

На правах рукописи

БАБА ЗОЙ ФЕРОЗ

**ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ХЛОПЧАТНИКА В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ СПОСОБА ПОСЕВА И ДОЗЫ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ
В УСЛОВИЯХ ЗАСУШЛИВОГО КЛИМАТА АФГАНИСТАНА**

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2024

Работа выполнена на кафедре растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Научный руководитель: **Кухаренкова Ольга Владимировна,**
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Официальные оппоненты: **Сорокина Ольга Юрьевна,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
главный научный сотрудник, заведующая лабораторией агротехнологий обособленного подразделения «Научно-исследовательский институт льна» ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Дедов Андрей Анатольевич,
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела экосистемного водопользования и предотвращения опустынивания земель ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

Защита диссертации состоится «30» августа 2024 г. в 13-30 час. на заседании диссертационного совета 35.2.030.02, созданного на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д.19, тел.: 8(499) 976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте Университета: <http://www.timacad.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.030.02

А.В. Константинович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Хлопчатник (*Gossypium hirsutum* L.) – важнейшая товарная сельскохозяйственная культура комплексного использования. Хлопок-сырец и хлопковое масло являются ценным экспортным товаром, экономика диктует постоянную необходимость увеличения прибыли в хлопководстве, прежде всего, за счет роста урожайности хлопчатника. На урожайность хлопчатника оказывают влияние множество факторов. Среди агрономических факторов первостепенное значение имеют способ и плотность посева семян. Хлопчатник реагирует величиной урожая на способ посева, на равномерность распределения растений по всей посевной площади. В разных странах мира применяются различные способы посева. Каждый из способов посева показывает в зависимости от условий выращивания хлопчатника различную эффективность. Важно установить, в каких почвенно-климатических и организационно-хозяйственных условиях тот или другой способ посева обеспечит получение ожидаемой урожайности. В технологии возделывания хлопчатника важное место отводится минеральным удобрениям, прежде всего азотным. При достаточном снабжении растений азотом повышается урожайность и качество волокна. Хлопок-сырец – один из главных продуктов экспорта Афганистана. Поскольку до настоящего времени не установлены наиболее эффективные способы посева семян и дозы азотного удобрения для хлопкосеющих провинций Афганистана, в том числе для провинции Гильменд, где культура хлопчатника широко распространена, тема исследований является актуальной.

Степень научной разработанности проблемы. Важный вклад в изучение морфо-биологических особенностей хлопчатника, реакции хлопчатника на способы, схемы и плотность посева, а также на применение минеральных удобрений, прежде всего азотных, внесли работы российских и зарубежных ученых: Бондаренко К.В., Ботурова У.Т., Дедов А.А., Иванова В.М., Израфиловой Р.В., Набиева Т.С., Рашидова Х.И., Сейидалиева Н.Я., Токаревой Н.Д., Туз Р.К., Турсунова Х., Уразматова Н.Н., Умбетаева И., Эюбова Р.Э., Ahmad I., Deshpande A.N., Dong H., Farooq O., Cetin M.D., Hallikeri S.S., Hemmat N., Ishfaq M., Khan B., Khalilullah K., Kumari C.P., Li W.H., Ma Y., Noori G. H., Oosterhuis D.M., Patel J.G., Rajpoot S.K., Ramulu Y.J., Saleem M. F., Shah A.N., Shahzad M.A., Singh S.K., Singh A.K., Thakur M.R., Usman K., Wang S. и мн. др. В то же время важно установить эффективность отдельных приемов агротехники хлопчатника в определенных почвенно-климатических условиях, с учетом специфики ведения растениеводства в стране и ее отдельных регионах.

Цель исследования – научно обосновать приемы повышения урожайности хлопчатника на основе оптимизации способов посева и доз азотных

удобрений в условиях засушливого климата южной агроэкологической зоны Афганистана.

Задачи исследования:

1. Оценить влияние способа посева и уровня азотного питания на морфо-биологические особенности растений хлопчатника и элементы его продуктивности: высоту растений, структуру надземной биомассы, длину и массу корней, количество моноподиальных и симподиальных побегов, количество коробочек на растении), определить площадь листьев и индекс листовой поверхности.

2. Определить урожайность хлопчатника при использовании различных способов посева и доз азотного удобрения.

3. Оценить влияние способа посева и уровня азотного питания на основные элементы структуры урожая хлопчатника: количество открытых коробочек на растении, масса хлопка-сырца и хлопкового волокна в коробочке.

4. Обосновать эффективность применения различных доз азотного удобрения по окупаемости азота удобрения прибавкой урожая.

5. Рассчитать экономическую эффективность возделывания хлопчатника при использовании различных способов посева и доз азотного удобрения.

Научная новизна работы. Впервые в условиях засушливого климата южной агроэкологической зоны Афганистана в 3-летних исследованиях научно обосновано, что хлопчатник при орошении формирует высокопродуктивные посевы с урожайностью 4,6-5,0 т/га хлопка-сырца на бурых полупустынных тяжелосуглинистых почвах при выращивании на грядах – в два ряда с площадью питания каждого растения 0,75 x 0,45 (м) и при применении азотного удобрения в дозах N₁₅₀ и N₁₈₀ равными долями в два срока – перед посевом и в начале фазы цветения хлопчатника.

Теоретическая и практическая значимость. В условиях засушливого климата южной агроэкологической зоны Афганистана обоснованы параметры формирования высокопродуктивных агроценозов хлопчатника в зависимости от способа посева и уровня азотного питания. Установлено, что наиболее высокая урожайность хлопчатника достигается при плотности посевов к уборке 29630 растений/га, площади листовой поверхности 21,2-23,8 тыс. м²/га, количестве открытых коробочек 24,5-24,6 шт./растение, массе хлопка-сырца в коробочке 6,3-6,9 г и массе хлопкового волокна 2,3-2,5 г/коробочку. Доказано, что при посеве на грядах по сравнению с разбросным посевом урожайность хлопчатника возросла на 37,7%, при посеве на грядах и внесении азотного удобрения в дозах N₁₅₀ и N₁₈₀ – увеличивалась в 2,25 и 2,46 раза соответственно.

Методология и методы исследований. Исследования базируются на основе всестороннего анализа изучаемой проблемы, постановке цели,

формулировке задач и программы исследований. Методы исследований: полевой опыт, наблюдения, лабораторные анализы, дисперсионный анализ полученных экспериментальных данных и анализ результатов исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

- формирование фотосинтетического аппарата, морфо-биологических показателей растений хлопчатника при использовании различных способов посева и доз азотных удобрений;

- научно-практические основы эффективности агротехнических приемов (способа посева, внесения азотных удобрений) управления формированием урожая хлопчатника;

- параметры формирования продуктивности растений, урожая и элементов структуры урожая хлопчатника при использовании различных способов посева и доз азотных удобрений;

- высокая эффективность применения обоснованных способов посева и доз азотных удобрений при формировании урожайности хлопчатника.

Степень достоверности результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается проведением полевого опыта в течение трех лет по стандартным методикам; использованием общепринятых методик и ГОСТов, применяемых в земледелии, растениеводстве, методов статистической обработки данных, публикацией основных результатов в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации, апробацией материалов на конференциях.

