25,0 d-q	54,4 y	53,5 ху	39,4 s-w
Пищевое 614	51,8	47,1	51,0	47,1 v-y	41,1 p-y	42,9 s-y	19,1 a-f	27,1 c-t	33,5 g-u
Сармат	58,0	37,0	43,9	48,4 wxy	46,0 u-y	40,5 o-y	31,8 f-u	39,0 r-w	34,8 i-v
Восторг	74,1	49,2	70,9	35,7 k-y	17,6 c-i	30,3 f-v	22,4 b-m	19,0 a-f	26,3 c-s
Гарант	33,9	37,2	22,5	17,2 c-i	26,7 d-t	22,0 d-n	8,5 a	20,2 a-f	30,0 e-t
Пищевое 35	53,6	55,6	60,1	18,2 c-l	16,8 c-i	31,7 g-w	31,5 e-u	24,9 c-p	30,4 e-t
Л-КСИ 28/13	50,8	46,1	79,4	-1,0 a	26,9 d-t	25,4 d-t	16,4 a-d	18,4 a-e	23,7 b-n
F <sub>05</sub>	6,17*			4,82*			5,77*		
НСР <sub>05</sub>	17,17			14,34			10,58		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .



Приложение 90 – Гипотетический гетерозис гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е (%) по площади наибольшего листа, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	197,4 m-v	177,2 j-v	99,7 a-f	91,2 pq	36,4 a-n	43,9 b-n	26,6 a-e	48,3 a-l	43,2 a-l
Старт	241,9 v	155,1 d-s	236,3 uv	51,7 e-p	49,4 d-o	60,3 m-q	39,2 a-j	106,2 nop	56,8 a-m
Меркурий	301,1 w	199,4 n-v	186,4 k-v	18,5 a-k	41,7 a-n	34,7 a-n	33,7 a-g	122,3 op	128,1 p
Огонек	64,0 a	189,2 l-v	160,6 g-s	20,4 a-l	41,5 a-n	43,2 b-n	64,9 b-n	45,1 a-l	41,9 a-l
Камелик	136,9 b-p	125,4 a-l	164,8 i-t	7,6 ab	13,2 a-g	27,9 a-m	50,4 a-l	78,9 h-n	86,4 l-o
Топаз	86,6 a-e	124,3 a-l	155,4 e-s	88,1 opq	13,8 a-h	34,0 a-n	58,8 a-m	80,4 i-n	52,9 a-m
Факел	108,2 a-j	87,2 a-e	88,8 abc	18,0 a-j	27,5 a-m	44,5 b-n	55,2 a-m	45,0 a-l	48,8 a-l
Аванс	160,7 h-s	212,3 r-v	147,6 c-r	45,7 b-n	31,3 a-n	31,8 a-n	68,3 c-n	59,1 a-m	77,7 g-n
Азарт	144,6 c-r	107,2 a-i	104,4 a-i	40,7 a-n	22,6 a-l	8,0 abc	20,1 a	57,8 a-m	31,6 a-f
Волжское 615	116,5 a-j	119,7 a-l	149,5 c-r	7,9 abc	27,8 a-m	43,2 b-n	69,8 d-n	59,1 a-m	66,8 b-n
Гелеофор	147,5 c-r	220,3 s-v	204,3 p-v	14,1 a-h	59,3 k-q	64,0 m-q	24,1 abc	29,1 a-f	39,5 a-j
Кремовое	127,5 a-l	140,9 c-p	140,4 c-p	34,5 a-n	0,5 a	10,6 a-e	85,8 k-o	96,4 m-p	70,1 e-n
Пищевое 614	109,4 a-j	122,8 a-l	118,0 a-k	60,5 m-q	35,8 a-n	57,3 j-q	23,1 ab	49,7 a-l	68,0 c-n
Сармат	83,7 abc	89,4 a-e	85,1 abc	48,9 c-o	58,6 j-q	56,0 j-q	35,7 a-h	82,7 j-o	67,4 b-n
Восторг	211,4 q-v	128,5 a-m	202,4 o-v	54,9 h-q	28,8 a-n	33,7 a-n	49,1 a-l	43,6 a-l	67,8 c-n
Гарант	96,4 a-i	98,3 a-i	68,7 ab	53,9 g-q	69,5 n-q	55,7 i-q	25,1 abc	37,4 a-i	45,4 a-l
Пищевое 35	132,2 a-n	160,2 f-s	130,6 a-n	23,7 a-m	37,4 a-n	93,8 q	73,1 f-n	41,2 a-k	59,8 a-m
Л-КСИ 28/13	82,2 abc	125,3 a-l	231,4 tuv	5,3 ab	59,3 k-q	52,2 f-p	36,1 a-i	33,5 a-g	34,5 a-h
F <sub>05</sub>	6,41*			2,61*			3,35*		
НСР <sub>05</sub>	56,01			33,43			35,97		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 91 – Гипотетический гетерозис зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е (%) по урожайности биомассы, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	128,5 e-p	8,2 a	93,8 c-f	33,1 a-n	67,8 l-y	7,2 a	22,9 a	89,2 a-g	63,8 a-e
Старт	141,6 f-q	104,1 d-g	96,8 c-g	30,0 a-m	37,9 a-q	40,7 a-s	90,9 a-g	151,0 e-i	98,4 a-g
Меркурий	124,5 d-o	70,0 bcd	115,1 d-l	66,9 l-y	69,8 n-z	80,7 u-z	98,6 a-g	125,2 b-h	127,4 b-h
Огонек	133,8 e-p	141,2 f-q	187,7 p-w	45,9 a-w	35,1 a-o	30,4 a-q	165,5 f-i	37,0 abc	134,5 c-h
Камелик	141,5 f-q	213,2 t-y	201,9 r-x	80,9 v-z	22,5 a-h	48,4 b-w	115,0 a-h	85,5 a-g	108,1 a-h
Топаз	175,6 m-w	181,7 n-w	174,3 k-w	60,3 h-w	9,8 ab	20,4 a-g	199,9 hi	137,6 d-i	230,9 i
Факел	101,3 c-g	134,5 f-p	143,7 f-r	39,1 a-r	29,3 a-l	54,6 e-w	127,6 b-h	86,0 a-g	121,3 a-h
Аванс	145,1 f-r	174,6 m-w	174,0 j-w	77,7 r-z	37,4 a-q	78,8 s-z	137,3 d-i	99,2 a-g	79,7 a-g
Азарт	73,7 bcd	46,3 abc	32,2 ab	26,1 a-j	11,7 abc	20,9 a-g	55,8 a-e	123,8 b-h	77,7 a-g
Волжское 615	111,8 d-h	124,4 d-n	144,4 f-r	83,5 w-z	74,2 p-z	55,7 f-w	120,2 a-h	122,8 b-h	171,3 ghi
Гелеофор	184,3 o-w	210,8 s-y	228,3 wxy	58,1 g-w	68,0 l-z	79,7 t-z	119,9 a-h	32,5 ab	56,0 a-e
Кремовое	222,9 v-y	262,0 y	255,1 xy	65,3 k-y	15,5 a-d	13,0 a-d	102,9 a-h	124,0 b-h	48,9 a-d
Пищевое 614	147,1 f-r	114,0 d-i	166,1 h-v	310,8 C	128,2 A	272,0 B	92,8 a-g	101,4 a-h	138,6 d-i
Сармат	97,1 c-g	91,0 c-f	115,4 d-l	74,9 q-z	39,7 a-r	63,4 j-y	114,7 a-h	98,0 a-g	80,5 a-g
Восторг	127,6 d-o	149,7 f-r	216,8 u-y	84,3 w-z	50,5 c-w	72,0 o-z	89,6 a-g	103,6 a-h	101,2 a-h
Гарант	110,3 d-h	116,7 d-m	171,7 i-w	106,4 zA	101,5yzA	99,5 x-A	130,5 b-h	92,5 a-g	110,6 a-h
Пищевое 35	200,8 q-x	105,5 d-g	109,0 d-h	50,9 d-w	62,7 i-y	68,4 m-z	88,4 a-g	88,0 a-g	85,8 a-g
Л-КСИ 28/13	142,3 f-q	154,5 g-s	116,2 d-m	34,9 a-o	19,7 a-g	13,7 a-d	146,2 d-i	67,4 a-f	147,0 d-i
F <sub>05</sub>	9,20*			22,86*			1,61*		
НСР <sub>05</sub>	48,20			31,44			80,48		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 92 – Истинный гетерозис гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е (%) по высоте растений и длине наибольшего листа, 2016-2018 гг.

Год	Тип ЦМС	Сорт, линия													F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
		Волжское 51	Флагман	Чайка	Сахара	Саратовское 90	Камышинское	Кинельское	к-64	Л-60/12	Л-39/12	Л-42/13	Л-59/13	Л-52/13		
Высота растений																
2016	А3	28,6 u-x	27,6 r-x	13,3 e-l	12,1 d-k	13,0 e-k	24,4 o-x	7,5 c-g	8,2 d-h	19,4 k-q	8,5 d-h	13,8 f-m	-1,9 ab	21,2 l-u	10,86*	6,77
	А4	28,5 t-x	30,0 wx	11,8 d-k	9,2 d-i	16,3 h-n	26,1 q-x	4,7 bcd	-4,3 a	28,0 s-x	5,4 b-e	17,1 i-p	12,5 d-k	21,3 m-u		
	9Е	32,3 x	18,7 j-q	22,1 n-w	11,8 d-k	19,4 k-q	24,9 p-x	11,9 d-k	6,3 c-f	29,3 vwx	11,3 d-k	14,6 g-n	0,3 abc	13,2 e-k		
2017	А3	13,0 g-o	15,1 h-o	18,2 l-r	9,1 b-j	10,9 b-j	1,1 ab	25,5 rs	16,2 j-q	12,5 f-o	15,5 i-o	11,6 e-m	1,2 ab	16,0 j-p	5,65*	6,89
	А4	17,8 l-r	7,2 b-i	20,4 n-r	17,6 j-r	13,6 h-o	5,2 b-g	24,1 p-s	13,3 g-o	12,5 f-o	11,4 e-m	2,4 abc	-4,7 a	17,6 k-r		
	9Е	20,9 o-s	18,6 m-r	24,3 qrs	14,6 h-o	10,9 e-m	9,1 b-j	28,6 s	9,9 c-l	3,4 b-e	17,4 j-r	7,0 b-h	4,3 b-f	17,6 j-r		
2018	А3	31,0 a-f	21,1 abc	43,0 fgh	31,9 b-f	45,3 fgh	32,2 b-f	38,7 d-h	45,5 fgh	30,6 a-f	31,6 b-f	30,8 a-f	42,5 fgh	41,6 e-h	2,96*	12,39
	А4	25,0 a-d	16,9 a	33,5 b-f	33,8 b-f	41,9 e-h	32,3 b-f	44,5 fgh	50,5 h	42,0 fgh	36,4 d-h	33,5 b-f	36,7 d-h	38,2 d-h		
	9Е	34,5 b-f	19,6 ab	36,0 c-h	39,9 d-h	37,3 d-h	38,1 d-h	38,3 d-h	49,8 gh	30,5 a-f	41,2 e-h	39,7 d-h	26,7 a-e	33,5 b-f		
Длина наибольшего листа																
2016	А3	26,1 l-u	51,1 бв	20,9 g-n	51,7 в	20,3 f-n	2,3 ab	6,8 abc	26,1 k-u	29,7 n-u	13,7 c-h	-0,4 a	17,1 d-l	27,7 m-u	19,22*	8,22
	А4	24,4 j-r	41,6 х-б	31,1 p-v	48,3 бв	14,9 c-j	8,9 bcd	9,2 bcd	34,2 s-y	40,2 v-б	16,6 d-l	10,4 d-e	31,0 o-v	31,8 q-v		
	9Е	32,4 r-x	47,9 бв	21,5 h-p	43,2 у-в	35,5 u-y	15,4 c-j	9,6 b-e	10,6 b-e	34,4 t-y	19,1 e-m	10,5 b-e	41,4 w-б	23,9 i-r		
2017	А3	24,6 a-h	31,5 c-k	29,8 c-k	17,8 a	28,8 c-k	22,2 a-d	31,5 c-k	31,4 c-k	29,6 c-k	26,2 a-j	24,3 a-h	36,5 jk	27,6 a-j	2,74*	8,65
	А4	28,8 c-k	23,3 a-e	32,7 d-k	34,6 h-k	28,5 b-j	31,7 c-k	29,3 c-k	35,3 ijk	34,0 g-k	24,0 a-h	22,4 a-d	17,5 a	21,7 abc		
	9Е	32,5 d-k	29,8 c-k	39,4 k	31,3 c-k	32,3 c-k	24,4 a-h	33,5 e-k	34,1 h-k	34,0 f-k	22,6 a-d	27,9 a-j	31,8 c-k	31,6 c-k		
2018	А3	49,4 d-i	30,4 bc	58,4 ij	53,3 e-j	64,1 j	50,9 d-i	46,1 d-i	45,7 d-i	43,20 d-g	45,4 d-h	43,6 d-g	55,6 g-j	53,7 f-j	5,83*	10,47
	А4	42,9 d-g	20,8 ab	48,8 d-i	46,8 d-i	57,1 hij	41,6 c-f	52,1 e-j	43,8 d-g	47,3 d-i	52,0 e-j	49,2 d-i	55,5 g-j	47,0 d-i		
	9Е	51,4 e-i	16,7 a	40,7 cde	52,1 e-j	49,6 d-i	43,5 d-g	43,3 d-g	53,3 e-j	47,6 d-i	52,4 e-j	47,1 d-i	44,5 d-h	38,1 cd		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 93 – Истинный гетерозис гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е (%) по площади наибольшего листа и урожайности биомассы, 2016-2018 гг.

Год	Тип ЦМС	Сорт, линия													F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
		Волжское 51	Флагман	Чайка	Сахара	Саратовское 90	Камышинское	Кинельское 3	к-64	Л-60/12	Л-39/12	Л-42/13	Л-59/13	Л-52/13		
Площадь наибольшего листа																
2016	А3	57,7 s-x	63,1vwх	34,4 l-q	44,1 p-t	35,2 m-q	-27,1 a	33,4 j-q	24,0 h-n	41,1 n-t	7,9 c-h	-6,9 bc	0,9 bcd	36,0 m-q	18,95*	15,16
	А4	43,2 o-t	62,0 u-x	58,1 t-x	83,3 yzб	35,4 m-q	-10,5 b	38,0 m-q	20,0 e-m	20,1 f-m	-0,5 bcd	1,4 bcd	37,4 m-q	49,1 q-v		
	9Е	92,1 zб	72,2 xy	56,4 r-x	98,2 б	71,4wxy	-8,9 bc	33,0 i-q	3,2 b-f	20,6 g-m	-5,9 bc	5,0 b-g	14,6 d-h	33,5 k-q		
2017	А3	42,7 b-i	32,1 a-g	61,8 f-k	21,8 abc	41,7 a-h	33,7 a-h	43,9 b-j	36,8 a-h	24,0 a-d	25,3 a-e	50,8 b-j	32,8 a-g	38,4 a-h	3,68*	26,86
	А4	41,1 a-h	23,1 abc	90,8 kl	53,7 b-j	66,0 h-l	49,7 b-j	24,2 a-d	76,3 jkl	57,0 d-j	9,2 a	28,8 a-f	20,7 ab	28,4 a-e		
	9Е	74,8 i-l	23,5 abc	94,1 l	57,3 e-j	50,2 b-j	51,7 b-j	51,6 b-j	63,0 g-k	51,6 b-j	33,9 a-h	47,6 b-j	43,9 b-j	54,4 c-j		
2018	А3	70,2 a-j	65,2 a-j	87,7 a-l	85,1 a-l	96,6 g-l	74,6 a-k	49,5 abc	90,0 c-l	49,3 abc	64,0 a-j	70,6 a-j	84,0 a-l	120,7 l	2,73*	34,59
	А4	86,8 a-l	45,5 a	73,1 a-k	101,9 jkl	105,5 jkl	45,8 a	80,4 a-l	95,7 d-l	96,3 e-l	66,5 a-j	69,9 a-j	75,3 a-k	114,8 kl		
	9Е	96,6 f-l	57,7 a-i	48,5 abc	71,4 a-j	96,9 h-l	49,0 abc	83,2 a-l	97,7 h-l	55,7 a-h	89,6 b-l	66,4 a-j	48,2 abc	98,5 i-l		
Урожайность биомассы																
2016	А3	121,3r-u	109,6q-u	8,3 a-e	68,3i-p	69,1 i-p	41,9 c-j	50,9f-m	139,4tuv	23,0 a-g	52,9 g-n	72,4 i-q	-9,7 a	82,7 j-r	9,57*	33,41
	А4	86,5 k-r	102,9p-t	5,0 abc	80,9j-q	74,7 i-q	55,1g-n	47,4e-k	91,3 m-s	25,0 a-g	38,0 b-i	97,5 o-s	7,1 a-d	92,1n-s		
	9Е	126,3stu	164,3 v	12,2 a-f	89,1 l-s	72,2 i-q	46,7e-k	66,4 i-p	142,6 uv	65,8 h-p	45,4 d-j	72,4 i-q	-9,1 a	49,7 f-l		
2017	А3	67,9 f-p	66,3 e-p	80,1 f-p	56,8c-i	91,1h-p	58,0 c-i	27,6 a-e	41,9 a-f	100,0k-p	68,3 f-p	103,4m-p	24,7abc	63,4 c-l	4,75*	32,28
	А4	61,3 c-l	51,7 b-h	94,3 i-p	98,1j-p	57,4 c-i	65,2d-n	60,4c-k	56,3 c-i	69,0 f-p	100,5l-p	90,9 g-p	9,1 a	14,9 ab		
	9Е	67,5 f-p	61,7 c-l	104,3nop	72,4f-p	70,7 f-p	49,7b-f	95,4i-p	58,0 c-i	95,6 i-p	105,8op	105,9 p	26,6 a-d	64,2d-m		
2018	А3	54,6 a-i	120,3p-s	55,1 a-i	109,0k-r	61,2 a-j	19,7 a	92,3i-q	82,7 d-q	66,4 b-k	117,6o-s	25,6 abc	57,7 a-i	112,2m-r	10,04*	37,81
	А4	88,4 g-q	120,5qrs	27,5 abc	85,7 f-q	144,6rst	42,6a-g	83,4e-q	92,1 i-q	69,2 c-n	114,1n-r	31,1 abc	59,3 a-j	104,2 j-r		
	9Е	89,4 h-q	178,1 tu	34,6 abc	111,8m-r	52,6 a-i	22,5 ab	59,2a-j	92,0 i-q	47,9 a-i	200,5u	22,6 ab	63,2 a-j	159,6 st		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 94 – Гипотетический гетерозис гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е (%) по высоте растений и длине наибольшего листа, 2016-2018 гг.

