

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР «ДОНСКОЙ»
(ФГБНУ «АНЦ «ДОНСКОЙ»)

На правах рукописи



АКСЕНОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ

**ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ
СУХОДОЛЬНОГО РИСА**

4.1.2 Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных
наук, профессор
Костылев Павел Иванович

Зерноград – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	8
1.1 Морфологическая характеристика риса	11
1.2 Рисовые экосистемы и их гидрологический статус	16
1.3 Засухоустойчивость риса	19
1.4 Генетические факторы	34
1.5 Достижения селекции риса в Ростовской области.....	39
2 ПОЧВЕННО – КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	47
2.1 Почвенно-климатические условия в годы проведения опытов	47
2.2 Исходный материал	50
2.3 Методика проведения исследований	51
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	55
3.1 Изучение коллекции риса.....	55
3.2 Сравнительное изучение образцов риса в засушливых и нормальных условиях	58
3.3 Структурный анализ урожая на двух фонах и влияние на него ряда признаков	77
3.4 Засухоустойчивость проростков на растворе осмотика	85
3.6 Анализ наследования количественных признаков у гибридов	97
3.7 Селекционные достижения	103
3.8 Экономическая эффективность	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	111
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВА	115
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	116
ПРИЛОЖЕНИЯ	133

ВВЕДЕНИЕ

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. Занимает второе место по площади выращивания в мире после пшеницы – 150 млн. га. В Российской Федерации рис выращивается на площади 190–200 тыс. га, из них 14–15 тыс. га – в Ростовской области.

Для использования экономичных технологий орошения нужны новые сорта, и не только высокоурожайные и устойчивые к болезням и вредителям, но прежде всего засухоустойчивые, малочувствительные к избытку алюминия и недостатку фосфора в почве, подходящие для условий интенсивного производства. В связи с дефицитом пресной воды эта тема в последние годы является актуальной. Поэтому необходимы исследования в данном направлении.

Засухоустойчивость – хорошо исследованный признак у риса. Увеличение тенденции глобального дефицита воды, постепенное увеличение нехватки воды во всем мире в связи с изменением климата, а также с высоким потреблением воды существующими сортами риса делают создание относительно засухоустойчивых, маловодотребовательных сортов чрезвычайно важной задачей для селекционных программ.

Кроме того, в связи с урбанизацией и давлением со стороны других, более важных товарных культур культивирование риса было отодвинуто в менее благоприятные районы с большими проблемами доступности воды. Из-за ограниченных водных ресурсов в ряде стран давно уже ставится вопрос об уменьшении затрат воды при возделывании риса путем перехода на периодическое затопление. В странах Индокитая и Латинской Америки значительное распространение получила технология возделывания, основанная на периодических поливах маловодотребовательного и суходольного риса (Atlin et al., 2006).

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 суходольного 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 между суходольными и обычными сортами, 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, высокой массы 1000 зерен, а также учитывать выявленные закономерности наследования количественных признаков.

Методология и методы исследований

При планировании и проведении исследований в качестве источников информации использованы монографии, научные 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 ряда количественных признаков гибридов F_2 , F_3 ;
- 6) экономическая эффективность выращивания сорта риса Аргамак.

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 в результате проведения трехлетних полевых опытов. Данные первичной документации отвечают требованиям, предъявляемым к 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 молодых ученых, преподавателей, аспирантов, студентов «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).

Публикация результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 20 научных статей, в том числе 1 – Scopus, 12 – рекомендованных ВАК РФ и 7 работ – в других изданиях.

Структура и объем диссертационной работы

Диссертационная работа изложена на 130 страницах, включает 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 116 иностранных источников. Авторское свидетельство и патент на сорт риса.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, профессору, доктору с.-х. наук Павлу Ивановичу Костылеву, главному научному сотруднику лаборатории селекции и семеноводства риса ФГБНУ «АНЦ «Донской» за помощь при написании работы. Автор благодарит ведущего научного сотрудника лаборатории селекции и семеноводства риса, кандидата с.-х. наук Краснову Е.В. за помощь в проведении и закладке опыта, а также лаборантов и рабочих лаборатории селекции и семеноводства риса АНЦ «Донской» и ОП «Пролетарское».

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Рис – это одна из главных культур, непосредственно используемых человеком в пищу, на него приходится 23% мирового потребления калорий. Всего за 2019 год во всем мире на 167 млн га было произведено почти 784 млн тонн риса. Лидерами среди производителей является Китай (27% от мирового производства), Индия, Индонезия, Бангладеш и Вьетнам (World Agricultural Production, 2020).

Россия занимает 35 место, она производит чуть более 1 млн тонн риса в год. Основное производство риса в России сосредоточено на юге страны в Краснодарском крае, Ростовской и Астраханской областях, Калмыкии, Дагестане, Дальнем Востоке.

Большая часть риса (90%) выращивается в Азии, где он обеспечивает от 35 до 60% общего потребления калорий. Производство риса увеличилось на 130% в период с 1966 по 2000 год, в то время как население стран с низким уровнем дохода увеличилось в среднем на 90% за тот же период. По прогнозам, к 2030 году население Земли достигнет примерно 8 миллиардов человек и поэтому в ближайшие годы необходимо дополнительно увеличить производство риса (Khush, 2005).

В большинстве стран рис выращивают в основном при постоянном затоплении слоем воды на поле от посева до начала уборки, т.е. до начала восковой спелости риса. Но в некоторых странах выращивают риса без затопления водой. Суходольный рис выращивается на богарных полях без валиков, где быстрый дренаж почвы или неровная поверхность затрудняет накопление воды (Khush, 2005). Такой рис иногда называют горным, так как его выращивают в горах на высоте 1-2 тыс. м над уровнем моря. Суходольный рис обычно выращивают на полях, где применяют мало удобрений, и высевают семенами во влажную почву (Atlin et al., 2004). Выращивание такого риса существенно зависит от суммы дождевых осадков, не менее 1000-1100 мм за период вегета-

ции (Huke, 1982). Традиционные горные сорта риса имеют низкую урожайность и часто полегают, однако приспособлены к дефициту воды (Atlin et al., 2006). В мировом рисоводстве суходольный рис выращивают на относительно небольшой части площади – около 20 млн. га (12%). Однако в некоторых странах он представляет собой основной тип культуры. По сведениям IRRI, из общей площади под этой культурой доля суходольного риса в Южной и Юго-Восточной Азии составляет 8, в Западной Африке – 62, а в Латинской Америке – 72%. Объем производства зерна составляет 5% мирового сбора (<http://www.bioinside.ru/conibs-262-4.html>). Он имеет хороший вкус, но формирует более низкую урожайность, чем затопляемый рис. При затоплении рис более подвержен различным болезням, чем на суходоле. Недостатками этой технологии являются истощение земли, сорняки и восприимчивость к засухе.

Засухоустойчивость – хорошо исследованный признак у риса. Увеличение тенденции нехватки воды во всем мире в связи с изменением климата, а также с высоким потреблением воды растениями обычных сортов риса делают выведение относительно засухоустойчивых, маловодотребовательных сортов очень важной задачей для селекционных программ.

В связи с ростом городов и давлением со стороны других, более важных с.-х. культур культивирование риса было отодвинуто в менее благоприятные районы с большими проблемами доступности воды. Из-за ограниченных водных ресурсов в ряде стран давно уже стали уменьшать расход воды при выращивании риса с помощью перехода на периодическое затопление. В странах Индокитая и Латинской Америки значительное распространение получила технология возделывания, основанная на периодических поливах суходольного риса (Guimaraes, 2005).

Суходольный рис в последнее время разделили на два: горный и аэробный. Сорта горного риса являются устойчивыми к засухе, но имеют низкий потенциал урожайности. Аэробная система риса нацелена на более благоприятные условия, где используются удобрения и дополнительное орошение, если

количество осадков недостаточно. Достижение высоких урожаев в относительно благоприятных аэробных почвенных условиях требует создания новых сортов "аэробного риса", которые сочетают засухоустойчивость горных сортов с высокой урожайностью равнинных сортов. По существу, аэробный рис можно рассматривать как "высокоурожайный" горный рис (<http://www.knowledgebank.irri.org>).

Первая селекционная работа по рису на Дону началась еще в 20-е годы на Персиановской опытно-мелиоративной станции, где в 1926 г. П.А. Витте вывел несколько сортов для периодического орошения (Белый СКОМС, Бурый СКОМС). Однако это были первые попытки интродукции нового для данного региона вида растения, которые не имели большого практического применения в хозяйствах (Величко, 1972).

В настоящее время в связи с большими затратами на содержание оросительных систем и водоснабжение становится актуальным выращивание суходольного риса. В связи с снижением запасов оросительной воды в Кубанском и Цимлянском водохранилищах возобновился интерес к суходольным сортам риса для Ростовской области и Краснодарского края. Получение высоких урожаев в условиях периодического орошения возможно при тщательной предпосевной подготовке почвы с внесением удобрений.

Это подтверждается положительным опытом выращивания суходольного риса в Волгоградской области (ВНИИ орошаемого земледелия) при 12 поливах дождевальными установками за сезон. Там разработана водосберегающая технология орошения риса, которая позволяет формировать урожайность зерна 4-6 т/га и характеризуется экономией оросительной воды по сравнению с применяемой в 3-5 раз, высокой экологической безопасностью и рентабельностью производства 27-99%. Водопотребление периодически поливаемого при поливе капельным орошением риса варьировало в пределах от 5700 до 6000 м³/га (Ганиев и др., 2006; Невежина, 2017).

Для использования таких экономичных технологий орошения нужны новые сорта, и не только высокоурожайные и устойчивые к болезням и вредителям, но прежде всего засухоустойчивые, малочувствительные к избытку алюминия и недостатку фосфора в почве, подходящие для условий интенсивного производства.

Создание новых адаптивных сортов, способных с наибольшей эффективностью использовать благоприятные факторы внешней среды и одновременно противостоять действию экологических стрессоров, оказывается главным условием повышения адаптивного реагирования на возможные изменения климата (Жученко, 2001).

Выведение засухоустойчивых высокоурожайных сортов имеет большое значение, поскольку на юге России значительные площади подвержены засухе и в отдельные годы воды на рисовых оросительных системах не хватает.

1.1 Морфологическая характеристика риса

Род *Oryza* L. включает два культурных вида (*O. sativa* L. и *O. glaberrima* Steud.) и 25 диких видов, распространенных всюду по тропикам и субтропикам Азии, Африки, Австралии, Центральной и Южной Америки. Род *Oryza* L. по общепринятой классификации относится к классу Monocotyledones – однодольных, семейству Poaceae (Gramineae) – злаковых (Костылев, 2011).

Oryza sativa выращивается во всем мире, а *Oryza glaberrima* выращивается главным образом в Африке. *Oryza sativa* в свою очередь делится на три подвида, на основании географического распределения и морфологических признаков: *japonica*, *indica*, и *javanica*. Подвиды *japonica* и *indica* главным образом выращиваются в умеренных и тропических/субтропических регионах, соответственно. *Javanica* также известен как "тропический подвид *japonica*" выращивается в Индонезии и США (Частная селекция полевых культур, 2005, Мае, 1997).

Корень. Как и у других хлебных злаков, корневая система у риса мочковатая. Она представлена двумя типами корней – главным и придаточными.

Главный корень (первичный, или зародышевый) сформирован в зерновке у зародыша. Зерновка риса прорастает одним главным корешком, в его верхней части формируются боковые корешки, которые также растут вниз точкой роста, а на них, в свою очередь, образуются боковые корешки второго порядка.

На главном корне, а также на придаточных корнях образуются корневые волоски длиной 0,7-1 мм, количество которых зависит от режима орошения.

Характерной анатомической особенностью, как главного, так и придаточных корней риса является наличие в них аэренхимы – воздухоносной ткани. Через эту ткань происходит снабжение корней риса кислородом и выделение его в почву (Наталин, 1973).

Узел кушения. Нижний участок стебля, где междоузлия сильно укорочены, называется узлом кушения. Длина его не превышает 3 см в период, когда формирование побега уже закончилось. В состав узла кушения входят такие органы, как листья, в пазухах которых скрываются почки, способные развиться в боковые побеги, укороченные междоузлия с корнеродными тканями, стеблевые узлы, прикрывающие меристему нижней части междоузлия, и придаточные корни.

Узел кушения – особо важный орган растения риса. Здесь на протяжении длительного времени сохраняется меристематическая ткань, благодаря которой растение возобновляет рост стеблей и листьев в случае гибели надземных органов. Здесь же зарождаются боковые побеги и придаточные корни. В нем откладываются запасные питательные вещества, вследствие чего стенки укороченных междоузлий утолщаются, а полости заполняются основной паренхимой, что резко выражено у самых нижних узлов (Рис, 1968).

В пазухе каждого листа может образоваться один боковой побег, а процесс их образования получил название – кущение. Кущение начинается с образования у проростков 3-4 листьев и заканчивается в возрасте 8-9 листьев (Костылев и др., 2004).

В зависимости от места образования боковые побеги приобретают разные свойства. Например, число сближенных междоузлий у них всегда меньше, чем у главного стебля. Боковые побеги иногда вовсе не образуются. Как показывают наблюдения, узел кущения размещается у поверхности почвы, для хорошего кущения необходимы высокая освещенность, азотное удобрение, способствующее образованию ростовых веществ и увеличению числа боковых побегов; аэрация в зоне кущения также стимулирует кущение. Однако процессы, происходящие в узле кущения, еще не изучены и достаточной степени, чтобы управлять ими (Рис, 1968).

В пазухах листьев, расположенных за пределами узла кущения, то есть на солоmine, также имеются пазушные почки, а процесс образования боковых побегов из верхних удлинённых междоузлий называется ветвлением.

Стебель у риса – соломина, разделенная узлами на полые междоузлия. Габитус растений либо прямой, или полураскидистый, либо распростертый. Стебель обычно прямостоячий, длина его – от 50 см до 2 м. Толщина соломины изменяется от основания к вершине, в сторону уменьшения. Число междоузлий зависит от длины вегетационного периода растений. Скороспелые имеют их меньше, а позднеспелые больше. Чем меньше общая высота соломины, тем более устойчиво растение к полеганию (Костылев и др., 2004; Натальин, 1973).

Лист – важный орган растения, он служит для усвоения углекислоты из воздуха и транспирации воды. Самый верхний (первый) лист – колеоптиле – имеет форму удлинённого колпачка, обычно бесцветного, покрывающего остальные листья. Он первым выходит на поверхность почвы при прорастании семени и называется шильцем.

Второй лист, появляющийся из продольной щели колеоптиля, – лист без пластинки. Настоящие листья у риса развиваются, начиная с третьего.

Лист состоит из влагалища, листовой пластинки, язычка и двух ушек (Натальин, 1973).

Влагалище листа своей нижней частью прикреплено к стеблевому узлу и срастается с ним, образуя влагалищный узел в виде кольцевого утолщения. Оно расщеплено сверху вниз до самого основания и плотно охватывает междоузлие благодаря тому, что края его заходят один за другой.

Влагалищный узел – это механическая опора стебля, особенно его верхних междоузлий. Он удерживает междоузлие, в вертикальном положении и принимает активное участие в поднятии стебля в случае его полегания.

Из меристемы основания зачатка листа и близлежащей ткани стебля формируются пазушные (спящие) почки. Первоначально они образуются в пазухах листьев еще у зародыша, в дальнейшем формируются в меристеме стебля по мере возникновения листьев.

Пазушные почки хорошо видны невооруженным глазом, они находятся в пазухе каждого листа, за исключением самого верхнего (Натальин, 1973).

Листовая пластинка очень изменчива в длину и ширину. Длина у разных видов колеблется от 2 до 90 см, а ширина - от 0,4 до 3,5 см. Форма листа в основном линейная, но у некоторых эллиптическая до ланцетной и линейно-ланцетной. Положение листовой пластинки в пространстве также варьирует от эректоидного до поникающего. Края и центральная жилка листа могут быть гладкими или щетинистыми. Опушенность листа изменяется даже внутри вида. Число листьев соответствует числу узлов на солоmine, у позднеспелых растений оно выше. Обычно пластинка листа имеет зеленую окраску, но бывают листья, окрашенные в красноватый, розовый или темно-фиолетовый цвета. Листья с темно-зеленой окраской содержат больше хлорофилла, поэтому интенсивность фотосинтеза у них выше, что способствует увеличению продуктивности растений (Костылев и др., 2004; Натальин, 1973). Пластинка самого верхнего листа – «флага» отличается от всех остальных: она шире и короче других.

Язычок представляет собой чешуевидную пленку треугольной формы, размером 1,0-1,5 см. Развивается в виде продолжения листового влагалища в месте перехода его в листовую пластинку. У некоторых форм риса язычок отсутствует (безлигульные формы).

Ушки расположены по бокам основания пластинки листа и имеют серповидную форму. Они охватывают стебель с обеих сторон удерживают пластинку листа и не позволяют ей оторваться от междоузлия. Обычно ушки опушены волосками или ресничками (Натальин, 1973).

Метелка. Стебель заканчивается соцветием – метелкой. Своим нижним узлом метелка прикрепляется к верхнему междоузлию стебля. Обычно метелка полностью выходит из влагалища верхнего листа, но у некоторых сортов риса, а также при определенных заболеваниях она выходит только наполовину.

Метелки бывают прямостоячими, поникшими или промежуточными. Длина метелки колеблется от 3-5 до 50 см, число колосков 50-500. Ось метелки образует на разной высоте узлы, из которых возникают веточки 1-го порядка, сидящие на главной оси поочередно или мутовчато, а из них – 2-го порядка, на которых располагаются колоски.

Колоски обоеполые, одноцветковые, прямостоячие, 1,5-17 мм длиной, округло – или косопродолговатые, густо покрытые накрест пересекающимися рядами мелких бугорков или с очень мелкой продольно-точечной ребристостью, реже бугорчато-морщинистые или бородавчатые. Колоски прикрепляются к ножкам метелки с помощью колоскового сочленения. Если оно имеет прочное строение, то рис не осыпается.

Плод – **зерновка**, сжатая с боков, продолговатая или эллиптическая, находится в полости, образованной цветковыми чешуями. Она не срастается с чешуями, но не выпадает и после обмолота. Форма зерновки весьма разнообразная – от круглой до цилиндрической. Размеры ее колеблются от 4 до 10 мм в длину и до 3,5 мм в ширину. Зерновка состоит из зародыша, эндосперма и плодовой оболочки (т.е. перикарпа).

Окраска зерновки варьирует от серебристо-белой, белой с кремовым оттенком до темно-красной, коричневой и фиолетово-черной (Костылев и др., 2004).

1.2 Рисовые экосистемы и их гидрологический статус

Рисовые экосистемы очень разнообразны. В процессе длительного возделывания выделились 4 основных типа культуры риса: плавающий, затопляемый, орошаемый, суходольный (O'Toole, 2004).

Плавающий глубоководный рис растет в областях, которые естественным образом затопляются на глубину более 50 см в течение длительного периода дождливого сезона (муссонов). Растения могут страдать от засухи на ранних стадиях роста, но как только начинается муссон, уровень воды повышается и остается высоким до конца вегетационного периода. Стебли риса удлиняются после повышения глубины воды, иногда до 3 м. Эта рисовая экосистема составляет приблизительно 8% общей области культивирования риса (Arrauudeau, 1995, Khush, 1997).

Низинный рис является второй по значимости рисовой экосистемой, представляющей около 25% от общей площади производства риса. Поля не получают орошения, полностью используя осадки или дренаж с более высоких земель в водоразделе. Главным признаком низинного поля является окружающий его валик, позволяющий собирать воду из дождевых осадков или дренаж с более высоких полей. Гидрологические условия в различных богарных низинных полях существенно различаются в зависимости от положения поля или последовательности полей, которые располагаются друг за другом сверху до низу рисоводческого массива (Atlin et al., 2004).

Орошаемый рис является наиболее распространенной экосистемой, располагающейся на 55% общей территории выращивания. Это – также самая производительная система, которая дает 75% мирового сбора зерна.

Это объясняется тем, что орошаемое рисоводство вообще имеет место на хорошо дренированных, плодородных почвах, которые не подвергаются засухе или наводнению. На орошаемом рисе используется больше удобрений, чем в других экосистемах (O'Toole, 2004). На эту систему опиралась Зеленая революция. Высокий уровень инвестиций в удобрения на орошаемых системах выгоден производителям, потому что риск потери урожая из-за засухи или наводнения низок (Babu et al., 2004).

Но в мировой практике существует способ выращивания риса без слоя воды. Суходольный рис выращивается в возвышенных местах на богарных необвалованных полях, где хороший дренаж почвы и/или неровная поверхность земли делает накопление воды невозможным (Arraudeau, 1995).

Суходольный рис обычно выращивается в системах, где применяется мало удобрений или вообще их не применяют, и высевается семенами напрямую во влажную почву, как правило, без подвода оросительной воды (Bernier, et al., 2008). Выращивание этого риса в значительной степени зависит от количества атмосферных осадков (Bouman et al., 2006). Большинство традиционных горных сортов риса являются малоурожайными и склонны к полеганию, но приспособлены к нехватке воды (Chaves et al., 2002). Суходольный рис является самой низкопродуктивной экосистемой и занимает в мировом рисоводстве сравнительно небольшую часть площадей - около 20 млн. га (12%) (Atlin et al., 2006). Однако в отдельных регионах он является главным типом культуры. По сведениям IRRI, в общей площади под культурой доля суходольного риса в Южной и Юго-Восточной Азии составляет 8%, в Западной Африке - 62, а в Латинской Америке - 72%. Объем производства зерна составляет 5% мирового сбора (Courtois et al., 2000).

Суходольный рис иногда называют горным, так как многие площади под ним размещены в горах на высоте от 1000 до 2000 м над уровнем моря. В орошаемом рисоводстве рис уязвим к разным болезням, а на суходольных полях он не подвержен такой опасности. Недостатками суходольного рисоводства

является истощение земли, необходимость удаления сорняков и чувствительность к засухе.

Понятие суходольного риса в последнее время разделили на два: рис возвышенностей (upland) и аэробный. Сорты горного риса являются устойчивыми к засухе, но имеют низкий потенциал урожайности. Аэробная система риса нацелена на более благоприятные условия, где используются удобрения и дополнительное орошение, если количество осадков недостаточно. Достижение высоких урожаев в относительно благоприятных аэробных почвенных условиях требует создания новых сортов "аэробного риса", которые сочетают засухоустойчивость горных сортов с высокой урожайностью равнинных сортов. По существу, аэробный рис можно рассматривать как "высокоурожайный" горный рис (Fukai, 1995).

В последнее время в IRRI (Филиппины), Бразилии и ряде азиатских стран были разработаны улучшенные сорта суходольного риса с более высоким индексом урожайности, улучшенной отзывчивостью на применяемые ресурсы и, следовательно, более высоким потенциалом урожайности. Такие сорта "аэробного риса" сочетают аэробную адаптацию традиционных суходольных сортов с устойчивостью к полеганию и потенциалом урожайности орошаемых сортов (Arrau deau, 1995). Аэробный рис может заменить орошаемый рис и дождевой низинный рис в некоторых частях мира, столкнувшихся с сокращением запасов воды для сельского хозяйства (Bouman et al., 2006).

В орошаемых и глубоководных рисовых экосистемах нехватки воды обычно не возникает, но как в богарных системах возделывания на возвышенностях, так и в низинных системах земледелия стресс от засухи часто является наиболее важным абиотическим стресс-фактором, ограничивающим урожайность (Babu et al. 2004; Garrity et al., 1994). Горный рис, как правило, более подвержен засухе, чем низинный рис, поскольку в этой системе отсутствует накопление воды на полях из-за отсутствия валиков и неровного, наклонного рельефа (Babu et al., 2003).

1.3 Засухоустойчивость риса

Рис – это одна из основных пищевых культур в мире. Повышение продуктивности риса является сложной задачей, поскольку на его развитие влияют различные абиотические стрессы и участвовавшие экстремальные погодные условия (Mittler, 2010). Среди многочисленных абиотических стрессов засуха или дефицит воды считаются наиболее важными ограничениями в производстве риса во многих районах его выращивания (Zhang et al., 2001).

Общеизвестно, что рис – культура, подверженная засухе, что частично объясняется его небольшой корневой системой, быстрым закрытием устьиц и старением листьев во время умеренного водного стресса (Hirasawa, 1999).

Засушливые условия могут повлиять на растения на любой стадии роста, но засушливый стресс на репродуктивной стадии непосредственно приводит к потере урожая на 24-84 % (Venuprasad, 2007). Понимание механизма засухоустойчивости риса, идентификация устойчивого генофонда риса, разработка новых стратегий и методов отбора, идентификация локусов количественных признаков и генов предоставляют большие возможности для повышения засухоустойчивости риса.

Для сельскохозяйственных культур засухоустойчивость – это не только способность выживать или расти в условиях дефицита воды, но и минимальная потеря урожая в результате стресса. Засухоустойчивость риса можно определить как способность к выживанию и продуктивность в условиях засухи (Luo, 2010). Засухоустойчивость – это количественный признак, который часто обозначается относительными значениями (значениями в условиях засушливого стресса относительно значений в нормальных условиях роста) различных признаков.

Рис, как и другие культуры, потенциально может противостоять стрессу от засухи, используя четыре различных стратегии: уход от засухи, предотвращение засухи, устойчивость к засухе и восстановление после засухи (Luo,

2010; Lawlor, 2013). Правильный выбор времени жизненного цикла, приводящий к завершению наиболее чувствительных стадий развития при изобилии воды, считается стратегией ухода от засухи. Избежать стресса из-за дефицита воды с помощью корневой системы, способной извлекать воду из глубоких слоев почвы, или за счет снижения суммарного испарения без ущерба для урожайности считается средством предотвращения засухи. Такой процесс, как осмотическая регуляция, при которой растение поддерживает тургорное давление клеток при пониженном водном потенциале почвы, классифицируется как механизм устойчивости к засухе (Price et al., 2002).

Механизмы предотвращения засухи могут быть выражены даже в отсутствие стресса и тогда считаются определяющими. Механизмы засухоустойчивости являются результатом реакции, вызванной самим стрессом от засухи, и поэтому считаются адаптивными (Hazen et al., 2005).

Когда стресс является предсказуемым, уход от засухи за счет использования более скороспелых сортов часто является предпочтительным методом повышения потенциала урожайности. Механизмы предотвращения засухи и обеспечения устойчивости необходимы в ситуациях, когда время засухи в большинстве случаев непредсказуемо (Pantuwan et al., 2002).

Восстановление после засухи относится к восстановительной способности растения после периода сильного засушливого стресса, который вызывает полную потерю тургора и высыхание листьев.

Уход от засухи с помощью раннеспелых сортов. Уход от засухи (УЗ) относится к избеганию стресса с помощью короткого жизненного цикла или пластичности развития. В сельскохозяйственном производстве УЗ означает преодоление сезонной или климатической засухи путем корректировки сроков посева или использования раннеспелых сортов.

В засушливых районах Восточной Индии и Бангладеш уход от засухи является важным механизмом, позволяющим рису формировать зерно, несмотря на ограниченную доступность воды. В этом регионе начало сезона до-

ждей обычно приходится на июнь, а уход может произойти уже в конце сентября. Раннеспелые сорта типа Aus обычно используются на суходольных полях в этом регионе, некоторые из них могут созреть всего за 80 дней. Такие сорта избегают губительной засухи, но они не обязательно считаются засухоустойчивыми. Однако следует отметить, что некоторые сорта Aus также обладают хорошими характеристиками засухоустойчивости. Группа Aus включает сорта, адаптированные ко всему спектру рисовых экосистем, и может использоваться на различных полях, от орошаемых до подверженных засухе (Naque et al., 1992).

Стратегии предотвращения засухи. Предотвращение засухи характеризуется главным образом способностью растений поддерживать высокий водный статус в условиях засухи за счет увеличения поглощения воды и снижения потерь воды. Например, оно может быть достигнуто за счет развития густой и глубокой корневой системы для использования воды или за счет закрытия устьиц, свертывания листьев или непроницаемой кутикулы листьев для уменьшения транспирации.

Сравнение корневой системы риса с другими зерновыми культурами показывает, что корни риса очень плохо приспособлены к нехватке воды. Было показано, что сорго и рис могут извлекать примерно одинаковое количество воды из верхних 60 см почвы. Однако рис извлекает мало или вообще не извлекает воду из глубины ниже 60 см, в то время как сорго сохраняет потенциал извлечения воды на гораздо большей глубине. Было показано, что более глубокая корневая система позволяет суходольному рису извлекать больше воды из почвы, что приводит к более высокому потенциалу урожайности в условиях засухи (Mambani et al., 1983).

Глубина проникновения корней показала среднюю положительную корреляцию ($r=0,38$) с урожайностью зерна в условиях стресса у низинного риса. Сорта с высоким соотношением массы глубоко расположенных корней к массе побегов проявляют повышенную засухоустойчивость у суходольного риса (Venuprasad et al., 2002).

Распределение использования углерода между побегами и корнями имеет большое значение при стрессе засухи. Если в формирование корней будет вложено слишком много углерода, урожайность снизится. Если вкладывается недостаточно, растения страдают от засухи и снижения урожайности. Вклад глубины расположения корней в предотвращение засухи может быть специфичным для конкретного участка, поскольку почва часто малопригодна для роста корней из-за неблагоприятного pH или низкого содержания питательных веществ (Price et al., 1997).

Устьичный контроль и эффективность транспирации. Одним из основных механизмов уменьшения последствий засухи является раннее закрытие устьиц в начале периода дефицита воды. Устойчивое закрытие уменьшает потерю воды, но также уменьшает газообмен между растением и окружающим воздухом. Уменьшенное потребление CO₂ затем приводит к снижению фотосинтеза, поэтому такой механизм полезен для улучшения выживаемости растений в условиях засухи, но также связан с уменьшением урожайности (Chaves et al., 2002). Раннее закрытие устьиц может быть желательным при некоторых обстоятельствах, но не там, где засухи короткие, частые и относительно мягкие. Регуляция устьичной проводимости очень сложна и плохо изучена, но считается, что она является главным образом следствием реакции клеток листьев на дефицит воды. У риса были зарегистрированы значительные генетические вариации чувствительности устьиц к водному статусу листьев (Price et al., 1997).

Признаки толерантности к засухе. Осмотическая регуляция. Когда растение обнаруживает дефицит воды, оно может накапливать различные осмотически активные соединения, такие как аминокислоты, сахара и ионы внутри своих клеток, что приводит к снижению осмотического потенциала клетки. Вода, присутствующая в межклеточных пространствах, затем течет внутрь этих клеток (Nguyen et al., 1997). Этот процесс, названный "осмотической регуляцией" (ОР), был предложен в качестве потенциального фактора, который

мог бы позволить растениям поддерживать тургор и лучше выживать при низком водном статусе. Однако было доказано, что осмотическая регуляция, вероятно, не позволяет растению извлекать много дополнительной воды из почвы и это может привести к потере урожайности. Что касается риса, то, несмотря на большое количество предшествующих исследований, полезность ОР для повышения урожайности зерна в условиях засухи не была достаточно изучена (Jongdee et al., 2002). Осмотическая адаптация может способствовать повышению засухоустойчивости за счет накопления осмолитов (низкомолекулярные органические вещества) в корнях, что будет поддерживать или усиливать развитие корней в более глубоких слоях почвы, тем самым увеличивая количество доступной воды для использования сельскохозяйственными культурами (Sharp et al., 2004).

Стабильность процессов цветения. Стресс от засухи, возникающий в начале репродуктивной стадии, обычно приводит к задержке цветения (Yang et al., 2001). Это происходит главным образом из-за замедленного удлинения метелки и поддерживающих ее тканей. Этот признак может быть эффективным механизмом предотвращения засухи, если период дефицита воды короткий, так как удлинение метелки возобновляется после снятия короткого периода стресса. Однако если цветение задерживается более, чем на несколько дней, то обычно происходят серьезные потери урожая. По-видимому, рис имеет заранее определенное количество времени, когда может продолжаться удлинение цветоноса, и что антезис (период, в течение которого цветок полностью открыт и функционален) следует примерно через день после этого. Медленное удлинение метелки означает, что цветение может произойти, когда она все еще находится в листовом влагалище. Чем больше задержка цветения, тем больше стерильность колосков и снижение урожайности и индекса урожая из-за засухи (Liu et al., 2006). Таким образом, повышение засухоустойчивости может включать отбор растений, у которых из-за засухи наблюдается незначительная задержка цветения или она вообще отсутствует (Pantuwan et al.,

2002). При выведении сортов для производства с использованием водосберегающих методов орошения или для дождевых полей, которые часто засушливы, создание сортов, которые не проявляют задержки цветения в условиях не насыщенной водой почвы, может быть важной и достижимой селекционной задачей (Lafitte et al., 2006).

Восстановление после засухи относится к восстановительной способности растения после периода сильного засушливого стресса, который вызывает полную потерю тургора и высыхание листьев.

Засухоустойчивость суходольного риса. Засухоустойчивость (ЗУ) определяется как способность растительных клеток поддерживать свою функцию в условиях дефицита воды при уменьшении вызванного стрессом повреждения путем регуляции экспрессии генов и метаболических путей. ЗУ часто ассоциируется с накоплением в растительных клетках молекул, связанных с осмотической регулировкой (таких как пролин) для поддержания тургора.

Засухоустойчивость – это сложный признак, отраженный изменениями на морфологическом, физиологическом, биохимическом и молекулярном уровнях. Морфологические адаптации включают увеличение длины и толщины корня, листа, уменьшение массы и размеров листьев, более мелкие эпителиальные клетки с восковидным покровом, замедленное старение и увеличение площади зеленых листьев (Sehebi M. et al., 2018). Понимание физиологической адаптации растений к изменениям водообеспеченности может быть использовано в качестве критерия отбора для создания высокоурожайного сорта в условиях засухи (Fahad S. et al., 2017).

Важно определить основные критерии или показатели для оценки засухоустойчивости различных культур. Показатели засухоустойчивости риса можно разделить на три категории: 1) индексы, основными критериями которых являются морфологические и физиологические признаки; 2) индексы, включающие в себя несколько физиологических признаков, связанных с осмотической регулировкой, содержание абсцизовой кислоты и реакция на нее, а также защита от окислительного стресса; 3) составные индексы, включающие

признаки, связанные с биологической или экономической урожайностью в условиях засушливого стресса.

Программы выращивания риса, ориентированные на устойчивость к засухе, малоэффективны (Fukai et al., 1995). Это может быть объяснено тем фактом, что устойчивость к засухе является признаком, контролируемым многими генами, имеющими различные эффекты, и зависит от времени засухи и ее тяжести. Другой способ объяснить сложность засухи заключается в том, что устойчивость к засухе предполагает взаимодействие между генами, участвующими в потенциале урожайности как таковом (а их очень много), и генами устойчивости к засухе (Price, 2002). Однако значительная часть причин отсутствия прогресса в области риса может быть объяснена просто отсутствием инвестиций, которые были вложены в скрининг засухоустойчивости в рамках программ развития сортов (O'Toole, 2004). Немногие программы прямо включают этап скрининга засухоустойчивости в качестве части своей обычной селекционной деятельности, несмотря на значительные усилия, которые были предприняты в области генетического и физиологического анализа признаков, связанных с генотипическими различиями в засухоустойчивости.

Эти ресурсы доступны для рисоводов, но суходольные сорта риса мало улучшились. Многие фермеры, выращивающие такой рис, до сих пор используют традиционные малоурожайные сорта (Saito et al., 2006).

Отбор засухоустойчивого суходольного риса. На большинстве суходольных рисовых полей засухи непредсказуемы и не будут происходить каждый год. Фермеры вряд ли будут готовы пожертвовать потенциалом урожайности ради повышения урожайности в засушливые годы. Поэтому селекционеры должны подбирать сорта, способные давать хороший урожай, как в благоприятные, так и в неблагоприятные годы. Селекционеры десятилетиями обсуждали критерии отбора, которые должны использоваться для получения высокого урожая, как в стрессовых, так и в обычных условиях. Существуют три основных селекционных цели, которые могут привести к повышению урожай-

ности зерна в условиях засухи: 1) увеличение потенциала урожайности как такового, 2) своевременное цветение в период, когда имеется вода, и 3) повышение устойчивости к засухе (Mackill et al., 2003).

Скрининг на повышенный потенциал урожайности обычно проводится в идеальных условиях. Такая селекционная среда будет способствовать повышению урожайности в условиях засухи, если урожайность в условиях засухи и урожайность в условиях хорошо увлажненных земель будут положительно коррелировать. Обычно это происходит в условиях умеренной и даже сильной засухи на рисовых полях (Venuprasad et al., 2007).

Atlin G.N. et al. (2004) показали, что даже в тех случаях, когда средняя разница в урожайности между стрессовыми и нестрессовыми условиями составляет более 50%, средние значения генотипов имеют тенденцию к положительной корреляции между уровнями урожайности в популяциях рекомбинантных инбредных линий. Это объясняется тем, что большие различия между генотипами по высоте и индексу урожайности часто проявляются как в стрессовой, так и в обычной среде. Таким образом, отбор по потенциальной урожайности является важным элементом в создании сортов, которые дают приемлемые урожаи при умеренном уровне стресса.

Отбор генотипов, завершающих свое цветение до наступления водного стресса, возможен, если сроки засухи предсказуемы и окончательны. Это относится к позднему сезону стресса во многих районах, где муссоны имеют тенденцию уходить предсказуемо и резко, как в большей части Восточной Индии, Таиланде и Лаосе. Однако во многих районах, где выращивается суходольный рис, кратковременные периоды засухи, особенно в период цветения, происходят непредсказуемо в середине муссона. В этих районах большое значение имеют засухоустойчивые сорта.

Засухоустойчивость повышается либо в том случае, если рис имеет возможность получать больше воды, либо в том случае, если он может более эффективно использовать имеющуюся воду (более высокая эффективность

транспирации). Отбор образцов, устойчивых к засухе, может быть осуществлен путем измерения урожайности в стрессовых условиях и / или измерения вторичного признака, коррелирующего с урожайностью в стрессовых условиях. Вторичный признак полезен в селекции только в том случае, если он является недорогим для измерения, высоко коррелирует с урожайностью в условиях засухи и если он показывает более высокую наследуемость, чем сама урожайность в условиях стресса (Passioura, 2006).

Прямой отбор на урожайность в условиях засушливого стресса. Прямой отбор на урожайность в благоприятных или ограниченных водой условиях – это стратегия отбора, которая наиболее часто используется селекционерами зерновых культур для повышения урожайности в условиях ограниченных запасов воды (Araus et al., 2002). Этот метод не был широко использован на рисе до недавнего времени, но теперь все чаще используется, поскольку засухоустойчивость признается важным признаком для улучшения качества риса (Fukai et al., 1995; O'Toole, 2004). Несмотря на его все более широкое использование, прямой отбор по урожайности в условиях засухи создает проблемы; установление засушливого стресса в полевых условиях является сложной задачей для управления, и осадки всегда могут происходить в нежелательные моменты, даже в засушливый сезон (Courtois et al., 2000). У суходольного риса засуха обычно позволяет четко дифференцировать устойчивые и восприимчивые линии на основе урожайности только в том случае, если она снижает урожайность по меньшей мере на 70-80% от обычной урожайности при благоприятных условиях. При более низких уровнях стресса урожайность может быть более тесно связана с потенциалом урожайности, чем с устойчивостью к засухе (Venuprasad et al., 2007).

Кроме того, относительная низкая наследуемость урожайности зерна и высокое взаимодействие генотипа с окружающей средой могут сделать отбор, основанный исключительно на урожайности, неоптимальным (Araus et al., 2002). Недавние исследования на суходольном рисе, проведенные в условиях искусственного стресса в сухой сезон в IRRI, показали, что урожайность в

условиях засухи, которая последовательно и равномерно применяется, обычно так же наследуема, как и урожайность, оцененная в условиях без стресса, а когда стресс очень сильный, может быть выше, с относительно небольшим взаимодействием «генотип $\times$ год» (Atlin et al., 2004). Было показано, что прямой отбор по урожайности при стрессе приводит к значительному повышению стрессоустойчивости суходольного риса. Прямой отбор по урожайности при управляемом стрессе в сочетании с параллельным отбором по потенциальной урожайности является эффективным и недостаточно используемым подходом к созданию стрессоустойчивых суходольных сортов риса.

Вторичные признаки, наиболее часто используемые рисоводами.

Объединение селекции на основе урожайности с вторичными признаками в селекционные индексы может улучшить ответ на отбор, если физиологические процессы, способствующие повышению урожайности зерна в целевой среде, хорошо изучены и если вторичные признаки могут быть многократно и недорого измерены. Вторичные признаки, наиболее часто используемые селекционерами, как правило, легко определяются визуально. Количество дней до цветения обычно измеряется как в стрессовых, так и в нормальных условиях. Отбор можно проводить для линий с идеальными сроками созревания в условиях хорошего увлажнения и без большой задержки цветения в условиях засухи. Отбор линий, которые сохраняют высокую плодovitость колосков и низкую скорость высыхания листьев в условиях засухи, также распространен. Задержка цветения и фертильность колосков, как сообщается, имеют умеренную наследуемость и высокую корреляцию с урожайностью зерна при стрессе на стадии цветения (Lafitte et al., 2003).

Водный потенциал листьев в стрессовых условиях является признаком, который сильно коррелирует со стерильностью колосков и урожайностью зерна ($r = 0,69$), когда стресс от засухи был во время цветения (Jongdee, 2002).

Характеристики корня широко не используются селекционерами в качестве вторичных селекционных признаков, поскольку корневую систему

сложно изучить. Структура корневой системы сильно зависит от среды и условий выращивания. Отбор растений риса с лучшей корневой системой может повысить потенциал поглощения питательных веществ и конкурентоспособность с сорняками на суходоле (Yadav, 1997; Passioura, 2006).

Максимизация эффективности селекционных программ по засухоустойчивости. Учитывая сложность засухи, было много споров по поводу разработки эффективных программ селекции риса на засухоустойчивость. Любая селекционная программа может рассматриваться как форма косвенного отбора, при котором коррелированная реакция в целевой среде (CR_T) является результатом отбора в какой-то другой среде (например, в селекционных питомниках). Коррелированная реакция зависит от интенсивности отбора (i), корреляции между урожайностью в среде, где происходит отбор, и целевой средой (rG) и наследуемостью в широком смысле в среде отбора (H_s) (Atlin et al., 2001).

Тщательное управление испытаниями урожайности таким образом, чтобы они отражали условия, в которых фермеры будут выращивать урожай, как только сорт будет выпущен, позволит максимизировать rG . Если селекционер хочет проверить устойчивость к стрессу, который не обязательно происходит каждый год, стресс может быть искусственно введен в селекционную среду. В случае засухоустойчивости суходольного риса это может быть достигнуто в некоторых местах путем проведения испытаний на урожайность в сухой сезон с орошением, подаваемым для имитации условий засухи. Результаты скрининга засухи в сухой сезон следует интерпретировать осторожно, поскольку внесезонный фотопериод, интенсивность солнечной радиации, температура, испарение и влияние болезней часто отличаются от тех, которые характерны для влажного сезона (Venuprasad et al., 2007).

Национальные программы, в которых приоритетное внимание уделяется засухоустойчивости как цели селекции суходольного риса, должны разработать соответствующую среду для скрининга образцов. Важным элементом раз-

работки системы скрининга управляемого стресса для обеспечения засухоустойчивости является демонстрация того, что этот скрининг позволяет прогнозировать результаты, которые будут получены на полях фермеров в условиях естественного стресса в сезон дождей. В IRRI отбор в условиях управляемого стресса в сухой сезон показывает значения наследуемости, которые не всегда ниже, чем у не-стрессовых испытаний. Линии, отобранные в таких условиях, имеют значительно более высокую урожайность в условиях естественной засухи, чем случайно выбранные линии (Venuprasad et al., 2007).

Некоторые селекционеры предположили, что селекционные программы, направленные на повышение урожайности в условиях неоптимальных условий (например, стресс засухи), могут проводить их скрининг только в благоприятных для высокой урожайности условиях (например, хорошо орошаемые поля). Это привело бы к снижению rG , но могло бы увеличить H_s (Atlin et al., 2004). При таком способе селекции следует соблюдать осторожность, поскольку обычно наблюдаются перекрестные взаимодействия между этими двумя типами сред, прогресс в улучшении засухоустойчивости обычно идет медленнее, чем прогресс, достигнутый при использовании прямого отбора в неблагоприятных условиях. Недавно было продемонстрировано, что реакция на отбор по урожайности риса в неблагоприятных условиях выше, чем в благоприятных (Atlin et al., 2004). Если существует высокая корреляция между урожайностью в обеих средах, селекция для повышения урожайности в условиях водного стресса может также привести к отбору сортов с более высоким общим потенциалом урожайности. Если селекционер хочет создать сорт, который будет давать хороший урожай, как в условиях засухи, так и без нее, то отбор, основанный на показателе продуктивности в обеих средах, будет наиболее эффективным критерием отбора (Rosielle et al., 1981).

Для определения степени засухоустойчивости признаки, связанные с урожайностью, имеют большее предпочтение и эффективность в селекционной работе по созданию засухоустойчивых сортов (Melandri et al., 2020).

