

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 35.2.030.09, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ–МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА» (МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ) ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 02.02.2024 №1

О присуждении Федорину Дмитрию Николаевичу гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора биологических наук.

Диссертация «Биохимические и молекулярные механизмы фитохром-зависимой световой регуляции функционирования ферментов метаболизма ди- и трикарбоновых кислот в растениях» по специальности 1.5.21. – Физиология и биохимия растений (биологические науки), принята к защите 02.11.2023 (протокол заседания №5б) диссертационным советом 35.2.030.09, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева) Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, адрес: 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49 (приказ Минобрнауки России о создании совета от 22.03.2023 № 490/нк).

Соискатель Федорин Дмитрий Николаевич, 1981 года рождения.

В 2003 г. окончил Воронежский государственный университет по специальности «Биология» с присвоением квалификации «Биолог. Преподаватель по специальности «Биология».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.12 Физиология и биохимия растений на тему: «Световая регуляция функционирования сукцинатдегидрогеназы в листьях растений» защитил в диссертационном совете при Воронежском государственном университете в 2007 году. Решение диссертационного совета утверждено Высшей аттестационной комиссией Министерства образования Российской Федерации от 06.07.2007 года №29к/78 (серия ДКН № 031891

диплома).

Ученое звание доцента по кафедре биохимии и физиологии клетки присвоено приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №125/нк-3 от 30.12.2013 (серия ДЦ № 056295 аттестата).

Федорин Дмитрий Николаевич в настоящее время работает в должности доцента кафедры биохимии и физиологии клетки ФГБОУ ВО «ВГУ».

Диссертация Федорина Дмитрия Николаевича «Биохимические и молекулярные механизмы фитохром-зависимой световой регуляции функционирования ферментов метаболизма ди- и трикарбоновых кислот в растениях» выполнена на кафедре биохимии и физиологии клетки ФГБОУ ВО «ВГУ», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – Епринцев Александр Трофимович, гражданин Российской Федерации, доктор биологических наук (03.00.12 – Физиология и биохимия растений), профессор, заведующий кафедрой биохимии и физиологии клетки ФГБОУ ВО «ВГУ».

Официальные оппоненты:

1. **Креславский Владимир Данилович**, гражданин Российской Федерации, доктор биологических наук (03.01.05 – Физиология и биохимия растений), профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии и физиологии фототрофных организмов ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук» (ФИЦ ПНЦБИ РАН) (адрес: 142290 Россия, Московская обл., г. Пущино, ул. Институтская, д. 2.);

2. **Боровский Геннадий Борисович**, гражданин Российской Федерации, доктор биологических наук (03.00.12 – Физиология и биохимия растений), профессор, заместитель директора по научной работе ФГБУН Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (СИФИБР СО РАН) (адрес: 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 132);

3. **Гинс Валентина Карловна**, гражданин Российской Федерации, доктор биологических наук (03.00.12 – Физиология растений; 03.00.04 – Биохимия), профессор, главный научный сотрудник лаборатории физиологии и

биохимии растений, интродукции и технологии функциональных продуктов
ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) (адрес:
143080, Московская обл., Одинцовский городской округ, поселок ВНИИССОК,
ул. Селекционная, д. 14)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФИЦ Коми НЦ УрО РАН) (адрес: 167000, Респ. Коми, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24) в своем положительном отзыве, подготовленном Гармаш Еленой Владимировной, доктором биологических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории экологической физиологии растений, утверждённом Дёгтевой Светланой Владимировной, доктором биологических наук, членом-корреспондентом РАН, директором ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, указала, что рассматриваемая диссертация выполнена на современном научном уровне, характеризуется логичностью изложения и обоснования положений, вынесенных на защиту, вносит существенный вклад в развитие представлений о механизмах световой регуляции дыхания в фотосинтезирующей клетке. Текст автореферата отражает основные результаты диссертационной работы, степень научной новизны и практическая значимость результатов исследований, отражены выносимые на защиту положения диссертационной работы, а также указаны определенные практические рекомендации по использованию данных диссертационной работы. Содержание автореферата соответствует тексту диссертации и указанным публикациям. Результаты исследований были доложены на всероссийских и международных конференциях, а также отчетных конференциях преподавателей и сотрудников Воронежского госуниверситета. По теме диссертации опубликовано 53 статьи в рецензируемых изданиях, в том числе 21 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ для защиты диссертаций на соискание ученой степени доктора биологических наук, 32 – в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus. Диссертационная работа «Биохимические и молекулярные механизмы фитохром-зависимой световой регуляции функционирования

ферментов метаболизма ди- и трикарбоновых кислот в растениях» полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденному Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Федорин Дмитрий Николаевич заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.21 – Физиология и биохимия растений.

