

На правах рукописи



АКСЕНОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ

**ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ
СУХОДОЛЬНОГО РИСА**

4.1.2 Селекция, семеноводство и биотехнология растений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Краснодар – 2025

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Аграрный научный центр «Донской» в 2018-2022 гг.

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Костылев Павел Иванович

Официальные оппоненты: **Скаженник Михаил Александрович,**
доктор биологических наук, ФГБНУ
«Федеральный научный центр риса»,
заведующий лабораторией физиологии

Супрунов Анатолий Иванович,
доктор сельскохозяйственных наук, ФГБНУ
«Национальный центр зерна имени
П. П. Лукьяненко» заведующий отделом
селекции и семеноводства кукурузы,

Ведущая организация: ФГБНУ «Федеральный научный центр
агробиотехнологий Дальнего Востока имени
А.К. Чайки»

Защита состоится «17» декабря 2025 г. в 10:00 ч. на заседании диссертационного совета Д 35.2.019.05, созданного на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» по адресу 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13 (гл. корпус, 1 этаж, ауд. 106).

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», по адресу 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина 13 и на сайтах: <http://www.kubsau.ru> и Высшей аттестационной комиссии – <https://vak.gisnauka.ru>.

Автореферат разослан «5» ноября 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



А. В. Коваль

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Рис – одно из самых важных хлебных растений, так как им питается более половины населения всего земного шара. Во многих регионах и странах рис является основным продуктом питания. В Российской Федерации рис выращивается на площади 190–200 тыс. га, из них 14–15 тыс. га – в Ростовской области.

В связи с урбанизацией культивирование риса было отодвинуто в менее благоприятные районы с проблемами доступности воды. Из-за ограниченных водных ресурсов в ряде стран решается вопрос об уменьшении затрат воды при возделывании риса путем перехода на периодическое затопление. Для использования экономичных технологий орошения нужны новые сорта, и не только высокоурожайные и устойчивые к болезням и вредителям, но прежде всего засухоустойчивые, маловодотребовательные, подходящие для условий интенсивного производства. На юге России имеется дефицит поливной воды, поэтому создание суходольных сортов риса является актуальным.

Цели и задачи исследований. Целью наших исследований являлось создание исходного материала риса для селекции продуктивных маловодотребовательных сортов, устойчивых к длительному пересыханию почвы и воздушной засухе. В связи с этим поставлены следующие задачи:

- провести сравнительное изучение коллекционного и селекционного материала риса при периодическом и постоянном орошении;
- изучить засухоустойчивость проростков риса на растворе осмотика;
- оценить суходольные образцы риса на устойчивость к засухе по наличию гена qDTY1.1 с помощью ДНК-маркера RM 431;
- осуществить гибридизацию засухоустойчивых доноров с лучшими коммерческими сортами и отобрать из расщепляющихся популяций лучшие формы риса;
- провести анализ наследования количественных признаков у гибридов суходольного и обычного риса;
- определить урожайность риса и структурные элементы ее формирования при двух системах орошения;
- дать экономическую оценку эффективности возделывания риса.

Научная новизна исследований:

- впервые в Ростовской области по результатам исследований проведена оценка засухоустойчивости коллекционных и селекционных образцов риса при возделывании на оросительных системах с периодическим орошением и постоянным затоплением,
- выделены доноры и источники засухоустойчивости риса,
- установлены типы наследования количественных признаков у гибридов F_2 и F_3 риса различного морфотипа, определены их генетические различия и селекционная ценность.
- получен селекционный материал для создания суходольных сортов,
- создан сорт риса Аргамак.

Практическая значимость исследований. Выявлены устойчивые к почвенной и воздушной засухе образцы риса, получены гибриды, отобраны рекомбинантные линии, имеющие высокую засухоустойчивость, урожайность и оптимальные величины признаков, показана экономическая эффективность выращивания изученных линий. В качестве исходного материала можно использовать выделенные источники высокой засухоустойчивости, продуктивности, озерненности метелки, массы 1000 зерен, а также учитывать найденные закономерности наследования количественных признаков. Создан высокоурожайный засухоустойчивый сорт риса Аргатак.

Методология и методы исследований. При планировании и проведении исследований в качестве источников информации использованы монографии, статьи, периодические издания, электронные версии научных журналов и другие материалы. При проведении исследований использовался системный подход. Теоретико-методологическую основу исследований составили методы планирования и проведения опытов.

Основные положения, выносимые на защиту:

- 1) результаты оценки урожайности образцов риса в условиях воздушной и почвенной засухи;
- 2) структурный анализ урожая на двух фонах увлажнения и влияние на него ряда признаков;
- 3) засухоустойчивость проростков риса на растворе осмотика;
- 4) оценка образцов риса по наличию гена устойчивости к засухе qDTY1.1 с помощью ДНК-маркера RM 431;
- 5) закономерности наследования количественных признаков гибридов F_2 , F_3 ;
- 6) экономическая эффективность выращивания сорта риса Аргатак.

Степень достоверности и апробация результатов исследований. Результаты экспериментальных исследований, выводы по диссертации оригинальны, обоснованы и получены путем использования современных методик. Достоверность результатов работы подтверждается значительным объемом экспериментальных данных, полученных при проведении трехлетних полевых опытов. Данные первичной документации отвечают требованиям по регистрации научных данных и соответствуют представленной научной работе.

Личный вклад автора. Соискатель на всех этапах исследования самостоятельно проводил подбор литературных источников и анализ погодных условий в годы исследования; разработал программы научных исследований по теме диссертации, отбирал методику и составлял схемы экспериментов; непосредственно проводил полевые опыты, отбор растений в поле; ручную и комбайновую уборку анализируемого материала, и биометрический анализ количественных признаков растений. На основе собранных экспериментальных данных провел их математическую обработку, обоснованно интерпретировал результаты исследований и сформулировал выводы.

Апробация работы и публикация результатов. Основные положения диссертационной работы были представлены на заседаниях ученого совета ФГБНУ АНЦ «Донской» (2019-2021). Докладывались на научной конференции по генетике и селекции, проходившей в Южном федеральном университете (Ростов-на-Дону, 2019); на Всероссийской научной конференции «Научно-техническое обеспечение АПК Юга России» (Зерноград, 2020); на II-ой Международной научно-практической конференции «Инновационные разработки молодых ученых для развития агропромышленного комплекса России и стран СНГ» (Краснодар, 2021); Международной научной конференции ЮФУ (Ростов-на-Дону, 2022), Всероссийской научно-практической конференции «Научно-техническое обеспечение АПК Юга России» (Зерноград, 2023), Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук (Зерноград, 2024). Результаты исследований были опубликованы в 20 научных статьях, в том числе 1 – Scopus, 12 – рекомендованных ВАК РФ и 7 работ – в других изданиях.

Структура и объем диссертационной работы

Диссертационная работа изложена на 169 страницах, включающая в себя 15 таблиц, 30 рисунков, 17 приложений. Состоит из введения, трех глав, заключения, а также предложений для селекции. Список использованной литературы насчитывает 149 наименований, из которых 104 иностранных источника. Авторское свидетельство и патент на сорт риса.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 Обзор литературы

В данной главе рассмотрены морфология, хозяйственное значение риса, рисовые экосистемы и их гидрологический статус. Освещены аспекты засухоустойчивости риса и ее влияние на формирование продуктивности риса. Описаны генетические факторы устойчивости и достижения селекции.

Глава 2 Почвенно-климатические условия, исходный материал и методика проведения исследований

Исследования проводили в течение 2018-2022 гг. в Обособленном подразделении «Пролетарское» АНЦ «Донской» в Пролетарском районе Ростовской области. Почва участка темно-каштановая тяжелосуглинистая солонцеватая. Содержание азота – 0,19-0,20%, фосфора – 0,14, калия – 2,35-2,40.

Материал – образцы риса ВИГРР им. Н.И. Вавилова, Аграрного научного центра «Донской», ФНЦ риса. Образцы высевали на двух фонах: засушливый с периодическим орошением и затопляемый на делянках площадью 10 м² в трехкратной повторности с нормой посева 500 семян на 1 м².

