

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ И.Т.ТРУБИЛИНА»

*На правах рукописи*



КАКУНЗЕ АЛЕН ШАРЛЬ

**ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ПРИ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ РИСА  
ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель: доктор с.-х. наук,  
профессор Зеленский Григорий Леонидович

Краснодар – 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

|   | С  |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ  | 4  |
| 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ  | 9  |
| 1.1 История возделывания риса и его современное производство  | 9  |
| 1.2 Влияние биологических факторов на продуктивность и урожайность риса                               | 13 |
| 1.3 Влияние слоя воды и элементов агротехники на продуктивность и урожайность риса                    | 16 |
| 1.4 Продуктивность риса в зависимости от температурного режима  | 20 |
| 1.5 Экологически безопасные технологии в рисоводстве – от зеленой революции к экологическому сознанию | 23 |
| 1.5 Гибридизация при создании новых сортов риса   | 27 |
| 1.6 Направления селекции риса в России  | 30 |
| 1.5.1 Селекция риса на Дальнем Востоке  | 31 |
| 1.5.2 Селекция риса в Ростовской области  | 32 |
| 1.5.3 Селекция риса на Кубани   | 32 |
| 2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ   | 37 |
| 2.1 Почвенно-климатические условия  | 37 |
| 2.2 Характеристика использованного материала  | 39 |
| 2.3 Лабораторные опыты  | 41 |
| 2.4 Вегетационные опыты   | 43 |
| 2.5 Проведение гибридизации риса  | 45 |
| 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ  | 47 |
| 3.1 Посевные качества изучаемого материала  | 47 |
| 3.2 Колебание температурного режима в период вегетации риса   | 51 |
| 3.3 Влияние слоя воды на формирование   | 56 |

|   |     |
|---|-----|
| морфобиометрических показателей растений риса   |     |
| 3.3.1 Динамика роста и развития растений риса в разных условиях затопления                      | 56  |
| 3.3.2 Развитие фотосинтетических органов растений риса при разных режимах орошения              | 65  |
| 3.4 Продуктивность разнотипных сортов риса в зависимости от режима затопления                   | 69  |
| 3.4.1 Признак «длина метёлки и ее плотность» в разных режимах затопления                        | 70  |
| 3.4.2 Признаки «масса зерна с метёлки и количество зерна с метёлки» в разных режимах затопления | 71  |
| 3.4.3 Оценка продуктивности сортов риса по индексу «OMS»  | 76  |
| 3.5 Качественные показатели семян сортов риса, выращенных при разном слое воды                  | 79  |
| 3.6 Результаты изучения созданных гибридных популяций риса                                      | 81  |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ  | 99  |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ   | 102 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ  | 118 |

## ВВЕДЕНИЕ

Первое десятилетие двадцатого века вошло в историю биологии рядом крупных биологических открытий. Генетика – одна из них – стала теоретической основой селекции растений, животных и микроорганизмов и заняла ведущее место среди естественных наук.

Селекция разрабатывает способы воздействия на растения и животных с целью изменения их наследственных качеств в нужном для человека направлении. Использование семян с высокой степенью устойчивости к различным факторам окружающей среды приводит к увеличению урожая.

Наша работа посвящена теме: «Исходный материал при селекции сортов риса для экологически безопасной технологии». В ходе проведения исследований мы изучили влияние режимов затопления на рост и развитие сортов риса, получили новый гибридный материал для создания сортов риса, адаптированных к слою воды при выращивании по безгербицидной технологии.

**Актуальность темы диссертации.** В посевах риса наиболее вредоносными сорняками являются виды из рода Ежовник (*Echinochoa Beauv.*): Е. куриный (*E. crus galli (L.) Beauv.*), Е. крупноплодный (*E. coatctata (Stev.) Kossenko*) и Е. рисовый (*E. oryzicola Vasing.*) (Агарков и др., 1972). Для борьбы с ежовником в большинстве рисопроизводящих стран используют противозлаковые гербициды, применяя их перед посевом риса или после появления всходов сорняков и риса. В настоящее время имеется достаточно большой выбор таких гербицидов, однако цена их очень высокая.

Приблизительно 30 % рисовых систем в Краснодарском крае расположены на территориях, защищенных законом от чрезмерного использования химикатов (санитарные зоны, в основном вдоль реки Кубань и вблизи сел).

Для выращивания риса в санитарных зонах необходимы сорта, у которых устойчивость к болезням сочетается со способностью давать всходы из-под слоя

воды, чтобы выращивать их без применения химических средств защиты от болезней и сорняков по экологически безопасным технологиям.

В этой связи тема исследований «Исходный материал при селекции сортов риса для экологически безопасной технологии» является актуальной.

**Цель и задачи работы.** Целью работы является изучение форм риса, обладающих высокими темпами роста из-под слоя воды в период получения всходов и создание нового гибридного материала при селекции риса для выращивания по экологически безопасной технологии.

При выполнении работы решались следующие задачи:

- изучить образцы риса, обладающие признаком «быстрый рост из-под слоя воды в период получения всходов»;
- изучить реакцию сортов риса на слой воды 5, 15 и 20 см в период вегетации;
- провести агробиологическую оценку 10 разнотипных сортов риса по хозяйственно-ценным признакам, включая оценку по индексу OMS;
- определить качество семян сортов риса, выращенных при разных режимах орошения;
- установить корреляционные связи между хозяйственно-ценными признаками у изученных сортов риса;
- на основе комплексной оценки подобрать и рекомендовать родительские пары для гибридизации при селекции новых сортов для экологически безопасной технологии выращивания риса;
- провести гибридизацию и изучить реакцию полученных гибридов на режимы орошения.

### **Научная новизна**

– Проведена комплексная оценка образцов риса, обладающих признаком «быстрый рост из-под слоя воды в период получения всходов» и подобраны пары для гибридизации. Получен новый гибридный материал, адаптированный к слою воды.

– Выполнен тщательный анализ суточных колебаний температуры и влияния их на рост, развитие и урожайность исследуемых сортов

– Получены новые характеристики образцов риса для создания сортов для выращивания по экологически безопасной технологии.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Продемонстрированы характеристики и актуальность сортов, которые рекомендованы в качестве исходного материала при создании новых сортов риса для выращивания по экологически безопасной технологии. Создан новый исходный материал, который передан для дальнейшей селекционной работы в ФГБНУ «ФНЦ риса».

**Степень достоверности результатов исследования.** Результаты экспериментальных исследований, выводы по диссертационной работе обосновываются большим объемом четырехлетних данных, полученных на основе общепринятых методик для лизиметрических и лабораторных экспериментов.

Исследования проводились в 2019–2022 гг. в лаборатории кафедры генетики, селекции и семеноводства Кубанского ГАУ, лизиметрические опыты – на вегетационной площадке Кубанского ГАУ.

Основные результаты исследований докладывались на заседаниях кафедры генетики, селекции и семеноводства факультета агрономии и экологии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (2019–2022 гг.), а также на конференциях различного уровня: III научно-практической конференции молодых ученых Всероссийского форума по селекции и семеноводству «Русское поле 2019» (Краснодар, 2019 г.), III Международной конференции «Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов» (Краснодар, 2019 г.), Международной научно-практической конференции и школы молодых ученых по эколого-генетическим основам растениеводства «Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур» (Краснодар, 2022 г.), XLV Международной научно-практической конференции «Российская наука в современном мире»

(Москва, 2022 г.), XLIV Международной научно-практической конференции «Advances in Science and Technology» (Москва, 2022 г.).

**Методология и методы исследований.** При планировании, проведении и разработке исследований были использованы научные труды российских и иностранных ученых, статистические сборники и другие материалы. Исследования проводили с использованием полевых опытов, наблюдений и лабораторных анализов согласно научных методик и ГОСТов. Экспериментальные данные обрабатывали методами биометрического и статистического анализа.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Результаты изучения реакции сортов риса на разный режим затопления: слоем воды 5, 15 и 20 см;
2. Изменчивость признаков продуктивности растений риса при разном режиме орошения;
3. Результаты анализа утренней и вечерней температуры по дням вегетации риса в зоне узла кущения при слое воды 5, 15 и 20 см;
4. Корреляционные связи хозяйственно-ценных признаков в связи с продуктивностью растений риса, выращенных при разном уровне затопления водой;
5. Характеристика нового гибридного материала, созданного в ходе проведенных исследований и изученного при разных режимах орошения.

**Публикации результатов исследований.** По теме опубликовано 9 печатных работ, в том числе 3 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

**Личный вклад соискателя.** Научная работа выполнена лично автором. Получен новый исходный селекционный материал риса, обладающий комплексом хозяйственно-ценных признаков. В соответствии с индивидуальным планом научно-исследовательская работа включала проведение лизиметрических и

лабораторных исследований. Проведен статистический анализ полученных данных и подведен общий итог исследовательской работы.

### **Структура и объём диссертации**

Диссертация изложена на 132 страницах текста в компьютерном исполнении, состоит из введения, 3 глав, заключения и предложений селекционной практике и производству, списка литературы из 141 наименований, в том числе 53 источника на иностранном языке. Работа содержит 31 таблиц, 17 рисунков и 7 приложений.



# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 История возделывания риса и его современное производство

Рис – древнейший окультуренный человеком злак планеты [4, 99, 108] как она представлена в древних геологических раскопках. Рис присутствует в трудах древних греков, таких как Софокла, Стабона и Аристотеля, а также в исторических, социальных и религиозных сочинениях [20]. Его значение таково, что в восточных языках слова рис и еда часто являются синонимами, а в некоторых странах, таких как Таиланд, рис почитается в национальных церемониях.

Рис – важная зерновая культура Земли. Зерно риса является практически основным продуктом питания более половины людей в мире [4, 136]. Его ежегодное потребление на человека составляет более 100 кг во многих азиатских странах и некоторых африканских странах [95, 108]. В этих двух регионах рис, по сути, является урожаем мелких фермеров, выращиваемых на фермах, большая часть которых имеет площадь от 0,5 до 3 га [31]. Таким образом, для значительной части населения земного шара рис представляет собой не только повседневную пищу, но и образ жизни и способ занятия космоса : цивилизация. Рисоводство производит не только рисовое зерно, но и разнообразные побочные продукты, которые пользуются большим спросом в повседневной жизни. [33].

О происхождении риса существует множество различных и зачастую противоречивых гипотез. Согласно De Candolle (1883), центр происхождения риса лежит между Индией и Китаем указывая при этом, что самые древние исторические записи были найдены в Китае. Н. И. Вавилов (1965) признает родиной риса Индию, включая долину Ганга. Portères (1950) [77] считает, что Африка одомашнила этот злак независимо от Азии. Однако африканская форма (*O. glaberrima*) никогда не имела сравнимого экономического значения с ее азиатским аналогом (*O. sativa*), который стремится вытеснить ее [125, 133, 134]. Таким образом, два подвида существенно различаются в роду *Oryza* [4].

Согласно последним археологическим находкам, китайцы, а точнее малайско-полинезийские народы, колонизировавшие центральный и южный Китай, первыми начали выращивать рис [31]. И действительно, его культура появилась бы во времена неолитической революции 8000–6000 лет назад до нашей эры. В среднем течении реки Янцзы были обнаружены остатки рисовых зерен и их отпечатки в глиняных сосудах, что свидетельствует о том, что рис выращивали гораздо раньше, чем считалось до сих пор. Возраст самых старых зерен, найденных японскими и китайскими археологами, составляет 15000 лет или 11500 лет [95].

Рис культурный (*Oryza sativa* L.) был одомашнен в тропической и субтропической Азии, но центр одомашнивания является предметом спора. Тем не менее, все авторы, хотя и с разными деталями, описывают центр происхождения в долинах вокруг Гималаев в районе Таиланда и Индии. Несколько генетических исследований, показывают высокое генетическое разнообразие среди местных сортов в этих областях. Вопросами изучения филогенетического происхождения посвящены многие работы Ока (1958), Ting (1961), Ока and Chang (1962), Chang (1976). Эти авторы предполагают общего предка для различных сортовых групп, хотя филогенетические отношения остаются спорным предметом [93]. Обильные муссонные дожди в этом районе, теплая и влажная среда и особая физиография долин с их множеством влажных и сезонно мелко затопленных луговых пастбищ создали идеальную среду для одомашнивания *Oryza sativa* L. Рис хорошо приспосабливается к различным почвенно-климатическим условиям и может произрастать на землях различного рельефа. В самом деле, с момента своего первоначального выращивания *O. Sativa* L. распространилась на значительную часть земли и стала основной пищевой культурой для значительной части населения мира [102, 125]. Фактически рис хорошо приспосабливается к различным почвенно-климатическим условиям и может произрастать на землях различного рельефа благодаря исключительно высокой экологической пластичности. Его диапазон распространения является

наивысшим, по сравнению с другими культурами, потому что он простирается от 50° северной до 45° южной широты. Рис выращивают на высотах, расположенных чуть выше уровня моря до нескольких тысяч метров [13, 31, 99].