Год	Тип ЦМС	Сорт, линия													F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
		Волжское 51	Флагман	Чайка	Сахара	Сараговское 90	Камышинское	Кинельское	к-64	Л-60/12	Л-39/12	Л-42/13	Л-59/13	Л-52/13		
Высота растений																
2016	А3	64,2 p-t	66,6 rst	45,0 d-h	46,7 d-j	43,6 d-h	56,4 k-q	43,2 d-h	48,7 d-l	52,7h-m	44,0 d-h	47,2 d-k	26,1 a	52,5 g-m	13,38*	7,96
	А4	64,1 o-t	69,9 t	43,1 d-h	42,8 d-g	47,8 d-l	58,5 m-r	39,5 bcd	31,7 abc	63,8 n-t	40,0 cd	51,5e-m	44,7 d-h	52,7 h-m		
	9Е	69,0 st	55,1 i-p	56,3 j-q	46,3 d-i	51,6 f-n	56,9 l-q	48,9 d-l	46,1 d-i	65,3 q-t	47,7 d-l	48,1 d-l	28,9 a	42,5 def		
2017	А3	39,5 b-l	43,5 d-n	41,2c-m	38,9 b-k	38,9 b-k	29,6 ab	52,6 mn	49,1 j-n	43,3 d-n	46,1 g-n	45,1 f-n	32,1 a-d	45,1 f-n	3,89*	9,50
	А4	45,4 f-n	33,8 a-f	44,1 e-n	49,6 k-n	42,4d-m	34,9 a-h	51,0 mn	45,4 f-n	43,4 d-n	41,0b-m	33,3 a-e	24,6 a	47,3 i-n		
	9Е	47,3 i-n	46,0 g-n	46,5 h-n	44,0 e-n	37,2 b-i	38,1 b-k	54,3 n	39,3 b-k	30,1 abc	46,6 h-n	37,4 b-i	34,6 a-g	45,2 f-n		
2018	А3	70,6 a-j	65,5 a-d	76,0 a-l	70,3 a-j	79,9b-m	66,1 a-f	79,8b-m	87,9k-m	67,7 a-g	70,4 a-j	68,8 a-j	83,7 h-n	83,3 g-n	3,54*	12,82
	А4	64,8 abc	61,5 a	66,8 a-f	74,9 a-l	78,1 b-l	69,3 a-j	89,7lmn	96,7 n	84,4 j-n	78,7 b-l	74,5 a-l	78,3 b-l	81,1 d-m		
	9Е	76,1 a-l	64,2 ab	68,7 a-j	81,5f-m	71,1 a-j	74,6 a-l	80,0c-m	94,6 mn	68,5 a-i	83,8 i-n	81,3e-m	64,3 abc	73,8 a-k		
Длина наибольшего листа																
2016	А3	31,3 j-q	56,4 y	24,7 d-k	55,6 xy	23,8 d-k	6,3 a	15,4 bcd	31,7 k-q	32,9 k-r	27,7 g-n	10,7 ab	23,4 d-k	27,8 h-n	17,82*	8,26
	А4	23,6 d-k	47,4 t-y	37,0 n-r	52,7 v-y	17,6 b-e	19,5 b-h	16,6 b-e	38,5 q-t	42,0 r-u	29,5 i-q	21,4 c-j	36,4 m-r	33,4 k-r		
	9Е	38,2 p-s	54,7wxy	27,4 f-n	48,4 u-y	38,1 o-t	26,2 e-l	16,7 b-e	13,7 abc	35,6 l-r	31,9 k-q	21,0 c-i	46,7 s-x	25,8 e-l		
2017	А3	26,2 a-e	33,4 a-j	41,1 hij	24,0 ab	30,0 a-h	29,6 a-h	33,0 a-j	35,2 b-j	33,1 a-j	32,6 a-j	32,5 a-j	41,1 hij	31,1 a-i	3,29*	9,40
	А4	30,5 a-h	25,3 a-d	43,5 jk	42,2 ijk	31,9 a-i	40,5 hij	30,7 a-i	40,1 g-j	37,0 e-j	31,1 a-i	24,3 ab	22,2 a	25,8 a-e		
	9Е	35,4 b-j	31,8 a-i	51,7 k	38,3 g-j	36,3 d-j	32,0 a-j	35,0 b-j	38,1 f-j	38,7 g-j	28,8 a-g	36,1 c-j	36,2 d-j	35,2 b-j		
2018	А3	55,1 d-j	51,1 b-i	62,3 g-j	62,2 g-j	67,8 j	54,2 c-j	50,4 b-i	57,5 d-j	53,7 c-i	56,4 d-j	56,4 d-j	64,0 ij	62,0 f-j	3,27*	11,36
	А4	48,8 b-g	38,4 ab	54,4 c-j	57,9 d-j	63,1 hij	46,9 bcd	56,2 d-j	53,6 c-i	56,2 d-j	61,5 e-j	60,4 d-j	62,4 g-j	55,4 d-j		
	9Е	55,3 d-j	30,7 a	46,8 bcd	54,8 d-j	55,5 d-j	48,5 b-g	50,3 b-i	59,6 d-j	52,6 c-i	57,9 d-j	54,3 c-j	48,0 b-f	40,9abc		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 95 – Гипотетический гетерозис (%) гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е по площади наибольшего листа и урожайности биомассы, 2016-2018 гг.

Год	Тип ЦМС	Сорт, линия													F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
		Волжское 51	Флагман	Чайка	Сахара	Саратовское 90	Камышинское	Кинельское	к-64	Л-60/12	Л-39/12	Л-42/13	Л-59/13	Л-52/13		
Площадь наибольшего листа																
2016	A3	69,9 r-u	68,4 q-u	39,5 d-i	62,6m-u	49,0h-m	-4,3 a	52,3 i-p	52,6 i-p	76,4tuv	47,9 h-m	29,7b-e	25,0bcd	50,4h-o	25,59*	12,81
	A4	55,1 j-r	67,3 p-u	64,6n-u	107,7wx	49,9h-n	17,9 b	58,1k-s	48,1h-m	50,6 h-o	36,7 c-h	37,6 d-i	70,9stu	65,5o-u		
	9E	108,9 x	77,1 uv	60,8m-s	122,2 y	87,6 v	19,0 b	50,8h-o	26,2bcd	49,9 h-n	28,3 b-e	45,5 f-l	41,1e-j	46,6 g-l		
2017	A3	46,9 a-g	41,7 a-f	86,0k-n	41,6 a-f	54,2a-m	51,0a-k	52,4a-m	44,2 a-g	36,0abc	44,1 a-g	73,3d-m	57,0 a-m	52,3a-m	4,45*	28,81
	A4	49,4 a-i	32,0 a	113,7no	83,7 h-n	86,6mn	74,3f-m	35,5abc	84,9 j-n	78,1g-m	30,1 a	52,1a-m	46,7 a-g	45,7a-g		
	9E	83,9 i-n	35,4 abc	119,4 o	86,9 mn	67,9b-m	75,8f-m	64,1a-m	74,4 f-m	70,6c-m	46,6 a-g	46,6a-g	74,2 f-m	74,2 f-m		
2018	A3	93,0 b-k	100,4 c-l	111,0e-m	123,1i-m	122,1i-m	88,6a-k	76,1 a-g	121,9h-m	88,4 a-k	105,4d-m	116,0g-m	128,4j-m	145,3m	3,50*	33,66
	A4	99,1 c-l	66,5 a-d	82,7 a-i	129,4klm	117,5g-m	50,3 a	101,4 c-l	115,0f-m	134,7 lm	97,4 c-l	103,8d-m	106,2d-m	123,6i-m		
	9E	106,1d-m	73,5 a-f	56,7 ab	87,2 a-j	104,7d-m	61,8abc	96,3 b-l	107,7d-m	76,7 a-g	116, g-m	92,2 b-k	67,1 a-d	106,1d-m		
Урожайность биомассы																
2016	A3	222,2 uv	180,7 q-u	64,3 a-e	141,8k-q	144,4k-q	117,5 g-n	115,1g-m	219,6 tuv	76,5 b-h	113,2 f-m	141,5k-q	32,4 ab	169,6 o-r	13,44*	39,93
	A4	161,2m-r	157,5m-r	53,6 a-d	148,1k-q	143,3k-q	130,1 i-p	99,7 d-k	142,7k-q	72,2 a-g	84,5 c-i	165,4 n-r	50,7 abc	173,4p-s		
	9E	214,3 s-v	229,3 v	61,8 a-d	154,8 l-q	136,2 j-q	115,0g-m	122,4 i-o	202,2 r-v	125,4 i-p	91,2 c-j	127,9 i-p	26,3 a	110,0 e-l		
2017	A3	144,5 f-o	126,9 b-j	142,0e-o	117,9a-h	173,9h-o	133,3 c-o	82,2 abc	101,3 a-f	172,0h-o	132,3 c-n	185,9 l-o	83,7 abc	144,3 f-o	4,17*	46,00
	A4	142,1 e-o	113,8 a-g	170,2g-o	184,2k-o	133,2 c-o	151,6 f-o	136,3 c-o	128,8b-k	135,6 c-o	187,5 no	176,8 i-o	65,3 a	76,0 ab		
	9E	145,0 f-o	122,3 b-i	176,8 i-o	141,3d-o	146,5 f-o	122,7 b-i	180,9 j-o	125,3 b-j	167,6g-o	186,6mnc	189,8 o	87,3 a-e	147,6 f-o		
2018	A3	97,4 a-m	159,5p-s	87,9 a-j	157,9 o-s	107,3 c-r	48,6 a	137,5 g-s	137,9 h-s	101,6 a-p	155,1 n-s	66,3 abc	88,8 a-j	170,6s-v	8,92*	47,50
	A4	141,0 i-s	163,0 q-t	56,2 abc	132,1 f-s	241,5t-w	79,2 a-f	131,3 e-s	152,4 k-s	107,3 b-r	153,8 m-s	75,4 a-f	92,9 a-j	163,2 rs		
	9E	131,1 d-s	216,4uvw	56,4 abc	152,7 l-s	86,1 a-j	46,8 a	92,2 a-j	143,0 j-s	73,1 abc	240,4 w	57,5 abc	89,2 a-j	221,9vw		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 96 – Коэффициент фенотипического доминирования у гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е по высоте растений, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	48,9 с	26,8 ab	30,4 bc	49,2 d-g	38,9 cde	33,7 a-e	7,4 ab	6,6 a	9,8 a
Старт	6,1 а	5,9 а	5,4 а	14,4 abc	15,2 abc	12,9 abc	8,1 а	6,9 а	11,2 а
Меркурий	9,4 ab	9,0 ab	16,1 ab	115,5 i	163,0 k	155,1 jk	11,0 а	11,3 а	14,1 а
Огонек	7,1 а	9,4 ab	13,7 ab	30,6 a-e	36,9 b-e	51,2 e-h	7,4 а	5,9 а	11,8 а
Камелик	115,5 f	105,5 ef	101,9 def	79,7 h	70,2 gh	68,3 fgh	45,3 b	27,0 ab	161,9 c
Топаз	3,7 а	5,3 а	4,9 а	9,8 abc	6,8 abc	9,5 abc	5,2 а	4,8 а	5,2 а
Факел	5,3 а	3,4 а	5,1 а	5,4 ab	7,1 abc	9,7 abc	4,0 а	3,8 а	4,0 а
Аванс	16,0 ab	15,3 ab	12,7 ab	9,4 abc	9,0 abc	9,5 abc	10,5 а	9,1 а	11,1 а
Азарт	8,6 а	7,4 ab	4,5 а	12,7 abc	11,6 abc	11,3 abc	4,3 а	4,6 а	5,1 а
Волжское 615	3,8 а	4,2 а	6,0 а	8,2 abc	9,7 abc	7,2 abc	6,6 а	7,1 а	7,7 а
Гелеофор	14,2 ab	12,6 ab	13,5 ab	10,9 abc	13,4 abc	13,3 abc	7,9 а	5,6 а	8,3 а
Кремовое	9,8 ab	7,7 ab	12,2 ab	8,3 abc	6,6 abc	8,4 abc	7,6 а	8,1 а	7,2 а
Пищевое 614	19,8 ab	19,9 ab	23,4 ab	28,7 a-e	18,8 a-d	25,8 a-e	6,9 а	9,4 а	8,8 а
Сармат	5,2 а	3,8 а	4,1 а	7,3 abc	7,0 abc	7,9 abc	7,0 а	6,7 а	7,4 а
Восторг	17,4 ab	14,8 ab	13,3 ab	11,9 abc	11,1 abc	10,9 abc	12,4 а	9,6 а	17,1 а
Гарант	3,5 а	5,2 а	7,4 а	4,1 ab	3,9 ab	4,2 ab	3,6 а	2,6 а	4,8 а
Пищевое 35	7,8 ab	4,8 а	3,4 а	3,6 а	3,5 а	5,4 ab	3,3 а	2,4 а	2,7 а
Л- КСИ 28/13	6,1 а	6,3 а	5,9 а	21,7 a-e	21,8 a-e	18,7 a-d	5,5 а	4,8 а	7,6 а
F <sub>05</sub>	10,92*			12,90*			8,00*		
НСР <sub>05</sub>	19,34			26,73			21,44		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 97 – Коэффициент фенотипического доминирования у гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е по длине наибольшего листа, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	2,9 ab	3,1 ab	2,0 a	3,4	0,9	0,9	1,0 a	1,1 a	1,3 a
Старт	15,9 a-d	18,4 a-d	10,9 abc	3,9	2,2	3,2	1,8 a	3,3 abc	2,7 abc
Меркурий	5,2 ab	31,1 a-f	9,0 abc	2,0	1,1	4,6	3,2 abc	9,1 a-e	7,8 a-e
Огонек	5,0 ab	9,1 abc	23,2 a-d	1,9	2,6	1,9	2,5 abc	1,6 a	2,3 abc
Камелик	5,0 ab	9,0 abc	6,4 ab	-9,3	-4,8	6,4	4,1 a-d	3,1 abc	4,5 a-d
Топаз	14,1 a-d	29,6 a-f	36,3 c-f	21,7	6,2	8,5	19,1 efg	33,5 fgh	16,0 a-g
Факел	13,1 abc	16,8 a-d	10,3 abc	6,7	3,5	17,4	18,0 a-g	23,5 a-g	24,4 b-g
Аванс	10,1 abc	28,3 a-f	11,4 abc	15,4	3,1	30,9	26,5 d-g	7,5 a-e	20,8 a-g
Азарт	13,9 a-d	11,4 abc	16,2 a-d	14,4	3,7	3,1	1,4 a	2,2 abc	1,1 a
Волжское 615	14,7 a-d	11,6 abc	42,8 def	23,1	10,3	30,8	7,8 a-e	10,8 a-e	8,4 a-e
Гелеофор	5,3 ab	9,0 abc	6,1 ab	28,9	26,2	18,6	4,8 a-d	3,9 a-d	4,6 a-d
Кремовое	4,5 ab	5,9 ab	5,2 ab	13,1	9,9	29,8	3,9 abc	3,9 abc	2,7 abc
Пищевое 614	51,6 f	18,1 a-d	23,3 a-d	5,5	4,1	4,1	3,1 abc	10,7 a-e	6,4 a-d
Сармат	12,3 abc	5,5 ab	8,3 abc	52,9	15,5	12,2	13,2 a-g	24,5 c-g	14,1 a-g
Восторг	8,7 abc	10,2 abc	9,9 abc	3,8	1,6	2,7	14,2 a-g	16,6 a-g	13,1 a-f
Гарант	3,1 ab	2,6 a	1,8 a	4,5	11,4	11,8	2,3 abc	6,0 a-d	13,2 a-f
Пищевое 35	11,9 abc	10,4 abc	11,4 abc	3,1	3,1	8,4	52,2 h	8,4 a-e	35,4 gh
Л-КСИ 28/13	51,3 ef	20,6 a-d	32,4 b-f	3,3	11,5	8,3	5,3 a-d	6,5 a-d	18,2 a-g
F <sub>05</sub>	1,89*			1,23			2,63*		
НСР <sub>05</sub>	23,83			–			18,16		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .



Приложение 98 – Коэффициент фенотипического доминирования у гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е по площади наибольшего листа, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	4,0 а	3,8 а	2,2 а	4,8 abc	1,9 ab	2,1 abc	0,7 а	1,3 а	1,1 а
Старт	37,3 e-j	25,4 a-g	28,1 a-g	15,7 c-g	19,1 efg	14,2 b-f	1,7 а	5,3 а	2,5 а
Меркурий	19,5 a-g	25,9 a-g	26,4 a-g	3,5 abc	5,8 a-e	3,7 abc	2,1 а	10,1 ab	8,3 ab
Огонек	21,8 a-g	35,2 d-i	17,7 a-g	7,8 a-e	11,7 a-f	9,2 a-f	2,7 а	2,1 а	1,8 а
Камелик	39,7 f-j	58,3 ijk	66,8 k	0,3 а	0,5 а	1,3 ab	12,8 abc	35,3 a-d	6,8 а
Топаз	5,9 ab	7,9 ab	8,3 abc	8,9 a-f	1,3 ab	3,7 abc	70,6 e	11,1 abc	47,2 cde
Факел	9,5 a-d	6,0 ab	8,0 ab	1,5 ab	2,2 abc	3,9 abc	63,5 de	12,3 abc	43,6 b-e
Аванс	7,6 ab	9,0 adc	7,1 ab	1,8 ab	1,1 ab	1,2 ab	7,8 ab	4,2 а	6,9 а
Азарт	34,2 c-i	17,9 a-g	61,1 jk	4,0 abc	1,9 abc	0,4 а	1,9 а	6,3 а	2,9 а
Волжское 615	12,3 a-g	9,4 a-d	13,1 a-e	0,5 ab	1,6 ab	2,1 abc	22,4 abc	22,8 abc	8,4 ab
Гелеофор	23,4 a-g	24,2 a-g	27,3 a-g	0,9 ab	3,8 abc	4,5 abc	7,4 ab	5,6 а	1,7 а
Кремовое	16,5 a-g	18,6 a-g	27,6 a-f	2,4 abc	0,0 а	0,7 ab	3,9 а	5,3 а	3,1 а
Пищевое 614	19,4 a-g	13,0 a-e	12,7 a-e	35,0 h	21,7 fg	27,0 gh	3,7 а	18,9 abc	11,7 abc
Сармат	4,1 а	3,9 а	3,8 а	4,6 abc	5,5 a-d	6,0 a-e	21,3 abc	29,9 abc	21,0 abc
Восторг	42,2 g-j	31,7 b-g	56,5 h-k	82,8 j	18,8 d-g	58,6 i	17,0 abc	13,1 abc	36,4 a-d
Гарант	3,6 а	3,3 а	2,5 а	3,2 abc	4,0 abc	3,4 abc	2,8 а	3,1 а	4,8 а
Пищевое 35	8,3 abc	8,4 abc	6,6 ab	1,2 ab	1,8 ab	4,9 abc	11,4 abc	4,5 а	8,9 ab
Л-КСИ 28/13	6,6 ab	6,9 ab	12,5 a-e	0,6 ab	7,7 a-e	8,3 a-e	2,9 а	2,4 а	2,9 а
F <sub>05</sub>	3,50*			16,16*			1,89*		
НСР <sub>05</sub>	21,03			11,19			29,62		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 99 – Коэффициент фенотипического доминирования у гибридов F1 зернового сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е по урожайности биомассы, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е	А3	А4	9Е
Перспективный1	12,8 a-e	1,3 a	7,8 abc	0,9 bc	2,0 bc	0,4 b	7,3 ab	1,0 ab	25,6 c
Старт	25,5 a-f	25,0 a-f	11,7 a-e	0,6 bc	0,8 bc	0,9 bc	5,6 ab	7,6 ab	6,0 ab
Меркурий	9,2 a-d	4,8 a	8,1 abc	1,3 bc	1,6 bc	1,9 bc	2,9 ab	3,2 ab	3,7 ab
Огонек	13,5 a-e	12,5 a-e	18,0 a-e	0,9 bc	0,8 bc	0,8 bc	4,7 ab	1,1 ab	4,0 ab
Камелик	11,0 a-e	18,5 a-e	15,7 a-e	1,3 bc	0,4 b	0,9 bc	3,6 ab	2,4 ab	3,4 ab
Топаз	48,3 f-i	120,3 j	66,0 i	1,0 bc	0,2 b	0,4 b	7,1 ab	4,2 ab	7,9 b
Факел	10,2 a-e	11,3 a-e	13,3 a-e	0,6 bc	0,5 b	0,9 bc	3,1 ab	1,9 ab	3,0 ab
Аванс	8,5 abc	9,4 a-d	9,7 a-d	1,2 bc	0,7 bc	1,4 bc	3,3 ab	2,3 ab	1,9 ab
Азарт	36,3 d-h	9,7 a-d	4,7 a	0,5 b	0,4 b	0,5 b	2,8 ab	1,5 ab	3,8 ab
Волжское 615	6,4 ab	6,6 ab	8,0 abc	1,3 bc	1,3 bc	1,0 bc	4,4 ab	3,7 ab	6,4 ab
Гелеофор	20,2 a-e	19,2 a-e	24,0 a-f	1,0 bc	1,3 bc	1,6 bc	2,7 ab	0,7 a	1,3 ab
Кремовое	9,7 a-d	12,6 a-e	11,5 a-e	1,3 bc	0,3 b	0,2 b	2,5 ab	2,7 ab	1,2 ab
Пищевое 614	54,1 ghi	34,4 c-h	32,7 b-g	-9,0 a	7,8 c	48,5 d	4,2 ab	3,7 ab	5,9 ab
Сармат	3,7 a	3,4 a	4,5 a	1,1 bc	0,6 bc	1,1 bc	2,7 ab	2,1 ab	1,9 ab
Восторг	27,3 a-f	37,7 e-h	59,8 hi	1,8 bc	1,3 bc	1,9 bc	3,8 ab	3,9 ab	4,6 ab
Гарант	4,9 a	4,8 a	7,4 abc	1,9 bc	2,0 bc	2,0 bc	3,1 ab	2,1 ab	2,7 ab
Пищевое 35	12,0 a-e	5,7 ab	6,4 ab	1,2 bc	1,7 bc	1,4 bc	2,2 ab	1,9 ab	2,1 ab
Л-КСИ 28/13	12,9 a-e	12,0 a-e	11,7 a-e	0,6 bc	0,4 b	0,3 b	5,3 ab	2,0 ab	4,7 ab
F <sub>05</sub>	6,38*			10,24*			3,16*		
НСР <sub>05</sub>	22,35			5,87			5,60		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 100 – Коэффициент фенотипического доминирования у гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е по высоте растений и длине наибольшего листа, 2016-2018 гг.