Статистическую обработку данных осуществляли по Доспехову Б. А. (2014) с помощью программ Excel 2010 и Statistica 8.0. Генетический анализ количественных признаков проводили с помощью программы Полиген А.

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Изучение коллекции риса

Изучение коллекционных суходольных образцов риса в 2019 году в условиях Пролетарского района Ростовской области показало их значительное разнообразие по величине морфологических признаков. Образцы относились к скороспелой группе, вегетационный период до цветения варьировал от 70 до 89 дней. Растения были среднерослыми, их высота варьировала от 82,5 до 103 см, длина метелки – от 12,7 до 20,7 см. Число зерен на метелке, как правило, было небольшим: 56-107 штук, однако у образца ЗУЛК 12 оно достигало 127 шт. Колоски были остистыми и безостыми, овальной формы. Масса 1000 зерен – средняя, колебалась в пределах от 28,0 до 35,5 г.

Из коллекции выделены суходольные формы, устойчивые к дефициту влаги: Чан-Чунь-Ман, Дин Сян, Суходольный, Белый СКОМС, Ан-Юн-Хо, Золотые всходы, Контро, Хун-Мо, Маловодотребовательный. От их скрещивания с сортами донской селекции Раздольный, Боярин и Командор получены гибриды и линии риса, пригодные для выращивания в условиях периодического орошения. Их урожайность, как правило, была на уровне стандартов в обычных условиях, но значительно выше при засухе. Образец 9497 (Чан-Чунь-Ман х Боярин) в среднем за 6 лет показал урожайность 7,57 т/га, что выше стандарта Боярин на 0,57 т/га. Образец 5782/2015 (Командор х Чан-Чунь-Ман) сформировал 8,52 т/га зерна (+0,86 т/га к стандарту).

3.2 Сравнительное изучение риса в засушливых и нормальных условиях

В результате исследований было установлено, что растения при нехватке воды и в норме формировались по-разному, при этом первые существенно уступали вторым по урожайности. В **2020** году, в жестких условиях, большинство изучаемых образцов риса сформировали зерно. При этом урожайность зерна в опыте в среднем составила 67,9% к норме.

Однако некоторые сорта и образцы сформировали в условиях недостаточного увлажнения даже более высокую урожайность, чем при постоянном затоплении водой. К ним относятся Контакт, Золотые всходы, Маловодотребовательный, ЗУЛК 6 и ЗУЛК 15, соотношение опыта к контролю (О/К) у которых составило от 106,9 до 138,0%. Это связано с их скороспелостью и чувствительностью к затоплению. Часть образцов сформировали примерно одинаковую урожайность зерна на обоих вариантах опыта, О/К – от 86,5 до 99,9%. Это маньчжурские коллекционные суходольные образцы: Ан-Юн-Хо, Дин-Сян, Контро, Чан-Чунь-Ман, Чан-Чунь-Ман х Южанин (7966), Командор х Чан-Чунь-Ман (7968), скороспелые сорта Вирасан и Волгоградский, краснодарские гибридные линии ЗУЛК 2 и ЗУЛК 5.

В обычных условиях с постоянным затоплением урожайность образцов варьировала от 2,43 до 7,41 т/га (в среднем 4,77 т/га). В условиях периодической засухи урожайность зерна этих же образцов колебалась от 1,33 до 4,60 т/га (в среднем 3,24 т/га). Распределение образцов риса по соотношению урожайности в опыте к контролю колебалось от 18 до 138%, в среднем – 71,3% (рисунок 1).

Наибольшую урожайность в условиях засухи показали сорта Боярин (4,43 т/га), Контакт (4,53 т/га), Золотые всходы (4,60 т/га) и Суходол (4,60 т/га). При этом первые три получили преимущество благодаря скороспелости, а последний хотя и потерял из-за торможения развития 27,6 % урожая, но компенсировал это более высоким потенциалом урожайности, который на контроле составил 6,35 т/га. Средняя урожайность риса в 2021 году была выше, чем в 2020 году: на суходоле – в 1,52, на контроле – в 1,70 раза, так как этот год был более благоприятным для роста и развития.

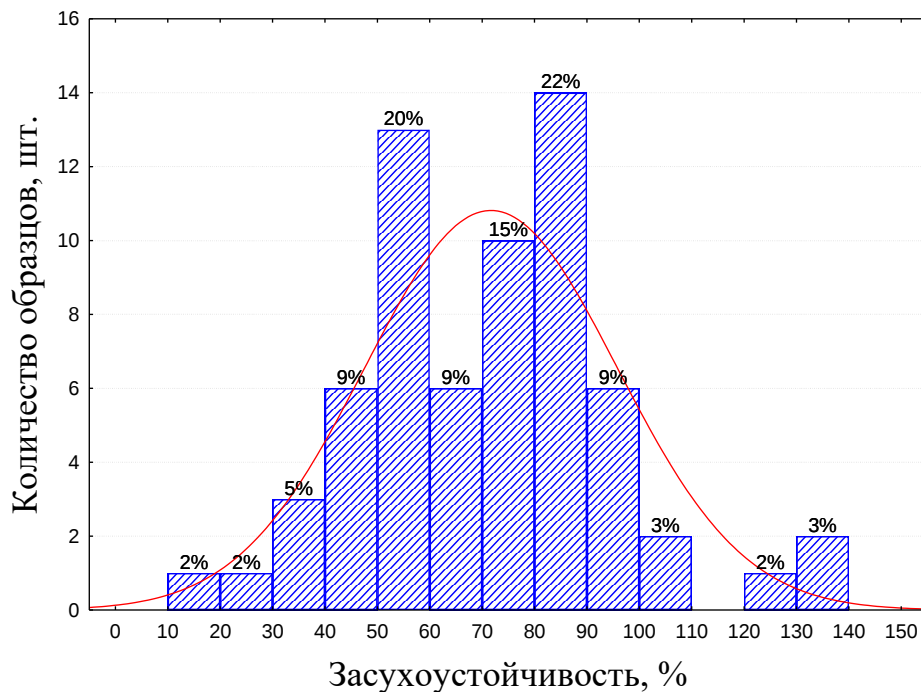


Рисунок 1 – Распределение образцов риса по соотношению урожайности в опыте к контролю, 2020 г.

В обычных условиях с постоянным затоплением урожайность образцов в среднем за годы исследований колебалась от 4,53 до 9,45 т/га (в среднем 6,69 т/га). В условиях недостаточного увлажнения их урожайность варьировала от 2,65 до 6,10 т/га (в среднем 4,19 т/га). Распределение образцов риса по засухоустойчивости, выраженной соотношением урожайности при засухе к норме, варьировало от 41,6 до 91,6%, в среднем – 63,7% (рисунок 2). Установлено, что 10 сортов и образцов показали степень засухоустойчивости более 75 %. К ним относятся китайские стародавние сорта Контро, Дин-Сян, Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, российский образец Золотые всходы, узбекский – Маловодотребовательный и образцы гибридного происхождения: 7966 (Чан-Чунь-Ман х Южанин), 7979 (Чан-Чунь-Ман х Раздольный), ЗУЛК 2, ЗУЛК 6,

у которых соотношение урожайности при засушливых и нормальных условиях составляло от 77,9 до 91,6%.

Регрессионная зависимость засухоустойчивости от урожайности риса при засухе показывает положительную динамику, а при затоплении, наоборот – отрицательную. Максимальную урожайность в засушливых условиях сформировали сорта: Аргамак – 6,10 т/га, 7970 (Командор х Чан-Чунь-Ман) – 5,24 т/га, ЗУЛК 8 – 4,90 т/га, Суходол – 4,89 т/га, 7979 (Чан-Чунь-Ман х Раздольный) – 5,57 т/га, Чан-Чунь-Ман – 4,89 т/га.

При этом первые четыре имели высокий потенциал продуктивности и на затоплении, а последние два лишь немного превышали таковую при засухе, что выразилось в повышенной засухоустойчивости по показателю соотношения О/К. Коллекционные образцы, такие как Маловодотребовательный (Узбекистан), Ан-Юн-Хо (Китай) с высоким показателем О/К (89,7-91,6%), несмотря на высокую устойчивость к дефициту влаги, могут быть использованы в селекционном процессе лишь в качестве источников или доноров при создании более продуктивных стрессоустойчивых сортов риса.