Рис относится к семейству *Poaceae*, трибу *Oryseae* L. и роду *Oryza* L. Растение имеет метелку с одноцветковыми колосками и зерновку с маленькими зародышем. По ряду признаков триба очень древняя [20]. Классификация рода *Oryza*, созданная Tateoka (1963) [114], определила 22 вида риса. В настоящее время известно до 24 видов риса [25, 95, 108]. Экспериментальная таксономическая работа и экологические наблюдения позволяют рассматривать четыре группы видов этого рода – *Sativa*, *Latifolia*, *Meyeriana* и *Ridleyi* – и два изолированных вида, *O. brachyantha* и *O. Schlechteri* [134]. Группы *Sativa* и *Latifolia* имеют пантропическое распространение и составляют «*Eu-Oryza*» [114].

Группа *Sativa* состоит из 2 культивируемых видов, которые все являются диплоидными, *O. saliva* L. и *O. glaberrima* Steud. в то время как группа *Latifolia* включает диплоидные и тетраплоидные виды, самоопыляющиеся, обычно многолетние и довольно омброфильные, чаще всего встречающиеся в затопленных или лесных районах в виде небольших популяций.

Род *Oryza* является гидрофитным, что означает, что выращивание риса всегда связано с водой. Обычно в условиях влажных тропиков растения медленно изменяют свои свойства, тем не менее у риса посевного есть очень большое число разновидностей, форм и сортов. Объяснить это можно двумя причинами. Во первых, разнообразием самих диких предков риса, а во вторых, его частой миграцией с кочующими племенами.

Культурный рис (*Oryza sativa* L.) подразделяют на три подвида:

- индийский (*indica*) с длинными и тонкими зерновками (отношение длины к ширине 3,5:1);
- китайско-японский (*sino-japonica*) с короткими широкими зерновками (отношение длины к ширине 2:1);
- яванский (*javanica*), возделываемый главным образом в Индонезии.

Рис – культура, имеющая большое агроелиоративное значение, в том смысле, что он способствует освоению засоленных и заболоченных земель, где невозможно выращивать другие культуры [109]. В связи с важностью риса как одной из основных мировых продовольственных культур, его генетическое разнообразие вызывает большой интерес исследователей. Рис – это злак с самым маленьким геномом, который легче всего поддается генетическому изучению. Поэтому рис используется генетиками в качестве модельного растения, что приводит к тому, что его сортовая селекция все больше выигрывает от применения биотехнологий [99]. Это привело к значительным успехам в изучении риса, в результате чего рис стал более продуктивной зерновой культурой во всем мире. В связи с этим рис среди всех зерновых культур имеет наилучшие шансы на повышение своей урожайности.

Рис дает наибольшее количество зерна с единицы площади. Рис является одним из наиболее широко культивируемых зерновых культур в мире, в настоящее время он произрастает в 116 странах на площади около 160 млн. га, среднегодовое производство зерна в мире составляет около 769 млн. т. в 2018 г. [25, 104]. Благодаря высокой пластичности риса, площадь его возделывания расширяется с каждым годом (рисунок 1), делая рис второй культурой в мире по посевным площадям и валовому сбору [25].

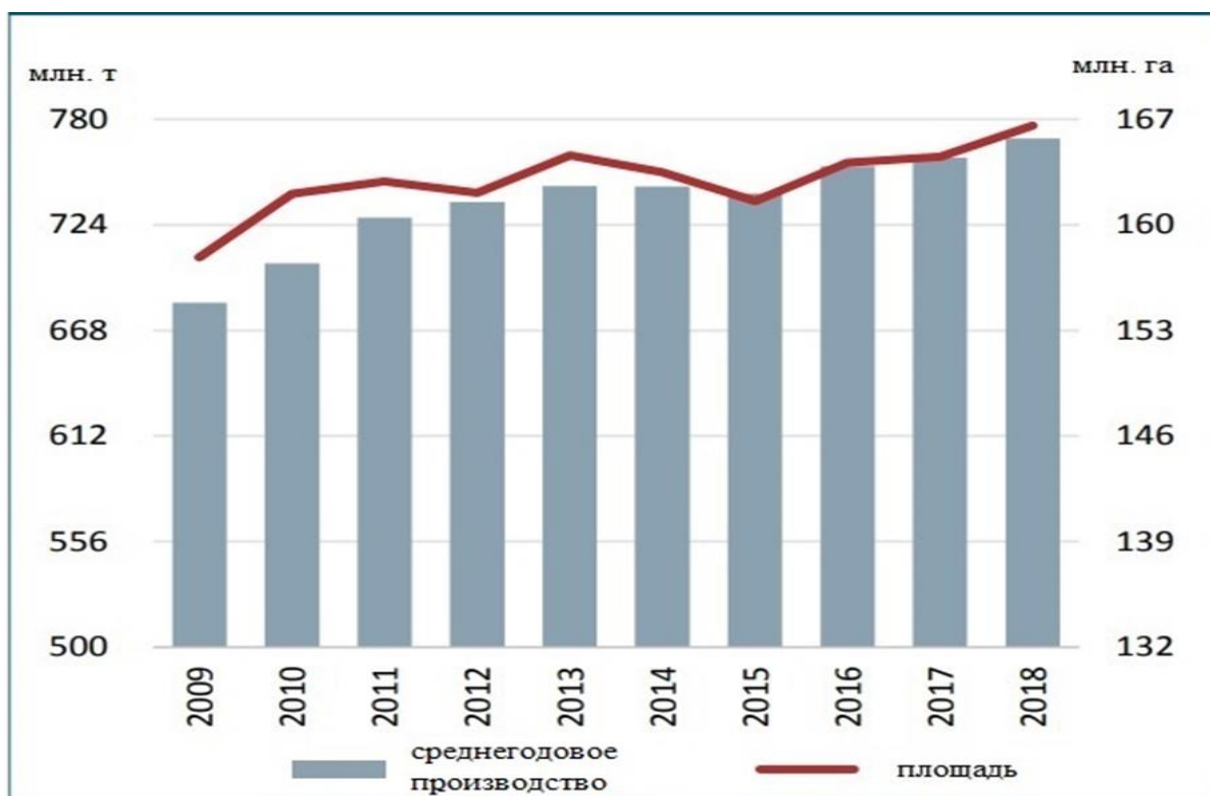


Рисунок 1. Мировое производство риса и его площадь (ФАО, 2018 [104])

Рис – одна из самых важных культур в мире, имеет эволюционную особенность быть полуводным [99, 108]. В результате рис имеет относительно небольшую адаптацию к ограниченным водным условиям и очень страдает от засухи [61]. Рис является единственной другой крупной продовольственной культурой, способной расти с корнями, размещенными под водой.

Большая часть собранного риса потребляется на местном уровне, а экспорт за рубеж минимален [109].

## 1.2 Влияние биологических факторов на продуктивность и урожайность риса

От прорастания семян до созревания риса обычно проходит 3–6 месяцев, в зависимости от сорта и условий, в которых он выращивается [140]. В течение этого периода рис проходит в основном две различные последовательные стадии роста: вегетативную и репродуктивную. В течение вегетационного периода рис, как и другие злаковые культуры, проходит следующие фазы [31]: прорастание, всходы, кущение, выход в трубку, а в репродуктивном периоде, фазы

выметывание и цветение, созревание [4]. Для перехода из одной фазы в другую в растении происходят постоянные изменения общего обмена веществ, что приводит к новым морфологическим образованиям [128].

Фаза прорастания начинается с поглощения воды семенами, что увеличивает влажность, которая достигает уровня от 22 до 30 %, в зависимости от сорта. В результате этого явления зерна набухают, что препятствует проникновению в них кислорода из воздуха. Таким образом, прорастание происходит в анаэробных условиях и потребность в кислороде для семени возникает только через несколько дней во время наклевывания [121, 140]. Низкие температуры очень вредны для прорастания. Некоторые сорта риса способны прорасти при 10 °С, в то время как большинство семян прорастает при 14–15 °С [131]. Оросительная вода и температура воздуха регулярно определяют интенсивность прорастания семян в полевых условиях. Время и интенсивность прорастания риса существенно зависят от температуры. При оптимальной температуре в диапазоне 22–25 °С семена прорастают очень быстро, тогда как при понижении температуры до 10–20 °С прорастание происходит медленно, с задержкой на 2–3 дня от оптимальных условий. Если температура опускается до 12–14 °С, прорастание может происходить в 3 раза медленнее, чем в оптимальных условиях [20].

Растения созревают в течение различного периода времени из-за неустойчивого прорастания семян в течение длительного времени, что приводит к неравномерному росту проростков.

Всходы очень чувствительны к температурному стрессу в начальные фазы после прорастания [14]. В течение первой недели после прорастания 70% роста поддерживается за счет ферментативной деградации запасов семян, а скорость роста увеличивается при повышении температуры от 22 °С до 31 °С. Рост проростков оптимален до 35 °С, выше которого резко снижается, а выше 40 °С проростки погибают. Удлинение корешка прекращается при температурах, отличных от 15–40 °С [140].

Кущение, которое начинается с появлением третьего или четвертого листа и заканчивается на стадии восьми–девяти листьев, представляет собой фазу интенсивной фотосинтетической деятельности [1]. Именно по продолжительности этой фазы различаются сорта с коротким, средним и длинным циклом. Как правило, сорта с длинным циклом кустятся лучше, чем сорта с коротким циклом. Помимо первичных и вторичных побегов, по мере того, как растение становится выше и крупнее, начинают появляться новые третичные побеги. Увеличение третичных побегов продолжается до определенного момента, обозначаемого как стадия максимального числа побегов. После стадии максимального количества побегов некоторые побеги отмирают, а количество побегов снижается и выравнивается. За 3–5 дней до окончания кущения можно наблюдать зарождение метелки внутри стеблей разных кустиков [59].

Репродуктивная стадия начинается непосредственно перед или сразу после стадии максимального кущения, в зависимости от сорта и окружающей среды. Репродуктивная стадия характеризуется закладкой зачатка метелки микроскопических размеров в растущем побеге. Завязывание метелки происходит сначала в главном стебле, а затем в куцильниках неравномерно [20].

На стадии развития метелки колоски становятся различимыми, и метелка вытягивается вверх внутри оболочки флагового листа. Метелка продолжает медленно развиваться. Когда он вырастает до длины 5 см – примерно через 7 дней после того, как метелка становится видимой на препарированном образце – зачатки колоска дифференцируются и определяется количество колосков. В течение первой части репродуктивной стадии на урожайность отрицательно влияет любой стресс, оказываемый на планете.

Цветение метелок начинается с верхней, средней и нижней трети, происходит на 1-й, 2-й и 3-й день после распускания метелок в тропических условиях [20, 124, 140]. Цветение наступает примерно через 25 дней после визуального завязывания метелки независимо от сорта. Цветение продолжается последовательно до тех пор, пока большинство колосков в метелке не распустятся

цветения [124]. Рис является высоко самоопыляемым растением [14]. Зерно риса развивается после опыления и оплодотворения. Развитие зерна - это непрерывный процесс, и зерно претерпевает различные изменения до полного созревания.

Период налив зерна и созревание характеризуется ростом зерна – увеличением размера и массы, изменением цвета зерна, старением листьев. На ранних стадиях созревания зерна зеленые; по мере взросления они желтеют. Текстура зерен меняется от молочного, полужидкого до твердого состояния. На основании таких изменений период созревания подразделяется на молочную, восковую и полную спелости. Взаимосвязь между скоростью старения листьев и наливом зерна сложная. В некоторых случаях раннее увядание листьев является результатом интенсивного перемещения углеводов и белков из листьев в зерно, что, в свою очередь, может быть связано с более быстрым наливом зерна. В других случаях более быстрое увядание листьев свидетельствует о неблагоприятных погодных или почвенных условиях [140].

### **1.3 Влияние слоя воды и элементов агротехники на продуктивность и урожайность риса**

Вода является важнейшим ресурсом для сельскохозяйственного производства потому что большинство культур чувствительны к дефициту воды и питательных веществ во время различных критических стадий [7, 90, 103, 130]. Урожайность определяется генетическим потенциалом сорта, климатическими условиями, условиями выращивания, типом почвы и другими параметрами, образующими сложные взаимоотношения и включающими множество биологических, физиологических, физических и химических механизмов [26, 48, 65].

Контроль над водой позволил повысить урожайность и безопасность сельскохозяйственных культур, а также стал основным фактором распространения высокопродуктивного рисоводства в районы, где рис является относительным новичком [7].