Скрининг тысяч коллекционных образцов ранее проводился на предмет засухоустойчивости в различных уголках мира, однако пока признаны лишь несколько засухоустойчивых сортов. В Индонезии в результате индуцированной мутации был получен мутант тёмно-зеленого риса, который является высокоурожайным и устойчивым к засухе при дефиците удобрений и воды (Efendi et al., 2017). Основными причинами минимального успеха являются очень малое количество действительно засухоустойчивых генотипов и отсутствие подходящих методов скрининга (Singh et al., 2016).

Хотя комплексную индексную систему трудно применять для выявления механизма засухоустойчивости, некоторые составные индексы (особенно признаки, связанные с урожайностью) предпочтительны и эффективны для селекции на засухоустойчивость (You et al., 2015).

Использование молекулярных маркеров для повышения засухоустойчивости. Локус количественного признака (QTL) - это хромосомная область, где один или несколько генов влияют на фенотипические значения количественного признака, например, урожайность зерна или высота растения. Существует три этапа анализа QTL: 1) фенотипическая оценка относительно большого числа растений из популяции, выделяющейся по полиморфным генетическим маркерам; 2) генотипирование части или всей популяции; 3) статистический анализ для выявления локусов, влияющих на интересующий признак (Asíns, 2002).

Идентификация QTL, связанных с засухой. У риса были выявлены многочисленные QTL, связанные с признаками, влияющими на засухоустойчивость. Одно из исследований осмотической регуляции (ОР) выявило 14 QTL, что объясняет в общей сложности 58% фенотипической вариации этого признака в популяции из 150 инбредных линий (Robin et al., 2003). Другое исследование выявило 28 QTL, связанных с многочисленными признаками корней (Courtois et al., 2003). В третьем исследовании сравнивалось расположение 36 QTL, связанных с признаками корней, и 5 QTL, связанных с ОР, и был сделан вывод о том, что эти два механизма засухоустойчивости не зависят друг

от друга (Zhang et al., 2001). Некоторые из QTL, выявленных в этом исследовании, соответствовали QTL, ранее выявленным в других популяциях риса, однако совместное расположение QTL для признаков корней в разных популяциях или средах встречается редко, отчасти из-за обычно большого взаимодействия QTL с окружающей средой, влияющей на эти признаки. Это представляет собой существенную проблему для использования маркеров при отборе улучшенных по корневой системе фенотипов (MacMillan et al., 2006).

Маркерная селекция для повышения засухоустойчивости риса. Несмотря на небольшое количество QTL засухоустойчивости для использования в маркерной селекции, было предпринято несколько попыток их интрогрессии в лучшие сорта (Courtois et al., 2003). Технология молекулярных маркеров до сих пор не была широко использована в качестве селекционного инструмента селекционерами из-за того, что ни один QTL, ответственный за достаточно большое влияние на урожайность зерна, не был обнаружен и точно нанесен на карту. На рисе в настоящее время предпринимаются попытки использовать маркеры, связанные с водным потенциалом листьев, стерильностью колосков и задержкой цветения (Jongdee et al., 2006). Только пять картированных популяций составляют большую часть опубликованных на сегодняшний день экспериментов QTL по засухе, большинство из которых были получены от родителей, которые не сильно отличаются по своим характеристикам засухоустойчивости (Price et al., 2002). Таким образом, только очень небольшая часть доступной зародышевой плазмы риса была проанализирована на наличие аллелей, которые могли бы улучшить засухоустойчивость. Вполне вероятно, что многие традиционные сорта из районов, подверженных засухе, обладают определенной устойчивостью к стрессу засухи на репродуктивной стадии, но такие сорта редко использовались в качестве родителей в исследованиях по картированию QTL. В настоящее время линии, используемые в качестве родителей в большинстве работ по картированию QTL, были получены от скрещиваний *indica* x *japonica* (Zichao et al., 2005). Первоначально это было сделано

потому, что такие разнообразные скрещивания были необходимы для обеспечения адекватного полиморфизма для картирования. Сейчас имеется большое количество маркеров, и в качестве родителей можно использовать больше агрономически важных сортов (Courtois et al., 2003). Более обширное изучение засухоустойчивости исходного материала риса приведет к выявлению линий, несущих основные гены, контролирующие устойчивость к засухе. Такие исследования проводятся в IRRI и дают обнадеживающие результаты (Bernier et al., 2008).

Таким образом, существует необходимость в создании суходольных сортов риса, которые будут давать приемлемый урожай, как в условиях водного дефицита, так и в благоприятных условиях. Известно, что многие признаки способствуют повышению урожайности в условиях засухи, но анатомические, физиологические и молекулярные пути, управляющие ими, недостаточно изучены. В настоящее время предпринимаются согласованные усилия по изучению физиологических и генетических основ засухоустойчивости риса. Более глубокое понимание генетической основы засухоустойчивости, вероятно, будет достигнуто за счет использования более разнообразных картированных популяций и точного определения генов, влияющих на вариабельность засухоустойчивости, с помощью тонкого картирования. Картирование QTL для выявления хромосомных областей, улучшающих урожайность зерна в условиях ограниченной влагообеспеченности, затруднено большими эффектами взаимодействиями «генотип x среда», «QTL x генетический фон», большим количеством генов, влияющих на урожайность, и ошибочным первоначальным использованием популяций, полученных от родителей, которые не сильно отличались по засухоустойчивости. В результате только недавно были выявлены отдельные локусы, оказывающие большое влияние на урожайность при стрессе. Характеристика таких генов и их анатомические, физиологические и молекулярно-генетические эффекты станут ключевыми факторами в

применении технологии молекулярных маркеров для создания более засухоустойчивых сортов суходольного риса. Это может способствовать повышению продовольственной безопасности и уровня доходов с.-х. производителей.

1.4 Генетические факторы

Рис является одной из самых важных культур в мире. Эволюционно он является очень влаголюбивым, поэтому он мало адаптирован к условиям с ограниченным количеством воды и чрезвычайно чувствителен к стрессу засухи. Под засухой понимают сложное агрометеорологическое явление, в результате которого у растения нарушается водный баланс; под влиянием недостатка влаги, вызванного усиленным испарением или длительным бездождем, растение увядает или гибнет (Ионова и др., 2019). Однако засухоустойчивые сорта, выведенные путем селекции растений, являются более доступными для с.-х. предприятий, чем дорогостоящие агрономические методы или усовершенствование ирригационных систем, которые могут потребовать больших инвестиций. Рис может расти не только при затоплении почвы водой, но на периодическом орошении, как искусственном, так и естественном (дожде). Производство такого риса гораздо дешевле. Кроме того в мире ощущается дефицит пресной воды, что делает использование суходольного риса актуальным.

Засуха оказывает пагубное воздействие на параметры роста растений и, в конечном итоге, снижает урожайность. Наступление засухи может произойти на всех этапах выращивания риса. Однако чувствительность к засушливому стрессу зависит от его продолжительности и интенсивности. Засухоустойчивость – это способность растения давать максимальный экономический урожай в условиях ограниченного количества воды. Это сложный признак, зависящий от действия и взаимодействия различных морфологических, биохимических и физиологических реакций (Kumar et al., 2016). Устойчивость к засухе определяется также, как способность растений выживать при низком

содержании воды в тканях. Повреждения зависят от масштаба, интервала стресса и стадии роста растения.

Хотя рис сильно угнетается на всех фазах онтогенеза, засуха, воздействующая на растения во время цветения и налива зерна, особенно опасна, так как существенно уменьшает урожайность зерна (Venuprasad et al., 2007). Засуха по-разному влияет на растения риса, она снижает накопление сухого вещества и приводит к ухудшению распределения метаболитов из листьев и стеблей в зёрна. В результате происходит уменьшение числа налившихся зерен на метелке, масса каждой зерновки и, в итоге, урожайности. Полиморфизм сортов риса включает в себя разнообразные механизмы устойчивости к недостатку влаги. Толерантность обеспечивается с помощью уменьшения количества побегов, площади листовых пластинок, укорочения, утолщения и скручивания листьев, ускорения их старения (Kumar, et al., 2016). Эти механизмы открывают возможности для улучшения сортов в районах, подверженных засухе. Кроме того, селекция будущих сортов, устойчивых к множественным стрессам, требует повышенной засухоустойчивости, особенно на репродуктивной стадии. Влияние засухи на репродуктивной фазе развития проявляется в замедлении развития метелки, задержке цветения, что ухудшает развитие и налив зерна, приводя к снижению урожайности, зачастую значительному. Воздушная засуха в фазу цветения, приводит к стерильности метелки, так как метелка, еще находящаяся внутри листового влагалища, не развивается. Отказ от воспроизводства в конечном итоге приводит к значительному снижению урожайности. Устойчивость риса к стрессу на репродуктивной стадии считается сложным и многообразным признаком, управляемым несколькими генами, основными и второстепенными (Vinod, et al., 2019).

Поэтому необходима селекционная работа по созданию суходольных сортов риса и повышения их засухоустойчивости. Такие исследования ведутся во всем мире, особенно в Юго-Восточной Азии (Китай, Индия, Бангладеш, Филиппины) и в Южной Америке (Бразилия). В этих странах выращивают

сорта AUS, IRAT109, Way Rarem, адаптированные к засухе. Существуют 3 основные цели селекции, которые могут привести к улучшению урожайности зерна риса в условиях засухи: увеличение потенциальной урожайности как таковой, своевременное цветение в период, когда есть вода, и повышение устойчивости к засухе (Bernier et al., 2008).

У риса были идентифицированы несколько локусов количественных признаков (QTL), связанных с реакцией на засуху, включая признаки корневой системы (глубина проникновения, объем, толщина корней), листьев (скручивание и жизнеспособность), стабильности мембран и осмотической регуляции (Lafitte et al., 2007). Они были перенесены в высокоурожайный, но чувствительный к засухе сорт IR64. С помощью маркеров RG939, RG476 и RG214 были отобраны 57 линий, полученных в результате скрещивания этого сорта с 28 донорами.

Singh V.P. et al. (2016) показали, что QTL qDTY1.1 увеличивает урожайность зерна в условиях засухи, и идентифицировали тесно связанный с ним маркер (RM431), расположенный на хромосоме 1. Молекулярный анализ с использованием этого маркера позволил выделить три засухоустойчивых генотипа: Vaidehi, Dudhi, Birar.

Большие усилия были приложены с использованием молекулярных маркеров для идентификации в хромосомах риса QTL, связанных с признаками устойчивости к засухе. Zheng H. et al. (2000) идентифицировали два QTL для толщины корней и их способности проникновения в почву, которые локализованы рядом с SSR-маркерами риса: *RM252* на хромосоме 4 и *RM60* на хромосоме 3.

Совместное расположение QTL для признаков корней и урожайности в условиях засухи позволило комбинировать отбор обоих признаков (Salunkhe et al., 2011).

Ряд исследователей определили несколько локусов количественных признаков для урожайности и ее компонентов при различных типах засухи.

Популяция *CT9993* x *IR62266* была использована для выполнения картирования QTL урожайности зерна в условиях засухи в горной местности Южной Индии (Babu, 2003) и низменности в Таиланде (Lanceras et al., 2004).

В популяции из 180 рекомбинантных инбредных линий, полученных в результате скрещивания затопляемого сорта *Zhenshan 97* и высокогорного сорта *IRAT 109*, был обнаружен QTL (расположенный на хромосоме 9 между маркерами RM316 и RM219), влияющий на снижение урожайности, биомассы и индекса урожая в условиях засухи (Yue et al., 2006).

Исследования Bernier J. et al. (2007) в IRRI позволили выявить QTL, объясняющий 51% генетической дисперсии урожайности зерна в условиях засухи в полевых условиях на стадиях цветения и налива зерна в гибридной популяции *Vandana* x *Way*. Высокий эффект QTL засухоустойчивости на репродуктивной стадии был последовательно выражен в течение двух сезонов выращивания. Этот QTL был также обнаружен в другой популяции *IR55419-04* x *Way Rarem* и показал низкий уровень взаимодействия со средой, что имеет потенциальное применение в MAS-селекции. Таким образом, обнаружено много QTL, связанных с устойчивостью к засухе, которые были недавно зарегистрированы и могут широко использоваться в программах селекции риса на засухоустойчивость (Bernier et al., 2008).

На хромосоме 1 был найден QTL qDTY1.1, который повышал урожайность риса в условиях засухи. Рядом с ним находился маркер RM431, с использованием которого в ПЦР-анализе создали 3 засухоустойчивых сорта: *Vaidehi*, *Dudhi*, *Birar* (Singh et al., 2016).

Используя молекулярные маркеры различного типа, в нескольких исследованиях была опубликована информация о локусах количественных признаков (QTL), контролирующих устойчивость к засухе у риса, используя в качестве критерия урожайность зерна при нехватке влаги. Основным QTL по устойчивости к засушливому стрессу является qDTY1.1. Он локализован на первой хромосоме у устойчивых сортов Нагина 22 и Дхагаддеша, обеспечивая 12,6-16,9% фенотипической изменчивости Dhagaddeshi (Vikram et al., 2011).

Этот локус был первым QTL из нескольких, о которых ученые узнали, что он влиял на различные признаки, связанные с засухой, такие как длина, толщина и масса корней, содержание в них воды, осмотическое давление. Ранее было установлено, что локус qDTY1.1 фланкирован маркерами RM431 и RM11943 (Vikram et al., 2011).

Сообщалось также о других QTL, идентифицированных у различных сортов риса, эффективность которых была продемонстрирована как в горных, так и в низинных условиях. К ним относятся qDTY2.1, qDTY2.2, qDTH12.3, qDTY3.1, qDTY6.1, qDTR8, qDLR8.1, qDTY9.1A и qDTY12.1 (Kumar, et al., 2018; Panda et al., 2021).

Маркерная интрогрессия QTL может быть эффективным и быстрым подходом к селекции сортов риса, устойчивых к засушливому стрессу. Последующие попытки перенести эти QTL с помощью маркерной селекции, в первую очередь в наиболее распространенные сорта, показали значительные успехи в выведении климатически-адаптированных сортов, таких как Sabitri (qDTY3.2 и qDTY12.1), IR 64 (qDTY2.2 и qDTY4.1), Vandana и Pusa 44 (qDTY12.1). За последние годы в мире было выпущено 66 устойчивых к засухе сортов, которые включают несколько QTL (Kumar et al., 2014, Dixit et al., 2017, Sandhu et al., 2019, Muthu et al., 2020, Dwivedi et al., 2021).

Индийские ученые сообщали об улучшении устойчивости сорта Basmati к засухе с помощью интрогрессии локуса количественного признака (QTL) «qDTY1.1» в сорт Pusa Basmati 1 из австралийского сорта Nagina 22. Микросателлитный SSR-маркер RM431, расположенный на теломерном конце хромосомы 1, использовали для отбора форм с qDTY1.1 в процессе беккроссирования. При этом были восстановлены все агрономические признаки, включая урожайность (Dhawan et al., 2021). Авторы провели также оценку улучшенного сорта в различных местах и средах для подтверждения стабильности урожайности и засухоустойчивости.

Другие авторы сообщали об успешной интрогрессии с помощью маркеров гена qDTY12.1 в чувствительный к засухе сорт риса Pusa 44, произрастающий на северо-западе Индии. Селекция проводилась с помощью трех обратных скрещиваний и четырех поколений отбора, что привело к созданию улучшенных почти изогенных линий (Oo et al., 2021).

В Малайзии было проведено маркерное пирамидирование локусов количественных признаков засухоустойчивости (qDTY), которые обеспечивают значительную толерантность к засухе для создания линий риса на основе популярного сорта MR219 (Shamsudin et al., 2016).

Два основных эффективных QTL: qDTY3.1 и qDTY12.1, были идентифицированы и затем интрогрессированы в высокоурожайные, но чувствительные к засухе сорта по всему миру, включая Anjali, Kalinga, IR64, TDK1, Swarna, Sabitri и Jinnibyeo (Sandhu, Kumar, 2017). Эти улучшенные сорта доказали, что имеют преимущество в урожайности и хорошо выживают в условиях засухи.

В других исследованиях с использованием маркерной селекции были созданы высокоурожайные линии риса с толерантностью к засухе (qDTY3.1 и qDTY12.1) и погружению в воду (Sub1) (Mohd Ikmal et al., 2021).

Работа по созданию устойчивых к абиотическим стрессам сортов, в том числе к засухе, ведется во ВНИИ риса (Харитонов и др., 2015). В АНЦ «Донской» также проводится работа в этом направлении (Костылев и др., 2020).

Поэтому выведение сортов для Ростовской области является актуальным. Для улучшения эффективности этого процесса нужно знать характер наследования признаков у гибридов.

1.5 Достижения селекции риса в Ростовской области

Важнейшие сельскохозяйственные культуры в мире – рис и пшеница, которые занимают примерно одинаковые площади. По данным Росстата, посевные площади риса в России в 2019 г. в хозяйствах всех категорий

составили 194,1 тыс. га, причем основная их часть расположена в Северо-Кавказском регионе, в первую очередь в Краснодарском крае (125,2 тыс. га). Ростовская область по площади посевов этой культуры (14,4 тыс. га) находится на третьем месте. Валовые сборы риса в России в 2019 г. составили 1 098,7 тыс. т, из которых 950 тыс. т произведено в Краснодарском крае и 91,2 тыс. т – в Ростовской области (URL: <https://ab-centre.ru/news/ris-ploschadi-sbory-i-urozhaynost-v-2001-2019-gg>).

Повышение валовых сборов зерна этой важной крупяной культуры возможно путем увеличения урожайности. Решение такой задачи во многом определяет выведение новых высокопродуктивных сортов, устойчивых к неблагоприятным факторам окружающей среды и их распространение в сельскохозяйственное производство.

Валовой сбор зерна риса можно увеличить путем повышения его урожайности во всех регионах, потому что новые площади не будут добавляться. Для решения этого вопроса большое значение имеют создание и использование в производстве новых продуктивных сортов, устойчивых к стресс-факторам, особенно, к пирикулярриозу. Это заболевание вызывает патогенный гриб *Magnaporthe oryzae*. Обычными методами, а также с применением маркеров в разных государствах созданы резистентные к пирикулярриозу сорта риса, адаптированные к контрастным условиям климата возделывания этой культуры (Miah et al., 2013; Usatov et al., 2016). Поэтому создание новых российских высокопродуктивных сортов, резистентных к этому заболеванию в настоящее время является актуальным.

Успешность селекционной работы в значительной степени зависит от генетического полиморфизма, дающий больше возможностей искусственному отбору, повышающий его интенсивность. Наибольшая генетическая изменчивость появляется в ходе расщепления гибридных популяций от скрещивания далеких в филогенетическом отношении родительских форм.

Селекционная работа по рису в Донском селекцентре, ныне АНЦ «Донской», начата в 1957 году. На протяжении длительной многолетней селекции

в Аграрном научном центре «Донской» выведены среднеспелые сорта риса Командор, Боярин, Южанин, Кубояр, Акустик, Пируэт, и раннеспелые Контакт, Вираз, Светлый, Вирасан. Районированные в Ростовской области сорта риса Командор и Боярин, занимающие основные площади, отведенные этой культуре, наряду со своими достоинствами имеют ряд существенных недостатков, особенно таких, как склонность к полеганию при посеве по технологии получения всходов из-под слоя воды. При этом они значительно снижают свою продуктивность при поражении посевов пирикулярриозом. Поэтому необходимы новые, устойчивые к различным расам этого патогена сорта риса, несущие несколько эффективных генов устойчивости.

Наряду со своими положительными характеристиками, у некоторых имеется определенные недостатки, такие, как недостаточно высокая устойчивость к пирикулярриозу. Для решения этого вопроса большое значение имеют создание и использование в производстве новых продуктивных сортов, устойчивых к стресс-факторам, особенно, к пирикулярриозу.

На успех и результативность селекции значительное влияние оказывают генетический полиморфизм, расширяющий возможности искусственного отбора, и его интенсивность. Генетическая изменчивость возникает в результате гибридизации двух удачно подобранных родительских форм.

В работах индийских ученых была установлена высокая степень наследуемости многих признаков, в том числе урожайности. Это свидетельствует о том, что в процессе отбора из поколения в поколение селекционеры могут улучшать генотипы. По урожайности зерна с растения в поколениях $F_3 \dots F_4$ установлены высокие фенотипические и генотипические коэффициенты вариации. Исследования генетической изменчивости на 50 линиях риса показали, что максимальный фенотипический коэффициент вариации (PCV) и генотипический коэффициент вариации (GCV) зарегистрированы для количества зерен на метелке, процента фертильности и урожайности зерна с растения. Количе-

ство зерен на метелке, высота растения и процент фертильности показали высокую наследуемость в сочетании с высоким генетическим прогрессом, что указывает на надежность этих признаков для отбора (Anjaneyulu et al., 2010).

Изучение влияния отбора в поколениях $F_2 \dots F_3$, на величины признаков следующих генераций, проведенное в Индии на 10-и гибридных комбинациях, показало значительный положительный отклик в F_3 и F_4 на отбор по таким признакам, как урожайность, количество метелок на растении, высота растения, количество зерен в метелке и дней от всходов до 50 % цветения. Коэффициент регрессии между поколениями F_2 и F_3 и поколениями F_3 и F_4 был значимым для всех признаков. Однако отбор по массе зерна с растения и количеству зерен на метелке более эффективен при отборе в последнем поколении (Koli et al., 2018).

Потенциальная урожайность, генотип-специфический признак, который достигает максимальных значений, когда рис выращивается в отсутствие биотических и абиотических стрессов (Kropff, et al., 1994). Поэтому повышение потенциала урожайности является основной целью селекционной работы в современную эпоху. Прошлые исследования показали, что с 1960-х годов селекция риса для получения высоких урожаев в Азии часто была нацелена на полукарликовые сорта, что увеличивало индекс урожая и размер метелки, тем самым увеличивая способность усвоения удобрений по сравнению с более старыми сортами (Peng et al., 2008). Задача селекции полукарликового идеотипа с 1980-х годов в таких центрах, как Международный научно-исследовательский институт риса (IRRI), заключалась в том, чтобы найти оптимальную комбинацию агрономических признаков для среднеспелых сортов от 115 до 120 дней (Peng et al., 2008). Такой подход еще больше повысил урожайность риса к 2000-м годам (Dingkuhn et al., 2015). В результате этих усилий большинство элитных генотипов средней продолжительности жизни теперь имеют индекс урожая, который приближается к теоретическому максимуму от 0,55 до 0,60 (Nay, 1995).

Другая проблема заключается в том, что элитные образцы теперь производят множество колосков на единицу площади за счет развития крупных метелок, от 150 до 200 колосков на метелку (Peng et al., 2008).), у которых наполнение зерна ограничено нехваткой неструктурных углеводов или сопутствующей фотоассимиляцией. Это стало узким местом для недавних высокоурожайных сортов (Yoshinaga et al., 2013).

Такие важные признаки, как количество продуктивных побегов на одном квадратном метре, количество зерен на метелке и масса 1000 зерен влияют на урожайность каждого сорта с.-х. растений. Теоретическую урожайность можно определить, если перемножить эти величины. Они находятся под влиянием генетических, метеорологических, технологических и других факторов. Всю сложность и многогранность жизненного цикла растений может отразить только совокупность факторов. Поэтому для реального понимания составляющих урожая надо учитывать даже наименее значимые показатели структуры урожая.

Связь между урожайностью риса и компонентами урожайности хорошо изучена на фенотипическом уровне. Так, Sharma и др. (1985) сообщали, что урожайность зерна с растения положительно коррелирует с числом продуктивных побегов, метелок и колосков на растении, а также с массой 1000 зерен. Prasad и др. (1988) выявили положительные корреляционные связи массы зерна на растении с числом колосков и зерен в метелке и массой 1000 зерен, Bai (1992) – с числом стеблей на растении и зерен в метелке, Sürek, Korkut (1998) – с количеством метелок на растении и массой 1000 зерен, Akinwale (2011) – с числом побегов на растении ($r = 0,58$), массой метелки ($r = 0,60$) и количеством зерен в метелке ($r = 0,52$), Akhtar (2011) – с количеством зерен с метелки ($r = 0,81$) и массой 1000 зерен ($r = 0,53$).

Приведенная информация доказывает, что данные признаки можно использовать в селекционной работе для повышения урожайности риса. Выбранные составляющие продуктивности повысят урожайность зерна более существенно, если они хорошо наследуются и имеют положительные корреляции с

ней. Эти важные признаки растений должны учитываться при планировании любой программы селекции риса на высокую урожайность. Сравнительный анализ компонентов продуктивности нужен для формирования морфотипа растения на основе определенных величин структурных элементов урожайности и создания более продуктивных сортов.

Селекция суходольного риса в России. Многие исследователи во всем мире уделяют серьезное внимание созданию засухоустойчивых сортов риса, чтобы смягчить последствия дефицита воды (Fukai, Cooper, 1995). Сорты риса могли бы обеспечить лучшее страхование урожая в странах, сталкивающихся с этой проблемой (Mohd et al., 2021).

Засуха угнетает растения на любом этапе развития, однако стресс на стадии репродукции ведет к существенному снижению урожайности на 24-84 % (Venuprasad, 2007). Знание механизмов засухоустойчивости растений риса, выявление устойчивых образцов, применение новой стратегии и методов селекции, определение QTL и генов дают много возможностей для увеличения устойчивости риса к засухе.

Засухоустойчивость с.-х. растений – это не только выживаемость и рост при водном дефиците, но и незначительное снижение урожайности от этого стресса. Засухоустойчивость риса определяется способностью к выживанию и продуктивностью в засушливых условиях (Luo, 2010). Она контролируется 4-мя механизмами: уходом от засухи, предотвращением засухи, устойчивостью к засухе и восстановлением после засухи (Lawlor, 2013). Засухоустойчивость является количественным показателем и часто обозначается относительными значениями разных признаков (соотношение величин в засушливых условиях роста к таковым в нормальных). Засухоустойчивость – это комплексный признак, отражающий морфологические, физиологические, биохимические и молекулярные изменения. Системы индексов можно использовать для определения механизмов засухоустойчивости в селекции на толерантность к этому стрессору (You, Xiong, 2015).

Получение высоких урожаев в условиях периодического орошения возможно и в нашей стране при тщательной предпосевной подготовке почв с внесением удобрений. Во ВНИИ орошаемого земледелия выведен сорт риса Волгоградский и разработана водосберегающая технология орошения риса, которая позволяет формировать урожайность зерна 4-6 т/га и характеризуется экономией оросительной воды по сравнению с применяемой в 3-5 раз, высокой экологической безопасностью и рентабельностью производства 27-99%. Водопотребление периодически поливаемого при поливе капельным орошением риса варьировало в пределах от 5700 до 6000 м³/га (Ганиев, 2016).

В лаборатории селекции и семеноводства риса АНЦ «Донской» была изучена коллекция ВИР, из которой выделены формы, устойчивые к дефициту влаги: Чан-Чунь-Ман, Дин Сян, Суходольный, Белый СКОМС и другие. Они отличались невысоким ростом, тонкой соломиной, небольшой метелкой, средними колосками, устойчивыми к осыпанию, скороспелостью и малой устойчивостью к полеганию. От скрещивания суходольных образцов риса с сортами донской селекции Раздольный, Боярин и Командор получены гибриды по 28 комбинациям скрещивания и линии риса, пригодные для выращивания в условиях периодического орошения. После многократных отборов рекомбинантных форм лучшие линии были оценены в контрольном питомнике. Их урожайность, как правило, была на уровне стандартов. 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. В 2015 году неплохие результаты были у образца 5782 (Командор х Чан-Чунь-Ман) – 8,52 т/га (+0,86 т/га к стандарту). Ведется совместная работа с ВНИИ орошаемого земледелия (Волгоград), где ежегодно испытываются лучшие линии и были созданы сорта Волгоградский и Сталинградский.

В Институте риса НААН Украины (Скадовск), Калмыцком филиале ВНИИГиМ, было проведено агроэкологическое испытание перспективных линий риса при орошении дождеванием, получены неплохие результаты. В 2016-2017 гг. в ОС «Пролетарская» был заложен участок с периодическим поливом

для производственного испытания суходольных образцов селекции АНЦ «Донской», ВНИИОЗ и ВНИИ риса и отбора наиболее устойчивых и продуктивных форм (Костылев, 2016).

2 ПОЧВЕННО – КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Почвенно-климатические условия в годы проведения опытов

Исследования проводили в течение 2018-2022 гг. в Обособленном подразделении «Пролетарское» АНЦ «Донской» в Пролетарском районе Ростовской области.

Пролетарская рисовая оросительная рисовая система приурочена к правобережью реки Западный Маныч. В геологическом отношении это территория покрыта озерно-лиманными и морскими отложениями четвертичного периода, представленными лессовидными суглинками, глинами, реже супесями и песками. В составе водной вытяжки из катионов преобладает Ca^{2+} (1,075%), анионов – SO_4^{4-} (0,035%), содержание натрия достигает 0,031% и более. Почва участка, на котором проводятся опыты, темно-каштановая тяжело-суглинистая солонцеватая в комплексе с солонцами до 25-35%. Содержание валового азота в горизонте 0-30 см составляет 0,19-0,20%, фосфора – 0,14, калия 2,35-2,40 (Костылев и др., 2004).

Климат носит континентальный характер. Среднегодовая температура воздуха составляет 9,2° С. Годовая сумма осадков в пределах 400-450 мм, в том числе за период с температурой воздуха выше +10°С – 100-150 мм, осадки в этот период носят преимущественно ливневый характер. Безморозный период составляет 165-175 дней. Сумма температур за период с температурой выше +15°С – 3000-3600°С. За вегетационный период бывает до 10 суховейных дней, до 16 дней с пыльными бурями. ГТК < 0,7.

Агрометеорологические условия для роста и развития риса в отчетные годы сложились вполне благоприятно (рисунок 1, 2). Погода характеризовалась пониженным количеством осадков в летний период и высокой суммой биологически активных температур, больше среднеемноголетних значений. Это позволило вызреть даже позднеспелым образцам риса.

Апрель по температурному режиму (8,9-11,0 °С) за все три года был ниже среднееголетних значений на 1,6-3,1°С. Количество осадков сильно варьировало по годам. Самым сухим был 2020 год (5,3 мм), что было недостаточно для появления всходов при посеве по естественным запасам влаги. Самым влажным был 2021 год (94,2 мм), когда осадков выпало на 52,2 мм больше среднееголетней нормы. Почва была настолько влажной, что посеять рис по естественным запасам влаги не удалось. Пришлось делать это по обычной технологии в начале мая. В 2019 году воды было достаточно для появления всходов при посеве по естественным запасам влаги во 2-й декаде.

Май во все годы был дождливый, осадков выпало 67,2-89,6 мм, т.е. на 15,2-47,6 мм больше среднееголетней нормы. Температурный режим воздуха в 2019 году был на 2°С, а в 2021 году на 1,1°С выше нормы, в 2020 году – ниже на 0,7°С. Всходы при посеве по обычной технологии появлялись дружно, их гибель была небольшой.

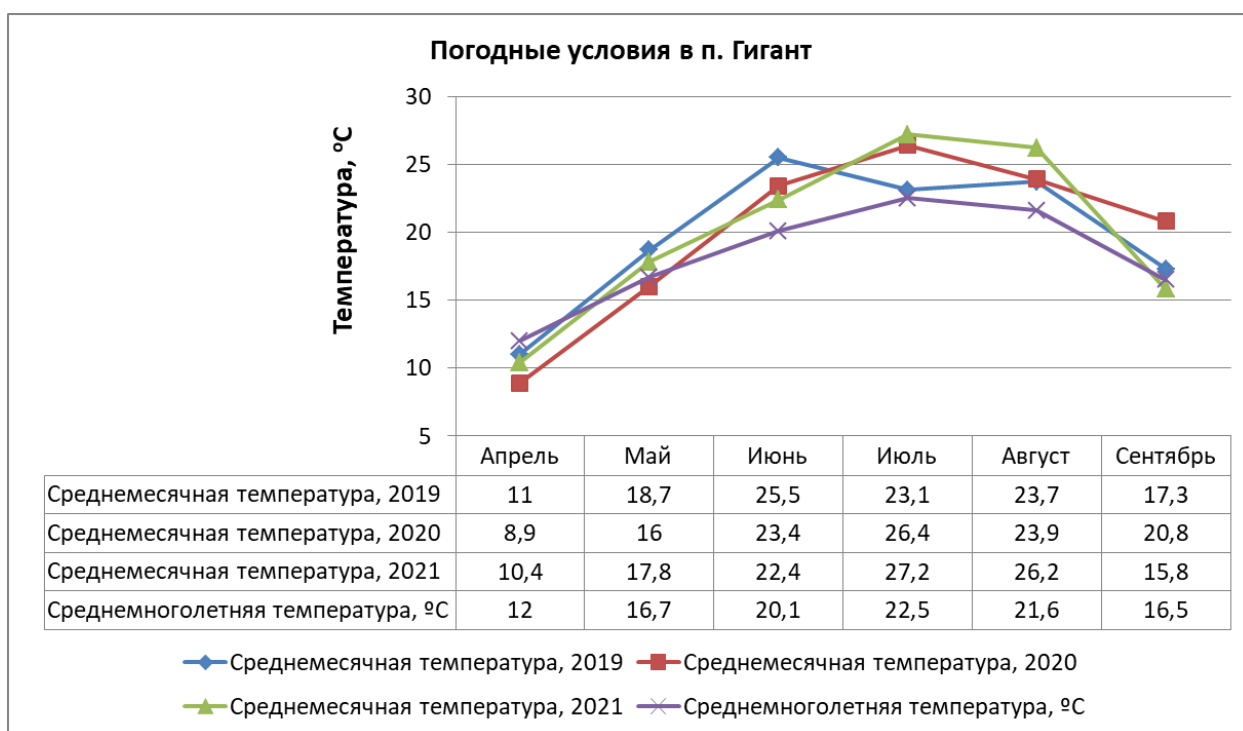


Рисунок 1 – Температура воздуха в поселке Гигант, 2019-2021 гг.

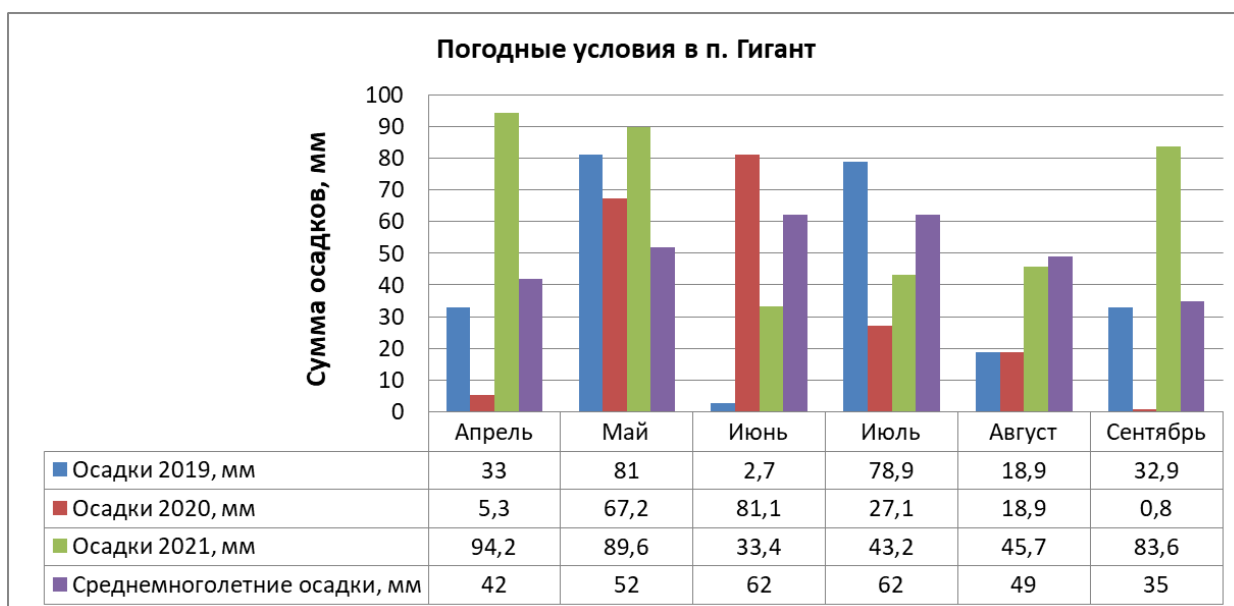


Рисунок 2 – Количество осадков в поселке Гигант, 2019-2021 гг.

Лето было очень жарким. Июнь имел повышенный температурный режим – 22,4-25,5°C (на 2,3-5,4°C выше нормы) и низкий уровень осадков в 2019 и 2021 гг. В 2020 году их было выше нормы (81,1 мм) Посевы риса хорошо развивались.

Для июля также была характерна повышенная температура – 23,1-27,2°C (на 0,6-4,7°C выше нормы). Сумма осадков колебалась по годам от 27,1 мм в 2020 г., до 78,9 мм в 2019 г., т.е. меньше и больше среднемноголетней нормы. Выметывание и цветение большинства сортов прошло 25 июля – 3 августа.

Августовская температура (23,7-26,2°C) была существенно выше нормы, превышая среднемноголетние значения на 2,1-4,6°C. Осадков за месяц выпало 18,9-45,7 мм, т.е. в 2,6 меньше или близко к среднемноголетней норме.

Температурный режим сентября в 2019 и 2020 гг. был теплым (17,3-20,8°C), на 0,8-4,3°C выше нормы, а в 2021 г. (15,8°C) – прохладным, ниже среднемноголетних значений на 0,7°C. Осадков выпало в 2019 г. близко к норме, в 2020 г. их практически не было, наблюдались суховейные явления, а в 2021 г. – очень много (83,6 мм), т.е. в 2,4 раза больше нормы. Это мешало проведению уборки комбайнами, которая сильно затянулась.

Сумма биологически активных температур в апреле – сентябре в 2019 году составила 3228°C, в 2020 г. – 3277°C, а в 2021 г. – 3128°C (норма 2900°C), что способствовало созреванию всех сортов и образцов. Общая сумма осадков составила 247,4, 200,4 и 389,7 мм, соответственно, при норме – 302 мм. Это требовало различных усилий по сушке зерна.

2.2 Исходный материал

Материалом исследований послужила коллекция различных суходольных образцов риса Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИГРР): Ан-Юн-Хо, (Китай), Дин-Сян (К-3903, Китай), Золотые всходы (К-3552), Контро (К-3907, Китай), Суходольный (К-1286, Китай), Чан-Чунь-Ман (К-3877, Китай), Хун-Мо суходольный (К-3896, Китай), Белый СКОМС (К-3748, Россия), Маловодотребовательный (К-3680, Узбекистан), Н-561 (Венгрия). Золотые всходы (К-3811, Россия).

Кроме этого, использовали чистые линии от скрещивания в предыдущие годы в Аграрном научном центре «Донской» выше названных образцов с сортами Боярин, Командор, Кубояр, Раздольный; а также формы гибридного происхождения собственной селекции, доведенные до гомозиготного состояния.

Значительную часть изучаемых образцов составили засухоустойчивые линии из краснодарской гибридной популяции из ВНИИ риса (ЗУЛК), любезно предоставленные в 2016 году Гончаровой Ю.К.

Для сравнения использовали сорта Аграрного научного центра «Донской»: Акустик, Боярин, Вирасан, Контакт, Южанин, и совместные с ВНИИОЗ сорта: Волгоградский, Сталинградский, Суходол.

2.3 Методика проведения исследований

Изучение коллекции проводили согласно методическим указаниям ВИР и классификатору рода *Oryza* L. (Ляховкин, 1982), а также Системы генетического изучения исходного материала для селекции растений (Натальин, 1973).

Исследования проводили в 2019-2021 гг. в лаборатории селекции и семеноводства риса АНЦ «Донской» на базе ОП «Пролетарское» Ростовской области. Образцы высевали на двух фонах: засушливый и нормальный (затопляемый). Для выращивания суходольного риса был выделен специальный чек с периодическим орошением. Рис выращивали на делянках площадью 10 м² в трехкратной повторности с нормой высева 500 семян на 1 м² на делянке сеялкой «Wintersteiger Plotsid» для испытания в условиях засухи и оценки продуктивности и толерантности к нехватке воды образцов риса. Полив осуществляли напуском воды после посева – 10 мая слоем 10 см и в период вегетации – 12 июня (5 см), 28 июля (8 см) и 17 августа (10 см) при просушивании почвы до состояния растрескивания корки (рисунок 3).



Рисунок 3 – Делянки риса с периодическим орошением

Степень засухоустойчивости определяли по соотношению величины признака в опыте к таковой на контроле (О/К). Уборку проводили вручную и

комбайном KS-575. Статистическую обработку данных осуществляли по Доспехову Б. А. (1983) (24) с помощью программ пакета программ Excel Microsoft Office 2010. Дисперсионный и корреляционный анализ выполняли с помощью программы Statistica 8.0.

Генетический анализ количественных признаков проводили с помощью программы Полиген А (Мережко, 1984). Суть работы данных программ заключается в том, что по виду кривых распределения частот признаков определяется число генов и характер их наследования. Размер классового интервала при построении графиков примерно равен стандартному отклонению. В соответствии с полученной информацией планируется селекционная работа: минимальный размер популяции F_2 и направление отбора.

Для опыта с осмотиками отбирали выполненные неповрежденные семена одной репродукции, со всхожестью не ниже 75%. Их проращивали на двойной фильтровальной бумаге, нарезанной соответственно размерам посуды, в чашке Петри, которые предварительно хорошо мыли и прогревали вместе с бумагой 2 часа в термостате при 150 градусах. При проращивании семян рекомендуется использовать термостаты, в которых можно постоянно поддерживать оптимальную для проращивания температуру 20-21°C.

Для приготовления раствора сахарозы использовали мерные и термостойкие колбы вместимостью 0,5 – 1 литр, для разлива раствора осмотика и воды в чашки Петри – мерные цилиндры или пипетки на 10 мл. Для работы также нужны пинцеты, ножницы, эксикаторы, небольшие бумажные коробки для срезанных проростков, технические и аналитические весы, сушильные шкафы, в которых поддерживается температура 105 градусов.

Для приготовления раствора сахарозы определенной концентрации на технических весах отвешивали нужное ее количество, растворяли в необходимом объеме дистиллированной воды и кипятили 5 минут.

Выбор концентрации раствора зависит от особенностей культуры и от качества семян. Необходимо, чтобы сорта четко дифференцировались и высокоустойчивый сорт снижал сухую массу проростков очень слабо (до 10%), а слабоустойчивый сорт – на 40-50% и более (таблица 1).

Таблица 1 – Концентрация раствора сахарозы

Концентрация раствора сахарозы, %	Соответствующее осмотическое давление, атм.
10,0	8
13,8	12
17,6	16

Подготовленные семена одной репродукции проращивали в воде на фильтровальной бумаге в чашке Петри (по 50 шт. в каждой) в термостате при 20-21 градус. В чашки Петри опытного варианта добавляли раствор сахарозы (по 10 мл), контрольного – дистиллированную воду (по 10 мл), и ставили их в термостат. На 10-й день подсчитывали количество проросших семян, измеряли длину ростков и корешков. Затем на аналитических весах определяли массу проростков (без семян) из каждой чашки (рисунок 4).



Рисунок 4 – Опыт по проращиванию семян в растворе сахарозы

Степень засухоустойчивости определяли по формуле: $ЗУ = \frac{О}{К} * 100\%$, где О – количество проросших семян в растворе сахарозы, К – количество проросших семян в воде на контроле (Кожушко, Царевская, 1988).

Для ПЦР-анализа маркеров выделяли ДНК из листьев риса после гомогенизации в приборе Bertin Precellys 24 СТАВ методом. ПЦР проводилась в амплификаторе Bio-Rad T100. Пробирки объемом 10 мкл содержали ДНК (20-30 нг), праймеры (по 5 пмоль), dNTP (0,05 мМ), буфер (10 мМ Трис, 50 мМ KCl и 1,8 мМ MgCl₂) и Taq-полимеразу (0,5 ЕД). Процесс амплификации включал 1 цикл начальной денатурации (94°C, 5 мин); затем 35 циклов денатурации (94°C по 1 мин), отжиг (55-60°C, 1 мин), элонгация (72°C, 1 мин) и окончательное удлинение (72°C, 7 мин). Продукты амплификации распределяли с помощью электрофореза в агарозном геле (3,5%). Для окрашивания бэндов использовали бромистый этидий. Изображение ампликона получали с использованием системы документирования геля Bio-Rad Gel Doc. Последовательности нуклеотидов в маркерах были взяты из базы данных Gramene (<http://www.gramene.org>), а праймеры к ним были синтезированы в фирме Евrogen, г. Москва. SSR маркер RM 431 локуса qDTY1.1 (F: tcctgcgaactgaagagttg; R: agagcaaaaccctgggtcac) был полиморфным и, таким образом, использовался для отбора нужных форм.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Изучение коллекции риса

Селекция в данном направлении ведется совместно с ВНИИ орошаемого земледелия (Волгоград). На их орошаемом участке изучена коллекция 200 суходольных образцов (ВИР), из которой отобраны для дальнейшего изучения 5 образцов: Дин Сян, Контро, Белый СКОМС, Суходольный, Чан-Чунь-Ман, выжившие и созревшие в этих жестких по увлажнению условиях.

Все суходольные сорта риса, пригодные для выращивания в России, принадлежат к фотопериодически нейтральной группе сортоформ, характеризующейся невысоким ростом, тонкой или средней толщины соломиной, слабо желтеющей при созревании, небольшой метелкой, мелкими колосками, устойчивыми к осыпанию, скороспелостью и малой устойчивостью к полеганию (Соколова, 1962).