Апробация работы. Результаты исследований доложены на Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022 г.); Всероссийской конференции молодых исследователей «Аграрная наука – 2022» (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022 г.); 76-ой Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Современные проблемы агропромышленного комплекса» (Кинель, Самарский государственный аграрный университет, 2023 г.); Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2023 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, отражающих ее основное содержание, в том числе 2 в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Личный вклад автора. Результаты экспериментальных и теоретических исследований получены автором лично. Соискателю принадлежат разработка программы исследований, проведение экспериментов, обработка и

интерпретации результатов исследований, теоретическое обобщение полученных результатов, разработка рекомендаций производству, подготовка основных публикаций по выполненной работе и апробация полученных результатов, написание диссертационной работы.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 132 страницах. Состоит из введения, основной части, содержащей 15 таблиц и 19 рисунков, заключения, библиографического списка (включает 202 источников, в том числе 173 источника на иностранном языке) и 24 приложения.

Благодарность. Автор выражает глубокую признательность и благодарность коллективу кафедры растениеводства и луговых экосистем, профессорам Шитиковой А.В., Лазареву Н.Н., доцентам Заренковой Н.В., Константинович А.В. за полученные в ходе выполнения работы ценные советы. Особую признательность выражает научному руководителю, доценту, кандидату сельскохозяйственных наук, Кухаренковой О.В. за непосредственное участие в обсуждении научных результатов исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследований, представлены состояние проблемы и научная новизна. Изложены цель и задачи, теоретическая и практическая значимость результатов исследований, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Обзор литературы» подробно рассмотрены морфобиологические особенности хлопчатника, значение культуры для страны. Детально проанализированы работы российских и зарубежных исследователей по изучению использования различных способов посева хлопчатника и применения минеральных удобрений для улучшения обеспеченности растений элементами питания, прежде всего азотом.

Во второй главе «Схема опыта, условия и методика проведения исследований» описаны программа и методы исследований, дана характеристика условий проведения полевого эксперимента.

Экспериментальные исследования проводились в течение трех лет (2021-2023 гг.) на Экспериментальной ферме Болан (г. Лакшаргах) Управления сельского хозяйства, ирригации и животноводства хлопкопроизводящей провинции Гильменд Афганистана в условиях полевого опыта. Объект исследований – средневолокнистый хлопчатник (*Gossypium hirsutum* L.) сорта Akala 15-17-99, созданный на этой Экспериментальной ферме.

Исследования направлены на установление наиболее эффективного способа посева хлопчатника и оптимального уровня азотного питания, выполнены в двухфакторном полевом опыте. Схема полевого опыта: Фактор А – способы посева хлопчатника: 1. Разбросной посев (контроль). 2. Ширококорядный

(«плоский») посев с междурядьями 0,75 м. 3. Посев на грядках (в два ряда с площадью питания каждого растения 0,75 м x 0,45 м). Фактор Б – дозы внесения азота по фону P₆₀ K₄₀: 1. Без азота – контроль. 2. N₁₂₀ (60+60). 3. N₁₅₀ (75+75). 4. N₁₈₀ (90+90).

Азотное удобрение (карбамид – CO(NH₂)₂, 46% N) применяли поверхностно равными долями в два срока – перед посевом и в начале фазы цветения хлопчатника. Фосфорно-калийные удобрения вносили под предпосевную обработку почвы на все опытные делянки, как фон, в виде суперфосфата двойного гранулированного (Ca(H₂PO₄)₂ x H₂O, 45% P₂O₅) и сульфата калия (K₂SO₄, 50% K₂O).

Полевой опыт был заложен в 3-кратной повторности с рендомизированным размещением вариантов. Площадь каждой опытной делянки – 27,0 м² (4,5 м x 6,0 м), учетная площадь делянки – 13,5 м² (3,0 м x 4,5 м).

Почва опытного участка – бурая полупустынная тяжелосуглинистая, с содержанием 44,1% физического песка, 45,6% физической глины и 10,3% ила. Характеризуется высокой водоудерживающей способностью (наименьшая влагоемкость (НВ) – 35,0% абсолютно сухой почвы). Пахотный горизонт мощностью 0-15 см содержит 0,35% органического углерода, имеет щелочную реакцию почвенного раствора (рН_{вод.} 8,3), низкое содержание доступных форм фосфора и высокое – доступных форм калия – 12-14 мг и 250-270 мг/кг почвы фосфора и калия соответственно.

Технология возделывания хлопчатника в опыте была общепринятой для данного региона. Все технологические операции от посева до уборки урожая, кроме основной обработки почвы, выполнялись вручную. Предшественником хлопчатника в 2021 году была кукуруза, в 2022 и 2023 году хлопчатник выращивали после хлопчатника. Основная обработка почвы – вспашка на глубину пахотного слоя и предпосевная обработка – рыхление на глубину посева семян, выравнивание почвы и обустройство гряд (в вариантах опыта с посевом семян на грядках) выполнялись весной (март месяц). Посев семян производился в конце первой декады апреля в соответствии со схемой опыта, в зависимости от способа посева – в разброс или по 2 семени в лунку. Норма высева семян составляла 60 тыс. всхожих семян/га. Глубина посева семян – 3-4 см. Семена были здоровыми, хорошо созревшими и не содержали семян других культур, семян сорных растений и посторонних материалов. Через две недели после фазы полных всходов проводили прореживание растений и формировали одинаковую для всех вариантов опыта густоту стояния растений (плотность посева), равную 29630 растений/га. В период вегетации хлопчатника было выполнено три прополки (вручную) и две обработки против азиатской хлопковой совки (*Spodoptera litura*) с использованием инсектоакарицидов с действующим

веществом из класса пиретроидов (циперметрин). Хлопчатник выращивался при орошении. За период вегетации хлопчатника проводилось 9 поливов по 60 мм каждый; первый – через две недели после посева, последующие – через каждые 14-18 дней. Урожай убрали вручную в два приема по мере созревания и открытия коробочек на растении.

Провинция Гильменд расположена в южной агроэкологической зоне Афганистана с субтропическим засушливым и жарким климатом – среднесуточная температура воздуха зимой 5-6°C, летом 24,3-35,8°C. Самый жаркий месяц – июль со средней суточной температурой воздуха 32,9°C, средняя суточная температура самого холодного месяца – января составляет 5,1°C. Среднегодовая относительная влажность воздуха – 38%, варьируется от 23% в июне до 59% в феврале. В среднем за год выпадает 190 мм осадков, значительная часть которых приходится на период с января по март месяц.

В годы проведения исследований весь период вегетации хлопчатника характеризовался высокими температурами воздуха (максимальная температура варьировалась в пределах 25,1-43,62°C, минимальная – 14,9-30,2°C.) и полным отсутствием атмосферных осадков. Относительная влажность воздуха только в первый месяц вегетации хлопчатника варьировалась в пределах 20,3-25,5%, в последующие месяцы – не превышала 9,3-14,2% (рисунки 1 и 2).