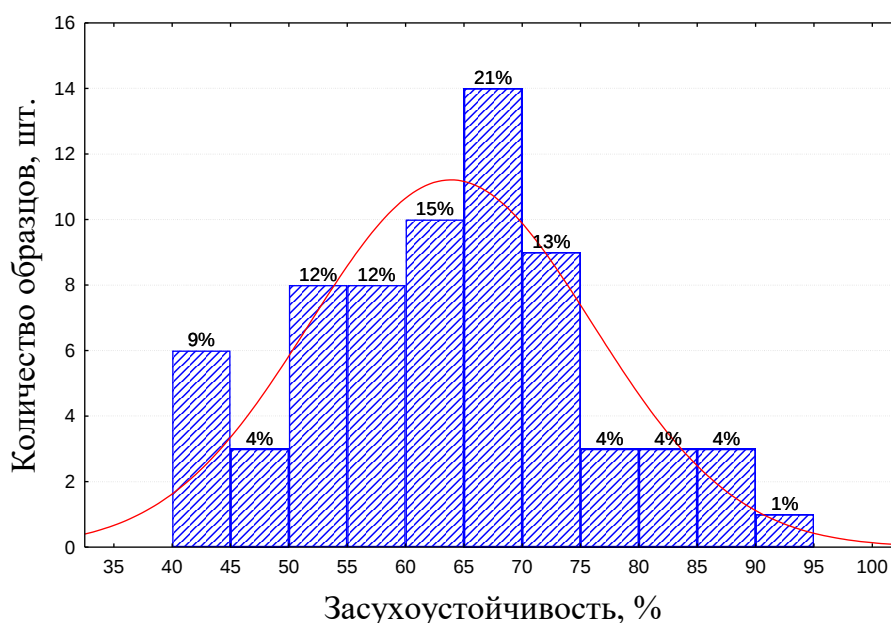


Рисунок 2 Распределение образцов риса по соотношению урожайности в опыте к контролю, 2021 г.

Условия 2022 года были очень жесткими, экстремальными по влагообеспеченности и значительно отличались от 2020-2021 гг. В процессе исследований установили, что урожайность на контроле при затоплении составила 6,98 т/га. Однако при водном дефиците продуктивность растений была существенно ниже – 1,99 т/га, т.е. более, чем в 2 раза уступала прошлым годам. Поэтому и средний индекс засухоустойчивости в 2022 году (30,1%) был значительно ниже, чем в 2020-2021 гг. (63,7%).

В условиях постоянного затопления урожайность образцов варьировала от 4,17 до 9,88 т/га (в среднем 6,98 т/га), а в условиях засухи – от 0,29 до 5,51 т/га (в среднем 1,99 т/га). Распределение сортообразцов риса по

засухоустойчивости, выраженной соотношением урожайности при засухе к норме, варьировало в 2022 году от 3,4 до 93,7%, в среднем – 30,1% (рисунок 3).

Преобладали образцы с индексом засухоустойчивости (ИЗУ) от 20 до 40%, их было 44,2% от общего числа. Выявлено 9 сортов и образцов, имевших ИЗУ более 50 %. К ним относятся китайские стародавние сорта Контро, Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, Хун-Мо, образцы гибридного происхождения: 8323 (Скомс белый х Кубань 3, №4), 8338 (Командор х Чан-Чунь-Ман, №3), 8337 [(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр, №3], ЗУЛК 8, ЗУЛК 9, у которых соотношение урожайности при засухе и норме составило от 51,1 до 93,7%.

Китайские сорта из Маньчжурии Контро и Чан-Чунь-Ман показали по годам близкие значения ИЗУ: у Контро – 78,8 и 77,4%, а у Чан-Чунь-Ман – 89,7 и 86,0%, соответственно. Сорта, имевшие низкие величины ИЗУ в 2020-2021 гг., подтвердили свой уровень и в 2022 г. Однако были и такие образцы, которые ранее показали устойчивость, а при более жесткой засухе потеряли это свойство, например ЗУЛК 2 снизил его с 80,1 до 11,4%. Это указывает на различную степень устойчивости генотипов. Корреляция между ИЗУ 2020-21 и 2022 гг. оказалась средней положительной ($r=0,31\pm0,08$).

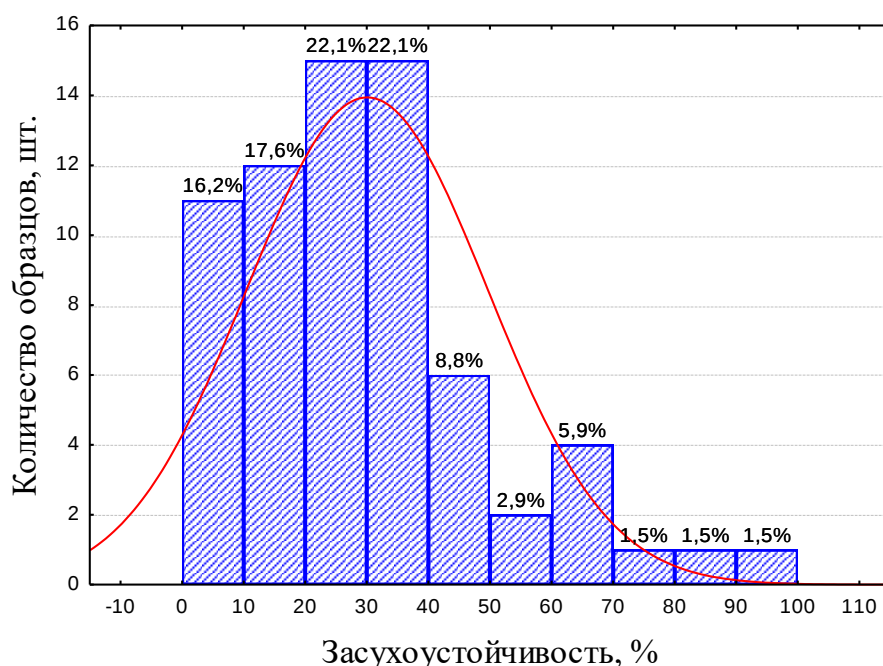


Рисунок 3 – Распределение образцов риса по засухоустойчивости на основе соотношения урожайности при засухе к таковой в норме, 2022 г.

Максимальную урожайность в засушливых условиях сформировали сорта Акустик – 3,89 т/га, 8337 (Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр, №3 – 3,95 т/га, 8338 Командор х Чан-Чунь-Ман, №3 – 4,29 т/га, 8347 Чан-Чунь-Ман – 4,42 т/га, ЗУЛК 8 – 4,83 т/га, ЗУЛК 9 – 5,51 т/га. При этом сорт Акустик имел средние значения засухоустойчивости (43,7 %), однако обладал высоким потенциалом урожайности, который на контроле составил 8,91 т/га.

Таким образом, в процессе исследований было установлено, что механизмы устойчивости к недостаточному увлажнению и формирование

урожайности зерна риса могут быть совершенно разными. Поэтому необходимо оптимальное сочетание всех составляющих этого свойства растений риса.

В результате проведенных исследований из комплекта 68 сортов и образцов выделены формы, толерантные к недостатку влаги, которые можно культивировать в богарных хозяйствах с использованием различных систем периодического орошения. Затраты поливной воды будут при этом на порядок ниже, чем в чеках при затоплении с обеспечением проточности воды.

3.3 Структурный анализ урожая на двух фонах увлажнения

Анализ количественных признаков, в том числе элементов структуры урожая, на двух вариантах опыта, то есть в условиях засухи и нормальной оводненности почвы, показал в 2020-2022 годы значительные различия, как по сортам, так и по вариантам. Самое низкое соотношение О/К наблюдалось по урожайности зерна – от 30,1% в 2022 г. до 67,9 % – в 2020 г. Однако оно было результатом взаимодействия многих других признаков и факторов.