Соискатель имеет 198 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 159 работ (83,96 п.л., из них автору принадлежит 64,97 п.л., 77,38 % авторский вклад), из них 21 научная статья, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК РФ (7,41 п.л., из них автору принадлежит 5,75 п.л., 77,6 % авторский вклад) и 32 статьи – в изданиях, включенных в международные базы Scopus, Spriger, CA (core) и Web of Science (SCIE).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Епринцев А.Т. Физико-химические и кинетические характеристики изоформ изоцитратлиазы из кукурузы / А.Т. Епринцев, Е.В. Маслова, **Д.Н. Федорин**, В.Н. Попов // Биохимия. – 2009. – Т. 74. – №. 5. – С. 651-656.

2. Епринцев А.Т. Особенности структурной организации и экспрессионной регуляции изоформ малатдегидрогеназы из *Rhodobacter sphaeroides* штамма 2R / А.Т. Епринцев, М.А. Климова, К.Д. Шихалиева, **Д.Н. Федорин**, М.Т. Джабер, Е.И. Компанцева // Биохимия. – 2009. – Т. 74. – №. 7. – С. 977-984.

3. Епринцев А.Т. Роль дифференциальной экспрессии генов *sdh1-1* и *sdh1-2* в изменении изоферментного состава сукцинатдегидрогеназы в прорастающих семенах кукурузы / А.Т. Епринцев, **Д.Н. Федорин**, Н.В. Селиванова, Дж.А. Ахмад, В.Н. Попов // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2010. – №. 3. – С. 324-332.

4. Епринцев А.Т. Роль метилирования промоторов в регуляции генов сукцинатдегидрогеназы в проростках кукурузы / А.Т. Епринцев, **Д.Н. Федорин**, Н.В. Селиванова, Т.Л. Ву, А.С. Махмуд, В.Н. Попов // Физиология растений. – 2012. – Т. 59. – №. 3. – С. 332-332.

5. Епринцев А.Т. Роль катионов кальция в механизме фитохром-зависимой регуляции экспрессии гена *sdh1-2* и активности сукцинатдегидрогеназы в листьях кукурузы / А.Т. Епринцев, **Д.Н. Федорин**, С.С. Башкин, Н.В. Селиванова, И.В. Дадакина, А.С. Махмуд // Биологические мембраны. – 2012. – Т. 29. – №. 3. – С. 165-165.

6. Горбачева Т.М. Роль пероксида водорода в регуляции активности сукцинатдегидрогеназы у представителей разных таксономических групп / Т.М. Горбачева, М.Ю. Сыромятников, В.Н. Попов, А.В. Лопатин, А.Т. Епринцев, **Д.Н. Федорин** // Биологические мембраны. – 2013. – Т. 30. – № 4. – С. 322-328.

7. Горбачева Т.М., Сыромятников М.Ю., Попов В.Н., Лопатин А.В., **Федорин Д.Н.**, Епринцев А.Т. Особенности функционирования сукцинатдегидрогеназы из летательных мышц *Bombus terrestris* (L.) // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2013. № 5. С. 529-536.

8. Епринцев А.Т. Фитохром-зависимая регуляция активности фумаратгидратазы в зеленых листьях кукурузы / А.Т. Епринцев, **Д.Н. Федорин**, О.В. Сазонова // Физиология растений. – 2015. – Т. 62. – №. 4. – С. 474-474.

9. **Федорин Д.Н.** Роль транскрипционных факторов в регуляции экспрессии фумаратгидратазной активности в кукурузе / **Д.Н. Федорин**, О.В. Сазонова, А.Т. Епринцев, М.В. Черкасских // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2015. – № 4. – С. 80-84.

10. Епринцев А.Т. Регуляция активности сукцинатдегидрогеназного комплекса *Arabidopsis thaliana* L. синим светом / А.Т. Епринцев, Н.В. Селиванова, **Д.Н. Федорин** // Биологические мембраны. – 2015. – Т. 32. – № 4. – С. 287-292.

11. **Федорин Д.Н.** Зависимость экспрессии генов мембранно-связанных субъединиц сукцинатдегидрогеназы от степени метилирования отдельных CG-динуклеотидов их промоторов / **Д.Н. Федорин**, М.А. Добычина, Г.Б. Лопырева, М.В. Черкасских, А.Т. Епринцев // Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета – 2017. – №. 2 (14). – С. 65-70.

