

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ФГБНУ
«Всероссийский научно-исследовательский
институт сельскохозяйственной биотехнологии»
академик РАН, профессор, д.б.н. Г.И. Карлов



« 02 » октября 2024 г.

ОТЗЫВ
ведущей организации
на диссертационную работу Кручининой Юлии Владимировны
«Генетический анализ архитектоники колоса пшениц
и его компьютерное моделирование»,
представленную на соискание учёной степени кандидата
биологических наук
по специальности 1.5.7. – генетика (биологические науки)

Актуальность темы исследования

Известно, что от архитектоники растений зависит объём и качество будущего урожая. Сюда входит и форма зерновки, и структура колоса, и фенотип растения в целом. Расширение информации по архитектонике и архитектуре растений и злаковых, в частности, позволит расширить биоразнообразие возделываемых растений. Архитектоника злаковых претерпела изменения с начала возделывания растений и по сей день. Важную роль в этом сыграл процесс доместикации, а именно отбор растений по тем признакам, которые позволили бы успешно возделывать растения на обширных территориях.

Пшеница, является наиболее широко возделываемой культурой во всём мире. Это злаковое обладает широким полиморфизмом, за счёт чего и пользуется успехом по всему земному шару. Важно понимать особенности тех или иных видов пшеницы, а именно, их видоспецифические признаки, которые позволяют различить виды пшениц между собой. Знание этих признаков позволяет правильно отнести растение к определённой

систематической группе, подобрать нужный материал для будущих посевов и исследовательской работы.

Описание визуальных параметров растений, или, иными словами, их фенотипирование, предполагает обработку большого количества материала, подсчёт структурного анализа, осмотр каждого растения и подробное описание всех фенотипических признаков. В современных реалиях, необходимо применение таких методов, которые позволили бы сократить обработку информации, описанную исследователем.

Технологии машинного зрения и применение нейронных сетей в селекции и таксономии, позволит проводить научные исследования в более ускоренных условиях, а именно так, что фенотипирование будет производиться не человеком, а компьютером, на основании тех вводных данных, которые ему будут загружены.

Помимо этого, применение IT-технологий в систематике, позволит не только оцифровывать гербарные коллекции и хранить их в электронном виде, но и создавать цифровые «признаковые» коллекции, где помимо цифрового изображения растения, будет иметься его фенотипическое описание и другие, важные для исследования, признаки.

Всё вышесказанное аргументирует актуальность работы Ю.В. Кручининой.

Научная новизна исследования, полученных результатов и выводов, сформулированных в диссертации

Ю.В. Кручинина впервые создала цифровую коллекцию колосьев видов пшениц всех уровней пloidности, не имеющей аналогов в мире и провела её аннотирование.

Автором изучен полиморфизм и наследование видоспецифических признаков одновременно на всех уровнях пloidности пшениц у конкретных видов. Также, установлены базисные признаки для автоматического разделения видов, с использованием нейронных сетей.

Выводы диссертационной работы являются новыми и расширяют представления об архитектонике колоса пшеницы и его компьютерном фенотипировании.

Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором диссертации, рекомендации по использованию результатов и выводов

Диссертационная работа Ю.В. Кручининой вносит несомненный вклад в развитие цифровых коллекций злаковых культур, показывая на возможность применения биоинформатических методов, нейронных сетей и машинного обучения для автоматизированного установления видов. Помимо этого, автором был проведён масштабный анализ видоспецифических (таксономически значимых) признаков колоса у растений разных видов пшеницы, что расширяет знания об архитектонике пшеницы.

Результаты работы могут быть использованы для уточнения информации о морфометрических характеристиках колоса в селекционной и генетической работе, а также при проведении интрогрессированной гибридизации в роде *Triticum* L. Кроме того, полученные результаты должны привлечь внимание растениеводов, изучающих другие сельскохозяйственные культуры, как современный подход к изучению морфологии и фенотипа растений.

Теоретические выводы исследования могут быть использованы в курсах лекций и руководствах для студентов биологических специальностей ВУЗов.

Структура, краткое содержание и общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа Кручининой Ю.В. общим объёмом 154 страницы построена по традиционному плану и включает следующие разделы: Введение (11 с.), Обзор литературы (49 с.), Материалы и методы (18 с.), Результаты (38 с.), Обсуждение (12 с.), Заключение (2 с.), Выводы (4), Список сокращений (1 с.), Список литературы (136 источников). Результаты представлены в 25 таблицах и на 24 рисунках.

Все экспериментальные исследования выполнены лично автором, их достоверность не вызывает сомнений.

Во введении представлена актуальность темы исследования, поставлена цель и задачи, необходимые для её выполнения, представлена научная новизна результатов, а также теоретическая и практическая значимость выполненной работы, изложены основные использованные методы, приведены положения, выносимые на защиту, указаны конференции, на которых были доложены результаты работы и список публикаций по теме диссертации.

В обзоре литературы автор обстоятельно рассматривает вопросы, связанные с архитектурой и архитектоникой растений, а также связь архитектоники колосьев с таксономией пшеницы. Подробно описано влияние доместики на архитектонику пшеницы. Отдельный раздел посвящен фенотипированию в селекции и генетике, где в полной мере приводится описание видов пшениц разного уровня ploидности, а также фенотипированию в систематике пшениц. Достаточное внимание в обзоре литературы уделено созданию цифровых коллекций. Подробно описаны современные компьютерные методы фенотипирования и свёрточные нейронные сети. Обзор свидетельствует о хорошем знании автором литературы по изучаемой проблеме, выстроен последовательно и логично.