Большинство сортов риса выращивается там, где почва покрыта водой в течение части или всего вегетационного цикла, и где методы управления водой направлены на регулирование периода затопления [99, 139]. Во многих случаях затопление стало настолько доминирующим фактором, что рисовые почвы приравниваются к почвам, находящимся в затопленных условиях рисовых полей. Рис, благодаря сортовой адаптации, может выращиваться как культура засушливых земель в более влажных районах, но по происхождению и по предпочтениям большинства земледельцев он является в основном культурой заболоченных земель [82, 88, 95, 121]. Таким образом, сельскохозяйственные системы, основанные на использовании риса в качестве основного продукта питания, явно относятся к равнинным системам. Необходимо отметить, что основными районами являются обширные низменности в южной и восточной Азии, районы почти исключительно речных бассейнов и дельт с прилегающими к ним прибрежными равнинами. Распространение риса в ландшафте лучше всего понять через знание полуводной или земноводной природы рисового растения. Рис не является водным растением в ботаническом смысле, о чем свидетельствует его корневая система, но он процветает на заболоченных почвах, где не выживает ни одна другая зерновая культура. Только некоторые ароидные и пальмы саго (*Metroxylon sp.*) могут конкурировать с рисом в качестве пищевой культуры, адаптированной к условиям заболоченных земель, но они имеют незначительное значение [97, 139]. Полуводный характер риса стал ключом к развитию влажных низменностей в Азии на раннем этапе истории сельского хозяйства. Рис растет в этих низменностях без обширных дренажных и противопаводковых работ, необходимых для освоения заболоченных территорий под неводные суходольные культуры. Сельское хозяйство в основном сосредоточено в тех долинах, значительная часть которых имеет заболоченные или гидроморфные почвы.

В зависимости от наличия воды почвы в рисовых системах с сухим посевом поддерживаются в аэробном состоянии, постоянно насыщаются или затапливаются; однако в аэробных рисовых системах наблюдается снижение

урожайности по сравнению с системами, в которых почвы поддерживаются в затопленном состоянии [138].

В России при выращивании риса используют посевную технологии в отличие от некоторых стран, где практикуется рассадная [15, 31]. Сорты риса посевной технологии, особенно сухой, имеют много преимуществ перед рисом, высаженным в почву, залитую водой. Рис с сухим посевом более быстро и легко высевается, менее трудоемкий, потребляют меньше оросительной воды, созревают раньше, благоприятен для механизации. Рисовые посевные системы, однако, не лишены недостатков. Сорняки являются основным биологическим препятствием для производства и внедрения рисовых посевных систем [25]. Риск больших потерь урожая из-за конкуренции с сорняками в рисовых посевных системах по сравнению с рассадным рисом в основном объясняется отсутствием разницы в размерах проростков между рисом и сорняками, и отсутствием подавляющего влияния стоячей воды на появление и рост сорняков в период получения всходов [25, 139]. Сорняки в различных посевных системах могут снизить урожайность риса до 50%, и эти потери происходят после однократной ручной прополки (или частичного отсутствия сорняков) на заросших сорняками полях.

Во всем мире для борьбы с сорняками обычно используют ручную прополку и/или гербициды. Однако ручная прополка становится все менее распространенной во многих странах из-за отсутствия рабочей силы в критические моменты и увеличения затрат на оплату труда. К этому времени потери урожая могут уже произойти. Некоторые сорта сорняков, например, *Echinochloa colona* и *E. crus-galli*, трудно отличить от риса на ранней стадии, и они избегают ручной прополки, снижают урожайность риса и производят семена для засорения посевов в последующие сезоны [25]. По этим причинам для борьбы с сорняками предлагаются гербициды, которые легко использовать. Однако существуют опасения по поводу постоянного использования однотипных гербицидов, такие как эволюция устойчивости у сорняков, изменения в

популяциях сорняков, меньшая доступность новых гербицидов широкого спектра действия, а также опасения по поводу окружающей среды. Поэтому необходимо интегрировать применение гербицидов с другими стратегиями управления для достижения эффективной, долгосрочной и устойчивой борьбы с сорняками в рисовых посевных технологиях [22, 97, 113]. Данные о потерях урожая риса из-за конкуренции сорняков свидетельствуют о том, что существуют значительные возможности для сокращения разрыва в урожайности в посевных системах с помощью интегрированных стратегий борьбы с сорняками.

Физиология растений показывает, что рис произрастает в воде, в то время как большинство сорняков не переносят ее [20, 121, 140]. В этом отношении затопление рисовых полей является стратегией, используемой для борьбы с сорняками, используя воду в качестве естественного гербицида [92, 93, 114, 139]. Как отмечалось ранее, при посевной технологии риса можно выращивать, используя различные водные режимы. В некоторых районах рисоводства у фермеров достаточно воды, и они могут затоплять свои поля в течение всего сельскохозяйственного сезона до появления урожая. Рациональное управление водой также может привести к резервированию этого важного ресурса и использованию его на полях в нужное время.

Россия является одной из стран, где на рисовых полях уже разработаны меры по управлению водными ресурсами для дальнейшего их использования в качестве естественного гербицида. Следуя растущей заботе о защите природных ресурсов и обеспечении доступности здоровых сельскохозяйственных продуктов для здоровья потребителей, в России был принят закон, регулирующий использование гербицидов на рисовых полях.

В районах, где практикуется посевную технологию, затопление привело к отсутствию кислорода, важного для прорастания семян, что называется анаэробным состоянием прорастания [121]. Как следствие ограниченного кислорода, затопление приводит к плохому укоренению растений риса, так как семена чувствительны к низкому содержанию кислорода во время прорастания и

роста ранней рассады. Анаэробные условия во время прорастания препятствуют появлению coleoptilya. В настоящее время в некоторых научно-исследовательских институтах ведется работа по созданию анаэробно-устойчивых сортов риса [133]. Наличие и использование таких сортов риса окажется очень полезным в борьбе с сорняками при сокращении использования гербицидов.

Рис уникален тем, что его семена прорастают при увлажнении и переувлажнении. Растения риса способны хорошо расти после развития листьев и стебля в условиях затопления, благодаря хорошо развитой системе аэренхимы, которая способствует аэрации корней и ризосферы [20, 25]. Показано, что выживание риса в условиях затопления, или возможность быстрого удлинения стеблей, определяется геном под названием Sub1 [51, 109, 110, 115, 118]. Изменение климата существенно влияет на производство риса. Непредсказуемая погода увеличивает популяцию вредителей и нерегулярные дожди, которые вызвали наводнения или засуху в рисовых низинах. Увеличение глубины затопления до 20–30 см вместо рекомендуемых 5–10 см сокращает урожай на 16 %. Создание сортов риса, которые могут бороться с затоплением почвы, например, прорасти в условиях затопления или иметь способность к частичному удлинению, важно для широкого внедрения фермерами в районах, подверженных наводнениям.

Для создания сортов риса в зоне, подверженной наводнениям, необходимо провести скрининг улучшенных линий, выдерживающих этот стресс, с конечной целью отбора высокоурожайных форм. Такие сорта также можно использовать для выращивания в санитарных зонах, где использование гербицидов запрещено.

#### **1.4 Продуктивность риса в зависимости от температурного режима**

Климатические отчеты последних лет показывают, что температура Земли постепенно повышается. Действительно, средняя приземная температура воздуха увеличилась в глобальном масштабе на  $\sim 0,74$  °C за последние 100 лет и еще больше увеличится на  $\sim 1,1$ – $6,4$  °C к концу этого столетия [111]. Повышение

температуры, приводящее к наводнениям и засухам, негативно сказывается на сельскохозяйственном производстве. Исследования, посвященные видам, приспособленным к наводнениям и способным противостоять засухе, регулярно проводятся различными учреждениями.

Температура является одним из важных факторов в биологических процессах от прорастания до созревания семян сельскохозяйственных растений, включая рис [12, 81, 91]. Для повышения успешности выращивания риса физиологи определили оптимальные диапазоны температур для каждой фазы развития риса, представленные в различных соответствующих работах [31, 54, 69]. Экстремальные температуры разрушительны для роста растений и, следовательно, определяют среду, в которой может завершиться жизненный цикл рисового растения. Оптимальная температура находится в диапазоне от 20°C до 30 °C, а критические температуры ниже или выше этого значения могут повлиять на развитие риса в зависимости от стадии и от сорта [4, 96, 122, 139]. Созданные в России сорта риса могут выдерживать температуру с 12 °C на стадии прорастания (оптимальная температура на этой стадии 15 °C) и с трудом переносят температуру выше 30 °C на стадии созревания [25, 68]. Оптимизация температурного режима в первые фазы вегетации является важным резервом увеличения урожайности риса. Подвержение растения риса воздействию температуры ниже 20 °C на стадии редукционного деления материнских клеток пыльцы обычно вызывает высокий процент стерильности колосков [140, 132]. Повышение температуры в связи с глобальным потеплением может сопровождаться снижением прорастания пыльцы и усилением стерильности колосков риса. Цветение является самым чувствительным периодом к жаре. Повышение температуры усиливало стерильность и снижало прорастание пыльцы на рыльцах. Температуры выше 33 °C в период цветения постепенно усиливали стерильность пыльцы у всех сортов риса. [12, 98].

В некоторых районах рисосеяния оптимальная температура в вегетационный период не достигается. Таким образом, был определен метод

суммирования температуры всего вегетационного периода. Суммирование температур – один из методов, используемых экологами растений, климатологами и учеными-растениеводами для связи температуры с продолжительностью и продуктивностью сельскохозяйственных культур [81]. Этот метод был использован для изучения вопроса о том, следует ли вводить рис там, где лето короткое и, следовательно, температура определяет вид выращиваемой культуры. Суммирование температуры зависит от степени зрелости сорта; раннеспелые сорта имеют меньшее суммирование температур, чем позднеспелые. От посева до созревания культуре риса требуется около 2000–4000 градусо-дней, что соответствует 80–160 дням при выращивании при средней температуре 25 °С. Следовательно, как правило, культура, посаженная ранней весной в умеренном регионе, требует большего суммирования температур, поскольку ранневесенние температуры слишком низкие для того, чтобы быть эффективными. Аналогично, сорт, адаптированный к теплему климату, при посадке в прохладных регионах требует большей суммы температур, поскольку имеет высокую пороговую температуру.

Изучение погодных условий на местном уровне является одним из решающих факторов, которые влияют на разработку методологии управления водными ресурсами [91]. Кроме того, современные, имеющиеся в наличии модели климата не прямо моделируют отдельные гидроклиматические параметры (эффективные осадки, испарение, ирригационные условия и др.), к которым проявляет интерес ирригационный сектор [74]. Поэтому изучение реакции разнотипных сортов риса на температурный режим является актуальной задачей.

В своем анализе П.С. Ерыгин (1981) провел сравнительное исследование русских и зарубежных сортов. Он обнаружил, что российские сорта более устойчивы к высоким температурам (+38 °С), чем зарубежные.

Рис является теплолюбивой культурой. При выращивании его в зоне умеренного климата слой воды поддерживает тепло, сглаживает колебания температуры в течение суток [42, 116]. Высокая дневная температура повышает

стерильность колосков, снижает массу 1000 зерен и массу метелки и в результате снижает урожайность риса [53, 66, 98]. Слой воды, снижает непродуктивную кустистость и, в результате, способствует формированию качественных семян.

Таким образом, рис относится к растениям, которым оптимальные условия для роста складываются на влажных, насыщенных водой почвах [25, 34, 53]. На глубокий полив на стадии всходов в качестве контрмеры против прохладного стресса влияет температура воды, которая в среднем за день обычно на 3–4 °С выше, чем температура воздуха [132]. Влияние температуры воды определяется как величиной температуры, так и глубиной слоя воды. В большинстве случаев температура воды выше температуры воздуха, и увеличение глубины воды увеличивает продолжительность, в течение которой температура воды контролирует рост метелок. Таким образом, при снижении температуры воздуха ниже критического уровня увеличение глубины воды примерно на 15–20 см на стадии редуccionного деления является эффективным методом защиты растений риса от стерильности, вызванной низкой температурой воздуха.

Благодаря постоянному процессу создания новых сортов, адаптированных к различным видам стресса, включая стресс, вызванный высокими температурами, можно поддерживать урожайность на высоком уровне и адаптироваться к изменению климата.

### **1.5 Экологически безопасные технологии в рисоводстве – от зеленой революции к экологическому сознанию**

С совокупным годовым урожаем около 2,5 миллиардов тонн кукурузы, рис и пшеница являются основными сельскохозяйственными культурами, выращиваемыми в мире, и основой глобальной продовольственной безопасности [102]. Зерновые культуры занимали доминирующее положение в рационе человека с незапамятных времен, когда их начали выращивать первые фермеры.

Сельскохозяйственная революция, начавшаяся в конце XVII века, стала еще одной вехой в интенсификации производства зерна и в истории продовольственной безопасности. Улучшенные плуги, более продуктивные сорта

и севооборот с бобовыми культурами помогли фермерам оптимизировать использование ресурсов на своих фермах и удвоить урожайность пшеницы с 1 тонны до 2 тонн с гектара в период с 1700 по 1850 год. В 1970 году, по оценкам, 37 % населения развивающихся стран, или почти один миллиард человек, недоедали. Столкнувшись с угрозой глобального продовольственного кризиса, международное сообщество сплотилось вокруг ряда инициатив в области сельскохозяйственных исследований, разработок и передачи технологий, известных как «Зеленая революция». Цель состояла в том, чтобы интенсифицировать производство трех культур, необходимых для глобальной продовольственной безопасности: кукурузы, риса и пшеницы [95, 102].