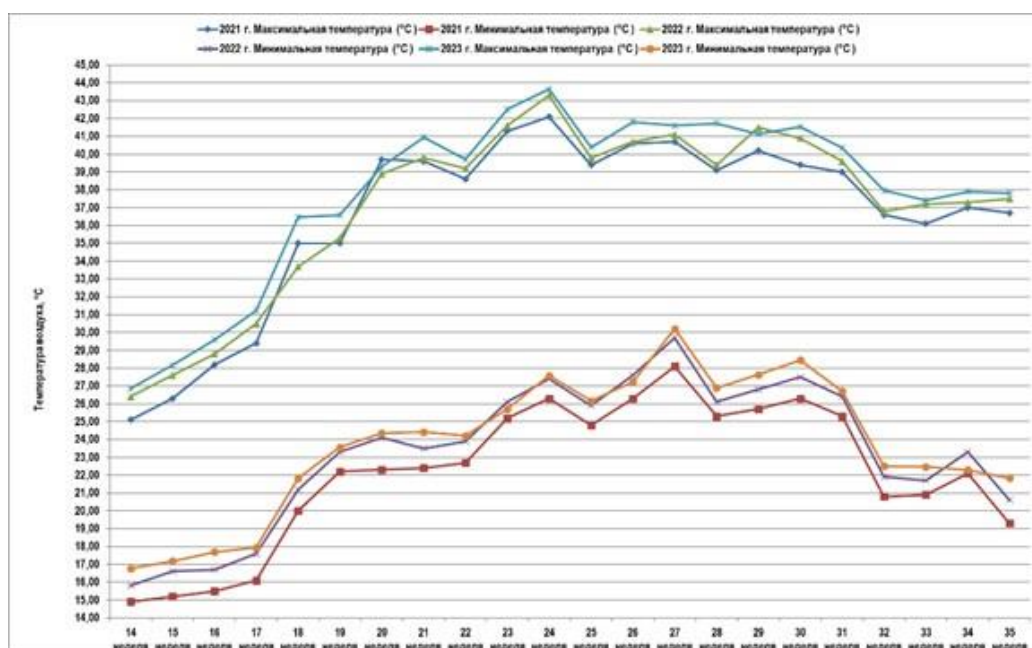


Рисунок 1 – Максимальная и минимальная температура воздуха в период вегетации хлопчатника в 2021-2023 гг.

Все учеты и наблюдения при проведении исследований выполнены в соответствии с требованиями методики полевого опыта (Rana et al., 2014, 2016; Kumar et al., 2015; Noorzai et al., 2017).

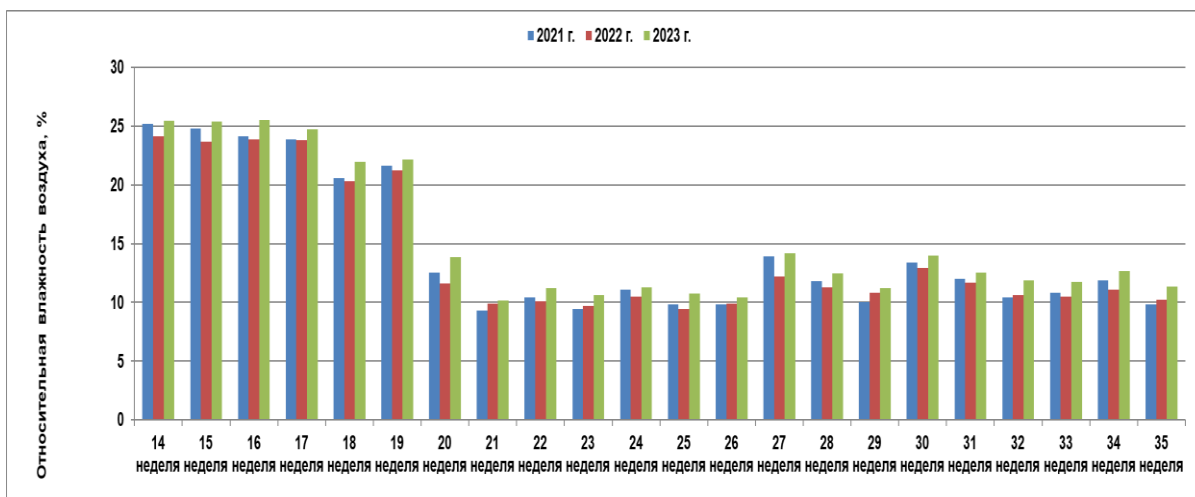


Рисунок 2 – Относительная влажность воздуха в период вегетации хлопчатника в 2021-2023 гг.

Биометрические исследования растений хлопчатника проводили на 10 репрезентативных растениях на каждой опытной делянке (в 3-кратной повторности) каждые 30 дней – через 30, 60, 90, 120 дней после посева и при уборке урожая. Определяли высоту растений, площадь листьев, наблюдали за динамикой накопления сухой надземной биомассы и биомассы корней, измеряли длину корней. Основные элементы продуктивности хлопчатника – количество моноподиальных и симподиальных ветвей, количество коробочек на растениях определяли по меченым растениям и рассчитывали их среднее число на одном растении. Для определения главных элементов структуры урожая хлопчатника – количества семян, массы 1000 семян и массы хлопка-сырца в коробочке отбирали пробы (образцы) по 100 коробочек с каждого варианта опыта в 3-кратной повторности. Учет урожая хлопка-сырца проводили методом сплошного учета с 10 м² в два приема. Первый сбор – через 2 недели после даты начала созревания (у 50% растений раскрыта одна коробочка). Урожайные данные приводили к 100% чистоте и стандартной 8% -ной влажности, выражали в тоннах с 1 га.

Показатели экономической эффективности возделывания хлопчатника при применении различных способов посева и доз азотного удобрения рассчитывали с использованием Методических рекомендаций по оценке экономической эффективности производства продукции растениеводства (Рустамова и др., 2016; Банникова и др., 2021; Добринов и др., 2022).

Математическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась методом дисперсионного анализа с использованием SSCNARS Portal at IASRI. Результаты представлены на уровне значимости 5% (P = 0,05), где F-критерий оказался значимым. Также в обработке экспериментальных данных применяли лицензионные математические программные пакеты для ПЭВМ – Microsoft Excel.

В третьей главе «Формирование урожая растениями хлопчатника при использовании различных способов посева и доз азотного удобрения» представлены показатели, характеризующие морфо-биологические особенности растений хлопчатника при использовании различных способов посева и доз азотных удобрений – экспериментальные данные по основным элементам продуктивности хлопчатника: высоте растений, площади листьев (индексе листовой поверхности – ИЛП), накоплении сухой надземной биомассы и биомассы корней, длине корней, количестве моноподиальных и симподиальных ветвей, коробочек на растениях. Значения этих показателей изменялись по вариантам опыта, зависели как от способа посева семян, так и от уровня азотного питания растений (таблица 1).

Таблица 1 – Элементы продуктивности растений хлопчатника, среднее за 2021-2023 гг.

