

## ОТЗЫВ

официального оппонента диссертации Бемовой Виктории Дмитриевны на тему «Изменчивость хозяйственно ценных признаков и особенности экспрессии генов синтеза опинов у арахиса (*Arachis hypogaea* L.)» на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальностям: 4.1.2. - Селекция, семеноводство и биотехнология растений и 1.5.7. - Генетика.

### Актуальность темы исследования

В диссертационной работе на примере технической культуры арахиса рассматриваются актуальные теоретические проблемы генетики растений и аспекты использования коллекционного материала биоресурсных центров в практической селекции.

Арахис (*Arachis hypogaea* L.), введенный в культуру еще на заре цивилизации и производимый сейчас в мировых масштабах в объёмах порядка 50 млн. тонн, уже более 7 тысяч лет является образцом природно-трансгенного растения, которое за счет уникальности процесса агробактериальной трансформации обладает генами, полученными из бактериального генома. Однако, вопросы об эволюционной роли трансгеноза, имевшего место в истории рода *Arachis*, о функции природных трансгенов и их значении в современной селекции до сих пор являются дискуссионными.

Ядра арахиса, используемые для пищевых целей в Российской Федерации, являются полностью импортным продуктом, хотя климатические условия южных регионов страны позволяют получать высокий урожай земляных орехов. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (21.01.2020) рассматривает развитие отечественной селекционно-семеноводческой работы в качестве одного из важнейших элементов формирующейся системы импортозамещения для обеспечения населения необходимыми продуктами питания. В связи с этим, научно-исследовательская работа по созданию новых конкурентоспособных сортов арахиса на основе использования генофонда культуры, широко представленного в коллекции крупнейшего мирового биоресурсного центра – ВИР, рассматривается как приоритетная в решении вопросов обеспечения продовольственной безопасности.

Учитывая современный уровень знаний о биологии арахиса, особенности промышленного производства этой культуры и значение отечественной селекции для повышения уровня импортозамещения в обеспеченности страны продовольственным сырьем диссертационная работа

Бемовой Виктории Дмитриевны, посвященная изучению генетического разнообразия и изменчивости арахиса, является важной и актуальной.

### **Научная новизна и практическая значимость работы**

Изучение особенностей внутривидовой изменчивости сельскохозяйственных культур по морфологическим и хозяйственно-ценным признакам представляет базовую и перманентную задачу селекции растений. В представленной работе впервые в полевых условиях юга России (Краснодарский край и Астраханская область) изучены 63 образца арахиса из коллекции ВИР, представляющие основные мировые зоны выращивания культуры и почти столетний интервал по времени их поступления в биоресурсный центр. Выделены стабильные и пластичные образцы арахиса, а также селекционно-ценные генотипы с высокой продуктивностью и вызреваемостью в зонах испытаний, крупно- и мелкозерные формы, что позволило создать фонд отбора для дальнейшей селекционной работы для целей пищевой промышленности.

Изучение обнаруженной в геноме арахиса клеточной Т-ДНК, содержащей ген кукумопин-синтазы (*cus*), ответственной за синтез кукумопина, необходимого агробактериями в качестве источника азота и углерода, повышает уровень знаний о природе клТ-ДНК, ее влияния на хозяйственно ценные признаки растений и возможному использованию в селекции. В представленной работе впервые установлено, что во всех исследованных образцах культурного арахиса как в геноме А, так и в геноме В, присутствуют гомологи агробактериального гена кукумопин-синтазы *cus*. У всех исследованных образцов найдена интактная последовательность гомолога гена кукумопин-синтазы. Продемонстрирована тканеспецифичная экспрессия гена *cus*, выявлена внутривидовая изменчивость по уровню его экспрессии. Варианты аллелей депонированы в базу NCBI. В результате оценки 30 морфологических и хозяйственно-ценных признаков арахиса впервые показана их связь с уровнем экспрессии гена *cus*.