Первоначально Зеленая революция основывалась на работе американского биолога Нормана Борлоуга и исследователей из Международного центра улучшения кукурузы и пшеницы в Мексике и Международного исследовательского института риса на Филиппинах [106]. Зеленая революция стала основной причиной количественного скачка в производстве продуктов питания. Ежегодное мировое производство зерновых выросло с 640 миллионов тонн в 1961 году до почти 1,8 миллиарда тонн в 2000 году. Наиболее значительный прогресс наблюдается в развивающихся странах : Производство кукурузы увеличилось на 275 %, риса – на 194 процента, а пшеницы – на 400 %. Увеличение производства риса в Азии в значительной степени связано с повышением интенсивности земледелия, когда производители могут перейти от выращивания одной культуры к выращиванию трех культур в год [102].

В результате снижения удельных затрат на производство зерна доходы фермеров выросли, что способствовало значительному снижению уровня бедности в сельской местности в Азии. Городские потребители также выиграли от десятилетий стабильных и относительно низких цен на зерно. Интенсификация также означает, что 250-процентное увеличение производства зерновых в развивающихся странах, наблюдаемое в период с 1960 по 2000 год, было достигнуто при увеличении посевных площадей всего на 44 процента, что



ограничило необходимость преобразования естественных мест обитания в сельскохозяйственные угодья [102]. В 2014 году мировое производство зерновых, по оценкам, достигло 2,5 млрд тонн, что привело к снижению межстрановых цен намного ниже пика 2011 года. И производство можно еще больше увеличить, потому что в большинстве развивающихся регионов урожайность основных продовольственных культур, особенно зерновых, составляет половину от того, что технически возможно при оптимальных затратах и управлении [105].

Проблема в том, что прошлые сельскохозяйственные показатели не отражают будущих результатов. Интенсификация растениеводства, основанная на монокультуре и высоком потреблении внешних факторов, изменила биоразнообразие и экосистемные услуги, включая генетическое разнообразие сельскохозяйственных культур, почвообразование и биологическую фиксацию азота, что поставило под угрозу устойчивость самого производства продуктов питания [137]. Качественный скачок в производстве зерновых культур в результате "зеленой революции" часто приводил к деградации земель, засолению орошаемых территорий, чрезмерной эксплуатации грунтовых вод, появлению устойчивости к вредителям и экологическому ущербу из-за увеличения выбросов парниковых газов и загрязнения рек и водоемов нитратами без получения значительных доходов [102].

Замедление роста урожайности было подтверждено исследованиями, проведенными в основных штатах Индии, производящих рис, и в основных рисосеющих районах Восточной Азии. Интенсивное производство часто создает пышную среду, которая особенно популярна среди вредителей, что вынуждает все более активно использовать пестициды, поскольку насекомые, сорняки и патогены становятся устойчивыми к ним. В 2016 году уровень использования пестицидов составил 2,5 миллиона тонн в год [127]. Еще в начале 1990-х годов было установлено, что затраты на здравоохранение, связанные с чрезмерным использованием пестицидов на рисовых полях в Азии, перевешивают экономические выгоды от борьбы с вредителями [126].

Как основной потребитель минеральных удобрений, производство зерновых является основным источником выбросов закиси азота в сельском хозяйстве, составляя 58% от общего объема выбросов; на орошаемое рисоводство и животноводство приходится почти половина всех выбросов метана [101, 112]. Еще одна критика модели интенсивного сельского хозяйства "Зеленая революция" заключается в том, что ее высокие экологические издержки лягут на плечи будущих поколений.

Если бы цены производителей отражали полную стоимость производства - при этом сельское хозяйство эффективно оплачивало бы наносимый им ущерб окружающей среде - цены на продовольствие не оставались бы такими низкими так долго так долго [102].

Такая же ситуация наблюдается в нескольких странах и регионах мира.

В России по производству риса выделяется Краснодарский край, где сосредоточено более 75 % рисосеющих земель и более 80 % общероссийского производства риса [10, 63, 64, 74]. Развитие рисоводства в этом регионе следует той же модели интенсификации сельского хозяйства со всеми последствиями, описанными выше, в частности, чрезмерным использованием пестицидов и минеральных удобрений, что приводит к высокой себестоимости продукции, и энергоемких технологий, ведущих к деградации окружающей среды.

Отягчающим фактором для этого региона является то, что значительная территория расположена в бассейне реки Кубань – реки, питающей другие отдаленные регионы. Река, которая является крупным резервуаром рыбы и другой рыбопродукции, подвергнется изменению гидрологического режима, что повлияет на уровень воды, колебания температуры и режим нереста личинок рыбы и моллюсков [8].

В 1965–1975 годах интенсивное использование пестицидов привело бы к исчезновению пород рыб, имеющих большое социально-экономическое значение, в результате чего потери составили бы около 2,5 миллиарда рублей, в то время

как производство риса за тот же период принесло бы только 1,1 миллиарда рублей [10].

В то же время наблюдается распространение заболеваний, объясняемых неблагоприятными условиями загрязненной окружающей среды. Например, уровень онкологических заболеваний становится одним из самых высоких в регионе производства риса [9].

Все это привело к интеграции экологических методов выращивания риса. Таким образом, был принят ряд мер по защите окружающей среды, а для достижения сокращения использования гербицидов был создан ряд новых видов, адаптированных к различным стрессам [8, 23, 36].

## **1.6 Гибридизация при создании новых сортов риса**

Гибридизация является одним из основных методов создания новых сортов. Этот метод, основанный на анализе признаков генеративных родителей, позволил произвести революцию в области селекции сортов. Метод гибридизации тесно связан с биологическим процессом цветения от раскрытия колосков до созревания оплодотворенной яйцеклетки [57, 124].

Цветение риса изучали многие авторы. Результаты этих исследований видны из работ Опсомера (1938) и Гущина (1938), Акаmine (1914), Акаmine (1926), Акаmine и Накамура (1926), Коупленда (1924), Фарнети (1913), Фрувирта (1906), Гектора (1913), Икено (1914), Яго (1931), Джонса J. W. (1924), Кадам и Патил (1933), Лауд и Стансель (1927), Мендиола (1926), Ван дер Мюллена (1933), Парнелла (1917), Поггендорфа (1936), Сампьетро (1933), Ван дер Стока (1909), Судзута и Томура (1922), Опсмера (1938) [14, 124].

Цветение риса начинается, когда метелка или ее часть выйдет из влагалища листа. Цветение происходит от верхушки к основанию и от внешней стороны к оси метелки; оно длится 5–10 дней. В исключительных случаях некоторые цветы не раскрываются и не закрываются. Цветение происходит с 6 :00 до 15:30, чаще всего с 9 :00 до 13 часов, максимум – с 10 до 12 часов дня. Опыление обычно

происходит во время или вскоре после открытия верхушки цветка. Это также может произойти незадолго до этого [124].

Гибридизация заключается в двух операциях: кастрации и опылении. При гибридизации риса для удаления пыльцы обычно используют обрезание верхушки цветка и пылесос, оба метода требуют больше труда и требуют высокой квалификации [128]. Сложность кастрации цветков риса заключается в том, что тычинки (6 на колосок) в начале цветения расположены близко к пестику, поэтому любое хирургическое вмешательство приводит к повреждению пестика. В случае с рисом, который является самоопыляющимся, поздняя кастрация не рекомендуется, из-за вероятности самоопыления.

Наиболее известный способ кастрации – обрезание цветковых чешуй и удаление пыльников пинцетом, инъекционной иглой, выдавливанием [14, 129]. Хотя это простой и легкодоступный метод, он имеет низкую эффективность из-за низкого уровня завязывания гибридных зерен [57, 88].

Также был разработан метод кастрации, в котором используются тепловые удары, чтобы способствовать раскрытию цветка без повреждения какой-либо его части [129]. Хотя эти методы являются дорогостоящими и требуют наличия сложного оборудования, они эффективны в том смысле, что позволяют нейтрализовать пыльцу, оставляя нетронутыми рыльце и завязь, продолжающие процесс созревания [76]. Применение тока высокой частоты и химической кастрации изучено мало [57].

Эмаскуляция горячей водой – метод, широко используемый в программах селекции риса Японии [128, 139] и в США [135], деактивирующий пыльцу горячей водой и он требует меньше труда [128]. В США, этот метод позволил повысить завязываемость гибридных семян в скрещиваниях до 56% [135].

В Российском Федеральном научном центре (ФНЦ) риса при массовой гибридизации с 1972 стали применять пневмокастрацию с помощью вакуумного насоса. В настоящее время, в центре используется медицинский компрессор [78].

Кастрацию начинают с удаления верхних уже отцветших колосков и молодых в нижней части метелки, оставляя 15–25 хорошо развитых колосков в средней части метелки [57]. Метод гибридизации основан на общей схеме последовательности цветения у злаков, которая обычно начинается с верхушки и продолжается центростремительно в пределах соответствующей ветви.

Обычно все шесть тычинок вытягиваются одновременно; иногда операцию необходимо повторить, или продлить всасывание, или немного передвинуть наконечник, или изменить его направление. В любом случае необходимо следить за тем, чтобы не повредить пестик и не сломать пыльники.

**Кастрацию** проводят за 2 часа до цветения, прореживая и обрезая кончики колосков на метелке, затем удаляют тычинки. Обработанные метелки изолируются в пакеты. Рекомендуется проводить эмаскуляцию рано утром или поздно вечером, чтобы пыльцевые мешки не лопнули, если операция проводится на полном солнце [124]. Действительно, Цветки риса кастрируют при температуре не выше 20–22°C. Операцию повторяют ежедневно в течение 7–9 дней по каждой гибридной комбинации, используя все новые и новые метелки, пока не закончится период цветения. Для облегчения контроля каждый изолятор маркируется номером комбинации, датой операции, количеством задействованных цветков или кастрированных метелок и именем гибридизатора. Затем следует увлажнение изолятора, чтобы создать благоприятные условия для выживания однажды оплодотворенного цветка. В один изолятор помещают две-три близко расположенные метелки. Перед тем как завязать изолятор вокруг стебля, стебель оборачивают небольшим количеством ваты, чтобы предотвратить травмы и обеспечить полное закрытие. Дно изоляторы также крепится к опоре, которая поддерживает стебель и предотвращает его разрушение ветром. После кастрации сосуды с материнскими растениями переносят в камеру искусственного климата поближе к отцовским формам для дальнейшего опыления.

**Опыление.** Оплодотворение происходит в результате прорастания одного или нескольких пыльцевых зерен и проникновения пыльцевой трубки к яйцеклетке. Как показано в ряде работ, успех оплодотворения связан с качеством проходящих по столбику пыльцевых трубок, которых должно быть несколько. Они пополняют одну трубку энергией, необходимой для достижения яйцеклетки. Жизнеспособность пыльцы определяет успех опыления и оплодотворения. При этом важно, чтобы рыльца пестика при кастрации не были повреждены.

В ФНЦ риса с 1979 года для опыления при гибридизации используют «твел» – метод [57, 58].

### **1.7 Направления селекции риса в России**

Рис является продуктом с высокой пищевой ценностью [25, 85, 90, 110] играющий важную роль в продовольственном балансе России. При основном методе выращивания – посевном – [31, 68, 117] его выращивают только на орошаемых чеках.

В Российской Федерации возделывают только отечественные сорта риса [49, 63, 79] в двух различных экологических зонах: в европейской части страны – на Северном Кавказе (Адыгея, Дагестан, Калмыкия, Краснодарский край, Ростовская область и Чечня), в низовьях Волги, а также на Дальнем Востоке – в Приморском крае [19, 79].

В России, рис – новая культура, селекция также, как и отрасль рисоводства в целом, имеет короткую и разную историю по центрам рисосеяния [31, 39]. Селекционную работу по рису в России начали в 1926 году на Дальнем Востоке, где создали Приморскую краевую рисовую опытную станцию. В этом же году начали селекцию риса на Персиановской опытном-мелиоративной станции (ныне – ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» г. Зерноград, Ростовская область) [34, 35, 48].

### 1.7.1 Селекция риса на Дальнем Востоке

На Дальнем Востоке в Приморской краевой рисовой опытной станции проводили массовое размножение популяций риса Кендзо, что привело к созданию новых сортов, отличающихся от родительских сортов. Приоритетом для селекции был сорт скороспелый, урожайный, устойчивый к полеганию и поражению пирикулярриозом, имеющий высококачественное зерно [31]. Среднесуточная температура в этом регионе составляет 18°C, а сумма эффективных температур за весь вегетационный период колеблется от 2400°C до 2700°C, что обосновывает важность создания скороспелых сортов. Действительно, средне и позднеспелые сорта дают очень низкий урожай в этих условиях [51]. В последующие годы проводилась межсортовая гибридизация, одновременно выполнялись индивидуальный и массовый отборы [31, 51].

