

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Ковтунова Владимира Викторовича на тему: «Селекционно-генетические аспекты повышения урожайности и улучшения качества зерна сорго зернового», представленную на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.2 – Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки)

### **1. Актуальность выполненного исследования**

Проблема обеспечения продовольственной безопасности страны рассматривается обществом и Правительством Российской Федерации как приоритетная среди многих других. Глобальные вызовы современности – санкции недружественных государств, последствия пандемии Covid 19, нарушение логистических цепочек и т.д. создают неприемлемые риски в сфере зависимости нашей страны от импорта семян, технологий, сельскохозяйственной техники в условиях быстро меняющейся конъюнктуры цен на основные товары.

Россия обладает всеми необходимыми ресурсами и предпосылками стать не только независимой от импорта высокотехнологичных товаров державой, но и упрочить позиции крупнейшего игрока на мировом продовольственном рынке. Эксперты убеждены, что финансовый потенциал аграрного воспроизводства России значительно выше, чем потенциал ее нефтегазового комплекса. Имея 11% мировых земельных угодий, Россия способна производить возобновляемые и возрастающие в объемах ресурсы не только в виде продуктов питания, но и в виде биоэнергии (биодизель, биоэтанол и т.д.). Агропромышленный комплекс обязан стать не только источником роста благосостояния всего российского населения, но и основой экспортного производства высококачественных и дешевых продуктов питания для развивающихся многомиллиардных рынков в ряде стран мира.

Стратегический курс развития российского АПК - на повышение уровня самодостаточности, рыночного финансирования и дальнейшую диверсификацию предложения зерновых и масличных для гармоничного развития рынков.

Усиление аридности климата на большей части России в настоящее время, является одним из наиболее значимых факторов, без учета которого невозможно эффективно вести сельскохозяйственное производство. Поэтому большое внимание необходимо уделять подбору жаростойких и засухоустойчивых культур. Во многих регионах, где возрастают риски засухи, большое значение в укреплении кормовой и сырьевой базы может обеспечить выращивание сорговых культур. Помимо основных зерновых культур, в стране имеются недооцененные рынком «нишевые» культуры, к которым относится

сорго зерновое. Сорго имеет гораздо более высокую устойчивость к засухе, чем кукуруза. При подборе сортимента и адекватных агротехнологиях сорго зерновое способно формировать высокие и стабильные урожаи зерна с высоким качеством.

Сорго занимает пятое место в рейтинге глобально значимых зерновых культур и выращивается на площади более 40 млн га. Недостаточное распространение культуры в нашей стране обусловлено дефицитом раннеспелых, высокоурожайных сортов и гибридов с высоким качеством зерна и адаптированных к почвенно-климатическим условиям зоны выращивания.

Схема селекционной работы с культурой в нашей стране традиционно ориентирована на выведение сортов. Однако создание конкурентоспособных селекционных достижений требует переход от сортов к гибридам. В последнее десятилетие гибриды сорго активно регистрируются отечественными оригинаторами, успешно конкурируя с зарубежными. Очевидно, что создание и разноплановая оценка генетического разнообразия, создание нового исходного материала для селекции конкурентоспособного сортимента с фиксацией генов по желаемым признакам, с сочетанием традиционных и современных методов, является весьма актуальным как для селекции сорго зернового, так и других зерновых культур.

## **2. Новизна исследования и полученных результатов, степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

*Научная новизна* работы заключается в том, что автором впервые в условиях Ростовской области проведено всестороннее изучение коллекции из более, чем 220 образцов сорго зернового различного эколого-географического происхождения и выделены источники основных хозяйственно-ценных признаков и свойств.

Выполнены исследования количественных признаков, влияющих на формирование урожайности и качество зерна с помощью гибридологического анализа. Автор определил количество аллельных генов, контролирующих целевые признаки. Установлено, что по признакам «длина метёлки», «масса 1000 зёрен», «содержание крахмала», «содержание лизина в белке» различия между генотипами родительских форм не превышают 1-3 генов, а по содержанию сырого белка – 4 генов.

Ковтуновым В.В. проведена оценка селекционного материала с помощью ДНК-маркеров Xtxp18, Xtxp 297, Xnhsbm 1084, SB 2386, тесно сцепленных с генами восстановителями фертильности (Rf). Выделено 35 образцов с геном Rf1, функциональным в доминантном состоянии, 11 образцов – с функциональным аллелем гена Rf2, а также 56 и 186 образцов носителей генов Rf5 и Rf6 соответственно.