12. **Федорин Д.Н.** Выделение изоферментов сукцинатдегидрогеназы из щитков семян кукурузы методом ионообменной хроматографии / **Д.Н. Федорин**, Л.А. Карабутова, К.О.Х. Флорес, А.Т. Епринцев // Сорбционные и

хроматографические процессы. – 2017. – Т. 17. – Вып. 5. – С. 818-823.

13. **Федорин Д.Н.** Анализ структуры промоторной области гена *fum2* фумаратгидратазы кукурузы *Zea mays* L. / **Д.Н. Федорин**, М.А. Добычина, А.Т. Епринцев // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2017. – № 4. – С. 78-81.

14. **Федорин Д.Н.** Выделение изоферментов сукцинатдегидрогеназы из листьев гороха методом ионообменной хроматографии / **Д.Н. Федорин**, А.Т. Епринцев // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2018. – Т. 18. – Вып. 4. – С. 563-567.

15. **Федорин Д.Н.**, Епринцев А.Т. Выделение изоферментов сукцинатдегидрогеназы из листьев гороха методом ионообменной хроматографии // Сорбционные и хроматографические процессы. 2018. Т. 18. С. 916-920.

16. **Федорин Д.Н.** Регуляция активности АТФ-цитратлиазы в щитках при прорастании семян кукурузы / **Д.Н. Федорин**, М.А. Добычина, А.А. Уваров, А.Т. Епринцев // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2019. – № 2. – С. 42-47.

17. **Федорин Д.Н.** Анализ метильного статуса отдельных CG-динуклеотидов промотора гена *sdh3-1* сукцинатдегидрогеназы при прорастании семян кукурузы / **Д.Н. Федорин**, А.П. Пельтихина, С.Д. Крылова, А.Т. Епринцев // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2020. – Т. 1. – С. 29-34.

18. **Федорин Д.Н.** Анализ промоторов генов мембраносвязанных субъединиц сукцинатдегидрогеназы и разработка праймеров для оценки их метильного статуса / **Д.Н. Федорин**, А.Т. Епринцев // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2020. – Т. 2. – С. 45-50.

19. **Федорин Д.Н.** Структура промоторов генов субъединиц каталитического димера сукцинатдегидрогеназы *Arabidopsis thaliana* и разработка метилспецифичных праймеров / **Д.Н. Федорин**, А.Т. Епринцев // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2021. – Т. 1. – С. 66-71.

20. Федорина О.С. Участие оксидоредуктазных и декарбоксилирующих ферментов малатдегидрогеназной системы в поддержании метаболического

гомеостаза в листьях кукурузы при засолении / О.С. Федорина, **Д.Н. Федорин**, А.Т. Епринцев // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2021. – № 3. – С. 42-48.

21. **Федорин Д.Н.** Метилирование ДНК как способ регуляции экспрессии генов / **Д.Н. Федорин**, А.Т. Епринцев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2022. – № 2. – С. 44-51.

Публикация в изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Scopus):

1. Popov V.N. Succinate dehydrogenase in *Arabidopsis thaliana* is regulated by light via phytochrome A / V.N. Popov, А.Т. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, А.У. Igamberdiev // FEBS letters. – 2010. – Т. 584. – №. 1. – С. 199-202. (МБД – Scopus, WoS).

2. Eprintsev А.Т. Ca²⁺ is involved in phytochrome A-dependent regulation of the succinate dehydrogenase gene *sdh1-2* in *Arabidopsis* / А.Т. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, А.У. Igamberdiev // Journal of plant physiology. – 2013. – Т. 170. – №. 15. – С. 1349-1352. (МБД – Scopus, WoS).

3. Igamberdiev А.У. Phytochrome-mediated regulation of plant respiration and photorespiration / А.У. Igamberdiev, А.Т. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, V.N. Popov // Plant, cell & environment. – 2014. – Т. 37. – №. 2. – С. 290-299. (МБД – Scopus, WoS).

4. Eprintsev А.Т. Expression and properties of the mitochondrial and cytosolic forms of fumarase in germinating maize seeds / А.Т. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, E.V. Starinina, А.У. Igamberdiev // Physiologia plantarum. – 2014. – Т. 152. – №. 2. – С. 231-240. (МБД – Scopus, WoS).

5. Eprintsev А.Т. Expression and properties of the glyoxysomal and cytosolic forms of isocitrate lyase in *Amaranthus caudatus* L. / А.Т. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, А.В. Salnikov, А.У. Igamberdiev // Journal of plant physiology. – 2015. – Т. 181. – С. 1-8. (МБД – Scopus, WoS).

6. Eprintsev А.Т. Expression and properties of the mitochondrial and cytosolic forms of aconitase in maize scutellum / А.Т. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, M.V. Nikitina, А.У. Igamberdiev // Journal of plant physiology. – 2015. – Т. 181. – С. 14-19. (МБД

– Scopus, WoS).

