

ОТЗЫВ

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

Несмотря на то, что население Российской Федерации является одним из крупнейших потребителей арахиса, а почвенно-климатические условия многих южных регионов вполне подходящие для его успешного возделывания, площади занятые под этой культурой и валовый сбор урожая в стране весьма невелики. И очевидно, что одной из причин является недостаточный уровень селекции. Повышение эффективности селекции в первую очередь зависит от наличия исходного материала. Решающим фактором для этого являются исследования генетического разнообразия этой культуры, ее генетики и изменчивости по важным для селекции биологическим признакам. В этой связи, представленная диссертационная работа является весьма актуальной.

Общая оценка работы. Диссертационная работа Бемовой В.Д. «Изменчивость хозяйственно-ценных признаков и особенности экспрессии генов синтеза опинов у арахиса (*Arachis hypogaea* L.)» состоит из введения, 3 глав, заключения и рекомендаций для селекции.

В первой главе диссертант дает подробный анализ научной литературы по таким вопросам, как биологическая характеристика, систематика арахиса, его возделыванию использованию, состояние селекции, проблемы генетического разнообразия, основные направления селекции, генетика признаков. Большое внимание уделено вопросам изучения закономерностей растительно-микробного взаимодействия и симбиоза арахиса, также вопросы взаимодействия *Agrobacterium* с растениями и природной трансформации, клеточной Т-ДНК арахиса. Автором также представлен актуальный анализ перспектив исследования природных ГМО с точки зрения опиновой концепции регуляции растительно-микробных взаимодействий. Существенный вклад в этот процесс может внести и изучение клТ-ДНК арахиса, что позволит понять не только ее возможные функции и роль в эволюции культурного арахиса, но и повысить эффективность его селекции.

Во второй главе диссертантом подробно представлены условия и методика проведения исследований, а также исходный материал. Представлена подробная характеристика почвенно-климатических условий изучения. Для исследования проявления хозяйственно ценных признаков на уровне фенотипа проведено эколого-географическое испытание коллекционных образцов в двух пунктах, различающихся по климатическим и почвенным условиям.

При проведении исследований применены современные методы, в т. ч. полевое изучение согласно методикам ВИР и классификатору вида; биохимические и молекулярно-генетические методы: выделение ДНК, РНК, классическая ПЦР и ПЦР в реальном времени и секвенирование. Комплексный анализ результатов исследований проведен путем их статистической обработки программного пакета Statistica, версия 12.6.

В третьей главе диссертации отражены и анализированы результаты комплексного изучения образцов из мировой коллекции арахиса ВИР. Проведенная оценка коллекционных образцов арахиса по морфологическим признакам позволила выявить наличие разнообразия окраски семенной кожуры. Установлено, что такие морфологические признаки как размер цветка, форма, размер и окраска чашечки практически не отличаются у разных образцов. Вместе с тем у всех образцов четыре формы и типа поверхности боба. Также выявлено 6 типов окраски семян. Также отмечены три формы куста, отличающиеся размером семян и окраской семенной кожуры. Таким образом, описание морфологических признаков позволило представить разнообразие образцов арахиса культурного в коллекции ВИР.

Проведена оценка коллекционных образцов арахиса по хозяйственно ценным признакам (продолжительность периода «посев-всходы» и «всходы-цветение», вызреваемость, продуктивность, масса 1000 бобов и 1000 семян, лузжистость, урожайность). Установлено различие между коэффициентами вариации по вызреваемости изучаемых образцов в зависимости от пункта изучения. Отобраны образцы показавшие самую высокую вызреваемость в двух точках за каждый год изучения. Выявлена разница в продуктивности образцов в зависимости от условий выращивания. Также автором отобраны образцы, показавшие наибольшую продуктивность в двух пунктах исследования, выделены образцы, с высокой продуктивностью.

Анализ жирнокислотного состава масла в семенах позволил выявить существенное варьирование содержания олеиновой и линолевой кислоты у изучаемых образцов в зависимости от места репродукции. Анализ содержания белка и масла в семенах 14 образцов арахиса, полученных на Кубанской опытной станции – филиале ВИР. Отмечается невысокая степень варьирования образцов по содержанию масла. Выделены 4 высокобелковых образца и 3 образца с высоким содержанием масла.

Анализ результатов оценки изменчивости количественных признаков при эколого-географическом испытании позволил выявить наибольшее влияние на вызреваемость места репродукции и условий выращивания, при этом не установлено существенное влияние условий года изучения и генотипа образцов на признак. Наиболее значимое влияние на вызреваемость оказывает место репродукции и генотип растений. Выделены образцы с высокой степенью вызреваемости. Также исследованиями установлено значимое влияние генотипа на массу 1000 семян. Выделены образцы с наивысшими показателями этого признака.