Количество растений к уборке на 1 м², в опыте было меньше, чем на контроле, поэтому показатель О/К составил 75,4-87,3 % (таблица 1). Однако количество стеблей на 1 м² даже повысилось по отношению к контролю и составило от 190,2 до 309,4 штук за счет повышенной кустистости на богаре, прирост составил 9,7-35,2 %. Таким образом, здесь произошла компенсация противоположных тенденций.

Таблица 1 – Средние значения признаков в условиях стресса от засухи и на контроле и их соотношения у образцов риса, 2020-2022 гг.

Признак*	2020 г.			2021 г.			2022 г.		
	опыт	контроль	О/К, %	опыт	контроль	О/К, %	опыт	контроль	О/К, %
1	96,6	118,5	81,6	72,8	96,7	75,4	107,7	123,4	87,3
2	190,2	180,3	105,5	279,7	206,4	135,5	309,4	268,6	115,2
3	2,1	1,6	135,2	3,4	3,1	109,7	2,9	2,3	126,1
4	81,0	80,0	101,3	100,3	94,8	105,8	96,9	101,3	95,7
5	41,4	42,8	96,7	35,5	56,9	62,4	16,0	37,8	42,3
6	23,6	27,6	85,6	21,2	33,2	63,9	6,1	24,3	25,1
7	15,1	14,5	104,2	14,8	15,6	94,9	10,6	14,5	73,1
8	8,4	7,3	115,0	6,3	7,9	79,7	4,4	7,5	58,7
9	122,5	103,7	118,1	92,2	120,8	76,3	58,9	108,0	54,5
10	97,2	95,5	101,8	73,1	107,8	67,8	30,6	94,3	32,4
11	25,2	8,2	309,1	19,1	13,0	146,9	28,3	13,8	205,1
12	19,6	7,6	257,4	25,0	11,2	223,2	43,4	12,8	339,1
13	22,9	27,9	82,0	24,5	28,5	86,0	19,5	27,7	70,4
14	99,0	83,0	119,3	86,3	77,3	111,6	92,1	80,3	114,7
15	3,24	4,77	67,9	4,73	7,6	62,2	1,99	6,99	30,1

* Признаки: 1) количество растений к уборке на 1 м², шт., 2) количество продуктивных стеблей к уборке на 1 м², шт., 3) кустистость, шт./растение, 4) высота растений, см, 5) масса 10 растений, г, 6) масса 10 метелок, г, 7) длина

метелки, см, 8) плотность метелки, шт./см, 9) общее число колосков на метелке, шт., 10) количество выполненных зерен в метелке, шт., 11) количество пустых колосков, шт., 12) пустозерность, %, 13) масса 1000 зерен, г, 14) вегетационный период «залив водой – цветение», дни, 15) урожайность, т/га

По средней высоте растений диапазон изменчивости образцов на контроле (80,0-101,3 см) был таким же, как в опыте (81,0-100,3 см), т.е. почти не различались. Поэтому величины О/К были близки к 100% (95,7-105,8%). Длина метелки в опыте составила 10,6-15,1 см, на контроле 14,5-15,6 см, соотношение О/К варьировало от 73,1 до 104,2 %.

Масса 10-ти растений в опыте в 2020 г. незначительно уступала таковой на контроле, поэтому показатель О/К составил 96,7 %, однако в 2021 г. он снизился до 62,4%, а в 2022 г. – до 42,3%. Масса 10 метелок значительно снизилась в опыте по сравнению с контролем, уменьшив О/К до 25,1-85,6 %.

Общее количество колосков на метелке в опыте 2020 года превышало контроль почти 20 колосков (О/К=118,1 %), однако в последующие годы резко снизилось до 54,5%. Это повлияло и на плотность метелки, которая также снизилась в 2021-2022 гг. Количество выполненных зерен в метелке в опыте 2020 года оказалось почти одинаковым с контролем, в 2021 году О/К снизилось до 67,8%, а в 2022 году – до 32,4%. В условиях почвенной и воздушной засухи количество пустых колосков на метелке выросло с 8,2-13,8 на контроле до 19,1-28,3 штук, а показатель О/К приобрел рекордную величину 146,9-309,1 %. Соответственно увеличился и процент пустозерности.

Средняя масса 1000 зерен у образцов в условиях засухи варьировала по годам от 19,5 до 24,5 г, существенно уступая таковой на контроле, диапазон которой составлял от 27,7 до 28,5 г. Поэтому показатель О/К снизился до 70,4-80,6%. Это было связано с повышенной щуплостью семян, наливавшихся в условиях сильной почвенной и воздушной засухи. Особенно пострадали более поздние образцы, тогда как ранние сорта незначительно уменьшили массу зерновки. В процессе исследований из разнообразных сортов и образцов выделены засухоустойчивые формы, которые можно использовать в селекции суходольных сортов риса для сельскохозяйственных предприятий.

3.4 Засухоустойчивость проростков на растворе осмотика

В результате проведения опыта по проращиванию семян риса на растворе сахарозы было установлено, что образцы значительно варьировали по всхожести, длине ростков, корешков как на опыте, так и на контроле.

Корреляционный анализ показал, что длина ростков в опыте средне положительно коррелировала с длиной корешков в опыте ($r=0,32\pm0,12$), с всхожестью в опыте ($r=0,46\pm0,11$) и соотношением О/К по ростку ($r=0,54\pm0,11$). Длина корешка в опыте положительно коррелировала со всхожестью в опыте ($r=0,47\pm0,11$), с соотношением О/К по ростку ($r=0,28\pm0,12$) и соотношением О/К по корешку ($r=0,88\pm0,06$). При этом соотношение О/К по ростку и корешку коррелировали со средней величиной

($r=0,44\pm0,11$). На контроле отмечена средняя положительная корреляция между длиной ростка и длиной корешка ($r=0,64\pm0,10$), длиной ростка и массой проростков ($r=0,32\pm0,12$), длиной корешка и массой проростков ($r=0,36\pm0,12$).

При проращивании на дистиллированной воде всхожесть семян на контроле была близка к 100%. При этом 82,1% образцов имели высокую всхожесть 95-100% и лишь 3 образца – от 70 до 85%. Однако в опыте всхожесть существенно снизилась. Она варьировала от 20 до 100%, преобладали образцы со всхожестью от 60 до 80%, их было 50,8 %. В тоже время выделилось 4,5% образцов со всхожестью в опыте более 80%.

Длина ростка в опыте у образцов варьировала от 0,2 до 1,4 см. Максимальное количество образцов имели длину ростка 0,9-1 см. Выделилось 13,5 % образцов, у которых длина ростка в опыте была больше 1 см. Это такие образцы, как № 50 (Засухоустойчивый), №64 (Скомс белый х Кубань 3), №35 (Дин-Сян х Боярин) и др. При этом на контроле длина ростка была значительно выше – до 11 см, и варьировала в более широких пределах от 1 до 11 см. Основная масса образцов (65,6%) имела длину ростка от 4 до 8 см. Однако выделилось 12% образцов с длиной ростка более 8 см: Сталинградский, ЗУЛК 2, ЗУЛК 4. По соотношению длины ростка в О/К образцы распределились ассиметрично, преобладали образцы с низким соотношением О/К: 28,4 % имели от 5 до 10% и 25,4 % от 10 до 15% (рисунок 4).