Способ посева (фактор А)	Доза азота (фактор Б)	Высота растений, см	Площадь листьев, тыс. м ² /га	Количество ветвей		Количество коробочек
				моноподиальных	симподиальных	
				шт./растение		
Разбросной	N0	91,9	10,6	5,3	8,3	17,1
	N120	98,4	12,5	5,8	12,8	19,8
	N150	104,3	13,3	6,3	16,7	23,3
	N180	107,0	13,9	7,0	19,1	26,0
Ширококорядный	N0	98,5	13,3	5,8	13,6	18,4
	N120	106,8	17,0	6,5	17,5	22,3
	N150	110,1	17,9	7,5	19,4	25,7
	N180	112,3	19,1	8,2	23,8	27,2
На грядах	N0	104,2	15,7	6,2	17,0	20,9
	N120	113,0	18,7	7,3	21,2	24,9
	N150	116,2	21,2	8,6	24,9	28,1
	N180	120,8	23,8	9,0	27,5	28,6
НСР ₀₅	для фактора А	3,2	0,3	0,2	0,6	0,6
	для фактора Б	4,4	0,4	0,3	0,7	1,0

Линейный рост является одним из интегральных показателей эффективности физиолого-биохимических процессов в растениях, оказывает влияние на величину, структуру и качество урожая. В наших исследованиях наблюдалось последовательное и значительное увеличение высоты растений на всех этапах наблюдений при использовании способа посева на грядах и с увеличением уровня азотного питания от N₀ (без азота) до N₁₈₀. К концу

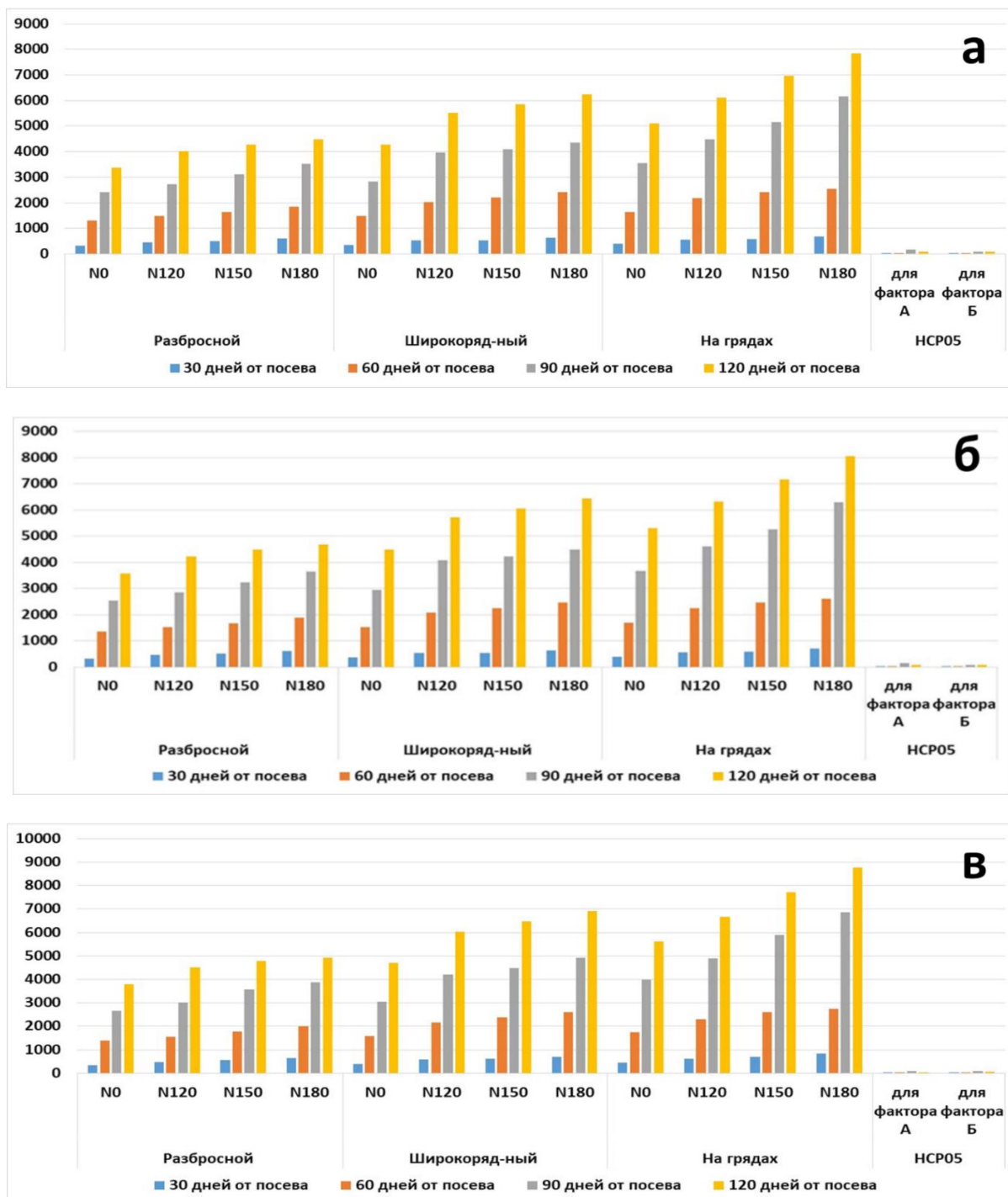
вегетации высота растений хлопчатника в среднем за три года в вариантах опыта без внесения азотного удобрения составила 91,9 см, 98,5 см и 104,2 см соответственно при разбросном, ширококормном посева и посева на грядках. При применении ширококормного посева и посева на грядках высота растений хлопчатника увеличивалась по сравнению с разбросным посевом соответственно на 6,6 см и 12,3 см в вариантах опыта без внесения азота. Под влиянием азотного удобрения высота хлопчатника увеличивалась в зависимости от дозы на 6,5-15,1 см при разбросном посева, на 8,3-13,8 см при ширококормном посева и на 8,8-16,6 см при посева на грядках. Минимальная в условиях опыта доза азотного удобрения (N_{120}) способствовала увеличению высоты растений на 8,4 см при ширококормном посева и на 14,6 см при посева на грядках по сравнению с разбросным посевом, максимальная (N_{180}) – на 14,6 см при ширококормном посева и на 13,8 см при посева на грядках по сравнению с разбросным посевом. Высота растений хлопчатника достигала максимального значения к окончанию вегетации, перед уборкой урожая (сорт хлопчатника Akala 15-17-99 характеризуется индетерминантным типом роста) – 120,8 см при внесении N_{180} и использовании способа посева на грядках.

Урожайность хлопчатника, как и других сельскохозяйственных культур, во многом определяется размерами площади листьев, так как от величины площади листового аппарата зависят коэффициенты поглощения падающей на посева фотосинтетической активной радиации (ФАР). Растения эффективно используют на формирование урожая почвенно-климатические ресурсы и такие ресурсы интенсификации как способ посева и минеральные удобрения только в посевах с оптимальной площадью листовой поверхности (Шумова, 2017; Ма У. *et al.*, 2022). Максимальную в условиях опыта площадь листьев растения хлопчатника формировали в срок учета 120 дней после посева (рисунок 3).