Итогом селекционной программы стало выведение 4 сортов сорго зернового и гибрида, сочетающих высокую урожайность и качество зерна.

*Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций* подтверждается выполненными полевыми и лабораторными экспериментами, полученными данными, обработанными методами вариационной статистики, изученным и созданным селекционным материалом, обладающим комплексом хозяйственно-полезных признаков и свойств, а также зарегистрированными в Госреестре РФ сортами Зерноградское 88, Атаман, Есаул, гибридом сорго зернового Дюйм.

### **3. Значимость для науки и практики результатов диссертации, возможные конкретные пути их использования**

Автором выделены образцы, обладающие различными ценными признаками и свойствами, рекомендованные к использованию в селекционных программах по сорго зерновому. Установленные закономерности наследования и количество главных генов, контролирующих основные хозяйственно-ценные признаки и свойства, позволяют оптимизировать селекционную программу, и, в частности, минимальный размер популяции  $F_2$  и направление отбора при создании новых сортов.

Выявлены образцы, имеющие в своём генотипе гены-восстановители фертильности ЦМС типа A1 - Rf1, Rf2, Rf5, Rf6. Генотипирование с помощью ДНК-маркеров при подборе отцовских форм скрещиваний позволяет усовершенствовать селекционный процесс по созданию гетерозисных гибридов.

В результате селекционной работы созданы с участием соискателя, внесены в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации и запатентованы три сорта сорго зернового и один гибрид, занимающие существенную долю культуры в Ростовской области, Ставропольском крае, Краснодарском крае, а также в Саратовской, Волгоградской, Воронежской области.

Создание новых сортов сорго зернового Зерноградское 88, Атаман, Есаул и гибрида Дюйм представляет собой несомненную значимость для аграрного производства. Рекомендации по совершенствованию селекционной схемы на основе данных генотипирования значимы для науки и могут быть тиражированы в селекционных программах по сорго зерновому. Теоретические вопросы могут быть включены в учебные программы аграрных вузов, ориентированных на подготовку селекционеров зерновых культур.

Представленный соискателем сорт сорго зернового Зерноградское 88 в рамках регионального конкурса Министерства сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области (г. Ростов-на-Дону, 2015 г.) был отмечен как «Лучшая инновационная разработка в области растениеводства», а на Молодёжном инновационном конвенте Ростовской области (г. Ростов-на-Дону, 2017 г.) награжден дипломом за I место в номинации «Лучший инновационный продукт».

Материалы работы многократно докладывались и обсуждались на Ученых советах ФГБНУ «АНЦ «Донской», научных конференциях национального и международного уровня. Автором опубликовано 70 научных работ, в том числе 29 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и 3 – в базы данных Scopus, 1 научно-методическая рекомендация и 1 каталог. Издана 1 монография. Соискателем получено 3 авторских свидетельства на зарегистрированные селекционные достижения.

#### **4. Оценка содержания диссертации**

Диссертационная работа включает введение, 9 глав, заключение, предложения для селекционной практики и производства, список использованной литературы, приложения. Работа изложена на 412 страницах машинописного текста, содержит 130 рисунков, 62 таблицы, 21 приложение и 469 источников, в том числе 263 – иностранных авторов.

Несомненным достоинством работы является хорошая иллюстративная база; большое количество рисунков дают наглядное представление об описываемых объектах и процессах. Диссертация написана хорошим научным языком. Работе присуща внутренняя целостность и законченность.

Во «*введении*» определена актуальность темы работы, показана степень разработанности темы, цели и задачи работы, ее научная новизна и практическая значимость, методология и методы исследований, основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов исследований, декларация личного участия автора.

В *главе 1* представлен обзор литературы по теме диссертации. Описывается народно-хозяйственная ценность культуры, её распространение в мире и в России. Сорго широко используется как в продовольственных, так и в фуражных целях.

Обобщена информация об истории происхождения сорго и классификации. В мировом земледелии по объёму производства и площади посева сорго занимает пятое место после пшеницы, риса, кукурузы и ячменя. Посевные площади сорго зернового в мире составляют 39,2-44,7 млн. га с валовым сбором зерна около 58 млн. т. Несмотря на сочетание биологических особенностей, высокого качества зерна и универсальность использования, в России сорго не получило должного распространения. В последнее десятилетие посевная площадь посева сорго в нашей стране варьировала от 54,7 до 228,7 тыс. га.