Год	Тип ЦМС	Сорт, линия													F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
		Волжское 51	Флагман	Чайка	Сахара	Саратовское 90	Камышинское	Кинельское	к-64	Л-60/12	Л-39/12	Л-42/13	Л-59/13	Л-52/13		
Высота растений																
2016	А3	2,3 vwx	2,2 o-x	1,6 e-l	1,5 d-k	1,6 e-l	2,2 p-x	1,3 b-f	1,3 b-f	1,9 j-t	1,4 c-h	1,6 e-l	0,9 ab	2,0 n-w	12,79*	0,34
	А4	2,3 u-x	2,3 t-x	1,5 d-k	1,4 c-i	1,8 h-n	2,3 r-x	1,2 a-d	0,8 a	2,3 s-x	1,2 a-e	1,8 g-n	1,6 d-k	2,0 m-w		
	9Е	2,5 x	1,8 i-p	2,0 l-w	1,5 d-k	1,9 k-u	2,2 q-x	1,5 d-j	1,2 b-f	2,3 wx	1,5 d-i	1,6 g-n	1,0 abc	1,6 e-n		
2017	А3	1,7 g-n	1,8 h-p	2,1 n-r	1,4 b-j	1,6 d-m	1,1 ab	2,5 rst	1,7 h-o	1,6 e-m	1,8 h-o	1,5 b-l	1,1 ab	1,8 i-p	10,03*	0,38
	А4	1,9 l-q	1,4 b-i	2,2 p-s	1,8 i-p	1,7 f-n	1,2 a-g	2,4 q-t	1,6 e-m	1,6 e-m	1,6 c-m	1,1 a-d	0,8 a	1,9 j-p		
	9Е	2,2 o-r	2,0 m-q	2,7 st	1,7 h-o	1,6 e-m	1,4 b-j	2,7 t	1,5 b-l	1,2 a-e	1,9 j-p	1,3 b-h	1,2 a-e	1,9 k-q		
2018	А3	2,3 a-f	1,8 abc	3,3 gh	2,4 a-f	3,4 h	2,6 c-h	2,7 d-h	3,0 e-h	2,4 a-f	2,4 a-f	2,4 a-f	2,9 d-h	2,8 d-h	2,56*	0,70
	А4	2,0 a-d	1,6 a	2,7 d-h	2,4 a-f	3,1 fgh	2,5 b-h	2,9 e-h	3,2 fgh	2,9 d-h	2,6 b-h	2,4 a-f	2,6 c-h	2,6 c-h		
	9Е	2,5 a-g	1,7 ab	2,9 d-h	2,7 d-h	2,9 d-h	2,8 d-h	2,7 d-h	3,2 fgh	2,4 a-f	2,8 d-h	2,7 d-h	2,2 a-e	2,5 a-f		
Длина наибольшего листа																
2016	А3	3,8	30,6	12,0	31,7	12,6	0,6	1,9	8,7	13,6	2,3	1,0	4,9	44,7	1,44	–
	А4	5,5	5,5	9,1	17,0	9,0	2,0	2,5	17,0	47,7	2,9	2,1	10,2	31,8		
	9Е	27,1	17,9	6,4	29,7	37,8	2,8	2,6	6,0	35,3	3,2	2,2	13,8	17,7		
2017	А3	25,3 a-d	28,6 a-d	5,4 ab	4,5 a	36,6 a-d	4,9 ab	50,6 d	23,5 a-d	18,9 a-d	7,2 ab	5,0 ab	37,4 a-d	4,8 ab	1,65*	29,49
	А4	39,9 a-d	45,4 cd	5,4 ab	11,6 abc	20,5 a-d	7,0 ab	41,0 bcd	11,5 abc	21,8 a-d	5,8 ab	5,1 ab	5,7 ab	3,7 a		
	9Е	16,2 a-d	21,7 a-d	6,0 ab	8,0 ab	13,9 abc	6,2 ab	39,2 a-d	13,4 abc	11,3 abc	6,6 ab	6,9 ab	19,2 a-d	16,9 a-d		
2018	А3	21,0 a-f	3,3 ab	25,9 a-f	10,7 a-d	37,4 ef	17,8 a-f	29,4 b-f	7,4 abc	7,7 abc	7,7 abc	6,4 abc	13,8 a-e	18,0 a-f	1,58*	21,70
	А4	14,9 a-f	2,8 ab	19,6 a-f	8,9 abc	25,9 a-f	8,25 abc	22,5 a-f	8,1 abc	18,2 a-f	12,1 a-e	8,6 abc	35,7 def	13,9 a-e		
	9Е	23,8 a-f	2,6 a	6,9 abc	33,0 c-f	18,4 a-f	17,2 a-f	10,7 a-e	16,8 a-f	19,4 a-f	16,7 a-f	13,3 a-e	27,6 a-f	40,8 f		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 101 – Коэффициент фенотипического доминирования у гибридов F1 сахарного сорго на основе изоядерных ЦМС-линий Желтозерного 10 с цитоплазмами А3, А4 и 9Е по площади листа и урожайности биомассы, 2016-2018 гг.

Год	Тип ЦМС	Сорт, линия													F <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>
		Волжское 51	Флагман	Чайка	Сахара	Саратовское 90	Камышинское	Кинельское	к-64	Л-60/12	Л-39/12	Л-42/13	Л-59/13	Л-52/13		
Площадь наибольшего листа																
2016	А3	11,6 a-d	16,4 b-e	11,8 a-d	5,0 a-d	5,0 a-d	-0,1 a	3,8 a-d	2,3 ab	3,1 ab	1,3 ab	0,8 a	1,1 a	4,9 a-d	3,11*	12,38
	А4	8,2 a-d	27,1 ef	18,3 cde	8,3 a-d	4,7 a-d	0,6 a	4,1 a-d	2,1 ab	2,0 ab	1,0 a	1,0 a	2,9 ab	6,1 a-d		
	9Е	13,8 a-e	18,9 de	37,4 f	10,3 a-d	9,7 a-d	0,6 a	3,9 a-d	1,2 ab	2,1 ab	0,8 a	1,2 ab	1,8 ab	5,0 a-d		
2017	А3	52,0 c	5,5 ab	6,8 ab	2,6 a	6,2 ab	4,2 a	1,9 a	16,5 ab	4,1 a	3,3 a	4,9 a	3,2 a	5,3 ab	2,34*	15,77
	А4	9,3 ab	6,2 ab	9,9 ab	4,6 a	8,0 ab	4,7 a	4,8 a	18,1 ab	5,8 ab	1,6 a	3,1 a	2,2 a	3,5 a		
	9Е	24,3 b	4,0 a	9,9 ab	4,8 a	5,8 ab	4,8 a	9,8 ab	11,9 ab	5,8 ab	2,6 a	4,3 a	3,5 a	5,8 ab		
2018	А3	7,1 abc	4,9 a	9,2 a-d	5,1 abc	9,9 a-d	15,2 a-f	4,9 a	7,4 abc	3,4 a	4,4 a	4,5 a	5,3 ab	13,3 a-d	2,38*	17,31
	А4	17,3 a-f	5,4 ab	18,0 a-f	11,1 a-d	34,7 fg	26,6 b-g	10,5 a-d	12,1 a-d	6,9 abc	5,6 ab	5,4 ab	6,1 abc	22,9 a-g		
	9Е	34,2 efg	13,2 a-d	12,7 a-d	18,6 a-f	27,0 c-g	7,11 abc	13,7 a-d	29,0 d-g	7,8 a-d	8,3 a-d	6,0 abc	5,5 ab	41,1 g		
Урожайность биомассы																
2016	А3	5,0 m-r	5,4 o-r	1,3 abc	3,3 d-m	3,3 e-m	2,2 a-i	2,7 c-j	6,7 r	1,8 a-g	2,9 c-k	3,6 g-o	0,7 a	3,6 g-o	12,51*	1,52
	А4	4,1 i-p	5,9 qr	1,2 abc	4,0 i-p	3,7 h-o	2,7 c-j	2,9 c-k	5,3 n-r	1,9 a-h	2,5 b-j	4,8 l-q	1,3 abc	4,1 j-p		
	9Е	5,6 pqr	9,5 t	1,4 abc	4,6 k-q	3,7 h-o	2,5 a-j	3,7 h-o	8,3 st	3,5 f-n	2,9 c-k	4,0 i-p	0,7 a	2,7 c-k		
2017	А3	1,0 b-j	0,9 a-j	1,1 c-j	0,9 a-h	1,2 e-j	0,9 a-j	0,6 ab	0,7 a-d	1,3 f-j	1,0 b-j	1,3 ij	0,6 ab	1,0 b-j	2,86*	0,38
	А4	1,0 a-j	0,8 a-f	1,2 f-j	1,3 g-j	0,9 a-j	1,0 b-j	0,9 a-j	0,9 a-i	1,0 b-j	1,3 hij	1,2 f-j	1,1 d-j	0,5 a		
	9Е	1,0 b-j	0,9 a-j	1,3 hij	1,0 b-j	1,0 b-j	0,8 a-g	1,3 f-j	0,9 a-i	1,2 f-j	1,3 ij	1,4 j	0,6 abc	1,0 b-j		
2018	А3	3,4 abc	9,1 hi	4,2 a-f	5,9 b-i	3,7 a-e	2,1 a	6,5 a-i	4,6 a-h	4,6 a-h	9,0 ghi	2,1 a	4,5 a-h	6,4 a-i	7,70*	3,88
	А4	5,1 a-i	8,5 e-i	2,5 ab	5,3 a-i	7,9 c-i	3,1 abc	5,1 a-h	4,9 a-h	4,9 a-h	8,3 d-i	2,2 ab	4,5 a-h	5,8 a-i		
	9Е	6,2 a-i	18,8 jk	4,2 a-g	8,9 f-i	4,6 a-h	2,6 ab	4,4 a-h	5,4 a-i	5,4 a-i	20,4 k	2,0 a	5,8 a-i	9,8 i		

Примечание: \* $p \leq 0,05$ . Данные в столбцах, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

Приложение 102 – Морфологические признаки гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Высота растений, см			Длина соцветия, см			Ширина соцветия, см			Выдвинутость ножки соцветия, см		
	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.
А1 О-Янг 1/ Меркурий	126,3	130,9	151,6	31,3	30,2	27,8	15,7	10,9	18,7	13,1	13,4	23,3
А2 КВВ 114/ Меркурий	138,2	112,7	143,5	29,8	26,6	26,5	15,0	7,8	14,2	16,7	13,4	25,5
А2 Восторг / Меркурий	142,3	121,3	146,6	24,3	30,1	25,0	15,1	9,9	12,9	23,1	16,9	30,1
А3 Фетерита14/ Меркурий	164,3	147,5	177,0	24,5	26,5	26,2	14,4	12,6	16,0	26,7	25,0	28,3
А4 КП 70/ Меркурий	129,7	126,1	129,0	27,4	26,8	25,7	9,4	9,4	6,1	31,2	19,4	27,8
М35 Пищевое614/ Меркурий	112,7	118,5	127,0	18,7	26,1	28,8	9,1	5,2	9,4	24,0	14,2	30,2
9Е Пищевое614/Меркурий	125,8	109,2	128,7	29,0	22,0	26,6	17,7	5,1	11,3	22,5	17,2	26,4
А1 О-Янг 1/ Огонек	123,7	134,1	143,9	26,0	26,2	26,6	13,0	11,7	13,0	21,0	18,5	17,5
А2 КВВ 114/ Огонек	126,3	116,9	144,6	21,8	18,9	25,2	20,0	6,3	14,8	21,1	13,6	22,2
А2 Восторг / Огонек	129,6	132,9	156,4	25,2	25,1	27,2	11,6	8,1	12,7	24,0	17,9	29,3
А3 Фетерита14/ Огонек	154,9	147,4	172,8	25,0	22,3	24,5	18,2	10,5	14,1	30,5	20,2	29,8
А4 КП 70/ Огонек	126,6	133,7	134,7	25,1	28,3	26,1	4,8	7,3	6,3	28,4	29,1	27,6
М-35 Пищевое614/ Огонек	125,8	99,7	132,5	28,0	16,2	28,2	16,3	3,8	11,3	20,9	15,2	27,7
9Е Пищевое614/Огонек	124,0	95,4	128,5	25,0	16,2	28,9	16,0	3,7	12,1	26,0	17,2	27,1
А1 О-Янг 1/ Аванс	150,1	146,0	156,0	30,7	30,2	31,3	14,3	9,3	14,6	14,6	13,9	17,1
А2 КВВ 114/ Аванс	144,1	134,1	138,7	30,5	24,1	26,0	22,3	10,2	13,8	26,2	15,6	13,5
А2 Восторг / Аванс	137,1	127,0	140,4	25,4	23,7	24,1	10,3	8,5	10,2	23,0	21,9	21,8
А3 Фетерита14/ Аванс	149,4	138,8	169,6	19,9	22,0	23,6	8,5	6,3	11,4	21,4	8,7	17,7
А4 КП 70/ Аванс	131,9	118,5	136,4	28,8	24,7	24,6	6,7	5,5	6,2	26,2	19,2	20,3
М-35 Пищевое614/ Аванс	130,6	117,4	130,6	30,8	17,8	25,7	11,3	4,1	11,3	19,8	16,5	22,7
9Е Пищевое614/Аванс	127,2	118,5	131,3	30,1	21,2	27,8	13,3	5,8	11,0	19,8	14,3	25,7
А1 О-Янг 1/ Топаз	128,7	133,0	151,0	29,8	32,2	29,2	9,1	9,2	16,8	14,3	9,2	21,2
А2 КВВ 114/ Топаз	139,7	144,6	150,9	27,2	23,7	26,8	16,6	10,8	13,1	26,2	3,8	17,1
А2 Восторг / Топаз	145,5	133,4	151,2	25,1	23,0	26,4	10,0	5,8	15,8	28,3	19,2	24,9
А3 Фетерита14/ Топаз	163,6	157,2	155,6	24,5	23,1	20,4	10,6	6,8	9,8	23,0	18,3	18,0

Продолжение приложения 102

А4 КП 70/ Топаз	129,7	111,3	133,6	27,4	21,8	21,9	6,1	5,7	8,0	26,5	18,2	27,6
М35 Пищевое614/ Топаз	138,9	113,9	141,9	27,0	18,8	27,3	6,3	4,4	13,0	29,7	17,4	25,7
9Е Пищевое614/Топаз	134,6	112,9	157,5	27,0	21,3	26,7	14,9	5,9	12,7	27,3	17,0	21,7
А1 О-Янг 1/ Волжское615	154,0	122,9	150,3	31,2	28,7	32,3	14,4	12,1	23,3	26,1	7,5	19,8
А2 КВВ 114/ Волжское615	155,3	121,2	146,2	23,1	19,7	27,1	16,7	9,4	17,5	28,3	9,2	14,4
А2 Восторг / Волжское615	146,3	127,3	150,3	21,8	24,9	21,7	18,2	7,9	8,7	23,9	15,1	25,7
А3 Фетерита14/ Волжское615	179,7	147,9	193,7	23,0	15,9	24,1	13,1	5,5	12,8	26,2	13,4	23,9
А4 КП 70/ Волжское615	152,5	127,4	136,7	31,6	27,4	25,3	17,0	6,7	8,1	29,6	13,9	26,6
М35 Пищевое614/Волжское615	133,5	113,9	135,2	23,7	23,2	28,5	14,3	6,4	12,5	22,6	15,0	22,5
9Е Пищевое614/ Волжское615	125,7	119,2	138,7	27,9	22,9	24,8	16,0	5,3	12,4	22,6	16,8	24,7
А1 О-Янг 1/ Пищевое35	164,3	140,9	175,0	33,5	23,9	29,3	20,1	7,3	16,6	10,6	9,2	17,4
А2 КВВ 114/ Пищевое35	170,9	111,9	145,8	31,4	20,0	30,1	17,3	5,8	18,8	26,5	7,1	15,2
А2 Восторг / Пищевое35	170,7	165,5	154,2	28,0	20,9	29,3	15,6	7,3	20,4	21,2	13,9	24,5
А3 Фетерита14/ Пищевое35	174,9	157,5	202,9	23,0	16,5	23,1	11,9	5,6	12,7	26,3	12,8	23,3
А4 КП 70/ Пищевое35	155,0	116,1	170,2	30,0	22,5	24,6	12,4	6,3	7,3	27,9	16,3	20,7
М35 Пищевое614/Пищевое35	135,7	117,9	137,5	31,4	20,7	27,9	15,2	4,9	15,8	30,6	19,5	24,6
9Е Пищевое614/ Пищевое35	130,2	117,3	135,9	27,5	19,9	27,5	17,2	5,0	14,7	19,0	19,8	24,9
А1 О-Янг 1/ Волжское4	131,5	133,8	155,0	40,7	25,7	29,2	26,3	6,3	17,2	7,5	4,7	14,2
А2 КВВ 114/ Волжское4	177,6	160,0	159,1	29,8	25,6	29,3	20,3	10,9	11,2	31,7	15,9	11,4
А2 Восторг/ Волжское4	147,5	160,4	149,7	32,0	22,4	28,7	20,0	6,3	16,5	10,2	14,6	21,4
А3 Фетерита14/ Волжское4	170,3	150,1	194,9	24,6	17,3	27,4	12,0	4,8	18,1	22,0	13,9	21,5
А4 КП 70/ Волжское4	150,7	129,4	170,6	36,2	26,1	31,5	9,6	6,5	9,0	24,0	15,3	29,6
М35 Пищевое614/ Волжское4	129,0	119,5	129,9	28,2	19,7	27,3	13,0	5,6	13,4	34,3	19,5	19,0
9Е Пищевое614/Волжское4	123,0	122,3	135,4	31,0	20,5	30,1	21,0	6,0	13,8	23,0	20,2	22,0
F <sub>05</sub>	32,71*	104,9*	57,46*	6,98*	25,25*	6,83*	9,51*	35,09*	13,49*	10,86*	28,76*	17,38*
Орион (st)	141,4	132,5	138,0	27,0	31,0	28,0	6,7	6,3	8,7	19,5	25,0	21,7
min	112,7	95,4	127,0	18,7	15,9	20,4	4,8	3,7	6,1	7,5	3,8	11,4
max	179,7	165,5	202,9	36,2	32,2	32,3	26,3	12,6	23,3	34,3	29,1	30,2
V	11,9	12,6	12,1	13,4	17,2	9,4	31,7	32,3	28,6	24,6	30,8	21,1

Примечание: \* $p \geq 0,05$ . min и max – минимальное и максимальное значение признака; V – коэффициент вариации, %.