В 2019 году после изучения коллекционных образцов риса в условиях периодического орошения, удалось выделить ряд форм, имеющих повышенную засухоустойчивость: Золотые всходы (Россия), Маловодотребовательный (Узбекистан), Ан-Юн-Хо, Дин-Сян, Контро, Хун-Мо, Чан-Чунь-Ман (Китай) и др. Выявлены абсолютные и относительные различия в проявлении ряда количественных признаков. Наибольшее соотношение величины признака в опыте к контролю в среднем было по массе 1000 зерен (97,1%), затем в порядке убывания расположились высота растения (81,7%), длина метелки (76,8%), урожайность (63,4%), масса зерна с метелки (42,3%), количество зерен на метелке (38,1%) и количество колосков на метелке (21,6%). Следовательно, минимально снижается масса зерновки, а максимально – количество колосков и зерен в метелке (Костылев и др., 2020).

Наибольшее суммарное значение устойчивости оказалось у образца Хун-Мо (69,1%), а наименьшее – у Ан-Юн-Хо (53,6%). Максимальное среднесортное отношение величины признака при засухе к норме (О/К) показала

масса 1000 зерен (97,1%), затем этот показатель уменьшался у высоты растений (81,7%), длины метелок (76,8%), урожайности зерна (63,4%), массы зерна на метелке (42,3%), количества выполненных зерен на метелке (38,1%) и количества пустых колосков на метелке (21,6%). Таким образом, минимальное снижение О/К было по массе зерновки, а максимальное – по количеству колосков и зерен на метелке (Костылев и др., 2020).

От скрещивания суходольных образцов риса с сортами донской селекции получены гибриды: Командор х Чань - Чунь-Ман, Чань-Чунь-Ман х Боярин, Чан-Чунь-Ман х Раздольный, Суходольный х Боярин, Контро х Боярин, Контро х Кубояр и др. В 2016-2017 гг. в ОС «Пролетарская» на участках с периодическим поливом было проведено производственное испытание суходольных образцов риса, в результате которого на стрессовом фоне отобраны наиболее устойчивые и продуктивные формы. В лаборатории риса АНЦ «Донской» была изучена коллекция ВИР, из которой выделены суходольные формы, устойчивые к дефициту влаги: Чан-Чунь-Ман, Дин Сян, Суходольный, Белый СКОМС Ан-Юн-Хо, Золотые всходы, Контро, Хун-Мо, Маловодотребовательный, Н-561. От их скрещивания с сортами донской селекции Раздольный, Боярин и Командор получены гибриды по 28 комбинациям скрещивания и линии риса, пригодные для выращивания в условиях периодического орошения. После многократных отборов рекомбинантных форм лучшие линии были оценены в контрольном питомнике. 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). Это показывает возможность улучшить селекцию высокоурожайных и засухоустойчивых сортов риса в России.

Изучение коллекционных суходольных образцов риса в условиях Пролетарского района Ростовской области показало их значительное разнообразие по величине морфологических признаков (таблица 2). 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 Богарный 4 оно достигало 127 шт. Колоски были остистыми и безостыми. Зерно в основном имело овальную форму. Масса 1000 зерен была средней и колебалась в пределах от 28,0 до 35,5 г.

Таблица 2 – Характеристика суходольных образцов коллекции, 2019 г.

Название сорта, образца	Период до цветения, дни	Высота растений, см	Длина метелки, см	Число зерен на метелке, шт.	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с метелки, г
Боярин, стандарт	86,0	90,1	16,2	113,0	30,1	3,4
Золотые всходы	69,0	97,5	20,2	58,1	35,5	2,1
Контро, Китай	72,5	98,3	18,2	56,4	30,0	1,7
Дин-Сян, Китай	69,0	99,2	19,2	65,3	32,0	2,1
Чан-Чунь-Ман, Китай	75,5	103,0	20,7	69,1	30,0	2,1
Хун-Мо суходольный, Китай	72,0	101,7	19,7	91,1	30,0	2,7
Ан-Юн-Хо, Китай	69,5	100,8	18,5	107,1	28,0	3,0
Маловодотребовательный, Узбекистан	74,5	98,4	19,2	74,3	30,0	2,2
Суходольный, Китай	70,5	82,5	12,7	84,8	31,5	2,7
Суходол (Чан-Чунь-Ман х Боярин)	78,5	89,2	14,2	85,3	31,0	2,6
Богарный 1, ЧЗ, Краснодар	80,5	80,9	13,5	81,5	29,0	2,3
Богарный 2, ЧЗ, (скороспелый), Краснодар	71,5	100,0	14,9	84,3	29,0	2,4
Богарный 3, ЧЗ, (скороспелый), Краснодар	71,5	93,4	14,5	71,5	32,5	2,3
Богарный 4, (остистый), Краснодар	89,5	96,3	17,9	126,9	30,0	3,7
НСР 05	4,1	7,7	1,9	19,1	2,0	0,3

Из коллекции выделены суходольные формы, устойчивые к дефициту влаги: Чан-Чунь-Ман, Дин Сян, Суходольный, Белый СКОМС, Ан-Юн-Хо, Зо-

лотые 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). Это показывает возможность улучшить селекцию высокоурожайных и засухоустойчивых сортов риса в России.

3.2 Сравнительное изучение образцов 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, несмотря на жесткие условия, большинство изучаемых образцов риса зацвели и сформировали зерно. Тем не менее, растения в нормальных и засушливых условиях формировались по-разному, и вторые значительно уступали первым и урожайность зерна в опыте в среднем составила 67,9% к норме (таблица 3).

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.

Таблица 3 – Урожайность и вегетационный период риса при засухе и в нормальных условиях, Пролетарск, Ростовская область, 2020 г.

№ пп.	№ образца, 2019 г.	Название сорта, образца	Урожайность, т/га			Продолжительность периода «залив водой – цветение»		
			Контроль	Опыт	О/К, %	Контроль	Опыт	О/К, %
1		Акустик	6,67	3,77	56,5	92	106	114,9
2		Боярин	5,29	4,43	83,7	81	93	115,3
3		Вирасан	4,27	4,10	95,9	81	99	122,7
4	8154	Волгоградский	4,08	3,53	86,6	74	93	125,7
5		Контакт	4,20	4,53	108,0	80	93	115,8
6	8208	Сталинградский	5,18	4,17	80,5	82	93	113,4
7	8062	Суходол	6,35	4,60	72,4	90	108	119,6
8		Южанин	5,29	3,97	74,9	89	104	117,2
9	552	Ан-Юн-Хо, Китай	4,04	4,03	99,9	80	90	112,1
10	548	Дин-Сян, Китай	3,92	3,47	88,4	76	88	115,8
11	546	Золотые всходы	3,33	4,60	138,0	73	86	117,3
12	547	Контро, Китай	4,27	3,70	86,6	78	90	116,3
13	553	Маловодотребовательный, Узбекистан	3,06	4,13	135,1	77	87	112,5
14	550	Хун-Мо, Китай	3,65	3,07	84,1	78	91	117,1
15	551	Чан-Чунь-Ман, Китай	4,59	3,97	86,5	79	88	110,9
16	7949	Дин Сян х Боярин	4,12	2,97	72,0	88	97	110,2
17	7950	Дин Сян х Кубояр	4,47	3,13	70,1	88	97	110,2
18	7953	Командор х Ан-Юн-Хо	6,04	3,30	54,6	93	104	111,8
19	7954	Командор х Золотые всходы	5,22	2,70	51,8	87	97	111,5
20	7952	Командор х Маловодотребовательный	4,94	4,20	85,0	85	98	115,7
21	7955	Командор х Хун-Мо	5,22	2,43	46,7	89	97	109,4
22	7970	Командор х Чан-Чунь-Ман	5,61	4,30	76,7	89	93	104,9
23	7969	Командор х Чан-Чунь-Ман	4,27	3,60	84,2	83	95	114,5
24	7968	Командор х Чан-Чунь-Ман	4,27	3,87	90,5	83	93	112,0
25	7958	Контро х Боярин	4,94	2,53	51,3	84	93	110,7

26	7844	Раздольный х Суходоль- ный	2,86	2,00	69,9	88	97	110,6
27	6284	Скомс белый х Кубань 3	3,33	2,87	86,0	90	106	117,4
28	7791	Скомс белый х Кубань 3	3,61	1,60	44,3	93	108	116,9
29	7793	Скомс белый х Кубань 3	3,33	1,90	57,0	93	108	116,2
30	7967	Скомс белый х Кубань 3	4,31	3,47	80,4	91	107	117,6
31	6465	Суходол х Боярин	5,76	2,40	41,6	88	103	117,0
32	7970	Суходол х Кубояр	6,00	3,43	57,2	87	98	113,0
33	Д5703	Чан-Чунь-Ман х Боярин	6,27	3,17	50,5	88	104	118,6
34	7976	Чан-Чунь-Ман х Боярин	5,65	3,60	63,8	89	109	122,5
35	7975	Чан-Чунь-Ман х Боярин	5,22	3,17	60,7	89	108	121,0
36	7974	Чан-Чунь-Ман х Боярин	6,78	3,07	45,2	89	109	122,5
37	7973	Чан-Чунь-Ман х Боярин	5,73	3,20	55,9	92	108	117,8
38	7972	Чан-Чунь-Ман х Боярин	7,02	2,73	38,9	92	106	115,6
39	7972	Чан-Чунь-Ман х Кубояр	4,90	2,77	56,4	93	108	115,4
40	6472	Чан-Чунь-Ман х Раз- дольный	6,16	2,87	46,6	92	109	118,4
41	7979	Чан-Чунь-Ман х Раз- дольный	4,75	3,60	75,9	90	100	111,5
42	7977	Чан-Чунь-Ман х Раз- дольный	4,63	3,50	75,6	87	100	115,3
43	7966	Чан-Чунь-Ман х Южа- нин	4,20	4,03	96,1	86	102	118,2
44	7965	Чан-Чунь-Ман х Южа- нин	3,69	2,97	80,5	83	99	119,3
45	7926	(Чан-Чунь-Ман х Бо- ярин) х Кубояр	5,33	3,90	73,1	88	97	110,2
46	7927	(Чан-Чунь-Ман х Бо- ярин) х Кубояр	4,90	3,87	78,9	92	102	110,5
47	7928	(Чан-Чунь-Ман х Бо- ярин) х Кубояр	5,73	3,57	62,3	91	98	108,5
48	7981	(Суходол х Боярин) х Бо- ярин	4,63	3,97	85,7	81	93	114,8
49	7978	(Ламро х Вираз) х Бо- ярин	2,82	1,5	53,1	92	107	116,3
50	8032	Волгоградский х Магнат	6,08	2,50	41,1	93	108	116,1
51	7851	ЗУЛК 1	2,82	2,17	76,7	93	105	112,9
52	7852	ЗУЛК 2	4,39	4,33	98,7	81	93	115,3
53	7853	ЗУЛК 3	5,53	3,20	57,9	82	96	117,1
54	7854	ЗУЛК 4	4,55	1,33	29,3	93	110	119,1
55	7857	ЗУЛК 5	3,41	3,20	93,8	93	104	111,8
56	7858	ЗУЛК 6 (тип Боярин)	3,65	3,90	106,9	84	93	110,7
57	6551	ЗУЛК 7	5,80	1,80	31,0	96	112	117,1
58	7774	ЗУЛК 8	6,24	4,20	67,4	92	108	117,0

59	7776	ЗУЛК 9	5,53	2,83	51,2	83	99	119,3
60	7856	ЗУЛК 10	3,84	3,27	85,0	83	95	114,5
61	7971	ЗУЛК 11	4,86	3,03	62,4	91	106	116,1
62	7826	ЗУЛК 12 (остистый)	7,41	1,33	18,0	100	103	103,0
63	7775	ЗУЛК 13 (черное зерно)	4,86	1,90	39,1	102	111	109,2
64	7855	ЗУЛК 14 (черное зерно)	3,80	2,23	58,7	85	90	106,3
65	8224	ЗУЛК 15 (черное зерно)	2,43	2,97	122,0	85	95	111,8
		Средние	4,77	3,24	67,9	87	100	114,7

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 5).

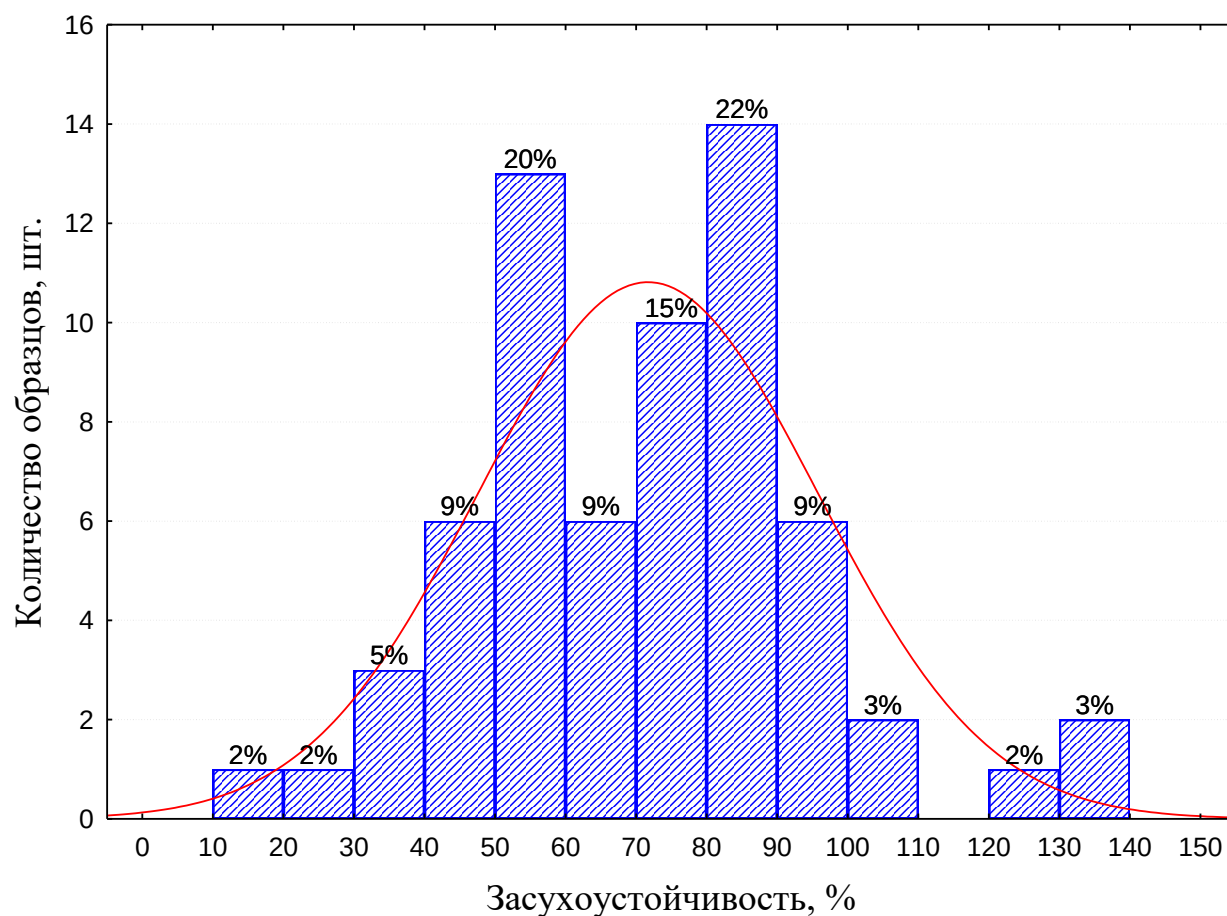


Рисунок 5 – Распределение образцов риса по соотношению урожайности в опыте к контролю, 2020 г.

Таким образом, 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% (таблица 3).

Это связано с их скороспелостью, т.е. созреванием до наступления засушливого стресса, а также у некоторых образцов – чувствительностью к постоянному затоплению. В аэробных условиях они развиваются лучше.

Часть образцов сформировали примерно одинаковую урожайность зерна на обоих вариантах опыта, О/К – от 85,0 до 99,9%. Это маньчжурские коллекционные суходольные образцы: Ан-Юн-Хо, Чан-Чунь-Ман, селекционные линии Чан-Чунь-Ман х Южанин (7966), Командор х Маловодотребовательный (7952), скороспелые сорта Вирасан и Волгоградский, краснодарская гибридная линия ЗУЛК 2.

Наименьшее соотношение О/К отмечено у образцов ЗУЛК 12 (18,0%), ЗУЛК 4 (29,3%) и ЗУЛК 7 (31,0%). Это связано со значительной задержкой времени цветения и созревания, вызванной засухой, и низкой фертильностью колосков из-за сильных суховеев.

В то же время были выявлены образцы с невысоким соотношением О/К, но относительно высокой урожайностью в условиях засухи, что связано с большим потенциалом биологической продуктивности этих образцов. К ним относятся сорта Суходол (урожайность при засухе 4,60 т/га, О/К – 72,4%), Боярин (4,43 т/га, О/К – 83,7%), Командор х Чан-Чунь-Ман (7970), (4,30 т/га, О/К – 76,7%) и др.

Корреляция урожайности при засухе с урожайностью при затоплении отсутствовала ($r=0,05\pm0,01$), с их соотношением О/К была средней положительной ($r=0,70\pm0,01$), а с продолжительностью периода вегетации от прорастания до цветения на контроле и в опыте – средней отрицательной ($r=-0,56\pm0,01$), ($r=-0,52\pm0,01$), соответственно. Поэтому скороспелые формы при

выращивании с периодическим поливом имеют преимущество перед средне- и позднеспелыми.

На рисунке 6 показана регрессионная зависимость засухоустойчивости от урожайности риса при засухе. В целом видна положительная взаимосвязь, однако высокая урожайность может формироваться и при высоких значениях О/К, и при средних, и при низких.

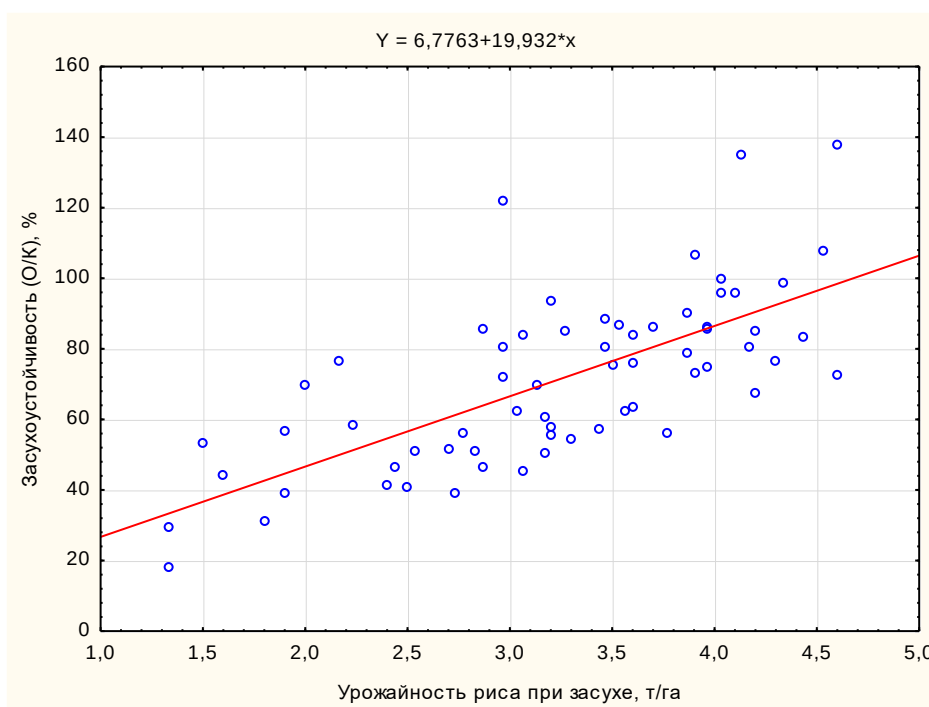


Рисунок 6 – Регрессионная зависимость засухоустойчивости риса от его урожайности при засухе, 2020 г.

Стресс от засухи, возникающий в начале репродуктивной стадии, обычно приводит к задержке цветения, повышению стерильности колосков и снижению урожайности и индекса урожая из-за засухи. Это происходит главным образом из-за замедленного удлинения метелки и поддерживающих ее тканей. Этот признак может быть эффективным механизмом предотвращения засухи, если период дефицита воды короткий, так как удлинение метелки возобновляется после снятия короткого периода стресса. Однако если цветение задерживается более чем на несколько дней, то обычно происходят серьезные потери урожая. Чем больше задержка цветения, тем больше стерильность ко-

лосков и снижение урожайности и индекса урожая из-за засухи. Таким образом, повышение засухоустойчивости может включать отбор растений, у которых из-за засухи наблюдается незначительная задержка цветения или она вообще отсутствует (Pantuwan, 2002.).

Задержка времени цветения произошла у всех изученных образцов, но в различной степени. У пяти образцов (№№ 21, 22, 47, 63, 64 в таблице) она не превышала 10%, у остальных составляла от 10,2 до 25,7%. Наибольшая задержка развития наблюдалась у скороспелых сортов Вирасан и Волгоградский, а также у трех линий из гибридной комбинации Чан-Чунь-Ман х Боярин (7974, 7975 и 7975).

Корреляция урожайности при засухе с урожайностью при затоплении отсутствовала ($r=0,05\pm0,01$), с их соотношением О/К была средней положительной ($r=0,70\pm0,01$), а с продолжительностью периода вегетации от прорастания до цветения на контроле и в опыте – средней отрицательной ($r=-0,56\pm0,01$), ($r=-0,52\pm0,01$), соответственно. Поэтому скороспелые формы при выращивании с периодическим поливом имеют преимущество перед средними и позднеспелыми.

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. Таким образом, механизмы формирования урожая зерна в условиях недостаточного увлажнения могут быть различными.

В условиях засушливого стресса продуктивность и величины количественных признаков у изученных линий и образцов существенно различались. В таблице 4 показаны диапазоны, средние значения, коэффициенты вариации (CV) у пятнадцати признаков. Такие признаки, как высота растений, масса

1000 зерен и вегетационный период, показали низкий CV ($<10\%$) в обоих вариантах опыта. Кустистость имела низкие значения на контроле (7,8%), но высокие – при засухе (25,1%). Большинство признаков показали среднюю изменчивость ($CV=10-20\%$), в то время как плотность метелки, количество колосков и выполненных зерен на метелке, урожайность регистрировали в исследовании высокую изменчивость ($CV=20-30\%$). В данном исследовании очень высокая изменчивость была по количеству пустых колосков и проценту пустозерности ($CV >30\%$).

Это было обусловлено тем, что произошла существенная задержка из-за засухи сроков цветения и созревания. Растения останавливались в росте и развитии, сухие ветры вызвали отмирание части листьев и препятствовали опылению, что уменьшало фертильность колосков.

Если цветение задерживалось более нескольких дней, это приводило к большим потерям урожая. Запаздывание цветения увеличивало стерильность колосков и снижало урожайность зерна вследствие засухи. Поэтому можно повысить засухоустойчивость при помощи отбора растений с незначительной задержкой цветения из-за засухи (Pantuwan et al., 2002). Задержка времени цветения произошла у всех изученных образцов, но в различной степени. В среднем на контроле период вегетации «всходы-цветение» составил 83 дня (73-102), а в опыте – 99 дней (86-112). Задержка составила 2 недели (19,3%). У пяти образцов она была не более 10 %, у остальных – от 10,2 до 25,7 %.

Корреляция урожайности при засухе с урожайностью при затоплении отсутствовала ($r=0,05\pm0,01$), с их соотношением О/К была средней положительной ($r=0,70\pm0,01$), а с продолжительностью периода вегетации от прорастания до цветения на контроле и в опыте – средней отрицательной ($r=-0,56\pm0,01$), ($r=-0,52\pm0,01$), соответственно. Поэтому раннеспелые сорта при выращивании на суходоле обладают преимуществом перед средне- и позднеспелыми.

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. В обычных 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) (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность риса при засушливых и нормальных условиях

№ пп.	№ образца	Название сорта, образца	Урожайность, т/га		
			Опыт (О)	Контроль (К)	Соотношение О/К, %
1		Акустик	4,42	7,76	56,9
2		Аргамак	6,10	8,73	69,8
3		Боярин	4,50	6,47	69,6
4		Вирасан	4,41	6,28	70,3
5		Контакт	4,50	6,62	68,0
6		Пируэт	4,57	9,45	48,3
7		Южанин	3,82	7,07	54,0
8	8062	Суходол	4,89	7,52	65,0
9	8208	Сталинградский	4,87	6,75	72,1
10	8154	Волгоградский	4,15	6,23	66,6
11	552	Ан-Юн-Хо, Китай	4,40	4,91	89,6
12	548	Дин-Сян, Китай	4,37	5,47	79,9
13	546	Золотые всходы	4,27	4,97	85,9
14	547	Контро, Китай	4,36	5,54	78,8
15	553	Маловодотребовательный, Узбекистан	4,15	4,53	91,6
16	550	Хун-Мо, Китай	3,43	5,09	67,3

17	551	Чан-Чунь-Ман, Китай	4,89	5,45	89,7
18	7978	(Лампро х Вираз) х Боярин	3,32	5,14	64,7
19	7981	(Суходол х Боярин) х Боярин	4,49	7,02	64,0
20	7926	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр	4,52	7,05	64,1
21	7927	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр	4,79	7,21	66,3
22	7928	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр	3,96	7,45	53,2
23	8032	Волгоградский х Магнат	3,22	7,37	43,6
24	7949	Дин Сян х Боярин	4,30	6,92	62,1
25	7950	Дин Сян х Кубояр	4,00	5,93	67,4
26	7851	ЗУЛК 1 (Засуха, д.1)	3,53	5,63	62,6
27	7852	ЗУЛК 2 (Засуха, д.2)	4,42	5,51	80,1
28	7853	ЗУЛК 3 (Засуха, д.3)	4,64	6,92	67,0
29	7854	ЗУЛК 4 (Засуха)	2,82	6,77	41,6
30	7857	ЗУЛК 5 (Засуха)	3,83	5,44	70,4
31	7858	ЗУЛК 6 (Засуха, тип Боярин)	4,40	5,25	83,8
32	6551	ЗУЛК 7 (Засуха, Краснодар)	3,52	6,92	50,9
33	7774	ЗУЛК 8 (Засуха, Краснодар)	4,90	7,34	66,7
34	7776	ЗУЛК 9 (Засуха, Краснодар)	4,30	6,51	66,0
35	7856	ЗУЛК 10 (Засуха, Краснодар)	4,44	6,17	71,9
36	7971	ЗУЛК 11 (Засуха, Краснодар)	3,42	7,13	47,9
37	7826	ЗУЛК 12 (остистый)	3,91	8,71	44,9
38	7775	ЗУЛК 13 (Засуха, черное зерно)	2,95	6,76	43,6
39	7855	ЗУЛК 14 (Засуха, черное зерно)	3,25	5,90	55,1
40	8224	ЗУЛК 15 (Засуха, черное зерно)	3,90	5,31	73,4
41	7953	Командор х Ан-Юн-Хо	4,18	7,82	53,5
42	7954	Командор х Золотые всходы	4,05	6,09	66,5
43	7952	Командор х Маловодотребователь- ный	4,85	6,90	70,3
44	7955	Командор х Хун-Мо	4,38	6,22	70,4
45	7968	Командор х Чан-Чунь-Ман	4,17	5,93	70,3
46	7969	Командор х Чан-Чунь-Ман	4,22	6,54	64,5
47	7970	Командор х Чан-Чунь-Ман	5,24	7,14	73,4
48	7958	Контро х Боярин	4,05	7,04	57,6
49	8646	Контро х Кубояр	4,53	8,91	50,8

50	7844	Раздольный х Суходольный	3,56	6,39	55,7
51	6284	Скомс белый х Кубань 3	3,51	6,10	57,6
52	7791	Скомс белый х Кубань 3	2,65	6,35	41,7
53	7793	Скомс белый х Кубань 3	3,31	6,40	51,8
54	7967	Скомс белый х Кубань 3	4,44	6,44	68,9
55	6465	Суходол х Боярин	3,15	7,03	44,8
56	7970	Суходольный 554 х Кубояр	4,15	7,05	58,9
57	7972	Чан-Чунь-Ман х Боярин	3,73	8,10	46,0
58	7973	Чан-Чунь-Ман х Боярин	4,36	7,42	58,8
59	7974	Чан-Чунь-Ман х Боярин	4,20	8,17	51,4
60	7975	Чан-Чунь-Ман х Боярин	4,35	7,04	61,8
61	7976	Чан-Чунь-Ман х Боярин	4,72	7,54	62,6
62	5703	Чан-Чунь-Ман х Боярин	3,90	7,71	50,6
63	7972	Чан-Чунь-Ман х Кубояр	4,16	7,47	55,7
64	6472	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	4,60	7,30	63,0
65	7977	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	4,72	7,06	66,9
66	7979	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	5,57	6,91	80,5
67	7965	Чан-Чунь-Ман х Южанин	4,33	6,43	67,4
68	7966	Чан-Чунь-Ман х Южанин	4,82	6,18	77,9
		Средние	4,19	6,69	62,6
		НСР 05	0,62	1,00	

Распределение сортообразцов риса по засухоустойчивости, выраженной соотношением урожайности при засухе к норме, варьировало от 41,6 до 91,6%, в среднем – 63,7% (рисунок 7).

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% (таблица 4).

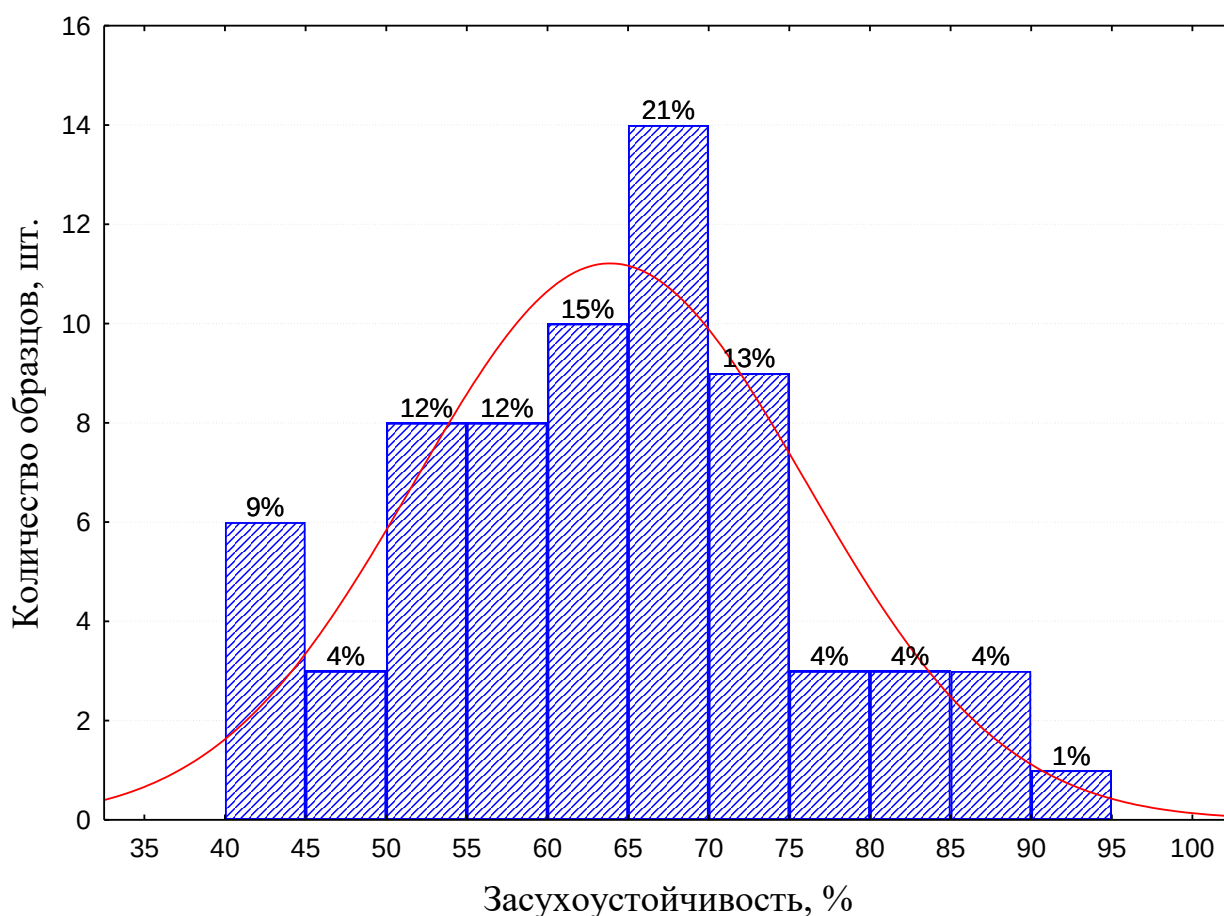


Рисунок 7 – Распределение образцов риса по соотношению урожайности в опыте к контролю, % (2021 г.)

Из них более высокую урожайность в условиях недостаточного увлажнения сформировал образец 7979 (Чан-Чунь-Ман х Раздольный) – 5,57 т/га, остальные от 4,15 до 4,82 т/га. Эти образцы скороспелые, что позволяет им рано созреть, используя минимальное количество воды для формирования урожая. При затоплении их урожайность не намного выше, что и обуславливает их высокий процент засухоустойчивости.

Среди изученного набора были выделены образцы с небольшим соотношением О/К, однако способных давать высокую урожайность в засушливых условиях, что обусловлено их биологическим потенциалом продуктивности. Максимальную урожайность в условиях засухи сформировал новый сорт се-

лекции АНЦ «Донской» Аргатамак – 6,10 т/га. Однако на контроле его урожайность была значительно выше (8,73 т/га), поэтому соотношение О/К снизилось до 69,8%. Этот сорт можно рекомендовать для широкого выращивания не только на рисовых чеках, но и в богарных условиях на периодическом орошении. Неплохую урожайность зерна в опыте показали также селекционные образцы: 7970 (Командор х Чан-Чунь-Ман) – 5,24 т/га, ЗУЛК 8 – 4,90 т/га. Наибольшую урожайность на контроле показал сорт Пируэт – 9,45 т/га, однако в опыте она была в 2 раза меньше (4,57 т/га), что свидетельствует о его низкой засухоустойчивости (48,3%).

Минимальная величина О/К оказалась у сортообразцов ЗУЛК 4 (41,6%) ЗУЛК 13 (43,6%), и ЗУЛК 12 (44,9%). Эти краснодарские образцы цвели и созревали значительно позже, что было обусловлено как генотипами, так и влиянием засухи, тормозящей развитие и повышающей стерильность колосков. Поэтому в суходольных условиях раннеспелые формы предпочтительнее выращивать, чем средне- и позднеспелые.

Корреляция урожайности при засухе с урожайностью при затоплении была слабой положительной ($r=0,23\pm0,01$), с их соотношением О/К была средней положительной ($r=0,59\pm0,01$), а связь урожайности при затоплении с засухоустойчивостью – средней отрицательной ($r=-0,64\pm0,01$).

Регрессионная зависимость засухоустойчивости от урожайности риса при засухе показывает положительную динамику $y=15,7+11,5x$, при этом относительно высокая урожайность, более 5,5 т/га, может быть как при высоких значениях О/К (80%), так и при средних (70%) (рисунок 8).

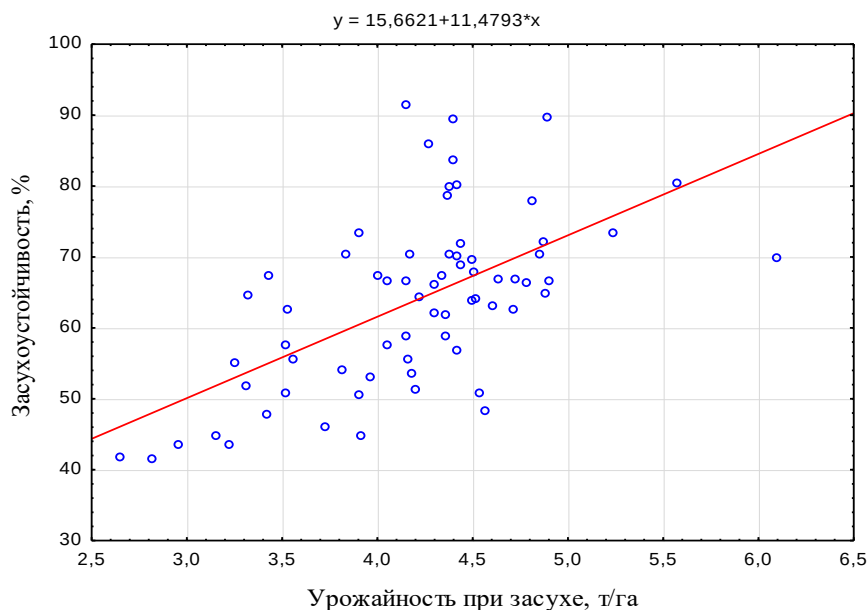


Рисунок 8 – Регрессионная зависимость засухоустойчивости риса от его урожайности при засухе, 2021 г.

Регрессионная зависимость засухоустойчивости от урожайности риса при затоплении, наоборот, показала отрицательную динамику $y = 115,1 - 7,7$ (рисунок 9). Максимальная засухоустойчивость была у низкопродуктивных, скороспелых маньчжурских образцов, которые, к тому же, имели склонность к полеганию.

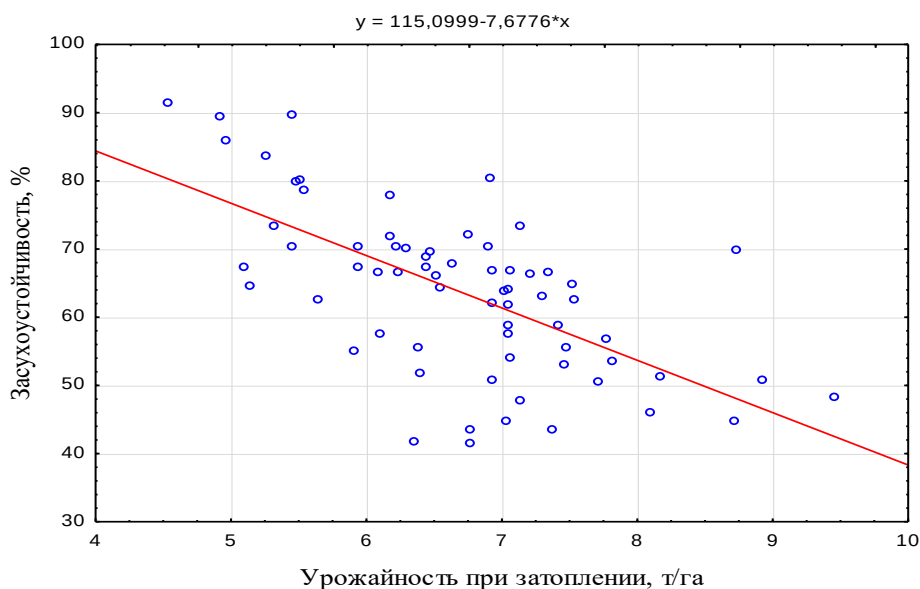


Рисунок 9 – Регрессионная зависимость засухоустойчивости риса от его урожайности при затоплении, 2021 г.

Минимальную засухоустойчивость показали высокопродуктивный сорт Пируэт, образцы 8646 (Контроль x Кубояр), ЗУЛК 12 и формы со средней продуктивностью ЗУЛК 4, ЗУЛК 13, 8032 (Волгоградский x Магнат). Таким образом, повышение засухоустойчивости может включать отбор растений, у которых быстро проходят все фазы развития, однако это снижает продуктивность.

Условия 2022 года были очень жесткими, экстремальными по влагообеспеченности и значительно отличались от 2020-2021 гг. Поэтому в таблице 5 приводятся данные за 2020-21 и 2022 годы отдельно. В процессе исследований установили, что урожайность на контроле при затоплении незначительно различалась по годам: в среднем за 2020-21 гг. 6,71 т/га, а в 2022 г. – 6,98 т/га. Однако при водном дефиците продуктивность растений в 2020-21 гг. составила 4,20 т/га, а в 2022 г. 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 в среднем за 2020-2021 годы варьировала от 4,53 до 9,45 т/га (в среднем 6,71 т/га), а в 2022 г. – от 4,17 до 9,88 т/га. В условиях засухи их урожайность колебалась 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% (рис. 10).

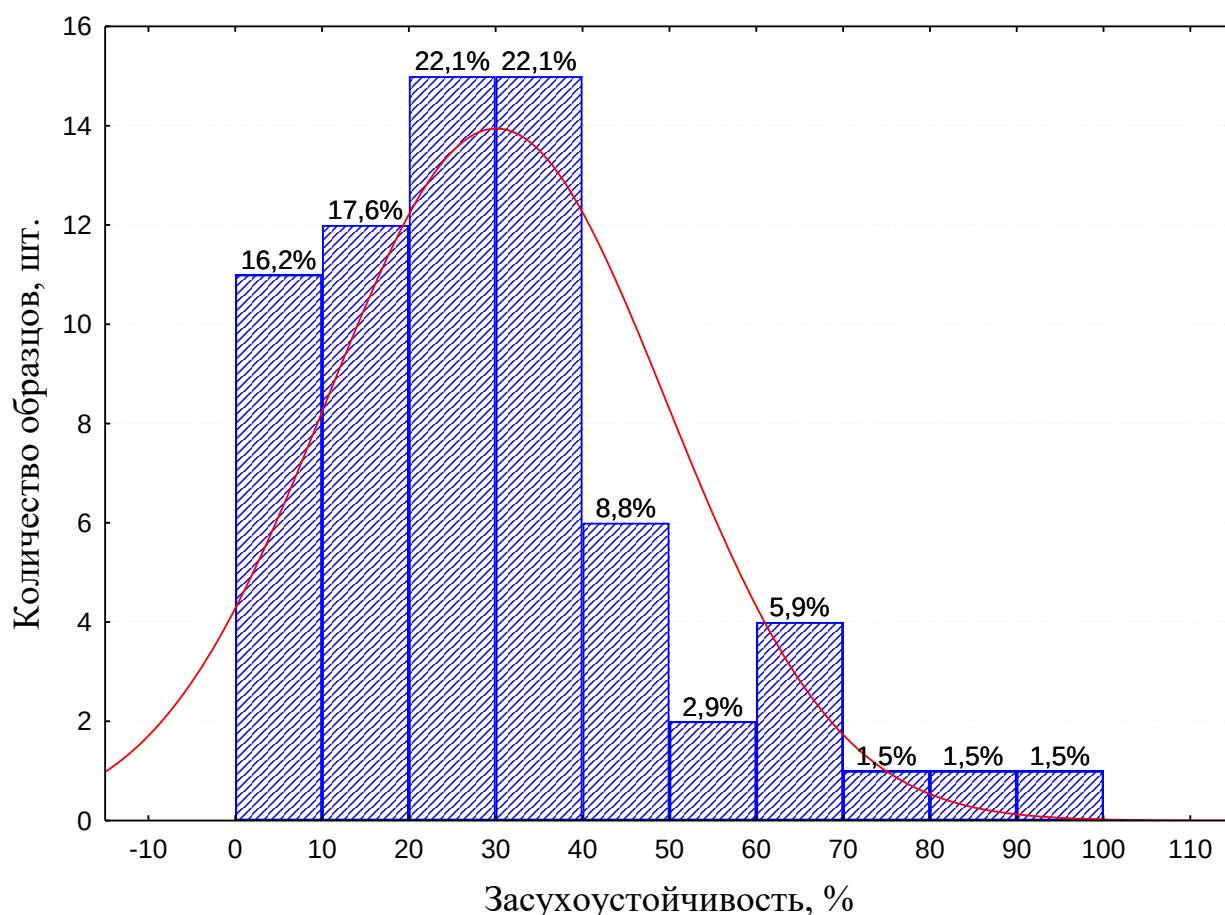


Рисунок 10 – Распределение образцов риса по засухоустойчивости на основе соотношения урожайности при засухе к таковой в норме, 2022 г.

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% (табл. 1). 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.

Таблица 5 – Урожайность риса при дефиците влаги и затоплении водой (т/га), индекс засухоустойчивости (ИЗУ), Пролетарск, Ростовская область, 2020-2022 гг.