Проведена оценка стабильности и пластичности образцов арахиса при помощи коэффициента регрессии на условия среды. Установлено, что фактор «среда» оказывал влияние на такие признаки, как продолжительность периода «всходы-цветение», вызреваемость и продуктивность. Выявлена разница по варьированию продуктивности образцов между пунктами изучения. Опыт в контрастных условиях позволил диссертанту выявить пластичные и стабильные по продуктивности генотипы. Отмечено влияние метеоусловий пункта изучения на степень вызреваемости бобов и, при этом, продуктивность и продолжительность периода «всходы-цветение» в двух пунктах изучения достоверно не различалась. Отмечено варьирование продуктивности образцов арахиса по годам в обоих пунктах изучения, с большим размахом изменчивости между образцами. Исследования позволили автору заключить, что арахис можно возделывать на юге РФ, а именно в Астраханской области и Краснодарском крае. Выделены коллекционные образцы арахиса, которые более продуктивны в Астраханской области, другие – более

продуктивные в Краснодарском крае, а также образцы, показавшие с лучшую продуктивность в обоих пунктах изучения за каждый год. Также установлено, что на орошаемых землях урожай изучаемых образцов более стабилен, а продуктивность отдельных образцов выше на более плодородных почвах Краснодарского края. В результате исследования выявлены стабильные по продуктивности генотипы.

В разделе «Создание сортов арахиса» диссертантом описаны этапы проведенной ею селекционной работы. В ходе выполнения исследования были успешно отобраны перспективные образцы арахиса для проведения селекционной работы. Закономерным результатом этой работы стали созданные и переданные в Государственную комиссию по сортоиспытанию два сорта арахиса 'Виктория' и 'Бемоль'. По результатам оценки селекционного материала автором также даны рекомендации для селекции арахиса.

Большой объем работы диссертант выполнила по исследованию экспрессии гена *cis*, контролирующего синтез кукумопин-синтазы. Проведено секвенирование нуклеотидных последовательностей гена *cis* 13 образцов арахиса. Установлены филогенетические взаимоотношения между *cis*-подобными последовательностями разных видов арахиса. Исследована экспрессия гомолога гена кукумопин-синтазы (*cis*) в различных органах растений десяти образцов культурного арахиса из коллекции ВИР, имеющих разное географическое происхождение и отличающихся по морфологическим признакам. Оценен уровень экспрессии гомолога гена кукумопин-синтазы (*cis*) в стебле, листьях и корнях. Выявлена тканеспецифичная экспрессия гена *cis* в образцах арахиса и обнаружены образцы, контрастные по уровню его экспрессии. Наиболее высокая экспрессия отмечена в корнях, что позволяет автору предположить, что ген *cis* через синтез опинов может иметь отношение к взаимодействию с клубеньковыми бактериями и влиять на продуктивность арахиса.

Исследована экспрессия гена *cis* в корнях двух образцов (к-168 и к-1157) на разных этапах вегетационного периода. Оба образца показали изменение уровня экспрессии гена *cis* в зависимости от стадии развития растения. Наиболее высокий уровень отмечен во время цветения. Выявлена тканеспецифичная экспрессия гена *cis* в образцах арахиса, при этом выявлены образцы, контрастные по уровню экспрессии этого гена. Наиболее высокая экспрессия отмечена в корнях, что позволяет предположить, что ген *cis* через синтез опинов может иметь отношение к взаимодействию с клубеньковыми бактериями и влиять на продуктивность арахиса.

Также, проведенное исследование экспрессии гена *cis* в корнях двух образцов на разных этапах вегетационного периода показало изменение уровня экспрессии в зависимости от стадии развития растения. Наиболее высокий уровень отмечен во время цветения.

Диссертантом также был проведен анализ взаимосвязи хозяйственно ценных признаков и уровня экспрессии гена *cis*. Проведенная оценка изменчивости хозяйственно ценных признаков в зависимости от уровня экспрессии гомолога гена *cis* демонстрировала разную степень такой взаимосвязи, в зависимости от пункта выращивания. Оценка уровня экспрессии гена в корнях выявила значимые различия в продолжительности периода «всходы – цветение»: при более высокой экспрессии гена продолжительность периода короче, а масса 1000 бобов в среднем выше. Показан более высокий уровень экспрессии у образцов из умеренного светового пояса. Анализ уровня экспрессии в листьях не показал значимого влияния на проявление хозяйственных признаков. Не установлена и взаимосвязь экспрессии гена кукумопин-синтазы и морфологических признаков.