В среднем за три года площадь листьев растений хлопчатника в вариантах опыта без внесения азотного удобрения составляла 10,6 тыс. м², 13,3 тыс. м² и 15,7 тыс. м²/га соответственно при разбросном, ширококормном посева и посева на грядках. При применении ширококормного посева и при посева на грядках площадь листьев растений хлопчатника увеличивалась по сравнению с разбросным посевом соответственно на 2,7 тыс. м² и 5,1 тыс. м² в вариантах опыта без внесения азота. Под влиянием азотного удобрения площадь листьев хлопчатника увеличивалась в зависимости от дозы азота на 1,9-3,3 тыс. м² при разбросном посева, на 3,7-5,8 тыс. м² при ширококормном посева и на 3,0-8,1 тыс. м²/га при посева на грядках.

Минимальная в условиях опыта доза азотного удобрения (N_{120}) способствовала увеличению площади листьев растений на 4,5 тыс. м² при ширококормном посева и на 6,2 тыс. м² при посева на грядках, максимальная (N_{180})

– на 5,2 тыс. м² при широкорядном посеве и на 9,9 тыс. м²/га при посеве на грядах по сравнению с разбросным посевом. Наибольшая площадь листьев в условиях опыта наблюдалась у растений хлопчатника при посеве на грядах и применении N₁₅₀ и N₁₈₀ в срок наблюдений 120 дней после посева – соответственно 21,2 и 23,8 тыс. м²/га и была больше на 7,9 тыс. м² и 9,9 тыс. м²/га по сравнению с разбросным посевом по сопоставимым вариантам опыта.



**Рисунок 3 – Динамика изменения площади листьев растений хлопчатника в зависимости от способа посева и дозы азотного удобрения
а – 2021 г., б – 2022 г., в – 2023 г.**

Растения хлопчатника при выращивании на грядках по сравнению с другими способами посева во всех вариантах опыта, особенно в вариантах с внесением азотного удобрения были более высокими, имели большее количество моноподиальных ветвей и ветвей с плодовыми органами, формировали более мощный ассимиляционный аппарат и большее число коробочек. Так, при размещении посевов хлопчатника на грядках по сравнению с «плоскими» способами посева (разбросным и широкорядным) в среднем за три года высота растений увеличивалась в зависимости от уровня азотного питания на 5,3-13,8 см, количество моноподиальных ветвей – на 0,5-2,0 шт., количество симподиальных ветвей – на 4,7-8,7 шт. и количество коробочек – на 1,2-3,8 шт./растение (таблица 1).

В четвертой главе «Урожайность и структура урожая хлопчатника в зависимости от способа посева и доз азотного удобрения» проанализированы полученные в исследованиях экспериментальные данные по урожайности и структуре урожая хлопчатника. Одним из важнейших показателей для оценки эффективности возделывания культуры с использованием таких приемов агротехники, как способ посева и применение азотных удобрений, является ее урожайность. Анализ экспериментальных данных показал, что на урожайность орошаемого хлопчатника оказывали существенное действие способ посева и дозы внесения азотного удобрения (таблица 2).

Было установлено преимущество широкорядного способа посева и посева хлопчатника на грядках перед разбросным посевом, а также посева на грядках перед широкорядным посевом. В вариантах опыта без применения азотного удобрения было получено дополнительно с каждого гектара 0,37 т и 0,77 т хлопка-сырца соответственно при широкорядном посеве и посеве на грядках по сравнению с разбросным посевом и 0,40 т хлопка-сырца при посеве на грядках по сравнению с широкорядным посевом, или при посеве на грядках по сравнению с разбросным посевом урожайность хлопчатника возрастала на 37,7%.

Различия по урожайности в зависимости от способа посева возрастают при выращивании хлопчатника с применением азотного удобрения. В вариантах опыта с азотным удобрением сбор хлопка-сырца увеличивался в зависимости от дозы внесения азота на 0,46-0,51 т и на 0,93-1,12 т/га соответственно при широкорядном посеве и посеве на грядках по сравнению с разбросным посевом и на 0,42-0,64 т/га при посеве на грядках по сравнению с широкорядным посевом, или при посеве на грядках и внесении азотного удобрения в дозах N_{150} и N_{180} – урожайность увеличивалась в 2,25 и 2,46 раза соответственно.

Широкорядный посев и посев хлопчатника на грядках обеспечивают в условиях опыта одинаковую площадь питания одного растения и плотность посева (29630 растений/га).

Таблица 2 – Урожайность хлопчатника и окупаемость азота удобрения прибавкой урожая в зависимости от способа посева и дозы азотного удобрения

Способ посева (фактор А)	Доза азота (фактор Б)	Урожайность хлопка-сырца				Прибавка урожая	Окупаемость азота удобрения прибавкой урожая	Окупаемость дополнительно внесенного азота прибавкой урожая		
		т/га							кг/кг	
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее за 3 года					
Разбросной	N0	2,18	1,53	2,41	2,04	-	-	-		
	N120	2,76	2,23	3,39	2,79	0,75	6,25	-		
	N150	3,44	2,98	4,02	3,48	1,44	9,60	23,00		
	N180	4,19	3,50	4,42	4,04	2,00	11,11	18,67		
Ширококорядный	N0	2,12	1,91	3,21	2,41	-	-	-		
	N120	3,41	2,65	3,84	3,30	0,89	7,42	-		
	N150	3,72	3,97	4,20	3,96	1,55	10,33	22,00		
	N180	4,18	4,80	4,51	4,50	2,09	11,61	18,00		
На грядах	N0	2,55	2,27	3,60	2,81	-	-	-		
	N120	3,85	3,10	4,20	3,72	0,91	7,58	-		
	N150	4,36	4,79	4,65	4,60	1,79	11,93	29,33		
	N180	4,70	5,24	5,09	5,01	2,20	12,22	13,67		
НСП ₀₅	для фактора А	0,16	0,13	0,20	0,15	-	-	-		
	для фактора Б	0,27	0,22	0,35	0,28	-	-	-		

Однако, по литературным данным грядовая технология посева по сравнению с «плоским» посевом улучшает состояние растений, полиферацию корней, использование питательных веществ и воды, увеличивает урожайность хлопчатника (Irfan & Ahmad, 2014; Farooq *et al.*, 2020).

Урожайность хлопчатника во все годы исследований возрастала при применении азотного удобрения – в среднем за три года на 0,75-2,20 т/га хлопка-сырца в зависимости от способа посева и дозы азота. Наиболее высокая урожайность была получена при выращивании хлопчатника на грядах и внесении азотного удобрения в дозе N_{180} – в среднем за три года 5,01 т/га хлопка-сырца. Урожайность хлопка-сырца при широкорядном и разбросном способах посева также была наиболее высокой при применении N_{180} – на 0,51 т и 0,97 т/га больше, чем при широкорядном и разбросном способах посева соответственно.

Показателем агрономической эффективности применения азотного удобрения является окупаемость азота удобрения прибавкой урожая. Окупаемость азота удобрения изменялась от 6,2 кг до 12,2 кг хлопка-сырца/кг азота в зависимости от способа посева и дозы азотного удобрения, была наиболее высокой – 11,1-12,2 кг хлопка-сырца/кг азота при разбросном и широкорядном посеве при внесении N_{180} , при посеве на грядах – при внесении N_{150} и N_{180} . Также была высокой окупаемость дополнительно внесенного азота удобрения прибавкой урожая, особенно при увеличении дозы азотного удобрения с N_{120} до N_{150} – на каждый 1 кг азота удобрения было получено в зависимости от способа посева 22,0-29,3 кг хлопка-сырца. При дальнейшем увеличении дозы азотного удобрения с N_{150} до N_{180} окупаемость каждого 1 кг дополнительно внесенного азота удобрения снижалась на 4,0-4,3 кг хлопка-сырца при разбросном и широкорядном способах посева, и очень существенно – на 15,6 кг хлопка-сырца при посеве на грядах. По окупаемости дополнительно внесенного азота удобрения целесообразно при выращивании хлопчатника на грядах увеличение дозы внесения азота до N_{150} , которая обеспечила в среднем за три года формирование урожайности 4,6 т/га хлопка-сырца.

