

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **Лукиной Ксении Андреевны** на тему:
«Генетическое разнообразие голозерных форм ячменя по важнейшим хозяйственно ценным признакам», представленной на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальностям: 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений и 1.5.20. Биологические ресурсы.

Актуальность избранной темы. Ячмень – универсальная и широко распространенная в мировом аграрном производстве культура, обладающая большим внутривидовым разнообразием. Два подвида: многорядный (*H. vulgare* L. subsp. *vulgare* L.) и двурядный ячмень (*H. vulgare* L. subsp. *distichon* (L.) Koern.) включают группы как пленчатых, так и голозерных разновидностей, которые хорошо известны, по ним ведутся исследования, но большее внимание селекционеры, традиционно, уделяют пленчатым формам ячменя, и количество районированных сортов этой разновидности значительно превышает количество сортов голозерного ячменя. Однако в последние годы интерес исследователей к голозерным группам ячменя возрастает, поскольку голозерный ячмень – ценный источник для селекции на качество зерна, которое отличается повышенным содержанием белка и незаменимых аминокислот, богато комплексом биологически активных веществ, а также обладает высокими диетическими свойствами. Немаловажным фактором является и легкое отделение зерновки от цветковой чешуи, которое ускоряет послеуборочную доработку зерна. Для повышения эффективности селекционной работы с голозерным ячменем необходимо наличие разнообразного по эколого-географическому происхождению и хорошо изученного исходного материала для выявления источников и создания доноров хозяйственно ценных признаков и свойств. Лучшей биоресурсной коллекцией голозерного ячменя, насчитывающей более 1200 образцов, собранных со всего мира, по праву считается коллекция Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Изучение генетического и биоресурсного потенциала коллекционных образцов может значительно ускорить процесс создания высокоурожайных сортов голозерного ячменя с ценными адаптивными свойствами, а также даст преимущество в получении урожая зерна наивысшего качества.

Эти и другие факторы указывают на актуальность проведения исследований по изучению генетического разнообразия голозерных форм

ячменя коллекции ВИР по важнейшим хозяйственно ценным признакам в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации.

Новизна исследования и полученных результатов. Научная новизна заключается в том, что соискателем впервые проведено комплексное изучение хозяйственно ценных признаков голозерного ячменя в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации, основанное на эколого-географической выборке коллекции ВИР и выделены источники, не уступающие современным пленчатым сортам; проанализирован биохимический состав голозерного ячменя с различной окраской зерновки по содержанию белка, крахмала, β -глюканов и антоцианов, выделены источники с оптимальным соотношением изученных показателей для использования в селекции по созданию сортов разного направления; изучена устойчивость образцов голозерного ячменя к мучнистой росе на естественном инфекционном фоне и при искусственном заражении на ювенильной стадии развития; с помощью молекулярно-генетического скрининга идентифицирован аллель *mlol1* у 11 устойчивых образцов; осуществлен молекулярно-генетический скрининг по аллельному разнообразию генов, контролирующих короткостебельность; проведено изучение ассоциаций генотип-фенотип при помощи современного биоинформационного метода GWAS для поиска геномных районов, ассоциированных с хозяйственно ценными признаками ячменя в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации. С использованием корреляционного анализа выявлены взаимосвязи основных агробиологических селекционных признаков голозерного ячменя и влияние среды на них. Разработаны новые подходы к проведению молекулярно-генетического скрининга и идентификации короткостебельных форм ячменя, которые могут использоваться для ускоренного поиска в биоресурсных коллекциях новых перспективных образцов путем молекулярно-генетического анализа.

Степень обоснованности и достоверности выводов и заключений соискателя, сформулированных в диссертации. Основные положения диссертации с достаточной достоверностью обоснованы полученными результатами. Выводы и предложения базируются на наблюдениях и экспериментальных исследованиях, проведенных автором, в течение 2021-2024 гг. Автор в своей работе исследовала 268 образцов ячменя: 115 образцов двурядного и 153 – многорядного голозерного ячменя коллекции ВИР, в том числе различающихся по окраске зерновок. Коллекцию ячменя изучали в полевых условиях в 2021–2023 гг. на Северо-Западе Нечерноземной зоны на экспериментальном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Почвы опытного поля дерново-подзолистые, супесчаные на мореных суглинках, предшественник в севообороте – картофель. Погодные условия периода вегетации были разнообразными и отличались от,

средних многолетних показателей, что позволило изучить образцы в контрастных условиях. Исследование фотопериодических реакций проведено в 2022–2024 гг., изучены биохимический состав зерновок, а также проведен комплекс высокотехнологичных исследований по молекулярно-генетическому скринингу биоресурсной коллекции ячменя. Комплексные агробиологические и генетические исследования позволили автору получить обширный и уникальный материал, провести его всестороннюю оценку и выделить источники хозяйственно ценных признаков и свойств для дальнейшей селекционной работы с голозерным ячменем. Все исследования выполнены на высоком научно-методическом уровне. Представленные в диссертации экспериментальные материалы, их анализ и интерпретация свидетельствуют о том, что цель и все задачи выполнены, выдвинутые на защиту положения достаточно аргументированы.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации. Работа вносит весомый вклад в разработку важной научной проблемы агропромышленного комплекса России – повышения урожайности за счет всестороннего изучения генофонда голозерного ячменя и выделения источников хозяйственно-ценных признаков актуальных для селекции.