Автор считает, что основной причиной недостаточно широкого внедрения сорго в России и стабильного увеличения её посевной площади считается слабое развитие животноводства. Между тем, отечественное животноводство получило мощный импульс развития в последние годы, что требует совершенствования кормовой базы. Возможно, отечественные производители свинины не знают причины, по которым Китай – главный

мировой производитель свинины – в последние годы стал основным импортером зерна сорго (до 11 млн т в 2021 г.)? Возможно, имеются другие причины ограниченного использования в России, анализ которых требует привлечения специалистов разных отраслей АПК.

В частности, автор описывает возможную урожайность зерна в регионах в условиях низкой влагообеспеченности. Не исключено, что сопоставление урожайности сорго зернового с кукурузой на зерно в различных условиях могло выявить диапазон почвенно-климатических параметров, при которых сорго имеет преимущество для лучшего позиционирования культуры.

В связи с древним происхождением и широким распространением, классификация культуры затруднена из-за большого географического и сортового разнообразия. Систематика рода *Sorghum Moench* до настоящего времени подвергается пересмотрам, поэтому неокончательная.

Представлены сведения о количественных признаках, прямо или косвенно влияющих на урожайность и технологичность сортов и гибридов сорго зернового. Как типичное растение короткого дня, сорго различается по реакции на длину светового дня, часть сортифта обладает фотопериодически нейтральной реакцией.

На продолжительность вегетационного периода сорго влияют внешние факторы среды; для раннеспелых сортов и гибридов требуется сумма температур в пределах 2000-2400°C, а для средне- и позднеспелых – 2800-3500°C.

Обсуждается генетика признака высоты растений. Урожайность у сорго определяется элементами структуры: количеством растений на единице площади, количеством метелок на растении, а также количеством зерен в метелке и массой 1000 зёрен с наибольшим вкладом в результирующий признак.

Ковтуновым В.В. обсуждаются такие признаки сорго, как окраска околоплодника зерновки сорго (тёмно-окрашенный, белый, слоновой кости и желтой), стекловидность, пигментированность тесты. Предлагается использовать окраску зерновки в качестве маркерного признака при отборе на содержание танина. Указанные признаки относятся к органолептическим, то есть с высокой вероятностью ошибки определения разными исследователями. Однако проблему точности определения данных признаков, как и многих других, связанные с их распознаванием на основе зрительного восприятия, в настоящее время можно автоматизировано решить с помощью цифрового фенотипирования (машинного зрения) и цветовой шкалы RHS, одобренной UPOV.

Обсуждаются исследования отечественных и зарубежных учёных по биохимическим показателям качества зерна и их влиянии на продуктивность животных.

Автором изложены теоретические основы гетерозиса. Производство гибридных семян сорго автор связывает с цитоплазматической мужской стерильностью. В зависимости от родительских линий в одних скрещиваниях

восстановление фертильности контролирует один главный ген восстанавливающий фертильности, в других скрещиваниях с ЦМС-линиями цитоплазмы А1 два или более основных гена. Обсуждается значение ЦМС в селекции сорго, а также принципы подбора пар для гибридизации.

Почвенно-климатические условия, материал и методы проведения исследований представлены во *второй главе*.

Исследования проводили в 2008-2022 гг. полевых условиях на опытных участках лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, а также в лабораторных условиях лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, лаборатории маркерной селекции и лаборатории физиологии растений Федерального государственного бюджетного научного учреждения ФГБНУ «АНЦ «Донской», то есть за 15-летний период исследований.

Объектом проведения исследований являлись коллекционные образцы сорго зернового, новые сорта, гибриды и их родительские формы, общим числом от 150 до 221 образец в разные годы исследований. Проведение опытов осуществляли в соответствии с общепринятыми методиками.

Выбор методов изучения, планирование и реализация экспериментов, а также оценочные подходы адекватны и соответствуют поставленным задачам.

*Глава 3* содержит результаты оценки исходного материала сорго зернового по основным хозяйственно-ценным признакам и свойствам.

Автор акцентирует внимание на продолжительности межфазного периода «всходы – полная спелость», которая варьировала у коллекционных образцов в 2008-2010 гг. от 90 до 140 дней, а 2016-2020 гг. – от 80 до 121 дней. Выделены раннеспелые образцы периодом вегетации «всходы – полная спелость» до 90 дней, однако они существенно уступают по урожайности стандарту Зерноградское 88. Сделан вывод, что увеличение периода вегетации «всходы – полная спелость» на 10 дней приводит к дополнительному формированию 1-2 листьев на растении, что влияет на урожайность зерна.