Приложение 103 – Элементы структуры урожая и урожайность гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Урожайность зерна, т/га			Масса 1000 зерен, г			Число зерен с 1 метелки, шт.		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
А1 О-Янг 1/ Меркурий	3,27	5,81	5,34	26,9	22,9	26,7	681,0	1103,3	557,0
А2 КВВ 114/ Меркурий	4,44	4,31	6,60	22,4	25,2	26,2	878,0	902,0	1082,0
А2 Восторг / Меркурий	4,85	7,00	8,62	31,6	28,3	32,5	810,0	1091,0	950,3
А3 Фетерита14/ Меркурий	4,30	7,83	4,97	36,9	31,2	39,3	479,0	821,7	1015,5
А4 КП 70/ Меркурий	5,00	2,00	2,99	39,0	39,6	29,8	535,0	311,3	1013,0
М35 Пищевое614/ Меркурий	1,89	4,46	7,63	34,3	28,2	32,4	367,0	520,0	891,5
9Е Пищевое614/Меркурий	5,10	4,48	7,47	27,7	28,9	31,2	787,0	645,5	1142,7
А1 О-Янг 1/ Огонек	3,05	4,67	4,42	26,8	25,4	29,0	713,0	1104,3	1368,3
А2 КВВ 114/ Огонек	4,76	3,86	8,98	26,0	26,3	25,9	734,0	673,0	1413,3
А2 Восторг / Огонек	4,20	4,82	7,32	35,8	30,5	32,7	414,0	523,0	1049,7
А3 Фетерита14/ Огонек	2,84	6,34	6,53	39,5	31,5	34,0	241,0	748,0	769,3
А4 КП 70/ Огонек	4,80	3,60	3,50	33,9	31,6	34,6	643,0	514,7	949,0
М-35 Пищевое614/ Огонек	3,18	2,45	6,81	31,1	25,1	31,3	437,0	221,5	1137,0
9Е Пищевое614/Огонек	4,85	2,41	6,86	26,8	25,8	30,0	821,0	308,0	1118,7
А1 О-Янг 1/ Аванс	4,18	6,78	7,71	34,0	32,7	28,3	649,0	1338,0	1964,7
А2 КВВ 114/ Аванс	8,85	4,86	7,69	37,2	28,8	28,0	1132,0	957,7	1685,7
А2 Восторг / Аванс	8,17	4,02	6,88	35,5	31,3	35,9	1100,0	586,7	1107,3
А3 Фетерита14/ Аванс	4,22	5,58	6,48	39,8	37,7	41,8	453,0	577,7	1191,0
А4 КП 70/ Аванс	5,14	4,01	5,10	38,9	37,5	37,9	645,0	605,8	942,3
М-35 Пищевое614/ Аванс	3,83	4,72	9,01	30,9	31,5	32,9	592,0	810,0	1339,5
9Е Пищевое614/Аванс	4,11	5,32	9,10	37,3	29,4	32,2	690,0	928,5	1393,0
А1 О-Янг 1/ Топаз	4,09	9,15	6,20	32,3	26,6	29,7	1014,0	1223,5	1611,0
А2 КВВ 114/ Топаз	4,97	4,12	5,94	32,8	29,4	30,5	511,0	577,5	1329,0
А2 Восторг / Топаз	7,26	3,81	8,86	29,8	26,9	34,5	1282,0	858,5	1225,7
А3 Фетерита14/ Топаз	6,10	5,20	6,95	37,3	33,1	37,9	1058,0	644,6	1162,0
А4 КП 70/ Топаз	4,94	4,86	3,94	40,0	31,3	34,3	724,0	896,3	1048,3

Продолжение приложения 103

М35 Пищевое614/ Топаз	5,27	4,51	6,35	34,2	29,6	29,2	772,0	899,5	1502,0
9Е Пищевое614/Топаз	3,07	4,19	6,30	34,3	29,3	29,0	710,0	587,0	1443,0
А1 О-Янг 1/ Волжское615	4,07	6,47	5,49	33,6	32,7	27,1	673,0	1017,0	1621,0
А2 КВВ 114/ Волжское615	5,52	4,86	5,29	25,6	26,9	29,5	1137,0	926,0	999,0
А2 Восторг / Волжское615	7,08	3,13	4,50	28,9	27,4	32,0	1203,0	821,7	1149,3
А3 Фетерита14/ Волжское615	5,24	3,49	5,27	33,2	31,1	35,6	792,0	773,0	1289,0
А4 КП 70/ Волжское615	5,26	4,98	3,73	32,2	28,7	32,0	908,0	1023,3	1018,3
М35 Пищевое614/Волжское615	3,48	4,50	7,02	30,9	33,3	33,2	563,0	1303,0	1144,0
9Е Пищевое614/ Волжское615	4,97	4,53	7,15	29,6	29,2	31,4	1008,0	1243,5	1200,3
А1 О-Янг 1/ Пищевое35	4,35	5,07	2,80	27,8	26,3	26,1	978,0	1266,7	1019,0
А2 КВВ 114/ Пищевое35	6,63	5,04	3,92	26,8	23,2	28,6	1045,0	815,0	1123,0
А2 Восторг / Пищевое35	6,93	2,88	9,62	30,0	25,8	35,1	1268,0	312,0	1717,3
А3 Фетерита14/ Пищевое35	5,54	4,98	6,72	31,8	35,1	36,5	684,0	1056,0	1323,0
А4 КП 70/ Пищевое35	5,01	3,47	5,74	28,2	26,2	35,8	991,0	952,3	1206,7
М35 Пищевое614/Пищевое35	3,79	3,56	7,31	34,5	29,4	31,3	827,0	656,5	1389,7
9Е Пищевое614/ Пищевое35	5,12	3,59	7,28	30,1	28,7	31,5	799,0	643,5	1285,7
А1 О-Янг 1/ Волжское4	6,07	4,63	4,02	27,1	27,3	28,5	2834,0	1460,0	992,7
А2 КВВ 114/ Волжское4	6,40	5,42	6,98	28,4	27,2	29,4	943,0	711,3	2102,3
А2 Восторг/ Волжское4	5,40	3,32	6,49	31,7	26,3	36,1	609,0	441,5	1642,3
А3 Фетерита14/ Волжское4	8,61	6,08	5,79	30,6	26,1	37,2	1226,0	1255,0	1198,7
А4 КП 70/ Волжское4	5,95	5,45	6,02	39,7	42,9	39,2	834,0	914,0	1136,0
М35 Пищевое614/ Волжское4	4,20	3,61	6,77	30,7	23,0	28,9	857,0	747,0	1924,7
9Е Пищевое614/Волжское4	4,36	4,32	7,16	26,4	23,5	30,4	970,0	919,0	2226,5
F <sub>05</sub>	20,92*	22,48*	5,68*	46,49*	27,02*	9,43*	36,22*	36,16*	5,44*
Орион (st)	7,68	5,34	8,05	19,8	18,0	29,3	2198,7	1444,4	1372,0
<i>min</i>	1,89	2,00	2,80	22,4	22,9	25,9	241,0	221,5	557,0
<i>max</i>	8,85	9,15	9,62	40,0	42,9	41,8	2834,0	1460,0	2226,5
<i>V</i>	28,9	26,1	25,8	13,5	12,9	11,8	31,3	35,5	26,4

Примечание: \* $p \geq 0,05$ . *min* и *max*– минимальное и максимальное значение признака; *V* – коэффициент вариации, %.



Приложение 104 – Эффекты ОКС материнских форм с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по морфометрическим признакам, 2015-2017 гг.

Стерильная линия	Высота при созревании			Выдвинутость ножки			Длина соцветия			Ширина соцветия		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.
А1 О-Янг 1	-2,64	5,63	5,12	-8,23	-4,55	-4,07	4,25	5,02	2,56	1,88	2,34	4,08
А2 КВВ 114	7,86	-0,11	-2,59	2,14	-4,24	-5,72	-0,10	-0,47	0,46	4,05	1,54	1,68
А2 Восторг	3,12	9,37	0,26	-1,56	1,60	2,62	-1,66	1,16	-0,76	0,15	0,49	0,79
А3Фетерита 14	22,85	20,60	31,36	1,64	0,57	0,45	-4,13	-2,62	-2,63	-1,57	0,24	0,46
А4 КП 70	-2,99	-5,66	-5,10	4,17	3,30	2,98	1,88	2,23	-1,15	-4,82	-0,42	-5,80
М35Пищевое 614	-12,97	-14,48	-16,05	2,47	1,29	1,87	-0,81	-2,77	0,85	-2,04	-2,27	-0,70
9Е Пищевое 614	-15,22	-15,34	-12,99	-0,64	2,03	1,87	0,57	-2,56	0,66	2,34	-1,94	-0,52
F <sub>05</sub>	213,42*	203,29*	113,72*	84,98*	35,02*	23,04*	42,25*	42,53*	8,44*	65,08*	56,51*	23,14*
НСР <sub>05</sub>	1,64	1,69	2,71	0,82	0,97	1,33	0,75	0,84	1,06	0,69	0,41	1,16

Примечание: \* p≤0,05.

Приложение 105 – Эффекты ОКС материнских форм с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по элементам продуктивности зерна, 2015-2017 гг.

Стерильная линия	Урожайность зерна			Масса 1000 зерен			Число зерен с одной метелки		
	2015 г.	2016г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
А1 О-Янг 1	-0,83	1,41	-1,17	-2,28	-1,60	-4,19	240,27	394,97	37,25
А2 КВВ 114	0,94	-0,02	0,16	-3,61	-2,59	-3,80	74,27	-26,50	123,05
А2 Восторг	1,28	-0,52	1,15	-0,14	-1,23	2,01	117,98	-159,08	-4,42
А3Фетерита 14	0,27	0,97	-0,21	3,53	2,95	5,36	-132,45	18,29	-132,05
А4 КП 70	0,16	-0,61	-1,88	3,92	4,67	2,70	-82,88	-75,75	-222,75
М35Пищевое 614	-1,33	-0,69	0,95	0,30	-0,71	-0,78	-206,45	-84,35	65,07
9Е Пищевое 614	-0,48	-0,54	1,01	-1,73	-1,47	-1,28	-10,74	-67,57	133,85
F <sub>05</sub>	114,65*	77,70*	22,61*	190,8*	85,85*	62,50*	95,11*	118,64*	6,79*
НСР <sub>05</sub>	0,15	0,17	0,45	0,37	0,54	0,82	29,44	31,01	94,34

Примечание: \* p≤0,05.

Приложение 106 – Эффекты ОКС сортов-опылителей по селекционно-ценным признакам, 2015-2017 гг.

Сорт	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
	Высота при созревании			Выдвинутость ножки соцветия		
Меркурий	-8,25	-5,14	-6,22	-0,61	1,60	4,60
Огонек	-12,32	-6,01	-4,79	1,04	3,34	3,12
Аванс	-3,82	-0,26	-6,27	-1,96	0,25	-2,93
Топаз	-2,33	0,58	-0,75	1,52	-0,74	-0,40
Волжское 615	7,12	-3,19	0,59	2,11	-2,48	-0,24
Пищевое 35	14,95	3,55	10,64	-0,38	-1,38	-1,24
Волжское 4	4,64	10,47	6,80	-1,71	-0,59	-2,89
F <sub>05</sub>	113,28*	38,93*	20,26*	12,73*	13,70*	15,84*
	Длина соцветия			Ширина соцветия		
Меркурий	-1,33	3,76	-0,16	-0,48	1,50	-0,43
Огонек	-2,48	-1,24	-0,14	0,03	0,15	-1,04
Аванс	0,39	0,25	-0,66	-1,86	-0,09	-1,88
Топаз	-0,77	0,28	-1,29	-3,73	-0,25	-0,34
Волжское 615	-1,59	0,11	-0,56	1,43	0,42	0,52
Пищевое 35	1,64	-2,50	0,57	1,43	-1,16	2,10
Волжское 4	4,15	-0,66	2,25	3,20	-0,56	1,08
F <sub>05</sub>	31,06*	18,15*	3,96*	10,32*	13,73*	4,54*
	Масса 1000 зерен			Число зерен с одной метелки		
Меркурий	-0,80	-0,11	-0,94	-189,02	-50,45	-317,27
Огонек	-0,64	-1,27	-1,03	-265,31	-236,50	-152,51
Аванс	4,15	3,39	1,75	-85,59	8,05	107,22
Топаз	2,32	0,15	0,05	30,12	-8,71	64,01
Волжское 615	-1,47	0,59	-0,56	60,55	194,21	-64,57
Пищевое 35	-2,13	-1,48	0,02	104,55	-6,57	27,35
Волжское 4	-1,40	-1,26	0,71	344,69	99,97	335,75
F <sub>05</sub>	126,0*	33,88*	4,92*	163,29*	63,17*	16,51*
	Урожайность зерна					
Меркурий	-0,87	0,46	-0,08			
Огонек	-1,03	-0,64	0,02			
Аванс	0,50	0,37	1,10			
Топаз	0,10	0,45	0,04			
Волжское 615	0,09	-0,09	-0,82			
Пищевое 35	0,34	-0,58	-0,12			
Волжское 4	0,86	0,02	-0,14			
F <sub>05</sub>	64,10*	23,41*	5,32*			

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 107 – Дисперсии СКС материнских форм с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по морфометрическим признакам, 2015-2017 гг.

Стерильная линия	Высота при созревании			Выдвинутость ножки			Длина соцветия			Ширина соцветия		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
А1 О-Янг 1	104,47	63,37	45,39	27,40	9,94	5,85	6,51	4,55	5,88	14,43	2,83	8,95
А2 КВВ 114	129,25	214,12	34,86	21,46	16,40	5,53	6,93	5,12	1,72	11,03	5,17	5,66
А2 Восторг	36,06	174,62	40,01	22,98	7,59	0,45	2,39	2,35	4,74	4,35	0,89	10,53
А3Фетерита 14	47,41	50,71	162,30	7,55	21,23	7,67	9,18	8,67	2,51	10,70	5,56	7,47
А4 КП 70	24,95	116,58	147,77	4,87	10,81	13,44	4,76	7,39	3,70	12,02	0,71	1,18
М35Пищевое 614	70,30	34,81	43,89	36,36	12,03	2,77	15,36	6,53	2,27	6,38	1,28	1,66
9Е Пищевое 614	89,33	43,00	113,10	5,97	9,42	5,56	2,72	4,03	1,52	2,60	1,59	0,31

Приложение 108 – Дисперсии СКС материнских форм с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по элементам продуктивности зерна, 2015-2017 гг.

Стерильная линия	Урожайность зерна			Масса 1000 зерен			Число зерен с одной метелки		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
А1 О-Янг 1	0,24	1,77	1,84	6,61	7,87	2,14	405057,38	35222,78	209814,98
А2 КВВ 114	1,31	0,54	2,16	10,02	3,02	2,55	72860,16	23974,21	69521,71
А2 Восторг	1,28	1,72	2,78	7,42	3,01	0,94	129149,96	85047,17	44950,25
А3Фетерита 14	1,84	1,69	0,50	6,98	8,60	4,01	36722,37	57805,55	39358,18
А4 КП 70	0,26	1,59	1,38	13,94	36,65	6,46	20868,26	41963,01	35286,31
М35Пищевое 614	0,61	0,24	0,37	9,77	7,81	4,27	10691,18	48482,33	20056,86
9Е Пищевое 614	1,41	0,37	0,38	5,51	3,77	1,41	31081,74	33706,51	52135,51

Приложение 109 – Дисперсии СКС сортов-опылителей по селекционно-ценным признакам, 2015-2017 гг.

Сорт	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
	Высота при созревании			Выдвинутость ножки соцветия		
Меркурий	40,38	70,30	19,95	9,74	13,36	5,10
Огонек	54,64	96,05	38,62	19,00	18,66	6,22
Аванс	70,80	76,08	18,75	6,66	19,21	5,41
Топаз	73,05	79,35	215,78	10,86	10,81	7,90
Волжское 615	44,49	48,82	41,37	18,85	1,79	2,27
Пищевое 35	79,16	186,68	133,52	10,14	7,67	3,40
Волжское 4	139,25	139,92	119,33	51,33	15,91	10,96
	Длина соцветия			Ширина соцветия		
Меркурий	10,84	4,48	1,69	4,04	4,22	3,37
Огонек	9,74	9,30	2,63	14,95	3,98	2,30
Аванс	6,99	2,62	1,92	8,11	1,11	0,99
Топаз	1,34	6,82	3,00	4,59	1,61	3,46
Волжское 615	5,76	8,03	5,55	11,35	1,96	11,87
Пищевое 35	4,19	2,96	3,07	3,84	1,33	7,52
Волжское 4	8,99	4,42	4,48	14,64	3,82	6,25
	Масса 1000 зерен			Число зерен с одной метелки		
Меркурий	10,36	9,89	5,31	16561,92	72973,97	54106,90
Огонек	10,11	3,73	2,37	38230,57	30123,58	24791,77
Аванс	10,43	2,01	2,44	49553,27	28436,97	80004,30
Топаз	4,99	3,44	2,72	70682,60	33364,27	16898,76
Волжское 615	6,54	12,70	3,26	53168,91	76772,05	56232,99
Пищевое 35	9,46	12,30	1,12	24138,95	38913,84	72059,16
Волжское 4	8,37	26,66	4,56	454094,84	45616,87	167029,90
	Урожайность зерна					
Меркурий	0,69	2,70	0,80			
Огонек	0,94	1,01	1,37			
Аванс	1,92	0,25	1,09			
Топаз	1,20	1,57	1,03			
Волжское 615	0,17	1,18	1,14			
Пищевое 35	0,10	0,27	3,11			
Волжское 4	1,92	0,95	0,86			

Приложение 110 – Эффекты СКС гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по морфологическим признакам, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Высота растений			Длина соцветия			Ширина соцветия			Выдвинутость ножки соцветия		
	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.
А1 О-Янг 1/ Меркурий	-5,27	1,52	3,13	0,75	-1,72	-1,42	0,07	-0,14	1,96	-1,60	0,88	0,01
А2 КВВ 114/ Меркурий	-3,84	-10,93	2,75	2,71	0,17	-0,62	-2,86	-2,44	-0,13	-5,38	0,56	3,84
А2 Восторг / Меркурий	4,98	-11,82	2,99	-0,35	2,03	-0,89	1,18	0,70	-0,55	1,75	-1,77	0,10
А3 Фетерита14/ Меркурий	7,28	3,15	2,29	2,35	2,21	2,17	2,20	3,65	2,87	2,19	7,35	0,47
А4 КП 70/ Меркурий	-1,50	8,02	-9,23	-0,78	-2,34	0,19	0,43	1,12	-0,75	4,15	-0,97	-2,55
М35 Пищевое614/ Меркурий	-8,52	9,24	-0,29	-6,80	1,97	1,29	-2,65	-1,22	-2,55	-1,38	-4,15	0,96
9Е Пищевое614/Меркурий	6,86	0,79	-1,64	2,12	-2,33	-0,72	1,62	-1,66	-0,83	0,25	-1,90	-2,85
А1 О-Янг 1/ Огонек	-3,80	5,59	-5,99	-3,40	-0,71	-2,63	-3,16	2,01	-3,12	4,65	4,24	-4,31
А2 КВВ 114/ Огонек	-11,74	-5,85	2,42	-3,28	-2,51	-1,93	1,66	-2,59	1,07	-5,61	-0,97	2,04
А2 Восторг / Огонек	-3,66	0,65	11,36	1,71	2,04	1,29	-2,82	0,26	-0,13	1,02	-2,51	0,79
А3 Фетерита14/ Огонек	1,97	3,92	-3,33	3,94	3,03	0,46	5,49	2,90	1,59	4,26	0,81	3,46
А4 КП 70/ Огонек	-0,52	16,49	-4,96	-1,90	4,17	0,57	-4,66	0,38	0,06	-0,30	6,98	-1,26
М-35 Пищевое614/ Огонек	8,65	-8,69	3,78	3,66	-2,91	0,67	4,10	-1,26	-0,03	-6,10	-4,90	-0,05
9Е Пищевое614/Огонек	9,11	-12,13	-3,27	-0,72	-3,12	1,56	-0,62	-1,70	0,57	2,07	-3,64	-0,66
А1 О-Янг 1/ Аванс	14,10	11,75	7,59	-1,60	1,79	2,57	0,05	-0,15	-0,70	1,23	2,72	1,34
А2 КВВ 114/ Аванс	-2,41	5,60	-1,99	2,57	1,19	-0,62	5,88	1,55	0,90	2,50	4,11	-0,60
А2 Восторг / Аванс	-4,68	-10,99	-3,15	-0,94	-0,85	-1,29	-2,26	0,90	-1,81	3,02	4,56	-0,65
А3 Фетерита14/ Аванс	-12,07	-10,41	-5,05	-3,97	1,23	0,07	-2,29	-1,04	-0,28	-1,80	-7,60	-2,58
А4 КП 70/ Аванс	-3,71	-4,44	-1,77	-1,08	-0,92	-0,41	-0,84	-1,17	0,79	0,50	0,16	-2,50
М-35 Пищевое614/ Аванс	4,99	3,27	3,37	3,56	-2,81	-1,30	0,94	-0,72	0,79	-4,28	-0,51	1,00
9Е Пищевое614/Аванс	3,78	5,23	1,01	1,47	0,37	0,97	-1,48	0,64	0,30	-1,18	-3,45	3,99
А1 О-Янг 1/ Топаз	-8,78	-2,10	-2,93	-1,33	3,76	1,10	-3,32	-0,09	-0,02	-2,55	-0,97	3,22
А2 КВВ 114/ Топаз	-8,23	15,24	4,68	0,42	0,76	0,80	2,00	2,30	-1,32	-0,97	-6,68	0,46
А2 Восторг / Топаз	2,27	-5,44	2,12	-0,08	-1,58	1,63	-0,64	-1,63	2,26	4,85	2,86	-0,08