В условиях Приморского края с увеличением продолжительности периода вегетации сорта значительно увеличивается пустозерность. Селекция направлена на скороспелые сорта с архитектурой, которая максимизирует процесс фотосинтеза. Для этого использовался исходный материал из других центров страны или Японии. Различные методы гибридизации привели к появлению сортов, которые успешно используются в регионе. Однако при гибридизации необходимо подождать от 6 до 10 лет для установления гомозиготности. Для ускорения работы, с 2006 г. в Приморском НИИСХ совместно с БПИ ДВО РАН в селекции риса начали применять метод культуры ткани. Это позволило создавать гомозиготные линии в течение одного-двух лет. Значение изучаемых признаков у отдельных соматоклональных сортов имеет значительную вариабельность как внутри линий, так и между ними [34]. Благодаря систематическому отбору и почвенно-климатическим условиям произрастания приморские сорта имеют отличные вкусовые качества крупы. К 2008 году площадь посевов риса достигла 7 800 га. В основном выращиваются традиционные сорта риса с округлыми зернами, относятся к виду *Oryza sativa* L. подвиду *Japonica* Kato. В результате селекционной работы в Приморском НИИСХ впервые в

Дальневосточной зоне рисосеяния создали ряд длиннозерных сортов, которые относятся к подвиду *Indica Kato*, формируют урожайность 55–60 ц/га с высоким качеством зерна и отличной по кулинарным достоинствам крупы [32].

### **1.7.2 Селекция риса в Ростовской области**

В Ростовской области, в 1926 году был создан второй центр по селекции риса. Это самый северный регион в мире, где можно выращивать рис [2, 117]. Таким образом, в этом регионе важно создавать скороспелые сорта и устойчивые к холоду, переносящие длительное понижение температуры менее +8 °С и пригодные для ранних сроков сева. Выведенные в этом регионе первые сорта оказались не очень успешными, поэтому долгое время выращивали сорта, созданные на Кубани. И только с 1957 г. на Зерноградской селекционной станции начата научная работа по селекции, семеноводству и агротехнике риса. С этого момента были созданы сорта, которые успешно популяризировались в различных регионах [35]. Однако эти сорта очень легко поражаются пирикулярриозом, что препятствует их широкому распространению. Поэтому в этом районе продолжал доминировать на полях сорт Кубань-3. В 1981-1984 годах селекционеры провели масштабные эксперименты по созданию межвидовых гибридов риса. Межвидовые гибриды, созданные в результате эмбрионального культивирования культурного и дикого видов риса, приводят к появлению сортов с высокой устойчивостью к пирикулярриозу.

В настоящее время донские селекционеры по рису достигли высоких результатов. Однако, вероятно, из-за экстремальных условий в этих первых двух центрах селекции риса, усилия исследователей не привели к созданию значительного количества сортов, так как спустя 90 лет было создано всего 40 сортов.

### **1.7.3 Селекция риса на Кубани**

Развитие селекции риса достигло своего расцвета после организации Н. И. Вавиловым в 1931 г. рисоводческого центра на Кубани, в г. Краснодаре



(который стал третьим центром), пять лет спустя после первых центров [48, 49]. В 1932 г. здесь посеяли коллекцию риса из 1509 образцов, которые собрал Н. И. Вавилов. С изучения этой коллекции начали Г. Г. Гушин и Т. И. Дубов селекционную работу по этой культуре. С целью создания продуктивных, скороспелых и устойчивых к пирикуляриозу сортов проведена работа по селекции новых сортов, с одной стороны, по семеноводству и агротехнике риса – с другой [16]. В этом районе, пригодном для выращивания риса, селекционная работа прошла несколько этапов.

На первом этапе, в 1930-х годах, с помощью аналитического метода был сделан акцент на создание высокопродуктивных сортов, три из них районировали – Кендзо, Краснодарский 3352 и ВРОС 3716. Сорт Кензо, созданный путем массового отбора из популяции Дальнего Востока, был производственным первым сортом в Краснодаре. Этот сорт оказался очень успешным, выращивался более 20 лет и был использован для создания более 20 новых сортов.

В 1937 году для создания сортов риса наряду с синтетическим методом стали применять аналитический метод. Применение гибридизации в селекции риса привело к появлению сортов, которые хорошо приспособлены для производства риса в Краснодарский Край. Среди сортов, которые имели большой успех, был сорт Краснодарский 424, полученный из гибридной популяции Краснодарский 3352 / Кендзо. В 1956 году его районировали и сорт стал основным в европейской части России, на Украине и в Кзыл-Ординской области Казахстана. Его максимальная площадь достигла 227,1 тыс. га. Этот сорт также был районирован в Болгарии и Румынии, а также сообщалось о распространении его и в Турции. Сорт Краснодарский 424 возделывался на рисовых полях в течение 45 лет, а после введения новых сортов площадь его выращивания сократилась. Рекордсменом является сорт Кубань 3, который внесли в Госреестр в 1963 г. Сорт выращивают почти 60 лет и до сих пор он не исключен из Госреестра [31].

В 1957 году, как и в других центрах селекции риса, на Кубани акцент был сделан на создание новых среднеспелых сортов с вегетационным периодом 119–125 дн и скороспелых сортов – с вегетационным периодом менее 105 д. Среди них – сорт «Кубань 3», авторы – С. А. Яркин и А. П. Сметанин, созданный методом индивидуального отбора из сорта Красноармейский 313. Значительное увеличение площади возделывания Кубань 3 объясняется тем, что сорт оказался исключительно нетребовательным к условиям выращивания. Сорт Кубань 3 рекомендуется для выращивания в экологических условиях, где запрещено использование гербицидов, поскольку, по сравнению с другими сортами, он легко адаптируется к условиям высокого затопления, легко растет даже при низких температурах. Кубань 3 с успехом выращивается в других регионах, как и в Астраханской, Ростовской областях, Калмыкии и Казахстане, но площади его возделывания были сокращены, так как он оказался не устойчив к полеганию и пирикуляриозу.

Большинство сортов, созданных в России до середины 1960-х годов, были высокорослыми, что в сочетании с повышением расходов на азотные удобрения обуславливало их полегание [15]. Перед селекционерами стояла задача вывести сорта с урожайностью 90–100 ц/га, с коротким стеблем и высокой у необходимо было создать короткостебельные сорта, у которых высокая устойчивость к полеганию, болезням и вредителям сочеталась бы с отличным качеством зерна.

Программу селекции риса возглавил А. П. Сметанин, который в 1967 г. разработал и внедрил новую схему селекции. В результате был создан ряд скороспелых и среднепозднеспелых сортов.

Третий этап начинается с поступления низкорослых, устойчивых к полеганию из-за рубежа (из Португалии, Японии, Италии и Марокко). Эти сорта были использованы в программах гибридизации и привели к созданию низкорослых сортов. Эксперименты по мутагенезу были начаты для того, чтобы улучшить и разнообразить возможности селекционеров по выбору исходного

материала. Создание новых короткостебельных сортов в этот период обеспечивается сочетанием теорий селекции и генетики [34].

В 1971 г. объединение действий всех ученых России, Украины, Узбекистана и Казахстана, собранных во Всесоюзном селекционном центре риса, привела к созданию перспективных сортов и их быстрому внедрению в различных областях [52]. Результатом их упорного труда, сопровождавшегося обменом коллекциями и гибридами, в 1980 году стало создание нескольких сортов, наиболее характерными из которых являются раннеспелый сорт Старт и среднеспелый сорт Спальчик, все из которых являются полукарликами интенсивного типа.

Четвертый новый этап начат в конце 70-х – начале 80-х гг. Он характеризуется:

- новым направлением в создании сортов : создаются не только раннеспелые и среднеспелые сорта, но также особое внимание уделяется сортам, устойчивым к различным абиотическим стрессам ;
- 3-5-кратное увеличение объемов питомников и тестов за счет приобретения кассетных и порционных сеялок;
- развернули работу по биолотехнологии для нужд селекции;
- для круглогодичной селекционной работы во ВНИИ риса построили фитотрон с климатическими камерами и теплицами;
- селекционеры стали работать совместно с генетиками, физиологами, биотехнологами, агротехниками, фитопатологами и другими специалистами в самом институте и других НИИ [31].

В целом, этот четвертый этап был посвящен созданию новых сортов рисовых растений, которые регулярно создавались при участии практически всех специалистов центра. Модернизация ВНИИ путем приобретения соответствующего технологического оборудования стала одним из факторов, обеспечивших успех селекционной работы по рису. Следует также отметить важную роль специалистов отдела селекции в совершенствовании и организации работы по селекции [31, 34].

Среди селекционеров, отличившихся в отделе селекции, – А. П. Семетан, который возглавлял этот отдел до 1982 года, опытный генетик В. А. Дзюба, А. И. Апрод – специалист – семеновод, В. Н. Шиловский, В. С. Ковалев и Г. Л. Зеленский – ведущие селекционеры России по культуре риса.

Для ограничения экономических потерь, вызванных вредителями и болезнями растений, была предложена схема селекции, которая привела к созданию устойчивых сортов. Также были выведены холодостойкие и высокосолеустойчивые сорта.

Пятый этап селекции риса в России связан с критической экономической ситуацией 1990-х годов, которая диктовала рост цен на энергоносители, минеральные удобрения и гербициды. Ведущие российские селекционеры адаптировались к этой ситуации, создав сорта, которые потребляют мало энергии, устойчивы к болезням, способные давать всходы из-под слоя воды и не требуют больших доз минеральных удобрений. Так, были созданы такие сорта, как Лидер, Регул, Спринт, Фонтан, Дружный, Атлант, Флагман и другие, простота условий выращивания и адаптивность к различным абиотическим стрессам которых позволили сохранить объемы производства в стране и преодолеть кризис в российском рисоводстве.

В 2000-х годах в рисоводческая отрасль России добилась значительного прогресса в сфере интенсификации производства [64, 79, 81]. Это приведет к седьмому шагу селекции риса, который заключается не только в создании обычных сортов, но и в появлении серии эксклюзивных сортов риса для диетического и лечебного питания, длиннозерных и с окрашенным перикарпом [19, 25, 30, 36].

В настоящее время создание новых сортов риса способствует появлению новых типов растений с высокой приспособляемостью к условиям выращивания и потребностям в минеральных удобрениях с потенциальной продуктивностью 10–13 т/га [31, 79, 81].

## 2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Почвенно-климатические условия

Опыты закладывали в 2019–2022 гг. на вегетационной площадке кафедры генетики, селекции и семеноводства, расположенной в Ботаническом саду КубГАУ имени И.С. Косенко в лизиметрах. Это бетонные емкости, которые выстилали слоем пленки для предотвращения фильтрации воды и засыпали почвой. Почву для проведения опытов мы брали с рисового поля учебно-опытного хозяйства «Кубань».

Расположенный в европейской части России, Краснодарский край подобен перекрестку, где встречаются различные типы почв, включая древние земли Кавказа и самые плодородные сверхмощные черноземы Азово-Кубанской низменности [1].

Почвы плавневой зоны и зоны рисосеяния относятся к гидроморфным почвам. Преобладающая площадь (до 80 %) их распространения – дельта Кубани и прилегающие пространства плавней [67].

На территории Краснодарского края черноземы занимают обширные площади равнин и предгорий (Азово-Кубанская низменность, Кубанская наклонная равнина, Таманский полуостров). На них расположена большая часть черноземов [6].

Содержание подвижных форм азота, фосфора и калия, доступных растениям показывают плодородность почвы (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика свойств почвы, г. Краснодар

| Горизонт почвы, см | Содержание гумуса, % | Содержание подвижных форм, мг/кг |                               |                  | Объемная масса, г/см <sup>3</sup> | Скважность, % | рН        |
|--------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|---------------|-----------|
|                    |                      | N                                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |                                   |               |           |
| 0 – 20             | 3,28                 | 0,81                             | 4,07                          | 34,7             | 1,20-1,25                         | 45 – 55       | 6,5 – 7,5 |

Пересчет из мг/кг в кг/га производится из расчета массы пахотного слоя средних суглинков 2600 т/га, 1 мг/кг = 2,6 кг/га.

С учетом того, что на формирование урожая в 50 ц/га, растение риса потребляет 103 кг азота, 65 кг фосфора и 150 кг калия, анализ таблицы показывает, что основным лимитирующим урожай элементом питания является азот [87].

Таким образом, экспериментальный участок характеризуется достаточно высоким уровнем эффективного плодородия и типичен для рисовой оросительной системы. Лугово-черноземные почвы идеально подходят для научных исследований с выращиванием риса.

Климатические условия Краснодарского края в целом благоприятны для выращивания риса [1, 62].

В годы наших исследований (2019–2021 гг). вегетационный период риса проходил в оптимальных погодных условиях (рис. 1 и 2).