7. Епринцев А.Т. Световая регуляция экспрессии гена *sdh2-3* субъединицы в сукцинатдегидрогеназы в листьях кукурузы / А.Т.Епринцев, **Д.Н. Федорин**, Л.А. Карабутова, Т.А. Покусина // Физиология растений. – 2016. – Т. 63. – № 4. – С. 1-7. (МБД – Scopus, WoS).

8. Eprintsev A.T. Light inhibition of fumarase in Arabidopsis leaves is phytochrome A-dependent and mediated by calcium / A.T. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, O.V. Sazonova, A.U. Igamberdiev // Plant Physiology and Biochemistry. – 2016. – V. 102. – P. 161-166. (МБД – Scopus, WoS).

9. Eprintsev A.T. Expression of genes encoding subunits A and B of succinate dehydrogenase in germinating maize seeds is regulated by methylation of their promoters / A.T. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, L.A. Karabutova, A.U. Igamberdiev // Journal of Plant Physiology. – 2016. – V. 205. – P. 33-40. (МБД – Scopus, WoS).

10. Eprintsev A.T. Expression and promoter methylation of succinate dehydrogenase and fumarase genes in maize under anoxic conditions / A.T.Eprintsev, **D.N. Fedorin**, M.A. Dobychina, A.U. Igamberdiev // Journal of plant physiology. – 2017. – Т. 216. – С. 197-201. (МБД – Scopus, WoS).

11. Eprintsev A.T. Expression and properties of the mitochondrial and cytosolic forms of fumarase in sunflower cotyledons / A.T. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, O.V. Sazonova, A.U. Igamberdiev // Plant Physiology and Biochemistry. – 2018. – V.129. – P. 305-309. (МБД – Scopus, WoS).

12. Епринцев А.Т. Получение и свойства изоферментов сукцинатдегидрогеназы из щитков кукурузы (*Zea mays* L.) / А.Т. Епринцев, **Д.Н. Федорин**, Л.А. Карабутова, О. Флорес, М. Пуглла // Прикладная биохимия и микробиология. – 2018. – Т. 54. – №1. – С. 42-45. (МБД – Scopus, WoS).

13. Eprintsev A.T. Regulation of expression of the mitochondrial and peroxisomal forms of citrate synthase in maize during germination and in response to light / A.T. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, M.A. Dobychina, A.U. Igamberdiev // Plant Science. – 2018. – Т. 272. – С. 157-163. (МБД – Scopus, WoS).

14. Eprintsev A.T. Expression of succinate dehydrogenase and fumarase genes in maize leaves is mediated by cryptochrome / A.T. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, M.V. Cherkasskikh, A.U. Igamberdiev // Journal of plant physiology. – 2018. – Т.

221. – С. 81-84. (МБД – Scopus, WoS).

15. Епринцев А.Т. Роль метилирования CpG-островков промотора гена *csuz* в световой регуляции активности АТФ-цитратлиазы в листьях кукурузы / А.Т. Епринцев, **Д.Н. Федорин**, М.А. Добычина // Физиология растений. – 2019. – Т.66. – № 2. – С. 121-127. (МБД – Scopus, WoS).

16. Eprintsev A.T. Regulation of expression of the mitochondrial and cytosolic forms of aconitase in maize leaves via phytochrome / А.Т. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, M.V. Cherkasskikh, A.U. Igamberdiev // Plant Physiology and Biochemistry. – 2020. – Т. 146. – С. 157-162. (МБД – Scopus, WoS).

17. Епринцев А.Т. Выделение в гомогенном состоянии конститутивных изоферментов сукцинатдегидрогеназы из щитков кукурузы и исследование их характеристик / А.Т. Епринцев, **Д.Н. Федорин** // Прикладная биохимия и микробиология. – 2020. – Т. 56. – С. 141-146. (МБД – Scopus, WoS).

18. Епринцев А.Т. Молекулярно-биохимические аспекты световой регуляции 2-оксоглутаратдегидрогеназы в растениях / А.Т. Епринцев, **Д.Н. Федорин**, Г.Б. Анохина, А.В. Седых // Физиология растений. – 2020. – Т. 67. – С. 206-213. (МБД – Scopus, WoS).

19. Eprintsev A.T. Two forms of NAD-malic enzyme in maize leaves are regulated by light in opposite ways via promoter methylation / А.Т. Eprintsev, М.О. Gataullina, **D.N. Fedorin**, A.U. Igamberdiev // Journal of Plant Physiology. – 2020. – Т. 251. – С. 153193. (МБД – Scopus, WoS).