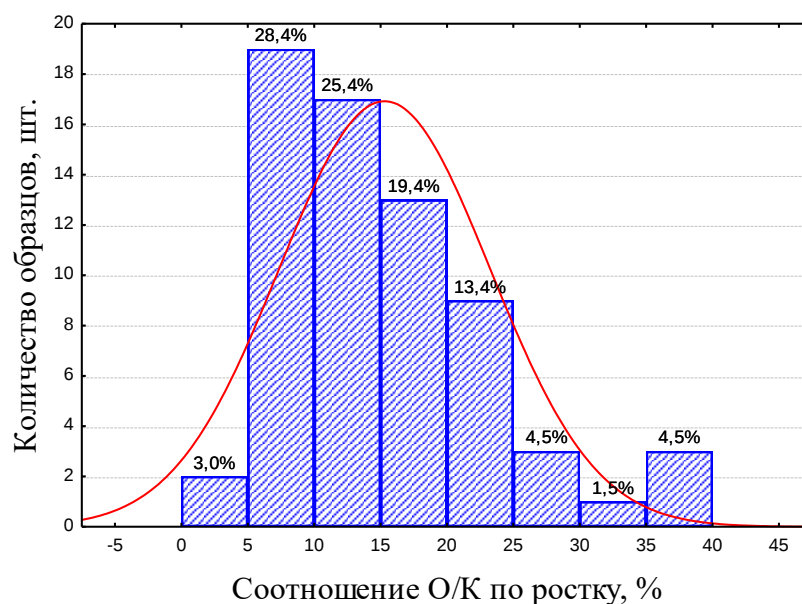


Рисунок 4 – Соотношение длины ростка в опыте (сахароза) к контролю, %

При этом выделилось 4,5% образцов, имевших максимальное соотношение О/К по длине ростка – от 35-40%, это такие, как: №64 (Скомс белый х Кубань 3), ЗУЛК 10, №26 (Суходольный 554 х Раздольный) (таблица 2).

В опыте длина корешка варьировала от 0,1 до 4 см, распределение было ассиметричным, преобладали образцы с очень коротким корешком, 61,2 % имели длину корешка до 1 см. На контроле длина корешков варьировала от 3-

14 см, преобладали образцы с длиной от 9 до 12 см. Соотношение О/К по корешку характеризовалась преобладанием образцов с низкими значениями от 0 до 15%, их было 74,6%. Тем не менее, выделилось 3% образцов, у которых соотношение было более 50%, например: ЗУЛК 1 и ЗУЛК 12.

Таблица 2 – Выделившие по засухоустойчивости на растворе сахарозы образцы риса

№	Образец	Контроль			Опыт, 8 атм.			Соотношение О/К по ростку, %	Соотношение О/К по корешку, %
		Длина ростка, см	Длина корешка, см	Всхожесть семян, %	Длина ростка, см	Длина корешка, см	Всхожесть семян, %		
30	Вирасан, ст-т	5,97	8,33	100,0	0,54	2,17	76,0	9,1	26,0
2	ЗУЛК 10	1,77	3,57	96,0	0,64	1,56	64,0	36,5	43,6
3	Ан-Юн-Хо, Китай	2,30	6,60	100,0	0,74	0,68	80,7	32,4	10,3
26	Суходольный 554 х Раздольный	2,80	5,93	82,0	1,01	1,32	73,3	36,1	22,3
35	Дин-Сян х Боярин	5,97	10,3	100,0	1,26	1,89	78,0	21,0	18,3
39	ЗУЛК 1	4,57	4,83	98,0	0,96	2,56	78,7	20,9	52,9
47	ЗУЛК 7	3,07	6,13	96,0	0,79	2,18	24,0	25,7	35,5
50	ЗУЛК 12	6,47	7,13	98,0	1,31	3,71	100,0	20,3	52,0
64	Скомс белый х Кубань 3	3,30	5,87	92,0	1,29	0,44	51,3	39,1	7,6

В результате исследований выявлена значительная вариабельность признака засухоустойчивости по показателю осмотической силы корней и отобрано несколько образцов с высокими значениями размеров ростков и корешков, а также с высоким соотношением величин признаков О/К.

3.5 Оценка суходольных образцов риса на присутствие гена засухоустойчивости QDTY1.1 с помощью ДНК-маркера

В результате выполненных молекулярно-генетических анализов было исследовано 66 коллекционных и селекционных образцов риса на наличие гена устойчивости к засухе qDTY1.1 маркером RM431, размер ампликона – 251 п.н. После оценки полученных данных было установлено наличие генов устойчивости к засухе у 22 образцов риса: Волгоградский, Сталинградский, Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, ЗУЛК 4, 8609 (Командор х Чан-Чунь-Ман), 8545 (Суходол х Боярин) х Боярин, 8547 (Суходольный 554 х Кубояр), 8633 (Чан-Чунь-Ман х Кубояр), 8635 (Чан-Чунь-Ман х Боярин) и др.

Пример электрофореграммы представлен на (рисунке 5).

Эти образцы представляют собой ценный селекционный материал и могут послужить источником устойчивости при применении в селекционных программах по созданию устойчивых к засухе сортов риса.

Усреднив данные внутри двух групп образцов риса, которые имели или не имели ген qDTY1.1, было установлено, что первая группа превышала

вторую по урожайности в опыте на 0,20 т/га, на контроле – 0,21 т/га, а по ИЗУ – на 3,9 %.

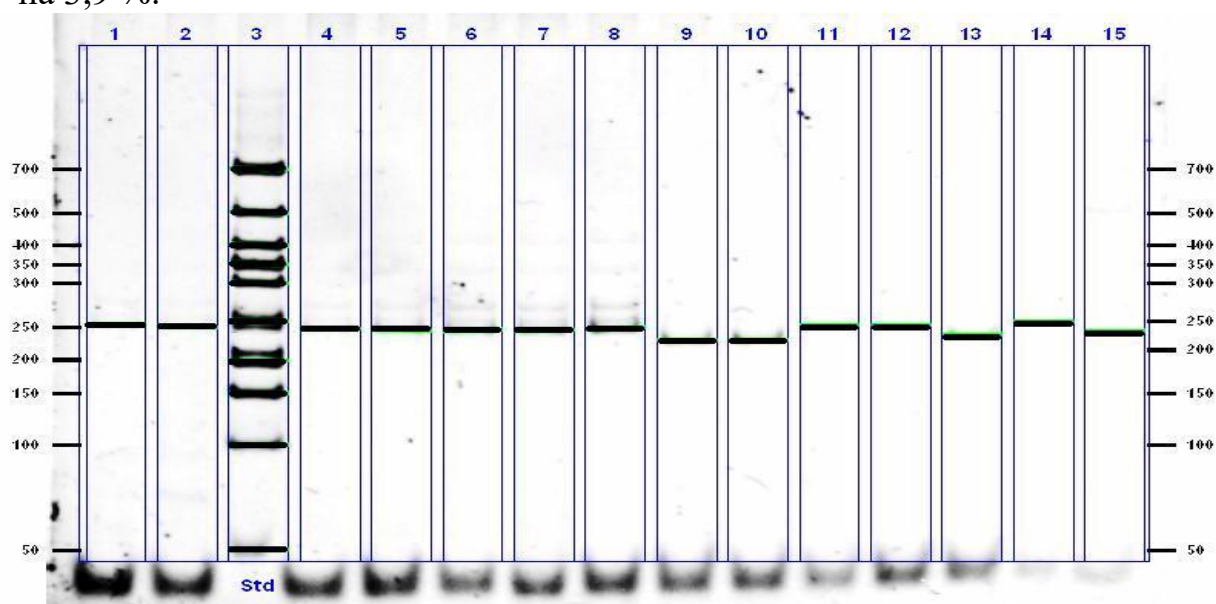


Рисунок 5 – Электрофореграмма скрининга образцов риса на наличие гена qDTY1.1 с молекулярным маркером RM 431

Линии: 1 – Ан-Юн-Хо, 2 – Чан-Чунь-Ман, 3 – Маркер молекулярной массы Eurogen 50+ (размер ампликонов снизу вверх – 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 700 п.н.), 4 – Сталинградский, 5 – Волгоградский, 6 – Волгоградский х Атлант, 7 – (Суходольный х Боярин) х Боярин, 8 – Суходольный 554 х Кубояр, 9 – Аргамак, 10 – Боярин, 11 – Чан-Чунь-Ман х Кубояр, 12 – Чан-Чунь-Ман х Боярин, 13 – Контроль, 14 – ЗУЛК-4, 15 – Южанин

Это свидетельствует о том, что наличие этого гена дает определенный эффект прибавки как урожайности, так и засухоустойчивости в целом, на которую влияет большое количество других генов, а также условия окружающей среды. Для повышения засухоустойчивости риса необходимо выявлять и использовать другие QTL с большими и постоянными эффектами и ключевыми регуляторами реакции растений на стресс. Пирамидирование нескольких хорошо охарактеризованных QTL и/или ключевых генов с помощью MAS в элитные сорта может быть успешной стратегией создания новых сортов с высокой стабильностью урожая в засушливых средах.