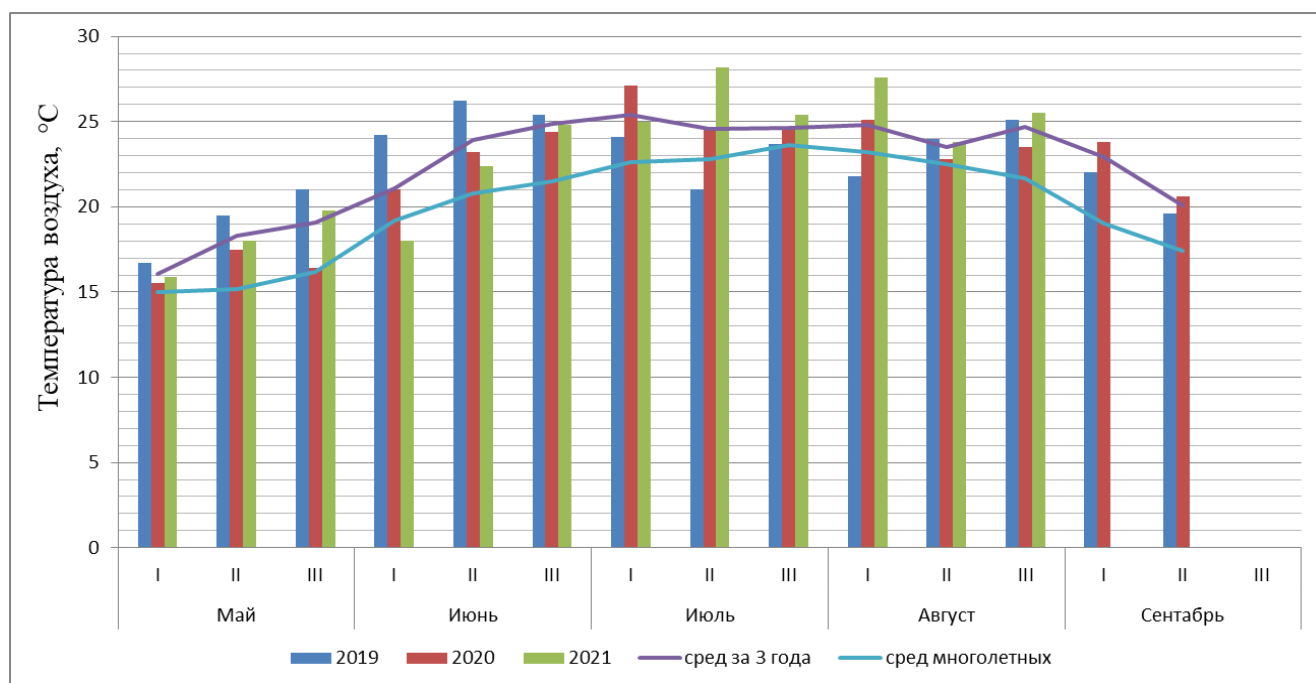


Рисунок 2. Среднедекадная температура воздуха в периоде исследования (метеостанция Учхоз «Кубань»), °С, г. Краснодар (2019–2021)

Анализ колебаний температуры в нашем экспериментальном периоде показывает, что с 2019 по 2021 год условия были хорошими. Средняя температура за 3 года в целом выше, чем среднемноголетняя температура. При этом наблюдается колебания от 1,3 °С до 3,6 °С.

Что касается осадков, то в течение вегетации риса в годы исследований они выпадали неравномерно (рисунок 2).

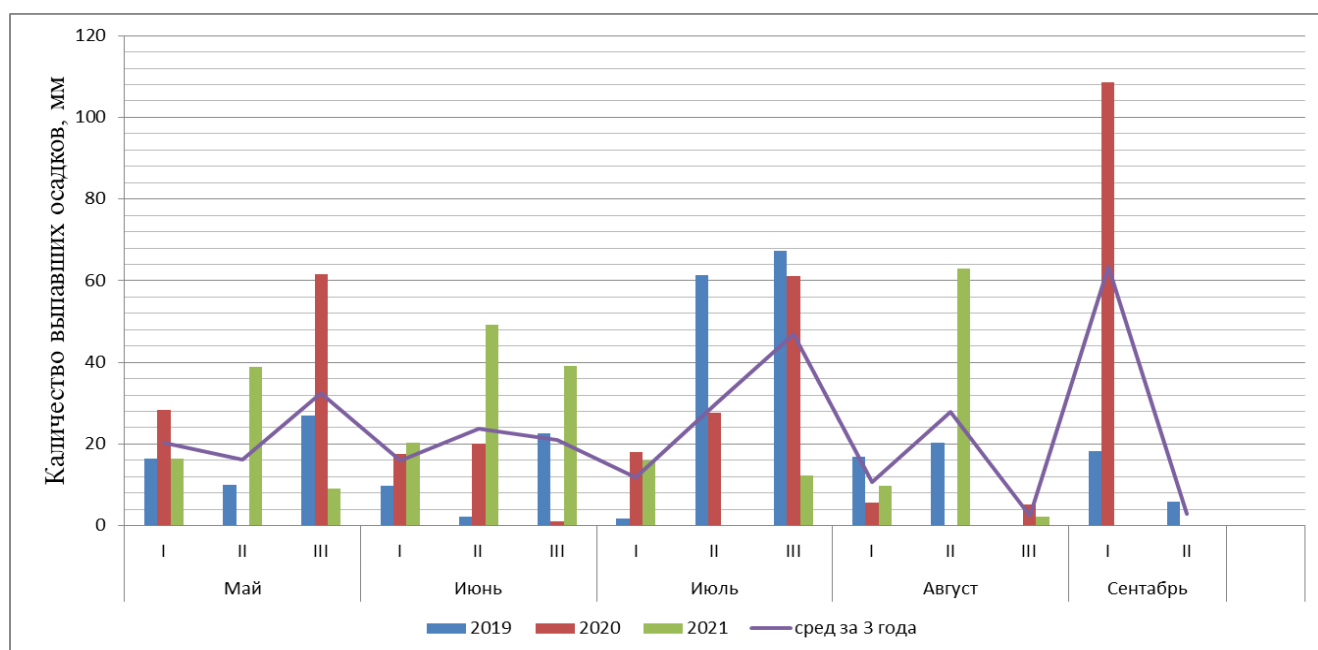


Рисунок 3. Сумма осадков в годы проведения исследований (метеостанция Учхоз «Кубань»), мм, г. Краснодар (2019–2021 гг.)

Однако осадки не оказывали существенного влияния на рост и развитие риса, так как за счет орошения снимается лимитирующее действие воды как основного фактора для растений.

## 2.2 Характеристика использованного материала

В своих исследованиях мы использовали 10 сортов, созданных в ФНЦ риса различными методами. Выбранные сорта принадлежат к трем различным группам, а именно: раннеспелые сорта – Азовский, Спринт, среднеспелые – Гамма, Атлант, Титан, Хазар и среднепознеспелые Олимп, Лидер и Арбалет, в качестве стандарта был взят сорт Рапан.

Эти сорта отличаются высокой урожайностью, повышенной устойчивостью к пирикулярриозу и отличным качеством зерна.

### **2.2.1 Сорт риса Азовский**

Сорт риса Азовский имеет вегетационный период – 103 дн. (в среднем за три года). Сорт устойчив к полеганию, не осыпается, но обмолачивается легко. Растения сорта Азовский отличаются высокой полевой устойчивостью к пирикулярриозу [29, 55].

### **2.2.2 Сорт риса Спринт**

Сорт созревает за 90–95 дн. при посеве в третьей декаде мая, и 95–100 дн. при ранних сроках сева. Высота растений – 90–95 см. На богатом азотном фоне высота растений увеличивается до 120 см, что приводит к полеганию. Отличительной особенностью является быстрый рост в начале вегетации [31, 69].

### **2.2.3 Сорт риса Гамма**

Гамма относится к среднеспелой группе, созревает за 115 дн. Растения сорта Гамма обладают интенсивным ростом в период получения всходов. Сорт не поражается пирикулярриозом, устойчив к полеганию, не осыпается даже при перестое, но легко вымолачивается [28, 31, 68].

### **2.2.4 Сорт риса Атлант**

Вегетационный период сорта Атлант составляет 116–118 дн. Растения устойчивы к пирикулярриозу и полеганию. Сорт обладает высокими темпами роста в период получения всходов. Растения легко преодолевают слой воды до 30 см [31, 68, 69].

### **2.2.5 Сорт риса Титан (крупнозерный)**

Сорт среднеспелый с вегетационным периодом – 114–116 дн. Растения имеют высокие темпы первоначального роста, хорошо преодолевают слой воды в период получения всходов, среднеустойчивы к засолению почв. Среднеустойчив к пирикулярриозу [31].



### **2.2.6 Сорт риса Хазар**

Сорт среднеспелый – 116–120 дн. Устойчив к полеганию. Относится к сортам интенсивного типа. Имеет недостаточно высокие темпы роста растений на начальных этапах развития. Среднеустойчив к пирикуляриозу [68, 69].

### **2.2.7 Сорт риса Лидер**

Сорт Лидер относится к среднепозднеспелой группе. Vegetационный период – 120–125 дн. Сорт обладает повышенной устойчивостью к пирикуляриозу и рисовой листовой нематодe. Растения быстро растут вначале вегетации, легко преодолевая слой воды в период получения всходов [31, 69, 141].

### **2.2.8 Сорт риса Олимп**

Олимп имеет период вегетации в среднем 120 дн., с колебаниями от 116 до 122 дн.. Устойчив к пирикуляриозу и рисовой листовой нематодe. Растения отличаются интенсивным ростом в период получения всходов. Поэтому они легко преодолевают слой воды, под которым злаковые сорняки гибнут [30, 31].

### **2.2.9 Сорт риса Арбалет**

Среднепоздний сорт Арбалет имеет вегетационный период – 120–136 дн. Высокоустойчив к полеганию и осыпанию. Хорошо дает всходы из-под слоя воды. Имеет удлиненное зерно высокого качества.

### **2.2.10 Сорт риса Рапан**

Среднеспелый сорт Рапан рекомендован для выращивания по интенсивной технологии. Отличается низкой скоростью прорастания семян и темпами роста в начальные фазы развития. Рапан среднеустойчив к пирикуляриозу, занимает основную площадь посева риса в Краснодарском [64, 68].

## **2.3 Лабораторные опыты**

В своих экспериментах, до посева и после уборки урожая, мы проводили определение всхожести и энергии прорастания у 10 сортов риса. Известно, что

всхожесть недостаточно хорошо дифференцирует сорта и партии разных семян одного сорта по качеству посевного материала [41, 42].

Более полную оценку ее дает энергия прорастания семян, характеризующая скорость и дружность прорастания их в оптимальных условиях. При оценке качества всходов оценивают не только энергию прорастания и всхожесть, но и силу роста семян [17, 38].

В термостате при 28 °С проращивали семена сортов риса, помещенных на фильтровальную бумагу, нарезанную на полосы длиной 100 см и шириной 10 см с градуированной шкалой (рисунок 3), чтобы облегчить расчет и проанализировать их эволюцию.

Для проверки адаптации изучаемых сортов риса к пониженной положительной температуре (холоду), аналогичный анализ был проведен при температуре 14 °С.

У риса энергию прорастания определяют по количеству нормально проросших семян на 4-е сутки опыта и выражают в процентах к их общему числу в пробе. На 7-е сутки опыта проводят второй подсчет, определяя лабораторную всхожесть семян.



Рисунок 4. Схема лабораторного опыта, г. Краснодар, 2019–2022 г.

На рисунке 5 показана последовательность проведения различных экспериментов в лаборатории.



Помещение семян на фильтровальную бумагу



Прорастание в термостате



Взвешивание проростков

Рисунок 5. Последовательность проведения опыта в лаборатории, г. Краснодар, 2019–2022 г.

## 2.4 Вегетационные опыты

Исследования проводили в 2019–2022 гг. на вегетационной площадке Кубанского госагроуниверситета имени И.Т. Трубилина. В работе использовали методики, принятые во ФНЦ риса, которые уточняли в соответствии с поставленной задачей. Подготовку почвы, уход за растениями осуществляли с учетом рекомендаций по возделыванию риса, принятых для зоны [68, 72].

Почва в лизиметрах – лугово-черноземная, привезенная с рисовой системы учхоха «Кубань». Обработка почвы заключалась в точной выравнивании почвы в лизиметрах как сделано в рисовых полях в случае посевной технологии [31]. Действительно, точное выравнивание земли способствовало эффективности применения воды за счет равномерного распределения воды и повышения эффективности водопользования, что привело к равномерному прорастанию семян, лучшему росту культур и более высокой урожайности [114, 130].

При посеве семена риса были расположены на расстоянии 1 – 2 см друг от друга и междурядье составляло 15 см. Посев проводился в один срок – 5 мая, в оптимальный период. Повторность четырехкратная, с систематическим размещением делянок. После появления coleoptily, когда растения достигли высоты 4-6 см, лизиметры были затоплены слоем воды: 5 см, 15 см и 20 см. Этот слой воды поддерживался до созревания растений. В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, измеряли темп роста растений. В фазе выметывания определяли размеры и площадь листьев для определения индекса продуктивности растений «OMS – отношение средней массы зерна с метелки к средней площади флагового и подфлагового листьев, см<sup>2</sup> / г». Работу выполняли в соответствии с ранее описанной методикой [28].

Сбор данных по температуре воды во всех лизиметрах проводился каждое утро в 8 часов утра и каждый вечер в 17 часов.

В фазе полной спелости зерна отбирали растения для биометрического анализа. Исследуемые растения извлекали с корнем. В дальнейшем, в лабораторных условиях, измеряли высоту растения, длину главной метелки, число колосков фертильных и стерильных, взвешивали зерно с главной метелки, с растения и т.д.