Практическая значимость работы состоит из селекционной и образовательной составляющих:

- два созданных перспективных крупносемянных сорта арахиса «Виктория» и «Бемоль» переданы в Государственную комиссию по сортоиспытанию;

- полученные молекулярно-генетические данные используются в образовательных программах по генетике и биотехнологии Санкт-Петербургского университета, НТУ «Сириус» и ВИР.

## Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность

Работа выполнена по стандартам, предусмотренным ВАК для кандидатских диссертаций, и изложена на 181 странице. Состоит из введения, материалов и методов, основной части, содержащей 27 таблиц, 25 иллюстраций, заключения, списка литературы, который включает 158 наименований, из них 132 на иностранном языке, и 13 приложений.

В разделе «Обзор литературы» приведен тщательный анализ отечественной и зарубежной научной литературы, посвященной изучению биологии и производству арахиса. В главах раздела проанализирована систематика и типы генома рода *Arachis* L., приводится информация об известных хозяйственно ценных признаках и генах арахиса, и их использовании в селекционной работе, описаны особенности метаболитов, выделяемых корнями растений, их влияние на видовой состав ризосферы растений, приведены особенности ризобияльного симбиоза арахиса и систематика патогенных агробактерий. Отдельно приводятся сведения о распространении природной трансформации среди растений, краткая история изучения и строение клТ-ДНК арахиса в геномах А и В, приведено сравнение нуклеотидных последовательностей гена *cus* *A. ipaensis* и *A. duranensis*. Проанализированы перспективы использования природных ГМО в селекции, с целью влияния на растительно-микробные взаимодействия для защиты растений от патогенных микроорганизмов и для увеличения фиксации азота.

В разделе «Материалы и методы» подробно описаны выборка исследования, включающая 63 образца арахиса географически отдаленных по месту происхождения и времени поступления в коллекцию ВИР (1926...2020гг.), а также основные методы исследования, включающие: выращивание растений в условиях открытого грунта, оценку морфологических и хозяйственно ценных признаков, культивирование *in vitro*, газовую хроматографию, выделение ДНК и РНК, обратную транскрипцию, ПЦР, секвенирование и статистическую обработку полученных данных.

В разделе «Результаты и обсуждение» подробно и наглядно в графической форме представлены полученные экспериментальные данные и по каждому этапу работы приведено авторское мнение, учитывающее современное состояние изученности вопроса и многочисленные литературные источники.

Оценка коллекционных образцов арахиса по морфологическим и хозяйственно ценным признакам (продуктивности, вызреваемости, массы 1000 семян и др.) в двух точках с различными почвенно-климатическими условиями (КОС ВИР и ПАФНЦ РАН) в течение трех лет испытаний (2019-

21 гг.) позволила выявить селекционно-ценные формы, необходимые для создания новых урожайных сортов для возделывания в южных регионах России. Использование методов математической обработки данных позволило выявить пластичные и стабильные по продуктивности генотипы, географически отдаленные по происхождению. Многостороннее изучение образцов с последующим отбором лучших типичных растений позволило создать перспективные селекционные линии и два новых сорта арахиса, переданных в Госсорткомиссию.

Значительная часть работы посвящена молекулярно-генетическим исследованиям функциональности и эволюции генома арахиса с учетом ризосферного взаимодействия. Проведено секвенирование нуклеотидных последовательностей гена *sis* 13 образцов арахиса коллекции ВИР, изучен их полиморфизм, часть последовательностей депонированы в базу данных NCBI. Впервые приведены данные об экспрессии гена *sis* в арахисе, выявлена ее тканеспецифичность, наибольший уровень экспрессии обнаружен в корнях, что позволяет предположить, что ген *sis* через синтез опинов может иметь отношение к взаимодействию с клубеньковыми бактериями и влиять на продуктивность арахиса. Исследована экспрессия гена *sis* в корнях на разных этапах вегетационного периода. Полученные данные подтверждает гипотезу об эволюционном значении гена *sis* для арахиса. С использованием U-критерия Манна-Уитни и факторного анализа впервые показана взаимосвязь уровня экспрессии гена *sis* с хозяйственно ценными признаками арахиса (продуктивность, продолжительность периода всходы-цветение, масса 1000 бобов). Установлена взаимосвязь уровня экспрессии в стеблях, листьях и корнях.