Выделены перспективные образцы голозерного ячменя, урожайность которых находится на уровне пленчатых рекомендованных к выращиванию стандартов или значимо превышает их. Показано, что высокой урожайностью характеризуются шестирядные голозерные образцы – преимущественно представители местных и староместных сортов из европейской части России (Архангельская обл., Ленинградская обл., Кировская обл. и Псковская обл.), стран Азии (Афганистан) и Европы (Германия, Франция). Среди двурядных образцов наиболее урожайными оказались преимущественно староместные и современные сорта из России (Ленинградская обл., Свердловская обл., Омская обл., Ставропольский край) и Европы (Германия, Украина, Франция).

Установлены и рекомендованы к дальнейшему использованию источники признаков скороспелости с повышенной урожайностью; высокоурожайных на уровне пленчатых и голозерных стандартов с различной скороспелостью, устойчивостью к полеганию, высотой соломины, массой зерна с колоса, массой 1000 зерен, с различной длиной колоса, обладающие ценными биохимическими свойствами (с высоким содержанием белка и низким содержанием β -глюканов); устойчивые к мучнистой росе, и носители эффективного аллеля *mloll*; образцы ячменя с различными аллелями короткостебельности.

В исследованиях установлено значимое влияние ($p < 0,05$) генотипа и условий года на все хозяйственно ценные признаки голозерного ячменя. При этом доля влияния фактора «генотип» на формирование таких признаков, как длина главного колоса, число колосков и зерен в главном колосе, масса зерна с

главного колоса, содержание белка и крахмала в зерновках максимальна – более 60%.

Установлены как положительные, так и отрицательные корреляционные зависимости различной силы между отдельными селекционными признаками двурядного и шестирядного голозерного ячменя: урожайностью и высотой растений ($r = 0,26$ и $r = 0,60$), длиной колоса ($r = 0,46$ и $r = 0,50$), числом колосков ($r = 0,51$ и $r = 0,50$), числом зерен ($r = 0,60$ и $r = 0,73$), массой зерна с главного колоса ($r = 0,59$ и $r = 0,76$), содержанием крахмала ($r = 0,54$ и $r = 0,60$), продолжительностью периода «колошение-созревание» ($r = -0,23$ и $r = -0,28$), содержанием белка ($r = -0,39$ и $r = -0,64$). Выделены 19 образцов ячменя различного эколого-географического происхождения (местные сорта из Европы, Эфиопии, Японии, Индии), устойчивые к мучнистой росе. Молекулярно-генетическим скринингом выделены 4 пленчатых и 6 голозерных образцов – носители эффективного аллеля устойчивости к мучнистой росе *mloll*.

Изучение биохимического состава и технологическая оценка зерна голозерных и пленчатых образцов ячменя позволила выявить ценные источники с оптимальным соотношением показателей белка, крахмала, β -глюканов и антоцианов и при этом убедительно показано, что большинство образцов голозерного ячменя достоверно превышают пленчатый по содержанию этих ценных компонентов.

Несомненно, важнейшей частью диссертационной работы является проведенный автором молекулярно-генетический скрининг образцов биоресурсной коллекции с использованием внутригенных маркеров, который позволил идентифицировать короткостебельные образцы. В результате сопоставления результатов генотипирования и фенотипирования доказано, что аллели короткостебельности у всех генотипов определяют высокую или среднюю устойчивость к полеганию, независимо от влияния погодных условий. Проведенный автором полногеномный анализ ассоциаций (GWAS) между фенотипом и генотипом позволил выявить 219 значимых маркеров для всех изучаемых хозяйственно ценных признаков ячменя. Установлено, что выделенные маркеры ассоциированы с геномными локусами на всех хромосомах ячменя. Подана заявка на патент изобретения № 2024119127/10(042524) «ДНК-маркер аллеля *sdw1.c* для селекции короткостебельных сортов ячменя».

Оценка содержания диссертации. Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Диссертация тщательным образом структурирована, имеет внутреннюю логику, изложена на 212 страницах, состоит из введения, 3 глав, заключения и практических рекомендаций для

селекции; основная часть содержит 18 таблиц и 48 рисунков, также имеется 9 приложений. Список литературы содержит 275 источников, из них – 169 на иностранных языках. Результаты собственных исследований автора подтверждаются анализом литературных данных.

Форма и содержание работы позволяют утверждать, что диссертация Лукиной Ксении Андреевны имеет классическую структуру с традиционными разделами и является завершенной научной разработкой. Методологической основой выполненной работы служили фундаментальные принципы и подходы к проведению исследований, изложенные в работах ведущих отечественных и зарубежных исследователей, которые были автором глубоко проанализированы.