20. Епринцев А.Т. Особенности функционирования сукцинатдегидрогеназы и малатдегидрогеназы в листьях шпината *Chenopodium foliosum* L. и амаранта *Amaranthus caudatus* L. при солевом стрессе / А.Т. Епринцев, **Д.Н. Федорин**, О.С. Федорина // Известия РАН. Серия биологическая. – 2021. – Т. 48. – С. 57-64. (МБД – Scopus, WoS).

21. Eprintsev A.T. Aconitate isomerase from maize leaves: Light-dependent expression and kinetic properties / А.Т. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, М.А. Dobychina, A.U. Igamberdiev // Journal of Plant Physiology. – 2021. – Т. 257. – С. 153350. (МБД – Scopus, WoS).

22. Eprintsev A.T. Effect of Salt Stress on the Expression and Promoter Methylation of the Genes Encoding the Mitochondrial and Cytosolic Forms of

Aconitase and Fumarase in Maize / A.T. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, M.V. Cherkasskikh, A.U. Igamberdiev // International journal of molecular sciences. – 2021. – Т. 22. – №. 11. – С. 6012. (МБД – Scopus, WoS).

23. Eprintsev A.T. Effects of light, anoxia and salinity on the expression of dihydroxyacid dehydratase in maize / A.T. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, G.B. Anokhina, A.U. Igamberdiev // Journal of Plant Physiology. – 2021. – Т. 265. – С. 153507. (МБД – Scopus, WoS).

24. Епринцев А.Т. Эпигенетический механизм регуляции экспрессии генов мембраносвязанной субъединицы с сукцинатдегидрогеназы в прорастающих семенах кукурузы / А.Т. Епринцев, **Д.Н. Федорин**, О.Х. Флорес Каро // Физиология растений. – 2022. – Т. 69. – № 2. – С. 142-148. (МБД – Scopus, WoS).

25. Епринцев А.Т. Регуляция активности глутаматдегидрогеназы в листьях кукурузы (*Zea mays* L.) при изменении светового режима / А.Т. Епринцев, Г.Б. Анохина, **Д.Н. Федорин** // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2022. – № 1. – С. 37-45. (МБД – Scopus, WoS).

26. Eprintsev A.T. Light Dependent Changes in Adenylate Methylation of the Promoter of the Mitochondrial Citrate Synthase Gene in Maize (*Zea mays* L.) Leaves / A.T. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, A.U. Igamberdiev // International journal of molecular sciences. – 2022. – Т. 23. – №. 21. – С. 13495. (МБД – Scopus, WoS).

27. **Федорин Д.Н.** Хроматографическое выделение изоферментов сукцинатдегидрогеназы из листьев кукурузы при солевом стрессе / **Д.Н. Федорин**, О.Х. Флорес Каро, А.Т. Епринцев // Сорбционные и хроматографические процессы, 2022, Т. 22, вып. 4, С. 545-551. (МБД – Scopus, WoS).

28. **Федорин Д.Н.** Светорегуляция изоферментов цикла трикарбоновых кислот в растениях / **Д.Н. Федорин**, А.Т. Епринцев, А.У. Игамбердиев // Физиология растений. – 2022. – Т. 69. – № 6. – С. 589-596. (МБД – Scopus, WoS).

29. Епринцев А.Т. Очистка и некоторые кинетические характеристики изоферментов сукцинатдегидрогеназы из листьев кукурузы при солевом стрессе / А.Т. Епринцев, **Д.Н. Федорин**, О.Х. Флорес Каро // Прикладная

биохимия и микробиология. – 2022. – Т. 58. – № 6. – С. 629-634. (МБД – Scopus, WoS).

30. **Федорин Д.Н.** Идентификация электрофоретическим способом продуктов рестрикционного анализа по сайту GATC геномной ДНК пшеницы при солевом стрессе / **Д.Н. Федорин**, В.О. Чуйкова, А.Т. Епринцев // Сорбционные и хроматографические процессы. – Воронеж. – 2023. – Т. 23. – Вып. 2. – С. 299-306. (МБД – Scopus, WoS).

31. **Fedorin D.N.** Effect of Salt Stress on the Activity, Expression, and Promoter Methylation of Succinate Dehydrogenase and Succinic Semialdehyde Dehydrogenase in Maize (*Zea mays* L.) Leaves / **D.N. Fedorin**, А.Т. Eprintsev, O.J. Florez Caro, А.У. Igamberdiev // Plants. – 2022. – Т. 12. – №. 1. – С. 68. (МБД – Scopus, WoS).