Урожайность хлопчатника при достаточно близкой для всех вариантов опыта густоте стояния растений (плотности посева) к уборке, сформированной в результате прореживания посевов, зависела от количества открытых коробочек на каждом растении и массы хлопка-сырца в каждой коробочке (рисунки 4 и 5, таблицы 3 и 4).

В годы исследований количество открытых коробочек на растениях хлопчатника, семян в коробочке, масса хлопка-сырца в коробочке и масса 1000 семян были больше по сопоставимым вариантам опыта при посеве на грядах по сравнению с широкорядным посевом и разбросным.

Таблица 3 – Количество семян в коробочке хлопчатника и масса 1000 семян

Способ посева (фактор А)	Доза азота (фактор Б)	Количество семян в коробочке, шт.			Масса 1000 семян, г		
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Разбросной	N0	30,3	30,8	31,7	90,5	94,0	96,8
	N120	31,5	32,0	33,4	95,3	98,8	102,5
	N150	33,6	34,1	36,8	109,4	112,9	120,2
	N180	35,5	36,0	38,9	113,8	117,3	125,6
Ширококорядный	N0	31,0	31,5	33,5	99,3	102,8	107,0
	N120	32,9	33,4	35,9	106,4	109,9	115,5
	N150	35,2	35,7	40,9	111,8	115,3	126,4
	N180	36,9	37,4	43,2	116,7	120,2	132,7
На грядах	N0	31,5	32,0	34,8	104,6	108,2	113,8
	N120	33,3	33,8	37,6	111,7	115,3	122,5
	N150	35,5	36,0	43,6	118,5	122,1	135,4
	N180	37,4	37,9	46,4	126,3	129,9	144,8
НСР ₀₅	для фактора А	1,0	1,0	0,8	0,5	0,5	0,2
	для фактора Б	0,8	0,8	0,7	1,1	1,1	0,5

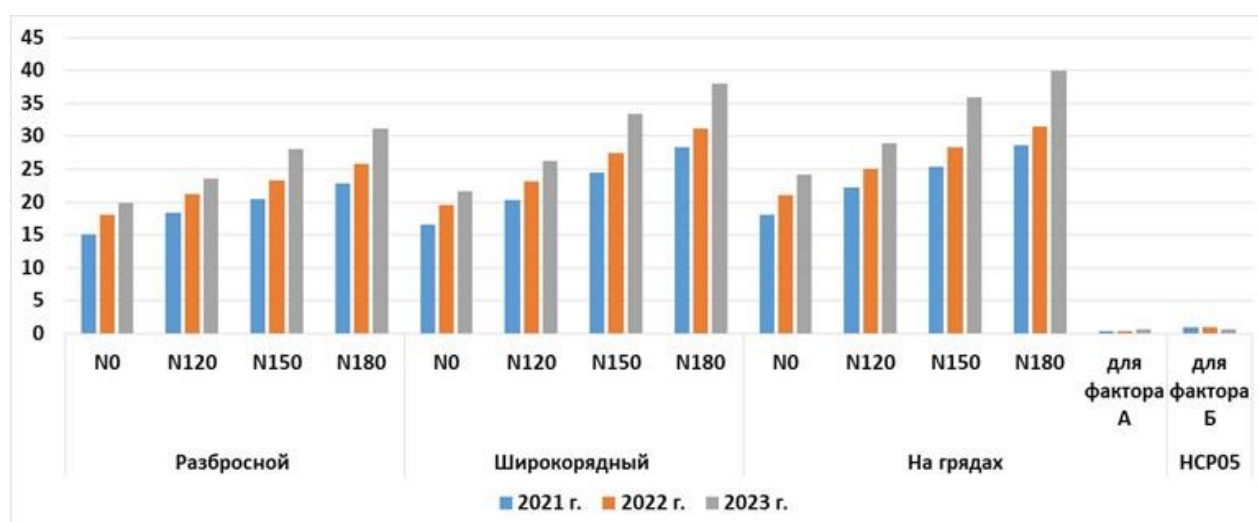


Рисунок 4 – Количество открытых коробочек (шт./растение), 2021, 2022 и 2023 гг.

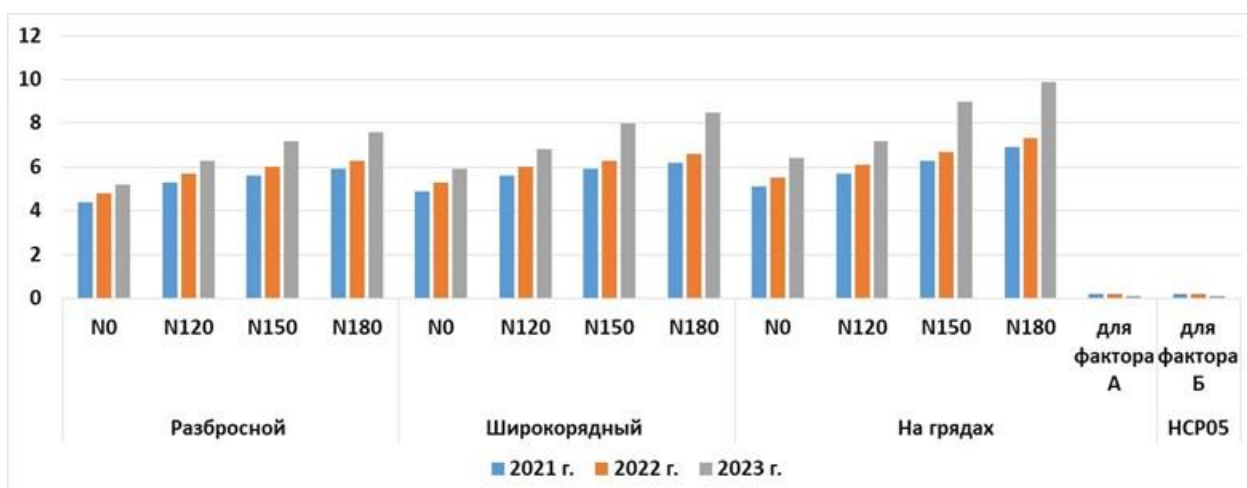


Рисунок 5 – Масса хлопка-сырца (г/коробочку), 2021, 2022 и 2023 гг.

Таблица 4 – Элементы структуры урожая хлопчатника и выход волокна, среднее за 2021-2023 гг.