Продолжение приложения 110

А3 Фетерита14/ Топаз	0,61	7,12	-24,58	1,80	2,30	-2,49	1,68	-0,39	-3,41	-3,69	2,99	-4,80
А4 КП 70/ Топаз	-7,39	-12,50	-10,10	-1,31	-3,85	-2,48	0,38	-0,82	1,06	-2,72	0,16	2,26
М35 Пищевое614/ Топаз	11,77	-1,08	9,13	0,96	-1,83	0,92	-2,20	-0,26	0,96	2,15	1,38	1,47
9Е Пищевое614/Топаз	9,75	-1,23	21,68	-0,45	0,44	0,50	2,09	0,89	0,47	2,93	0,24	-2,53
А1 О-Янг 1/ Волжское615	7,08	-8,42	-4,98	0,93	0,43	3,47	-3,19	2,14	5,60	8,72	-0,93	1,36
А2 КВВ 114/ Волжское615	-2,09	-4,37	-1,36	-2,83	-3,06	0,37	-3,04	0,24	2,20	0,56	0,45	-2,39
А2 Восторг / Волжское615	-6,37	-7,75	-0,12	-2,59	0,49	-3,79	2,35	-0,20	-5,71	-0,17	0,51	0,56
А3 Фетерита14/ Волжское615	7,25	1,61	12,18	1,05	-4,72	0,47	-0,99	-2,36	-1,28	-1,04	-0,15	0,93
А4 КП 70/ Волжское615	5,88	7,38	-8,34	3,70	1,91	0,19	6,15	-0,49	0,29	-0,20	-2,38	1,10
М35 Пищевое614/Волжское615	-3,09	2,69	1,09	-1,55	2,73	1,39	0,70	1,06	-0,41	-5,47	0,72	-1,88
9Е Пищевое614/ Волжское615	-8,66	8,86	1,54	1,27	2,21	-2,12	-1,99	-0,37	-0,69	-2,40	1,78	0,30
А1 О-Янг 1/ Пищевое35	9,58	2,83	9,67	0,01	-1,75	-0,66	2,57	-1,07	-2,66	-4,36	-0,33	-0,03
А2 КВВ 114/ Пищевое35	5,69	-20,43	-11,82	2,26	-0,15	2,23	-2,46	-1,77	1,93	1,20	-2,74	-0,59
А2 Восторг / Пищевое35	10,16	23,68	-6,27	0,39	-0,89	2,66	-0,21	0,78	4,41	-0,42	-1,78	0,36
А3 Фетерита14/ Пищевое35	-5,38	4,45	11,32	-2,11	-1,51	-1,66	-2,19	-0,67	-2,95	1,51	-1,85	1,33
А4 КП 70/ Пищевое35	0,60	-10,67	15,09	-1,15	-0,36	-1,65	1,57	0,69	-2,08	0,56	-1,08	-3,79
М35 Пищевое614/Пищевое35	-8,68	-0,05	-6,66	2,94	2,84	-0,35	1,55	1,15	1,31	5,02	4,12	1,22
9Е Пищевое614/ Пищевое35	-11,96	0,19	-11,32	-2,33	1,83	-0,56	-0,82	0,90	0,03	-3,52	3,68	1,50
А1 О-Янг 1/ Волжское4	-12,91	-11,19	-6,49	4,65	-1,79	-2,43	6,98	-2,68	-1,05	-6,10	-5,61	-1,59
А2 КВВ 114/ Волжское4	22,64	20,76	5,32	-1,86	3,60	-0,23	-1,19	2,72	-4,65	7,71	5,26	-2,75
А2 Восторг/ Волжское4	-2,71	11,66	-6,93	1,87	-1,23	0,39	2,39	-0,82	1,53	-10,05	-1,87	-1,09
А3 Фетерита14/ Волжское4	0,33	-9,85	7,16	-3,06	-2,55	0,96	-3,92	-2,07	3,46	-1,45	-1,54	1,17
А4 КП 70/ Волжское4	6,63	-4,28	19,33	2,52	1,39	3,57	-3,03	0,29	0,63	-1,98	-2,87	6,74
М35 Пищевое614/ Волжское4	-5,12	-5,37	-10,42	-2,77	0,00	-2,62	-2,44	1,25	-0,06	10,05	3,34	-2,73
9Е Пищевое614/Волжское4	-8,87	-1,71	-7,97	-1,36	0,59	0,36	1,20	1,30	0,14	1,83	3,29	0,24
F <sub>05</sub>	15,15*	19,82*	6,49*	6,80*	4,43*	1,60*	10,31*	8,40*	2,16*	15,19*	7,50*	1,88*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Приложение 111 – Эффекты СКС гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по элементам структуры урожая, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Урожайность зерна			Масса 1000 зерен			Число зерен с 1 метелки		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
А1 О-Янг 1/ Меркурий	-0,01	-0,73	0,28	-2,06	-4,68	-0,26	-207,41	-62,35	-430,54
А2 КВВ 114/ Меркурий	-0,63	-0,79	0,20	-5,25	-1,39	-1,15	155,59	157,81	8,65
А2 Восторг / Меркурий	-0,55	2,39	1,23	0,46	0,35	-0,66	43,88	479,40	4,44
А3 Фетерита14/ Меркурий	-0,09	1,72	-1,04	2,15	-0,93	2,77	-36,69	32,71	197,27
А4 КП 70/ Меркурий	0,72	-2,51	-1,35	3,79	5,74	-4,05	-30,27	-383,62	285,47
М35 Пищевое614/ Меркурий	-0,90	0,02	0,44	2,75	-0,27	2,03	-74,69	-166,32	-123,85
9Е Пищевое614/Меркурий	1,46	-0,10	0,22	-1,85	1,19	1,33	149,59	-57,61	58,55
А1 О-Янг 1/ Огонек	-0,06	-0,77	-0,74	-2,37	-1,02	2,12	-99,12	124,68	216,00
А2 КВВ 114/ Огонек	-0,14	-0,13	2,46	-1,83	0,86	-1,36	87,88	114,85	175,20
А2 Восторг / Огонек	-1,03	1,32	-0,17	4,55	3,70	-0,38	-275,84	97,44	-60,91
А3 Фетерита14/ Огонек	-1,38	1,34	0,40	4,52	0,51	-2,43	-198,41	145,05	-213,68
А4 КП 70/ Огонек	0,68	0,19	-0,95	-1,41	-1,09	0,83	154,02	5,81	56,71
М-35 Пищевое614/ Огонек	0,56	-0,88	-0,48	-0,60	-2,21	1,01	71,59	-278,78	-43,11
9Е Пищевое614/Огонек	1,38	-1,06	-0,49	-2,86	-0,75	0,22	259,88	-209,07	-130,20
А1 О-Янг 1/ Аванс	-0,48	0,32	1,46	0,03	1,60	-1,36	-342,84	113,82	552,65
А2 КВВ 114/ Аванс	2,41	-0,15	0,09	4,56	-1,31	-2,05	306,16	155,00	187,85
А2 Восторг / Аванс	1,39	-0,49	-1,69	-0,58	-0,16	0,03	230,45	-83,41	-263,05
А3 Фетерита14/ Аванс	-1,55	-0,44	-0,72	0,02	2,05	2,58	-166,12	-269,80	-51,72
А4 КП 70/ Аванс	-0,52	-0,42	-0,43	-1,21	0,13	1,34	-23,69	-147,64	-209,72
М-35 Пищевое614/ Аванс	-0,34	0,37	0,63	-5,65	-0,48	-0,16	46,88	65,15	-100,35
9Е Пищевое614/Аванс	-0,91	0,82	0,66	2,83	-1,82	-0,36	-50,84	166,87	-115,64
А1 О-Янг 1/ Топаз	-0,17	2,61	1,01	0,16	-1,25	1,73	-93,55	16,10	242,17
А2 КВВ 114/ Топаз	-1,07	-0,97	-0,59	2,07	2,53	2,14	-430,55	-208,42	-125,62
А2 Восторг / Топаз	0,88	-0,78	1,34	-4,42	-1,32	0,33	296,74	205,15	-101,44
А3 Фетерита14/ Топаз	0,73	-0,89	0,80	-0,60	0,69	0,37	323,16	-186,02	-37,51

Продолжение приложения 111

А4 КП 70/ Топаз	-0,32	0,35	-0,53	1,67	-2,82	-0,55	-60,41	159,62	-60,51
М35 Пищевое614/ Топаз	1,50	0,08	-0,96	-0,52	0,86	-2,16	111,16	171,42	105,35
9Е Пищевое614/Топаз	-1,54	-0,38	-1,07	1,64	1,32	-1,86	-146,55	-157,85	-22,42
А1 О-Янг 1/ Волжское615	-0,17	0,48	1,17	5,31	4,04	-0,25	-464,98	-393,32	380,75
А2 КВВ 114/ Волжское615	-0,51	0,32	-0,37	-1,40	-0,41	1,76	165,02	-62,85	-327,04
А2 Восторг / Волжское615	0,71	-0,91	-2,14	-1,49	-1,26	-1,55	187,31	-34,57	-49,25
А3 Фетерита14/ Волжское615	-0,11	-2,05	-0,01	-0,87	-1,75	-1,31	26,74	-260,65	218,07
А4 КП 70/ Волжское615	0,01	1,02	0,12	-2,33	-5,86	-2,23	93,16	83,70	38,07
М35 Пищевое614/Волжское615	-0,27	0,62	0,57	-0,02	4,11	2,44	-128,27	372,00	-124,05
9Е Пищевое614/ Волжское615	0,36	0,50	0,64	0,80	0,77	1,14	121,02	295,71	-136,54
А1 О-Янг 1/ Пищевое35	-0,14	-0,43	-2,22	0,17	0,09	-1,83	-203,98	57,15	-313,17
А2 КВВ 114/ Пищевое35	0,34	0,98	-2,44	0,54	-2,02	0,27	29,02	26,92	-294,97
А2 Восторг / Пищевое35	0,31	-0,68	2,27	0,27	-0,78	0,96	208,31	-343,48	426,81
А3 Фетерита14/ Пищевое35	-0,06	-0,08	0,73	-1,61	4,33	-0,99	-125,27	223,12	160,14
А4 КП 70/ Пищевое35	-0,49	-0,01	1,42	-5,62	-6,28	0,97	132,16	213,48	134,54
М35 Пищевое614/Пищевое35	-0,21	0,16	0,15	4,29	2,30	-0,03	91,74	-73,71	29,71
9Е Пищевое614/ Пищевое35	0,26	0,05	0,06	1,96	2,36	0,66	-131,98	-103,50	-143,07
А1 О-Янг 1/ Волжское4	1,05	-1,47	-0,97	-1,26	0,86	-0,12	1411,8	143,91	-647,87
А2 КВВ 114/ Волжское4	-0,40	0,75	0,63	1,32	1,74	0,39	-313,12	-183,31	375,92
А2 Восторг/ Волжское4	-1,73	-0,84	-0,83	1,21	-0,51	1,27	-690,84	-320,52	43,41
А3 Фетерита14/ Волжское4	2,48	0,41	-0,16	-3,62	-4,89	-0,98	176,59	315,58	-272,55
А4 КП 70/ Волжское4	-0,06	1,37	1,73	5,10	10,19	3,69	-264,98	68,64	-244,55
М35 Пищевое614/ Волжское4	-0,32	-0,38	-0,35	-0,24	-4,32	-3,12	-118,41	-89,75	256,31
9Е Пищевое614/Волжское4	-1,01	0,17	-0,02	-2,51	-3,06	-1,12	-201,12	65,45	489,32
F <sub>05</sub>	21,44*	20,13*	3,68*	33,44*	19,72*	2,61*	66,51*	27,67*	4,32*

Примечание: \*p≤0,05.



Приложение 112 – Дисперсионный анализ комбинационной способности компонентов гибридов F1 на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по морфометрическим признакам

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Высота растений				Выдвинутость ножки			
<b>2015</b>								
ОКС линий	7066,839	6	1177,807	213,420*	708,025	6	118,004	84,978*
ОКС тестеров	3751,053	6	625,176	113,282*	106,065	6	17,678	12,730*
СКС	3010,795	36	83,633	15,154*	759,520	36	21,098	15,193*
Случайное	2119,194	96	5,519		533,239	96	1,389	
<b>2016</b>								
ОКС линий	7149,125	6	1191,521	203,290*	408,195	6	68,033	35,021*
ОКС тестеров	1369,268	6	228,211	38,936*	159,680	6	26,613	13,700*
СКС	4183,232	36	116,201	19,825*	524,747	36	14,576	7,503*
Случайное	562,675	96	5,861		186,493	96	1,943	
<b>2017</b>								
ОКС линий	10284,429	6	1714,071	113,729*	506,246	6	84,374	23,041*
ОКС тестеров	1832,071	6	305,345	20,260*	348,230	6	58,038	15,849*
СКС	3524,375	36	97,899	6,496*	247,782	36	6,883	1,880*
Случайное	1446,867	96	15,072		351,539	96	3,662	
<b>Среднее</b>								
ОКС линий	7653,277	6	1275,546	41,518*	403,360	6	67,227	11,582*
ОКС тестеров	1852,634	6	308,772	10,050*	109,552	6	18,259	3,146*
СКС	1607,964	36	44,666	1,454	195,836	36	5,440	0,937
Случайное	2949,408	96	30,723		557,216	96	5,804	
	Длина соцветия				Ширина соцветия			
<b>2015</b>								
ОКС линий	297,180	6	49,530	42,253*	388,179	6	64,697	65,075*
ОКС тестеров	218,510	6	36,418	31,068*	224,169	6	37,362	37,580*
СКС	287,334	36	7,981	6,809*	369,306	36	10,258	10,318*
Случайное	450,133	96	1,172		381,769	96	0,994	
<b>2016</b>								
ОКС линий	370,759	6	61,793	42,533*	121,428	6	20,238	56,515*
ОКС тестеров	158,277	6	26,380	18,157*	29,516	6	4,919	13,737*
СКС	232,032	36	6,445	4,436*	108,384	36	3,011	8,407*
Случайное	139,472	96	1,453		34,378	96	0,358	
<b>2017</b>								
ОКС линий	117,660	6	19,610	8,449*	383,540	6	63,923	23,144*
ОКС тестеров	55,142	6	9,190	3,960*	75,315	6	12,552	4,545*
СКС	134,257	36	3,729	1,607*	214,731	36	5,965	2,160*
Случайное	222,810	96	2,321		265,152	96	2,762	
<b>Среднее</b>								
ОКС линий	193,004	6	32,167	10,319*	211,021	6	35,170	11,105*
ОКС тестеров	47,816	6	7,969	2,556*	46,829	6	7,805	2,464*
СКС	83,969	36	2,332	0,748	75,063	36	2,085	0,658
Случайное	299,264	96	3,117		304,032	96	3,167	

Приложение 113 – Дисперсионный анализ комбинационной способности компонентов гибридов F1 на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по элементам урожайности зерна

Показатель	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>	SS	df	ms	F <sub>05</sub>
	Урожайность зерна				Масса 1000 зерен				Число зерен с одной метелки			
<b>2015</b>												
ОКС линий	37,310	6	6,218	114,659*	344,038	6	57,340	190,878*	1010166,312	6	168361,047	95,109*
ОКС тестеров	20,859	6	3,477	64,103*	227,208	6	37,868	126,058*	1734321,750	6	289053,625	163,290*
СКС	41,873	36	1,163	21,447*	361,727	36	10,048	33,449*	4238572,000	36	117738,109	66,512*
Случайное	5,206	96	0,054		28,838	96	0,300		169937,922	96	1770,187	
<b>2016</b>												
ОКС линий	30,775	6	5,126	77,705*	307,983	6	51,331	85,856*	1398384,00	6	233064,00	118,645*
ОКС тестеров	9,269	6	1,545	23,419*	121,537	6	20,256	33,881*	744628,562	6	124104,758	63,177*
СКС	47,809	36	1,328	20,132*	424,609	36	11,795	19,728*	1957203,500	36	54366,766	27,676*
Случайное	6,333	96	0,066		57,395	96	0,598		188580,828	96	1964,384	
<b>2017</b>												
ОКС линий	57,995	6	9,666	22,612*	521,012	6	86,835	62,507*	740330,312	6	123388,383	6,790*
ОКС тестеров	13,647	6	2,274	5,321*	41,017	6	6,836	4,921*	1800170,250	6	300028,375	16,511*
СКС	56,648	36	1,574	3,681*	130,936	36	3,637	2,618*	2826739,500	36	78520,539	4,321*
Случайное	41,037	96	0,427		133,363	96	1,389		1744464,500	96	18171,506	
<b>Среднее</b>												
ОКС линий	9,968	6	1,661	2,201*	355,287	6	59,215	25,768*	578387,438	6	96397,906	3,036*
ОКС тестеров	6,729	6	1,122	1,486	97,238	6	16,206	7,052*	1094488,000	6	182414,672	5,745*
СКС	16,196	36	0,450	0,596	162,017	36	4,500	1,958*	762492,562	36	21180,350	0,667
Случайное	72,448	96	0,755		220,608	96	2,298		3048138,250	96	31751,439	

Приложение 114 – Истинный гетерозис (%) гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по морфологическим признакам, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Высота растений			Длина соцветия			Ширина соцветия			Выдвинутость ножки соцветия		
	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.
А1 О-Янг 1/ Меркурий	-1,3	26,2	12,1	14,2	45,2	28,1	-13,7	-16,2	16,2	-50,0	-32,7	-24,1
А2 КВВ 114/ Меркурий	8,1	7,5	9,4	8,8	27,9	25,0	-17,6	-40,0	-11,8	-36,3	-32,7	-16,9
А2 Восторг / Меркурий	11,3	9,2	11,7	-11,3	32,6	2,9	-17,0	-23,9	-19,9	-11,8	-15,1	-2,0
А3 Фетерита14/ Меркурий	28,5	45,3	15,5	-10,6	27,4	23,6	-20,9	-3,1	-0,6	1,9	25,6	-7,8
А4 КП 70/ Меркурий	1,4	20,2	-1,7	0,1	28,9	3,6	-48,4	-27,7	-62,1	19,1	-13,0	-9,4
М35 Пищевое614/ Меркурий	-11,9	16,8	-3,2	-31,8	25,5	35,9	-50,0	-60,0	-41,6	-8,4	-35,2	-1,6
9Е Пищевое614/Меркурий	-1,6	7,6	-1,9	5,8	5,8	25,5	-2,8	-60,8	-29,8	-14,1	-20,0	-14,0
А1 О-Янг 1/ Огонек	-2,6	29,3	6,0	-6,1	23,6	22,6	-33,0	-6,4	28,7	-32,9	4,5	-41,5
А2 КВВ 114/ Огонек	-0,6	11,6	6,5	-21,3	-10,9	17,2	3,1	-49,6	46,5	-32,6	-23,2	-25,8
А2 Восторг / Огонек	2,1	19,6	15,2	-9,0	10,6	11,9	-40,2	-35,2	25,7	-23,3	1,1	-2,0
А3 Фетерита14/ Огонек	22,0	44,5	12,8	-9,8	5,2	14,0	-6,2	-16,0	39,6	-2,6	14,1	-0,3
А4 КП 70/ Огонек	-0,3	27,5	-0,8	-9,4	35,4	5,2	-75,3	-41,6	-37,6	-9,3	30,5	-7,7
М-35 Пищевое614/ Огонек	-0,9	-2,3	-2,4	1,1	-23,6	31,2	-16,0	-69,6	11,9	-33,2	-30,6	-7,4
9Е Пищевое614/Огонек	-2,4	-6,5	-5,4	-9,8	-23,6	24,4	-17,5	-70,4	19,8	-16,9	-20,0	-9,4
А1 О-Янг 1/ Аванс	25,7	24,3	15,3	5,5	31,3	33,8	58,9	-4,1	46,0	13,2	14,9	59,8
А2 КВВ 114/ Аванс	20,7	14,1	6,9	4,8	4,8	11,1	147,8	5,2	45,3	103,1	13,0	6,3
А2 Восторг / Аванс	14,8	8,1	8,3	-12,7	3,0	-0,8	10,8	-27,4	24,4	19,2	71,1	16,6
А3 Фетерита14/ Аванс	23,2	18,1	10,7	-31,6	-4,4	0,9	-5,6	-35,1	39,0	9,2	-44,2	9,3
А4 КП 70/ Аванс	4,1	0,9	5,2	-1,0	7,4	-0,8	-25,6	-43,3	-24,4	0,0	-13,9	35,3
М-35 Пищевое614/ Аванс	9,4	-0,1	0,7	5,8	-22,6	9,8	-27,1	-59,0	37,8	-3,4	-24,7	5,1
9Е Пищевое614/Аванс	6,5	0,9	1,2	3,4	-7,8	18,8	9,0	-40,2	15,8	-10,0	-33,5	37,4
А1 О-Янг 1/ Топаз	-10,7	16,2	4,8	23,1	53,3	34,6	-10,8	-26,4	34,4	-38,9	-49,7	-8,6
А2 КВВ 114/ Топаз	-3,1	26,3	4,7	34,0	12,9	32,7	62,8	-13,6	4,8	12,0	-79,2	-26,3
А2 Восторг / Топаз	1,0	16,5	4,9	9,6	1,3	8,6	-2,0	-53,6	26,4	20,9	4,9	7,3