32. Eprintsev A.T. Light-Dependent Expression and Promoter Methylation of the Genes Encoding Succinate Dehydrogenase, Fumarase, and NAD-Malate Dehydrogenase in Maize (*Zea mays* L.) Leaves / А.Т. Eprintsev, **D.N. Fedorin**, А.У. Igamberdiev // Journal of Molecular Sciences. – 2023. – Т. 24. – №. 12. – С. 10211. (МБД – Scopus, WoS).

Недостовверных сведений об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, и заимствованных материалов или отдельных результатов без указания источника установлено не было.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные.

Отзывы прислали:

1. Войцеховская Ольга Владимировна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией молекулярной и экологической физиологии ФГБУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН. Отзыв без замечаний.

2. Глухов Александр Захарович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Донецкий ботанический сад». Отзыв без замечаний.

3. Леонтьевский Алексей Аркадьевич, доктор биологических наук, директор Института биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К.

Скрябина Российской академии наук - обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований Российской академии наук (ИБФМ РАН). Отзыв без замечаний.

4. Носов Александр Владимирович, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биологии культивируемых клеток ФГБУН Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН. Отзыв содержит 7 замечаний - 3 уточняющего и 4 рекомендательного характера.

5. Попова Анна Александровна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры ботаники и физиологии растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова. Отзыв без замечаний.

6. Тороп Елена Александровна, доктор биологических наук, директор Центра биотехнологических исследований, профессор кафедры селекции, семеноводства и биотехнологии растений ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. Отзыв без замечаний.

7. Федулова Татьяна Петровна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории маркер - ориентированной селекции ФГБНУ «Всероссийский научно - исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова». Отзыв без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией и компетентностью в данной отрасли, большим объёмом научных исследований и рядом публикаций по тематике исследований диссертационной работы:

http://diss.timacad.ru/catalog/disser/dd/fedorin/sv_opponent.pdf

http://diss.timacad.ru/catalog/disser/dd/fedorin/sv_ved_org.pdf

Креславский Владимир Данилович, доктор биологических наук (03.01.05 – Физиология и биохимия растений), профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии и физиологии фототрофных организмов ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований Российской академии наук» (ФИЦ ПНЦБИ РАН). Креславский В.Д. является ведущим специалистом в области фотобиологии и

фотосинтетической продуктивности растений.

Боровский Геннадий Борисович, доктор биологических наук (03.00.12– Физиология и биохимия растений), профессор, заместитель директора по научной работе ФГБУН Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (СИФИБР СО РАН). Боровский Г.Б. является ведущим специалистом в области молекулярных, физиологических и биохимических механизмов устойчивости митохондриального метаболизма к абиотическим факторам среды.

Гинс Валентина Карловна, доктор биологических наук (03.00.12– Физиология растений; 03.00.04 – Биохимия), профессор, главный научный сотрудник лаборатории физиологии и биохимии растений, интродукции и технологии функциональных продуктов ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО). Гинс В.К. является ведущим специалистом в области физиологии и биохимии, метаболизма и антиоксидантной защиты растений.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). В структуре учреждения имеется лаборатория экологической физиологии, в которой проводятся фундаментальные исследования регуляции основных процессов жизнедеятельности растений. Основные направления исследований - эколого-физиологическое изучение фотосинтеза и дыхания как процессов, составляющих энерго-пластическую основу жизнедеятельности и устойчивости растений; изучение механизмов защиты фотосинтетического аппарата растений в условиях холодного климата; выявление физиолого-биохимические основы адаптации различных видов и экологических групп растений к воздействию природных и антропогенных факторов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- впервые получены в гомогенном состоянии изоферменты сукцинатдегидрогеназы, аконтитатгидратазы и цитратсинтазы из листьев кукурузы и установлены различия в их свойствах;

- впервые изучен механизм световой регуляции активности изоферментов исследуемых энзимов и экспрессии их генов посредством фитохромной системы;

- впервые установлена ключевая роль фитохрома А - в механизме световой регуляции генов изоферментов сукцинатдегидрогеназы, аконтитатгидратазы и цитратсинтазы в листьях растений, и вспомогательная - фитохрома В;

- впервые показан механизм трансдукции светового сигнала от фоторецептора в ядро посредством двухвалентного кальция (вторичный внутриклеточный мессенджер), а также кальмодулинов 7 и 3 в листьях кукурузы;

- впервые установлено участие фитохром-зависимого транскрипционного фактора (PIF3) во внутриядерной трансдукции фоторецепторного сигнала в механизме регуляции генов исследуемых изоферментов сукцинатдегидрогеназы, аконтитатгидратазы и цитратсинтазы в листьях кукурузы;

- впервые установлена зависимость уровней транскрипции генов изоферментов сукцинатдегидрогеназы, аконтитатгидратазы и цитратсинтазы от метильного статуса отдельных CG-динуклеотидов их промоторов в листьях кукурузы при изменении светового режима;

- впервые показано наличие CpG-островка в составе промотора всех исследованных генов свето-зависимых изоферментов.