В «Заключении» приводятся итоги работы и кратко описываются полученные результаты. Выводы обоснованы и соответствуют цели и задачам исследования.

Работа дополнена 13 приложениями, которые включают таблицу с нуклеотидными последовательностями гена *sis* изученных образцов и полные расчеты результатов оценки хозяйственно ценных, морфологических и биохимических характеристик исследованных образцов.

По диссертационной работе есть замечания рекомендательного характера:

1. В главе «Материалы и методы», таблица 2 в списке образцов арахиса коллекции ВИР, введенных в культуру *in vitro* и используемых в молекулярных исследованиях указано 10 образцов, при этом в приложении 2 в списке секвенированных образцов указано 13. Почему не все 13 образцов указаны в таблице?

2. В приложении 2 приведены 13 секвенированных нуклеотидных последовательностей гена *cus*, почему в базу данных NCBI депонированы только 7 из них?
3. В главе 3.7 «Анализ взаимосвязи хозяйственно ценных признаков и уровня экспрессии гена *cus*» приведен факторный анализ по методу главных компонент 10 образцов арахиса для оценки взаимосвязи уровня экспрессии гена *cus* и хозяйственно ценных признаков. Почему не проведен анализ с учетом происхождения данных образцов?
4. Желательно представить в приложении скан патента на сорт арахиса «Виктория»
5. В тексте рукописи присутствуют незначительные опечатки и неудачные выражения.

Однако, указанные замечания не затрагивают сути проведенного исследования и не влияют на теоретические и практические результаты диссертационной работы.

### **Заключение**

Анализ диссертационной работы и автореферата позволяют сделать вывод о том, что соискатель выполнил все запланированные задачи и достиг поставленной цели. В автореферате сохранена структура диссертации и представлено краткое изложение работы.

Диссертационная работа насыщена информационным материалом, содержит новые актуальные знания по генетике и селекции растений, изложена логически грамотно, иллюстрирована значительным табличным и графическим материалом. Выполненные исследования характеризует законченный характер, а диссертацию – целостный вид. Объективность и достоверность полученных результатов подтверждена достаточной выборкой проанализированных данных многолетних полевых испытаний, биохимических и молекулярно-генетических исследований. Заключение и практические рекомендации обоснованы экспериментальным материалом, в том числе созданными двумя сортами арахиса (в соавторстве).

Основные результаты исследований доложены на пяти научно-практических конференциях различного уровня. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе 9 - в научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, и один патент на селекционное достижение.

Диссертация Бемовой Виктории Дмитриевны на тему «Изменчивость хозяйственно ценных признаков и особенности экспрессии генов синтеза

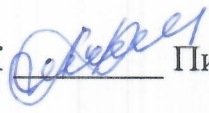
опинов у арахиса (*Arachis hypogaea* L.)» является законченной научно-квалификационной работой.

Диссертационная работа по актуальности, объему экспериментальных исследований, теоретической и практической значимости заслуживает положительной оценки. Содержание соответствует критериям (пп.9-14), установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013г. (ред. от 01.10.2018, с изменениями от 26.05.2020 г., 27.08.2021 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальностям 4.1.2. - Селекция, семеноводство и биотехнология растений и 1.5.7. - Генетика

Официальный оппонент  Ушаповский Игорь Валентинович, кандидат биологических наук по специальности 03.02.07 «генетика», доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований и клеточной селекции, заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур» (ФГБНУ ФНЦ ЛК) почтовый адрес 170041, г. Тверь, Комсомольский пр., 17/56 тел. (4822) 416-112, эл.почта [i.uschapovsky@fncl.ru](mailto:i.uschapovsky@fncl.ru) , [info@fncl.ru](mailto:info@fncl.ru)

07.11.2025 г.

*Подпись Ушаповского Игоря Валентиновича, заместителя директора по научной работе ФГБНУ ФНЦ ЛК заверяю.*

Руководитель  
отдела кадров ФГБНУ ФНЦ ЛК  Пискарева Лариса Юрьевна