№ пп.	№ образца	Название сорта, образца	2020-2021 гг.			2022 г.		
			Урожайность, т/га		ИЗУ, %	Урожайность, т/га		ИЗУ, %
			Засуха	Норма		Засуха	Норма	
1	8357	Акустик	4,42	7,76	56,9	3,89	8,91	43,7
2	8320	Аргамак	6,10	8,73	69,8	2,80	8,20	34,1
3	8355	Боярин	4,50	6,47	69,6	1,20	6,72	17,9
4	8353	Контакт	4,50	6,62	68,0	1,63	5,70	28,6
5	8351	Виран	4,41	6,28	70,3	1,99	7,86	25,3
6	8363	Волгоградский	4,15	6,23	66,6	1,82	4,58	39,7
7	8393	Волгоградский х Магнат	3,22	7,37	43,6	1,67	6,27	26,6
8	8367	Сталинградский	4,87	6,75	72,1	2,74	8,01	34,2
9	8361	Пируэт	4,57	9,45	48,3	2,19	7,82	28,0
10	8325	Ан-Юн-Хо, Китай	4,40	4,91	89,6	3,86	6,12	63,1
11	8328	Командор х Ан-Юн-Хо	4,18	7,82	53,5	0,76	9,16	8,3
12	8329	Дин-Сян, Китай	4,37	5,47	79,9	3,47	7,51	46,2
13	8395	Дин Сян х Боярин	4,30	6,92	62,1	1,81	7,39	24,5
14	8397	Дин Сян х Кубояр	4,00	5,93	67,4	1,93	5,81	33,2
15	8331	Золотые всходы	4,27	4,97	85,9	1,83	5,84	31,3
16	8330	Командор х Золотые всходы	4,05	6,09	66,5	0,61	7,17	8,5
17	8339	Маловодотребовательный	4,15	4,53	91,6	1,33	4,96	26,8
18	8326	Командор х Маловодотребовательный	4,85	6,90	70,3	2,77	7,56	36,6
19	8401	ЗУЛК 1	3,53	5,63	62,6	3,50	7,66	45,7
20	8403	ЗУЛК 2	4,42	5,51	80,1	0,77	6,76	11,4
21	8405	ЗУЛК 3	4,64	6,92	67,0	2,36	6,81	34,7
22	8407	ЗУЛК 4	2,82	6,77	41,6	2,26	7,10	31,8
23	8399	ЗУЛК 5	3,83	5,44	70,4	1,24	6,98	17,8
24	8407	ЗУЛК 6	4,40	5,25	83,8	1,99	5,89	33,8
25	8409	ЗУЛК 7	3,52	6,92	50,9	2,54	8,26	30,8
26	8346	ЗУЛК 8	4,90	7,34	66,7	4,83	7,45	64,8
27	8350	ЗУЛК 9	4,30	6,51	66,0	5,51	5,88	93,7
28	8413	ЗУЛК 10	4,44	6,17	71,9	0,69	7,36	9,4
29	8411	ЗУЛК 11	3,42	7,13	47,9	2,13	6,58	32,4
30	8324	ЗУЛК 12	3,91	8,71	44,9	0,61	9,59	6,4
31	8415	ЗУЛК 13	2,95	6,76	43,6	0,40	6,63	6,0
32	8354	ЗУЛК 14	3,25	5,90	55,1	2,90	6,66	43,5
33	8322	ЗУЛК 15	3,90	5,31	73,4	2,21	6,82	32,4
34	8340	Контро х Боярин	4,05	7,04	57,6	2,04	7,63	26,7
35	8342	Контро х Кубояр	4,53	8,91	50,8	3,05	6,52	46,8

36	8335	Контро, Китай	4,36	5,54	78,8	3,63	4,69	77,4
37	8327	Скомс белый х Кубань 3, №1	3,51	6,10	57,6	0,44	5,86	7,5
38	8348	Скомс белый х Кубань 3, №2	2,65	6,35	41,7	1,91	8,73	21,9
39	8352	Скомс белый х Кубань 3, №3	3,31	6,40	51,8	1,38	6,44	21,4
40	8323	Скомс белый х Кубань 3, №4	4,44	6,44	68,9	2,77	5,22	53,1
41	8321	Суходол	4,89	7,52	65,0	2,55	6,91	36,9
42	8377	(Суходол х Боярин) х Боярин	4,49	7,02	64,0	1,34	6,81	19,7
43	8373	Суходол х Боярин	3,15	7,03	44,8	0,49	7,74	6,3
44	8381	Суходольный х Кубояр	4,15	7,05	58,9	1,57	6,28	25,0
45	8344	Раздольный х Суходольный	3,56	6,39	55,7	2,02	6,00	33,7
46	8343	Хун-Мо, Китай	3,43	5,09	67,3	2,13	4,17	51,1
47	8332	Командор х Хун-Мо	4,38	6,22	70,4	1,58	6,00	26,3
48	8347	Чан-Чунь-Ман, Китай	4,89	5,45	89,7	4,42	5,14	86,0
49	8334	Командор х Чан-Чунь-Ман, №1	4,17	5,93	70,3	1,50	7,79	19,3
50	8336	Командор х Чан-Чунь-Ман, №2	4,22	6,54	64,5	2,17	7,48	29,0
51	8338	Командор х Чан-Чунь-Ман, №3	5,24	7,14	73,4	4,29	7,13	60,2
52	8345	Чан-Чунь-Ман х Боярин, №1	3,73	8,10	46,0	0,91	8,99	10,1
53	8349	Чан-Чунь-Ман х Боярин, №2	4,36	7,42	58,8	2,05	6,47	31,7
54	8365	Чан-Чунь-Ман х Боярин, №3	4,20	8,17	51,4	0,61	9,49	6,4
55	8369	Чан-Чунь-Ман х Боярин, №4	4,35	7,04	61,8	1,48	6,39	23,2
56	8371	Чан-Чунь-Ман х Боярин, №5	4,72	7,54	62,6	1,56	8,64	18,1
57	8375	Чан-Чунь-Ман х Боярин, №6	3,90	7,71	50,6	2,79	6,79	41,1
58	8385	Чан-Чунь-Ман х Кубояр	4,16	7,47	55,7	0,80	6,13	13,1
59	8341	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр, №1	4,52	7,05	64,1	0,41	8,04	5,1
60	8333	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр, №2	4,79	7,21	66,3	1,35	9,28	14,5
61	8337	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр, №3	3,96	7,45	53,2	3,95	6,20	63,7
62	8379	Чан-Чунь-Ман х Раздольный, №1	4,72	7,06	66,9	0,29	8,46	3,4
63	8387	Чан-Чунь-Ман х Раздольный, №2	5,57	6,91	80,5	1,35	9,88	13,7
64	8383	Чан-Чунь-Ман х Раздольный, №3	4,60	7,30	63,0	0,77	7,22	10,7
65	8389	Чан-Чунь-Ман х Южанин, №1	4,33	6,43	67,4	0,92	5,08	18,1

66	8391	Чан-Чунь-Ман х Южанин, №2	4,82	6,18	77,9	1,00	4,90	20,4
67	8359	Южанин	3,82	7,07	54,0	1,86	6,85	27,2
68	8356	(Лапро х Вираз) х Боярин	3,32	5,14	64,7	0,69	7,65	9,0
		Средние	4,20	6,71	63,7	1,99	6,98	30,1
		НСР ₀₅	0,62	0,99	12,1	0,51	1,08	13,5

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. оказалось средней положительной ($r=0,31\pm0,08$).

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 (43,6 %), однако обладал более 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.

Максимальную урожайность в засушливых условиях сформировали сорта: Аргмак – 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.

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 в течение вегетационного периода.

3.3 Структурный анализ урожая на двух фонах и влияние на него ряда признаков

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 году значительные различия, как по сортам, так и по вариантам. Самое низкое соотношение О/К наблюдалось по урожайности зерна – 67,9 %. Однако оно было результатом взаимодействия многих других признаков и факторов.

Количество растений к уборке на 1 м², в опыте (96,6 шт.) было меньше, чем на контроле (118,5), поэтому показатель О/К составил всего 81,6 % (таблица 6). Однако количество на 1 м², даже повысилось на 10 штук к контролю и составило 190,2 штук за счет повышенной кустистости на богаре – 2,1, шт./растение (1,6 – на контроле), прирост составил 35,2 %. Таким образом, здесь произошла компенсация противоположных тенденций (таблица 5).

По высоте растений диапазон изменчивости образцов на контроле (66,7-108,9 см) был несколько смещен вправо по сравнению с опытом (64,4-99,4 см), однако средние величины оказались одинаковыми за счет асимметричности

распределения и составили 81 и 80 см, соответственно, т.е. почти не различались. Поэтому величина О/К составила 101,3%. Длина метелки в опыте составила 15,1 см, на контроле 14,5 см, почти на одном уровне (О/К=104,2 %).

Таблица 6 – Диапазоны, средние значения, коэффициенты вариации (CV) признаков в условиях стресса от засухи и на контроле в нормальных условиях у 65 сортообразцов риса, Пролетарск, Ростовская область, 2020 г.

При- знак	Засуха				Контроль				О/К
	ми- ни- мум	мак- си- мум	сред- ние	CV, %	ми- ни- мум	мак- си- мум	сред- ние	CV, %	
1	55,5	143,1	96,6	15,7	58,5	165,6	118,5	21,1	81,6
2	141,9	249,9	190,2	14,5	90,6	276	180,3	21,7	105,5
3	1,5	3,4	2,1	22,6	1,2	1,9	1,6	7,8	135,2
4	64,4	99,4	81,0	9,0	66,7	108,9	80,0	9,6	101,3
5	22,7	55,3	41,4	18,4	21,6	56,6	42,8	16,1	96,7
6	13,6	35,0	23,6	18,3	15,2	38,1	27,6	17,9	85,6
7	12,0	19,5	15,1	13,5	12,0	17,8	14,5	11,2	104,2
8	3,3	12,5	8,4	32,5	3,4	10,6	7,3	21,0	115,0
9	55,2	172,8	122,5	26,9	47,3	142,0	103,7	18,6	118,1
10	47,3	147,3	97,2	22,2	44,7	134,2	95,5	17,7	101,8
11	4,7	74,0	25,2	151,2	2,3	23,3	8,2	49,1	309,1
12	6,4	47,2	19,6	98,0	3,0	16,3	7,6	36,8	257,4
13	18,3	28,1	22,9	8,1	23,5	30,5	27,9	5,3	82,0
14	86,0	112,0	99,0	7,0	73,0	102,0	83,0	6,8	119,3
15	1,33	4,6	3,24	26,0	2,43	7,41	4,77	23,5	67,9

* Признаки: 1) количество растений к уборке на 1 м², шт., 2) количество продуктивных стеблей к уборке на 1 м², шт., 3) кустиность, 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

Масса 10-ти растений в опыте (41,4 г) незначительно уступала таковой на контроле (42,8 г), поэтому показатель О/К составил 96,7 %, однако масса 10 метелок значительно снизилась в опыте до 23,6 г (контроль 27,6 г), уменьшив О/К до 85,6 %.

Общее количество колосков на метелке составило в опыте 122,5 штук, а на контроле – 103,7, т.е. превышение составило почти 20 колосков, а О/К=118,1 %. Это повлияло и на плотность метелки, которая увеличилась с 7,3 до 8,4 шт./см (О/К=115,0 %).

Однако количество выполненных зерен в метелке в опыте (97,2 шт.) оказалось почти одинаковым с контролем (95,5 шт.), поэтому О/К было близко к 100% (101,8).

Это нивелирование произошло за счет увеличения количества пустых колосков на метелке, которое выросло с 8,2 до 25,2 штук, а показатель О/К приобрел рекордную величину 309,1 %. Соответственно увеличился и процент пустозерности, с 7,6 до 19,6 %, (О/К=257,4 %).

Масса 1000 зерен у образцов в условиях засухи варьировала от 18,3 до 28,1 г, в среднем 22,9 г, существенно уступая таковой на контроле диапазон которой составлял от 23,5 до 30,5 г, в среднем 27,9 г. Поэтому показатель О/К снизился до 82,0%. Это было связано с повышенной щуплостью семян, наливавшихся в условиях сильной почвенной и воздушной засухи. Особенно пострадали более поздние образцы, тогда как раннеспелые сорта Волгоградский, Контакт и другие почти не уменьшили массу зерновки.

В 2021 году количественные признаки, включая элементы структуры урожая, на двух вариантах опыта (засуха и норма) показали значительные различия, как по сортам, так и по вариантам. Самое низкое соотношение О/К наблюдалось по урожайности зерна – 62,2 %. Однако оно было результатом взаимодействия многих других признаков и факторов.

Количество растений к уборке на 1 м², в опыте (96,6 шт.) было меньше, чем на контроле (73,3), поэтому показатель О/К составил 75,4 % (таблица 7). Количество продуктивных стеблей на 1 м², также повысилось на 73 штуки к контролю и составило 279,7 штук, тогда как на контроле – 206,4. Соотношение О/К также оказалось повышенным – 135,5%, так как кустистость была почти одинакова в обоих вариантах на богаре – 3,1, шт./растение (3,4 – на контроле), разница составила 0,3 шт.

Таблица 7 – Диапазоны, средние значения, коэффициенты вариации (CV) признаков в условиях стресса от засухи и на контроле в нормальных условиях у 65 сортообразцов риса, Пролетарск, Ростовская область, 2021 г.

При- знак	Засуха				Контроль				О/К
	ми- ни- мум	мак- си- мум	сред- ние	CV, %	ми- ни- мум	мак- си- мум	сред- ние	CV, %	
1	34,0	112,0	73,3	18,9	46,7	144,7	96,7	21,4	75,4
2	132,7	397,3	279,7	20,7	128,0	288,0	206,4	16,4	135,5
3	2,0	4,5	3,4	17,0	1,8	6,4	3,1	27,0	109,7
4	72,8	116,7	100,3	9,1	80,0	113,3	94,8	7,2	105,8
5	27,2	50,2	35,5	12,2	33,8	74,3	56,9	14,1	62,4
6	15,9	27,9	21,2	12,7	18,7	47,7	33,2	17,3	63,9
7	12,7	19,8	14,8	11,9	13,0	20,5	15,6	11,7	94,9
8	4,0	8,5	6,3	18,7	3,5	11,0	7,9	22,5	79,7
9	63,0	122,2	92,2	12,8	61,0	168,5	120,8	19,2	76,3
10	37,7	102,2	73,1	17,7	54,0	152,5	107,8	20,6	67,8
11	7,3	37,3	19,1	28,1	4,5	33,5	13,0	51,1	146,9
12	9,1	88,7	25,0	57,9	4,3	33,1	11,2	52,9	223,2
13	20,7	28,4	24,5	7,3	23,7	33,5	28,5	6,5	86,0
14	73,0	100,0	86,3	7,6	68,0	99,0	77,3	9,6	111,6
15	3,43	6,60	4,73	14,3	4,5	11,8	7,6	20,9	62,2

* 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 высоте растений диапазон изменчивости образцов на контроле (80-113,3 см) варьировал в более узких пределах, чем в опыте (72,8 - 116,7 см). Это подтверждают и коэффициенты вариации, на опыте $V=9,1$, на контроле $V=7,2\%$. Средняя величина на опыте (100,3 см) оказалась больше, чем на контроле (94,8 см), т.е. отличалась на 5,5 см. Поэтому величина О/К составила 105,8%. Длина метелки в опыте составила 14,8 см, на контроле 15,6 см, почти на одном уровне (О/К=94,9 %).

Масса 10-ти растений в опыте (35,5 г) значительно уступала таковой на контроле (56,9 г), поэтому показатель О/К составил 62,4 %, аналогично и масса 10 метелок существенно снизилась в опыте до 21,2 г (контроль 33,2 г), уменьшив О/К до 63,9 %.

Общее количество колосков на метелке составило в опыте 73,1 штуки, а на контроле – 120,8, т.е. превышение на контроле составило почти 28,6 колосков, а О/К=76,3 %. Это повлияло и на плотность метелки, которая уменьшилась с 7,9 до 6,3 шт./см (О/К=79,7 %).

Количество выполненных зерен в метелке в опыте (97,2 шт.) также уступало контрольным вариантам (107,8 шт.), поэтому О/К было низким – 67,8%.

При этом количество пустых колосков на метелке выросло с 13,0 до 19,1 штук, а показатель О/К приобрел большую величину 146,9 %. Соответственно увеличился и процент пустозерности, с 11,2 до 25,0 % (О/К=223,2 %).

Масса 1000 зерен у образцов в условиях засухи варьировала от 20,7 до 28,4 г, в среднем 24,5 г, существенно уступая таковой на контроле диапазон которой составлял от 23,7 до 33,5 г, в среднем 28,5 г. Поэтому показатель О/К

снизился до 86,0%. Это было связано с повышенной щуплостью семян, наливавшихся в условиях сильной почвенной и воздушной засухи. Особенно пострадали более поздние образцы, тогда как раннеспелые сорта Волгоградский, Контакт и другие почти не уменьшили массу зерновки.

Вегетационный период «залив водой – цветение» удлинился при засухе на 11,6%, что связано с задержкой роста и развития при засухе.

В 2022 году было установлено, что корреляция урожайности риса в засушливых условиях с таковой при полной влагообеспеченности была слабой отрицательной ($r=-0,22\pm0,12$), а с ИЗУ – высокой положительной ($r=0,95\pm0,04$).

В поле с имитацией стресса от засухи урожайность и величина всех количественных признаков у изученных линий и образцов существенно различались. В таблице 8 показаны диапазоны, средние значения, коэффициенты вариации (CV) у тринадцати признаков в 2022 году. Высота растений показала низкую изменчивость ($CV < 10\%$) в обоих вариантах опыта. Масса 1000 зерен имела на контроле низкую, а в опыте среднюю изменчивость ($CV=10-20\%$). Это было связано с недостаточным наливом зерна у ряда образцов. Длина метелки имела низкие значения на контроле (8,9%), но высокие – при засухе (26,0%). Большинство признаков на контрольном варианте показали среднюю изменчивость, кроме процента пустозерности и количества пустых колосков на метелке ($CV=29,6-37,6\%$). Это было связано с тем, что из-за засухи и суховеев подсушивались рыльца, ухудшалось их опыление и уменьшалась фертильность колосков.

В условиях засухи изменчивость признаков возрастала, что было связано с различной степенью чувствительности образцов риса к ней. Средняя изменчивость была у массы 1000 зерен и количества растений к уборке, высокая – у признаков: «количество продуктивных стеблей к уборке, кустистость, длина метелки, масса растения, масса зерна с метелки, общее число колосков на метелке». Очень высокий коэффициент вариации (более 30%) наблюдали у

признаков: «плотность метелки, количество выполненных зерен и пустых колосков в метелке».

Таблица 8 – Статистические параметры риса в условиях стресса от засухи и на контроле, Пролетарск, Ростовская область, 2022 г.

При- знак*	Засуха				Контроль				ИЗУ, %
	мини- мум	мак- си- мум	сред- ние	CV, %	мини- мум	мак- симум	сред- ние	CV, %	
1	80,0	177,3	107,7	15,7	70,7	189,3	123,4	16,2	87,3
2	126,9	483,2	309,4	25,0	197,3	377,3	268,6	13,3	115,2
3	1,3	4,6	2,9	26,7	1,8	3,2	2,3	13,5	126,1
4	88,3	105,6	96,9	4,0	83,9	113,3	101,3	6,0	95,7
5	0,47	2,78	1,60	27,9	2,83	4,61	3,78	10,7	42,3
6	0,20	0,99	0,61	28,2	1,66	3,01	2,43	12,3	25,1
7	3,8	16,2	10,6	26,0	12,3	18,2	14,5	8,9	73,1
8	1,4	8,1	4,4	32,3	4,2	11,4	7,5	19,9	58,7
9	22,7	101,2	58,9	28,9	66,0	155,0	108,0	17,0	54,5
10	10,0	63,3	30,6	39,9	57,5	127,8	94,3	15,6	32,4
11	6,2	57,2	28,3	35,8	5,3	30,5	13,8	37,6	205,1
12	10,1	71,7	43,4	31,8	6,1	21,6	12,8	29,6	339,1
13	13,4	26,1	19,5	16,5	23,7	30,9	27,7	5,5	70,4
14	79,4	103,8	92,1	7,3	70,4	89,5	80,3	8,2	114,7
15	0,29	5,51	1,99	59,1	4,17	9,88	6,99	18,4	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

Величины количественных признаков, в том числе элементов структуры урожая, на обоих вариантах опыта, то есть в засушливых и нормальных условиях значительно различались и среди сортов, и между вариантами. Самый низкий индекс засухоустойчивости наблюдался по массе зерна с метелки – 25,1 %. Этот признак является главным фактором, определяющим урожайность. Низкий ИЗУ был также у связанного с ним признака «количество выполненных зерен в метелке» – 32,4 %.

Количество растений к уборке на 1 м², в опыте (107,7 шт.) было немного меньше, чем на контроле (123,4), поэтому ИЗУ составил 87,3 %. Однако количество продуктивных побегов на 1 м² в условиях периодических поливов даже повысилось по сравнению с затоплением на 40,8 и составило 309,4 штук за счет повышенной кустистости на богаре – 2,9, шт./растение (2,3 – на контроле), т.е. происходила определенная компенсация (ИЗУ = 115,2%).

По высоте растений диапазон изменчивости образцов на контроле (83,9-113,3 см) был несколько шире по сравнению с опытом (88,3-105,6 см), однако средняя величина в опыте (96,9 см) незначительно уступала таковой на контроле (101,3 см), поэтому величина ИЗУ составила 95,7%.

Длина метелки в опыте составила 10,6 см, на контроле 14,5 см, т.е. существенно уменьшилась (ИЗУ=73,1 %).

Масса растения в опыте (1,60 г) значительно уступала таковой на контроле (3,78 г), поэтому показатель ИЗУ составил 42,3 %, однако масса зерна с метелки снизилась ещё больше, на засухе – 0,61 г (контроль 2,43 г), поэтому ИЗУ снизился до минимального значения 25,1 %.

Общее количество колосков в метелке сформировалось при засухе 58,9 штук, а при затоплении водой – 108,0, превышая почти в 2 раза, ИЗУ=54,5 %. Это повлияло и на плотность метелки, которая уменьшилась с 7,5 до 4,4 шт./см (ИЗУ=58,7 %).

Количество выполненных зерен в метелке в опыте (30,6 шт.) оказалось в 3 раза меньше, чем на контроле (94,3 шт.), поэтому ИЗУ составило всего 32,4%. Это произошло из-за значительного увеличения числа пустых колосков на метелке, которое выросло с 13,82 до 28,3 штук, а величина ИЗУ приобрела большую величину 205,1 %. Соответственно увеличился и процент пустозерности, с 12,8 до 43,4 % (ИЗУ=339,1 %).

Масса 1000 зерен у образцов риса в засушливых условиях колебалась от 13,4 до 26,1 г, в среднем 19,5 г, существенно уступая таковой на контроле диапазон которой составлял от 23,7 до 30,9 г, в среднем 27,7 г. Поэтому показатель ИЗУ снизился до 70,4%. Это произошло из-за повышенной щуплости семян,

которые не полностью налились в условиях жесткой засухи. Особенно пострадали позднеспелые образцы, в то время, как ранние сорта незначительно уменьшили массу зерновки.

В процессе исследований из разнообразных сортов и образцов выделены формы, засухоустойчивые формы, которые можно использовать в скрещиваниях при селекции суходольных сортов риса для сельскохозяйственных предприятий, имеющих оборудование периодического орошения полей.

3.4 Засухоустойчивость проростков на растворе осмотика

В опыте по проращиванию семян на растворе сахарозы первоначально были изучены различные концентрации: 16, 12 и 8 атмосфер. В результате исследований было установлено, что концентрация в 16 атмосфер является слишком высокой для прорастания семян. В этих условиях смогли прорасти лишь четыре образца, 2, 44, 51, 64. При этом росток у них не появился, а наблюдалась лишь появление корешков длиной от 0,1 до 0,5 см. При этом из 50-ти высеянных семян проросли от 1 до 6 штук. При концентрации 12 атмосфер результат был лучше, в этих условиях проросло 38 из 67 образцов, при этом ростки не проклюнулись, а появились только корешки. Количество проросших растений из 50 варьировало от 1 до 17, длина корешков варьировала от 0,1 до 1,0 см. Больше увеличение корешков было у образцов 3, 31, 50, 55. Наибольшее количество проросших семян отмечено у образцов 4, 36, 37. Оптимальной оказалась концентрация сахарозы в опыте в 8 атмосфер, в результате чего проросли все образцы, сформировавшие и корешки, и ростки, однако с различной степенью их развития.

В результате проведения опыта с осмотиками по прорастанию 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 по-

ложительно коррелировала с длиной корешков в опыте ($r=0,32\pm0,05$), с всхожестью в опыте ($r=0,46\pm0,05$) и соотношением О/К по ростку ($r=0,54\pm0,05$) (таблица 9). Длина корешка в опыте положительно коррелировала со всхожестью в опыте ($r=0,47\pm0,05$), с соотношением О/К по ростку ($r=0,28\pm0,05$) и соотношением О/К по корешку ($r=0,88\pm0,05$). При этом соотношение О/К по ростку и корешку коррелировали со средней величиной ($r=0,44\pm0,05$).

На контроле отмечена средняя положительная корреляция между длиной ростка и длиной корешка ($r=0,64\pm0,05$), длиной ростка и массой проростков ($r=0,32\pm0,05$), длиной корешка и массой проростков ($r=0,36\pm0,05$).

Таблица 9 – Корреляции признаков между собой

	1*	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,00	0,64	0,32	-0,24	0,05	-0,20	-0,10	-0,71	-0,38
2	0,64	1,00	0,36	-0,12	0,00	-0,17	-0,16	-0,56	-0,53
3	0,32	0,36	1,00	0,32	0,02	-0,02	0,12	-0,38	-0,17
4	-0,24	-0,12	0,32	1,00	-0,15	0,04	0,18	-0,04	0,07
5	0,05	0,00	0,02	-0,15	1,00	0,32	0,46	0,54	0,23
6	-0,20	-0,17	-0,02	0,04	0,32	1,00	0,47	0,28	0,88
7	-0,10	-0,16	0,12	0,18	0,46	0,47	1,00	0,31	0,41
8	-0,71	-0,56	-0,38	-0,04	0,54	0,28	0,31	1,00	0,44
9	-0,38	-0,53	-0,17	0,07	0,23	0,88	0,41	0,44	1,00

*1) длина ростка на контроле, см, 2) длина корешка на контроле, см, 3) масса проростков на контроле, г, 4) всхожесть семян на контроле, %, 5) длина ростка в опыте, см, 6) длина корешка в опыте, см, 7) всхожесть в опыте, %, 8) соотношение О/К по ростку, %, 9) соотношение О/К, по корешку, %

При проращивании на дистиллированной воде всхожесть семян на контроле была близка к 100%. 82,1% образцов имели высокую всхожесть 95-100% и лишь 3 образца – от 70 до 85% (рисунок 10).

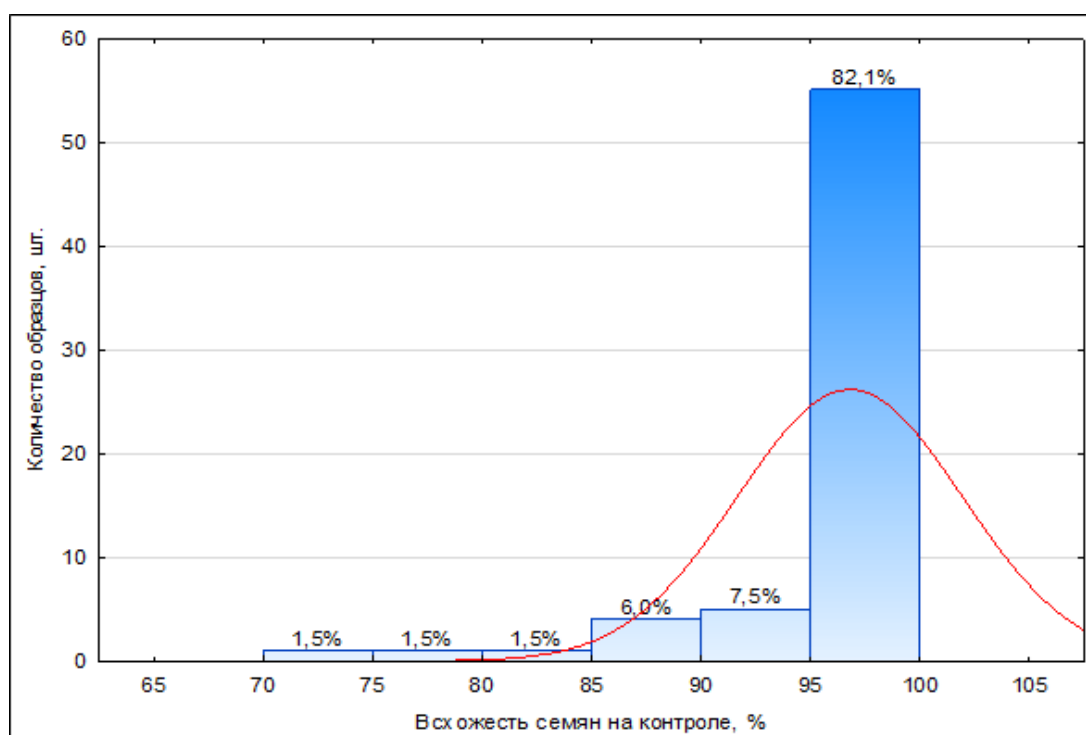


Рисунок 11 – Всхожесть в контроле, %

Однако в опыте всхожесть существенно снизилась. Она варьировала от 20 до 100%, преобладали образцы со всхожестью от 60-80%, их было 50,8 %. В тоже время выделилось 4,5% образцов со всхожестью в опыте более 80% (рисунок 11).

Длина ростка в опыте у образцов варьировала от 0,2 до 1,4 см (рисунок 13). 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 (ЗУЛК 12), №64 (Скомс белый х Кубань 3 .за-суха), №35 (Дин-Сян х Боярин), №41 (ЗУЛК 3) и др.

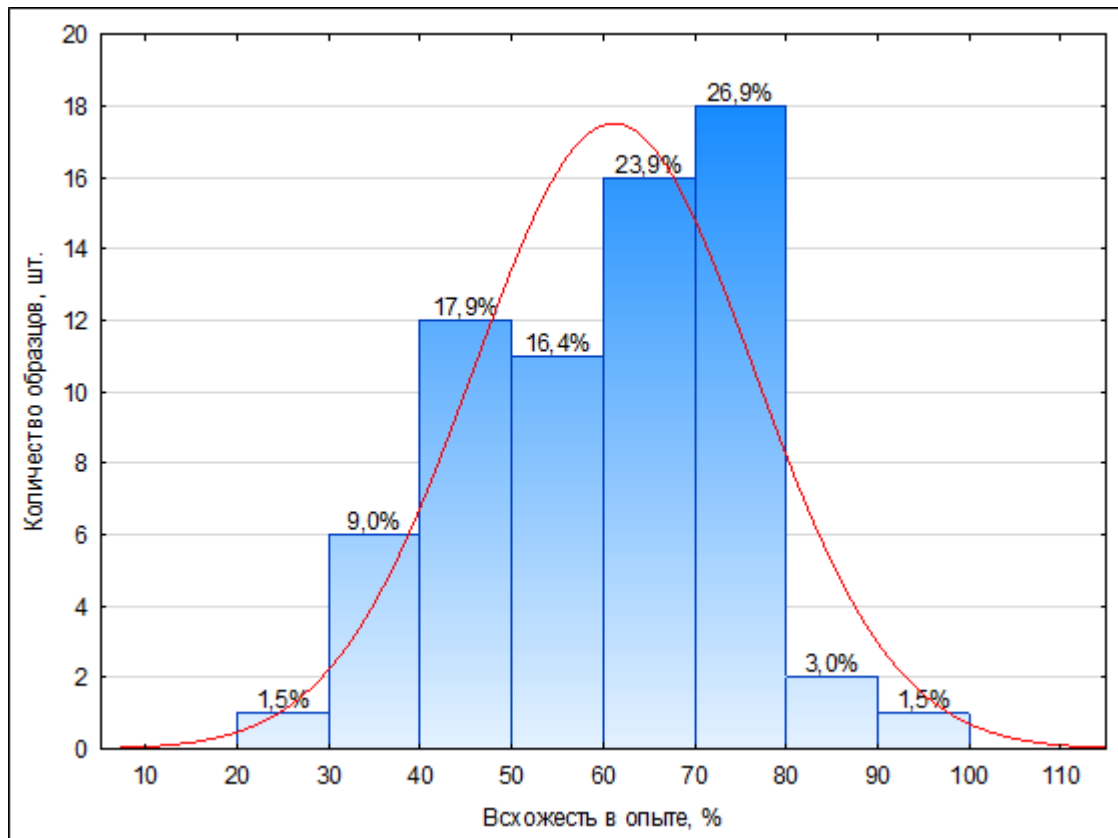


Рисунок 12 – Всхожесть в опыте, %

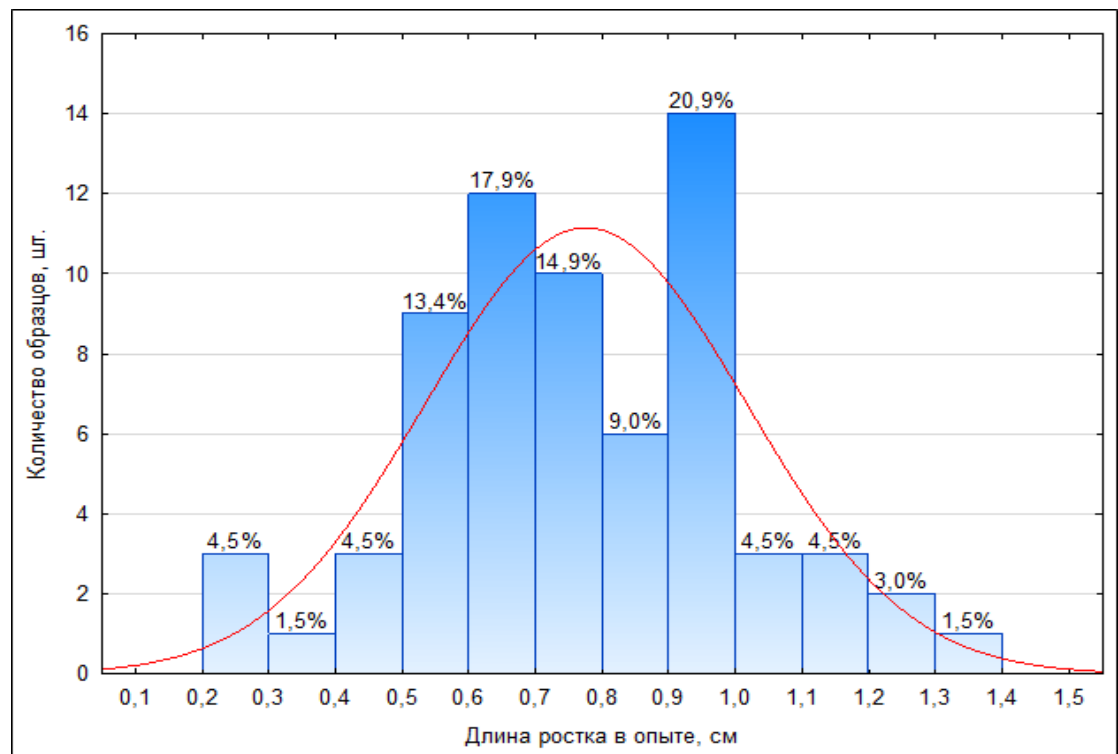


Рисунок 13 – Длина ростка в опыте, см

При этом на контроле длина ростка была значительно выше – до 11 см, и варьировала в более широких пределах от 1 до 11 см (рисунок 13). Основная масса образцов (65,6%) имела длину ростка от 4 до 8 см. Однако выделилось 12% образцов с длиной ростка более 8 см. Это образцы №18 (Сталинградский), №40 (ЗУЛК 2), №37 (ЗУЛК 4) и др.

По соотношению длины ростка в опыте к контролю образцы распределались ассиметрично, преобладали образцы с низким соотношением О/К: 28,4 % имели от 5 до 10% и 25,4 % от 10 до 13%. Тем не менее, выделилось 4,5% образцов, которые имели максимальное соотношение О/К – от 35-40%, это такие, как: №64 (Скомс белый х Кубань 3, засуха), № (ЗУЛК 10), №26 (Суходольный 554 х Раздольный) (рисунок 14).

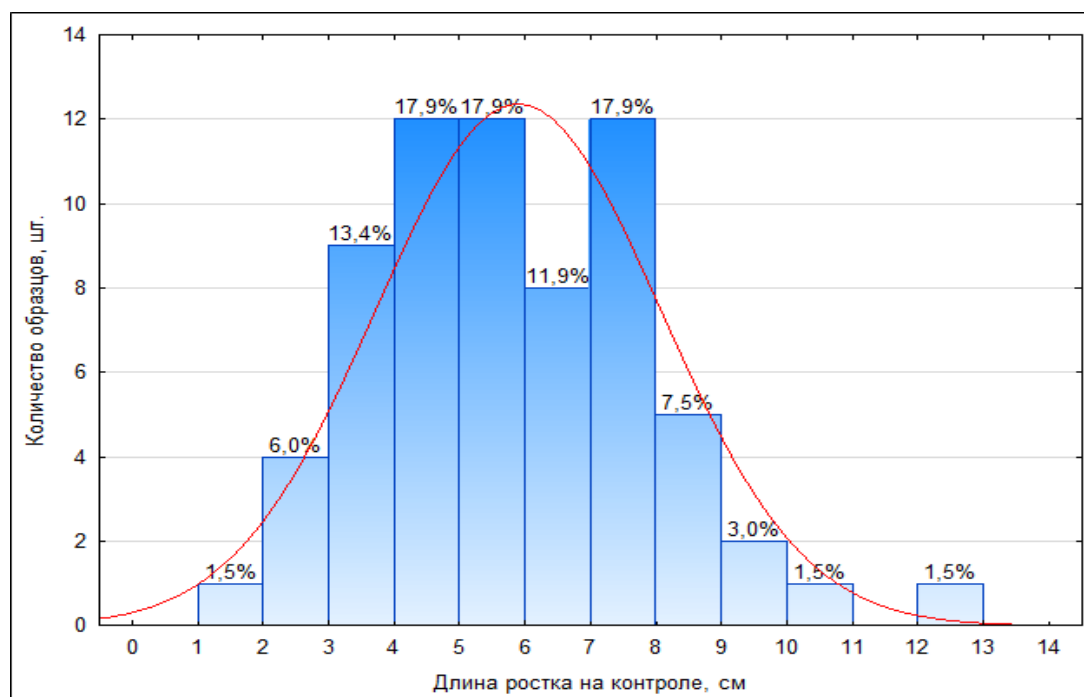


Рисунок 14 – Длина ростка на контроле, см

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 (рисунок 14).

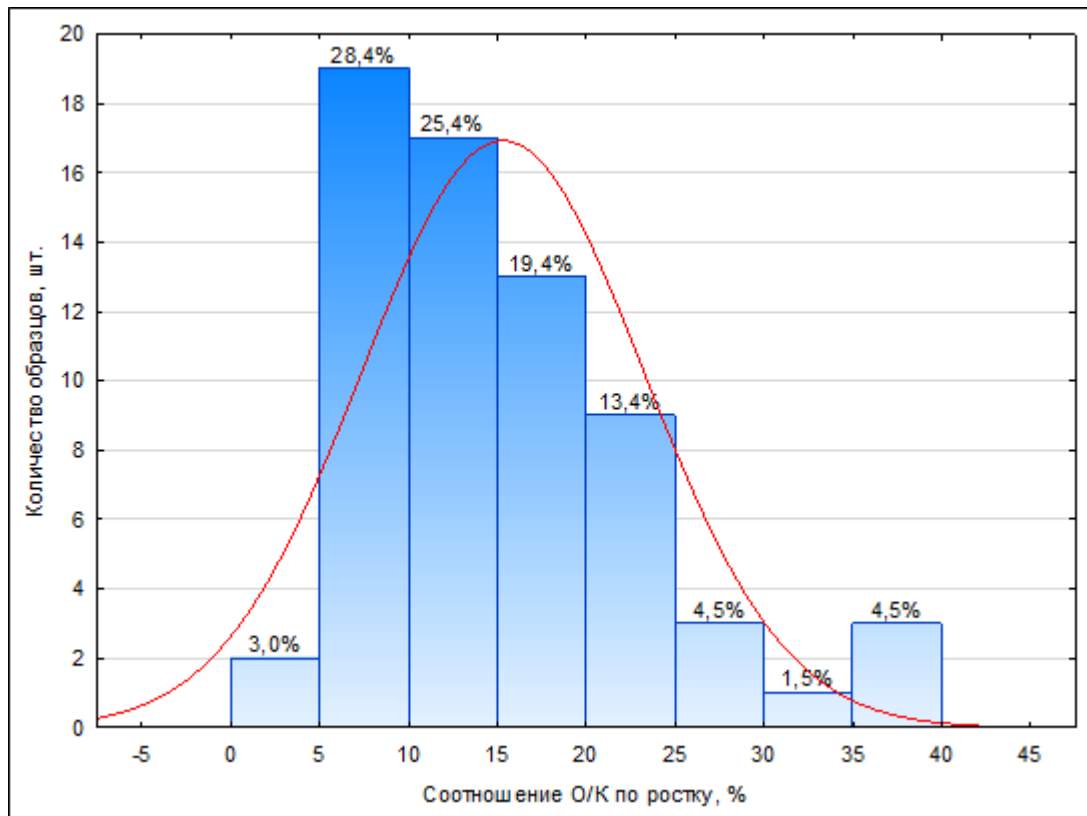


Рисунок 15 – Соотношение О/К по росту, %

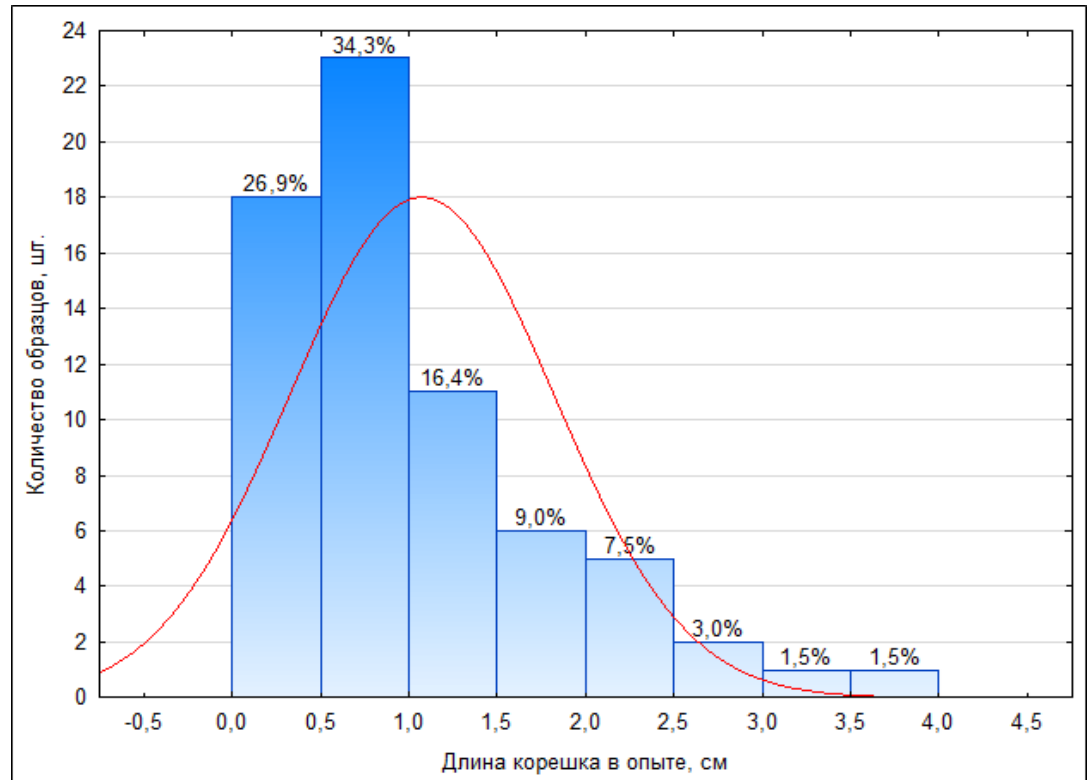


Рисунок 16 – Длина корешка в опыте, см

На контроле длина корешков варьировала от 3-14 см, преобладали образцы с длиной от 9-12 см. Распределение было двухвершинным и представляла собой две группы: малая вершина и большая вершина (рисунок 16).