– **предложено** использовать полученные биохимические и молекулярные механизмы регуляции энергетического метаболизма растений, обусловленного функционированием дыхания и фотосинтеза в растительной клетке, при разработке рекомендаций культивирования растений, обеспечивающих увеличение урожайности и устойчивость растений при воздействии стрессовых факторов.

– **доказано**, что установленные механизмы фитохром-зависимой регуляции скорости функционирования изоферментов метаболизма ди- и трикарбоновых кислот позволяют оптимизировать условия культивирования растений и повысить их урожайность за счет оптимизации спектральных

характеристик освещения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **выделены** перспективные исследования световой регуляции функционирования изоферментов метаболизма ди- и трикарбоновых кислот в растениях при участии фитохромной системы. **Выявлены** различия в свойствах исследуемых изоферментов отражают их функциональную роль в организации метаболизма ди- и трикарбоновых кислот в листьях растений при изменении соотношения красного света к дальнему красному свету. **Изучены** особенности трансдукции фитохромного сигнала в растительной клетке, благодаря которым осуществляется регуляция транскрипционной активности генов изоферментов сукцинатдегидрогеназы, аконтитатгидратазы и цитратсинтазы. **Установлена** ключевая роль фитохрома А в регуляции уровня транскриптов генов изоферментов метаболизма ди- и трикарбоновых кислот в листьях растений. **Выявлены** особенности внутриядерной трансдукции фоторецепторного сигнала при участии фитохром-зависимых транскрипционных фактор семейства P1F, обеспечивающих регуляцию экспрессии исследуемых генов. **Установлено** изменение в транскрипции генов изоферментов сукцинатдегидрогеназы, аконтитатгидратазы и цитратсинтазы от метильного статуса отдельных CG-динуклеотидов их промоторов, при наличии в составе промотора CpG-островка.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс классических и современных методов исследований в физиологии растений, биохимии и молекулярной биологии; многостадийная методика выделения и очистки до гомогенного состояния изоферментов сукцинатдегидрогеназы, аконтитатгидратазы и цитратсинтазы из листьев кукурузы; количественная ПЦР в реальном времени - для оценки уровня транскриптов исследуемых генов изоферментов ди- и трикарбоновых кислот и метил-специфичная ПЦР - для выявления изменения цитозинового метильного статуса промоторов этих генов. При помощи нокаутных растений модельного растительного объекта *Arabidopsis thaliana* по генам разных типов фитохромов установлена роль каждого из них в световой регуляции изоферментов ди- и трикарбоновых кислот. Биоинформационные методы применены для установки

специфичных сайтов связывания свето-зависимых транскрипционных факторов и характера распределения CG-динуклеотидов в промоторных областях генов исследуемых изоферментов. Применение в работе метода Выводы, сформулированные в данном исследовании, подтверждаются полученными результатами и их обсуждением;

– **изложены** результаты многолетнего опыта по изучению механизмов световой регуляции изоферментов метаболизма ди- и трикарбоновых кислот в растениях (по итогам семнадцати лет исследований). Отдельные элементы работы выполнены с применением генмодифицированных растений арабидопсиса, в связи с чем в работе показана роль отдельных типов фоторецепторов красного света в регуляции транскрипционной активности генов изоферментов сукцинатдегидрогеназы, аконтитатгидратазы и цитратсинтазы в листьях кукурузы при изменении светового режима. Изложены результаты молекулярных и эпигенетических опытов кафедры биохимии и физиологии клетки ФГБОУ ВО «ВГУ», в которых отдельно углубленно изучали влияние облучения растений красным светом различного типа на активность изоферментов сукцинатдегидрогеназы, аконтитатгидратазы и цитратсинтазы, уровень транскриптов их генов, роль катионов кальция и транскрипционных факторов в трансдукции фитохромного сигнала в клетке, изменение метильного статуса цитозина промоторов генов исследуемых изоферментов в листьях кукурузы при облучении светом разной длины волны;

– **изучены** кинетические и регуляторные характеристики изоферментов сукцинатдегидрогеназы, аконтитатгидратазы и цитратсинтазы из листьев кукурузы; механизмы трансдукции фитохромного сигнала в растительной клетке; молекулярные и эпигенетические механизмы регуляции транскрипционной активности генов изоферментов сукцинатдегидрогеназы, аконтитатгидратазы и цитратсинтазы в листьях кукурузы при фитохром-зависимой регуляции;