Продолжение приложения 114

А3 Фетерита14/ Топаз	13,5	37,3	1,6	27,6	10,0	1,0	3,9	-45,6	-21,6	-1,7	0,0	-22,4
А4 КП 70/ Топаз	-10,0	-2,8	-7,3	1,9	3,8	-11,7	-40,2	-54,4	-36,0	1,1	-18,4	19,0
М35 Пищевое614/ Топаз	-3,6	-0,5	-1,5	10,8	-10,5	35,2	-59,4	-64,8	4,0	26,9	-20,5	10,8
9Е Пищевое614/Топаз	-6,6	-1,4	9,3	28,6	1,4	32,2	22,1	-52,8	1,6	16,7	-20,9	-6,5
А1 О-Янг 1/ Волжское615	5,4	3,7	6,1	9,1	28,1	42,3	-1,4	30,1	133,0	16,0	-34,8	-13,2
А2 КВВ 114/ Волжское615	6,3	2,3	3,3	-19,2	-12,1	19,4	14,4	1,1	78,6	25,8	-33,3	-36,8
А2 Восторг / Волжское615	0,1	7,4	6,1	-23,8	9,7	-10,7	24,7	-32,5	-11,2	6,2	18,0	12,7
А3 Фетерита14/ Волжское615	23,0	24,8	26,4	-19,6	-29,0	6,2	-10,3	-40,9	30,6	16,4	-14,1	4,8
А4 КП 70/ Волжское615	4,4	7,5	-3,5	10,5	22,3	2,0	16,4	-28,0	-17,4	13,0	-37,7	16,7
М35 Пищевое614/Волжское615	-8,6	-3,9	-4,5	-17,1	3,6	25,6	-7,7	-36,0	27,6	0,4	-31,5	-1,3
9Е Пищевое614/ Волжское615	-14,0	0,6	-2,1	-2,5	2,2	9,3	9,6	-45,4	26,5	0,4	-21,9	8,3
А1 О-Янг 1/ Пищевое35	12,9	-1,1	10,3	31,9	8,1	25,2	59,5	-31,8	30,7	-52,5	-38,3	-24,0
А2 КВВ 114/ Пищевое35	17,5	-21,5	-8,1	23,6	-9,5	28,6	37,3	-45,8	48,0	18,8	-52,3	-33,6
А2 Восторг / Пищевое35	17,3	16,1	-2,8	10,2	-7,9	20,6	23,8	-37,6	60,6	-4,9	-6,7	7,0
А3 Фетерита14/ Пищевое35	20,2	10,5	27,9	-9,5	-25,3	-1,3	-5,6	-47,7	0,0	17,9	-17,9	1,7
А4 КП 70/ Пищевое35	6,5	-18,5	7,3	11,5	1,8	-0,8	-1,6	-41,1	-42,5	6,5	-26,9	-9,6
М35 Пищевое614/Пищевое35	-6,7	-17,3	-13,3	23,6	-6,3	19,2	-1,9	-54,2	24,4	37,2	-11,0	7,4
9Е Пищевое614/ Пищевое35	-10,5	-17,7	-14,3	8,3	-10,0	17,5	36,5	-53,3	15,8	-14,8	-7,9	8,7
А1 О-Янг 1/ Волжское4	-9,5	4,1	9,4	30,5	0,8	22,7	57,5	-30,0	49,57	-185,3	-72,4	-15,0
А2 КВВ 114/ Волжское4	22,2	24,5	12,3	-4,5	0,4	23,1	21,6	32,9	-2,6	48,1	-6,5	-31,7
А2 Восторг/ Волжское4	1,5	24,8	5,7	2,6	-12,2	18,1	19,8	-46,2	43,5	-52,3	-14,1	14,4
А3 Фетерита14/ Волжское4	17,2	16,8	27,2	-21,2	-32,2	15,1	-28,1	-36,0	57,4	2,8	-18,2	28,7
А4 КП 70/ Волжское4	3,7	0,7	20,4	16,0	2,4	27,0	-42,5	-13,3	-21,7	-8,4	-31,4	77,2
М35 Пищевое614/ Волжское4	-11,2	-7,0	-8,3	-9,6	-22,8	14,7	-22,2	-44,0	16,5	60,3	-11,0	-12,0
9Е Пищевое614/Волжское4	-15,4	-4,8	-4,5	-0,6	-19,6	26,5	25,8	-38,1	20,0	4,5	-6,0	17,6

Приложение 115 – Истинный гетерозис (%) гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по элементам структуры урожая и урожайности, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Урожайность зерна			Масса 1000 зерен			Число зерен с 1 метелки		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
А1 О-Янг 1/ Меркурий	-39,4	54,1	-7,5	-10,3	-22,4	-4,3	-28,3	57,1	-56,0
А2 КВВ 114/ Меркурий	-17,8	15,9	14,4	-28,2	38,5	-6,1	2,8	2,9	-41,9
А2 Восторг / Меркурий	-10,2	113,4	49,4	9,0	-18,9	-1,8	-18,2	55,3	28,8
А3 Фетерита14/ Меркурий	-39,7	118,7	-25,3	-16,3	-25,2	-8,4	-33,9	17,0	35,4
А4 КП 70/ Меркурий	-12,6	-41,2	-48,2	6,8	51,7	-9,4	-39,8	-59,6	-19,7
М35 Пищевое614/ Меркурий	-65,0	36,0	32,2	5,2	3,7	16,1	-53,8	-26,0	1,2
9Е Пищевое614/Меркурий	-5,6	36,6	29,5	-10,6	4,7	11,8	1,7	-8,1	16,2
А1 О-Янг 1/ Огонек	-42,5	23,9	-18,6	-24,3	-13,9	0,0	-24,9	62,6	8,1
А2 КВВ 114/ Огонек	-5,9	3,8	57,0	-26,6	20,6	-10,7	-14,1	-23,3	-24,1
А2 Восторг / Огонек	-19,7	39,7	34,8	1,1	-12,6	-1,2	-58,2	-12,1	42,2
А3 Фетерита14/ Огонек	-60,2	77,1	-1,8	-10,4	-24,5	-20,7	-66,8	25,7	2,6
А4 КП 70/ Огонек	-16,1	4,3	-38,3	-7,1	21,1	5,2	-27,6	-33,2	-24,7
М-35 Пищевое614/ Огонек	-36,9	-29,0	25,4	-12,1	-7,7	7,9	-45,0	-64,2	29,1
9Е Пищевое614/Огонек	-5,1	-30,1	26,3	-24,3	-6,5	3,4	6,1	-55,7	13,8
А1 О-Янг 1/ Аванс	-23,2	39,2	3,8	-12,8	-12,3	-19,4	-31,7	97,1	55,2
А2 КВВ 114/ Аванс	62,7	-0,2	3,5	-4,6	-22,8	-20,2	32,6	9,2	-9,4
А2 Восторг / Аванс	50,2	-17,5	-7,4	-9,0	-16,1	2,3	11,1	21,6	39,3
А3 Фетерита14/ Аванс	-40,8	14,6	-12,8	-9,8	-9,6	-2,6	-37,5	17,7	49,8
А4 КП 70/ Аванс	-10,1	-17,7	-31,4	-0,3	0,5	8,0	-27,4	-21,3	-25,3
М-35 Пищевое614/ Аванс	-29,6	-3,1	21,3	-20,8	-15,5	-6,3	-25,5	30,9	52,0
9Е Пищевое614/Аванс	-24,4	9,2	22,5	-4,4	-21,2	-8,3	-10,9	33,6	41,7
А1 О-Янг 1/ Топаз	-22,8	142,7	-4,6	7,7	-9,8	8,8	6,7	63,0	27,3
А2 КВВ 114/ Топаз	-1,8	10,8	-8,6	5,1	31,3	11,7	-40,2	-34,2	-28,6
А2 Восторг / Топаз	38,8	55,5	36,3	2,8	-22,9	4,2	29,5	14,4	15,1
А3 Фетерита14/ Топаз	-14,4	45,3	4,5	-15,4	-20,6	-11,7	45,9	-14,1	9,1

Продолжение приложения 115

А4 КП 70/ Топаз	-13,6	42,9	-39,4	9,6	19,9	4,3	-18,5	16,4	-16,9
М35 Пищевое614/ Топаз	4,6	81,1	-2,3	4,9	8,8	7,0	-2,9	19,8	41,0
9Е Пищевое614/Топаз	-39,9	54,0	-3,1	10,6	6,2	6,2	-8,3	-21,8	35,5
А1 О-Янг 1/ Волжское615	-23,2	59,8	34,9	5,7	10,8	12,0	-29,2	49,8	28,0
А2 КВВ 114/ Волжское615	9,1	20,0	-7,5	-19,5	47,8	21,9	33,1	5,6	-46,3
А2 Восторг / Волжское615	35,4	-22,7	0,2	-9,1	-21,5	-3,3	21,5	30,7	41,5
А3 Фетерита14/ Волжское615	-26,5	-13,8	-20,8	-24,7	-25,4	-17,0	9,2	23,0	58,7
А4 КП 70/ Волжское615	-8,0	23,0	-34,2	-11,8	10,0	-2,7	2,3	32,9	-19,2
М35 Пищевое614/Волжское615	-31,0	11,1	63,3	-5,2	22,4	24,8	-29,2	107,3	29,9
9Е Пищевое614/ Волжское615	-2,7	11,9	65,1	-6,9	5,8	15,9	30,2	78,9	22,1
А1 О-Янг 1/ Пищевое35	-17,9	6,7	-52,2	-13,7	4,0	-8,1	2,9	4,0	-19,5
А2 КВВ 114/ Пищевое35	31,0	6,1	-33,1	-16,8	4,0	0,7	22,4	-33,1	-39,7
А2 Восторг / Пищевое35	32,5	-39,4	64,2	-6,8	4,0	6,0	28,1	-74,4	57,8
А3 Фетерита14/ Пищевое35	-22,3	4,8	1,1	-27,9	4,0	-14,9	-5,7	-13,3	21,6
А4 КП 70/ Пищевое35	-12,4	-26,9	-2,0	-22,7	4,0	8,8	11,6	-21,8	-4,3
М35 Пищевое614/Пищевое35	-24,8	-25,1	24,7	5,8	4,0	10,2	4,0	-46,1	27,7
9Е Пищевое614/ Пищевое35	0,2	-24,4	24,2	-6,5	4,0	10,9	3,2	-47,2	18,2
А1 О-Янг 1/ Волжское4	-0,3	22,8	-32,1	-9,7	-9,3	-4,0	198,3	115,0	-21,6
А2 КВВ 114/ Волжское4	5,1	45,7	17,9	-9,0	-9,6	-1,0	3,1	-18,9	13,0
А2 Восторг/ Волжское4	-11,3	10,7	9,6	9,3	-24,6	9,1	-38,5	39,7	55,3
А3 Фетерита14/ Волжское4	20,8	69,8	-12,9	-30,6	-37,4	-13,3	34,0	155,6	13,3
А4 КП 70/ Волжское4	-2,3	60,3	1,7	8,8	42,5	19,1	-8,9	18,7	-9,9
М35 Пищевое614/ Волжское4	-31,0	20,3	14,4	-5,8	-23,6	-2,7	-6,3	20,7	82,0
9Е Пищевое614/Волжское4	-28,4	44,0	20,9	-14,8	-21,9	2,4	6,0	32,2	110,5

Приложение 116 – Гипотетический гетерозис (%) гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по морфологическим признакам, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Высота растений			Длина соцветия			Ширина соцветия			Выдвинутость ножки соцветия		
	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.
А1 О-Янг 1/ Меркурий	5,8	27,6	13,7	22,5	51,8	29,3	21,7	-0,9	42,8	-22,0	13,6	16,5
А2 КВВ 114/ Меркурий	12,1	9,2	18,2	20,9	28,5	33,8	15,4	-26,4	10,9	10,6	-20,7	17,5
А2 Восторг / Меркурий	15,1	14,1	12,8	-3,6	38,4	9,7	9,4	-20,2	19,4	1,3	3,0	21,9
А3 Фетерита14/ Меркурий	31,9	48,2	24,5	16,1	66,7	51,5	18,0	40,0	36,8	16,6	40,4	20,4
А4 КП 70/ Меркурий	1,9	22,2	2,1	0,9	34,0	11,7	-20,3	-5,1	-47,0	19,1	-8,1	21,4
М35 Пищевое614/ Меркурий	-2,0	19,2	10,2	-27,8	42,2	39,8	-45,8	-54,8	-21,7	2,6	-32,1	15,3
9Е Пищевое614/Меркурий	7,1	9,0	8,2	19,8	18,6	32,3	16,5	-54,9	-11,7	-6,6	-16,9	6,9
А1 О-Янг 1/ Огонек	4,2	30,3	6,1	1,2	30,4	23,2	-3,7	8,3	28,7	8,8	72,9	-10,7
А2 КВВ 114/ Огонек	2,7	13,1	16,9	-9,2	-9,6	26,0	47,1	-38,6	51,0	19,9	-13,9	4,2
А2 Восторг / Огонек	5,3	24,7	18,2	-0,4	14,4	18,8	-19,4	-34,2	62,8	-5,1	17,0	20,6
А3 Фетерита14/ Огонек	24,7	47,7	19,6	16,9	38,5	40,0	42,2	20,7	62,1	19,6	21,0	29,0
А4 КП 70/ Огонек	-0,2	29,2	4,7	-8,1	42,1	12,5	-61,3	-24,7	-25,9	-1,4	45,5	22,7
М-35 Пищевое614/ Огонек	9,8	0,1	12,8	7,3	-12,7	36,2	-6,9	-66,4	25,6	-19,3	-23,2	7,4
9Е Пищевое614/Огонек	6,0	-5,0	6,0	2,5	-13,6	43,1	1,3	-66,4	23,5	-2,6	-12,2	11,5
А1 О-Янг 1/ Аванс	30,6	32,0	17,7	15,0	43,8	38,5	66,3	-1,1	60,4	44,6	75,9	71,0
А2 КВВ 114/ Аванс	21,0	20,6	15,0	23,5	10,6	24,4	165,5	14,6	55,1	211,9	20,0	15,4
А2 Восторг / Аванс	14,9	11,1	8,7	-2,3	3,5	0,8	12,0	-22,0	50,0	42,9	75,2	48,3
А3 Фетерита14/ Аванс	23,8	29,1	19,9	-10,0	29,4	28,3	11,8	-13,7	48,1	31,3	-37,4	31,1
А4 КП 70/ Аванс	7,2	6,6	8,6	2,9	17,1	2,1	-6,7	-33,7	-18,4	33,7	11,6	57,4
М-35 Пищевое614/ Аванс	17,8	9,3	14,1	14,9	-8,5	18,4	-8,1	-58,6	39,5	18,6	-2,9	40,1
9Е Пищевое614/Аванс	12,4	9,5	11,1	19,9	7,9	31,1	25,5	-40,2	23,6	13,1	-14,9	74,8
А1 О-Янг 1/ Топаз	1,2	21,9	8,1	38,9	61,0	39,1	2,3	-14,8	48,7	-7,1	-16,4	30,1
А2 КВВ 114/ Топаз	6,3	31,9	18,1	37,4	13,9	38,9	84,4	4,9	19,1	91,2	-76,4	-5,0
А2 Восторг / Топаз	10,5	18,3	10,9	19,0	5,3	18,4	2,0	-52,9	75,6	32,2	23,1	18,6

Продолжение приложения 116

А3 Фетерита14/ Топаз	23,3	48,3	4,6	44,1	44,4	21,4	29,3	-21,8	-1,0	7,0	7,6	-8,6
А4 КП 70/ Топаз	-4,2	1,5	0,6	18,6	8,5	-2,7	-21,8	-41,2	-17,5	6,9	-10,3	44,5
М35 Пищевое614/ Топаз	12,8	7,6	16,6	24,0	1,9	35,8	-51,2	-43,4	27,5	35,0	-13,4	14,7
9Е Пищевое614/Топаз	7,2	5,8	25,6	34,3	14,2	36,2	33,0	-46,9	15,5	20,3	-14,6	3,3
А1 О-Янг 1/ Волжское615	20,1	10,6	8,5	19,3	38,0	45,5	29,7	31,5	135,4	75,2	-1,3	23,0
А2 КВВ 114/ Волжское615	17,3	8,5	15,5	-5,7	-8,4	31,6	49,1	8,1	80,4	114,4	-27,6	-19,1
А2 Восторг / Волжское615	10,3	10,8	11,2	-15,5	9,7	-7,7	51,7	-26,2	14,5	14,4	23,8	23,6
А3 Фетерита14/ Волжское615	34,4	36,9	31,4	6,0	-3,9	33,2	26,0	-22,5	50,6	24,2	-1,5	22,6
А4 КП 70/ Волжское615	11,8	10,4	3,9	13,7	31,1	6,3	70,0	-17,3	-3,6	21,3	-17,8	40,7
М35 Пищевое614/Волжское615	7,6	5,6	12,3	-10,6	20,8	33,8	-5,3	-34,0	40,5	5,1	-10,2	1,4
9Е Пищевое614/ Волжское615	-0,7	9,7	11,8	12,5	16,8	19,2	19,4	-44,2	27,8	1,3	1,8	18,8
А1 О-Янг 1/ Пищевое35	28,5	14,5	19,1	36,5	16,3	29,7	99,0	-26,3	45,6	-28,4	-1,1	8,1
А2 КВВ 114/ Пищевое35	29,4	-9,5	7,9	37,1	-6,1	44,0	69,6	-39,0	39,4	102,3	-50,7	-14,6
А2 Восторг / Пищевое35	28,9	30,5	7,3	15,7	-6,7	22,6	41,8	-34,8	124,2	1,9	0,0	17,8
А3 Фетерита14/ Пищевое35	31,1	31,3	30,2	14,4	0,6	25,5	26,6	-24,3	27,0	25,2	-16,3	18,9
А4 КП 70/ Пищевое35	13,9	-6,1	21,5	14,5	9,2	2,1	60,0	-24,0	-25,5	14,8	-12,4	8,9
М35 Пищевое614/Пищевое35	9,6	-1,6	6,7	26,1	9,0	28,6	7,8	-52,9	53,4	43,0	6,0	10,3
9Е Пищевое614/ Пищевое35	3,1	-2,8	2,5	18,5	3,7	29,7	38,7	-48,5	32,4	-14,4	8,8	19,7
А1 О-Янг 1/ Волжское4	2,9	15,3	11,9	48,3	15,2	28,1	110,1	-23,7	59,3	-92,0	-54,4	9,2
А2 КВВ 114/ Волжское4	24,6	37,1	25,7	15,5	11,3	38,9	65,0	39,7	6,7	149,6	3,2	-22,4
А2 Восторг/ Волжское4	11,5	33,9	10,7	18,1	-7,4	19,1	53,9	-36,2	94,1	-50,0	-2,0	20,9
А3 Фетерита14/ Волжское4	27,8	32,8	32,1	7,0	-4,4	47,3	5,3	-22,6	92,6	7,3	-14,7	30,3
А4 КП 70/ Волжское4	10,8	10,9	29,6	24,4	16,3	29,6	-12,7	-9,7	-2,2	0,8	-22,3	86,2
М35 Пищевое614/ Волжское4	4,3	5,9	7,8	1,4	-4,8	24,7	-19,3	-36,4	38,1	63,3	0,0	-1,0
9Е Пищевое614/Волжское4	-2,5	7,6	9,0	18,8	-2,8	40,7	44,8	-30,2	31,4	6,0	4,7	24,3