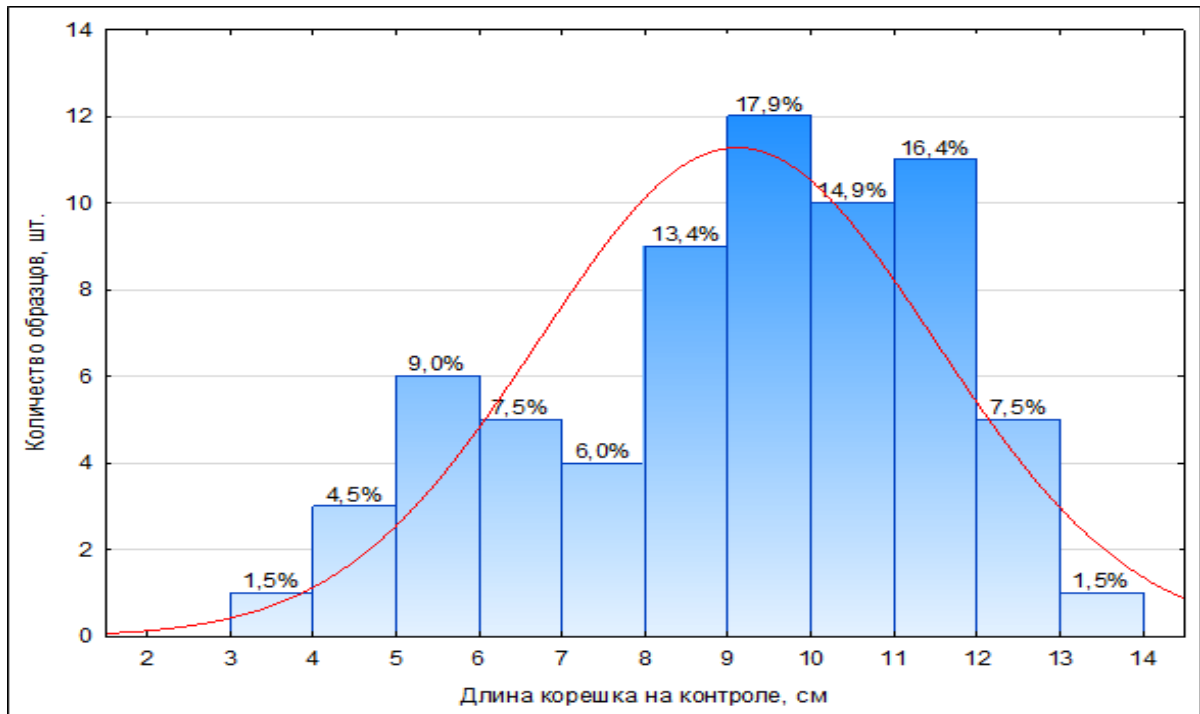


Рисунок 17 – Длина корешков в контроле, см

Соотношение О/К по корешку характеризовалась значительной правосторонней асимметрией, большинство образцов имели соотношение от 0 до 15%, их было в общей сложности 74,6% то есть примерно три четверти образцов имели низкое соотношение по корешку (рисунок 17). Тем не менее, выделилось 3 % образцов, у которых соотношение было более 50%, это такие образцы как: №39 (ЗУЛК 1) и №50 (ЗУЛК 12).

Таким образом в результате проведенного исследования удалось выявить значительную вариабельность признака засухоустойчивости по показателю осмотической силы корней и отобрать несколько образцов с высокими значениями размеров ростков и корешков, а также с высоким соотношением величин признаков О/К. Результаты представлены в таблице 10.

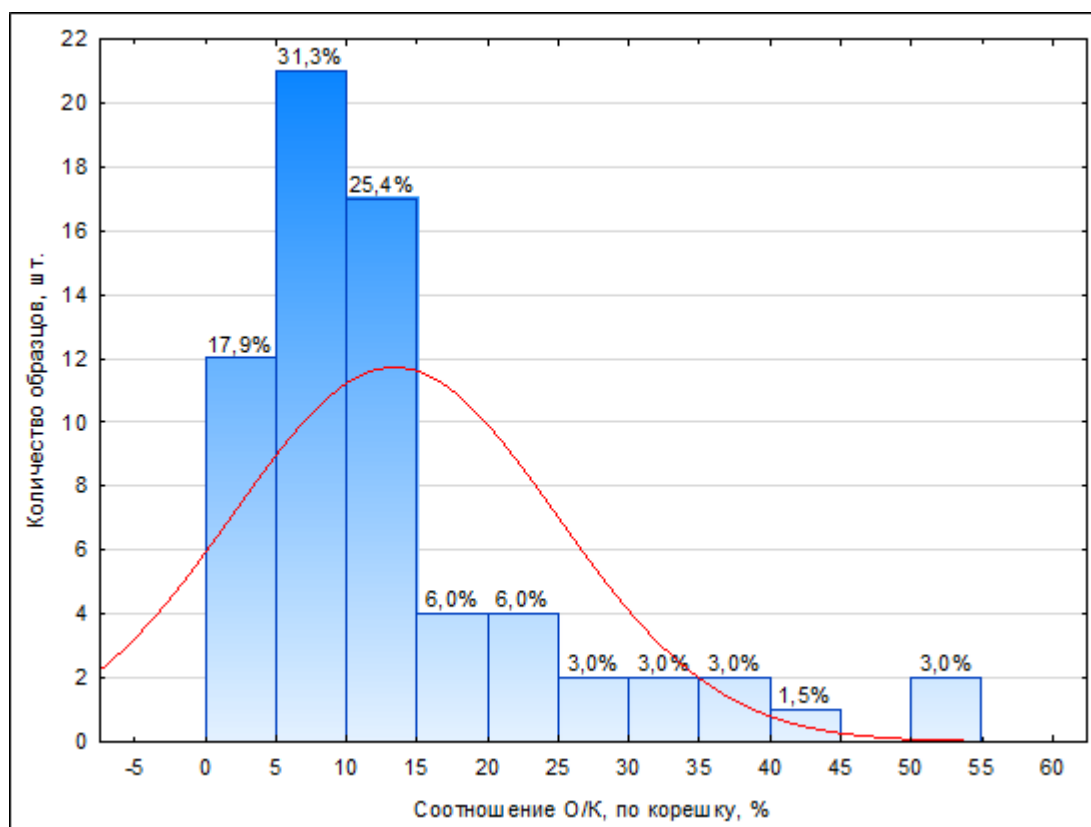


Рисунок 18 – Соотношение О/К по корешку, %

Таблица 10 – Выделившие 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			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
1	Суходол	3,57	8,17	98,0	0,66	2,96	80,0	18,4	36,2
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
25	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	6,97	8,47	100,0	0,69	2,06	68,0	9,9	24,3
26	Суходольный 554 х Раздольный	2,80	5,93	82,0	1,01	1,32	73,3	36,1	22,3
27	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	3,60	11,30	98,0	0,71	3,01	79,3	19,8	26,6

28	(Ламро х Вираз) х Боярин	4,70	9,60	98,0	0,84	2,09	79,3	18,0	21,8
35	Дин-Сян х Боярин	5,97	10,33	100,0	1,26	1,89	78,0	21,0	18,3
37	ЗУЛК 4	9,73	11,13	94,0	1,13	1,27	78,7	11,6	11,4
38	ЗУЛК 5	7,13	11,77	98,0	1,12	2,22	74,0	15,7	18,9
39	ЗУЛК 1	4,57	4,83	98,0	0,96	2,56	78,7	20,9	52,9
41	ЗУЛК 3	7,57	12,30	98,0	1,17	0,71	63,3	15,4	5,8
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
55	Командор х Чан- Чунь-Ман	5,50	6,07	96,0	1,06	0,71	68,7	19,2	11,7
62	Скомс белый х Кубань 3	4,50	8,17	100,0	1,10	0,80	80,0	24,4	9,8
64	Скомс белый х Кубань 3	3,30	5,87	92,0	1,29	0,44	51,3	39,1	7,6

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. Пример электрофореграммы представлен на рисунке 19.

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 и др. (таблица 11).

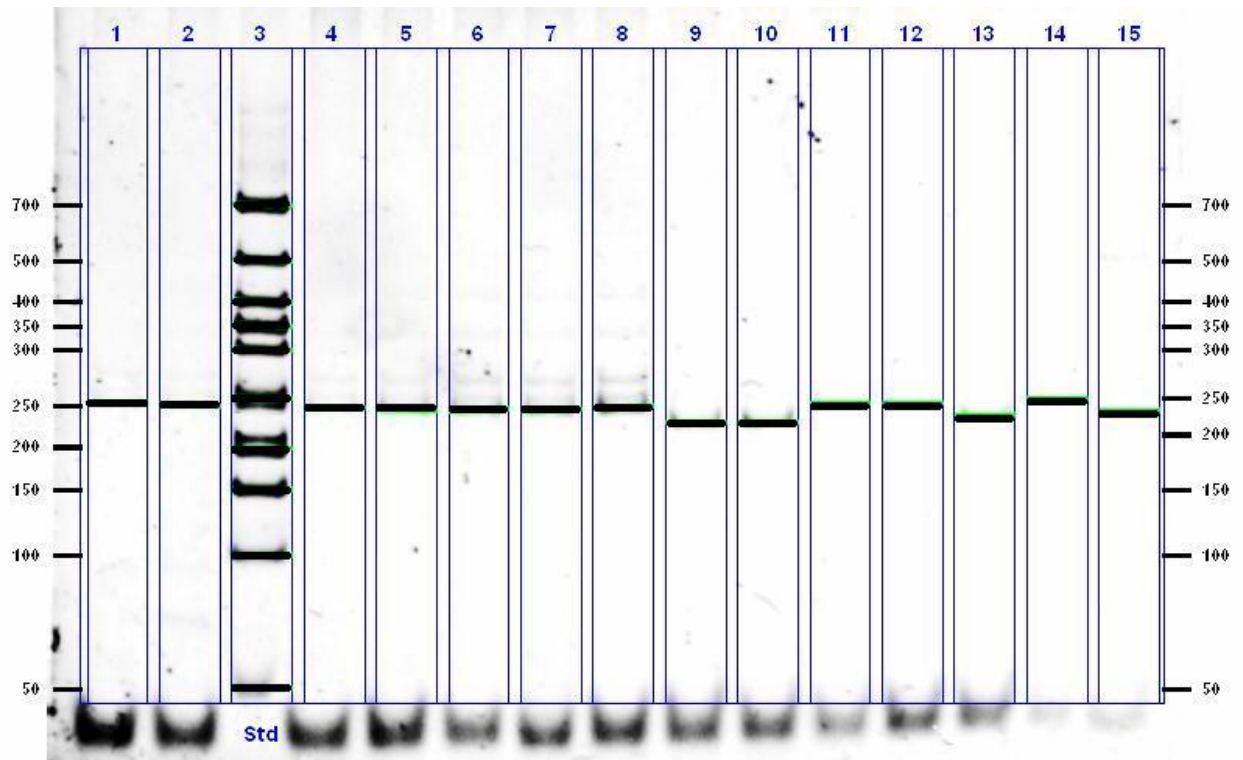


Рисунок 19 – Электрофореграмма скрининга образцов риса на наличие гена qDTY1.1 с молекулярным маркером RM 431.

Линии: 1 – Ан-Юн-Хо, 2 – Чан-Чунь-Ман, 3 – Маркер молекулярной массы Evrogen 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

Эти образцы представляют собой ценный селекционный материал и могут послужить источником устойчивости при применении в селекционных программах по созданию устойчивых к засухе сортов риса (таблица 11).

Максимальная величина ИЗУ оказалась у стародавних китайских суходольных сортов Чан-Чунь-Ман (88,5%) и Ан-Юн-Хо (79,4%). Эти сорта имеют в своих генотипах локус qDTY1.1, который контролирующий устойчивость к засухе через урожайность зерна. От скрещивания образца Чан-Чунь-Ман в прошлые годы с урожайными сортами АНЦ «Донской» Раздольный, Боярин,

Командор, Кубояр, Южанин было получено много перспективных линий с оптимальным габитусом растений.

Таблица 11 – Образцы риса с геном qDTY1.1, их урожайность при засухе и нормальных условиях и индекс засухоустойчивости (ИЗУ), 2020-2022 гг.

№	№ обр.	Название	Урожайность, т/га		ИЗУ, %
			Опыт	Контроль	
1	8523	Ан-Юн-Хо, Китай	4,22	5,31	79,4
2	8537	Волгоградский	3,37	5,68	59,4
3	1889	Волгоградский х Атлант	4,07	6,15	66,2
4	8539	Сталинградский	4,16	7,17	58,0
5	8535	Чан-Чунь-Ман, Китай	4,73	5,35	88,5
6	8569	ЗУЛК 4	2,63	6,88	38,3
7	8609	Командор х Чан-Чунь-Ман	4,92	7,14	68,9
8	8545	(Суходол х Боярин) х Боярин	3,44	6,95	49,5
9	8547	Суходольный 554 х Кубояр	3,29	6,79	48,4
10	8633	Чан-Чунь-Ман х Кубояр	3,04	7,02	43,3
11	8635	Чан-Чунь-Ман х Боярин	2,79	8,40	33,2
12	8637	Чан-Чунь-Ман х Боярин	3,59	7,10	50,5
13	8639	Чан-Чунь-Ман х Боярин	3,00	8,61	34,9
14	8641	Чан-Чунь-Ман х Боярин	3,39	6,82	49,7
15	8643	Чан-Чунь-Ман х Боярин	3,67	7,91	46,4
16	8645	Чан-Чунь-Ман х Боярин	3,53	7,40	47,7
17	8647	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	4,16	7,90	52,7
18	8651	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	3,32	7,27	45,7
19	8653	Чан-Чунь-Ман х Южанин	3,19	5,98	53,4
20	8655	Чан-Чунь-Ман х Южанин	3,55	5,75	61,7
21	8629	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр	3,64	7,90	46,1
22	8631	(Чан-Чунь-Ман х Боярин) х Кубояр	3,96	7,03	56,3

Как видно из таблицы 1, образцы 8609, 8633, 8635, 8637, 8639, 8641, 8643, 8645, 8647, 8651, 8653, 8655, 8629 и 8631 унаследовали от донора Чан-

Чунь-Ман данный ген интереса. В то же время имеются линии с участием этого сорта, у которых ген устойчивости отсутствует.

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 %.

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.

По данным ряда авторов, аддитивный эффект влияния qDTY 1.1 на урожай зерна в условиях стресса составил 14,7%, qDTY 1.2 – 18%, qDTY2.1 – 4,5%, qDTY 3.1 – 31%, qDTY6.1 – 66%, qDTY12.1 – 23,8% (Venuprasad et al., 2007; Vikram et al., 2011).

Поэтому образцы из изученного набора, показавшие высокие значения ИЗУ, но не имеющие ген qDTY 1.1, могут нести другие QTL, которые обладают даже большей эффективностью повышения устойчивости.

К ним относятся Китайские сорта Контро, Дин Сян, Хун-Мо, Краснодарские образцы ЗУЛК 6, ЗУЛК 8 ЗУЛК 9, ИЗУ которых составляла от 62,6 до 78,3%, а также сорта АНЦ «Донской» Аргамак и Суходол. При этом новый сорт Аргамак сформировал максимальную урожайность в условиях засухи – 5,00 т/га, с индексом засухоустойчивости 58,5%.

Необходим скрининг исходного материала по другим эффективным qDTY, таким как qDTY2.1, qDTY3.1, qDTY12.1 и др.

С долгосрочной целью 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 F_2 – F_3 . 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 12). Величины признаков внутри сортов мало различались по годам.

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.

Таблица 12 – Характеристики родительских форм, гибрида и степень доминирования (2019-2020 гг.)

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
hp F_2	-0,51	-0,57	0,28	0,14	0,02
hp F_3	-0,47	-0,53	0,30	0,01	0,09

Длина метелок всех гибридных растений варьировала в пределах изменчивости родительских форм. Средняя длина метелки оказалась в F_2 – 15,9 см, в F_3 – 16,5 см, доминирование было неполным отрицательным, $h_r = -0,51$ и $h_r = -0,47$, 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 20). Использование для генетического анализа компьютерной программы Полиген А позволило выявить моногенные различия между родительскими сортами и расщепление гибридов в соотношении 3:1 как у F_2 , так и у F_3 . Сила действия гена составила в F_2 3,8, в F_3 3,1 см.

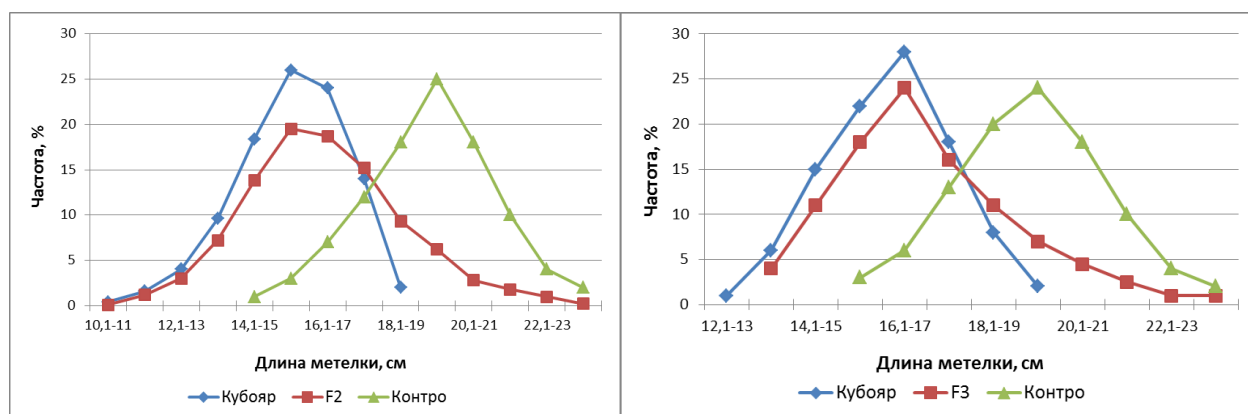


Рисунок 20 – Распределение частот признака «длина метелки» у гибрида риса F_2 - F_3 Контроль $\times$ Кубояр и его родительских форм (2019-2020 гг.)

Среднее количество колосков на метелке у исходных родительских форм значительно различалось: сорт Кубояр формировал 155,3-162,2, а Контроль – 67,8-84,6 колосков. У гибрида преобладали малоозерненные формы, в среднем 86,7-102,2 колосков (таблица 9). КРЧ гибридов располагались в пределах изменчивости этого признака родительских сортов, а ее вершина сдвинута влево и находилась в одном классе с вершиной Контроль (рисунок 21). Они имели значительную правостороннюю асимметрию ($As = 0,73-0,82$). Наблюдалось отрицательное доминирование меньшего числа колосков, степень до-

минирования в F_2 и F_3 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, вследствие чего возникло 6,25% растений, несущих на метелке такое же количество колосков, как у сорта Кубояр (121-220 шт.). Сила одного гена составила в F_2 43,8, в F_3 37,8 колосков.

По массе 1000 зерен родительские сорта Контро и Кубояр различались на 2,0-4,5 г (таблица 9). 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 F_2 от 22 до 39 г (в среднем 30,2 г), а в F_3 в более узких пределах – от 26 до 35 г (в среднем 30,9 г). КРЧ гибридов обоих поколений имели по одной вершине, которые у F_2 находились между вершинами родительских сортов, а у F_3 в одном классе с вершиной Кубояра (рисунок 22).

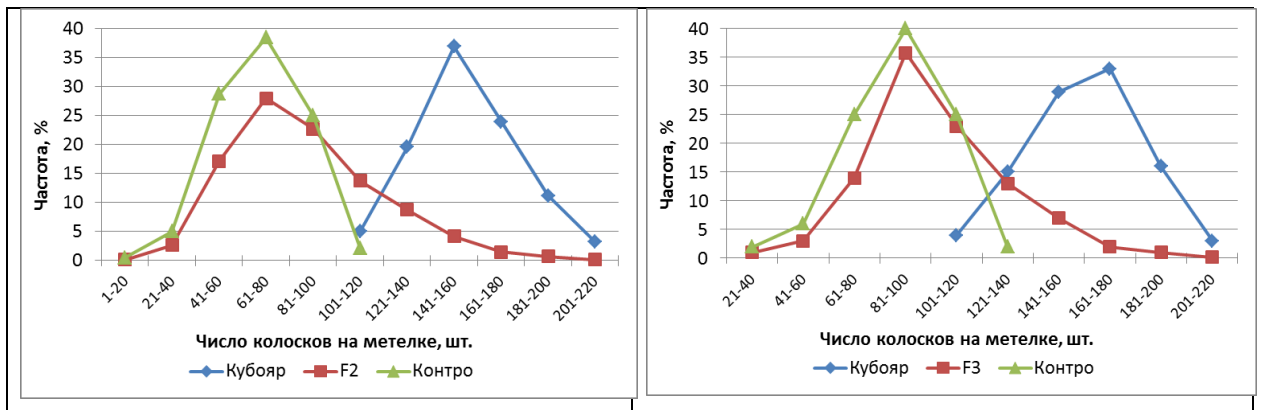


Рисунок 21 – Распределение частот признака «число колосков на метелке» у гибрида риса F_2 - F_3 Контро × Кубояр и его родительских форм (2019-2020 гг.)

Наблюдалось частичное доминирование больших величин признака ($h_r = 0,28-0,30$). 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, т.е. появлялось примерно по 25% особей с массой зерновок, как у родительских сортов, что указывает

на различия по аллельному состоянию одной пары генов. Сила гена составила в F_2 4,5, в F_3 2,0 г.

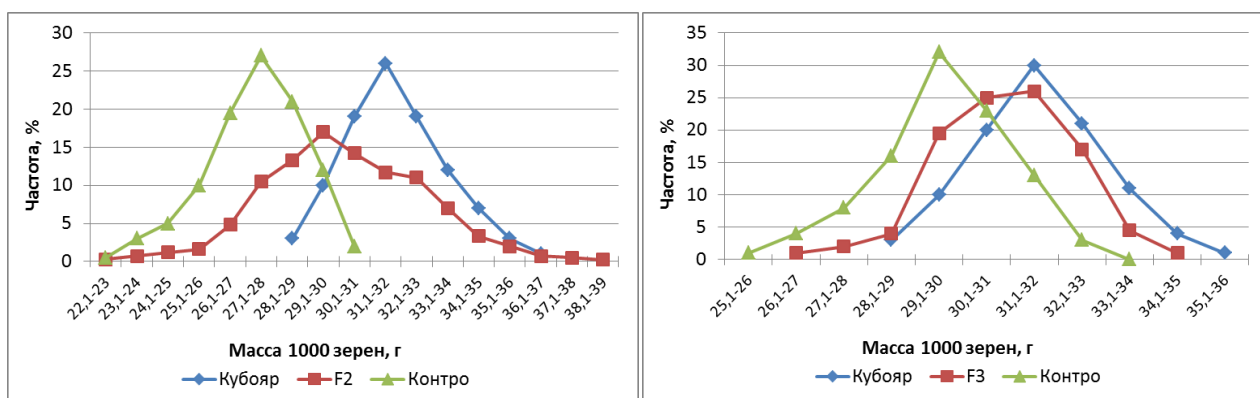


Рисунок 22 – Распределение частот признака «масса 1000 зёрен» у гибрида риса F_2 - F_3 Контро $\times$ Кубояр и его родительских форм (2019-2020 гг.)

По длине зерновки сорт Контро уступал Кубояру на 0,6-1,0 мм. У Контро она составляла по годам 7,20 и 7,53 мм, у Кубояра – 8,20 и 8,14 мм.

Гибридные поколения имели промежуточные средние значения, у F_2 – 7,80 мм, у F_3 – 7,83 мм. Степень доминирования составила 0,14 и 0,01, соответственно. Кривые распределения частот были почти симметричными, а варьирование признаков гибридных популяций в обеих генерациях находилось в пределах родительских значений (рисунок 23).

На долю краевых частот гибрида приходилось по $\frac{1}{4}$ части родительских частот, что свидетельствует о моногенных различиях родительских сортов, различавшихся по аллельному состоянию одной пары генов. Расщепление происходило в соотношении 1:2:1. Сила гена составила в F_2 1,0, в F_3 0,6 мм.

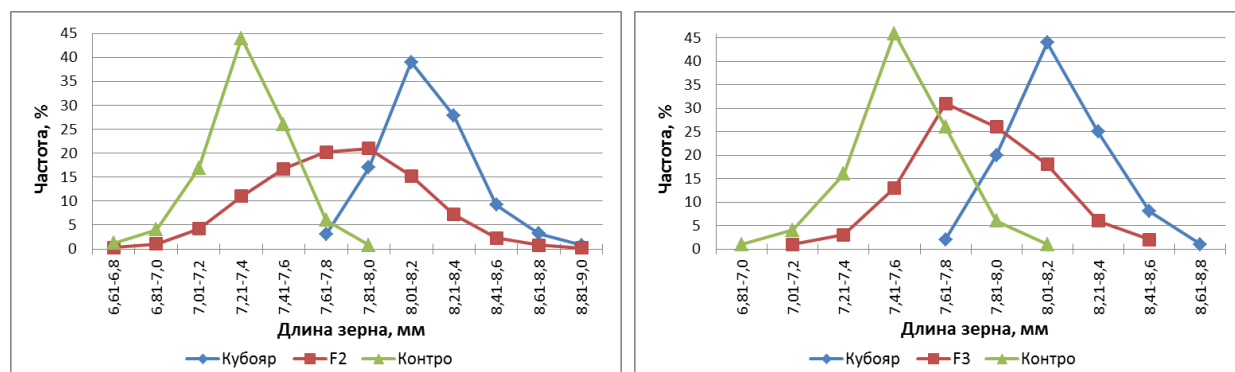


Рисунок 23 – Распределение частот признака «длина зерновки» у гибрида риса F_2 - F_3 Контро $\times$ Кубояр и его родительских форм (2019-2020 гг.)

Сходные закономерности наследования были установлены по ширине зерновок. КРЧ гибридов были почти симметричными, трансгрессии отсутствовали (рисунок 24). Величины признака у гибридных растений варьировали в пределах обеих родительских форм.

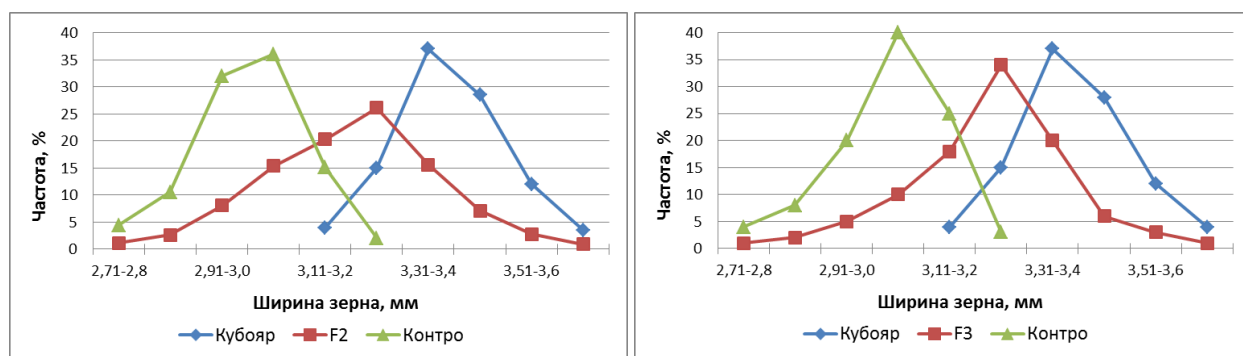


Рисунок 24 – Распределение частот признака «ширина зерновки» у гибрида риса F_2 - F_3 Контро $\times$ Кубояр и его родительских форм (2019-2020 гг.)

Родительские сорта различались на 0,40 мм. У Кубояра зерновка (3,40-3,43 мм) была несколько шире, чем у Контро (3,00-3,06 мм). У гибрида F_2 средняя ширина зерновки составила 3,2 мм, у F_3 – 3,26 мм. Доминирование отсутствовало ($h_{r2} = 0,02$ и $h_{r3} = 0,09$), расщепление в соотношении 1:2:1 доказывает моногенные различия сортов по этому признаку. Сила гена составляет в F_2 0,40, в F_3 0,37 мм.

В таблице 13 представлена характеристика выделившихся скороспелых среднерослых форм F_3 , которые имеют оптимальные значения длины метелок, массы 1000 зерен и размеры зерновок и повышенное количество колосков на метелках. Данные линии зацвели 24-31 июля 2020 года, тогда как сорт Контро – 29 июля, Кубояр – 7 августа.

Эти и другие формы были отобраны для посева в гибридном питомнике на четвертое поколение и дальнейшей селекционной работы с ними с целью получения рекомбинантных инбредных линий, которые можно будет высеять

при двух режимах полива орошения и поиска лучших из них с признаками засухоустойчивости.

Таблица 13 – Характеристика лучших форм F₃ в комбинации Контро × Кубояр (2020 г.)

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
σ	2,3	31,8	1,9	0,5	0,3

Лучшие формы по хозяйственно-биологическим признакам станут исходным материалом при выведении раннеспелых урожайных засухоустойчивых сортов риса.

При водном дефиците урожайность растений в 2020-21 гг. составила 4,20 т/га, а в 2022 г. была существенно ниже – 1,99 т/га, т.е. более, чем в 2 раза

уступала прошлому периоду. Урожайность на контроле при затоплении незначительно различалась по годам: 6,71 т/га и 6,98 т/га, соответственно. Поэтому средний индекс засухоустойчивости (ИЗУ) в 2022 году (30,1%) был значительно ниже, чем в 2020-2021 гг. (63,7%).

Выявлено 9 сортов и образцов, имевших ИЗУ 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).

Величины количественных признаков в условиях засухи значительно изменяются по сравнению с контролем. Уменьшается длина метелки, её плотность, количество растений к уборке на 1 м², масса растения, масса метелки, общее число колосков и зерен на метелке, масса 1000 зерен; увеличивается количество продуктивных стеблей на 1 м², кустистость, количество пустых колосков на метелке и процент пустозерности.

Выделены устойчивые к засухе образцы для создания суходольных сортов риса, способных расти в условиях периодического орошения при малом объеме поливной воды.

3.7 Селекционные достижения

В процессе селекционной работы с участием автора был создан сорт риса Аргамак. Сорт выведен в АНЦ «Донской» путем индивидуального многократного отбора из гибридной популяции Ил.14 x Кубояр растений с самыми крупными метелками. Скрещивание линии Ил.14 – донора генов резистентности к пирикулярриозу Pi-1, Pi-2 и Pi-33, с сортом Кубояр провели в 2010 г. На основе результатов ПЦР-анализа были выделены формы с доминантными аллелями генов устойчивости к пирикулярриозу в гомозиготном состоянии. В 2012–2015 гг. из гибридных популяций последовательных поколений F₂...F₅ Ил.14 × Кубояр проводили многократный индивидуальный и массовый отбор

растений с самыми крупными метелками.

Анализ наследования показал, что по массе зерна с метелки родительские формы гибрида различались аллельным состоянием одной пары генов.

Согласно распределению по семенной продуктивности семей F_3 , выращенных из семян F_2 с маленькими, средними и крупными метелками, кривые распределения частот в этих 3-х вариантах имели фазовые смещения и частичные пересечения (рисунок 23). Максимальная частота групп семей из маленьких метелок сдвинута влево и находится в классе 200...300 г/м², а из больших – вправо, в классе 500...600 г/м², то есть к краям поля графика, тогда как максимальная частота для семей из метелок среднего размера расположена примерно посередине, в классе 400...500 г/м², там, где пересекаются две другие кривые. Значительный размах изменчивости у всех кривых распределения в 5...6 классов указывает на широту ответной реакции при каждом варианте отбора. При этом наибольшей она была в варианте с отбором средней массы зерна в метелке.

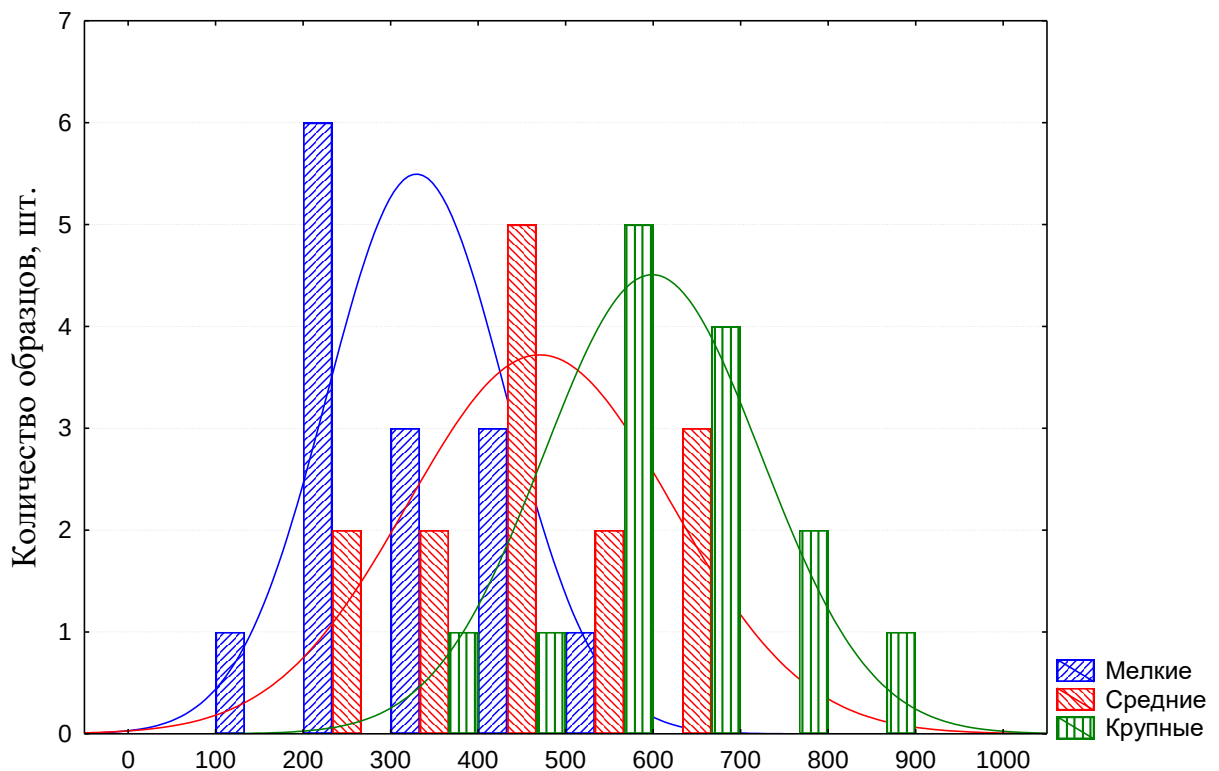


Рисунок 25 – Частоты распределения семей третьего поколения у гибрида

Ил.14 × Кубояр по урожайности, г/м²

Отмечена чёткая тенденция повышения урожайности семей третьего поколения при отборе для посева метелок второго с наибольшей озернёностью. Формы, имевшие большие метелки, дали на следующий год большее количество продуктивных семей, чем менее озернённые. При этом иногда встречались отдельные семьи, полученные от растений с маленькими метелками, урожайность которых с 1 м² оказалась выше, чем у потомства особей с большими метелками. Например, семья из маленькой метелки М-1921/13 сформировала 516 г/м² зерна, а семья из крупной метелки К-1948/13 – 344 г/м², что свидетельствует о значительном влиянии факторов среды и густоты продуктивных стеблей. В группе из средних метелок попадались как более урожайные семьи (С-1937/13 – 693 г/м²), чем отдельные из группы крупных метелок, так и менее урожайные, чем из группы маленьких (С-1929/13 – 205 г/м²).

В целом было установлено, что при посеве семян из крупных метелок гибридов второго поколения, среди потомства F₃ появлялось больше продуктивных форм, чем от особей со средними и маленькими метелками. После индивидуального отбора семей F₃ Ил.14×Кубояр урожайность зерна в потомстве из крупных метелок составляла 792 г/м², средних по размеру – 622 г/м², небольших – 436 г/м².

В процессе массового отбора по величине метелки в трех разных направлениях у третьего поколения гибридной популяции выявлены различия при отборе для малых, средних и крупных метелок, при урожайности потомства 5,73, 6,36 и 7,41 т/га, соответственно. Сбор зерна в популяциях F₂ и F₃ средне положительно коррелировал между собой – $r = 0,66 \pm 0,08$. Следовательно, отборы из начальных поколений гибридов хорошо озернённых метелок – необходимы при селекции на повышение зерновой продуктивности. Между урожайностью третьего и четвертого поколений также установлена положительная корреляция ($r = 0,43 \pm 0,12$), свидетельствующая о пользе отбора крупных метелок в F₃.

При ежегодном отборе в разных направлениях из поколений $F_2 \dots F_5$ метелок с малым, средним и высоким количеством зерен определено, что образцы формировали наименьшую урожайность, если высевали семена из небольших метелок, среднюю – из средних и максимальную – из крупных.

Реакция на отборы уменьшалась в ходе чередования поколений потомства. Позитивный отбор увеличивал урожайность в третьем поколении, по сравнению с предыдущим, на 10,5 %, в четвертом – на 3,8 %, в пятом – на 1,3 %, в шестом – на 9,3 %, всего в сумме – на 24,9 %. При негативном отборе урожайность снижалась в третьем поколении на 7,7 %, в четвертом – на 6,8 %, а в пятом – на 0,3 %. При этом урожайность потомства из средних по величине метелок в период исследований незначительно отличалась от исходной популяции.

Для создания высокоурожайных сортов нужно отбирать среднерослые растения, способные формировать густой стеблестой, незначительно снижая при этом массу и количество зерен с метелки. Поэтому важно знать оптимальные величины количественных признаков растений риса, при наличии которых формируется максимальная продуктивность лучших генотипов (Костылев, 2020).

Выделенный из комбинации Ил.14×Кубояр образец риса Дон 8210 в контрольном питомнике в 2017 г. сформировал урожайность 9,80 т/га и превысил стандарт Южанин на 3,09 т/га. В конкурсном сортоиспытании в 2018–2019 гг. в ОП «Пролетарское» средняя величина этого показателя составила 8,79 т/га, превысив стандарт Южанин на 1,59 т/га. Наибольшую урожайность отмечали в 2019 г. – 10,1 т/га, что больше стандарта на 2,55 т/га. Высокий сбор зерна перспективного сорта, по результатам структурного анализа, формируется благодаря большей, чем у стандарта, озерненности метелки – 120 зерен (у стандарта 110 зерен) и увеличенной густоте продуктивных стеблей – 234 шт./м² (у стандарта 220 шт./м²). Под названием Аргамак осенью 2019 г. он передан на государственное испытание в условиях Краснодарского края, Ростовской области, Республик Адыгея и Калмыкия.

Перспективный сорт Аргамак относится к среднеспелой группе, продолжительность его вегетационного периода от всходов до полной спелости почти такая же, как у стандарта Южанин, и составляет 119 дней (таблица 14). Колосковые чешуи желтые, цветковые – соломенно-желтые с антоциановым кончиком, что соответствует разновидности *nigro-apiculata*.

Таблица 14 – Хозяйственно-биологические особенности сорта риса Аргамак (среднее за 2018–2019 гг.)

Признак	Сорт		НСР ₀₅
	Южанин	Аргамак	
Урожайность, т/га	7,20	8,79	0,52
Продолжительность вегетационного периода, дни	120,0	119,0	2,4
Высота растений, см	98,0	93,0	6,9
Длина метелки, см	18,0	16,0	1,5
Количество колосков в метелке, шт.	116,0	142,0	13,2
Масса 1000 зерен, г	29,6	31,1	2,1
Пленчатость, %	19,2	18,0	1,6
Выход крупы, %	68,7	72,7	2,6
Выход целого ядра, %	87,0	93,0	2,8
Стекловидность, %	92,0	95,0	3,2

Особенность растений нового перспективного сорта – прямостоячий габитус куста с прямостоячими листьями и метелками (рисунок 24). Растения среднерослые, с высотой 90-95 см (в среднем 93 см), что на 5 см меньше, чем у стандарта. Метелки в посеве находятся на одном уровне от поверхности, расположены вертикально и хорошо пропускают свет вглубь листового массива. Они компактные, плотные, длиной около 16,0 см, что меньше, чем у Южанина на 2 см. Озернённость метелок высокая, в среднем они несут около 120...145 зерновок, некоторые метелки формируют более 200 зерен, в зависимости от обеспеченности питанием. Средние по размеру колоски (длина 8,4 мм, ширина

3,3 мм, толщина 2,2 мм) имеют овальную форму. Масса 1000 зерен – средняя (31,1 г), что удобно для семеноводства и товарного производства. Соотношение длины и ширины зерновки (l/b) составляет 2,5. Перикарп зерновки – 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.



Рисунок 26 – Растения и метелки сорта риса Аргамак (КСИ, 2019 г.)

В среднем за годы конкурсного испытания в ОП «Пролетарское» урожайность сорта Аргамак составила 8,79 т/га, что выше, чем у сорта Южанин на 1,59 т/га. Высокая урожайность данного сорта формируется за счет большей озерненности метелки, чем у стандарта и высокой густоты стеблестоя. При этом новый сорт сформировал максимальную урожайность в условиях засухи – 5,00 т/га, с индексом засухоустойчивости 58,5%.

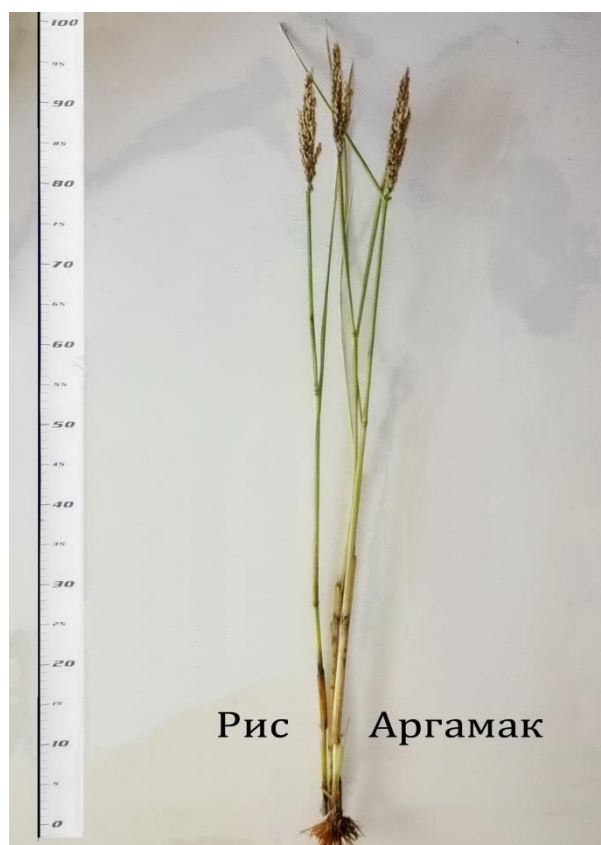


Рисунок 27 – Растение риса Аргамак Рисунок 28 – Метелка риса Аргамак



Рисунок 29 – Зерно риса Аргамак Рисунок 30 – Крупа риса Аргамак

Сорт хорошо приспособлен к производственной технологии возделывания, механизированной уборке и переработке. Посев можно проводить по разным предшественникам обычными способами в начале мая или в ранние сроки (вторая половина апреля) с глубокой заделкой (на 4...5 см) во влажную почву. Оптимальная норма высева составляет 200-250 кг/га. В производственных испытаниях в ОП «Пролетарское» Ростовской области в 2019 г. на площади 0,25 га посеvy перспективного сорта Аргамак сформировали урожайность 8,08 т/га. Он показал высокую технологичность и устойчивость к полеганию, которая открывает возможности для прямой комбайновой уборки. Сорт предлагается к использованию в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах.

3.8 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 (таблица 15). 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 27,2 млн. рублей. Поскольку сорт устойчив к пирикулярриозу, затраты на обработку фунгицидами можно значительно снизить.

Таблица 15 – Оценка экономической эффективности новых сортов риса

Сорт	Средняя урожай-	Затраты руб./га	Прибыль руб./га	Рентабельность, %	Годовой экономический
Южанин, стандарт	7,20	59130	63270	107	-
Аргамак	8,79	62260	87170	140	23900

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 пирикуляриозу, 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 1600 тонн зерна риса с каждой тысячи гектаров на сумму 27,2 млн. рублей. Сорт рекомендуется к использованию в агроклиматических условиях Ростовской области и Краснодарского края, т.е. в Северо-Кавказском регионе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Величко Е.Б. Полив риса без затопления / Е.Б. Величко, К.П. Шумакова – М.: Колос, 1972. – 88 с.
2. Ганиев М.А. Сорт «Волгоградский» – первый продукт селекции риса ВНИИОЗ / П.И. Костылев, И.П. Кружилин, К.А. Родин // Рисоводство. – 2008. – № 13. – С. 16–17.
3. Ганиев М.А. Технология возделывания риса периодическими поливами / М.А. Ганиев, И.П. Кружилин // Орошаемое земледелие. – 2016. – № 1. – С. 17–18.
4. Ганиев М.А. Сорт риса для орошения без затопления / И.П. Кружилин, К.А. Родин, П.И. Костылев [и др.] // Устойчивое производство риса: настоящее и перспективы: материалы международной научно-практической конференции. – Краснодар: ВНИИ риса, 2006. – С. 352–353.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Книга, 2012. – 352 с.
6. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические аспекты): в 2 т. – М.: РУДН, 2001. – 1480 с.
7. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы / С.Г. Бондаренко, Ф.И. Горбаченко, В.П. Горячев [и др.]. – Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2013. – Ч. II. – 272 с.
8. Ионова Е.В. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) / Е.В. Ионова, В.А. Лиховидова, И.А. Лобунская // Зерновое хозяйство России. – 2019. – Т. 6, № 66. – С. 18–22. – DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
9. Костылев П.И. Методы селекции, семеноводства и сортовой агротехники риса. – Ростов-на-Дону: Книга, 2011. – 288 с.

