

Утверждаю



И.о. директора ФИЦ Биотехнологии РАН

доктор биологических наук

Федоров А. Н.

«25» февраля 2024 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН)

Диссертация «Анализ структурных и регуляторных генов биосинтеза каротиноидов у культивируемых и дикорастущих видов *Solanum* секции *Lycopersicon*» выполнена в Институте бионнженерии имени К. Г. Скрябина Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН) в лаборатории системной биологии растений в 2019-2023 гг.

В период подготовки диссертации соискатель Ефремов Глеб Ильич работал в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук в Институте бионнженерии имени К. Г. Скрябина, в лаборатории системной биологии растений в должности младшего научного сотрудника с августа 2019 года по сентябрь 2023 года.

В 2017 году получил степень бакалавра в Российском Государственном Аграрном Университете – МСХА имени К.А. Тимирязева, по направлению «Агрохимия и Агрочвоведение». В 2019 году получил степень магистра в Российском Государственном Аграрном Университете – МСХА имени К.А. Тимирязева по специальности «Агрономия». С 2019 по 2023 гг. обучался в аспирантуре очной формы обучения в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН). Справки о сдаче кандидатских экзаменов выданы в 2024 г. Федеральным государственным учреждением «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН) и в 2023 г. Российским Государственным Аграрным Университетом – МСХА имени К.А. Тимирязева.

Научный руководитель - Кочиева Елена Зауровна, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией системной биологии растений в Институте биоинженерии имени К. Г. Скрябина Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН).

**По итогам обсуждения принято следующее заключение:**

Диссертационное исследование Ефремова Глеба Ильича на тему «Анализ структурных и регуляторных генов биосинтеза каротиноидов у культивируемых и дикорастущих видов *Solanum* секции *Lycopersicon*» является самостоятельной научно-квалификационной работой, содержит научную новизну. Работа изложена на 175 страницах, включая 11 таблиц и 50 рисунков. Состоит из введения, основной части, заключения, списка литературы.

**Актуальность темы исследования.**

Каротиноиды являются одними из основных классов вторичных метаболитов растений. Основная функция каротиноидов связана с участием в фотосинтезе и защите растений от оксидативного стресса, а также участие в биосинтезе фитогормонов и в онтогенезе растения. Недавние исследования показали участие каротиноидов и их производных в формировании устойчивости растений к различным абиотическим стрессам. Каротиноиды также критически важны для человека, прежде всего как антиоксиданты, супрессоры воспалительных процессов и источники провитамина А. Значимость каротиноидов для растений и человека способствовала существенному прогрессу в понимании их метаболизма. Плоды томата являются значимыми источниками каротиноидов, в первую очередь ликопина. Однако изучение генных путей биосинтеза каротиноидов в плодах томата сфокусировано практически на одном красноплодном культивируемом виде *S. lycopersicum* и на достаточно ограниченном наборе модельных красноплодных сортов этого вида. Образцы дикорастущих видов томата, в том числе и красноплодные, используются в исследованиях каротиногенеза крайне редко. Крайне мала информация о последовательностях генов биосинтеза каротиноидов и особенностях их экспрессии и регуляции у видов томата иных, чем *S. lycopersicum*. Окраска спелого плода культивируемого и дикорастущих видов томата представлена широким спектром оттенков за счёт различий в качестве и количестве каротиноидов, в связи с этим виды томата представляют собой хорошую модель для изучения синтеза и накопления каротиноидов в плодах, что позволит прояснить особенности функции и эволюции генов каротиногенеза видов томата секции *Lycopersicon*.