Способ посева (фактор А)	Доза азота (фактор Б)	Количество открытых коробочек, шт./растение	В коробочке хлопчатника		Выход волокна, %
			масса хлопка-сырца, г	масса волокна, г	
Разбросной	N0	15,6	4,4	1,7	37,7
	N120	17,8	5,3	2,0	37,7
	N150	21,0	5,6	2,1	37,5
	N180	23,1	5,9	2,2	37,3
Ширококорядный	N0	16,6	4,9	1,8	36,7
	N120	19,9	5,6	2,1	37,5
	N150	22,7	5,9	2,2	37,3
	N180	24,5	6,2	2,3	37,1
На грядах	N0	18,6	5,1	1,9	37,2
	N120	22,0	5,7	2,1	36,8
	N150	24,6	6,3	2,3	36,5
	N180	24,5	6,9	2,5	36,2
НСР ₀₅	для фактора А	0,44	0,15	0,06	-
	для фактора Б	0,87	0,20	0,11	-

Под влиянием азотного удобрения основные элементы структуры урожая также увеличивались и достигали максимальных значений при внесении азота в дозе N_{180} , особенно при выращивании хлопчатника на грядах.

Количество открытых коробочек на каждом растении хлопчатника изменялось в среднем за три года эксперимента в зависимости от способа посева и дозы внесения азотного удобрения от 15,6 шт. (разбросной посев, N_0) до 24,6 шт. (посев на грядах, N_{150}), увеличивалось по сопоставимым вариантам опыта при широкорядном посеве и посеве на грядах по сравнению с разбросным посевом соответственно на 1,0-2,1 и 1,4-4,2 коробочки и на 1,9-2,1 коробочки при посеве на грядах по сравнению с широкорядным посевом.

Максимальное в условиях опыта количество открытых коробочек на растениях хлопчатника – 24,5-24,6 шт./растение формировалось при внесении N_{150} и N_{180} и посеве на грядах, а также при внесении N_{180} и широкорядном посеве. Подобные закономерности наблюдались и по изменению массы хлопка-сырца и хлопкового волокна в коробочках хлопчатника в зависимости от способа посева и доз минерального азота (таблица 4, рисунок 6).

Наиболее высокая урожайность хлопчатника – в среднем за три года 5,01 т/га (вариант опыта: посев на грядах и N_{180}) была обеспечена образованием в среднем на каждом растении 24,5 открытых коробочек с массой хлопка-сырца 6,9 г, хлопкового волокна 2,5 г.

Важным хозяйственно ценным признаком хлопчатника как прядильной культуры является выход волокна (таблица 4). Выход волокна при выращивании хлопчатника исследуемого сорта варьировался по отдельным вариантам опыта в пределах 36,2-37,7%, был наиболее высоким при использовании разбросного способа посева во всех вариантах опыта с азотным удобрением, несколько снижался – на 0,2-1,1% при широкорядном посеве и посеве на грядах вне зависимости от дозы внесения азотного удобрения.

Таким образом, при выращивании хлопчатника такие агротехнические приемы, как способ посева и применение азотных удобрений, активно участвуют в управлении формированием урожая через такие элементы продуктивности, как высота растений, площадь листьев, количество моно- и симподиальных ветвей и коробочек на растениях, а также через такие элементы структуры урожая хлопчатника, как количество открытых коробочек на растении, масса хлопка-сырца и хлопкового волокна в коробочке.

Способ посева хлопчатника на грядах установлен как наиболее эффективный. При выращивании хлопчатника на грядах можно увеличить его урожайность за счет внесения азотных удобрений. По результатам расчета окупаемости каждого 1 кг дополнительно внесенного азота удобрения прибавкой урожая целесообразно применение азотного удобрения в дозе N_{150} .

В пятой главе «Экономическая эффективность возделывания хлопчатника при использовании различных способов посева и доз азотного удобрения» дано обоснование экономической целесообразности возделывания хлопчатника с целью установления наиболее эффективных вариантов.

Расчеты осуществлялись на основе сравнения вариантов 3-летнего полевого опыта по результатам, характеризующим урожайность культуры, с использованием следующих экономических показателей: производственные затраты на 1 га, выручка от реализации урожая с 1 га, себестоимость продукции, прибыль на 1 га, рентабельность производства. При расчете производственных затрат учитывали: затраты на обработку почвы и подготовку почвы к посеву, в том числе формирование гряд и обустройство участков для проведения орошения, стоимость семян и затраты на проведение посева, стоимость минеральных удобрений и затраты на их внесение, затраты на орошение, защиту от сорняков и вредителей, затраты на уборку, транспортировку и реализацию урожая, а также затраты на аренду земли для опыта. При расчете выручки от реализации урожая стоимость хлопка-сырца определяли на основании рыночной цены на хлопок-сырец в Афганистане, которая варьировалась в годы исследований от 81 тыс. афгани до 87 тыс. афгани.

Результаты расчета рентабельности выращивания хлопчатника в условиях опыта представлены на рисунке 6.

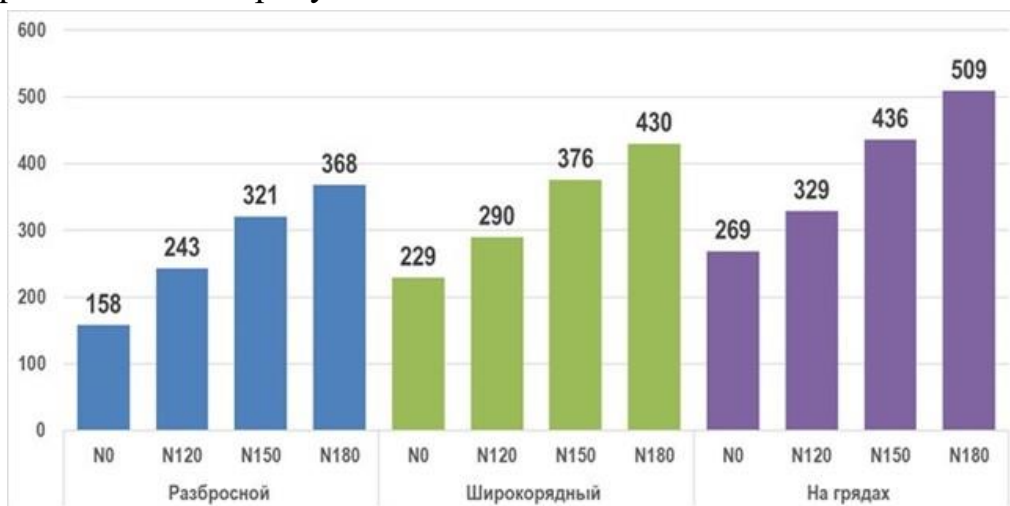


Рисунок 6 – Рентабельность производства хлопка-сырца, среднее за 2021-2023 гг.

Расчеты показателей экономической эффективности возделывания хлопчатника, выполненные в среднем за 2021-2023 годы, показали, что производство хлопка-сырца является рентабельным при использовании всех способов посева и доз азотного удобрения от N₀ до N₁₈₀. Наиболее высокие показатели экономической эффективности производства хлопка-сырца установлены для способа посева хлопчатника на грядах и применения азотных удобрений в дозе N₁₈₀: обеспечивается получение в условиях эксперимента

самой высокой урожайности, самой низкой себестоимости продукции, самой высокой прибыли и рентабельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В 3-летних исследованиях с хлопчатником сорта Akala 15-17-99, выполненных в условиях засушливого климата южной агроэкологической зоны Афганистана на бурой полупустынной тяжелосуглинистой почве, установлено преимущество широкорядного способа посева и посева хлопчатника на грядах перед разбросным посевом, а также посева на грядах перед широкорядным способом посева.