Полученные семена изучали в лаборатории по общепринятой методике, определяли посевные качества, включая массу 1000 абсолютно сухих семян – ГОСТ 12042-80, энергию прорастания и всхожесть – ГОСТ 12038-84.

Лизимитрические опыты и полученные результаты анализировали в соответствии с методикой ФНЦ риса, общепринятой методикой полевого опыта [18, 31, 75, 87].

После статистической обработки, изменчивость количественных признаков определялась по коэффициенту вариации, величина которого до 10 % считается низкой, от 10 до 20 % – средней, от 20 до 30 % – высокой, а свыше 30 % – очень высокой.

Результаты наших экспериментов в 2019 г. и 2020 г. показывают, что изученные сорта можно использовать в программах создания сортов, которые можно использовать в санитарных зонах. Они обладают признаком «быстрый рост из-под слоя воды в период получения всходов» [27, 44, 45].

В результате, мы выбрали сорта Спринт, Азовский, Атлант, Титан и Лидер в качестве генеративных родителей. Использовали схему гибридизации – топ кросс. Гибридизация была проведена в искусственных камерах Федерального научного центра риса, ФНЦ риса.

В приложении 1 представлена схема вегетационного опыта в 2019–2021 гг.

Полевой сезон 2022 года был посвящен анализу гибридов  $F_3$ , полученных популяций из  $F_2$ , которые выращивали в 2021 году при слое воды 20 см, чтобы на стадии всходов отсеять неперспективные формы, не устойчивые к слою воды. В данном случае использовались схема исследований, принятая в ФНЦ риса.

Гибриды  $F_3$  выращивали рядом с материнскими и отцовскими формами в условиях затопления 5 см и 20 см. После созревания провели отбор лучших гибридных растений для последующего изучения в селекционном процессе.

## **2.5 Проведение гибридизации риса**

Выбранные сорта в качестве доноров (родителей), были скрещены в лаборатории ФНЦ риса. По схеме гибридизации – топ кросс, мы скрещивали сорта Спринт, Азовский, Атлант, Титан и Лидер в качестве генеративных родителей. Эти сорта положительно характеризуются по признаку «быстрый рост из-под слоя воды в период получения всходов».

ФНЦ риса использует методологию, описанную Лось (2007) [57]. Операция заключается в удалении тех колосков, которые находятся в верхней части метелки и тех, которые находятся в нижней части, которые в большинстве случаев еще молодые. В каждой метелке сохраняется от 15 до 25 колосков. После косого среза колоска ножницами, пыльники удаляют пневмокастратором, стараясь не повредить рыльца цветка, как описано выше. Кастрированные метелки покрывали

изоляторами. Кастрированные растения возвращали в КИК на свое место, рядом с отцовской формой.

В тот же день, около 14:00, проводится опыление путем твел-методом. Таким образом начинается процесс создания  $F_1$ .

Гибриды первого поколения ( $F_1$ ) выращивали на вегетационной площадке ФНЦ риса, по принятой там методике. Часть семян популяции  $F_2$  изучали в нашем опыте в 2021 г.

### **3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

#### **3.1. Посевные качества изучаемого материала**

Улучшение типа растений является ключевым фактором успеха селекции высокоурожайного риса [14]. Однако разработка растений нового типа должна зависеть от различных рисовых экосистем [32, 83, 84]. Условия затопления специфичны и требуют сортов, устойчивых к различным типам стресса. Поэтому в эксперимент взяты разнотипные по вегетационному периоду и морфотипу сорта риса, которые отличаются высокой урожайностью, повышенной устойчивостью к пирикулярриозу и отличным качеством зерна.

До закладки опыта определяли посевные качества взятых сортов. Посевные качества семян являются важным фактором повышения урожайности всех сельскохозяйственных культур. Практика подтверждает, что при использовании качественного посевного материала потенциал сорта достижим, но если использовать плохой посевной материал сорта с наилучшими показателями, то урожай будет низким [40].

Энергия прорастания является важным признаком, который тесно связан с урожайностью [60]. Быстрое прорастание семян и энергичный рост растений способствует формированию высокой урожайности. В ряде экспериментов показано, что семена, прорастающие в первые 3–4 дня, дадут урожай на 30–40 % выше, а те, которые прорастают дольше, до 7-го, снизят урожай на 28–30 % [38, 46]. Энергия прорастания семян показывает способность быстро и дружно прорасти в оптимальных условиях. Определение энергии прорастания является важным параметром при оценке качества семян [17]. Поэтому это показатель широко используется в области семеноводства [11].

Всхожесть характеризует способность семян формировать энергичные растения, адаптированные к предпочитаемой почве каждой культуры, хотя сама по себе она не может эффективно определить качество семян [60, 73]. Лабораторная всхожесть семян характеризует способность семян образовывать нормально развитые растения [3]. Ее выражают в процентах нормально

проросших семян к общему числу их во взятой пробе. Всхожесть семян имеет прямую и достаточно высокую связь с урожайностью посевов риса [71]. Всхожесть семян определяет целый комплекс биотических и абиотических факторов, которые должны находиться в оптимальном соотношении для получения дружных всходов [3].

Результаты сравнительного анализа используемого исходного материала – при 28 °С, приведены в таблице 2. Результаты оценки сортов при 14 °С представлены в Приложении 2.

Таблица 2. Энергия прорастания и всхожесть изучаемых сортов риса (исходного материала), г. Краснодар, 2019 г.

| Сорт                     | Энергия прорастания | Отклонение от st | Всхожесть | Отклонение от st |
|--------------------------|---------------------|------------------|-----------|------------------|
| Рапан (st)               | 78,2                |                  | 83,7      |                  |
| Раннеспелые сорта        |                     |                  |           |                  |
| Азовский                 | 73,5                | -4,7             | 91,3      | 7,6              |
| Спринт                   | 75,3                | -2,8             | 91,5      | 7,8              |
| Среднеспелые сорта       |                     |                  |           |                  |
| Гамма                    | 74,7                | -3,5             | 87,8      | 3,5              |
| Атлант                   | 78,0                | -0,2             | 88,0      | 4,3              |
| Титан                    | 86,7                | 8,5              | 89,5      | 5,8              |
| Хазар                    | 72,0                | -6,2             | 90,3      | 6,7              |
| Среднепозднеспелые сорта |                     |                  |           |                  |
| Олимп                    | 81,8                | 3,7              | 92,6      | 9,0              |
| Лидер                    | 90,7                | 12,5             | 95,2      | 11,5             |
| Арбалет                  | 91,6                | 13,5             | 96,5      | 12,8             |
| НСР <sub>05</sub>        | 17,1                |                  | 6,7       |                  |

Из таблицы 2 видно, что значения энергии прорастания очень близки для всех сортов, сорта с большим значением – Арбалет (91,6 %) и Лидер (90,7 %), а с меньшим значением – Хазар (72 %) и Азовский (73,5 %). Тем не менее, нет существенной разницы со стандартным сортом Рапан (78,2%).

Что касается всхожести, то сорта Арбалет и Лидер показали самые высокие значения. Значительная разница наблюдается у сортов Арбалет, Лидер, Олимп,



Спринт и Азовский, которые превышают стандартный сорт Рапан на 12,8 %, 11,5 %, 9 %, 7,8 % и 7,6 % соответственно.

Поскольку энергия проростания и всхожесть показывают близкие значения, интересно определить силу роста, которая дает информацию о способности семян быстро развиваться и формировать урожай [3].

Сила роста – это функциональный признак, приобретаемый на последних стадиях созревания семян и отвечающий за жизнестойкость семян. В этом смысле ожидается, что энергичные семена должны обладать большей способностью производить ранние проростки, что в свою очередь снижает вероятность того, что они будут страдать от меж- и внутривидовой конкуренции во время раннего развития растений. В связи с этим, эта идея была изучена фундаментальной и технической наукой для прогнозирования поведения прорастания семян и укоренения растений в полевых условиях. Несмотря на то, что влияние на выращивание, вызванное энергичностью семян, различается среди сортов в зависимости от конкретной производственной практики [26, 49, 65, 83, 107], можно ожидать значительного снижения урожая при высеве слабых семян.

И. Г. Строны [77] показал, что семена, обладающие высокой силой роста способствуют формированию урожая на 20 % выше, а со слабой силой роста – на 18 % ниже.

Определение силы роста семян проводится методом морфофизиологической оценки степени развития проростков и методом массы проростков. В таблице 3 представлены результаты проращивания семян сортов риса, с градацией по силе роста : 5, 4, 3 балла, ненормально проросшие семена и не проросшие.

По морфофизиологической оценке степени развития проросков все сорта кроме Атлант превышают стандарт Рапан. Фактически наблюдается, что на седьмые сутки почти все сорта сформулировали сильные проростки, более 60 % из которых имеют оценку 5 балл, Лидер и Арбалет – самые сильные: с 79 % и 73,3 %.

Таблица 3. Сила роста изучаемых сортов (исходного материала), г. Краснодар

| Сорт                     | Количество проростков в %, различных по силе роста (балл) |      |      | Количество ненормально проросших семян, % | Количество не проросших семян, % | Масса проростка, г |
|--------------------------|---|------|------|---|----------------------------------|--------------------|
|                          | 5   | 4    | 3    |   |                                  |                    |
| Рапан (st)               | 52,5  | 11,2 | 8,2  | 16,2                                      | 12,0                             | 3,1                |
| Раннеспелые сорта        |   |      |      |   |                                  |                    |
| Азовский                 | 63,2  | 19,7 | 8,5  | 6,2                                       | 2,5                              | 3,2                |
| Спринт                   | 58,8  | 18,7 | 8,2  | 8,5                                       | 5,8                              | 3,2                |
| Среднеспелые сорта       |   |      |      |   |                                  |                    |
| Гамма                    | 66,8  | 11,8 | 2,8  | 10,0                                      | 2,5                              | 3,1                |
| Атлант                   | 47,0  | 16,8 | 10,7 | 11,7                                      | 13,8                             | 2,9                |
| Титан                    | 69,8  | 13,8 | 6,8  | 7,8                                       | 1,7                              | 3,8                |
| Хазар                    | 62,5  | 10,0 | 6,7  | 8,5                                       | 12,3                             | 3,3                |
| Среднепозднеспелые сорта |   |      |      |   |                                  |                    |
| Олимп                    | 63,2  | 24,8 | 5,2  | 5,0                                       | 1,8                              | 3,0                |
| Лидер                    | 79,0  | 10,2 | 4,5  | 4,8                                       | 1,5                              | 3,2                |
| Арбалет                  | 73,3  | 11,5 | 8,0  | 3,5                                       | 3,7                              | 3,5                |
| НСР                      |   |      |      |   |                                  | 0,5                |

Сила роста также может быть получена путем вычисления массы проростка. В нашем случае, по этому методу, только сорт Титан имеет наилучшее значение с массой проростка 3,8 г, что превышает стандартный сорт на 0,7 г при  $НСР_{005} = 0,5$  г.

Условий формирования материнских растений, совместно с генетической основой, оказывают существенное влияние на урожайные и посевные качества семян.

Это серьезно затрудняет прогнозирование всхожести в полевых условиях при оценке семян в лабораторных условиях [76], поэтому важно проводить эксперименты в условиях произрастания каждой экосистемы.

### **3.2 Колебание температурного режима в период проведения исследований**

При выполнении исследований в 2020 и 2021 гг. мы регистрировали колебание температуры в течение суток, путем определения ее в зоне узла кущения риса в 8 утра и в 17 часов. В результате был собран массив данных, который позволил объяснить реакцию сортов риса на колебание температурного режима.

Действительно, многие исследования показывают влияние низких температур на развитие и урожай сельскохозяйственных культур, и еще меньше исследований показывают влияние высоких температур на урожай [13, 80, 120]. Суточные колебания температуры играют важную роль в регулировании микроклимата в различных зонах растения. Интенсивность фотосинтеза, как известно, также сильно зависит от температуры. У риса, который является теплолюбивой культурой, на рост, развитие и формирование урожая значительно влияют суточные колебания температуры [42, 116, 122]. Рис, растение тропического происхождения, не переносит больших суточных колебаний температуры. К сожалению, в условиях умеренного климата, различные формы абиотических стрессов оказывают негативное воздействие на рис, не позволяя ему успешно развиваться [80].

В процессе проведения наших экспериментов установлено, что при слое воды 20 см развитие растений всех изучаемых сортов риса проходило быстрее и фаза выметывания у них наступала на 5–7 дней раньше, чем при слое 5 см [43, 44].