На основе полученных результатов в заключении сформулированы 7 обоснованных положений Заключения и даны предложения селекционной практике. Заключение и практические рекомендации автора для селекции обоснованы экспериментальным материалом. Полученные данные можно использовать в фундаментальных исследованиях для поиска механизмов формирования количественных признаков, которые вносят большой вклад в урожайность растений, а выделенные маркеры могут послужить основой для поиска генов-кандидатов. Выделенные источники ценных признаков планируются к передаче в ведущие селекционные центры страны для создания новых высокопродуктивных сортов голозерного ячменя.

Однако, несмотря на новизну, актуальность и теоретическую значимость исследований, диссертационная работа не лишена отдельных недостатков и упущений, требующих разъяснения:

1. Во Введении (стр. 8) автор указывает только число публикаций из перечня журналов ВАК РФ – 6 статей, но не указывает общее число своих научных статей – 14, список которых приведен в автореферате.

2. На стр. 8 автор пишет, что «исследования выполнены в 2021-2023 гг.», однако лабораторные опыты по оценке фотопериодической чувствительности образцов ячменя были проведены в 2022-2024 гг., т.е. нужно было указать, что исследования выполнены в 2021-2024 гг.

3. Автор пишет, что диссертация изложена на 173 страницах, однако Приложения (стр. 174-212) также являются неотъемлемой частью диссертации.

4. В подписях к рисункам 1.2 и 1.3. не указан автор фотографий.

5. Автору в разделе 2.1. Почвенные и агрометеорологические условия следовало привести величину гидротермического коэффициента (ГТК), а также сумму активных температур, что дало бы более точное представление о погодных условиях в годы исследований. Тем более что в разделе 3.1.1.

Продолжительность вегетационного периода автор апеллирует к понятию «гидротермический режим» (стр. 56).

6. В тексте диссертации имеются отдельные неудачные выражения: «...степень проработанности материала по голозерным образцам еще сильно уступает товарообороту пленчатого ячменя» (стр. 5); «согласно большому количеству исследований уровень белка в зерне ячменя может сильно варьировать...», но при этом дается ссылка только на одну работу: Kreis, Shewry, 1992 (стр. 32).

Данные замечания носят рекомендательный характер и не умаляют достоинств выполненной работы.

Личный вклад соискателя. Автором тщательно и добросовестно проанализировано современное состояние проблемы, определены цели и задачи исследований, разработана программа и выбраны методы выполнения работ. На основе проделанной работы соискателем проведена статистическая обработка, обобщение и анализ полученных результатов, сформулированы выводы и даны практические рекомендации. Печатные работы по теме диссертации подготовлены в соавторстве.

Специальности, которым соответствует диссертация. Диссертационная работа полностью соответствует пунктам 2, 3, 5, 15 паспорта научной специальности 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (биологические науки), а также пунктам 2, 4, 7 паспорта научной специальности 1.5.20. Биологические ресурсы (биологические науки).

Соответствие работы требованиям Положения ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям. Содержание диссертации в полной мере отражено в автореферате, который включает общую характеристику и краткое изложение содержания работы. Структура изложения диссертации сохранена в автореферате. Основные результаты диссертации опубликованы в открытой печати в 14 научных работах, в том числе в 6 статьях в журналах из перечня ВАК. В опубликованных научных работах отражено основное содержание диссертации. Результаты исследований были автором широко апробированы и представлены на восьми международных и всероссийских научных симпозиумах и конференциях.

Заключение. Диссертационная работа Лукиной Ксении Андреевны «Генетическое разнообразие голозерных форм ячменя по важнейшим хозяйственно ценным признакам» является законченной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, которая решает важную научно-практическую проблему повышения урожайности голозерных форм ячменя за счет всестороннего изучения генофонда культуры и выделения источников хозяйственно-ценных признаков, актуальных к включению в

селекционный процесс в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации.

По актуальности, научной и прикладной значимости полученных результатов, объему и глубине исследований работа отвечает «Положению о порядке присуждения ученых степеней» (пп. 9-11, 13, 14), утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями от 16 октября 2024 г.), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальностям: 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений и 1.5.20. Биологические ресурсы.

Официальный оппонент

Доктор биологических наук, доцент,

ведущий научный сотрудник

лаборатории физиологии сельскохозяйственных

растений ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

Е.В. Думачева

Полные сведения об оппоненте:

Думачева Елена Владимировна, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии сельскохозяйственных растений федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», доцент, доктор биологических наук по специальности 03.02.14 – биологические ресурсы (2015).

141055 Московская обл., г. Лобня, ул. Научный городок, корпус 1;

тел.: 8(495)577-73-37; e-mail: dumacheva@vniikormovl.ru

Подпись Е.В. Думачевой заверяю

Ученый секретарь ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»,

кандидат сельскохозяйственных наук



Е.Г. Седова

30.12.2025г.