Выводы по результатам исследований согласовываются с поставленными целью и задачами исследований, составлены лаконично и информативно.

Диссертантом представлены ценные практические рекомендации для селекции Практическая значимость работы заключается в том, что в результате проведенных исследований автором получены ценные данные по генетической составляющей арахиса и его разнообразия. Проведено секвенирование гомолога гена, контролирующего синтез кукумопин-синтазы (*cus*), в результате чего выявлен полиморфизм нуклеотидной последовательности у разных образцов. Варианты аллелей депонированы в базе NCBI. У всех изученных образцов выявлена ненарушенная рамка считывания гена, что дает возможность синтеза полноразмерного белкового продукта. Также по итогам исследований выделены источники высокой продуктивности и вызреваемости, которые послужат исходным материалом для селекции. Созданы и переданы в Государственную комиссию по сортоиспытанию два новых сорта арахиса.

Новизна исследований не вызывает сомнений.

По диссертационной работе есть небольшие замечания рекомендательного характера

1. Рекомендации для использования в селекции размещены в диссертационной работе после селекционной части диссертации на странице 94, тогда, как традиционно этот раздел должен быть завершающим и размещен после заключения и выводов
2. На странице 81. - описание трехфакторного дисперсионного анализа по массе 1000 семян не соответствует графическому изображению (рисунок 13. Доля влияния факторов на массу 1000 семян при анализе данных за 3 года (2019-2021гг.)
3. Потенциал факторного анализа по методу главных компонент использован не в полном объеме. Можно было бы, например, добавить анализ распределения образцов в соответствии с их географическим происхождением.
4. Диссертант провела большую и весьма успешную селекционную работу, однако в разделе «Методика исследований» не представлены методы проведения отборов, которыми также можно было поделиться и в рекомендациях для селекции.
5. Отмечены опечатки и некоторые ошибки. Например, название фермента кукумопинсинтаза по тексту диссертации и автореферата различается в написании (слитно или через тире: кукумопин-синтаза).

Однако указанные замечания не затрагивают сути проведенных исследований и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертационной работы.

Заключение. Знакомство с работой позволяет судить об ее авторе, как о достаточно подготовленном исследователе, владеющего современными методами исследований и научной литературой по данному вопросу. Диссертантом широко изучены и критически анализированы известные достижения и теоретические положения других авторов по вопросам генетического разнообразия, генетике и селекции арахиса *Arachis hypogaea* L.

Обоснованность результатов, выдвинутых соискателем, зиждется на согласованности данных эксперимента и заключении.

Достоверность экспериментальных данных обеспечено использованием современных средств и методик проведения исследований, в т. ч. статистической обработки результатов исследований. Работа выполнена на высоком методическом уровне. Она удачно проиллюстрирована таблицами и рисунками. Основные

результаты по теме диссертации опубликованы в 9 научных статьях в журналах, рекомендованных Перечнем ВАК РФ. Они были представлены, обсуждены и одобрены на пяти международных научно-практических конференциях.

Работа изложена на 181 странице компьютерного текста, содержит 27 таблиц, 25 рисунков и 13 приложений. Библиографический список включает 158 источников, в том числе 132 на иностранном языке.

Полученные автором результаты и опубликованные по материалам диссертации научные статьи, подтверждают значимость данной работы не только для повышения эффективности селекции, но и для сельскохозяйственной науки в целом.

Опубликованные соискателем научные статьи и автореферат отражают основное содержание диссертации. Полученные ею результаты исследований достоверны, выводы обоснованы и согласовываются с поставленными целью и задачами исследований.

Основные положения диссертации полностью согласовываются с результатами исследований и заключением, сделанными диссертантом. Работа написана доходчиво, грамотно и оформлена согласно требованиям.

Диссертационная работа Бемовой В.Д. является завершенным исследованием, выполнена на высоком научном уровне, содержит научную новизну и соответствует требованиям пп.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Правительством РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата биологических наук по специальностям: 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений и 1.5.7 Генетика.

Киру Степан Димитрович, доктор биологических наук,
профессор кафедры растениеводства им. И.А. Стебута,
специальность 06.01.05 - селекция и семеноводство

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, СПб, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2. E-mail: s.kiru53@mail.ru

Подпись заверяю:

Проректор по научной и международной работе
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский
государственный аграрный университет»
Колесников Роман Олегович



06.11.2025