Глава «Материалы и методы» состоит из 8 разделов. Первый содержит информацию о растительном материале, используемом в работе. Второй

раздел посвящен условиям проведения эксперимента. В третьем разделе достаточно подробно описаны методы генетического анализа, а именно гибридологический анализ для идентификации генотипов по видоспецифическим признакам и молекулярная составляющая - выделение ДНК, ПЦР-амплификация и клонирование генов *Btr-1*. Четвёртый раздел содержит информацию о методе компьютерного фенотипирования архитектуры колоса, где описаны условия получения цифровых изображений. Пятый и шестой раздел посвящены оценке количественных и качественных характеристик колосьев, соответственно. В седьмом разделе приведена информация о проведении статистического анализа. И в заключительном, восьмом разделе подробно описаны метеоусловия в годы проведения экспериментов, для каждой вегетации отдельно. Представлено достаточно полное описание всех используемых в работе методов. Методы адекватны поставленным задачам и современны.

Глава «Результаты» хорошо структурирована и состоит из трёх разделов, иллюстрирована большим количеством таблиц и рисунков, включающих диаграммы. В главе последовательно представлены результаты изучения таксономически значимых видоспецифических признаков пшеницы. На первом этапе работы с использованием современных аналитических методов исследования морфометрии колоса пшеницы, а также метода t-SNE для визуализации процесса распределения изображений колосьев произведено фенотипирование видоспецифических признаков пшеницы по всем вегетациям. На следующем этапе работы, с применением гибридологического анализа получены формы F₂ гибридов для дальнейшей оценки таксономически значимых признаков. Показано, что видоспецифические признаки можно изучать и посредством молекулярно-биологических методов, однако ряд признаков, например, ломкоколосость (ген *Btr*), не могут быть использованы для создания цифровой коллекции колосьев видов пшениц. Завершающим этапом работы стало создание

цифровой коллекции видоспецифических признаков колоса пшеницы, не имеющей аналогов в мире.

Полученные результаты обоснованы и достоверны.

В главе «Обсуждение» Ю.В. Кручинина обобщает полученные данные в контексте современных представлений. Обсуждение отражает свободное владение литературой и компетентность автора.

Выводы (4) сформулированы корректно и резюмируют основные результаты диссертации.

Автореферат построен по стандартной схеме, полностью отражает содержание диссертации, иллюстрации наглядно демонстрируют результаты работы.

Публикации по теме диссертации

Результаты работы опубликованы в семи научных статьях, из которых три опубликованы в зарубежных журналах категории Q1, входящих в международные базы цитирования WoS, Scopus, а также представлены на четырёх международных и всероссийских научных конференциях (тезисы докладов опубликованы). Публикации автора отражают основное содержание работы.

Замечания

На стр. 60 не очень удачно сформулировано предложение «Существует возможность переноса генов-гомологов (ортологов) посредством молекулярно-биологических подходов в пшеницу». Лучше вместо «подходов» было бы написать «методов».

На стр. 91 предложение сформулировано двусмысленно «Образцов гексаплоидных пшениц в роде меньше, по сравнению с тетраплоидными». В нем речь идет о числе видов, поэтому слово «образцов» лишнее.

В таблице 15 на стр. 98 зачем-то дано пояснение, что «Х» - это «октябрь» («Х (октябрь)-20 (2020г.)»). Считаем, что это пояснение лучше было бы вынести в примечание к таблице, что было бы логичнее.

В примечании к таблице 25 на стр. 114 ошибка вкралась в написание города Аддис-Абеба: написано «Addia-Ababa» вместо «Addis-Ababa». Кроме того, в нем же «ВИР» и «ИЦИГ» зачем-то написаны по-английски.

На стр. 122 после Tausch лишняя точка, т.к. это полное имя автора ботанического таксона.

Незначительные замечания не являются принципиальными и не снижают высокого качества и научной ценности диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Ю.В. Кручининой «Генетический анализ архитектуры колоса пшениц и его компьютерное моделирование», представленную на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.7. – генетика (биологические науки), является законченным самостоятельным научным исследованием, в основе которого лежит крайне актуальная по содержанию и спектру задач, объёмная экспериментальная работа, выполненная на высоком научном и методическом уровне. Автор получила важные результаты, расширяющие представления о таксономически значимых признаках, определяющих архитектуру колоса пшениц, о количественных признаках, которые могут быть использованы для автоматического разделения пшениц по уровню пloidности и создала цифровую коллекцию колосьев пшениц, являющейся основой цифрового классификатора.

Выводы хорошо обоснованы, результаты опубликованы в 7-и статьях в рецензируемых высокорейтинговых научных журналах и обсуждены на конференциях.

Таким образом, по содержанию, уровню выполнения исследований, актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, диссертационная работа полностью соответствует требованиям п.9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с

последующими редакциями), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Кручинина Юлия Владимировна заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.7. – Генетика.

Отзыв рассмотрен, обсуждён и одобрен на семинаре лаборатории клеточной инженерией растений ФГБНУ ВНИИСБ, протокол № 5 от «01» октября 2024 года.

Отзыв подготовил:
заведующий лабораторией клеточной
инженерией растений ФГБНУ ВНИИСБ
д.б.н., профессор, академик РАН
e-mail: kharchenko@iab.ac.ru
тел.: +7 (499) 976-65-44

Харченко Пётр Николаевич

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной
биотехнологии» (ФГБНУ ВНИИСБ)
Адрес: ул. Тимирязевская 42, Москва, Россия, 127550
Тел.: +7 (499) 976-65-44; +7 (499) 977-09-47
Веб-сайт: <http://www.vniisb.ru>
E-mail: iab@iab.ac.ru

Подпись П.Н. Харченко заверяю

Учёный секретарь
ФГБНУ ВНИИСБ,
к.б.н.



Федина Е.И.