– **раскрыты** особенности фитохром-зависимой регуляции функционирования изоферментов сукцинатдегидрогеназы, аконтитатгидратазы и цитратсинтазы в листьях кукурузы при облучении светом разной длины волны. Показан кальций-зависимый механизм внутриклеточной трансдукции

фитохромного сигнала, установлена роль транскрипционных факторов PIF в регуляции уровня транскриптов генов изоферментов сукцинатдегидрогеназы, аконитатгидратазы и цитратсинтазы в листьях кукурузы. Установлена зависимость цитозинового метилирования промоторов генов сукцинатдегидрогеназы, аконитатгидратазы и цитратсинтазы в листьях кукурузы от состояния фитохромной системы;

– **выявлены** механизмы фитохром-зависимой - внутриклеточной и внутриядерной трансдукции светового сигнала и регуляции функционирования изоферментов метаболизма ди- и трикарбоновых кислот в растительной клетке.

Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– **изучена** особенность световой регуляции метаболизма ди- и трикарбоновых кислот в растительной клетке на ферментативном уровне, что позволяет разработать способы увеличения урожайности и устойчивости растений при воздействии стрессовых факторов на растение;

– **показано**, что применяемая в работе схема очистки позволяет получить гомогенные препараты изоферментов сукцинатдегидрогеназы, цитратсинтазы и аконитатгидратазы, которые могут использоваться в качестве источников антител для оценки качества пищевой продукции методом иммуноферментного анализа на предмет наличия органических кислот;

– **выявлены** механизмы фитохром-зависимой регуляции скорости функционирования изоферментов метаболизма ди- и трикарбоновых кислот, что позволяет оптимизировать условия культивирования растений и повысить их урожайность за счет оптимизации спектральных характеристик освещения.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

– **для экспериментальных работ** достоверность результатов проведенных соискателем опытов обусловлена выполнением данной диссертационной работы с использованием общепринятых классических и современных методов физиологии растений, биохимии и молекулярной биологии. Выводы научно обоснованы и статистически доказаны;

– **теория** согласуется с опубликованными ранее научными трудами отечественных и зарубежных исследователей;

– **идея базируется** на анализе и обобщении литературных данных отечественных и зарубежных исследований по особенностям световой регуляции дыхательного метаболизма и фотосинтеза растительной клетки, в том числе участие различных фоторецепторных система в восприятии и реализации светового сигнала, а также по особенностям регуляции транскрипционной активности генов факторами транскрипции и изменением метильного статуса ДНК;

– **установлено**, что данное исследование направлено на расширение и углубление современных представлений о механизмах световой регуляции функционирования изоферментов метаболизма ди- и трикарбоновых кислот в растительной клетке при адаптации к стрессовым факторам.

Личный вклад соискателя состоит в: участии автора при выполнении всех этапов научного исследования: обоснования изучаемой проблемы, анализа научной литературы, постановки задач, планирования и проведения экспериментов, обобщения полученных результатов и формулирования выводов. Автором проведена статистическая оценка полученных результатов, сформулировано заключение по работе и написана диссертация. Результаты исследований опубликованы автором самостоятельно и в соавторстве.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что в диссертации:

- соблюдены критерии, установленные Положением о присуждении ученых степеней, которым должна отвечать диссертация, представленная на соискание ученой степени доктора наук;

- отсутствуют недостоверные данные в диссертации и опубликованных работах, отражающих основные положения и научные результаты диссертации;

- решения, предложенные автором, аргументированы и оценены в сравнении с другими известными решениями;

- автор ссылается на источники заимствования отдельных результатов, теоретических и практических материалов.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Федорин Д.Н. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел аргументацию о необходимости всестороннего изучения механизмов фитохром-зависимой световой регуляции функционирования

изоферментов метаболизма ди- и трикарбоновых кислот в растениях при облучении светом разной длины волны.

На заседании 02 февраля 2024 года диссертационный совет принял решение за разработку теоретического положения по изучению биохимических и молекулярных механизмов фитохром-зависимой световой регуляции активности ферментов метаболизма ди- и трикарбоновых кислот и уровня экспрессии их генов в растениях, что в совокупности можно квалифицировать как научное достижение, и присудить Федорину Дмитрию Николаевичу ученую степень доктора биологических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, в том числе доктора наук по профилю рассматриваемой диссертации – 6 человек (1.5.21. – Физиология и биохимия растений (биологические науки)), участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 11, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета 35.2.030.09,
доктор биологических наук, профессор

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.030.09,
кандидат биологических наук, доцент



Тараканов
Иван Германович

Киракосян
Рима Нориковна

02.02.2024