### **Научная новизна исследования.**

В исследовании Ефремова Г.И. впервые проведён сравнительный анализ содержания общих каротиноидов, ликопина и  $\beta$ -каротина в листьях и плодах в процессе созревания у дикорастущих зелено-, желто- и красноплодных видов (*Solanum* секция *Lycopersicon*); впервые определены и охарактеризованы кодирующие и регуляторные последовательности ключевых генов биосинтеза каротиноидов (*PSY1*, *Z-ISO*, *CrtISO*, *CrtISO-L1*, *CrtISO-L2*, *NCED1*, *NCED2*) у сортов и образцов дикорастущих видов томата; впервые проведён сравнительный межвидовой анализ транскрипции генов *PSY1*, *Z-ISO*, *CrtISO*, *CrtISO-L1*, *CrtISO-L2*, *NCED1*, *NCED2* в листьях, бутонах, цветках, плодах в процессе созревания у красно- и зеленоплодных видов томата; впервые показано совместное участие генов *NCED1* и *NCED2* в процессе развития/созревания плода томата; показано, что ключевая роль отведена гену *NCED1*, наибольшая активность которого приходится на стадию смены окраски плода; впервые показана прямая корреляция между уровнями экспрессии гена транскрипционного фактора (ТФ) *RIN* и его генов-мишеней в динамике созревания плода красно- и зеленоплодных видов томата.

### **Ценность полученных результатов и их практическая значимость.**

В исследовании проанализировано содержание каротиноидов в листьях и плодах в видах и сортах томата в процессе созревания, а также охарактеризованы уровни полиморфизма ключевых генов биосинтеза каротиноидов, особенности их экспрессии и регуляции у дикорастущих и культивируемых видов томата. Результаты данной работы позволили прояснить особенности функции и эволюцию генов каротиногенеза у видов томата секции *Lycopersicon*. Предложен возможный сценарий эволюционных преобразований, способствовавший возникновению красноплодных видов томата. Практическая значимость работы заключается в том, что впервые сорта отечественной селекции охарактеризованы на предмет наличия двух мутаций *tangerine*; выявлены доноры мутации *tangerine 1381*. Разработанные маркеры используются в программах ФНЦО РАН для селекции оранжевоплодных сортов томата.

### **Личное участие в получении результатов.**

Результаты получены лично соискателем или при его непосредственном участии.

### **Апробация результатов работы.**

Результаты диссертационной работы представлены на конференциях «125 Лет Прикладной ботаники в России» (Санкт-Петербург, 2019, 2022), на VI и VII международных научных конференциях PlantGen (Новосибирск 2021, 2023), XX Всероссийской конференции молодых ученых «Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии» (Москва, 2020).

**Специальность, которой соответствует диссертация.**

Диссертация «Анализ структурных и регуляторных генов биосинтеза каротиноидов у культивируемых и дикорастущих видов *Solanum* секции *Lycopersicon*» Ефремова Глеба Ильича является завершенной научно-исследовательской работой и соответствует специальности 1.5.7. - «Генетика».

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.**

Результаты работы опубликованы в 7 научных статьях, индексируемых в Web of Science и Scopus и рекомендованных ВАК РФ.

Диссертация «Анализ структурных и регуляторных генов биосинтеза каротиноидов у культивируемых и дикорастущих видов *Solanum* секции *Lycopersicon*» Ефремова Глеба Ильича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.7 - «Генетика».

Заключение принято на межлабораторном семинаре Института биоинженерии ФИЦ Биотехнологии РАН, состоящей из сотрудников лаборатории систем молекулярного клонирования, лаборатории системной биологии растений, группы генетической инженерии растений, лаборатории геномики микроорганизмов и метагеномики.

Присутствовало на заседании 14 чел., в том числе кандидатов и докторов наук – 9 чел. Результаты голосования: «за» – 14 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол №2 от «20» декабря 2023 г.

Руководитель семинара  
доктор биологических наук,  
специальность 03.01.03 «Молекулярная биология»,  
заведующий лабораторией  
геномики микроорганизмов  
и метагеномики

Марданов Андрей Владимирович

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук»

(ФИЦ Биотехнологии РАН)

Адрес - 119071 Российская Федерация, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 33, стр.2

телефон: +7 (499) 783-32-64

e-mail: mardanov@biengi.ac.ru