Приложение 117 – Гипотетический гетерозис (%) гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по элементам структуры урожая и урожайности, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Урожайность зерна			Масса 1000 зерен			Число зерен с 1 метелки		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
А1 О-Янг 1/ Меркурий	-38,9	64,6	9,9	8,5	12,3	2,7	-14,0	59,7	-37,8
А2 КВВ 114/ Меркурий	-15,1	23,1	14,8	-12,8	70,3	14,9	18,1	14,2	-9,3
А2 Восторг / Меркурий	-8,8	163,2	68,0	32,8	22,5	6,6	-0,2	114,3	50,5
А3 Фетерита14/ Меркурий	-31,4	128,3	-20,0	15,7	17,7	11,0	-29,5	37,7	59,3
А4 КП 70/ Меркурий	-10,1	-40,1	-47,7	37,8	111,8	-2,0	-29,7	-57,7	13,5
М35 Пищевое614/ Меркурий	-63,8	54,3	51,4	33,5	46,1	18,7	-48,6	-21,3	26,8
9Е Пищевое614/Меркурий	-3,0	49,3	47,9	8,2	48,2	13,5	11,9	-7,6	51,6
А1 О-Янг 1/ Огонек	-33,4	29,4	-5,8	-17,3	-1,2	8,6	18,5	73,3	46,0
А2 КВВ 114/ Огонек	6,7	7,5	60,9	-22,2	31,5	11,2	32,5	-8,6	14,5
А2 Восторг / Огонек	-7,5	75,9	47,6	14,0	7,4	5,1	-33,4	14,8	56,0
А3 Фетерита14/ Огонек	-48,3	80,1	8,1	0,0	-0,9	-5,6	-50,7	37,7	13,3
А4 КП 70/ Огонек	0,2	5,0	-36,9	-5,8	31,7	11,6	12,6	-24,6	1,6
М-35 Пищевое614/ Огонек	-28,5	-17,5	39,8	-6,9	2,4	12,6	-16,7	-63,5	52,7
9Е Пищевое614/Огонек	8,3	-22,0	40,6	-19,3	4,5	6,8	59,8	-52,3	40,6
А1 О-Янг 1/ Аванс	-22,2	56,9	35,5	-0,6	-2,1	-4,4	-12,2	130,4	90,7
А2 КВВ 114/ Аванс	68,6	13,0	16,9	5,7	3,6	6,1	63,8	40,9	26,9
А2 Восторг / Аванс	53,0	16,5	15,4	6,9	-13,3	5,3	44,9	47,0	44,5
А3 Фетерита14/ Аванс	-32,9	31,9	-8,0	-3,6	-4,6	7,2	-27,7	18,7	54,2
А4 КП 70/ Аванс	-7,9	-3,1	-22,1	2,9	18,3	11,5	-8,9	-3,3	-8,3
М-35 Пищевое614/ Аванс	-26,9	28,3	53,5	-12,2	-2,5	6,5	-10,5	47,1	59,8
9Е Пищевое614/Аванс	-22,2	40,0	54,8	6,6	-9,5	3,5	6,0	57,7	56,7
А1 О-Янг 1/ Топаз	-0,7	194,2	18,8	21,0	2,3	15,6	49,4	71,1	38,2
А2 КВВ 114/ Топаз	24,3	33,3	-2,8	18,4	44,8	35,6	-19,0	-29,0	-9,2
А2 Восторг / Топаз	77,5	70,1	61,1	16,0	-6,3	14,2	83,5	60,9	35,9
А3 Фетерита14/ Топаз	21,0	72,2	5,6	10,4	3,1	8,0	86,9	3,8	28,0

Продолжение приложения 117

А4 КП 70/ Топаз	14,1	65,9	-35,3	32,0	28,8	14,0	11,8	17,9	-9,9
М35 Пищевое614/ Топаз	32,1	82,6	17,6	23,5	19,4	8,1	28,4	31,3	54,3
9Е Пищевое614/Топаз	-23,8	61,8	16,2	24,7	17,2	6,6	20,2	-18,8	40,9
А1 О-Янг 1/ Волжское615	-15,2	65,5	36,9	9,8	3,8	12,0	2,3	55,5	56,0
А2 КВВ 114/ Волжское615	17,9	24,9	8,0	-19,0	4,3	41,1	86,4	23,0	-25,3
А2 Восторг / Волжское615	48,7	3,0	5,1	-2,4	-19,9	11,5	77,5	73,9	48,3
А3 Фетерита14/ Волжское615	-8,2	-8,6	-1,7	-11,9	-17,7	6,0	45,2	38,1	65,0
А4 КП 70/ Волжское615	5,0	33,5	-23,4	-5,8	-3,7	11,9	44,8	46,3	-1,8
М35 Пищевое614/Волжское615	-25,5	37,6	67,5	-2,2	9,9	30,7	-3,0	108,8	35,1
9Е Пищевое614/ Волжское615	5,7	33,6	70,2	-5,7	-4,3	22,2	76,9	87,9	33,7
А1 О-Янг 1/ Пищевое35	-10,9	19,0	-42,9	-9,7	5,6	-0,8	47,7	33,5	-13,4
А2 КВВ 114/ Пищевое35	39,3	18,9	-32,3	-15,7	20,8	24,3	70,2	-22,2	-23,8
А2 Восторг / Пищевое35	43,2	-15,0	85,7	0,7	-6,5	14,0	85,9	-59,3	88,1
А3 Фетерита14/ Пищевое35	-4,3	19,4	7,3	-16,1	13,2	2,2	24,5	23,6	44,0
А4 КП 70/ Пищевое35	-1,6	-15,0	-0,5	-18,0	12,9	16,6	57,1	-4,2	2,7
М35 Пищевое614/Пищевое35	-20,2	-1,7	43,9	8,5	24,1	13,8	41,5	-28,5	41,2
9Е Пищевое614/ Пищевое35	7,1	-4,0	42,7	-4,7	20,1	13,3	39,2	-32,7	24,2
А1 О-Янг 1/ Волжское4	6,5	36,6	-18,5	2,3	-8,4	5,9	203,9	202,6	-14,6
А2 КВВ 114/ Волжское4	14,7	61,3	19,9	3,3	12,4	24,1	6,6	22,3	44,1
А2 Восторг/ Волжское4	-4,6	31,7	24,6	24,3	-17,8	15,0	-36,1	46,7	82,9
А3 Фетерита14/ Волжское4	30,3	84,8	-7,9	-8,9	-26,9	2,5	49,5	223,0	32,6
А4 КП 70/ Волжское4	0,7	70,3	3,8	31,9	53,8	25,2	-7,5	73,1	-2,0
М35 Пищевое614/ Волжское4	-24,6	31,3	32,5	11,6	-20,1	2,5	0,2	65,1	176,4
9Е Пищевое614/Волжское4	-22,1	51,0	39,6	-3,3	-17,3	7,0	14,9	87,4	118,2

Приложение 118 – Конкурсный гетерозис (%) гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по морфологическим признакам, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Высота растений			Длина соцветия			Ширина соцветия			Выдвинутость ножки соцветия		
	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.
А1 О-Янг 1/ Меркурий	-10,7	-1,2	9,9	15,9	-2,6	-0,7	134,3	73,0	114,9	-32,8	-46,4	7,4
А2 КВВ 114/ Меркурий	-2,3	-14,9	4,0	10,4	-14,2	-5,4	123,9	23,8	63,2	-14,4	-46,4	17,5
А2 Восторг / Меркурий	0,6	-8,5	6,2	-10,0	-2,9	-10,7	125,4	57,1	48,3	18,5	-32,4	38,7
А3 Фетерита14/ Меркурий	16,2	11,3	28,3	-9,3	-14,5	-6,4	114,9	100,0	83,9	36,9	0,0	30,4
А4 КП 70/ Меркурий	-8,3	-4,8	-6,5	1,6	-13,6	-8,2	40,3	49,2	-29,9	60,0	-22,4	28,1
М35 Пищевое614/ Меркурий	-20,3	-10,6	-8,0	-30,7	-15,8	2,9	35,8	-17,5	8,1	23,1	-43,2	39,2
9Е Пищевое614/Меркурий	-11,0	-17,6	-6,7	7,4	-29,0	-5,0	164,2	-19,1	29,9	15,4	-31,2	21,7
А1 О-Янг 1/ Огонек	-12,5	1,2	4,3	-3,7	-15,5	-5,0	94,0	85,7	49,4	7,7	-26,0	-19,4
А2 КВВ 114/ Огонек	-10,8	-11,8	4,8	-19,3	-39,0	-10,0	198,5	0,0	70,1	8,2	-45,6	2,3
А2 Восторг / Огонек	-8,4	0,3	13,3	-6,7	-19,0	-2,9	73,1	28,6	46,0	23,1	-28,4	35,0
А3 Фетерита14/ Огонек	9,6	11,3	25,2	-7,4	-28,1	-12,5	171,6	66,7	62,1	56,4	-19,2	37,3
А4 КП 70/ Огонек	-10,5	0,9	-2,4	-7,0	-7,4	-6,8	-28,4	15,9	-27,6	45,6	16,4	27,2
М-35 Пищевое614/ Огонек	-11,0	-24,8	-4,0	3,7	-47,4	0,7	143,3	-39,7	29,9	7,2	-39,2	27,6
9Е Пищевое614/Огонек	-12,3	-28,0	-6,9	-7,4	-47,7	3,2	138,8	-41,3	39,1	33,3	-31,2	24,9
А1 О-Янг 1/ Аванс	6,2	10,2	13,0	13,7	-2,6	11,8	113,4	47,6	67,8	-25,1	-44,4	-21,2
А2 КВВ 114/ Аванс	1,9	1,2	0,5	13,0	-22,3	-7,1	232,8	61,9	58,6	34,4	-37,6	-37,8
А2 Восторг / Аванс	-3,0	-4,2	1,7	-5,9	-23,6	-13,9	53,7	34,9	17,2	17,9	-12,4	0,5
А3 Фетерита14/ Аванс	5,7	4,8	22,9	-26,3	-29,0	-15,7	26,9	0,0	31,0	9,7	-65,2	-18,4
А4 КП 70/ Аванс	-6,7	-10,6	-1,2	6,7	-20,3	-12,1	0,0	-12,7	-28,7	34,4	-23,2	-6,5
М-35 Пищевое614/ Аванс	-7,6	-11,4	-5,4	14,1	-42,6	-8,2	68,7	-34,9	29,9	1,5	-34,0	4,6
9Е Пищевое614/Аванс	-10,0	-10,6	-4,9	11,5	-31,6	-0,7	98,5	-7,9	26,4	1,5	-42,8	18,4
А1 О-Янг 1/ Топаз	-9,0	0,4	9,4	10,4	3,9	4,3	35,8	46,0	93,1	-26,7	-63,2	-2,3
А2 КВВ 114/ Топаз	-1,2	9,1	9,4	0,7	-23,6	-4,3	147,8	71,4	50,6	34,4	-84,8	-21,2
А2 Восторг / Топаз	2,9	0,7	9,6	-7,0	-25,8	-5,7	49,3	-7,9	81,6	45,1	-23,2	14,7

Продолжение приложения 118

А3 Фетерита14/ Топаз	15,7	18,6	12,8	-9,3	-25,5	-27,1	58,2	7,9	12,6	17,9	-26,8	-17,1
А4 КП 70/ Топаз	-8,3	-16,0	-3,2	1,5	-29,7	-21,8	-9,0	-9,5	-8,1	35,9	-27,2	27,2
М35 Пищевое614/ Топаз	-1,8	-14,0	2,8	0,1	-39,4	-2,5	-6,0	-30,2	49,4	52,3	-30,4	18,4
9Е Пищевое614/Топаз	-4,8	-14,8	14,1	0,0	-31,3	-4,6	122,4	-6,4	46,0	40,0	-32,0	0,0
А1 О-Янг 1/ Волжское615	8,9	-7,3	8,9	15,6	-7,4	15,4	114,9	92,1	167,8	33,8	-70,0	-8,8
А2 КВВ 114/ Волжское615	9,8	-8,5	5,9	-14,4	-36,5	-3,2	149,3	49,2	101,2	45,1	-63,2	-33,6
А2 Восторг / Волжское615	3,5	-3,9	8,9	-19,3	-19,7	-22,5	171,6	25,4	0,0	22,6	-39,6	18,4
А3 Фетерита14/ Волжское615	27,1	11,6	40,4	-14,8	-48,7	-13,9	95,5	-12,7	47,1	34,4	-46,4	10,1
А4 КП 70/ Волжское615	7,9	-3,9	-0,9	17,0	-11,6	-9,6	153,7	6,4	-6,9	51,8	-44,4	22,6
М35 Пищевое614/Волжское615	-5,6	-14,0	-2,0	-12,2	-25,2	1,8	113,4	1,6	43,7	15,9	-40,0	3,7
9Е Пищевое614/ Волжское615	-11,1	-10,0	0,5	3,3	-26,1	-11,4	138,8	-15,9	42,5	15,9	-32,8	13,8
А1 О-Янг 1/ Пищевое35	16,2	6,3	26,8	24,1	-22,9	4,6	200,0	15,9	90,8	-45,6	-63,2	-19,8
А2 КВВ 114/ Пищевое35	20,9	-16,5	5,7	16,3	-35,5	7,5	158,2	-7,9	116,1	35,9	-71,6	-30,0
А2 Восторг / Пищевое35	20,7	24,9	11,7	3,7	-32,6	4,6	132,8	15,9	134,5	8,7	-44,4	12,9
А3 Фетерита14/ Пищевое35	23,7	18,9	47,0	-14,8	-46,8	-17,5	77,6	-11,1	46,0	34,9	-48,8	7,4
А4 КП 70/ Пищевое35	9,6	-12,4	23,3	11,1	-27,4	-12,1	85,1	0,0	-16,1	43,1	-34,8	-4,6
М35 Пищевое614/Пищевое35	-4,0	-11,0	-0,4	16,3	-33,3	-0,4	126,9	-22,2	81,6	56,9	-22,0	13,4
9Е Пищевое614/ Пищевое35	-7,9	-11,5	-1,5	1,9	-35,8	-1,8	156,7	-20,6	69,0	-2,6	-20,8	14,7
А1 О-Янг 1/ Волжское4	-7,0	1,0	12,3	50,7	-17,1	4,3	292,5	0,0	97,7	-61,5	-81,2	-34,6
А2 КВВ 114/ Волжское4	25,6	20,8	15,3	10,4	-17,4	4,6	203,0	73,0	28,7	62,6	-36,4	-47,5
А2 Восторг/ Волжское4	4,3	21,1	8,5	18,5	-27,7	2,5	198,5	0,0	89,7	-47,7	-41,6	-1,4
А3 Фетерита14/ Волжское4	20,4	13,3	41,2	-8,9	-44,2	-2,1	79,1	-23,8	108,1	12,8	-44,4	-0,9
А4 КП 70/ Волжское4	6,6	-2,3	23,6	34,1	-15,8	12,5	43,3	3,2	3,5	23,1	-38,8	36,4
М35 Пищевое614/ Волжское4	-8,8	-9,8	-5,9	4,4	-36,5	-2,5	94,0	-11,1	54,0	75,9	-22,0	-12,4
9Е Пищевое614/Волжское4	-13,0	-7,7	-1,9	14,8	-33,9	7,5	213,4	-4,8	58,6	17,9	-19,2	1,4

Приложение 119 – Конкурсный гетерозис (%) гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по элементам структуры урожая и урожайности, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Урожайность зерна			Масса 1000 зерен			Число зерен с 1 метелки		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
А1 О-Янг 1/ Меркурий	-57,4	8,8	-33,7	35,9	27,2	-8,9	-69	-23,6	-59,4
А2 КВВ 114/ Меркурий	-42,2	-19,3	-18,0	13,1	40,0	-10,6	-60,1	-37,6	-21,1
А2 Восторг / Меркурий	-36,8	31,1	7,1	59,6	57,2	10,9	-63,2	-24,5	-30,7
А3 Фетерита14/ Меркурий	-44,0	46,6	-38,3	86,4	73,3	34,1	-78,2	-43,1	-26,0
А4 КП 70/ Меркурий	-34,9	-62,5	-62,9	97,0	120,0	1,7	-75,7	-78,4	-26,2
М35 Пищевое614/ Меркурий	-75,4	-16,5	-5,2	73,2	56,7	10,6	-83,3	-64,0	-35,0
9Е Пищевое614/Меркурий	-33,6	-16,1	-7,2	39,9	60,6	6,5	-64,2	-55,3	-16,7
А1 О-Янг 1/ Огонек	-60,3	-12,5	-45,1	35,4	41,1	-1,0	-67,6	-23,5	-0,3
А2 КВВ 114/ Огонек	-38,0	-27,7	11,6	31,3	46,1	-11,6	-66,6	-53,4	3,0
А2 Восторг / Огонек	-45,3	-9,7	-9,1	80,8	69,4	11,6	-81,2	-63,8	-23,5
А3 Фетерита14/ Огонек	-63,0	18,7	-18,9	99,5	75,0	16,0	-89,0	-48,2	-43,9
А4 КП 70/ Огонек	-37,5	-32,6	-56,5	71,2	75,6	18,1	-70,8	-64,4	-30,8
М-35 Пищевое614/ Огонек	-58,6	-54,1	-15,4	57,1	39,4	6,8	-80,1	-84,7	-17,1
9Е Пищевое614/Огонек	-36,8	-54,9	-14,8	35,4	43,3	2,4	-62,7	-78,7	-18,5
А1 О-Янг 1/ Аванс	-45,6	27,0	-4,2	71,7	81,7	-3,4	-70,5	-7,4	43,2
А2 КВВ 114/ Аванс	15,2	-9,0	-4,5	87,9	60,0	-4,4	-48,5	-33,7	22,9
А2 Восторг / Аванс	6,4	-24,7	-14,5	79,3	73,9	22,5	-50	-59,4	-19,3
А3 Фетерита14/ Аванс	-45,1	4,5	-19,5	101,0	109,4	42,7	-79,4	-60	-13,2
А4 КП 70/ Аванс	-33,1	-24,9	-36,6	96,5	108,3	29,4	-70,7	-58,1	-31,3
М-35 Пищевое614/ Аванс	-50,1	-11,6	11,9	56,1	75,0	12,3	-73,1	-43,9	-2,4
9Е Пищевое614/Аванс	-46,5	-0,4	13,0	88,4	63,3	9,9	-68,6	-35,7	1,5
А1 О-Янг 1/ Топаз	-46,7	71,3	-23,0	63,1	47,8	1,4	-53,9	-15,3	17,4
А2 КВВ 114/ Топаз	-35,3	-22,8	-26,2	65,7	63,3	4,1	-76,8	-60,0	-3,1
А2 Восторг / Топаз	-5,5	-28,7	10,1	50,5	49,4	17,7	-41,7	-40,6	-10,7
А3 Фетерита14/ Топаз	-20,6	-2,6	-13,7	88,4	83,9	29,4	-51,9	-55,4	-15,3