2. При выращивании хлопчатника без применения азотного удобрения было получено дополнительно с каждого гектара 0,37 т и 0,77 т хлопка-сырца соответственно при широкорядном посеве и посеве на грядах по сравнению с разбросным посевом и 0,40 т хлопка-сырца при посеве на грядах по сравнению с широкорядным посевом. Доказано, что при посеве на грядах по сравнению с разбросным посевом урожайность хлопчатника возросла на 37,7%.

3. Различия по урожайности в зависимости от способа посева возрастают при выращивании хлопчатника с применением азотного удобрения. При применении азотного удобрения в дозах N_{120} , N_{150} и N_{180} сбор хлопка-сырца увеличивался на 0,46-0,51 т и на 0,93-1,12 т/га соответственно при широкорядном посеве и посеве на грядах по сравнению с разбросным посевом и на 0,42-0,64 т/га при посеве на грядах по сравнению с широкорядным посевом. При посеве на грядах и внесении азотного удобрения в дозах N_{150} и N_{180} – урожайность увеличивалась в 2,25 и 2,46 раза соответственно.

4. Получение наиболее высокой урожайности хлопчатника – 4,6-5,0 т/га хлопка-сырца с выходом волокна 36,2-36,5% обеспечивает его выращивание при орошении на грядах – в два ряда с площадью питания каждого растения 0,75 х 0,45 (м) и применение азотного удобрения в дозах N_{150} и N_{180} равными долями в два срока – перед посевом и в начале фазы цветения хлопчатника.

5. Изучено влияние способа посева хлопчатника и уровня азотного питания на морфо-биологические особенности растений хлопчатника и элементы его продуктивности. Установлено, что формирование наиболее высокой урожайности хлопчатника достигается при высоте растений 116-121 см, площади листовой поверхности 21,2-23,8 тыс. м²/га, количестве моноподиальных ветвей 8,6-9,0 шт./растение, симподиальных ветвей 24,9-27,5 шт./растение, величине надземной сухой биомассы 533-582 г/растение и количестве коробочек 28,1-28,6 шт./растение.

6. Изучено влияние способа посева хлопчатника и уровня азотного питания на основные элементы структуры урожая хлопчатника. Установлено,

что формирование наиболее высокой урожайности хлопчатника обеспечивается при посеве на грядах при плотности посевов к уборке 29630 растений/га, количестве открытых коробочек 24,5-24,6 шт./растение, массе хлопка-сырца в коробочке 6,3-6,9 г и массе хлопкового волокна 2,3-2,5 г/коробочку. Растения хлопчатника образуют достаточно крупные семена – масса 1000 семян варьируется в пределах 125-134 г.

7. Наиболее высокая окупаемость азота удобрения прибавкой урожая – 11,1-12,2 кг хлопка-сырца/кг азота была получена при разбросном и широкорядном способах посева при внесении N_{180} , при посеве на грядах – при внесении N_{150} и N_{180} . Также была высокой окупаемость дополнительно внесенного азота удобрения прибавкой урожая, особенно при увеличении дозы азотного удобрения с N_{120} до N_{150} – на каждый 1 кг азота удобрения было получено в зависимости от способа посева 22,0-29,3 кг хлопка-сырца. Дальнейшее увеличение дозы азотного удобрения с N_{150} до N_{180} приводило к снижению окупаемости дополнительно внесенного азота удобрения, особенно существенно – при посеве на грядах. По окупаемости дополнительно внесенного азота удобрения целесообразно при выращивании хлопчатника на грядах увеличение дозы внесения азотного удобрения до N_{150} , которая обеспечила в среднем за три года формирование урожайности 4,6 т/га хлопка-сырца.

8. Расчеты показателей экономической эффективности возделывания хлопчатника при применении различных способов посева и доз внесения азотного удобрения показали, что производство хлопка-сырца является рентабельным при использовании каждого из изучавшихся способов посева хлопчатника и доз внесения азота от N_0 до N_{180} . Наиболее высокие показатели экономической эффективности производства хлопка-сырца установлены для способа посева хлопчатника на грядах и применения азотных удобрений в дозе N_{180} : обеспечивается получение урожая с самой низкой себестоимостью продукции – 14565 афгани/т и наивысшей рентабельностью – 509%.

Предложения производству

1. На бурой полупустынной тяжелосуглинистой почве с низким содержанием органического углерода и щелочной реакцией почвенного раствора ($pH_{\text{вод.}} 8,3$) в условиях засушливого климата южной агроэкологической зоны Афганистана при выращивании орошаемого хлопчатника следует использовать способ посева на грядах – в два ряда с площадью питания каждого растения 0,75 x 0,45 (м).

2. Для повышения урожайности хлопка-сырца рекомендуется применять минеральные азотные удобрения в дозе N_{180} равными долями в два срока – перед посевом и в начале фазы цветения хлопчатника.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Кухаренкова, О.В. Урожайность хлопчатника в зависимости от способа посева и уровня азотного питания / О.В. Кухаренкова, **Бабазой Зой Фероз** // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2024. – № 1(397). – С. 111-114.

2. Кухаренкова, О.В. Урожайность хлопчатника при оптимизации способа посева и доз азотного удобрения в условиях Афганистана/ О.В. Кухаренкова, **Бабазой Зой Фероз** // Плодородие. – 2024. – № 3. – С. 62-68.

Публикации в журналах, сборниках научных трудов, материалах конференций:

3. Шитикова, А.В. Урожайность хлопчатника в зависимости от доз внесения азотных удобрений / А.В. Шитикова, О.В. Кухаренкова, **Бабазой Зой Фероз** // Хлопководство и зерноводство (Узбекистан, ISSN 2181-1903). – 2024. - №1(14). – С. 150-154.

4. **Бабазой Зой Фероз** Влияние условий азотного питания на высоту, площадь листьев и урожайность хлопчатника / Бабазой Зой Фероз // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева: Сборник статей, Москва, 05–07 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2023. – С. 192-196. – EDN FYRZAG.

5. **Бабазой Зой Фероз** Влияние способа посева и азотного удобрения на площадь листьев и урожайность хлопчатника / Бабазой Зой Фероз // Современные проблемы агропромышленного комплекса: Сборник научных трудов, Самара, 08 июня 2023 года. – Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2023. – С. 8-13. – EDN LJFFDD.

6. **Бабазой Зой Фероз** Урожайность и структура урожая хлопчатника при различных способах посева / Бабазой Зой Фероз, О.В. Кухаренкова // Аграрная наука - 2022: Материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022. – С. 992-994. – EDN GRILQM.

7. **Бабазой Зой Фероз** Влияние способа посева и удобрения азотом на урожайность хлопчатника в Афганистане / Бабазой Зой Фероз, О.В. Кухаренкова // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова: сборник статей, Москва, 06–08 июня 2022 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022. – С. 155-158. – EDN UKPRRC.