10. Костылев П.И. Селекционная работа по маловодотребовательному рису в АНЦ «Донской» / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, А.В. Аксенов // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 1(67). – С. 54–58. – DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-54-58.
11. Костылев П.И. Оценка засухоустойчивости образцов риса по изменению урожайности при нехватке влаги / Е.В. Краснова, А.В. Аксенов // Аграрная наука. – 2020. – Т. 343, № 11–12. – С. 56–59.
12. Костылев П.И. Перспективы использования суходольного риса в Ростовской области / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, А.А. Редькин, Ю.П. Калиевская // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 6(48). – С. 13–19.
13. Костылев П.И. Руководство по технологии выращивания риса / В.И. Степовой, В.В. Бредихин, Р.Ю. Сластухин. – Ростов-на-Дону: Книга, 2008. – 48 с.
14. Костылев П.И. Дикие виды риса. – М.: Спутник плюс, 2011. – 510 с.
15. Костылев П.И. Северный рис (генетика, селекция, технология) / П.И. Костылев, А.А. Парфенюк, В.И. Степовой. – Ростов-на-Дону: Книга, 2004. – 576 с.
16. Ляховкин А.Г. Изучение мировой коллекции риса и классификатор рода *Oryza* L. // Методические указания. – Л.: ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова, 1982. – 34 с.
17. Мережко А.Ф. Использование менделеевских принципов в компьютерном анализе наследования варьирующих признаков // Экологическая генетика культурных растений: материалы школы молодых ученых РАСХН, ВНИИ риса. – Краснодар, 2005. – С. 107–117.
18. Мережко А.Ф. Система генетического изучения исходного материала для селекции растений. – Л.: ВИР, 1984. – 70 с.
19. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. В.И. Головачева, Е.В. Кириловской. Зерновые, крупя-

ные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – М.: Калининская областная типография управления издательств, полиграфии и книжной торговли Калининского облисполкома, 1989. – Вып. 2. – 194 с.

20. Методика Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. – М.: Сельхозиздат, 1985. – 243 с.

21. Натальин Н.Б. Рисоводство. / Н. Б. Наталь – М.: Колос, 1973. – 280 с.

22. Невежина А.Б. Продуктивность риса, возделываемого в условиях орошения, в зависимости от предшественников // Орошаемое земледелие. – 2017. – № 1. – С. 11–12.

23. Ганиев М.А. Обоснование норм посева риса, возделываемого на ненасыщенной водой почве / М.А. Ганиев, К.А. Родин, А.Б. Невежина // Высокие интеллектуальные технологии в науке и образовании: материалы III Международной научно-практической конференции. – СПб., 2017. – С. 70–72.

24. Родин К.А. Развитие рисоводства при периодическом орошении / К.А. Родин, А.Б. Невежина // World Science: Problems and Innovation: материалы Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2017. – Ч. 1. – С. 206–210.

25. Определение засухоустойчивости зерновых культур по депрессии роста проростков в растворах осмотиков: методические указания / сост. Н.Н. Кожушко, В.М. Царевская. – Л.: ВИР, 1984. – 9 с.

26. Особенности возделывания разных сортов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bioinside.ru/conibs-262-4.html>

27. Определение засухоустойчивости зерновых культур по депрессии роста проростков в растворах осмотиков: методические указания / сост. Н.Н. Кожушко, В.М. Царевская. – Л.: ВИР, 1984. – 9 с.

28. Пыльнев В.В. Частная селекция полевых культур / В.В. Пыльнев, Ю.Б. Коновалов, Т.И. Хапацария [и др.]; под ред. В.В. Пыльнева. – М.: КолосС, 2005. – 552 с. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).

29. Рис: площади, сборы и урожайность в 2001–2019 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/ris-ploschadi-sbory-i-urozhaynost-v-2001-2019-gg> (дата обращения: 20.03.2020).
30. Сметанин А.П. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян / А.П. Сметанин, В.А. Дзюба, А.И. Апрод. – Краснодар, 1972. – 155 с.
31. Соколова И.И. Каталог-справочник мировой коллекции ВИР: рис. – Л., 1962. – Вып. 7. – 52 с.
32. Харитонов Е.М. Генетика признаков, определяющих адаптивность риса (*Oryza sativa* L.) к абиотическим стрессам / Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова, Е.А. Малюченко // Экологическая генетика. – 2015. – Т. 13, № 4. – С. 37–54.
33. Чамышев, А.В. Агромелиоративные особенности формирования высокопродуктивных агроценозов риса в Нижнем Поволжье : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.02, 06.01.09 / А.В. Чамышев. – Саратов : Саратовский гос. аграрный ун-т им. Н.И. Вавилова, 2005. – 38 с.
34. Akhtar N. Estimation of heritability, correlation and path coefficient analysis in fine grain rice (*Oryza sativa* L.) / N. Akhtar, M.F. Nazir, A. Rabnawaz [и др.] // The Journal of Animal & Plant Sciences. – 2011. – Vol. 21, № 4. – P. 660–664.
35. Akinwale M.G. Heritability and correlation coefficient analysis for yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.) / M.G. Akinwale, G.F. Gregorio, B.O. Nwilene [и др.] // African Journal of Plant Science. – 2011. – Vol. 5, № 3. – P. 207–212.
36. Ali M.L. Mapping QTLs for root traits in a recombinant inbred population from two indica ecotypes in rice / M.L. Ali, M.S. Pathan, J. Zhang // Theoretical and Applied Genetics. – 2000. – Vol. 101. – P. 756–766.
37. Anjaneyulu M. Genetic variability, heritability and genetic advance in rice (*Oryza sativa* L.) / M. Anjaneyulu, D.R. Reddy, K.H.P. Reddy // Research on Crops. – 2010. – Vol. 11, № 2. – P. 415–416.

38. Araus J.L. Plant Breeding and Drought in C3 Cereals: What Should We Breed For? / J.L. Araus, G.A. Slafer, M.P. Reynolds, C. Royo // *Annals of Botany*. – 2002. – Vol. 89. – P. 925–940.
39. Arrauudeau M.A. Upland rice: Challenges and opportunities in a less favourable ecosystem // *GeoJournal*. – 1995. – Vol. 35. – P. 325–328.
40. Asíns M.J. Present and future of quantitative trait locus analysis in plant breeding // *Plant Breeding*. – 2002. – Vol. 121. – P. 281–291.
41. Atlin G.N. A comparison of formal and participatory breeding approaches using selection theory / G.N. Atlin, M. Cooper, A. Bjornstad // *Euphytica*. – 2001. – Vol. 122. – P. 463–475.
42. Atlin G.N. Developing rice cultivars for high-fertility upland systems in the Asian tropics / G.N. Atlin, H.R. Lafitte, D. Tao [и др.] // *Field Crops Research*. – 2006. – Vol. 97. – P. 43–52.
43. Atlin G.N. Heritability of rice yield under reproductive-stage drought stress, correlations across stress levels, and effects of selection: implications for drought tolerance breeding / G.N. Atlin, R. Lafitte, R. Venuprasad [и др.] // *Resilient Crops for Water-Limited Environments: Proceedings of a Workshop, Cuernavaca, Mexico, 24–28 May 2004* / ed. CIMMYT. – Mexico, 2004. – P. 32–34.
44. Atlin G.N. Agronomic performances of tropical aerobic, irrigated, and traditional upland rice varieties in three hydrological environments at IRRI / G.N. Atlin, T. Fisher, N. Turner [и др.] // *New directions for a diverse planet: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*. – Brisbane, Australia, 2004. – P. 1439.
45. Atlin G.N. Rapid breeding and varietal replacement are critical to adaptation of cropping systems in the developing world to climate change / G.N. Atlin, J.E. Cairns, B. Das // *Global Food Security*. – 2017. – Vol. 12. – P. 31–37. – DOI: 10.1016/j.gfs.2017.01.008.
46. Babu R.C. Genetic analysis of drought resistance in rice by molecular markers: Association between secondary traits and field performance / R.C. Babu,

B.D. Nguyen, V. Chamarerk [и др.] // *Crop Science*. – 2003. – Vol. 43. – P. 1457–1469. – DOI: 10.2135/cropsci2003.1457.

47. Babu R.C. HVA1, a LEA gene from barley confers dehydration tolerance in transgenic rice (*Oryza sativa* L.) via cell membrane protection / R.C. Babu, J.X. Zhang, A. Blum [и др.] // *Plant Science*. – 2004. – Vol. 166. – P. 855–862.

48. Bai N.R. Correlation of yield and yield components in medium duration rice cultivars / N.R. Bai, R. Devika, A. Regina, C.A. Joseph // *Environment and Ecology*. – 1992. – Vol. 10. – P. 469–470.

49. Barik S.R. Genetic mapping of morpho-physiological traits involved during reproductive stage drought tolerance in rice / S.R. Barik, E. Pandit, S.K. Pradhan // *PLoS One*. – 2019. – Vol. 14, № 12. – e0214979. – DOI: 10.1371/journal.pone.0214979.

50. Bernier J. Breeding upland rice for drought resistance / J. Bernier, G.N. Atlin, R. Serraj [и др.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2008. – Vol. 88, № 6. – P. 927–939. – DOI: 10.1002/jsfa.3153.

51. Bernier J. Breeding upland rice for drought resistance: review / J. Bernier, G.N. Atlin, R. Serraj [и др.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2008. – Vol. 88, № 6. – P. 927–939. – DOI: 10.1002/jsfa.3153.

52. Bernier J. A large-effect QTL for grain yield under reproductive-stage drought stress in upland rice / J. Bernier, A. Kumar, R. Venuprasad // *Crop Science*. – 2007. – Vol. 47, № 2. – P. 507–516. – DOI: 10.2135/cropsci2006.07.0495.

53. Bin Rahman A.N.M.R. Flood and drought tolerance in rice: Opposite but may coexist / A.N.M.R. Bin Rahman, J.H. Zhang // *Food and Energy Security*. – 2016. – Vol. 5, № 2. – P. 76–88. – DOI: 10.1002/fes3.79.

54. Bouman B.A. Performance of aerobic rice varieties under irrigated conditions in North China / B.A. Bouman, Y. Xiaoguang, M. Chen [и др.] // *Field Crops Research*. – 2006. – Vol. 97. – P. 53–65.

55. Catling D. *Rice in Deep Water*. – London: The MacMillan Press Ltd.; Int. Rice Res. Inst., 1992. – 542 p.

56. Chaves M.M. How plants cope with water stress in the field / M.M. Chaves, J.S. Pereira, J. Maroco [и др.] // *Annals of Botany*. – 2002. – Vol. 89. – P. 907–916.
57. Courtois B. Mapping QTL associated with drought avoidance in upland rice / B. Courtois, G. McLaren, P.K. Sinha [и др.] // *Molecular Breeding*. – 2000. – Vol. 6. – P. 55–66.
58. Courtois B. Locating QTLs controlling constitutive root traits in the rice population IAC 165 × Co39 / B. Courtois, Z. Li, L. Shen, W. Petalcorin, S. Carandang, R. Mauleon // *Euphytica*. – 2003. – Vol. 134. – P. 335–345.
59. Dingkuhn M. Improving yield potential of tropical rice: Achieved levels and perspectives through improved ideotypes / M. Dingkuhn, M.R.C. Laza, U. Kumar [и др.] // *Field Crops Research*. – 2015. – Vol. 182. – P. 43–59. – DOI: 10.1016/j.fcr.2015.05.025.
60. Dar M.H. Drought tolerant rice for ensuring food security in eastern India / M.H. Dar, S.A. Waza, S. Shukla // *Sustainability*. – 2020. – Vol. 12. – P. 2214. – DOI: 10.3390/su12062214.
61. Dhawan G. Introgression of qDTY1.1 governing reproductive stage drought tolerance into an elite Basmati rice variety “Pusa Basmati 1” through marker assisted backcross breeding / G. Dhawan, A. Kumar, P. Dwivedi // *Agronomy*. – 2021. – Vol. 11, № 2. – P. 202. – DOI: 10.3390/agronomy11020202.
62. Dixit S. Combining drought and submergence tolerance in rice: Marker-assisted breeding and QTL combination effects / S. Dixit, A. Singh, N. Sandhu // *Molecular Breeding*. – 2017. – Vol. 37. – P. 143. – DOI: 10.1007/s11032-017-0737-2.
63. Dwivedi P. Drought tolerant near isogenic lines (NILs) of Pusa 44 developed through marker assisted introgression of qDTY2.1 and qDTY3.1 enhances yield under reproductive stage drought stress / P. Dwivedi, N. Ramawat, G. Dhawan // *Agriculture*. – 2021. – Vol. 11. – P. 64. – DOI: 10.3390/agriculture11010064.
64. Efendi B. Mutation with gamma rays irradiation to assemble green super rice tolerant to drought stress and high yield rice (*Oryza sativa* L.) / B. Efendi,

Z. Sabaruddin, H. Lukman // International Journal of Advanced Science, Engineering and Technology. – 2017. – Vol. 5. – P. 1–5.

65. Fahad S. Crop production under drought and heat stress: Plant responses and management options / S. Fahad, A.A. Bajwa, U. Nazir // Frontiers in Plant Science. – 2017. – Vol. 8. – P. 1147.

66. Food and Agriculture Organization. The Impact of Natural Hazards and Disasters on Agriculture and Food and Nutrition Security: A Call for Action to Build Resilient Livelihoods. – Rome: FAO, 2015. – 56 p.

67. Fukai S. Development of drought resistant cultivars using physiomorphological traits in rice / S. Fukai, M. Cooper // Field Crops Research. – 1995. – Vol. 40, № 2. – P. 67–86.

68. Garrity D.P. Screening rice for drought resistance at the reproductive phase / D.P. Garrity, J.C. O'Toole // Field Crops Research. – 1994. – Vol. 39. – P. 99–110.

69. Global Rice Science Partnership. Rice Almanac. 4th ed. – Los Baños, Philippines: IRRI, 2013. – 283 p.

70. Guimaraes E.P. Population improvement, a way of exploiting rice genetic resources in Latin America. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2005. – 350 p.

71. Gupta A. The physiology of plant responses to drought / A. Gupta, A. Rico-Medina, A.I. Caño-Delgado // Science. – 2020. – Vol. 368. – P. 266–269. – DOI: 10.1126/science.aaz7614.

72. Hao Z.C. Seasonal drought prediction: Advances, challenges, and future prospects / Z.C. Hao, V.P. Singh, Y.L. Xia // Reviews of Geophysics. – 2018. – Vol. 56, № 1. – P. 108–141. – DOI: 10.1002/2016RG000549.

73. Haque M.M. Inheritance of leaf epicuticular wax content in rice / M.M. Haque, D.J. Mackill, K.T. Ingram // Crop Science. – 1992. – Vol. 32. – P. 865–868.

74. Hay R.K.M. Harvest index: A review of its use in plant breeding and crop physiology // *Annals of Applied Biology*. – 1995. – Vol. 126. – P. 197–216. – DOI: 10.1111/j.1744-7348.1995.tb05015.x.
75. Hazen S.P. Expression profiling of rice segregating for drought tolerance QTLs using a rice genome array / S.P. Hazen, M.S. Pathan, A. Sanchez // *Functional and Integrative Genomics*. – 2005. – Vol. 5. – P. 104–116.
76. Hirasawa T. Physiological characterization of rice plant for tolerance of water deficit / T. Hirasawa // *Genetic Improvement of Rice for Water-Limited Environments* / ed. O. Ito, J.C. O'Toole, B. Hardy. – Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute, 1999. – P. 89–98.
77. Huke R.E. Rice area by type of culture: South, Southeast and East Asia. – Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute, 1982. – 32 p.
78. Jongdee B. Leaf water potential and osmotic adjustment as physiological traits to improve drought tolerance in rice / B. Jongdee, S. Fukai, M. Cooper // *Field Crops Research*. – 2002. – Vol. 76. – P. 153–163.
79. Jongdee B. Improving drought tolerance in rainfed lowland rice: An example from Thailand / B. Jongdee, G. Pantuwan, S. Fukai // *Agricultural Water Management*. – 2006. – Vol. 80. – P. 225–240.
80. Khush G.S. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice // *Plant Molecular Biology*. – 1997. – Vol. 35. – P. 25–34.
81. Khush G.S. What it will take to feed 5.0 billion rice consumers by 2030 // *Plant Molecular Biology*. – 2005. – Vol. 59. – P. 1–6.
82. Koli N.R. Effectiveness of selection response on F3 and F4 generations for grain yield and yield attributing traits in aromatic rice (*Oryza sativa* L.) / N.R. Koli, B.K. Patidar // *Electronic Journal of Plant Breeding*. – 2018. – Vol. 9, № 1. – P. 368–371. – DOI: 10.5958/0975-928X.2018.00041.8.
83. Kropff M.J. Quantitative understanding of yield potential / M.J. Kropff, K.G. Cassman, S. Peng // *Breaking the Yield Barrier* / ed. K.G. Cassman. – Los Baños, Philippines: IRRI, 1994. – P. 21–38.

84. Kumar A. Breeding high-yielding drought-tolerant rice: Genetic variations and conventional and molecular approaches / A. Kumar, S. Dixit, T. Ram [и др.] // *Journal of Experimental Botany*. – 2014. – Vol. 65. – P. 6265–6278. – DOI: 10.1093/jxb/eru363.
85. Kumar A. Mechanisms of drought tolerance in rice / A. Kumar, S. Basu, V. Ramegowda, A. Pereira // *Achieving Sustainable Cultivation of Rice* / ed. T. Sasaki. – Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing, 2016. – Vol. 11. – DOI: 10.19103/AS.2106.0003.08.
86. Kumar A. Marker-assisted selection strategy to pyramid two or more QTLs for quantitative trait-grain yield under drought / A. Kumar, N. Sandhu, S. Dixit // *Rice*. – 2018. – Vol. 11. – P. 35. – DOI: 10.1186/s12284-018-0227-0.
87. Lafitte H.R. Abiotic stress tolerance in rice for Asia: progress and the future / H.R. Lafitte, A. Ismail, J. Bennet // *New directions for a diverse planet: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress* / ed. T. Fischer [et al.]. – Brisbane, Australia, 2004.
88. Lafitte H.R. Improvements of rice drought tolerance through backcross breeding: Evaluation of donors and selection in drought nurseries / H.R. Lafitte, Z.K. Li, C.H.M. Vijayakumar // *Field Crops Research*. – 2006. – Vol. 97. – P. 77–86.
89. Lafitte H.R. Whole plant responses, key processes, and adaptation to drought stress: the case of rice / H.R. Lafitte, G. Yongsheng, S.Z.K. Yan // *Journal of Experimental Botany*. – 2007. – Vol. 58. – P. 169–175. – DOI: 10.1093/jxb/erl101.
90. Lafitte R. Using secondary traits to help identify drought-tolerant genotypes / R. Lafitte, A. Blum, G. Atlin // *Breeding rice for drought-prone environments* / ed. K.S. Fisher et al. – Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute, 2003. – P. 37–48.
91. Lanceras J.C. Quantitative trait loci associated with drought tolerance at reproductive stage in rice / J.C. Lanceras, G.P. Pantuwan, B. Jongdee, T. Toojinda

// Plant Physiology. – 2004. – Vol. 135. – P. 384–399. – DOI: 10.1104/pp.103.035527.

92. Lawlor D.W. Genetic engineering to improve plant performance under drought: physiological evaluation of achievements, limitations, and possibilities // Journal of Experimental Botany. – 2013. – Vol. 64, № 1. – P. 83–108.

93. Liu J.K. Genetic variation in the sensitivity of anther dehiscence to drought stress in rice / J.K. Liu, D.Q. Liao, R. Oane, L. Estenor [и др.] // Field Crops Research. – 2006. – Vol. 97. – P. 87–100.

94. Luo L.J. Breeding for water-saving and drought resistance rice (WDR) in China // Journal of Experimental Botany. – 2010. – Vol. 61, № 13. – P. 3509–3517. – DOI: 10.1093/jxb/erq185.

95. Mackill D.J. Indirect selection for physiological traits for drought tolerance / D.J. Mackill, S. Fukai, A. Blum // Breeding rice for drought-prone environments / ed. K.S. Fisher. – Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute, 2003. – P. 49–54.

96. MacMillan K. Assessing the importance of genotype $\times$ environment interaction for root traits in rice using a mapping population II: conventional QTL analysis / K. MacMillan, K. Emrich, H.P. Piepho // Theoretical and Applied Genetics. – 2006. – Vol. 113. – P. 953–964.

97. Mae T. Physiological nitrogen efficiency in rice: Nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential / T. Mae // Plant and Soil. – 1997. – Vol. 196, № 2. – P. 201–210.

98. Mambani B. Response of upland rice varieties to drought stress. II. Screening rice varieties by means of variable moisture regimes along a toposequence / B. Mambani, R. Lal // Plant and Soil. – 1983. – Vol. 73. – P. 73–94.

99. Melandri G. Biomarkers for grain yield stability in rice under drought stress / G. Melandri, H. Abdelgawad, D. Riewe // Journal of Experimental Botany. – 2020. – Vol. 71, № 2. – P. 669–683. – DOI: 10.1093/jxb/erz221.

100. Miah G. Blast resistance in rice: a review of conventional breeding to molecular approaches / G. Miah, M.Y. Rafii, M.R. Ismail // *Molecular Biology Reports*. – 2013. – Vol. 40, № 3. – P. 2369–2388. – DOI: 10.1007/s11033-012-2318-0.
101. Miah G. Blast resistance in rice: a review of conventional breeding to molecular approaches / G. Miah, M.Y. Rafii, M.R. Ismail // *Molecular Biology Reports*. – 2013. – Vol. 40, № 3. – P. 2369–2388. – DOI: 10.1007/s11033-012-2318-0.
102. Mittler R. Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives / R. Mittler, E. Blumwald // *Annual Review of Plant Biology*. – 2010. – Vol. 61. – P. 443–462. – DOI: 10.1146/annurev-arplant-042809-112116.
103. Mohd Ikmal A. Incorporating drought and submergence tolerance QTL in rice (*Oryza sativa* L.) – the effects under reproductive stage drought and vegetative stage submergence stresses / A. Mohd Ikmal, A.A.S. Noraziyah, R. Wickneswari // *Plants*. – 2021. – Vol. 10. – P. 225. – DOI: 10.3390/plants10020225.
104. Muthu V. Pyramiding QTLs controlling tolerance against drought, salinity, and submergence in rice through marker assisted breeding / V. Muthu, R. Abbai, J. Nallathambi [и др.] // *PLoS One*. – 2020. – Vol. 15. – DOI: 10.1371/journal.pone.0227421.
105. Nguyen H.T. Breeding for drought resistance in rice: physiology and molecular genetics considerations / H.T. Nguyen, R.C. Babu, A. Blum // *Crop Science*. – 1997. – Vol. 37. – P. 1426–1434.
106. Oladosu Y. Drought resistance in rice from conventional to molecular breeding: A review / Y. Oladosu, M.Y. Rafii, C. Samuel // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – Vol. 20, № 14. – P. 3519. – DOI: 10.3390/ijms20143519.
107. O'Toole J.C. Rice and water: the final frontier // *The First International Conference on Rice for the Future* / ed. The Rockefeller Foundation. – Bangkok, Thailand, 2004. – P. 26.

108. Panda D. Drought tolerance in rice: Focus on recent mechanisms and approaches / D. Panda, S. Sakambari, M. Prafulla, K. Behera // *Rice Science*. – 2021. – Vol. 28, № 2. – P. 119–132. – DOI: 10.1016/j.rsci.2021.01.002.
109. Panda D. Drought tolerance in rice: Focus on recent mechanisms and approaches / D. Panda, S.S. Mishra, P.K. Behera // *Rice Science*. – 2021. – Vol. 28, № 2. – P. 119–132. – DOI: 10.1016/j.rsci.2021.01.002.
110. Pantuwan G. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to drought under rainfed lowlands: 2. Selection of drought resistant genotypes / G. Pantuwan, S. Fukai, M. Cooper, S. Rajatasereekul, J.C. O'Toole // *Field Crops Research*. – 2002. – Vol. 73. – P. 169–180.
111. Passioura J. Increasing crop productivity when water is scarce from breeding to field management // *Agricultural Water Management*. – 2006. – Vol. 80. – P. 176–196.
112. Peng S. Progress in ideotype breeding to increase rice yield potential / S. Peng, G.S. Khush, P. Virk, Q. Tang, Y. Zou // *Field Crops Research*. – 2008. – Vol. 108. – P. 32–38. – DOI: 10.1016/j.fcr.2008.04.001.
113. Pennisi E. The blue revolution, drop by drop, gene by gene // *Science*. – 2008. – Vol. 320. – P. 171–173.
114. Prasad G.S.V. Genetic relationship among yield components in rice (*Oryza sativa* L.) / G.S.V. Prasad, A.S.R. Prasad, M.V.S. Sastry, T.E. Srinivasan // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. – 1988. – Vol. 58, № 6. – P. 470–472.
115. Price A.H. QTLs for root growth and drought resistance in rice / A.H. Price // *Molecular Techniques in Crop Improvement* / ed. J.S. Mohan [et al.]. – Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 2002. – P. 563–584.
116. Price A.H. Linking drought-resistance mechanisms to drought avoidance in upland rice using a QTL approach: progress and new opportunities to integrate stomatal and mesophyll responses / A.H. Price, J.E. Cairns, P. Horton // *Journal of Experimental Botany*. – 2002. – Vol. 53. – P. 989–1004.

117. Price A.H. Genetic dissection of root growth in rice (*Oryza sativa* L.). II: mapping quantitative trait loci using molecular markers / A.H. Price, A.D. Tomos // *Theoretical and Applied Genetics*. – 1997. – Vol. 95. – P. 143–152.
118. Price A.H. Quantitative trait loci associated with stomatal conductance, leaf rolling and heading date mapped in upland rice (*Oryza sativa*) / A.H. Price, E.M. Young, A.D. Tomos // *New Phytologist*. – 1997. – Vol. 137. – P. 83–91.
119. Rice Knowledge Bank. What is the difference between aerobic rice and upland rice? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.knowledgebank.irri.org> (дата обращения: 10.05.2016).
120. Robin S. Mapping osmotic adjustment in an advanced back-cross inbred population of rice / S. Robin, M.S. Pathan, B. Courtois [и др.] // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2003. – Vol. 107. – P. 1288–1296.
121. Rosielle A.A. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments / A.A. Rosielle, J. Hamblin // *Crop Science*. – 1981. – Vol. 21. – P. 943–945.
122. Sahebi M. Improvement of drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.): genetics, genomic tools, and the WRKY gene family / M. Sahebi, M.M. Hanafi, M.Y. Rafii [и др.] // *BioMed Research International*. – 2018. – 3158474.
123. Saito K. Response of traditional and improved upland rice cultivars to N and P fertilizer in northern Laos / K. Saito, B. Linqvist, G.N. Atlin // *Field Crops Research*. – 2006. – Vol. 96. – P. 216–223.
124. Salunkhe A.S. Fine mapping QTL for drought resistance traits in rice (*Oryza sativa* L.) using bulk segregant analysis / A.S. Salunkhe, R. Poornima, K.S. Prince [и др.] // *Molecular Biotechnology*. – 2011. – Vol. 49. – P. 90–95. – DOI: 10.1007/s12033-011-9382-x.
125. Sandhu N. Bridging the rice yield gaps under drought: QTLs, genes, and their use in breeding programs / N. Sandhu, A. Kumar // *Agronomy*. – 2017. – Vol. 7. – P. 27.

126. Sandhu N. Marker assisted breeding to develop multiple stress tolerant varieties for flood and drought prone areas / N. Sandhu, S. Dixit, B.P.M. Swamy // Rice. – 2019. – Vol. 12. – P. 8. – DOI: 10.1186/s12284-019-0269-y.
127. Shamsudin N.A.A. Marker assisted pyramiding of drought yield QTLs into a popular Malaysian rice cultivar, MR219 / N.A.A. Shamsudin, B.P.M. Swamy, W. Ratnam // BMC Genetics. – 2016. – Vol. 17. – P. 30.
128. Sharma R.S. Correlation studies in upland rice / R.S. Sharma, S.D. Choubey // Indian Journal of Agronomy. – 1985. – Vol. 30, № 1. – P. 87–88.
129. Sharp R.E. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics / R.E. Sharp, V. Poroyko, L.G. Hejlek // Journal of Experimental Botany. – 2004. – Vol. 55. – P. 2343–2351.
130. Singh R. From QTL to variety: harnessing the benefits of QTLs for drought, flood and salt tolerance in mega rice varieties of India through a multi-institutional network / R. Singh, Y. Singh, S. Xalaxo // Plant Science. – 2016. – Vol. 242. – P. 278–287. – DOI: 10.1016/j.plantsci.2015.08.008.
131. Singh S. Identification and characterization of drought responsive miRNAs from a drought tolerant rice genotype of Assam / S. Singh, A. Kumar, D. Panda // Plant Gene. – 2020. – № 21. – P. 100213. – DOI: 10.1016/j.plgene.2019.100213.
132. Sürek H. Diallel analysis of some quantitative characters in F1 and F2 generations in rice (*Oryza sativa* L.) / H. Sürek, K.Z. Korkut // Egyptian Journal of Agricultural Research. – 1998. – Vol. 76, № 2. – P. 651–663.
133. Upadhyaya H. Drought stress responses and its management in rice / H. Upadhyaya, S.K. Panda // In: Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance / eds M. Hasanuzzaman, M. Fujita, K. Nahar, J.K. Biswas. – UK: Elsevier, 2019. – P. 177–200. – DOI: 10.1016/B978-0-12-814332-2.00009-5.
134. Usatov A.V. Introgression of the rice blast resistance genes Pi1, Pi2 and Pi33 into Russian rice varieties by marker-assisted selection / A.V. Usatov, P.I. Kostylev, K.V. Azarin // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. – 2016. – Vol. 76, № 1. – P. 18–23. – DOI: 10.5958/0975-6906.2016.00003.1.

135. Venuprasad R. Tagging quantitative trait loci associated with grain yield and root morphological traits in rice (*Oryza sativa* L.) under contrasting moisture regimes / R. Venuprasad, H.E. Shashidhar, S. Hittalmani, G.S. Hemamalini // *Euphytica*. – 2002. – Vol. 128. – P. 293–300.
136. Venuprasad R. Response to direct selection for grain yield under drought stress in rice / R. Venuprasad, H. Lafitte, G. Atlin // *Crop Science*. – 2007. – Vol. 47, № 1. – P. 285–293. – DOI: 10.2135/cropsci2006.03.0181.
137. Vikram P. qDTY1.1, a major QTL for rice grain yield under reproductive-stage drought stress with a consistent effect in multiple elite genetic backgrounds / P. Vikram, B.P.M. Swamy, S. Dixit [и др.] // *BMC Genetics*. – 2011. – Vol. 12. – P. 89. – DOI: 10.1186/1471-2156-12-89.
138. Vinod K.K. Genetics of drought tolerance, candidate genes and their utilization in rice improvement / K.K. Vinod, S. Gopala Krishnan, R. Thribhuvan, A.K. Singh // In: *Genomics-Assisted Breeding of Crops for Abiotic Stress Tolerance* / eds V.R. Rajpal, D. Sehgal, A. Kumar, S.N. Raina. – Basel: Springer Nature, 2019. – Vol. II. – DOI: 10.1007/978-3-319-99573-1_9.
139. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. World Agricultural Production. Circular Series WAP 12-20. – 2020. – P. 30.
140. Yadav R. Mapping genes controlling root morphology and root distribution in a doubled-haploid population of rice / R. Yadav, B. Courtois, N. Huang, G. McLaren // *Theoretical and Applied Genetics*. – 1997. – Vol. 94. – P. 619–632.
141. Yang J. Hormonal changes in the grains of rice subjected to water stress during grain filling / J. Yang, J. Zhang, Z. Wang // *Plant Physiology*. – 2001. – Vol. 127. – P. 315–323.
142. Yoshinaga S. Varietal differences in sink production and grain-filling ability in recently developed high-yielding rice (*Oryza sativa* L.) varieties in Japan / S. Yoshinaga, T. Takai, Y. Arai-Sanoh // *Field Crops Research*. – 2013. – Vol. 150. – P. 74–82. – DOI: 10.1016/j.fcr.2013.06.004.
143. You J. Genetic improvement of drought resistance in rice / J. You, L. Xiong // In: *Genetic Manipulation in Plants for Mitigation of Climate Change* / eds

P.K. Jaiwal [и др.]. – New Delhi: Springer, 2015. – P. 73–76. – DOI: 10.1007/978-81-322-2662-8_1.

144. Yue B. Genetic basis of drought resistance at reproductive stage in rice: separation of drought tolerance from drought avoidance / B. Yue, W. Xue, L. Xiong // *Genetics*. – 2006. – Vol. 172, № 2. – P. 1213–1228. – DOI: 10.1534/genetics.105.045062.

145. Zhang J. Locating genomic regions associated with components of drought resistance in rice: comparative mapping within and across species / J. Zhang, H.G. Zheng, A. Aarti // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2001. – Vol. 103. – P. 19–29.

146. Zhang Q. Strategies for developing Green Super Rice // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. – 2007. – Vol. 104, № 42. – P. 16402–16409.

147. Zheng H. Quantitative trait loci for root-penetration ability and root thickness in rice: comparison of genetic backgrounds / H. Zheng, R.C. Babu, M.S. Pathan // *Genome*. – 2000. – Vol. 43, № 1. – P. 53–61. – DOI: 10.1139/gen-43-1-53.

148. Zichao L. QTL mapping of root traits in a doubled haploid population from a cross between upland and lowland japonica rice in three environments / L. Zichao, M. Ping, L. Chunping // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2005. – Vol. 110. – P. 1244–1252.

149. Zou G.H. Screening for drought resistance of rice recombinant inbred populations in the field / G.H. Zou // *Journal of Integrative Plant Biology*. – 2007. – Vol. 49. – P. 1508–1516.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Характеристика образцов риса по вегетативным признакам, засуха, 2020 г.

№ в отчете	Урожайность, т/га	Вегетационный период до цветения, дни	Высота растений, см	Кол-во растений к уборке, штук	Кол-во стеблей, штук	Кусти-стость	Длина метелки, см	Плотность, шт./см
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	3,77	106	83,9	113,3	222,0	2,1	14,7	9,7
2	4,43	93	74,4	121,3	204,7	1,8	13,3	9,1
3	4,1	99	70,0	92,0	238,0	2,8	13,5	10,5
4	3,53	93	73,3	129,3	275,3	2,2	16,7	3,3
5	4,53	93	66,7	134,0	272,0	2,1	12,7	8,9
6	4,17	93	70,0	139,3	264,7	2,1	13,8	8,7
7	4,6	108	83,3	172,7	297,3	1,7	13,5	8,9
8	3,97	104	82,2	92,0	189,3	2,2	17,2	8,3
9	4,03	90	87,8	161,3	315,3	2,0	19,2	4,1
10	3,47	88	83,3	155,3	273,3	1,8	19,5	3,7
11	4,6	86	88,3	190,7	307,3	1,6	17,5	3,7
12	3,7	90	90,0	146,7	272,0	1,9	18,3	4,1
13	4,13	87	83,9	169,3	276,0	1,7	18,5	4,1
14	3,07	91	90,0	163,3	300,0	1,9	19,0	5,6
15	3,97	88	94,4	146,0	258,0	1,8	19,3	4,0
16	2,97	97	88,9	118,7	248,7	2,1	14,8	7,1
17	3,13	97	87,8	100,7	248,7	2,7	14,8	6,7
18	3,3	104	79,4	140,0	278,0	2,1	13,8	8,7
19	2,7	97	93,9	146,0	268,7	1,9	16,2	5,5
20	4,2	98	72,2	147,3	247,3	1,8	13,2	8,0
21	2,43	97	99,4	112,0	218,7	1,9	16,3	6,7
22	4,3	93	81,7	135,3	230,7	1,8	13,8	8,1
23	3,6	95	81,1	121,3	223,3	2,1	14,5	8,8
24	3,87	93	74,4	110,0	212,0	2,1	13,5	9,4
25	2,53	93	84,4	154,7	294,7	2,0	15,3	7,4
26	2	97	76,1	164,0	249,3	1,5	14,0	11,0
27	2,87	106	67,8	100,7	192,0	2,1	13,3	12,5
28	1,6	108	64,4	118,7	233,3	2,0	12,8	12,5
29	1,9	108	66,1	152,0	314,0	2,1	12,0	11,6
30	3,47	107	81,7	116,0	238,0	2,1	14,7	11,8
31	2,4	103	79,2	99,0	239,0	2,7	13,5	9,8
32	3,43	98	78,9	119,3	221,3	2,0	13,8	9,2
33	3,17	104	73,9	160,7	302,0	1,9	12,5	9,0
34	3,6	109	85,6	115,3	258,0	2,2	14,7	10,4
35	3,17	108	86,1	98,7	222,0	2,3	14,0	11,1
36	3,07	109	80,6	130,7	264,7	2,2	14,2	9,8
37	3,2	108	83,9	89,3	210,0	2,3	14,7	8,9

38	2,73	106	84,4	129,3	296,0	2,4	14,7	9,4
39	2,77	108	86,7	118,0	252,7	2,2	14,8	9,6
40	2,87	109	78,9	119,3	216,0	1,9	14,3	11,0
41	3,6	100	82,8	153,3	268,0	1,8	14,8	8,4
42	3,5	100	78,9	123,3	240,7	2,0	14,3	10,2
43	4,03	102	83,3	91,3	236,7	2,7	15,3	9,6
44	2,97	99	81,1	85,3	200,7	2,5	15,0	8,4
45	3,9	97	88,3	117,3	244,0	2,1	12,8	8,9
46	3,87	102	82,2	118,7	219,3	1,9	13,3	10,5
47	3,57	98	84,4	102,7	198,7	2,1	13,3	11,5
48	3,97	93	78,3	106,0	217,3	2,0	14,2	9,5
49	1,5	107	88,3	74,0	250,0	4,0	17,0	9,9
50	2,5	108	79,4	157,3	300,7	2,1	14,5	8,4
51	2,17	105	82,8	134,0	261,3	2,0	18,0	6,2
52	4,33	93	72,8	151,3	262,0	1,8	13,5	8,6
53	3,2	96	82,5	140,0	295,0	2,2	16,0	5,5
54	1,33	110	87,2	140,0	300,0	2,2	18,8	5,9
55	3,2	104	83,3	115,3	224,7	2,2	14,5	11,9
56	3,9	93	71,1	124,7	208,7	1,8	13,3	7,7
57	1,8	112	77,2	136,0	333,3	2,8	16,0	7,1
58	4,2	108	76,1	160,0	271,3	1,8	13,8	8,9
59	2,83	99	77,8	146,7	232,7	1,6	13,3	9,0
60	3,27	95	74,4	146,0	226,0	1,5	13,5	8,5
61	3,03	106	81,1	96,0	232,7	2,5	14,0	11,6
62	1,33	103	71,4	122,0	260,0	2,2	16,3	10,2
63	1,9	111	84,4	150,7	318,7	2,3	16,3	6,4
64	2,23	90	87,8	142,7	296,7	2,2	17,8	4,7
65	2,97	95	90,6	100,7	245,3	3,2	18,5	6,1
Минимум	1,33	86	64,4	74	189,3	1,5	12	3,3
Максимум	4,6	112	99,4	190,7	333,3	4	19,5	12,5
Средние	3,2	99,8	81,0	128,9	253,7	2,1	15,1	8,4
Коэффици- ент вари- ации	67,9	114,6	101,3	326,6	421,9	135,8	104,2	115,0

Приложение 2

Характеристика образцов риса по генеративным признакам, засуха, 2020 г.

№ в отчете	Пустозер- ность, %	Масса 10 расте- ний, г	Масса 10 метелок, г	Масса 1000 зе- рен, грамм	Кол-во зерен в ме- телке, шт.	Пустых колос- ков, шт.	Общее число ко- лосков, шт.
	9	10	11	12	13	14	15
1	17,6	50,1	29,4	22,2	118,3	24,5	142,8
2	17,5	44,7	27,1	25,4	99,8	21,8	121,7
3	15,7	53,5	35,0	26,3	119,5	22,5	142,0
4	14,4	22,7	13,6	28,1	47,3	7,8	55,2
5	25,0	36,2	22,8	24,7	83,8	28,5	112,3
6	19,2	42,7	26,0	25,2	93,8	26,3	120,2
7	18,4	43,3	22,3	21,1	97,7	22,5	120,2
8	21,0	50,1	30,8	25,5	110,5	31,7	142,2
9	7,3	29,4	19,0	25,7	72,3	5,7	78,0
10	6,7	29,3	18,6	25,9	67,5	5,0	72,5
11	7,6	25,9	15,2	22,6	60,3	4,7	65,0
12	9,5	29,3	17,5	24,3	67,3	7,0	74,3
13	6,4	29,3	18,7	26,9	70,5	4,8	75,3
14	15,9	32,3	20,6	20,8	89,5	17,8	107,3
15	9,0	27,0	16,3	22,8	70,7	7,0	77,7
16	14,7	42,1	24,1	25,0	90,0	15,2	105,2
17	15,1	40,1	23,5	25,6	84,8	15,3	100,2
18	16,0	41,0	21,0	19,8	98,8	18,5	117,3
19	18,0	32,1	17,4	24,1	72,5	16,0	88,5
20	18,8	36,8	21,9	24,3	83,3	21,0	104,3
21	23,3	35,1	19,1	22,1	82,0	24,8	106,8
22	18,5	42,5	24,2	24,0	91,7	20,2	111,8
23	23,6	40,2	23,3	23,1	96,7	30,0	126,7
24	20,5	43,9	27,6	25,6	101,0	26,0	127,0
25	25,1	39,2	22,2	23,9	85,2	28,7	113,8
26	21,5	37,3	20,2	20,0	119,0	33,2	152,2
27	16,5	55,3	34,7	22,8	138,7	28,2	166,8
28	16,5	52,1	31,4	21,3	134,3	26,2	160,5
29	13,1	47,0	24,3	20,6	123,0	18,0	141,0
30	15,1	55,1	31,9	21,9	147,3	25,5	172,8
31	18,5	45,5	25,6	21,4	108,5	23,8	132,3
32	21,7	41,5	26,4	25,0	99,0	28,5	127,5
33	27,1	40,4	20,3	22,0	82,8	30,2	113,0
34	15,2	54,1	31,1	23,0	128,8	23,5	152,3
35	24,0	52,1	29,3	23,1	116,5	39,3	155,8
36	24,7	42,7	24,1	21,7	100,3	34,7	135,0
37	17,2	49,0	25,2	21,6	108,3	22,3	130,7
38	25,2	42,5	21,6	19,6	103,8	34,2	138,0

39	25,3	41,8	22,9	20,5	104,8	36,8	141,7
40	35,9	48,4	24,1	21,2	100,5	57,2	157,7
41	14,3	41,6	22,2	19,2	106,5	17,3	123,8
42	14,6	47,8	27,0	19,9	125,0	21,2	146,2
43	23,9	49,0	28,9	23,5	111,7	36,5	148,2
44	17,4	47,3	27,9	24,3	103,5	21,8	125,3
45	20,4	40,1	23,6	24,2	91,5	22,5	114,0
46	21,9	48,0	27,9	23,5	108,8	30,5	139,3
47	24,0	49,5	29,3	23,1	114,8	38,0	152,8
48	20,8	48,4	28,7	24,5	106,8	28,2	135,0
49	26,2	50,2	30,0	22,5	124,0	43,5	167,5
50	26,0	35,0	18,2	18,5	90,2	30,5	120,7
51	14,1	33,8	17,2	18,7	95,2	16,3	111,5
52	17,6	38,0	22,5	25,6	94,3	21,2	115,5
53	20,0	33,3	17,9	23,0	70,0	18,0	88,0
54	27,6	31,3	15,2	18,3	79,8	32,7	112,5
55	22,1	47,4	28,2	20,0	131,3	41,5	172,8
56	13,7	38,1	23,5	25,1	85,8	14,3	100,2
57	35,8	35,2	16,5	21,9	69,5	44,3	113,8
58	11,8	45,7	26,2	22,5	108,5	14,5	123,0
59	13,4	43,6	26,8	23,5	103,7	15,7	119,3
60	19,6	41,8	25,2	25,4	91,3	23,2	114,5
61	18,0	51,8	28,0	19,0	132,7	30,0	162,7
62	47,2	47,0	19,6	20,5	94,0	74,0	168,0
63	42,0	34,1	16,2	25,2	57,7	47,2	104,8
64	21,3	30,9	15,9	22,2	66,2	17,5	83,7
65	20,8	39,6	22,7	23,9	87,5	23,2	110,7
Минимум	6,4	22,7	13,6	18,3	47,3	4,7	55,2
Максимум	47,2	55,3	35	28,1	147,3	74	172,8
Средние	19,6	41,4	23,6	22,9	97,2	25,2	122,5
Коэффици- ент вариации	257,4	96,7	85,6	82,0	101,8	309,1	118,1

Приложение 3

Характеристика образцов риса по вегетативным признакам, контроль, 2020 г.