Продолжение приложения 119

А4 КП 70/ Топаз	-35,7	-9,0	-51,1	102,0	73,9	17,1	-67,1	-37,9	-23,6
М35 Пищевое614/ Топаз	-31,4	-15,5	-21,1	72,7	64,4	-0,3	-64,9	-37,7	9,5
9Е Пищевое614/Топаз	-60,0	-21,5	-21,7	73,2	62,8	-1,0	-67,7	-59,4	5,2
А1 О-Янг 1/ Волжское615	-47,0	21,2	-31,8	69,7	81,7	-7,5	-69,4	-29,6	18,1
А2 КВВ 114/ Волжское615	-28,1	-9,0	-34,3	29,3	49,4	0,7	-48,3	-35,9	-27,2
А2 Восторг / Волжское615	-7,8	-41,4	-44,1	46,0	52,2	9,2	-45,3	-43,1	-16,2
А3 Фетерита14/ Волжское615	-31,8	-34,6	-34,5	67,7	72,8	21,5	-64,0	-46,5	-6,0
А4 КП 70/ Волжское615	-31,5	-6,7	-53,7	62,6	59,4	9,2	-58,7	-29,2	-25,8
М35 Пищевое614/Волжское615	-54,7	-15,7	-12,8	56,1	85,0	13,3	-74,4	-9,8	-16,6
9Е Пищевое614/ Волжское615	-35,3	-15,2	-11,2	49,5	62,2	7,2	-54,2	-13,9	-12,5
А1 О-Янг 1/ Пищевое35	-43,4	-5,1	-65,2	40,4	46,1	-10,9	-55,5	-12,3	-25,7
А2 КВВ 114/ Пищевое35	-13,7	-5,6	-51,3	35,4	28,9	-2,4	-52,5	-43,6	-18,1
А2 Восторг / Пищевое35	-9,8	-46,1	19,5	51,5	43,3	19,8	-42,3	-78,4	25,2
А3 Фетерита14/ Пищевое35	-27,9	-6,7	-16,5	60,6	95,0	24,6	-68,9	-26,9	-3,6
А4 КП 70/ Пищевое35	-34,8	-35,0	-28,7	42,4	45,6	22,2	-54,9	-34,1	-12,0
М35 Пищевое614/Пищевое35	-50,7	-33,3	-9,2	74,2	63,3	6,8	-62,4	-54,5	1,3
9Е Пищевое614/ Пищевое35	-33,3	-32,8	-9,6	52,0	59,4	7,5	-63,7	-55,4	-6,3
А1 О-Янг 1/ Волжское4	-21,0	-13,3	-50,1	36,9	51,7	-2,7	28,9	1,1	-27,6
А2 КВВ 114/ Волжское4	-16,7	1,5	-13,3	43,4	51,1	0,3	-57,1	-50,8	53,2
А2 Восторг/ Волжское4	-29,7	-37,8	-19,4	60,1	46,1	23,2	-72,3	-69,4	19,7
А3 Фетерита14/ Волжское4	12,1	13,9	-28,1	54,5	45,0	27,0	-44,2	-13,1	-12,6
А4 КП 70/ Волжское4	-22,5	2,1	-25,2	100,5	138,3	33,8	-62,1	-36,7	-17,2
М35 Пищевое614/ Волжское4	-45,3	-32,4	-15,9	55,1	27,8	-1,4	-61,0	-48,3	40,3
9Е Пищевое614/Волжское4	-43,2	-19,1	-11,1	33,3	30,6	3,8	-55,9	-36,4	62,3

Приложение 120 – Коэффициент фенотипического доминирования гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по морфологическим признакам, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Высота растений			Длина соцветия			Ширина соцветия			Выдвинутость ножки соцветия		
	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.	2015 г.	2016 г.	2017г.
А1 О-Янг 1/ Меркурий	0,81	25,73	9,15	3,17	11,44	31,50	0,53	-0,05	1,87	-0,39	0,20	0,31
А2 КВВ 114/ Меркурий	3,24	5,65	2,26	1,69	59,00	4,79	0,38	-1,17	0,42	0,14	-1,17	0,42
А2 Восторг / Меркурий	4,35	3,10	13,83	-0,41	8,30	1,47	0,30	-4,17	0,40	0,09	0,14	0,90
А3 Фетерита14/ Меркурий	12,03	23,44	3,16	0,54	2,14	2,28	0,37	0,90	0,98	1,15	3,43	0,67
А4 КП 70/ Меркурий	4,00	13,11	0,54	1,15	9,57	1,50	-0,38	-0,20	-1,17	0,00	-1,42	0,63
М35 Пищевое614/ Меркурий	-0,18	8,73	0,74	-4,80	3,21	13,67	-6,00	-4,20	-0,63	0,21	-6,70	0,89
9Е Пищевое614/Меркурий	0,80	6,50	0,80	1,50	1,55	5,91	0,83	-3,94	-0,45	-0,76	-4,38	0,28
А1 О-Янг 1/ Огонек	0,60	36,76	41,50	0,15	5,55	50,00	-0,08	0,53	0,00	0,14	1,11	-0,20
А2 КВВ 114/ Огонек	0,83	9,64	1,73	-0,59	-6,67	3,47	1,10	-1,95	16,67	0,26	-1,16	0,10
А2 Восторг / Огонек	1,67	5,79	6,89	-0,04	4,43	3,07	-0,56	-10,00	2,13	-0,22	1,08	0,89
А3 Фетерита14/ Огонек	10,96	21,18	3,25	0,58	1,21	1,75	0,82	0,47	3,86	0,86	3,50	0,99
А4 КП 70/ Огонек	-3,00	20,86	0,85	-5,50	9,33	1,81	-1,09	-0,86	-1,38	-0,16	3,96	0,69
М-35 Пищевое614/ Огонек	0,90	0,04	0,82	1,19	-0,92	9,37	-0,63	-6,25	2,09	-0,93	-2,19	0,46
9Е Пищевое614/Огонек	0,70	-3,13	0,50	0,18	-1,08	6,69	0,06	-5,29	7,67	-0,15	-1,26	0,50
А1 О-Янг 1/ Аванс	7,82	5,13	8,39	1,59	4,60	10,88	8,57	-0,33	6,11	1,61	1,43	10,14
А2 КВВ 114/ Аванс	84,67	3,61	1,99	1,32	1,92	2,04	23,17	1,71	8,17	3,96	3,25	1,80
А2 Восторг / Аванс	178,00	3,97	22,40	-0,19	8,00	0,50	11,00	-2,20	2,43	2,16	31,33	1,78
А3 Фетерита14/ Аванс	32,22	3,13	2,40	-0,30	0,84	1,04	0,64	-0,42	7,40	1,55	-3,06	1,56
А4 КП 70/ Аванс	2,44	1,16	2,63	0,73	1,94	0,71	-0,28	-2,00	-2,33	1,00	0,39	3,52
М-35 Пищевое614/ Аванс	2,30	0,99	1,06	1,74	-0,49	2,35	-0,31	-58,00	32,00	0,82	-0,10	1,20
9Е Пищевое614/Аванс	2,26	1,11	1,14	1,25	0,45	3,00	1,69	0,00	3,50	0,51	-0,53	2,75
А1 О-Янг 1/ Топаз	0,09	4,43	2,57	3,07	12,2	11,71	0,15	-0,94	4,58	-0,14	-0,25	0,71
А2 КВВ 114/ Топаз	0,65	7,21	1,42	14,80	14,5	8,33	6,33	0,19	1,40	1,29	-5,59	-0,17
А2 Восторг / Топаз	1,11	12,12	1,92	2,22	1,38	2,05	0,50	-15,75	1,94	3,45	1,33	1,77

Продолжение приложения 120

А3 Фетерита14/ Топаз	2,71	6,02	1,53	3,41	1,41	1,06	1,20	-0,50	-0,04	0,79	1,00	-0,49
А4 КП 70/ Топаз	-0,66	0,33	0,07	1,13	2,00	-0,26	-0,71	-1,43	-0,61	1,21	-1,05	2,07
М35 Пищевое614/ Топаз	0,75	0,93	0,90	2,01	0,12	72,00	-2,54	-5,75	1,22	5,50	-1,50	4,13
9Е Пищевое614/Топаз	0,49	0,80	1,72	7,67	1,13	11,83	3,70	-3,71	1,13	6,57	-1,81	0,32
А1 О-Янг 1/ Волжское615	1,44	1,60	3,81	2,08	4,71	20,20	0,94	29,00	134,00	1,47	-0,03	0,55
А2 КВВ 114/ Волжское615	1,67	1,40	1,31	-0,34	-2,00	3,10	1,62	1,20	78,00	1,62	-3,18	-0,68
А2 Восторг / Волжское615	1,01	3,41	2,36	-1,43	23,00	-2,25	2,38	-2,17	0,50	1,88	4,83	2,45
А3 Фетерита14/ Волжское615	3,71	3,81	7,98	0,19	-0,12	1,30	0,64	-0,73	3,31	3,64	-0,10	1,33
А4 КП 70/ Волжское615	1,66	2,32	0,51	4,75	4,33	1,50	1,52	-1,17	-0,21	2,89	-0,56	1,97
М35 Пищевое614/Волжское615	0,43	0,57	0,70	-1,33	1,25	5,14	-2,00	-11,00	4,00	1,10	-0,33	0,50
9Е Пищевое614/ Волжское615	-0,05	1,07	0,83	0,82	1,17	2,11	2,17	-21,00	27,00	1,50	0,06	1,95
А1 О-Янг 1/ Пищевое35	2,07	0,92	2,41	11,13	2,20	8,38	4,00	-3,25	4,00	-0,56	-0,02	0,19
А2 КВВ 114/ Пищевое35	2,90	-0,62	0,46	3,40	-1,63	3,68	2,96	-3,08	4,81	1,46	-14,60	-0,51
А2 Восторг / Пищевое35	2,92	2,46	0,70	3,17	-5,00	13,50	2,88	-7,80	3,14	0,27	0,00	1,76
А3 Фетерита14/ Пищевое35	3,43	1,67	17,41	0,55	0,02	0,94	0,78	-0,76	1,00	4,08	-8,33	1,12
А4 КП 70/ Пищевое35	2,01	-0,40	1,63	5,43	1,31	0,71	0,94	-1,32	-0,86	1,89	-0,62	0,44
М35 Пищевое614/Пищевое35	0,55	-0,09	0,29	13,00	0,55	3,65	0,79	-18,33	2,29	10,22	0,31	3,83
9Е Пищевое614/ Пищевое35	0,20	-0,15	0,13	1,95	0,24	2,86	24,00	-10,40	2,25	-32,00	0,48	1,95
А1 О-Янг 1/ Волжское4	0,21	1,43	5,16	3,57	1,06	6,40	3,13	-2,86	9,14	-0,99	-0,84	0,32
А2 КВВ 114/ Волжское4	3,43	3,67	2,15	0,74	1,04	3,04	1,82	10,00	0,70	2,18	0,31	-1,65
А2 Восторг/ Волжское4	1,17	-1,27	2,23	1,20	-1,38	23,00	1,89	-1,57	2,67	-10,20	-0,14	3,70
А3 Фетерита14/ Волжское4	3,08	2,39	8,32	0,20	-0,12	1,69	0,11	-1,08	4,14	1,67	-3,43	25,00
А4 КП 70/ Волжское4	1,58	1,08	3,86	3,38	1,19	14,40	-0,25	-2,33	-0,09	0,08	-1,69	17,13
М35 Пищевое614/ Волжское4	0,25	0,42	0,44	0,12	-0,21	2,84	-5,17	-2,67	2,06	33,25	0,00	-0,08
9Е Пищевое614/Волжское4	-0,17	0,58	0,64	0,96	-0,14	3,63	2,95	-2,36	3,30	4,33	0,41	4,30



Приложение 121 – Коэффициент фенотипического доминирования гибридов F1 сорго на основе ЦМС-линий с цитоплазмами А1, А2, А3, А4, М35-1А, 9Е по элементам структуры урожая и урожайности, 2015-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Урожайность зерна			Масса 1000 зерен			Число зерен с 1 метелки		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
А1 О-Янг 1/ Меркурий	-41,60	9,50	0,53	0,40	0,27	0,37	-0,70	35,57	-0,91
А2 КВВ 114/ Меркурий	-4,65	3,68	42,50	-0,60	3,06	0,67	1,22	1,29	-0,17
А2 Восторг / Меркурий	-5,88	7,00	5,45	1,50	0,44	0,77	-0,01	3,01	2,99
А3 Фетерита14/ Меркурий	-2,29	29,33	-2,82	0,41	0,31	0,52	-4,35	2,13	3,36
А4 КП 70/ Меркурий	-3,50	-22,33	-54,60	1,30	2,82	-0,24	-1,77	-12,57	0,33
М35 Пищевое614/ Меркурий	-18,50	4,03	3,55	1,25	1,13	8,50	-4,28	-3,38	1,06
9Е Пищевое614/Меркурий	-1,14	5,29	3,36	0,39	1,16	9,25	1,18	-14,78	1,70
А1 О-Янг 1/ Огонек	-2,13	6,62	-0,36	-1,87	-0,08	1,00	0,32	11,17	1,31
А2 КВВ 114/ Огонек	0,50	2,08	24,29	-3,70	3,50	0,46	0,60	-0,45	0,29
А2 Восторг / Огонек	-0,49	2,93	5,02	1,10	0,32	0,80	-0,56	0,48	5,80
А3 Фетерита14/ Огонек	-1,62	47,00	0,80	0,00	-0,03	-0,29	-1,05	3,93	1,27
А4 КП 70/ Огонек	0,01	8,50	-17,08	-4,20	3,62	1,89	0,23	-1,92	0,04
М-35 Пищевое614/ Огонек	-2,15	-1,08	3,46	-1,15	0,22	2,92	-0,32	-32,69	2,88
9Е Пищевое614/Огонек	0,59	-1,89	3,60	-2,91	0,38	2,11	1,18	-6,77	1,72
А1 О-Янг 1/ Аванс	-17,00	4,47	1,16	-0,04	-0,18	-0,24	-0,43	7,70	3,97
А2 КВВ 114/ Аванс	18,95	0,98	1,31	0,53	0,11	0,18	2,71	1,41	0,67
А2 Восторг / Аванс	28,30	0,40	0,63	0,40	-4,00	1,80	1,48	2,26	11,96
А3 Фетерита14/ Аванс	-2,46	2,11	-1,44	-0,54	-0,82	0,72	-1,77	21,16	18,60
А4 КП 70/ Аванс	-3,14	-0,18	-1,65	0,92	1,04	3,55	-0,35	-0,14	-0,37
М-35 Пищевое614/ Аванс	-7,05	0,87	2,01	-1,13	-0,16	0,48	-0,52	3,80	11,66
9Е Пищевое614/Аванс	-7,31	1,42	2,08	0,57	-0,65	0,28	0,32	3,20	5,36
А1 О-Янг 1/ Топаз	-0,03	9,15	0,77	1,70	0,17	2,50	1,24	14,21	4,44
А2 КВВ 114/ Топаз	0,92	1,63	-0,44	1,46	4,33	1,67	-0,54	-3,75	-0,34
А2 Восторг / Топаз	2,78	7,48	3,36	1,24	-0,29	1,48	2,00	1,50	1,98
А3 Фетерита14/ Топаз	0,51	3,89	5,29	0,34	0,10	0,36	3,10	0,18	1,61

Продолжение приложения 121

А4 КП 70/ Топаз	0,44	4,11	-5,24	1,56	3,89	1,50	0,32	14,16	-1,17
М35 Пищевое614/ Топаз	1,22	102,00	0,86	1,33	2,00	7,33	0,88	3,26	5,74
9Е Пищевое614/Топаз	-0,89	12,31	0,81	1,94	1,65	18,00	0,65	-4,89	10,19
А1 О-Янг 1/ Волжское615	-1,46	18,29	24,67	2,50	-0,60	0,00	0,05	14,47	2,56
А2 КВВ 114/ Волжское615	2,21	6,06	0,48	-30,00	-0,14	2,61	2,16	1,39	-0,64
А2 Восторг / Волжское615	4,94	0,09	1,05	-0,32	-9,71	0,75	1,68	2,23	10,12
А3 Фетерита14/ Волжское615	-0,33	-1,43	-0,07	-0,70	-1,72	0,22	1,37	3,10	16,39
А4 КП 70/ Волжское615	0,35	3,91	-1,43	-0,87	0,30	0,79	1,08	4,59	-0,08
М35 Пищевое614/Волжское615	-3,22	1,58	25,73	-0,70	-0,97	6,50	-0,08	141,48	8,62
9Е Пищевое614/ Волжское615	0,66	1,73	22,69	-4,50	0,45	4,07	2,15	17,57	3,54
А1 О-Янг 1/ Пищевое35	-1,26	1,65	-2,19	-2,14	0,30	-0,10	1,10	1,18	-1,78
А2 КВВ 114/ Пищевое35	6,23	1,57	-26,71	-12,50	4,00	1,04	1,80	-1,36	-0,91
А2 Восторг / Пищевое35	5,36	-0,38	6,53	0,08	-0,25	1,87	1,90	-1,01	4,60
А3 Фетерита14/ Пищевое35	-0,19	1,40	1,18	-0,98	0,38	0,11	0,77	0,55	2,39
А4 КП 70/ Пищевое35	-0,13	-0,91	-0,33	-2,95	1,03	2,32	1,40	-0,19	0,37
М35 Пищевое614/Пищевое35	-3,31	-0,05	2,86	3,38	1,63	4,22	1,15	-0,88	3,91
9Е Пищевое614/ Пищевое35	1,03	-0,15	2,87	-2,50	1,30	6,17	1,13	-1,20	4,77
А1 О-Янг 1/ Волжское4	0,95	3,26	-0,92	0,17	-8,33	0,57	108,66	4,97	-1,63
А2 КВВ 114/ Волжское4	1,61	5,72	11,60	0,24	0,51	0,95	1,92	0,44	1,60
А2 Восторг/ Волжское4	-0,60	1,67	1,80	1,77	-1,97	2,76	-9,16	9,37	4,66
А3 Фетерита14/ Волжское4	3,85	9,62	-1,39	-0,29	-1,60	0,14	4,27	8,45	1,92
А4 КП 70/ Волжское4	0,22	11,25	1,83	1,50	6,82	4,94	-5,00	1,60	-0,23
М35 Пищевое614/ Волжское4	-2,63	3,44	2,05	0,63	-4,46	0,47	0,03	1,77	3,40
9Е Пищевое614/Волжское4	-2,53	10,43	2,57	-0,24	-2,88	1,54	1,78	2,10	32,34

# Приложение 122 – Заявка на выдачу патента гибрида Тамараж

ФГБУ "ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМИССИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО  
ИСПЫТАНИЮ И ОХРАНЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ"

ул.Садовая-Спаская, 11/1, Москва, 107078

Тел.: +7(495) 604-82-66, +7(495)411-83-66; E-mail: gsk@gossortrf.ru

## УВЕДОМЛЕНИЕ О ПРИЕМЕ ЗАЯВКИ

Кому : ФГБНУ "РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И  
ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СОРГО И КУКУРУЗЫ"

Адрес : 410050, Г.САРАТОВ-50, ПОС. ЗОНАЛЬНЫЙ, 1-ЫЙ ИНСТИТУТСКИЙ ПРОЕЗД, 4

Культура Сорго зерновое  
Сорт / Гибрид ТАМАРАЖ

Ваша заявка на выдачу патента прошла процедуру предварительной экспертизы.

Заявке присвоен № 90132 / 7653655

Дата регистрации 03.11.2023

Планируемый год начала испытаний 2024

Дата приоритета 03.11.2023

Решение по Вашей заявке будет принято после:

- оценки на ООС по результатам испытаний на ГСУ. Вы должны выслать в указанные ниже пункты испытаний с отметкой "идентификация" необходимое количество посадочного материала:

		кг семян	метелок
ГРАЧЁВСКИЙ	356264, СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ, ГРАЧЁВСКИЙ РАЙОН, С. КУГУЛЬТА	1	50
ПУГАЧЕВСКИЙ	413710, САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, ПУГАЧЕВСКИЙ РАЙОН, С. ДАВЫДОВКА, УЛ. ЧАПАЕВСКАЯ, 53	1	50

В установленные сроки Вам необходимо оплатить соответствующие госпошлины и выслать копии платежных поручений в отдел Регистрации Госкомиссии. Размер пошлин указан в рублях:

4	Экспертиза селекционного достижения на новизну	руб. 330
5	Испытание селекционного достижения на отличимость, однородность и стабильность	5280

Пошлины принимаются на прилагаемый счет.

Платеж производится отдельно по каждому заявленному селекционному достижению. В платежном поручении необходимо указать код госпошлины в соответствии с положением о патентных госпошлинах на селекционные достижения, культуру и название сорта (гибрида), за который производится платеж.

---

---

---

---

---

И.о. зам. нач. отд. регистрации,  
госресстров, международного  
взаимодействия и методики

23.11.2023

Н.В. Булатова

Исп.: Данилова А.А.

66 618  
18.12.23