Действительно, селекционная работа, направленная на уменьшение высоты растений у новых сортов и гибридов сорго (как и у других сельскохозяйственных культур) до оптимальных значений не приводит к снижению урожайности зерна.

Ковтуновым В.В. установлены корреляционные связи между элементами продуктивности растений сорго и урожайностью. Так, в период 2008-2010 гг. изучения коллекционных образцов коэффициент корреляции между количеством зёрен в метёлке и урожайностью зерна составил  $0,37 \pm 0,07$ , а в условиях 2016-2020 гг. и обновлённом сортовом составе установлена тесная положительная связь ( $r = 0,78 \pm 0,04$ ).

Автор пришел к заключению о накоплении большего количества белка в зерне сорго в более засушливые годы. Сделана оценка коллекции по

содержанию сырого протеина и лизина, а также крахмала, сырой клетчатки, сырого жира, золы, танина в зерне.

*Глава 4* посвящена проблемам гетерозисной селекции сорго зернового. Создано и изучено более 200 гибридов на стерильной основе, сделан анализ характера доминирования признаков у гибридов  $F_1$  с помощью гетерозиса истинного, конкурсного, гипотетического в разных комбинациях скрещиваний. Представлены данные наследования признаков продолжительности периода вегетации «всходы – вымётывание», высоты растений, выдвинутости ножки метёлки, массы 1000 зёрен, количества зёрен в метёлке и урожайности зерна у гибридов  $F_1$ , полученных с использованием ЦМС-линий Деметра и Джетта.

Выделены образцы, отличающиеся стабильно высокими оценками эффектов ОКС и СКС по урожайности. Оценка комбинационной способности тестеров выявила наибольшую ценность ЦМС-линии Джетта (эффекты ОКС варьировали от 0,16 до 0,18) по сравнению с линией Деметра (эффекты ОКС – -0,16 – -0,18).

Сделаны рекомендации в селекции на гетерозис по признакам качества зерна: содержанию белка, крахмала, жира, танина. Скрининг образцов с помощью ПЦР-анализа позволил рекомендовать диагностические маркеры для идентификации генов, ответственных за восстановление фертильности.

*В главе 5* представлен материал по селекции сорго зернового на фертильной основе. Автор оценивал закономерности наследования признака «длина метелки». Гибридологический анализ  $F_2$  в диаллельных схемах, где были подобраны образцы с разной длиной метёлки, выявил различия между родительскими формами в 1-3 гена. Аналогичные исследования были проведены по массе 1000 зёрен, содержанию сырого белка, крахмала, лизина. Установлено, что различия по признакам «масса 1000 зёрен», содержанию сырого белка, крахмала, лизина в белке – 1-3, до 4 генов. Перспективная линия, полученная при гибридизации сортообразцов ЗСК-4 и Отбор 100, под названием Сотник передана в Государственное сортоиспытание в 2022 г.

*Глава 6* содержит результаты селекции сорго зернового на холодостойкость. Сделан вывод: для создания гибридов сорго зернового с высокой устойчивостью к пониженным температурам следует привлекать в селекционные программы наиболее холодостойкие ЦМС-линии.

*В главе 7* отражены основные результаты селекционной деятельности по сорго зерновому. С участием автора выведены и внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию сорта сорго зернового Зерноградское 88, Атаман, Есаул, а также гибрид Дюйм. Передан на Государственное сортоиспытание сорт Сотник. Представлена характеристика сортимента.

*Глава 8* посвящена вопросам использования сорго зернового в перерабатывающей промышленности. Автор предлагает заменять часть

пшеничной муки (15%) сорговой при выпечке хлеба, а также использовать зерно сорго зернового в качестве сырья для производства крахмала. Не вполне понятно, почему выбрана тема хлебопечения с помощью сорго; в литературе недостаточно аргументов в пользу данного направления. Возможно, легче было ориентироваться, например, на производство крупы с анализом ее качества. Судя по зарубежному опыту, более перспективными являются исследования по производству крахмала и спирта. Кроме того, анализ экспорта зернового сорго показывает, что главным потребителем стал Китай благодаря развитию свиноводства.

Глава 9 включает экономическую и биоэнергетическую оценку выращивания выведенных сортов и гибрида сорго зернового. Согласно расчетам, при затратах 24960-25413 руб./га и реализации рядового зерна по 9000 руб./т, возделывание новых сортов и гибрида экономически выгодно. Условный чистый доход составляет 22110-28767 руб./га, а рентабельность – 89-113%. Энергоёмкость продукции находилась в пределах 2,29-2,55 ГДж/т, что позволило получить энергии с урожаем в 6,1-6,9 раза больше, чем было затрачено на производство этой продукции.