№ в отчете	Урожайность, т/га	Вегетационный период до цветения, дни	Высота растений, см	Количество растений к уборке, штук/м	Количество стеблей, штук/м	Кустистость	Длина метелки, см	Плотность, шт./см
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	6,67	92	85,0	116,0	186,0	1,7	14,8	8,9
2	5,29	81	73,9	140,0	228,7	1,6	13,5	10,6
3	4,27	81	73,3	127,3	198,0	1,6	13,7	9,2
4	4,08	74	80,0	162,7	225,3	1,4	15,7	4,6
5	4,20	80	66,7	147,3	200,0	1,4	12,8	8,3
6	5,18	82	71,1	195,3	296,7	1,5	13,3	7,2
7	6,35	90	76,1	204,7	331,3	1,6	12,8	6,9
8	5,29	89	83,3	78,0	120,7	1,6	16,8	7,8
9	4,04	80	88,9	166,7	210,7	1,3	17,7	4,5
10	3,92	76	85,6	158,0	232,7	1,5	16,2	4,8
11	3,33	73	79,4	198,7	298,0	1,5	14,2	3,4
12	4,27	78	85,6	175,3	272,0	1,6	16,3	5,1
13	3,06	77	88,3	178,7	264,0	1,6	17,0	4,1
14	3,65	78	75,6	147,3	242,7	1,6	14,8	6,5
15	4,59	79	87,2	144,7	218,7	1,5	17,8	4,8
16	4,12	88	77,8	178,7	274,0	1,6	14,8	6,8
17	4,47	88	86,1	142,7	229,3	1,6	13,2	7,6
18	6,04	93	77,8	210,0	368,0	1,8	13,0	9,1
19	5,22	87	102,2	192,0	314,0	1,6	16,8	4,9
20	4,94	85	79,4	164,0	243,3	1,5	12,8	7,9
21	5,22	89	108,9	148,7	240,7	1,6	15,8	5,7
22	5,61	89	76,1	144,7	207,3	1,4	13,8	7,8
23	4,27	83	82,2	131,3	196,0	1,5	14,0	8,7
24	4,27	83	75,0	148,0	214,7	1,5	13,0	8,5
25	4,94	84	84,4	176,7	262,7	1,5	14,3	6,7
26	2,86	88	70,0	164,7	250,0	1,6	14,2	6,7
27	3,33	90	68,3	111,3	161,3	1,5	12,8	8,0
28	3,61	93	73,3	188,0	314,7	1,7	12,5	8,2
29	3,33	93	68,9	164,7	249,3	1,5	12,7	8,0
30	4,31	91	79,4	125,3	197,3	1,6	13,8	9,4
31	5,76	88	70,0	111,0	199,0	1,8	14,3	8,9
32	6,00	87	78,9	161,3	240,7	1,5	13,2	7,7
33	6,27	88	73,3	218,7	346,7	1,6	12,5	7,0
34	5,65	89	81,1	150,7	191,3	1,3	14,7	7,3
35	5,22	89	75,6	136,7	208,0	1,5	13,7	8,9
36	6,78	89	71,1	182,7	292,0	1,6	13,8	7,9
37	5,73	92	77,2	104,7	173,3	1,7	14,0	9,6
38	7,02	92	77,2	104,0	198,0	1,9	15,2	8,9

39	4,90	93	83,3	178,0	264,7	1,5	14,5	8,2
40	6,16	92	76,1	157,3	226,0	1,5	14,2	7,8
41	4,75	90	81,7	171,3	248,0	1,5	14,7	8,8
42	4,63	87	79,4	167,3	258,7	1,6	14,2	8,2
43	4,20	86	80,6	91,3	156,0	1,8	15,3	7,7
44	3,69	83	79,4	84,7	131,3	1,6	14,2	8,7
45	5,33	88	75,0	170,7	274,0	1,6	12,5	7,5
46	4,90	92	80,6	166,7	237,3	1,5	13,2	8,2
47	5,73	91	78,9	147,3	237,3	1,6	12,5	8,3
48	4,63	81	85,0	104,0	146,7	1,5	12,7	8,7
49	2,82	92	68,3	184,0	266,0	1,5	13,5	6,7
50	6,08	93	81,1	149,3	245,3	1,6	14,8	7,2
51	2,82	93	78,9	140,0	196,7	1,5	17,3	5,8
52	4,39	81	75,0	204,7	309,3	1,5	13,3	6,2
53	5,53	82	90,0	210,0	296,0	1,4	15,0	5,9
54	4,55	93	90,6	155,3	230,7	1,5	16,7	5,9
55	3,41	93	76,7	135,3	206,0	1,5	14,7	8,9
56	3,65	84	73,3	182,7	287,3	1,6	12,0	7,4
57	5,80	96	85,0	204,7	293,3	1,5	17,0	6,1
58	6,24	92	80,0	192,7	309,3	1,6	14,2	7,5
59	5,53	83	82,8	177,3	264,0	1,6	12,0	7,5
60	3,84	83	72,2	192,7	289,3	1,5	12,2	7,1
61	4,86	91	81,1	110,7	168,0	1,7	14,7	8,1
62	7,41	100	79,4	160,7	254,0	1,6	16,8	8,2
63	4,86	102	86,1	220,7	320,7	1,5	17,2	5,7
64	3,80	85	96,7	146,0	231,3	1,6	17,0	5,3
65	2,43	85	88,3	156,7	190,0	1,2	17,5	4,5
Мини-мум	2,43	73	66,7	78	120,7	1,2	12	3,4
Макси-мум	7,41	102	108,9	220,7	368	1,9	17,8	10,6
Средние	4,8	87,1	80,0	157,9	240,5	1,6	14,5	7,3

Приложение 4

Характеристика образцов риса по генеративным признакам, контроль, 2020 г.

№ в отчете	Пустозерность, %	Масса 10 растений, г	Масса 10 метелок, г	Масса 1000 зерен, г	Количество зерен в метелке, шт.	Пустых колосков, шт.	Общее число колосков, шт.
	9	10	11	12	13	14	15
1	12,3	54,3	35,6	28,8	117,2	16,0	133,2
2	5,5	52,6	36,0	29,1	134,2	7,8	142,0
3	6,2	45,2	30,9	29,1	114,5	7,7	122,2
4	6,2	30,8	21,3	29,4	66,8	4,3	71,2
5	4,8	40,7	29,1	28,6	101,8	5,2	107,0
6	6,6	42,1	26,6	29,0	88,2	6,3	94,5
7	7,0	35,8	23,4	28,3	83,0	6,2	89,2
8	4,2	56,3	38,1	30,1	126,5	5,8	132,3
9	3,0	34,6	21,7	27,3	77,7	2,3	80,0
10	4,3	33,7	20,5	27,9	70,3	3,7	74,0
11	5,8	21,6	15,2	29,5	44,7	2,7	47,3
12	9,3	37,8	24,4	29,4	73,8	7,3	81,2
13	3,6	31,8	19,8	27,2	68,0	2,3	70,3
14	5,3	39,4	26,7	28,4	90,0	5,5	95,5
15	5,7	35,8	23,0	28,4	79,2	4,7	83,8
16	8,0	45,4	27,9	29,0	92,0	8,0	100,0
17	9,1	43,0	27,2	28,8	91,2	9,0	100,2
18	11,1	40,2	25,9	25,3	105,2	13,5	118,7
19	13,6	39,7	21,5	30,1	71,0	11,2	82,2
20	6,8	42,6	28,5	28,8	93,7	6,8	100,5
21	10,3	37,7	21,8	28,1	80,8	9,5	90,3
22	7,3	44,1	30,2	27,4	100,7	7,8	108,5
23	8,3	51,5	34,2	28,4	113,3	10,2	123,5
24	5,9	50,7	32,8	29,3	104,5	6,5	111,0
25	9,3	40,7	24,4	28,0	87,7	9,0	96,7
26	5,7	37,9	23,1	25,0	87,7	5,2	92,8
27	4,6	46,5	30,2	28,6	99,3	4,3	103,7
28	7,0	41,9	28,2	27,6	96,7	7,0	103,7
29	7,9	40,3	25,8	27,8	93,5	8,3	101,8
30	5,8	52,0	37,8	28,4	124,2	7,7	131,8
31	6,1	46,8	30,8	25,2	118,3	7,5	125,8
32	6,1	43,6	29,5	28,6	96,2	6,2	102,3
33	5,9	36,0	23,0	28,2	82,3	5,3	87,7
34	4,7	49,0	30,4	28,9	101,3	5,0	106,3
35	5,6	56,6	37,8	30,5	116,3	6,8	123,2
36	7,3	47,7	31,2	29,2	100,7	8,7	109,3
37	12,4	51,7	33,8	27,3	118,5	17,2	135,7
38	10,5	52,4	33,7	25,2	120,8	15,0	135,8

39	10,7	48,7	31,8	28,0	106,3	13,3	119,7
40	9,5	42,9	26,8	27,2	98,8	11,0	109,8
41	7,2	49,0	31,6	24,9	120,3	9,2	129,5
42	5,5	49,0	31,3	26,9	110,0	6,7	116,7
43	8,3	51,6	32,3	27,5	108,0	9,8	117,8
44	5,9	52,4	33,7	28,2	116,0	7,2	123,2
45	7,0	40,4	27,1	29,5	87,0	6,5	93,5
46	11,2	42,0	27,4	29,6	96,2	12,0	108,2
47	9,9	43,1	27,4	28,9	93,3	10,5	103,8
48	6,3	44,9	30,0	27,7	105,2	6,8	112,0
49	7,3	36,6	23,3	28,8	83,5	6,5	90,0
50	11,7	40,1	24,4	23,5	94,2	12,5	106,7
51	6,5	39,7	26,4	26,1	92,8	6,0	98,8
52	4,5	32,7	21,7	27,5	77,0	3,8	80,8
53	5,9	37,6	25,8	30,2	81,8	5,0	86,8
54	10,0	41,2	25,6	27,9	88,0	9,7	97,7
55	15,9	44,4	28,5	24,0	108,7	20,0	128,7
56	5,2	35,9	23,9	28,5	84,5	4,7	89,2
57	10,7	45,1	25,0	27,3	92,8	11,2	104,0
58	7,1	41,8	28,0	28,1	96,5	7,5	104,0
59	7,3	38,3	23,6	27,8	83,8	7,0	90,8
60	4,5	37,8	23,8	28,6	82,2	3,8	86,0
61	9,3	46,2	30,3	26,2	105,8	11,7	117,5
62	16,3	53,2	34,8	27,2	117,2	23,3	140,5
63	7,8	45,0	25,1	26,7	90,5	7,7	98,2
64	9,4	38,1	21,2	25,8	81,8	8,7	90,5
65	5,8	34,3	21,1	27,4	75,2	4,5	79,7
Мини-мум	3	21,6	15,2	23,5	44,7	2,3	47,3
Макси-мум	16,3	56,6	38,1	30,5	134,2	23,3	142
Средние	7,6	42,8	27,6	27,9	95,5	8,2	103,7

Характеристика образцов риса по вегетативным признакам, засуха, 2021 г.

№	Урожай- ность, т/га	Вегета- цион- ный пе- риод до цвете- ния, дни	Вегета- цион- ный. период до со- зрева- ния, дни	Высота расте- ний, см	Количе- ство рас- тений по всходам, шт./м	Количе- ство рас- тений к уборке, шт./м	Количе- ство стеб- лей, шт./м	Кусти- стость
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	4,43	86,3	116,3	72,8	197,3	98,0	264,0	2,8
2	4,83	78,7	108,7	80,3	181,3	106,0	292,7	3,0
3	4,60	76,0	106,0	79,2	251,3	76,7	181,3	2,4
4	3,97	73,0	103,0	95,0	156,7	50,7	148,0	3,4
5	5,17	77,0	107,0	81,7	189,3	46,7	132,7	3,5
6	4,97	73,0	103,0	91,1	213,3	59,3	208,0	3,8
7	4,20	73,0	103,0	91,9	281,3	58,0	173,3	3,3
8	4,20	76,3	106,3	86,7	215,3	63,3	242,7	4,2
9	3,77	74,7	104,7	82,8	224,7	71,3	290,0	4,3
10	4,90	78,7	108,7	92,2	138,0	96,7	255,3	2,6
11	5,37	92,0	122,0	96,7	217,3	112,0	264,7	2,4
12	4,17	87,0	117,0	96,7	209,3	103,3	302,0	2,9
13	4,33	80,0	110,0	97,2	224,7	118,7	286,0	2,5
14	4,43	81,0	111,0	101,1	184,7	90,0	232,0	2,5
15	4,57	90,3	120,3	101,9	196,0	113,3	311,3	2,8
16	4,30	86,3	116,3	91,1	218,0	102,7	288,7	3,1
17	4,23	82,3	112,3	90,0	187,3	88,0	277,3	3,5
18	4,83	81,7	111,7	94,7	252,7	80,7	270,0	3,4
19	5,03	92,0	122,0	104,7	133,3	108,0	300,7	2,9
20	3,80	92,0	122,0	101,1	262,7	96,7	246,7	2,8
21	3,83	97,7	127,7	98,9	181,3	106,7	314,7	3,6
22	3,60	92,0	122,0	100,6	217,3	93,3	323,3	3,6
23	5,03	84,7	114,7	102,2	137,3	103,3	281,3	3,1
24	4,73	87,0	117,0	108,3	248,7	98,7	256,7	3,1
25	3,57	97,0	127,0	105,6	158,0	98,0	336,0	3,6
26	4,53	90,3	120,3	102,8	165,3	91,3	320,0	3,9
27	4,23	92,0	122,0	107,8	122,0	84,7	248,0	2,9
28	4,70	81,0	111,0	106,4	222,7	88,7	267,3	3,7
29	5,43	82,3	112,3	104,4	198,7	98,0	309,3	3,3
30	4,47	78,7	108,7	105,6	164,0	82,7	240,7	3,2
31	4,90	92,7	122,7	107,8	130,0	108,7	397,3	3,6
32	5,97	89,0	119,0	104,4	270,7	136,7	386,0	2,9
33	4,93	81,7	111,7	107,8	200,7	106,0	246,7	2,5
34	3,77	92,7	122,7	106,7	256,0	111,3	284,0	2,7
35	4,23	78,7	108,7	110,0	202,7	112,7	350,7	3,2
36	4,57	92,7	122,7	114,4	273,3	116,7	280,7	2,5
37	5,70	82,3	112,3	114,4	231,3	120,7	298,0	2,7
38	5,17	92,0	122,0	116,7	296,7	90,0	252,0	2,9
39	5,57	100,0	130,0	96,1	284,0	144,7	366,7	2,5
40	5,07	80,0	110,0	93,9	260,7	117,3	334,0	2,9
41	4,17	93,3	123,3	101,7	224,0	102,7	384,0	3,8
42	4,77	80,7	110,7	109,4	246,7	78,7	244,0	3,6

43	6,23	85,3	115,3	111,1	162,0	70,0	226,0	3,8
44	4,83	81,7	111,7	108,3	351,3	79,3	311,3	4,5
45	4,53	81,0	111,0	111,1	265,3	118,7	280,7	2,6
46	4,80	84,7	114,7	107,2	379,3	100,0	266,0	2,8
47	5,07	82,3	112,3	108,3	195,3	83,3	258,7	3,8
48	3,67	93,7	123,7	104,4	282,0	74,7	247,3	3,5
49	4,20	83,3	113,3	105,0	226,7	91,3	234,7	2,6
50	5,53	89,3	119,3	108,3	313,3	111,3	334,0	3,4
51	4,83	84,7	114,7	108,9	246,0	116,0	327,3	2,9
52	3,80	92,7	122,7	102,8	280,7	134,7	336,7	2,5
53	3,43	93,7	123,7	103,3	208,0	105,3	364,7	4,2
54	3,80	93,7	123,7	89,4	249,3	86,7	214,0	3,6
55	5,63	90,3	120,3	88,1	242,0	102,7	335,3	3,6
56	4,83	90,3	120,3	91,1	226,7	96,7	312,0	3,4
57	4,63	94,3	124,3	101,4	211,3	90,0	207,3	2,4
58	4,37	90,3	120,3	93,3	264,0	101,3	283,3	3,2
59	5,53	90,3	120,3	99,4	192,0	80,7	265,3	3,8
60	5,23	92,7	122,7	101,9	256,0	64,7	168,7	3,2
61	5,30	92,0	122,0	100,6	171,3	96,0	311,3	3,4
62	5,47	91,0	121,0	95,6	238,0	105,3	264,7	2,6
63	6,60	90,3	120,3	99,4	167,3	96,0	242,7	2,6
64	4,87	87,0	117,0	102,8	254,0	122,7	332,7	2,8
65	5,03	87,0	117,0	98,3	189,3	119,3	341,3	2,8
66	4,97	93,3	123,3	110,6	258,0	138,7	279,3	2,0
67	5,67	82,3	112,3	108,9	198,0	112,0	300,0	2,6
68	5,90	84,0	114,0	105,0	266,7	90,7	284,7	3,1
Мини-мум	3,43	73,0	103,0	72,8	122,0	46,7	132,7	2,0
Макси-мум	6,60	100,0	130,0	116,7	379,3	144,7	397,3	4,5
Средние	4,73	86,3	116,3	100,3	222,4	97,3	279,7	3,1
Коэффициент вариации	14,3	7,6	5,6	9,1	24,4	22,0	20,7	17,0
стандартное отклонение	0,68	6,6	6,6	9,1	54,3	21,4	57,9	0,5

Приложение 6

Характеристика образцов риса по генеративным признакам, засуха, 2021 г.

№ образца	Длина метелки, см	Плотность, шт./см	Пустозерность, %	Масса 10 растений, г	Масса 10 метелок, г	Масса 1000 зерен, г	Общее число колосков, шт.	Пустых колосков, шт.	Кол-во зерен в метелке, шт.
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	15,2	6,2	24,1	36,2	18,0	25,4	92,0	20,2	71,8
2	16,3	4,0	31,9	28,0	16,1	23,8	63,0	20,3	42,7
3	18,2	4,7	21,8	34,4	21,6	25,6	82,5	14,7	67,8
4	16,5	6,3	22,5	36,6	22,4	25,4	96,2	18,7	77,5
5	17,5	6,0	12,7	34,5	21,4	24,5	101,3	13,2	88,2
6	18,5	4,1	44,1	28,9	19,5	24,3	78,2	23,7	54,5
7	17,5	4,8	77,5	31,1	19,0	21,1	86,2	19,8	66,3
8	17,5	4,6	31,5	27,7	18,2	24,5	79,0	20,3	58,7
9	16,5	4,2	29,5	27,2	16,3	28,4	66,7	16,5	50,2
10	13,8	7,4	18,1	40,2	25,0	24,7	102,5	19,7	82,8
11	14,5	7,7	18,3	40,9	25,6	22,6	113,3	16,2	97,2
12	13,5	8,0	21,3	36,2	23,0	22,4	107,7	20,3	87,3
13	14,2	7,0	21,2	39,4	23,9	24,7	99,3	21,2	78,2
14	13,2	7,3	20,5	35,4	22,5	26,1	95,3	19,0	76,3
15	15,3	6,0	18,0	39,4	24,5	24,7	92,0	15,2	76,8
16	12,7	8,5	28,3	36,1	22,8	26,0	108,2	27,8	80,3
17	13,0	8,0	25,1	36,6	22,5	25,6	103,7	24,3	79,3
18	13,2	5,5	28,5	36,0	20,9	27,7	72,8	19,0	53,8
19	13,7	7,3	23,0	41,5	25,4	25,7	100,5	20,7	79,8
20	15,8	5,4	14,8	37,5	23,2	27,5	85,3	10,5	74,8
21	14,0	7,2	32,2	43,8	21,8	25,2	101,8	23,0	78,8
22	14,7	6,5	19,5	33,9	20,8	21,8	96,0	17,5	78,5
23	15,2	6,1	16,1	40,4	24,2	27,0	93,2	13,0	80,2
24	13,7	7,6	14,5	43,2	26,9	25,9	103,7	14,8	88,8
25	17,0	4,4	22,0	34,3	17,9	23,3	74,7	15,0	59,7
26	14,0	6,4	18,0	34,8	20,3	20,9	89,3	15,7	73,7
27	18,5	5,7	12,8	33,4	20,8	23,1	105,0	13,2	91,8
28	16,3	5,1	9,1	27,4	17,8	24,0	80,7	7,3	73,3
29	14,3	5,5	19,8	31,2	19,2	25,6	79,7	21,7	58,0
30	14,8	6,0	15,3	33,5	20,8	25,2	89,0	13,3	75,7
31	14,8	6,4	20,7	35,6	21,9	25,2	93,2	19,7	73,5
32	13,7	7,0	14,0	38,0	24,7	23,8	96,7	12,0	84,7
33	13,3	8,4	16,9	36,1	23,5	24,4	111,0	18,2	92,8
34	15,0	6,4	20,2	34,2	20,3	21,6	91,3	18,8	72,5
35	13,2	7,1	21,5	37,3	23,6	25,8	93,3	19,3	74,0
36	18,5	4,0	14,3	29,4	15,9	21,6	75,2	11,0	64,2
37	19,8	4,0	14,3	37,1	21,2	28,3	80,7	11,0	69,7
38	18,2	4,4	17,9	32,9	17,4	23,2	80,0	13,8	66,2
39	14,5	5,8	28,1	34,8	20,1	22,2	87,0	20,0	67,0
40	13,7	6,5	23,7	37,9	21,7	24,6	89,0	19,7	69,3
41	13,0	6,4	19,1	31,3	18,9	24,4	83,5	14,8	68,7
42	16,7	6,3	20,8	38,5	21,6	26,6	99,7	19,7	80,0
43	17,0	4,9	18,7	30,5	18,1	24,4	82,3	14,5	67,8
44	13,7	6,6	20,3	34,9	19,9	24,2	92,5	15,8	76,7

45	13,7	7,0	19,2	30,1	18,1	24,0	95,0	18,3	76,7
46	13,2	7,7	18,1	37,5	21,2	24,6	103,7	18,0	85,7
47	15,8	6,0	18,8	30,8	18,7	23,7	95,3	17,2	78,2
48	15,3	6,3	36,6	31,8	19,2	23,9	96,8	30,8	66,0
49	14,3	5,9	30,6	32,9	19,1	22,4	84,0	22,7	61,3
50	13,5	7,2	24,6	37,8	23,6	26,3	97,3	22,8	74,5
51	12,8	7,3	22,7	36,9	21,0	24,8	94,0	20,8	73,2
52	12,7	7,5	30,1	37,6	21,7	23,6	95,8	29,5	66,3
53	13,2	6,7	26,5	36,4	21,6	24,9	85,7	24,0	61,7
54	14,3	6,4	16,8	37,2	21,3	26,6	91,0	15,8	75,2
55	13,8	6,7	24,9	38,7	23,3	25,5	93,7	20,3	73,3
56	13,3	7,4	31,0	40,9	24,5	26,4	98,3	25,2	73,2
57	13,3	7,8	30,0	33,8	18,7	20,7	104,0	25,5	78,5
58	13,3	8,5	9,5	41,3	24,3	23,4	112,8	10,7	102,2
59	14,8	4,5	51,5	31,0	18,1	24,4	66,5	28,7	37,8
60	13,8	6,9	88,7	35,8	21,4	21,3	98,8	30,7	68,2
61	12,7	5,8	80,1	31,8	19,1	22,3	75,0	37,3	37,7
62	12,8	6,4	34,8	31,2	18,8	24,3	84,0	22,7	61,3
63	13,7	7,9	14,9	40,2	23,6	25,0	107,0	16,5	90,5
64	14,2	7,0	22,3	32,8	21,0	23,7	100,2	19,2	81,0
65	13,8	6,1	23,2	30,6	19,0	21,5	86,0	18,7	67,3
66	15,5	7,9	18,3	50,2	27,9	24,6	122,2	21,0	101,2
67	14,3	6,0	23,7	37,3	23,9	26,7	85,8	19,7	66,2
68	15,8	6,3	17,6	40,2	25,8	26,9	100,7	16,5	84,2
Минимум	12,7	4,0	9,1	27,2	15,9	20,7	63,0	7,3	37,7
Максимум	19,8	8,5	88,7	50,2	27,9	28,4	122,2	37,3	102,2
Средние	14,8	6,3	25,0	35,5	21,2	24,5	92,2	19,1	73,1
Коэффициент вариации	11,9	18,7	57,9	12,2	12,7	7,3	12,8	28,1	17,7
Стандартное отклонение	1,8	1,2	14,5	4,3	2,7	1,8	11,8	5,4	12,9

Характеристика образцов риса по вегетативным признакам, контроль, 2021 г.

№	Урожайность, т/га	Вегета- цион- ный пе- риод до цвете- ния, дни	Вегета- цион- ный пе- риод до цвете- ния. дни	Высота расте- ний, см	Количе- ство рас- тений по всходам, шт./м	Количе- ство рас- тений к уборке, шт./м	Количе- ство стеблей, шт./м	Кусти- стость
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	8,0	76,0	106,0	92,2	133,3	59,3	177,3	3,1
2	9,4	84,0	114,0	97,2	190,7	98,7	210,7	2,6
3	6,1	74,3	104,3	93,9	128,0	64,7	226,7	3,7
4	9,9	80,0	110,0	97,2	193,3	75,3	170,7	2,4
5	7,0	71,0	101,0	93,3	164,7	69,3	159,3	3,0
6	9,2	84,7	114,7	94,7	71,3	68,7	140,0	2,2
7	6,7	68,0	98,0	95,8	182,0	69,3	243,3	3,8
8	10,0	85,7	115,7	99,2	184,7	76,0	236,7	3,3
9	6,8	73,0	103,0	93,9	309,3	34,0	171,3	6,1
10	9,6	77,7	107,7	91,7	72,0	63,3	150,7	2,6
11	6,3	70,7	100,7	93,3	187,3	72,0	288,0	4,7
12	9,6	84,7	114,7	103,3	134,0	94,0	212,0	3,2
13	6,5	69,0	99,0	95,0	170,0	75,3	215,3	3,1
14	9,6	80,0	110,0	99,4	82,0	54,7	187,3	3,6
15	6,6	72,3	102,3	98,9	170,7	73,3	266,0	3,8
16	10,5	81,7	111,7	97,2	134,0	101,3	230,0	2,3
17	8,6	68,0	98,0	94,4	142,0	50,7	214,0	5,0
18	9,6	80,0	110,0	99,4	107,3	74,7	181,3	2,6
19	8,7	71,0	101,0	93,3	250,7	86,0	266,0	3,2
20	10,0	78,7	108,7	100,6	155,3	78,0	248,0	3,6
21	9,3	75,0	105,0	92,2	194,0	78,7	172,0	2,5
22	9,3	76,3	106,3	96,1	174,0	70,7	154,0	2,2
23	8,4	76,0	106,0	98,9	220,7	104,7	285,3	2,9
24	9,9	72,7	102,7	96,1	172,0	70,7	205,3	3,4
25	9,5	71,7	101,7	97,8	141,3	58,7	175,3	3,1
26	9,9	77,0	107,0	96,7	99,3	75,3	198,7	2,9
27	8,5	71,0	101,0	89,4	213,3	78,7	234,7	3,4
28	9,5	77,3	107,3	90,0	190,0	112,0	235,3	2,6
29	7,6	78,7	108,7	91,1	134,7	62,7	201,3	3,3
30	8,9	81,7	111,7	96,7	132,0	97,3	194,7	2,0
31	8,4	71,0	101,0	92,8	105,3	62,0	224,0	3,7
32	9,6	72,3	102,3	94,4	247,3	90,0	224,7	2,7
33	9,5	71,0	101,0	95,0	122,7	50,7	156,7	3,3
34	8,6	72,7	102,7	97,8	184,7	64,7	128,0	2,1
35	7,8	72,3	102,3	91,1	194,0	75,3	242,7	3,3
36	9,3	80,0	110,0	96,4	87,3	74,7	226,0	3,6
37	9,1	78,7	108,7	100,6	190,7	75,3	160,7	2,3
38	9,4	80,0	110,0	94,4	86,7	54,0	141,3	3,0
39	9,1	81,0	111,0	97,2	130,0	64,0	229,3	3,7
40	9,4	76,0	106,0	99,4	114,7	71,3	181,3	2,6
41	7,5	77,0	107,0	97,8	129,3	70,0	204,7	3,2
42	9,1	81,3	111,3	97,8	77,3	80,0	230,0	3,3
43	7,6	77,7	107,7	97,8	114,0	66,7	201,3	3,1

44	8,5	78,7	108,7	105,0	152,7	79,3	210,7	3,0
45	6,7	68,0	98,0	93,9	180,7	82,7	250,0	3,2
46	8,7	72,3	102,3	98,3	144,0	78,0	217,3	3,3
47	7,2	71,0	101,0	106,1	193,3	80,7	187,3	2,4
48	7,5	84,0	114,0	95,0	160,0	68,0	220,7	3,5
49	8,9	79,3	109,3	96,1	221,3	81,3	245,3	3,5
50	7,1	73,0	103,0	100,0	132,0	60,7	201,3	3,2
51	9,9	80,0	110,0	101,9	231,3	80,0	223,3	3,0
52	8,4	71,0	101,0	99,4	93,3	88,7	200,0	2,3
53	8,6	84,7	114,7	91,4	110,7	75,3	190,7	2,5
54	8,1	76,0	106,0	98,9	80,0	54,0	193,3	4,0
55	8,4	80,7	110,7	103,3	159,3	64,0	184,7	2,8
56	10,0	85,7	115,7	96,4	120,7	84,0	213,3	3,5
57	9,3	71,7	101,7	98,9	176,7	94,0	250,0	3,2
58	9,7	81,3	111,3	98,9	122,0	78,0	232,7	3,8
59	7,3	76,3	106,3	95,6	126,7	72,0	187,3	3,0
60	7,4	75,0	105,0	100,0	98,7	50,0	166,7	4,2
61	8,0	71,7	101,7	111,1	250,7	56,0	200,7	3,9
62	8,8	71,0	101,0	102,2	154,7	87,3	211,3	2,9
63	8,8	81,3	111,3	95,0	162,0	70,0	174,0	2,6
64	9,2	79,0	109,0	98,9	120,7	72,7	196,0	3,4
65	9,1	83,3	113,3	101,7	180,7	64,7	212,7	3,5
66	9,9	80,3	110,3	93,3	188,7	74,7	231,3	3,7
67	9,0	83,3	113,3	96,7	173,3	74,7	211,3	3,3
68	8,7	79,0	109,0	99,2	128,7	67,3	219,3	3,5
Мини-мум	4,5	68,0	98,0	80,0	71,3	34,0	128,0	1,8
Максимум	11,8	99,0	129,0	113,3	309,3	112,0	288,0	6,4
Средние	7,6	77,3	107,3	94,8	154,1	73,3	206,4	3,4
Коэффициент вариации	20,9	9,6	6,9	7,2	31,5	18,9	16,4	27,0
Стандартное отклонение	1,6	7,4	7,4	6,8	48,5	13,8	33,9	0,9

Приложение 8

Характеристика образцов риса по генеративным признакам, контроль, 2021 г.

№	Длина метелки, см	Плотность метелки, шт./см	Пустозерность, %	Масса 10 растений, г	Масса 10 метелок, г	Масса 1000 зерен, г	Общее число колосков, шт.	Пустых колосков, шт.	Количество зерен в метелке, шт.
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	15,3	9,3	8,2	63,4	39,7	28,8	144,0	11,5	132,5
2	14,0	8,5	9,5	52,5	31,0	28,6	117,5	10,5	107,0
3	18,0	5,2	6,8	43,7	24,3	27,4	92,5	6,3	86,2
4	14,0	10,5	9,7	64,8	39,6	28,6	146,3	14,3	132,0
5	17,3	6,0	5,9	46,9	27,2	27,5	100,0	5,8	94,2
6	14,5	9,0	8,6	64,9	38,2	29,4	130,0	11,0	119,0
7	17,8	4,5	8,7	36,1	22,4	29,1	79,3	7,8	71,5
8	14,7	9,0	11,3	60,6	37,0	29,9	132,7	14,3	118,3
9	19,0	5,6	7,4	49,1	27,4	28,6	100,5	7,3	93,2
10	15,3	8,4	9,5	56,2	33,6	29,5	127,8	11,3	116,5
11	18,8	4,6	9,4	39,3	21,9	28,1	88,7	7,5	81,2
12	15,0	8,1	7,5	51,2	33,6	29,2	121,7	9,0	112,7
13	17,3	6,1	8,2	44,8	26,8	27,3	103,8	8,7	95,2
14	16,7	9,5	9,4	51,8	33,9	27,7	155,7	14,2	141,5
15	19,7	3,8	10,0	36,6	21,9	29,1	75,2	7,2	68,0
16	13,8	9,1	7,7	54,4	32,9	28,7	125,8	9,5	116,3
17	17,7	3,4	14,1	35,8	21,5	34,9	60,5	7,7	52,8
18	15,0	8,5	8,7	55,7	35,7	29,8	127,7	10,8	116,8
19	13,7	8,8	18,1	52,7	30,0	28,4	120,8	20,8	100,0
20	15,2	11,1	12,1	66,7	42,4	28,0	167,0	20,2	146,8
21	14,5	8,7	5,8	55,6	32,8	30,9	127,2	6,7	120,5
22	15,0	9,2	7,4	63,0	39,3	29,2	136,3	10,2	126,2
23	14,8	8,8	9,2	52,3	32,5	26,3	130,0	11,5	118,5
24	14,8	7,5	7,3	49,6	29,5	29,4	111,8	8,2	103,7
25	14,7	8,7	14,7	61,3	35,7	28,1	128,8	18,7	110,2
26	13,7	8,5	8,5	53,9	31,8	29,8	116,0	10,5	105,5
27	13,8	8,9	23,6	59,3	34,0	28,6	123,8	27,2	96,7
28	15,2	8,3	6,0	54,2	32,4	26,5	126,5	7,7	118,8
29	15,7	7,8	5,3	64,5	37,2	29,8	122,5	6,5	116,0
30	15,3	8,0	5,4	52,1	29,1	25,9	123,0	6,7	116,3
31	12,3	7,8	13,3	46,6	26,2	29,8	97,5	12,5	85,0
32	15,5	9,0	7,7	58,6	33,9	28,6	138,3	11,2	127,2
33	13,8	8,6	11,4	58,1	33,6	30,1	121,0	12,0	109,0
34	14,5	9,0	13,2	58,7	33,5	28,5	130,2	16,2	114,0
35	14,2	7,7	16,9	57,2	33,2	29,4	109,3	17,8	91,5
36	15,2	8,7	9,3	56,6	35,4	29,6	132,0	11,8	120,2
37	16,0	8,3	5,6	65,2	38,9	29,5	132,0	7,3	124,7
38	17,3	8,2	6,5	70,0	43,4	30,7	141,5	9,0	132,5
39	16,2	7,9	11,6	59,8	34,1	27,2	128,5	14,2	114,3
40	15,7	7,3	12,1	60,4	33,0	27,8	113,8	13,3	100,5
41	14,8	7,2	10,5	53,9	32,0	29,7	106,5	11,0	95,5
42	17,5	6,4	8,0	53,6	31,3	28,3	110,5	8,8	101,7

43	17,5	8,6	9,2	60,1	34,2	25,6	144,3	12,2	132,2
44	17,2	6,9	8,6	47,7	28,5	25,9	114,0	10,0	104,0
45	18,5	4,4	6,4	37,4	21,1	26,5	81,8	5,0	76,8
46	16,3	7,1	13,2	51,7	30,2	28,4	113,5	14,3	99,2
47	14,5	8,3	18,6	53,2	31,3	29,5	120,3	20,5	99,8
48	17,3	5,6	16,0	50,4	29,3	30,9	95,0	15,5	79,5
49	16,3	7,3	12,1	49,5	31,6	29,6	116,5	13,7	102,8
50	14,3	8,9	12,3	59,1	34,5	28,0	127,7	15,2	112,5
51	15,0	8,7	20,1	56,6	33,0	26,7	128,5	24,8	103,7
52	14,2	9,4	8,2	55,1	32,3	27,0	132,7	10,8	121,8
53	15,5	7,9	11,5	56,7	30,8	29,3	114,2	13,8	100,3
54	20,3	4,8	7,6	53,6	28,9	28,7	98,7	7,5	91,2
55	18,8	5,6	9,2	53,8	29,2	28,9	103,5	9,3	94,2
56	19,0	6,3	7,2	56,0	33,4	27,9	121,7	8,8	112,8
57	16,7	7,0	13,8	57,8	34,6	29,9	114,7	15,5	99,2
58	14,2	9,9	13,6	58,5	32,2	26,6	140,2	18,5	121,7
59	15,5	8,7	9,2	58,5	34,5	28,1	134,2	12,2	122,0
60	19,0	6,4	10,8	64,6	34,6	28,1	122,2	13,5	108,7
61	19,2	7,3	9,3	64,9	38,1	30,3	133,8	12,5	121,3
62	14,8	10,2	11,5	60,7	35,8	28,2	149,0	16,3	132,7
63	14,3	8,5	12,7	57,5	34,3	30,1	121,3	15,3	106,0
64	14,5	8,4	8,0	55,9	35,2	28,7	121,2	9,5	111,7
65	15,7	7,5	9,3	55,0	30,3	28,6	117,0	11,0	106,0
66	15,2	7,9	6,9	53,6	32,4	28,9	120,5	8,0	112,5
67	16,0	8,3	4,7	55,3	33,4	27,4	131,0	6,2	124,8
68	14,2	9,7	6,7	57,7	36,4	28,7	138,3	9,0	129,3
Мини-мум	13,0	3,5	4,3	33,8	18,7	23,7	61,0	4,5	54,0
Макси-мум	20,5	11,0	33,1	74,3	47,7	33,5	168,5	33,5	152,5
Сред-ние	15,6	7,9	11,2	56,9	33,2	28,5	120,8	13,0	107,8
Коэф-фици-ент ва-риации	11,7	22,5	52,9	14,1	17,3	6,5	19,2	51,1	20,6
Сан-дарт-ное от-клоне-ние	1,8	1,8	5,9	8,0	5,8	1,9	23,1	6,7	22,2

Приложение 9

Характеристика образцов риса по соотношению опыт/контроль, %, 2021 г.

№ в от- чете	Урожай- ность	Вегетацион- ный период до цветения	Высота расте- ний	Количе- ство рас- тений к уборке	Количе- ство стеблей	Кусти- стость	Длина ме- телки	Плот- ность метелки
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	56,5	115,2	98,7	97,7	119,4	123,2	98,9	109,3
2	83,7	114,8	100,8	86,7	89,5	111,3	98,8	86,6
3	96,0	122,2	95,5	72,3	120,2	173,1	98,8	113,8
4	86,5	125,7	91,7	79,5	122,2	154,9	106,4	71,4
5	107,9	116,3	100,0	91,0	136,0	153,2	98,7	106,9
6	80,5	113,4	98,4	71,3	89,2	139,1	103,8	121,2
7	72,4	120,0	109,5	84,4	89,7	105,4	105,2	129,2
8	75,0	116,9	98,7	117,9	156,9	136,0	102,0	105,9
9	99,8	112,5	98,8	96,8	149,7	153,3	108,5	90,0
10	88,5	115,8	97,4	98,3	117,5	124,5	120,6	76,7
11	138,1	117,8	111,2	96,0	103,1	106,9	123,5	108,6
12	86,7	115,4	105,2	83,7	100,0	117,1	112,2	79,2
13	135,0	113,0	95,0	94,8	104,5	103,9	108,8	99,2
14	84,1	116,7	119,1	110,9	123,6	114,9	128,1	86,4
15	86,5	111,4	108,3	100,9	118,0	120,8	108,4	83,1
16	72,1	110,2	114,3	66,4	90,8	137,2	100,0	105,6
17	70,0	110,2	101,9	70,6	108,4	169,5	112,7	88,9
18	54,6	111,8	102,1	66,7	75,5	117,3	106,4	95,5
19	51,7	111,5	91,8	76,0	85,6	116,5	96,0	112,9
20	85,0	115,3	90,9	89,8	101,6	121,5	102,6	101,3
21	46,6	109,0	91,3	75,3	90,9	118,9	103,2	117,5
22	76,6	104,5	107,3	93,5	111,3	128,6	100,0	102,9
23	84,3	114,5	98,6	92,4	113,9	139,9	103,6	100,5
24	90,6	112,0	99,3	74,3	98,8	147,1	103,8	110,7
25	51,2	110,7	100,0	87,5	112,2	133,7	107,0	110,2
26	69,9	110,2	108,7	99,6	99,7	93,3	98,8	163,8
27	86,2	117,8	99,2	90,4	119,0	145,5	103,9	155,7
28	44,3	116,1	87,9	63,1	74,2	114,8	102,7	152,7
29	57,1	116,1	96,0	92,3	125,9	133,3	94,7	144,5
30	80,5	117,6	102,8	92,6	120,6	129,4	106,0	124,7
31	41,7	117,0	113,1	89,2	120,1	145,6	94,7	110,2
32	57,2	112,6	100,0	74,0	92,0	131,9	105,1	118,9
33	50,6	118,2	100,8	73,5	87,1	120,1	100,0	129,2
34	63,7	122,5	105,5	76,5	134,8	174,2	100,0	141,4
35	60,7	121,3	114,0	72,2	106,7	150,5	102,4	125,1
36	45,3	122,5	113,3	71,5	90,6	132,6	102,4	124,2
37	55,8	117,4	108,6	85,4	121,2	137,0	104,8	92,7
38	38,9	115,2	109,4	124,4	149,5	122,2	96,7	105,9

39	56,5	116,1	104,0	66,3	95,5	146,3	102,3	116,3
40	46,6	118,5	103,6	75,8	95,6	128,5	101,2	141,3
41	75,8	111,1	101,4	89,5	108,1	121,1	101,1	95,5
42	75,6	114,9	99,3	73,7	93,0	124,7	101,2	124,5
43	96,0	118,6	103,4	100,0	151,7	151,7	100,0	125,1
44	80,5	119,3	102,1	100,8	152,8	158,4	105,9	96,2
45	73,2	110,2	117,8	68,8	89,1	133,1	102,7	119,8
46	79,0	110,9	102,1	71,2	92,4	130,9	101,3	127,6
47	62,3	107,7	107,0	69,7	83,7	126,8	106,7	137,8
48	85,7	114,8	92,2	101,9	148,2	137,0	111,8	109,2
49	53,2	116,3	129,3	40,2	94,0	270,6	125,9	147,8
50	41,1	116,1	97,9	105,4	122,6	126,7	97,8	116,9
51	77,0	112,9	104,9	95,7	132,9	132,9	103,8	106,1
52	98,6	114,8	97,0	73,9	84,7	119,5	101,3	139,0
53	57,9	117,1	91,7	66,7	99,7	153,5	106,7	93,4
54	29,2	118,3	96,3	90,1	130,1	147,2	113,0	100,4
55	93,8	111,8	108,7	85,2	109,1	145,8	98,9	134,8
56	106,8	110,7	97,0	68,2	72,6	112,6	111,1	103,6
57	31,0	116,7	90,8	66,4	113,6	186,0	94,1	115,9
58	67,3	117,4	95,1	83,0	87,7	108,3	97,6	119,0
59	51,2	119,3	94,0	82,7	88,1	99,0	111,1	120,2
60	85,2	114,5	103,1	75,8	78,1	103,1	111,0	119,8
61	62,3	116,5	100,0	86,7	138,5	146,8	95,5	143,6
62	17,9	103,0	89,9	75,9	102,4	136,7	97,0	124,2
63	39,1	108,8	98,1	68,3	99,4	152,6	95,1	112,2
64	58,7	105,9	90,8	97,7	128,2	138,0	104,9	88,1
65	122,2	111,8	102,5	64,3	129,1	254,7	105,7	134,0
Мини-мум	17,9	103	87,9	40,2	72,6	93,3	94,1	71,4
Макси-мум	138,1	125,7	129,3	124,4	156,9	270,6	128,1	163,8
Средние	71,3	114,7	101,6	83,4	109,1	136,8	104,2	114,1

Приложение 10

Характеристика образцов риса по соотношению опыт/контроль, 2021 г.