3.6 Анализ наследования количественных признаков у гибридов

Высота растений у родительских сортов была примерно одинаковой (80-85 см). Другие признаки показали существенные различия, проявившиеся при расщеплении гибридных популяций F₂–F₃. В обоих поколениях по признакам «длина метелки и количество колосков на метелке» определено неполное отрицательное доминирование, «масса 1000 зёрен» – частичное положительное, «длина зерновки» – частичное положительное доминирование и его отсутствие, «ширина зерновки» – отсутствие доминирования (таблица 3). Величины признаков внутри сортов мало различались по годам.

Таблица 3 – Характеристики родительских форм и гибрида Контро × Кубояр, степень доминирования признаков (hr)

Название	Длина метёлки, см	Количество колосков, шт.	Масса 1000 зёрен, г	Длина зерновки, мм	Ширина зерновки, мм
Контро, 2019 г.	18,8	67,8	27,3	7,20	3,00
Контро, 2020 г.	18,8	84,6	29,6	7,53	3,06
Кубояр, 2019 г.	15,0	155,3	31,8	8,20	3,40
Кубояр, 2020 г.	15,7	162,2	31,6	8,14	3,43
Гибрид, F ₂	15,9	86,7	30,2	7,80	3,20
Гибрид, F ₃	16,5	102,2	30,9	7,83	3,26
hr F ₂	-0,51	-0,57	0,28	0,14	0,02
hr F ₃	-0,47	-0,53	0,30	0,01	0,09

Метелки родительских сортов значительно различались между собой. У сорта Контро она была длинной, рыхлой, поникающей с небольшим количеством колосков, у сорта Кубояр – наоборот. Средняя длина метелки сорта Контро составила 18,8 см, Кубояр – 15,0-15,7 см, у гибридов были промежуточные значения признака, уклоняющиеся в сторону величины сорта Кубояр.

Длина метелок всех гибридных растений варьировала в пределах изменчивости родительских форм. Средняя длина метелки оказалась в F₂ – 15,9 см, в F₃ – 16,5 см, доминирование было неполным отрицательным, hr = -0,51 и hr = -0,47, соответственно. Кривая распределения частот признака (КРЧ) у гибрида имела одну вершину, наблюдалась правосторонняя асимметрия. Вершина кривой гибрида находилась в одном классе с вершиной сорта Кубояр (рисунок 6). Использование для генетического анализа компьютерной программы Полиген А позволило выявить моногенные различия между родительскими сортами и расщепление гибридов в соотношении 3:1 как у F₂, так и у F₃. Сила действия гена составила в F₂ 3,8, в F₃ 3,1 см.

Среднее количество колосков на метелке у исходных родительских форм значительно различалось: сорт Кубояр формировал 155,3-162,2, а Контро – 67,8-84,6 колосков. У гибрида преобладали малоозерненные формы, в среднем 86,7-102,2 колосков. КРЧ гибридов располагались в пределах изменчивости этого признака родительских сортов, а ее вершина была сдвинута влево и находилась в одном классе с вершиной Контро. Они имели значительную правостороннюю асимметрию (As = 0,73-0,82). Наблюдалось отрицательное доминирование меньшего числа колосков, степень доминирования в F₂ и F₃ составила -0,57 и -0,53. Расщепление во втором и третьем поколении происходило по дигибридной схеме при независимом комбинировании двух пар генов в соотношении 9:6:1.

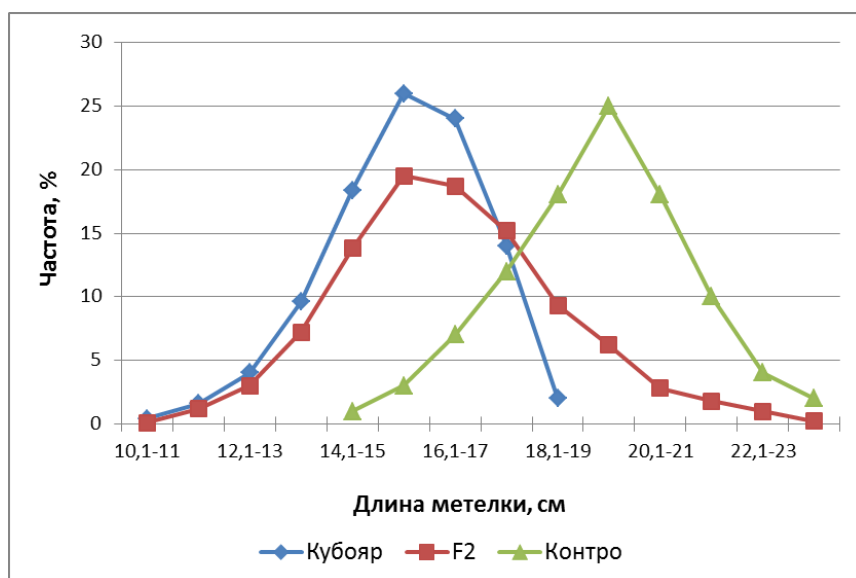


Рисунок 6 – Распределение частот признака «длина метелки» у гибрида риса F₂ Контро × Кубояр и его родительских форм, 2019 г.

По массе 1000 зерен родительские сорта Контро и Кубояр различались на 2,0-4,5 г. У сорта Контро в 2019 г. она составила 27,3 г, в 2020 г. – 29,6 г. У сорта Кубояр колебания этого признака по годам были менее значительными. Масса 1000 зерен варьировала в F₂ от 22 до 39 г (в среднем 30,2 г), а в F₃ в более узких пределах – от 26 до 35 г (в среднем 30,9 г). КРЧ гибридов обоих поколений имели по одной вершине, которые у F₂ находились между вершинами родительских сортов, а у F₃ в одном классе с вершиной Кубояра. Наблюдалось частичное доминирование больших величин признака ($h_p = 0,28-0,30$). При этом частоты классов мелких (менее 27 г) и относительно крупных семян (более 33 г) были значительно ниже, чем частоты классов средней массы зерновки (27,1-33 г). В обоих гибридных поколениях расщепление популяций проходило в числовом отношении 1:2:1.

В таблице 4 представлена характеристика выделившихся скороспелых среднерослых форм F₃, которые имеют оптимальные значения длины метелок, массы 1000 зерен, размеры зерновок и повышенное количество колосков на метелках.

Таблица 4 – Характеристика лучших форм F₃ в комбинации Контро×Кубояр

Название	Длина метёлки, см	Общее число колосков, шт.	Масса 1000 зерен, г	Длина зерновки, мм	Ширина зерновки, мм
Контро	18,8	84,6	29,6	7,53	3,06
Кубояр	15,7	162,2	31,6	8,14	3,43
5430/1	18	109	29	7,7	2,3
5430/3	19	111	30	8,5	2,2
5441/1	15	131	28	8,2	3,3
5447/2	15	127	30	7,7	3,4

5447/3	14	118	31	8,2	3,2
5474/2	18	137	33	8,5	3,4
5476/1	16	111	28	7,8	3,3
5476/3	18	122	30	8,1	3,1
5530/1	19	92	31	7,6	3,4
5547/1	16	118	32	7,4	3,2
5556/1	15	138	32	7,2	3,3
5556/3	15	129	32	7,4	3,2
Станд. откл.	2,3	31,8	1,9	0,5	0,3

Отобранные линии зацвели 24-31 июля 2020 года, тогда как сорт Контро – 29 июля, Кубояр – 7 августа. Эти и другие формы были высеяны в гибридном питомнике на четвертое и последующие поколения для дальнейшей селекционной работы с ними с целью получения рекомбинантных инбредных линий, которые можно будет высеять при двух режимах орошения и поиска лучших из них с признаками засухоустойчивости.

Лучшие формы по хозяйственно-биологическим признакам переданы в качестве исходного материала для выведения раннеспелых урожайных засухоустойчивых сортов риса.

3.6 Селекционные достижения

В процессе селекционной работы в АНЦ «Донской» с участием автора был создан сорт риса Аргамак путем индивидуального многократного отбора из гибридной популяции Ил.14 x Кубояр самых продуктивных растений.