Однако в производстве важна продуктивность всех звеньев севооборота, поэтому следовало обсудить возможное негативное влияние сорго зернового как предшественника на последующие культуры.

К недостаткам работы можно отнести следующие:

1. В названии диссертации желательнее было упомянуть латинское название культуры *Sorghum Moench*.

2. В литературном обзоре приводятся убедительные доказательства преобладания фуражного использования сорго зернового. Однако при планировании исследований акцент сделан на продовольственное (хлебопечение).

3. В обзоре литературы автор описывает требования в сумме температур сортов и гибридов сорго в зависимости от групп спелости. При этом не уточняет, каких конкретно температур - положительных, эффективных, активных?

4. Автор делает ряд выводов, ссылаясь на уравнение линейной регрессии, например на рис. 19. Возможно, коэффициент корреляции мог быть выше, если использовать модели нелинейные регрессии. Аналогичное замечание для рис. 20, 26, 29, 30, 31, 36, 38, 42, 45, 47. Линейные регрессии при варьировании признаков биологических объектов являются скорее исключениями, а не правилом.

5. В табл. 2, 4, 7, 9, 10, 11, 12 приведены результаты статистической обработки данных ( $\bar{X}$  – среднее значение и  $S$  – стандартное отклонение), но автор практически не использует их в обсуждении, а различия между изучаемыми сортообразцами не показаны.

6. В пп. 3.2.7 «Овсяные кормовые единицы и обменная энергия» обсуждается группировка коллекционных образцов сорго зернового по



среднему содержанию овсяных кормовых единиц в 100 кг зерна (рис. 48, 49). Не логичнее было бы изучать не коллекционные образцы, а зарегистрированные сорта и гибриды?

7. В главе 9 обсуждается экономическая эффективность выращивания сорго зернового. Поскольку в производстве важна продуктивность всех звеньев севооборота в совокупности, поэтому, возможно, следовало бы обсудить в обзоре литературы возможное негативное влияние сорго зернового как предшественника на последующие культуры.

Высказанные замечания отражают личное мнение рецензента и не снижают несомненной научной и практической ценности выполненной работы.

## **5. Соответствие содержания диссертации основным положениям и выводам автореферата**

Содержание диссертации полностью соответствует основным положениям, выводам, заключениям, предложениям селекционной практике и производству, приведенным в автореферате.

## **6. Заключение**

Диссертационная работа Ковтунова Владимира Викторовича «Селекционно-генетические аспекты повышения урожайности и улучшения качества зерна сорго зернового», представляет собой законченное научное исследование, которое можно определить, как научно-практическое решение проблемы создания конкурентоспособного сортимента сорго зернового.

Как новое крупное достижение в селекции можно квалифицировать усовершенствованную схему селекции сорго зернового на основе генотипирования с помощью ДНК-маркеров, как и других предложений по результатам проведенных селекционно-генетических исследований. Регистрация гибридов и сортов сорго служит подтверждением этому.

В целом диссертация характеризуется корректной постановкой задач, последовательностью повествования. Содержание изложено грамотно, логично, аккуратно, хорошо иллюстрировано. Работа полностью соответствует заявленной специальности.

Обоснованность выдвигаемых научных положений, сделанных выводов, заключений и предложений не вызывает сомнений. Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации. Представленные в приложении данные подтверждают целостность и завершенность исследований. Название диссертации краткое и емкое, адекватно отражает ее содержание и суть исследований.

Изложенные материалы характеризуют автора как талантливого исследователя высшей квалификации с отличной теоретической базой

знаний, широким арсеналом практических навыков и опытом управленческой работы.

С учетом вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Селекционно-генетические аспекты повышения урожайности и улучшения качества зерна сорго зернового», соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 №842), а её автор Ковтунов Владимир Викторович заслуживает присуждения учёной степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.2 – Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки).

Гончаров Сергей Владимирович,  
доктор сельскохозяйственных наук  
(06.01.05 – Селекция и семеноводство  
сельскохозяйственных растений), профессор,  
профессор кафедры селекции, семеноводства и  
биотехнологии

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный аграрный  
университет имени Императора Петра I»  
тел. +79601344761; e-mail: slogan070260@gmail.com  
394087 г. Воронеж, ул. Мичурина 1, ВГАУ

15 февраля 2024 г.