№ в от- чете	Пустозерность	Масса 10 рас- тений	Масса 10 мете- лок	Масса 1000 зерен	Количе- ство зерен в метелке	Пустых колосков	Общее число ко- лосков
	9	10	11	12	13	14	15
1	142,4	92,2	82,6	77,1	101,0	153,1	107,3
2	318,5	84,9	75,3	87,1	74,4	278,7	85,7
3	252,0	118,3	113,2	90,1	104,4	293,5	116,2
4	233,4	73,6	63,9	95,4	70,8	180,8	77,5
5	519,4	88,8	78,3	86,4	82,3	551,6	105,0
6	289,2	101,5	97,7	86,8	106,4	415,8	127,2
7	261,3	120,9	95,1	74,6	117,7	364,9	134,8
8	495,7	89,0	80,7	84,5	87,4	542,9	107,4
9	247,2	85,1	87,6	94,1	93,1	242,9	97,5
10	154,3	87,0	90,9	92,9	96,0	136,4	98,0
11	129,9	119,6	100,1	76,5	135,1	175,0	137,3
12	102,5	77,7	71,7	82,8	91,2	95,5	91,6
13	177,8	91,9	94,6	99,1	103,7	207,1	107,1
14	299,3	81,9	77,0	73,1	99,4	324,2	112,4
15	156,4	75,4	71,0	80,2	89,3	150,0	92,6
16	184,4	92,8	86,3	86,2	97,8	189,6	105,2
17	166,3	93,3	86,2	89,0	93,1	170,4	100,0
18	143,4	101,8	81,1	78,2	94,0	137,0	98,9
19	132,7	80,9	80,8	80,3	102,1	143,3	107,7
20	277,3	86,3	76,9	84,2	89,0	307,3	103,8
21	226,6	93,3	87,8	78,8	101,4	261,4	118,3
22	253,4	96,5	80,0	87,7	91,1	257,4	103,1
23	284,7	78,0	68,1	81,3	85,3	295,1	102,6
24	344,5	86,6	84,0	87,3	96,7	400,0	114,4
25	268,7	96,1	91,0	85,4	97,1	318,5	117,8
26	377,9	98,3	87,3	80,0	135,7	641,9	163,9
27	361,0	118,9	114,9	79,7	139,6	650,0	160,9
28	236,9	124,5	111,2	77,2	139,0	373,8	154,8
29	164,7	116,5	94,4	73,9	131,6	216,0	138,5
30	262,8	106,0	84,3	77,3	118,7	332,6	131,1
31	303,9	97,4	82,9	84,9	91,8	316,7	105,2
32	355,0	95,1	89,6	87,2	102,9	462,2	124,6
33	461,4	112,2	88,1	77,9	100,6	565,6	128,9
34	323,3	110,4	102,1	79,4	127,1	470,0	143,3
35	432,6	92,0	77,4	75,8	100,1	575,6	126,5
36	336,9	89,4	77,3	74,1	99,7	400,0	123,5
37	138,4	94,8	74,6	78,9	91,4	130,1	96,3
38	240,8	81,0	64,1	77,8	85,9	227,8	101,6

39	236,0	85,9	72,0	73,5	98,6	276,3	118,4
40	378,0	112,7	90,0	78,1	101,7	519,7	143,6
41	199,1	84,8	70,3	77,1	88,5	189,1	95,6
42	266,0	97,6	86,1	74,1	113,6	317,5	125,3
43	287,2	95,1	89,6	85,4	103,4	371,2	125,7
44	293,3	90,3	82,7	86,2	89,2	304,7	101,8
45	292,0	99,2	86,9	82,1	105,2	346,2	121,9
46	196,2	114,4	101,9	79,5	113,2	254,2	128,8
47	242,2	114,7	106,7	79,9	123,0	361,9	147,2
48	329,1	107,6	95,7	88,2	101,6	412,2	120,5
49	357,2	136,9	128,7	78,1	148,5	669,2	186,1
50	221,5	87,1	74,6	78,4	95,8	244,0	113,1
51	218,5	85,0	65,0	71,6	102,5	272,2	112,8
52	386,6	116,0	103,7	93,0	122,5	552,2	142,9
53	338,2	88,7	69,2	76,0	85,6	360,0	101,4
54	275,9	75,9	59,4	65,5	90,7	337,9	115,2
55	138,9	106,6	99,0	83,6	120,9	207,5	134,3
56	260,8	106,2	98,5	88,2	101,6	307,1	112,3
57	333,2	78,1	66,3	80,3	74,9	397,0	109,5
58	165,4	109,4	93,6	80,2	112,4	193,3	118,3
59	184,2	113,8	113,2	84,4	123,7	223,8	131,4
60	434,4	110,7	105,9	88,8	111,2	604,3	133,1
61	193,7	112,1	92,5	72,6	125,4	257,1	138,4
62	290,0	88,3	56,5	75,5	80,2	317,1	119,6
63	535,4	75,7	64,5	94,4	63,7	615,2	106,8
64	227,1	81,1	75,2	86,2	80,9	201,9	92,4
65	359,6	115,4	107,5	87,1	116,4	514,8	138,9
мини- мум	102,5	73,6	56,5	65,5	63,7	95,5	77,5
макси- мум	535,4	136,9	128,7	99,1	148,5	669,2	186,1
сред- ние	272,3	97,2	86,2	82,0	102,4	332,0	118,5

Характеристика образцов риса по вегетативным признакам, опыт, 2022 г.

№	Урожай- ность, т/га	Высота расте- ний, см	Количе- ство рас- тений на 1 м ² , шт.	Количество стеблей на 1 м ² , шт.	Кусти- стость	Масса 10 стеб- лей, г	Масса 10 мете- лок, г
	1	2	3	4	5	6	7
1	3,89	90,8	117,3	459,5	3,9	16,4	6,8
2	2,81	91,2	112,4	430,0	2,9	15,8	5,3
3	1,20	92,5	105,3	266,3	2,5	10,8	4,1
4	1,63	90,3	114,7	263,1	2,3	14,3	5,1
5	1,99	92,8	94,7	314,6	3,3	9,7	3,6
6	1,82	98,1	109,3	340,4	3,1	4,7	2,2
7	1,67	101,1	128,0	362,4	2,8	15,8	5,9
8	2,74	104,2	122,7	279,6	2,3	16,1	6,6
9	2,19	101,4	98,7	270,4	2,7	27,8	9,9
10	3,86	98,3	130,7	483,2	3,7	17,6	8,8
11	0,76	93,3	117,3	393,1	3,4	22,1	6,5
12	3,47	92,5	104,0	454,0	4,4	19,0	9,4
13	1,81	96,9	101,3	290,6	2,9	17,0	6,5
14	1,93	94,4	96,0	236,2	2,5	19,5	8,0
15	1,83	96,7	118,7	268,8	2,3	13,1	6,4
16	0,61	93,1	84,0	247,2	2,9	15,6	5,4
17	1,33	95,0	133,3	327,0	2,5	8,2	4,6
18	2,77	101,1	89,3	384,6	4,3	18,5	7,4
19	3,50	102,5	105,3	339,6	3,2	18,2	7,6
20	0,77	98,3	92,0	230,6	2,5	7,1	3,3
21	2,36	105,6	97,3	286,4	2,9	11,9	5,0
22	2,26	102,1	98,2	285,6	2,9	12,4	5,3
23	1,24	96,7	113,3	350,6	3,1	14,9	5,0
24	1,99	101,9	85,3	320,3	3,8	17,1	5,4
25	2,54	100,3	97,3	302,7	3,1	18,4	7,3
26	4,83	94,7	80,0	333,6	4,2	16,9	6,4
27	5,51	99,2	102,7	472,7	4,6	20,0	8,6
28	0,69	100,6	122,7	262,6	2,1	17,5	6,6
29	2,13	97,5	108,0	271,5	2,5	17,4	5,4
30	0,61	94,2	101,3	255,3	2,5	12,8	4,7
31	0,40	96,4	89,3	150,4	1,7	14,5	4,8
32	2,90	102,5	141,3	301,5	2,1	19,1	6,6
33	2,21	88,3	100,0	368,4	3,7	21,1	6,7
34	2,04	95,8	90,7	302,3	3,3	13,4	5,7
35	3,05	98,6	104,0	318,6	3,1	21,4	9,6
36	3,63	93,9	114,7	378,4	3,3	10,4	5,5
37	0,44	99,4	109,3	150,6	1,4	11,9	4,5

38	1,91	102,2	100,0	293,6	2,9	17,5	5,7
39	1,38	91,7	136,0	263,1	1,9	18,8	7,5
40	2,77	93,1	114,7	389,7	3,4	22,1	6,9
41	2,55	93,6	112,0	384,2	3,4	23,2	8,7
42	1,34	99,2	94,7	256,3	2,7	13,9	5,0
43	0,49	94,7	101,3	136,7	1,3	10,1	5,3
44	1,57	91,1	94,7	231,0	2,4	14,5	5,6
45	2,02	98,1	118,7	325,4	2,7	14,1	5,1
46	2,13	100,8	105,3	357,2	3,4	13,3	6,6
47	1,58	95,8	106,7	362,3	3,4	21,5	6,5
48	4,42	96,1	98,7	432,2	4,4	12,7	6,5
49	1,50	95,6	118,7	238,3	2,0	16,0	6,5
50	2,17	90,6	80,0	259,5	3,2	19,0	7,9
51	4,29	96,9	118,7	378,4	3,2	19,5	7,5
52	0,91	94,4	128,0	204,9	1,6	13,8	4,9
53	2,05	88,6	92,0	287,1	3,1	18,4	7,9
54	0,61	100,6	120,0	199,2	1,7	17,3	5,4
55	1,48	100,0	118,7	440,9	3,7	17,9	7,5
56	1,56	100,3	116,0	350,8	3,0	19,9	7,5
57	2,79	96,9	94,7	364,6	3,9	18,5	7,1
58	0,80	98,3	113,3	277,6	2,4	8,6	2,7
59	0,41	91,9	109,3	267,7	2,4	12,4	3,4
60	1,35	99,7	120,0	316,3	2,6	21,6	7,1
61	3,95	96,4	125,3	349,4	2,8	22,1	8,1
62	0,29	103,6	92,0	126,9	1,4	11,0	3,3
63	1,35	98,9	112,0	332,5	3,0	14,7	4,3
64	0,77	98,6	120,0	263,0	2,2	5,9	2,0
65	0,92	97,8	80,0	267,4	3,3	15,3	6,2
66	1,00	98,3	88,0	327,7	3,7	15,4	6,4
67	1,86	98,6	84,0	358,6	4,3	22,6	7,0
68	0,69	97,2	177,3	342,6	1,9	15,4	4,7
мини- мум	1,99	96,9	106,6	310,4	2,9	16,0	6,1
макси- мум	0,29	88,3	80,0	126,9	1,3	4,7	2,0
средние	5,51	105,6	177,3	483,2	4,6	27,8	9,9
V	58,42	4,1	13,6	25,1	26,0	27,9	27,9
s	1,17	4,0	14,5	78,0	0,8	4,5	1,7

Характеристика образцов риса по генеративным признакам, опыт, 2022 г.

№	Длина ме- телки, см	Плот- ность, шт./см	Пусто- зерность, %	Масса 1000 зе- рен, г	Количество зерен на ме- телке, шт.	Количество пустых ко- лосков, шт.	Общее число ко- лосков, шт.
	1	2	3	4	5	6	7
1	10,0	5,1	37,7	23,2	36,5	23,7	60,2
2	10,1	6,1	35,1	18,8	34,8	26,4	61,2
3	8,2	4,6	38,0	13,5	33,3	23,7	57,0
4	10,3	5,2	44,5	18,0	34,5	32,0	66,5
5	6,5	4,7	21,6	16,4	38,5	21,2	59,7
6	7,3	1,4	31,6	18,2	29,5	11,8	41,3
7	11,2	5,0	48,5	15,6	29,5	37,7	67,2
8	11,0	5,7	38,3	20,0	49,0	25,7	74,7
9	14,0	5,3	60,3	26,0	31,2	42,2	73,3
10	15,7	4,9	46,5	22,5	35,5	37,0	72,5
11	10,7	4,0	66,7	19,2	10,0	40,5	50,5
12	16,2	3,9	43,8	22,1	34,5	28,3	62,8
13	9,5	4,7	30,1	15,8	39,5	26,5	66,0
14	10,5	5,9	39,3	17,2	47,5	27,0	74,5
15	13,8	3,7	38,9	19,3	35,3	26,2	61,5
16	10,7	2,2	38,9	17,4	14,2	19,5	33,7
17	8,2	1,6	16,6	21,0	19,3	7,3	26,7
18	13,0	5,2	67,2	23,0	31,3	36,0	67,3
19	15,8	4,8	46,4	23,2	44,5	31,5	76,0
20	8,0	2,2	30,5	21,3	15,7	19,2	34,8
21	9,5	4,6	24,8	20,1	40,8	21,7	62,5
22	11,1	3,8	33,9	21,6	36,8	21,0	57,8
23	8,3	3,6	32,1	15,4	23,0	22,0	45,0
24	10,5	6,4	50,7	17,6	35,2	42,0	77,2
25	9,8	5,3	32,3	19,9	42,2	21,2	63,3
26	10,2	7,3	28,9	22,9	63,3	25,0	88,3
27	12,5	8,1	50,3	22,6	51,5	49,7	101,2
28	11,0	3,3	64,4	20,5	12,8	30,0	42,8
29	10,7	6,7	44,4	18,4	42,7	42,8	85,5
30	7,2	1,7	36,4	13,7	17,3	18,3	35,7
31	7,7	3,9	46,6	17,0	15,7	30,5	46,2
32	10,7	5,0	23,8	20,7	46,3	17,0	63,3
33	15,7	5,4	71,7	21,2	28,3	57,2	85,5
34	11,2	4,9	45,2	18,9	35,7	30,5	66,2
35	13,3	5,5	56,1	23,1	41,5	30,0	71,5
36	14,8	5,6	46,8	19,8	48,5	35,2	83,7
37	6,2	2,9	30,3	17,7	16,5	18,3	34,8

38	10,3	4,5	41,6	18,7	34,7	22,5	57,2
39	11,3	5,5	58,9	19,2	27,2	47,0	74,2
40	13,3	5,5	59,4	22,2	32,0	42,2	74,2
41	13,3	5,7	70,3	26,1	25,5	51,8	77,3
42	9,0	4,3	34,3	14,0	37,3	21,0	58,3
43	4,7	2,8	17,7	18,4	19,5	20,3	39,8
44	10,8	4,8	37,0	17,8	38,3	22,3	60,7
45	11,3	5,2	51,5	17,6	35,3	35,5	70,8
46	12,0	4,4	40,6	16,5	36,2	26,5	62,7
47	14,7	4,0	70,5	22,0	19,8	38,0	57,8
48	15,3	4,2	44,1	25,1	40,8	25,5	66,3
49	11,0	5,4	53,8	18,0	35,0	33,3	68,3
50	12,8	5,9	51,9	21,6	38,8	39,0	77,8
51	10,2	6,7	37,1	21,6	52,5	27,5	80,0
52	5,7	4,9	25,4	13,4	33,0	21,3	54,3
53	10,8	4,0	34,9	23,2	30,7	20,7	51,3
54	8,7	3,4	38,1	14,9	20,5	24,2	44,7
55	11,2	3,7	59,1	22,6	14,8	34,5	49,3
56	10,7	3,0	42,8	22,6	19,7	19,3	39,0
57	10,0	5,6	36,4	19,0	40,3	26,3	66,7
58	5,7	2,3	32,3	21,3	13,5	13,2	26,7
59	8,8	2,4	43,6	14,9	10,3	21,8	32,2
60	12,7	3,2	61,6	22,2	19,2	21,7	40,8
61	11,5	6,2	39,1	24,1	47,0	23,0	70,0
62	9,2	3,2	48,7	14,5	15,8	27,2	43,0
63	8,3	3,8	34,3	16,4	24,7	23,2	47,8
64	3,8	2,0	10,1	17,7	16,5	6,2	22,7
65	10,8	4,3	56,7	18,5	18,7	37,2	55,8
66	8,7	2,4	48,4	16,6	18,5	23,0	41,5
67	13,8	4,2	65,5	24,7	21,0	37,5	58,5
68	8,8	3,0	47,5	16,4	12,3	26,7	39,0
сред ние	10,6	4,4	43,1	19,5	31,0	28,2	59,2
ми- ни- мум	3,8	1,4	10,1	13,4	10,0	6,2	22,7
мак- си- мум	16,2	8,1	71,7	26,1	63,3	57,2	101,2
V	25,7	31,9	32,0	16,3	38,5	35,8	28,2
s	2,7	1,4	13,8	3,2	11,9	10,1	16,7

Характеристика образцов риса по вегетативным признакам, контроль, 2022 г.

№	Урожай- ность, т/га	Высота расте- ний, см	Количе- ство рас- тений на 1 м ² , шт.	Количество стеблей на 1 м ² , шт.	Кусти- стость	Масса 10 стеб- лей, г	Масса 10 мете- лок, г
	1	2	3	4	5	6	7
1	8,91	107,2	96,0	272,7	3,2	41,9	28,3
2	8,20	102,8	81,1	236,3	2,9	40,0	27,0
3	6,72	106,1	70,7	209,3	3,0	41,5	27,7
4	5,70	95,0	83,3	209,3	2,6	36,6	24,9
5	7,86	94,4	80,0	242,7	3,1	37,1	25,4
6	4,58	96,1	128,0	272,0	2,4	28,3	18,6
7	6,27	102,2	123,3	249,3	2,1	37,7	23,1
8	8,01	102,8	102,7	264,0	2,8	39,4	26,8
9	7,82	90,6	141,3	284,0	2,1	41,0	27,1
10	6,12	88,9	107,3	263,3	2,7	36,4	23,0
11	10,16	101,1	142,7	308,7	2,4	41,8	26,5
12	7,51	93,3	118,7	293,3	2,8	35,5	21,6
13	7,39	102,8	150,0	297,3	2,0	37,9	23,3
14	5,81	113,3	144,0	270,0	1,9	31,0	18,7
15	5,84	97,2	126,7	311,3	2,7	28,8	16,6
16	7,17	100,0	158,0	301,3	2,1	36,1	21,6
17	4,96	105,0	110,0	242,7	2,3	29,8	18,2
18	7,56	94,4	118,0	267,3	2,4	40,1	26,6
19	7,66	105,0	189,3	326,7	1,8	33,9	22,4
20	6,76	105,0	134,7	322,7	2,4	31,1	19,3
21	6,81	107,2	134,7	272,7	2,1	40,6	26,1
22	7,10	105,7	152,9	307,3	2,1	35,2	22,5
23	6,98	111,7	150,0	292,0	2,0	39,0	24,0
24	5,89	107,8	125,3	230,7	1,9	40,4	25,8
25	8,26	103,3	114,0	234,7	2,1	44,3	28,5
26	7,45	96,7	116,7	238,0	2,2	44,1	28,6
27	5,88	90,0	126,0	244,7	2,0	34,9	23,2
28	7,36	96,1	136,7	269,3	2,1	40,7	26,9
29	6,58	105,0	136,7	280,7	2,1	36,4	24,4
30	10,59	102,2	160,7	346,7	2,4	37,3	24,3
31	6,63	108,3	126,0	272,0	2,1	38,7	26,3
32	6,66	95,6	138,7	287,3	2,1	33,6	21,4
33	6,82	100,0	107,3	242,7	2,4	41,8	25,8
34	7,63	102,2	123,3	292,0	2,5	38,9	25,0
35	6,52	100,6	152,7	260,7	1,8	39,1	26,0
36	4,69	94,4	110,0	226,7	2,2	31,4	19,7
37	5,86	98,3	124,7	250,0	2,1	36,5	23,4
38	8,73	94,4	120,7	254,7	2,2	43,5	28,7

39	6,44	95,0	124,0	280,0	2,6	37,3	24,8
40	5,22	101,7	126,0	225,3	1,9	34,6	23,2
41	6,91	105,0	103,3	257,3	2,6	40,1	25,6
42	6,81	105,0	102,0	241,3	2,5	38,5	25,4
43	7,74	110,0	118,7	266,0	2,3	38,0	23,4
44	6,28	106,7	96,7	220,7	2,3	36,1	24,4
45	6,00	83,9	126,0	248,7	2,2	40,6	25,1
46	4,17	99,4	116,0	233,3	2,4	29,5	18,5
47	6,00	103,9	103,3	236,7	2,3	37,5	23,2
48	5,14	107,2	116,0	257,3	2,3	28,5	17,6
49	7,79	107,2	117,3	261,3	2,5	42,1	28,6
50	7,48	101,1	112,7	249,3	2,3	39,6	26,2
51	7,13	100,6	133,3	236,0	1,9	41,5	27,0
52	8,99	104,4	124,0	285,3	2,4	40,2	25,6
53	6,47	102,2	127,3	250,7	2,2	37,9	24,4
54	9,49	95,0	120,0	306,0	2,6	38,2	24,6
55	6,39	107,8	117,3	264,7	2,3	38,9	25,6
56	8,64	107,2	128,0	285,3	2,5	45,1	30,1
57	6,79	111,7	116,7	294,7	2,9	37,8	24,7
58	6,13	106,7	118,7	256,0	2,2	37,9	24,0
59	8,04	105,0	118,0	298,7	2,6	36,9	23,5
60	9,28	94,4	121,3	292,7	2,7	46,1	29,8
61	6,20	95,6	112,0	240,0	2,4	38,0	24,4
62	8,46	102,8	132,7	377,3	3,0	35,5	22,5
63	9,88	108,9	163,3	369,3	2,3	42,9	25,5
64	7,22	105,6	142,7	312,0	2,7	38,2	22,9
65	5,08	100,0	90,0	197,3	2,4	40,8	26,7
66	4,90	98,9	128,7	233,3	1,9	33,7	21,0
67	6,85	104,4	116,0	248,7	2,3	35,0	24,3
68	7,65	93,3	140,7	298,0	2,2	39,4	25,9
сред- ние	7,01	101,5	122,9	268,2	2,4	37,7	24,3
мини- мум	4,17	83,9	70,7	197,3	1,8	28,3	16,6
макси- мум	10,59	113,3	189,3	377,3	3,2	46,1	30,1
V	19,35	5,9	16,9	13,3	13,7	10,7	12,3
s	1,36	6,0	20,7	35,7	0,3	4,0	3,0

Характеристика образцов риса по генеративным признакам, опыт, 2022 г.

№	Длина ме- телки, см	Плот- ность, шт./см	Пусто- зерность, %	Масса 1000 зе- рен, г	Количество зерен на ме- телке, шт.	Количество пустых ко- лосков, шт.	Общее число ко- лосков, шт.
	1	2	3	4	5	6	7
1	14,2	9,2	13,8	28,9	113,0	17,8	130,8
2	13,4	8,8	11,2	30,1	115,3	12,7	128,0
3	13,5	9,0	9,3	28,9	111,2	10,7	121,8
4	12,5	8,1	10,5	29,6	91,8	9,7	101,5
5	13,7	9,5	11,4	28,3	114,3	14,8	129,2
6	14,0	4,8	13,9	29,3	57,5	10,2	67,7
7	15,7	7,9	21,5	25,4	99,0	24,3	123,3
8	13,3	8,9	9,0	28,1	107,8	10,7	118,5
9	14,3	7,6	15,3	29,5	93,3	15,8	109,2
10	18,2	5,1	6,2	27,2	85,3	5,7	91,0
11	13,7	10,3	11,1	26,3	125,0	15,2	140,2
12	16,2	6,6	7,7	27,6	92,8	9,2	102,0
13	14,3	7,3	16,8	28,6	86,8	17,2	104,0
14	13,5	6,7	11,8	27,7	77,7	10,0	87,7
15	16,3	4,2	6,4	30,9	60,7	5,3	66,0
16	15,2	7,1	17,1	26,3	90,3	17,5	107,8
17	15,7	5,8	8,8	26,9	76,0	9,0	85,0
18	13,2	8,3	10,5	28,6	99,0	11,5	110,5
19	17,3	6,1	10,8	24,9	94,0	11,2	105,2
20	17,0	4,7	7,8	28,7	73,0	6,5	79,5
21	14,7	7,3	13,3	27,0	92,7	14,3	107,0
22	16,3	6,0	10,6	26,8	86,2	10,7	97,2
23	14,3	8,2	16,5	23,8	100,3	18,0	118,3
24	13,7	7,6	8,9	27,7	92,3	9,2	101,5
25	14,2	10,4	14,8	27,5	127,8	20,7	148,5
26	14,0	9,7	17,6	27,5	113,8	23,5	137,3
27	13,3	7,3	12,1	28,0	85,8	11,5	97,3
28	13,5	7,9	11,2	28,8	94,8	12,0	106,8
29	13,8	7,7	12,8	25,2	92,8	13,2	106,0
30	15,8	8,4	19,3	27,8	110,0	24,5	134,5
31	13,7	6,9	11,2	29,0	84,0	10,7	94,7
32	14,2	7,8	11,2	23,7	97,7	13,3	111,0
33	16,8	6,6	12,1	29,4	95,5	13,0	108,5
34	14,3	7,4	11,4	27,9	93,7	12,3	106,0
35	14,7	7,7	13,1	25,7	97,2	14,5	111,7
36	17,0	5,2	6,8	26,9	77,0	6,2	83,2
37	13,7	7,0	11,9	28,2	83,2	12,0	95,2
38	13,7	9,9	15,1	29,3	117,0	19,2	136,2

39	13,2	6,8	14,6	29,0	79,3	12,3	91,7
40	12,3	7,7	15,6	27,6	83,8	13,7	97,5
41	14,3	7,5	14,8	29,1	92,3	16,2	108,5
42	13,8	8,4	10,3	27,6	102,2	11,7	113,8
43	14,8	8,5	13,1	26,2	111,0	15,3	126,3
44	13,8	7,8	8,9	29,1	97,8	10,5	108,3
45	13,8	6,9	6,1	27,1	89,2	6,0	95,2
46	16,2	4,3	8,4	28,0	63,8	5,5	69,3
47	17,2	6,1	16,9	28,5	88,8	16,0	104,8
48	18,2	4,4	8,3	27,6	72,3	6,7	79,0
49	14,5	8,5	17,2	28,4	105,0	19,3	124,3
50	13,5	8,6	11,8	29,6	101,2	13,7	114,8
51	13,5	9,0	15,4	28,9	104,7	16,7	121,3
52	13,5	9,1	7,7	27,8	113,5	9,7	123,2
53	14,5	8,0	21,1	27,3	94,7	22,0	116,7
54	13,7	11,4	21,6	24,9	124,5	30,5	155,0
55	14,0	7,3	14,6	28,5	84,7	16,2	100,8
56	13,5	9,2	16,0	29,1	104,0	19,7	123,7
57	15,0	6,4	14,9	28,1	82,0	14,2	96,2
58	14,7	6,7	12,2	27,6	86,7	12,0	98,7
59	14,2	9,2	14,7	24,1	111,7	18,7	130,3
60	14,0	8,8	13,4	30,0	105,7	16,7	122,3
61	14,2	7,4	15,8	28,0	92,3	13,7	106,0
62	14,0	6,7	8,8	26,1	85,8	7,8	93,7
63	15,3	8,3	18,4	26,0	102,7	24,0	126,7
64	13,7	7,2	9,5	25,9	89,2	9,5	98,7
65	13,7	7,7	11,1	28,0	92,2	11,7	103,8
66	14,5	6,0	17,5	28,5	73,7	13,5	87,2
67	15,2	6,9	10,6	29,5	93,5	10,7	104,2
68	14,2	7,3	15,1	29,0	88,3	15,0	103,3
сред ние	14,5	7,5	12,7	27,7	94,5	13,7	108,2
ми- ни- мум	12,3	4,2	6,1	23,7	57,5	5,3	66,0
мак- си- мум	18,2	11,4	21,6	30,9	127,8	30,5	155,0
V	9,0	20,0	29,6	5,6	15,7	37,6	17,0
s	1,3	1,5	3,8	1,5	14,8	5,1	18,4

Соотношение опыт/контроль по вегетативным признакам образцов риса,
2022 г.

№	Урожай- ность, т/га	Высота расте- ний, см	Количе- ство рас- тений на 1 м ² , шт.	Количество стеблей на 1 м ² , шт.	Кусти- стость	Масса 10 стеб- лей, г	Масса 10 мете- лок, г
	1	2	3	4	5	6	7
1	43,6	84,7	122,2	168,5	123,7	70,6	39,0
2	34,3	88,7	138,6	182,0	99,5	75,4	39,5
3	17,8	87,2	149,1	127,2	85,5	60,5	25,9
4	28,7	95,0	137,6	125,7	87,4	82,7	39,2
5	25,3	98,2	118,3	129,7	106,3	47,6	26,2
6	39,8	102,0	85,4	125,1	131,9	52,4	16,5
7	26,6	98,9	103,8	145,4	133,7	71,3	41,8
8	34,3	101,4	119,5	105,9	81,9	82,5	40,9
9	28,0	112,0	69,8	95,2	128,2	97,7	67,9
10	63,0	110,6	121,7	183,5	137,3	86,2	48,4
11	7,4	92,3	82,2	127,4	141,9	78,0	52,9
12	46,2	99,1	87,6	154,8	158,7	100,0	53,5
13	24,5	94,3	67,6	97,7	141,1	66,3	45,0
14	33,2	83,3	66,7	87,5	130,3	77,8	62,8
15	31,3	99,4	93,7	86,3	84,6	84,7	45,4
16	8,5	93,1	53,2	82,0	143,4	70,3	43,3
17	26,7	90,5	121,2	134,8	105,2	52,1	27,4
18	36,7	107,1	75,7	143,9	176,4	98,7	46,2
19	45,7	97,6	55,6	104,0	181,0	91,3	53,6
20	11,4	93,7	68,3	71,5	102,3	47,1	22,8
21	34,6	98,4	72,3	105,1	143,1	64,8	29,2
22	31,9	96,6	64,2	92,9	137,7	68,2	35,2
23	17,8	86,6	75,6	120,1	155,2	58,1	38,3
24	33,8	94,6	68,1	138,9	199,6	76,8	42,3
25	30,8	97,0	85,4	129,0	149,3	69,4	41,6
26	64,8	98,0	68,6	140,2	188,7	72,6	38,2
27	93,8	110,2	81,5	193,2	226,7	93,8	57,2
28	9,4	104,6	89,8	97,5	104,0	81,5	43,1
29	32,3	92,9	79,0	96,7	117,1	77,1	47,9
30	5,7	92,1	63,1	73,6	103,3	45,3	34,4
31	6,0	89,0	70,9	55,3	78,3	56,1	37,5
32	43,4	107,3	101,9	104,9	102,1	75,3	56,9
33	32,4	88,3	93,2	151,8	150,5	93,1	50,6
34	26,7	93,8	73,5	103,5	133,6	77,9	34,3
35	46,7	98,1	68,1	122,2	167,8	90,9	54,6
36	77,4	99,4	104,2	166,9	148,9	87,3	33,1
37	7,5	101,1	87,7	60,2	66,1	45,1	32,6

38	21,9	108,2	82,9	115,3	135,8	75,6	40,3
39	21,4	96,5	109,7	94,0	74,1	86,1	50,6
40	53,0	91,5	91,0	172,9	180,1	108,1	63,9
41	36,9	89,2	108,4	149,3	132,2	93,0	57,9
42	19,7	94,4	92,8	106,2	108,9	65,1	36,1
43	6,3	86,1	85,4	51,4	57,7	31,5	26,5
44	25,1	85,4	97,9	104,7	104,6	78,3	40,1
45	33,7	116,9	94,2	130,8	124,3	81,9	34,7
46	51,0	101,4	90,8	153,1	143,7	74,2	45,1
47	26,3	92,2	103,2	153,1	144,9	85,4	57,4
48	86,1	89,6	85,1	167,9	192,8	84,4	44,5
49	19,3	89,1	101,1	91,2	80,7	75,9	38,0
50	29,1	89,6	71,0	104,1	138,7	95,1	47,9
51	60,1	96,4	89,0	160,3	165,0	75,3	47,1
52	10,1	90,4	103,2	71,8	66,9	42,0	34,3
53	31,6	86,7	72,3	114,5	143,1	74,7	48,6
54	6,4	105,8	100,0	65,1	64,3	63,4	45,3
55	23,1	92,8	101,1	166,6	164,6	79,8	46,0
56	18,1	93,5	90,6	122,9	120,3	79,0	44,1
57	41,2	86,8	81,1	123,7	131,2	66,7	49,0
58	13,0	92,2	95,5	108,4	109,3	38,6	22,8
59	5,1	87,6	92,7	89,6	92,5	62,4	33,6
60	14,5	105,6	98,9	108,1	99,0	90,5	46,8
61	63,7	100,9	111,9	145,6	114,9	81,2	58,2
62	3,4	100,8	69,3	33,6	45,5	65,5	30,9
63	13,6	90,8	68,6	90,0	129,2	54,3	34,2
64	10,6	93,4	84,1	84,3	81,6	28,0	15,5
65	18,1	97,8	88,9	135,5	140,6	79,3	37,5
66	20,5	99,4	68,4	140,4	193,9	59,8	45,6
67	27,1	94,4	72,4	144,2	189,0	91,2	64,4
68	9,1	104,2	126,1	115,0	89,4	62,4	39,0
сред- ние	30,1	95,9	89,3	118,3	127,2	73,0	42,3
мини- мум	3,4	83,3	53,2	33,6	45,5	28,0	15,5
макси- мум	93,8	116,9	149,1	193,2	226,7	108,1	67,9
V	64,6	7,6	22,6	29,3	30,1	23,4	26,7
s	19,5	7,3	20,2	34,7	38,3	17,1	11,3

Соотношение опыт/контроль по генеративным признакам образцов риса,
2022 г.

№	Длина ме- телки, см	Плот- ность, шт./см	Пусто- зерность, %	Масса 1000 зе- рен, г	Количество зерен на ме- телке, шт.	Количество пустых ко- лосков, шт.	Общее число ко- лосков, шт.
	1	2	3	4	5	6	7
1	23,9	54,8	273,6	80,2	32,3	132,7	46,0
2	19,7	69,0	314,2	62,5	30,2	207,5	47,8
3	15,0	51,1	410,0	46,6	30,0	221,9	46,8
4	20,5	64,5	423,7	60,7	37,6	331,0	65,5
5	14,2	49,3	189,5	57,9	33,7	142,7	46,2
6	11,9	29,4	227,0	62,0	51,3	116,4	61,1
7	25,6	64,2	225,5	61,5	29,8	154,8	54,5
8	24,8	64,8	428,1	71,2	45,4	240,6	63,0
9	36,5	70,2	394,4	88,0	33,4	266,3	67,2
10	38,3	95,7	751,9	82,6	41,6	652,9	79,7
11	24,6	38,6	603,0	73,0	8,0	267,0	36,0
12	43,3	58,8	566,7	80,3	37,2	309,1	61,6
13	28,0	63,9	179,5	55,1	45,5	154,4	63,5
14	42,9	88,5	333,7	62,0	61,2	270,0	85,0
15	38,6	88,4	604,0	62,3	58,2	490,6	93,2
16	25,1	30,1	227,2	66,1	15,7	111,4	31,2
17	25,2	28,2	188,8	78,0	25,4	81,5	31,4
18	27,8	62,5	637,9	80,6	31,6	313,0	60,9
19	33,7	78,2	430,2	92,9	47,3	282,1	72,3
20	17,3	46,5	392,5	74,3	21,5	294,9	43,8
21	19,2	62,7	186,6	74,7	44,1	151,2	58,4
22	23,6	64,0	319,6	80,4	42,7	196,3	59,4
23	20,7	44,5	194,1	64,7	22,9	122,2	38,0
24	20,7	84,4	568,9	63,8	38,1	458,2	76,0
25	25,6	51,2	218,7	72,4	33,0	102,4	42,6
26	22,5	75,4	164,4	83,1	55,6	106,4	64,3
27	37,1	110,0	417,2	80,9	60,0	431,9	103,9
28	24,7	41,9	573,7	71,3	13,5	250,0	40,1
29	22,1	87,5	346,6	72,7	46,0	325,3	80,7
30	19,4	20,6	188,4	49,3	15,8	74,8	26,5
31	18,1	56,1	415,3	58,5	18,7	285,9	48,8
32	30,6	64,4	212,1	87,3	47,4	127,5	57,1
33	26,1	81,0	594,8	72,0	29,7	439,7	78,8
34	22,9	66,1	396,2	67,8	38,1	247,3	62,4
35	37,1	71,9	428,2	89,5	42,7	206,9	64,0
36	28,0	108,7	687,0	73,6	63,0	570,3	100,6
37	19,3	40,9	255,4	62,9	19,8	152,8	36,6

38	19,9	45,7	276,4	64,0	29,6	117,4	42,0
39	30,3	80,1	403,3	66,4	34,2	381,1	80,9
40	29,6	71,1	381,3	80,3	38,2	308,5	76,1
41	34,1	76,3	473,9	89,6	27,6	320,6	71,3
42	19,7	51,5	332,8	50,7	36,5	180,0	51,2
43	22,4	33,5	134,8	70,0	17,6	132,6	31,5
44	22,8	61,1	415,9	61,1	39,2	212,7	56,0
45	20,1	75,0	844,4	65,0	39,6	591,7	74,4
46	35,8	102,6	480,9	58,8	56,7	481,8	90,4
47	27,9	65,5	416,4	77,1	22,3	237,5	55,2
48	36,8	95,5	531,9	90,8	56,5	382,5	84,0
49	22,8	62,8	312,9	63,6	33,3	172,4	55,0
50	30,1	68,7	438,8	72,8	38,4	285,4	67,8
51	27,7	74,1	240,9	74,8	50,2	165,0	65,9
52	19,3	53,3	330,2	48,4	29,1	220,7	44,1
53	32,1	49,2	165,2	85,2	32,4	93,9	44,0
54	21,9	30,0	176,2	59,8	16,5	79,2	28,8
55	29,1	50,1	405,1	79,1	17,5	213,4	48,9
56	24,8	32,6	266,7	77,6	18,9	98,3	31,5
57	28,6	87,4	244,9	67,6	49,2	185,9	69,3
58	11,4	33,6	264,3	77,2	15,6	109,7	27,0
59	14,5	25,9	295,7	61,9	9,3	117,0	24,7
60	23,8	36,2	458,7	74,0	18,1	130,0	33,4
61	33,1	83,1	248,1	86,0	50,9	168,3	66,0
62	14,5	47,5	550,4	55,5	18,4	346,8	45,9
63	16,8	46,4	186,7	63,1	24,0	96,5	37,8
64	8,6	27,8	107,1	68,2	18,5	64,9	23,0
65	23,3	56,0	512,0	66,0	20,3	318,6	53,8
66	30,4	40,1	277,1	58,0	25,1	170,4	47,6
67	28,9	61,0	616,0	83,6	22,5	351,6	56,2
68	18,0	40,7	314,9	56,4	14,0	177,8	37,7
сред ние	25,3	60,5	369,5	70,4	33,6	239,2	56,4
ми- ни- мум	8,6	20,6	107,1	46,6	8,0	64,9	23,0
мак- си- мум	43,3	110,0	844,4	92,9	63,0	652,9	103,9
V	29,9	35,1	44,0	15,8	41,3	56,1	33,9
s	7,6	21,2	162,5	11,1	13,9	134,2	19,1

Опыт по рису на сахарозе, апрель 2022 г.

№	Образец	Контроль				Сахар, 8 атм.			Соотноше- ние	
		Длина ростка	Длин а ко- решк а	Масса , г	Всх ожес ть, %	Длин а ростк а	Длин а ко- решк а	Всхо- жест ь, %	Ро- сток, О/К, %	Ко- ре- шок, О/К, %
1	Суходол	3,57	8,17	4,8	98	0,66	2,96	80,0	18,4	36,2
2	ЗУЛК 11	1,77	3,57	2,8	96	0,64	1,56	64,0	36,5	43,6
3	АН-Юн-Хо, Китай	2,30	6,60	4,3	100	0,74	0,68	80,7	32,4	10,3
4	Скомс белый х Кубань 3	6,90	11,77	4,8	96	0,56	1,22	49,3	8,1	10,4
5	Дин- Сян. Китай	5,97	10,10	4,6	100	0,54	0,68	71,3	9,1	6,7
6	Золотые всходы, суходол	4,53	7,83	4,9	94	0,40	0,47	59,3	8,8	6,0
7	(Чан-Чунь-Ман х Бо- ярин) 8063 х Кубояр	7,67	12,10	5,2	98	0,79	0,82	54,0	10,3	6,8
8	Контро, Китай	8,50	12,47	4,5	90	0,69	0,39	60,0	8,1	3,1
9	(Чан-Чунь-Ман х Бо- ярин) 9496 х Кубояр	6,00	9,03	5	100	0,94	0,62	77,3	15,7	6,9
10	Маловодотребователь- ный, Узбекистан	7,63	10,30	4,9	100	0,56	0,83	44,0	7,3	8,1
11	Чан-Чунь -Ман х Кубояр	4,03	4,60	4,1	96	0,87	0,50	79,3	21,5	10,9
12	Хун- Мо,Китай	7,63	9,20	4,6	100	0,61	0,50	75,3	8,0	5,4
13	Чан-Чунь-Ман х Боярин	4,13	9,77	3,9	100	0,48	0,77	40,0	11,6	7,8
14	Чан-Чунь-Ман, Китай	3,37	10,73	4,9	100	0,23	0,42	45,3	6,9	3,9
15	Чан-Чунь-Ман х Боярин	6,43	9,13	3,8	96	0,72	1,54	67,3	11,2	16,9
16	Волгоградский	4,47	8,10	5,2	100	0,91	1,42	72,0	20,4	17,6
17	Чан-Чунь-Ман х Боярин	6,40	11,23	4,6	98	0,69	0,36	58,0	10,8	3,2
18	Сталинградский	12,50	11,33	5	90	0,94	0,41	57,3	7,6	3,6
19	Чан-Чунь-Ман х Боярин	8,20	9,87	4,6	96	0,63	0,42	38,7	7,7	4,3
20	Суходол	8,47	12,40	5,2	100	0,24	0,32	37,3	2,9	2,6
21	Чан-Чунь-Ман х Боярин	5,50	10,67	4,5	98	0,62	0,29	46,7	11,3	2,7
22	Суходол х Боярин	3,27	7,83	4,7	100	0,93	1,02	68,7	28,6	13,0
23	Чан-Чунь-Ман х Боярин	6,97	9,60	4,8	80	0,42	0,31	50,7	6,1	3,2
24	(Суходольный х Боярин)	5,40	10,00	4,7	96	0,92	0,82	81,3	17,1	8,2
25	Чан-Чунь-Ман х Раз- дольный	6,97	8,47	4,3	100	0,69	2,06	68,0	9,9	24,3
26	Суходольный 554 х Раз- дольный	2,80	5,93	2,1	82	1,01	1,32	73,3	36,1	22,3
27	Чан-Чунь-Ман х Раз- дольный	3,60	11,30	4,3	98	0,71	3,01	79,3	19,8	26,6
28	[(Ламро х Вираз(5703))] х Боярин (т. Контро)	4,70	9,60	4,5	98	0,84	2,09	79,3	18,0	21,8
29	Чан-Чунь-Ман х Раз- дольный	4,53	5,07	4,6	100	0,73	1,66	76,7	16,2	32,7
30	Вирасан	5,97	8,33	4,9	100	0,54	2,17	76,0	9,1	26,0
31	Чан-Чунь-Ман х Южа- нин	6,37	9,40	3,7	100	0,80	0,63	35,3	12,6	6,7
32	Чан-Чунь-Ман х Южа- нин	3,33	5,60	5,1	98	0,63	1,78	51,3	19,0	31,7

33	Суходол	5,13	9,93	4,4	100	0,53	0,50	48,0	10,4	5,0
34	Волгоградский х Магнат	7,20	10,93	4,3	86	0,99	1,42	60,7	13,7	13,0
35	Дин-Сян х Боярин	5,97	10,33	5,2	100	1,26	1,89	78,0	21,0	18,3
36	Дин-Сян х Кубояр	7,10	11,93	4,7	98	0,92	1,20	63,3	13,0	10,1
37	ЗУЛК 4	9,73	11,13	4,8	94	1,13	1,27	78,7	11,6	11,4
38	ЗУЛК 5	7,13	11,77	4,3	98	1,12	2,22	74,0	15,7	18,9
39	ЗУЛК 1	4,57	4,83	4,1	98	0,96	2,56	78,7	20,9	52,9
40	ЗУЛК 2	10,50	13,03	4,9	98	0,72	0,74	64,0	6,9	5,7
41	ЗУЛК 3	7,57	12,30	5,1	98	1,17	0,71	63,3	15,4	5,8
42	ЗУЛК 6	7,40	11,33	4,8	94	1,00	0,41	43,3	13,5	3,6
43	ЗУЛК 7	5,50	8,87	4,7	98	0,72	1,94	61,3	13,1	21,9
44	ЗУЛК 8	8,87	8,07	4,9	98	0,68	0,87	43,3	7,6	10,7
45	ЗУЛК 9	2,90	5,37	3,8	100	0,28	0,54	42,0	9,6	10,1
46	ЗУЛК 10	4,83	10,60	4,9	98	0,98	1,06	76,7	20,2	10,0
47	ЗУЛК 13	3,07	6,13	4,5	96	0,79	2,18	24,0	25,7	35,5
48	ЗУЛК 14	4,70	5,83	5	96	0,90	0,83	45,3	19,1	14,3
49	ЗУЛК 15	9,70	12,27	3,5	72	0,92	1,37	38,7	9,5	11,1
50	ЗУЛК 12	6,47	7,13	5,3	98	1,31	3,71	100,0	20,3	52,0
51	Командор х Маловодо- треболат, Узбекистан	4,10	9,60	4,8	98	0,86	0,36	42,7	20,9	3,7
52	Командор х Ан-Юн-Хо, Китай	7,40	11,90	4,4	100	0,92	1,01	64,7	12,5	8,5
53	Командор х Золотые всходы,сух546	3,70	10,07	4,5	90	0,92	1,38	46,7	24,9	13,7
54	Командор х Хун-Мо су- ходольный, Китай	8,00	7,40	4,6	98	0,81	0,99	69,3	10,1	13,4
55	Командор х Чан-Чунь- Ман	5,50	6,07	4,9	96	1,06	0,71	68,7	19,2	11,7
56	Командор х Чан-Чунь- Ман	3,20	4,30	2,3	100	0,58	0,62	56,0	18,1	14,5
57	Командор х Чан-Чунь- Ман	6,87	10,13	5,6	98	0,97	0,61	70,7	14,1	6,0
58	Контро(сух) х Боярин	8,70	8,30	4,7	92	0,42	0,39	43,3	4,9	4,7
59	IR74099-3R-3-3 х Нова- тор	7,97	11,33	4,6	96	0,60	0,68	62,0	7,5	6,0
60	Раздольный х Суходоль- ный	4,47	8,83	4,8	100	0,86	1,00	66,7	19,2	11,3
61	Засуха, Краснодар	6,00	6,57	4,9	100	0,57	0,56	53,3	9,4	8,5
62	Скомс белый х Кубань 3	4,50	8,17	5,5	100	1,10	0,80	80,0	24,4	9,8
63	Засуха, Краснодар	7,40	9,17	4,8	98	0,62	0,48	64,7	8,4	5,2
64	Скомс белый х Кубань 3	3,30	5,87	2,7	92	1,29	0,44	51,3	39,1	7,6
65	Засуха, Краснодар	5,27	11,40	4,5	100	0,69	0,43	38,0	13,1	3,8
66	[(Ламро х Вираз (5703)) х Боярин (т. Контро)]	2,90	6,47	5,3	98	0,79	0,68	64,7	27,2	10,5
67	[(Ламро х Вираз(5703))] х Боярин (т. Контро)]	5,53	10,10	4,7	100	0,59	0,73	54,0	10,6	7,3