Сорт среднеспелый, продолжительность его вегетационного периода от всходов до полной спелости составляет 119 дней. Особенность растений нового перспективного сорта – прямостоячий габитус куста с прямостоячими листьями и метелками. Растения среднерослые, с высотой 93 см, что на 5 см меньше, чем у стандарта. Метелки расположены вертикально и хорошо пропускают свет вглубь листового массива. Они компактные, плотные, длиной около 16,0 см. Озернённость метелок высокая, 120-145 зерновок, некоторые метелки формируют более 200 зерен, в зависимости от обеспеченности питанием. Овальные колоски длиной 8,4 мм, шириной 3,3 мм, толщиной 2,2 мм. Соотношение длины и ширины зерновки (l/b) составляет 2,5. Масса 1000 зерен – средняя (31,1 г), что удобно для семеноводства и товарного производства. Перикарп зерновки – светло-серый, эндосперм – белый, стекловидный (95 %). Доля пленок не превышает 18,0 %. Зерно характеризуется высоким выходом крупы (72,7 %) и целых ядер (93,0 %). Растения не полегают, не осыпаются и не поражаются пирикулярриозом. В среднем за годы конкурсного испытания в ОП «Пролетарское» урожайность сорта Аргамак составила 8,79 т/га, что выше, чем у стандартного сорта Южанин на 1,59 т/га. При этом новый сорт сформировал максимальную урожайность в условиях засухи – 5,00 т/га, с индексом засухоустойчивости 58,5%.

3.7 Экономическая эффективность

Экономическая оценка эффективности, как завершающий этап научных исследований, свидетельствует, что при возделывании нового сорта риса Аргамак прибавка к стандарту условно чистого дохода достигает 23900 руб./га. При этом рентабельность нового сорта составила 140%, что на 33% выше, чем у Южанина. Внедрение сорта Аргамак на производственные площади даст возможность дополнительно собрать с каждой тысячи гектаров около 1600 тонн зерна риса на сумму 23,9 млн. рублей. Так как сорт устойчив к пирикуляриозу, затраты на фунгициды можно значительно снизить.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучена коллекция 68 сортов и образцов риса в условиях дефицита влаги, отобраны для селекционной работы засухоустойчивые образцы Контро, Дин-Сян, Суходольный, Чан-Чунь-Ман и др. Получены перспективные гибриды от скрещивания суходольных образцов Контро и других с лучшим высокоурожайным донским сортом Кубояр.

2. Проведенный генетический анализ у гибридов в F_2 и F_3 Контро $\times$ Кубояр позволил установить закономерности наследования ряда признаков. По длине метелки выявлено неполное отрицательное доминирование ($h_{p2} = -0,51$ и $h_{p3} = -0,47$). Родительские сорта имели аллельные различия по одной паре генов, которые расщеплялись в соотношении 3:1. По количеству колосков на метелке установлено неполное отрицательное доминирование, степень которого в F_2 составила -0,57, а в F_3 – -0,53, и расщепление в соотношении 9:3:3:1 по двум парам генов. По массе 1000 зерен выявлено частичное доминирование больших значений признака ($h_{p2} = 0,28$, $h_{p3} = 0,30$), моногенные различия родительских сортов и расщепление в соотношении 1:2:1. По длине зерновки в F_2 было частичное доминирование большей величины признака ($h_{p2} = 0,14$), а в F_3 отсутствие доминирования ($h_{p3} = 0,01$) и расщепление в соотношении 1:2:1, показывающем различия по аллелям одной пары генов. По ширине зерна доминирование отсутствовало, а сегрегация происходила в моногенном соотношении 1:2:1.

3. Из гибридной популяции F_3 Контро $\times$ Кубояр выделены формы, сочетающие оптимальную высоту растений 80-100 см, длину метелки 14-19 см, массу 1000 зерен 28-33 г и повышенную озерненность метелки 111-138 шт. для последующего создания продуктивных суходольных сортов риса.

4. Установлено, что механизмы формирования урожая зерна в условиях недостаточного увлажнения могут быть различными. В 2020 году максимальную урожайность в засушливых условиях сформировали сорта Боярин (4,43 т/га), Контакт (4,53 т/га), Золотые всходы (4,60 т/га) и Суходол (4,60 т/га). При этом первые три получили преимущество благодаря скороспелости, а сорт Суходол хотя и потерял из-за среднеспелости и задержки развития 27,6% урожая, но компенсировал это более высокой урожайностью на контроле, составившей 6,35 т/га.

5. Средняя урожайность риса в 2021 году была выше, чем в 2020 году: на суходоле – в 1,52, на контроле – в 1,70 раза. В условиях с постоянным затоплением урожайность образцов колебалась от 4,53 до 9,45 т/га (в среднем 6,69 т/га). В условиях недостаточного увлажнения их урожайность варьировала от 2,65 до 6,10 т/га (в среднем 4,19 т/га). Наибольшую урожайность в условиях засухи сформировали сорт Аргамак – 6,10 т/га и образец 7979 (Чан-Чунь-Ман х Раздольный) – 5,57 т/га.

6. Условия 2022 года были очень жесткими, экстремальными по влагообеспеченности и значительно отличались от предыдущих лет. В условиях постоянного затопления урожайность образцов варьировала от 4,17 до 9,88 т/га, а в условиях засухи – от 0,29 до 5,51 т/га (в среднем 1,99 т/га). Выявлено 9 сортов и образцов, имевших индекс засухоустойчивости более 50 %. Максимальную урожайность в засушливых условиях сформировали образцы 8338 (Командор х Чан-Чунь-Ман) – 4,29 т/га, 8347 (Чан-Чунь-Ман) – 4,42 т/га, ЗУЛК 8 – 4,83 т/га и ЗУЛК 9 – 5,51 т/га.

7. Компоненты формирования растений по вариантам опыта существенно различаются. В условиях засухи по сравнению с нормой уменьшается урожайность (30,1-67,9 %), количество растений к уборке на 1 м² (75,4-87,3 %), масса метелки (25,1-85,6 %), масса 1000 зерен (70,4-80,6%); увеличиваются кустистость (109,7-135,2%), вегетационный период (111,6-119,3%). Особенно сильно возрастает количество пустых колосков на метелке (146,9-309,1%) и процент пустозерности (223,2-339,1 %). Высота растений была на одном уровне в обоих вариантах опыта.

8. При проращивании семян риса на растворе сахарозы 8 атмосфер установлено, что образцы значительно варьировали по всхожести семян, длине ростков и корешков. Всхожесть на контроле составила 96,6%, а в опыте существенно снизилась до 60,9%, варьируя от 20 до 100%. Преобладали образцы со всхожестью от 60-80%, их было 50,8 %. В то же время выделилось 4,5% образцов со всхожестью в опыте более 80%. Длина ростка в опыте у образцов варьировала от 0,2 до 1,4 см, выделилось 13,5 % образцов, у которых длина ростка в опыте была больше 1 см. По соотношению длины ростка в опыте к контролю преобладали образцы с низкими величинами, но выделилось 4,5% образцов с максимальным О/К – 35-40%. Длина корешка в опыте колебалась от 0,1 до 4 см. Большинство образцов (74,6%) имели низкое соотношение О/К от 0 до 15%. Выделилось 3% образцов с О/К более 50%.

9. В результате маркерного анализа установлено наличие гена устойчивости к засухе qDTY1.1 у 22 образцов риса из 66: Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, Волгоградский, Волгоградский х Атлант, Сталинградский и др. Максимальную величину индекса засухоустойчивости (ИЗУ) показали носители гена qDTY1.1 китайские суходольные сорта Чан-Чунь-Ман (88,5%), Ан-Юн-Хо (79,4%) и другие образцы, полученные от гибридизации сорта Чан-Чунь-Ман с урожайными сортами АНЦ «Донской». Выделившиеся образцы с геном qDTY1.1 превышали остальные в среднем по урожайности в условиях засухи на 0,20 т/га, на контроле – 0,21 т/га, а по ИЗУ – на 3,9%.

10. В результате проведенной работы из изученного набора сортов и образцов выделили формы, устойчивые к недостаточному увлажнению, имевшие индекс засухоустойчивости более 50 %: китайские сорта Контро, Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, Хун-Мо, селекционные образцы: 8323, 8338, 8337, ЗУЛК 8, ЗУЛК 9, у которых соотношение урожайности при засухе и норме составило от 51,1 до 93,7%. Они сформировали максимальную урожайность в засушливых условиях (3,95-5,51 т/га). Эти образцы можно выращивать в обычных хозяйствах при периодическом орошении или уменьшении объема поливной воды для чеков.

11. Среднеспелый сорт риса Аргамак, устойчивый к засухе и пирикулярриозу, отобранный из гибридной популяции Ил.14 х Кубояр растений с самыми крупными метелками. Урожайность составила в КСИ в среднем за 3 года 8,79 т/га, что выше, чем у сорта Южанин на 1,59 т/га. Возделывание этого сорта обеспечивает увеличение прибыли, по сравнению со стандартом, на 23900 руб./га, рентабельности – на 33 % (до 140 %).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВА

1. Выделенные в результате проведенных исследований сорта и образцы, толерантные к недостатку влаги, рекомендуется использовать в селекционном процессе для создания суходольных сортов риса.

2. Маловодотребовательные сорта можно культивировать в хозяйствах с использованием различных систем периодического орошения. Затраты поливной воды будут при этом на порядок ниже, чем в чеках при затоплении с обеспечением проточности воды в течение вегетационного периода.

3. Внедрение сорта Аргамак в с.-х. производство позволит дополнительно произвести более 1,6 тонн зерна риса с каждого гектара на сумму 27,2 тыс рублей. Сорт рекомендуется к использованию в условиях Ростовской области и Краснодарского края (Северо-Кавказский регион).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Костылев П.И. Селекционная работа по маловодотребовательному рису в ФГБНУ «АНЦ «Донской» / П.И. Костылев., Е.В. Краснова, **А.В. Аксенов** // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 1 (67). – С. 54-58.

2. Костылев П.И. Анализ наследования признаков у гибрида риса от скрещивания суходольного образца Контро с продуктивным сортом Кубояр / П.И. Костылев, **А.В. Аксенов**, Е.В. Краснова. // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 4 (70). – С. 44-49.

3. Костылев П.И. Сравнительная оценка урожайности суходольных образцов риса при разных режимах орошения / П.И. Костылев, **А.В. Аксенов**, Е.В. Краснова, Е.В. Дубина // Рисоводство. – 2020. – № 4(49). – С. 22-27.

4. Костылев П.И. Оценка засухоустойчивости образцов риса по изменению урожайности при нехватке влаги / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, **А.В. Аксенов** // Аграрная наука. – 2020. – № 11-12. – С. 56-59.

5. Костылев П.И. Перспективный сорт риса Аргатак, созданный методом отбора из гибридных популяций наиболее озерненных метелок / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, Ю.П. Тесля, **А.В. Аксенов** // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 4. – С. 41-45.

6. Костылев П.И. Сравнение наследования признаков в F₂ и F₃ у гибрида риса Контро х Кубояр / П.И. Костылев, **А.В. Аксенов**, Е.В. Краснова // Зерновое хозяйство России. 2021. – № 3 (75). – С. 8-14.

7. Костылев П.И. Селекция суходольного риса на засухоустойчивость (обзор) / П.И. Костылев, **А.В. Аксенов** // Зерновое хозяйство России. – 2021. – №4 (76). – С.15-22.

8. Костылев П.И. Изучение устойчивости риса к водному дефициту / П.И. Костылев, **А.В. Аксенов**, Е.В. Краснова // Аграрный вестник Урала. – 2022. – №1 (216). – С.12-20.

9. Костылев П.И. Оценка засухоустойчивости проростков риса на осмотическом растворе сахарозы / П.И. Костылев, **А.В. Аксенов** // Зерновое хозяйство России. – 2022. – Т. 14. – № 4. – С. 52-61.

10. Костылев П.И. Оценка суходольных образцов риса на присутствие гена засухоустойчивости QDTY1.1 с помощью ДНК-маркера / П.И. Костылев, Н.Н. Вожжова, **А.В. Аксенов** // Зерновое хозяйство России. 2023. – Т. 15. – № 5. – С. 48-55.

11. Костылев П.И. Экологическая адаптивность зерноградских сортов риса в пойме Кубани / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, **А.В. Аксенов**, М.А. Ладатко, И.А. Зеленева, Б.В. Фолиянц // Зерновое хозяйство России. – 2023. – Т. 15. – № 3. – С.48-53.

12. Костылев П.И. Оценка продуктивности образцов риса в условиях жесткой полевой засухи / П.И. Костылев, **А.В. Аксенов**, Е.В. Краснова // Зерновое хозяйство России. – 2023. – Т. 15. – № 4. – С. 35-42.

Публикации в изданиях, индексируемых в библиографических базах данных Scopus

1. Kostylev P. Study of morpho-biological characteristics of rice samples grown under conditions of insufficient and optimal water supply / P. Kostylev, **A. Aksenov**, E. Krasnova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – 937 022116. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/937/2/022116>

Статьи, опубликованные в других изданиях, материалах конференций:

1. Аксенов А.В. Изучение маловодотребовательных сортов риса / **А.В. Аксенов**, П.И. Костылев, Е.В. Краснова // Научные приоритеты адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции с элементами школы молодых ученых. – ФГБНУ «ВНИИ риса». – 2019. – С.28-30.

2. Аксенов А.В. Создание засухоустойчивых сортов риса / **А.В. Аксенов**, П.И. Костылев, Е.В. Краснова // Международный конгресс «VII съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвященный 100-

летию кафедры генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы», 18-22 июня 2019 г., Санкт-Петербург, Россия. Сборник тезисов. – 2019. – С.839.

3. Костылев П.И. Создание среднеспелого высокоурожайного сорта риса Аргамак, устойчивого к пирикулярриозу / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, Ю.П. Тесля, **А.В. Аксенов** // АгроФорум. – 2020. – № 4. – С. 62-64.

4. Костылев П.И. Новые сорта риса Капитан и Аргамак / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, **А.В. Аксенов** // «Селекция, семеноводство, технология возделывания и переработка с.-х. культур»: материалы Международной научно-практической конференции, 26-27 августа 2021 г. – Краснодар: ФНЦ риса. – 2021. – С. 61-68. DOI: 10.33775/conf-2021-61-68

5. Костылев П.И. Селекционная работа по созданию суходольного риса / П.И. Костылев, **А.В. Аксенов**, Е.В. Краснова // «Селекция, семеноводство, технология возделывания и переработка с.-х. культур»: материалы Международной научно-практической конференции, 26-27 августа 2021 г. – Краснодар: ФНЦ риса. – 2021. – С. 5-13. DOI: 10.33775/conf-2021-5-13

6. Костылев П.И. Новые устойчивые к болезням сорта риса Капитан и Аргамак / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, **А.В. Аксенов** // Агрофорум. – 2021. – №11. – С.102-105. DOI 10.24412/cI-34984-2021-7-102-105

7. **Аксенов А.В.** Изучение сортов и образцов риса по устойчивости к временной засухе при периодическом орошении / **А. В. Аксенов**, П.И. Костылев., Е.В. Краснова // Биологическое разнообразие и биоресурсы степной зоны в условиях изменяющегося климата: сборник материалов Международной научной конференции (24–29 мая 2022 г.) / ЮФУ. Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство ЮФУ. –2022. – С.500-505.

Интеллектуальная собственность:

Сорт риса Аргамак включен в Госреестр селекционных достижений РФ в 2022 году по Северо-Кавказскому региону. Патент № 12550 от 28.02.2023 г. Авторы сорта: Костылев П.И., Краснова Е.В., Тесля Ю.П., **Аксенов А.В.**, Алабушев А.В.

Научное издание

Аксенов Александр Владимирович

**ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ
СУХОДОЛЬНОГО РИСА**

Подписано в печать 2025г. Формат 60х84 ^{1/16}

Усл. печ. л. – 1,0. Тираж 100 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13