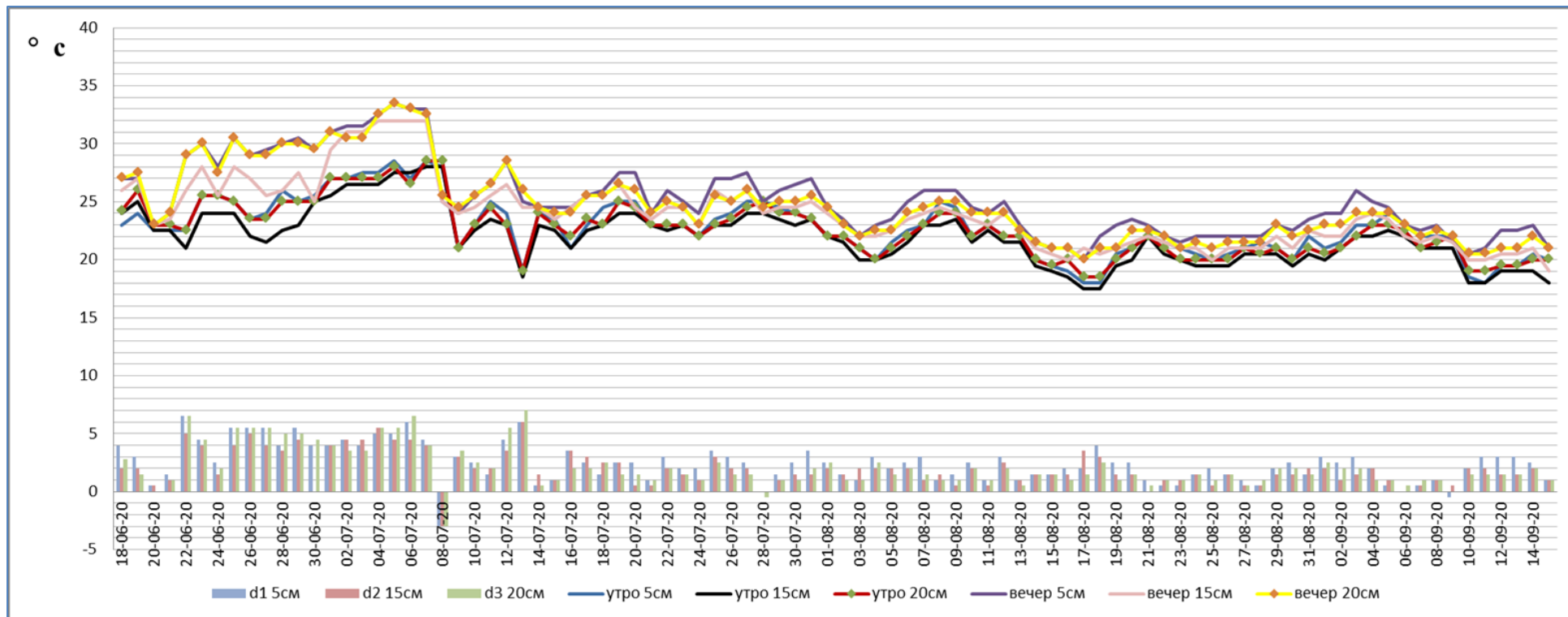


Рисунок 6. Колебание суточных температур при различных режимах затопления в 2020 г, г. Краснодар.

*Примечание:*

*d1 : разница в дневных вечерних и утренних температурах в слое воды 5 см*

*d2 : разница в дневных вечерних и утренних температурах в слое воды 15 см*

*d3: разница в дневных вечерних и утренних температурах в слое воды 20 см*

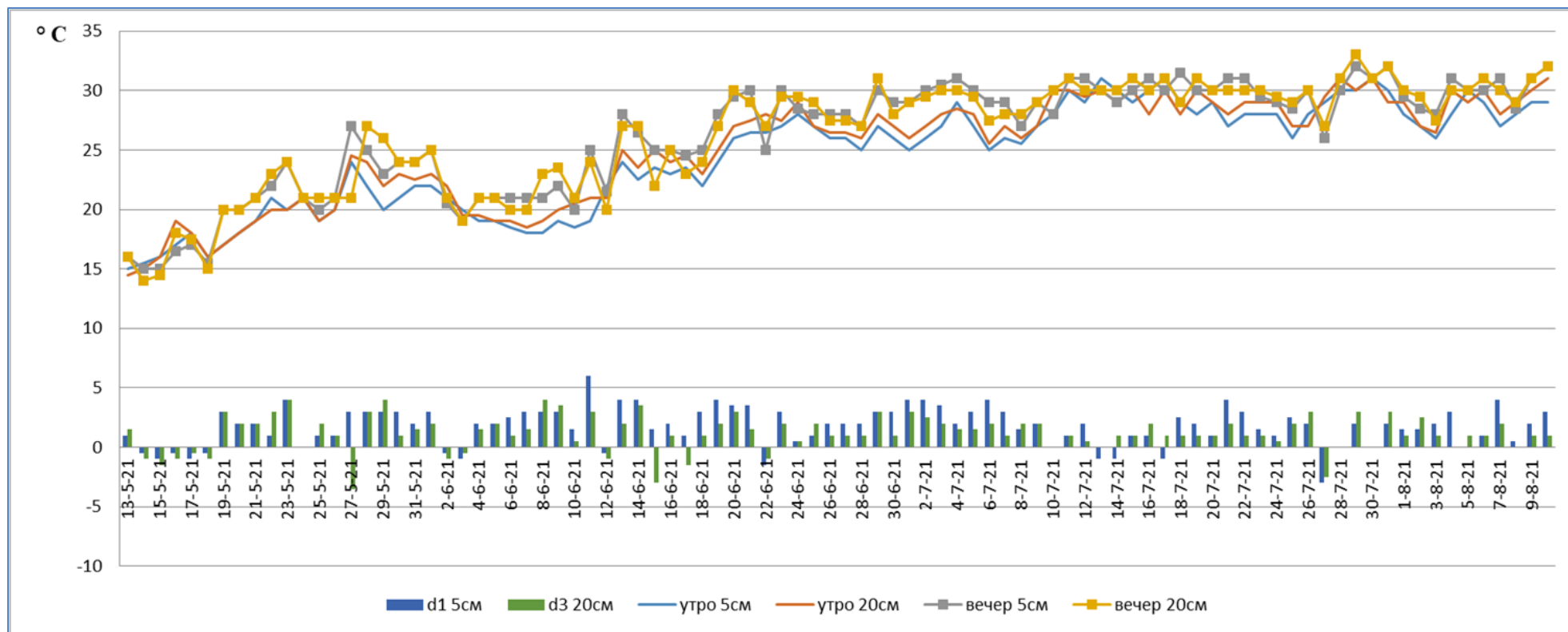


Рисунок 7. Колебание суточных температур при различных режимах затопления в 2021 г, г. Краснодар

*Примечание: d1 : разница в дневных вечерних и утренних температурах в слое воды 5 см*

*d3: разница в дневных вечерних и утренних температурах в слое воды 20 см*

Из этих двух рисунков (рисунков 6 и 7) видно, что изменение температуры водного слоя соответствовало нормальному ходу изменения температуры воздуха, согласно метеорологических данных Краснодарского края. Действительно, сильная жара в июле и августе 2020 года была смоделирована слоем воды в условиях затопления, который всегда поддерживал более низкую температуру почвы. Однако в 2021 году, хотя вода способствовала смягчению жары, температура оставалась высокой.

При анализе ежедневной температуры в период вегетации риса установлено, что различия между утренней и вечерней температурой при слое 20 см в отдельные дни не превышали 0,5 °С. В то время как при слое воды 5 см эта разница в отдельные дни достигала 5,3 °С [42] (рисунок 6 и 7). Поэтому при слое воды 20 см у сортов риса фаза выметывания наступала раньше, чем при 5 см.

В наших опытах различные вегетативные фазы сортов риса проходили при оптимальных температурных условиях. Следует отметить, что понижение температуры в июне очень пагубно сказывается на продуктивности растения. Условия затопления в этот период способствовали регулированию температурных колебаний. Аналогичным образом, большие колебания температуры в фазе налива влияют на стерильность семян. Видно, что в нашем исследовании сорта, в условиях затопления, испытывали минимальные колебания температуры почвы в зоне узла кущения в этот период (таблица 4).

Известно, что фотосинтетическая активность изменяется в зависимости от стадии развития растения. Формирование продуктивной метелки происходит в условиях относительно низких температур в зоне узла кущения. Таким образом, водный слой играет важную роль в поддержании температуры в этот важный для растения период.

Таблица 4. Средняя температура почвы в лизиметрах при каждой фазе развития растений риса, г. Краснодар

| Фаза вегетации растений риса | Слой воды, см | Средняя температура почвы (°С) |         |         | Стандартная температура (°С) для каждой фазы развития рисового растения [81] |          |           |
|------------------------------|---------------|--------------------------------|---------|---------|--|----------|-----------|
|                              |               | 2020 г.                        | 2021 г. | 2022 г. | мини-мум   | опти-мум | макси-мум |
| Прорастание                  | 5             | 15,0                           | 15,0    | 15,0    | 14   | 24–28    | 36        |
|                              | 15            | 15,0                           | 15,0    | 15,0    |  |          |           |
|                              | 20            | 15,0                           | 15,0    | 15,0    |  |          |           |
| Всходы /пооявление всходов   | 5             | 21,0                           | 20,0    | 16,5    | 16   | 24–28    | 36        |
|                              | 15            | 21,0                           | 20,0    | 16,5    |  |          |           |
|                              | 20            | 21,0                           | 20,0    | 16,5    |  |          |           |
| Всходы /3–4 листа            | 5             | 23,5                           | 23,0    | 19,0    | 16   | 24–28    | 36        |
|                              | 15            | 22,5                           | 24,0    | 20,1    |  |          |           |
|                              | 20            | 24,5                           | 24,5    | 20,0    |  |          |           |
| Кущение                      | 5             | 25,0                           | 24,0    | 20,5    | 16   | 24–28    | 36        |
|                              | 15            | 25,0                           | 24,0    | 21,5    |  |          |           |
|                              | 20            | 25,6                           | 24,0    | 22,0    |  |          |           |
| Выход в трубку               | 5             | 26,2                           | 28,0    | 22,5    | 18   | 19–22    | 36        |
|                              | 15            | 24,7                           | 28,0    | 24,0    |  |          |           |
|                              | 20            | 25,7                           | 28,5    | 25,5    |  |          |           |
| Вымётывание                  | 5             | 22,7                           | 29,0    | 23,5    | 18   | 24–28    | 36        |
|                              | 15            | 22,7                           | 29,0    | 24,0    |  |          |           |
|                              | 20            | 23,0                           | 30,0    | 25,5    |  |          |           |
| Созревание                   | 5             | 21,5                           | 30,0    | 26,0    | 18   | 18–26    | 32        |
|                              | 15            | 20,7                           | 30,0    | 26,0    |  |          |           |
|                              | 20            | 21,2                           | 31,5    | 26,0    |  |          |           |

Наши исследования показывают, что слой воды изменяет температуру почвы, влияя в конечном итоге на темпы расвития растений риса.

### **3.3 Влияние слоя воды на формирование морфобиометрических показателей растений риса**

Рис является гидрофильной культурой, поэтому в период его роста и развития необходимо пройти, по крайней мере одну фазу развития, в воде [20, 31, 41]. Различные эксперименты показали, что существуют различия между рисом, выращенным в обычных условиях выращивания, т.е. во влажных условиях, и рисом, выращенным, как и другие культуры, в условиях засухи [63, 70, 108, 119].

В связи с проблемами изменения климата были опробованы различные методы сокращения объемов использования воды в сельскохозяйственных системах, в данном случае риса, основного потребителя воды [100]. Поэтому начали создавать сорта риса более устойчивые к условиям засухи [52]. Тем не менее, все исследователи считают, что для повышения урожайности риса необходима вода [102]. Кроме того, интерес к сохранению природных экосистем от вредного воздействия интенсификации сельского хозяйства, сокращению потерь водного биоразнообразия и сохранению здоровья человека от некоторых заболеваний, привел к принятию на вооружение использования затопления для сокращения применения гербицидов [10, 23].

В условиях увлажнения, в зависимости от различных уровней затопления, динамика роста, развития рисового растения, а также формирования урожая различна [45, 47]. Мы представляем результаты наших исследований различных сортов, изученных в различных условиях затопления.

#### **3.3.1 Динамика роста и развития растений риса в разных условиях затопления**

При выращивании риса без применения противозлаковых гербицидов, когда всходы получают из-под слоя воды, важно чтобы растения выращиваемых сортов быстро росли в первые фазы вегетации. Изучаемые сорта Азовский, Спринт, Гамма, Атлант, Титан, Хазар, Олимп, Лидер и Арбалет обладают таким качеством [25, 27, 43, 44, 45].



Для того чтобы лучше проанализировать динамику роста исследуемых сортов, сорта анализировали, группируя их по срокам созревания – ранние, средние и поздние, каждый раз сравнивая их со стандартным сортом – Рапан.

На рисунках 8, 9 и 10 показано, что исследуемые сорта в начале фазы проростания имеют быстрый темп роста при слое воды 15 см и 20 см, а затем стабилизируются в фазе кушения. В начале роста сорта в условиях затопления 15 см и 20 см имели большую высоту, чем при слое 5 см. К концу фазы кушения становятся более высокими растения сортов, растущих при затоплении в 5 см. Физиологи объясняют это явление аналогичными экспериментами, что сорта, выращенные в условиях кислородной недостаточности, быстрее развиваются для того, чтобы достичь воздушного слоя [25].

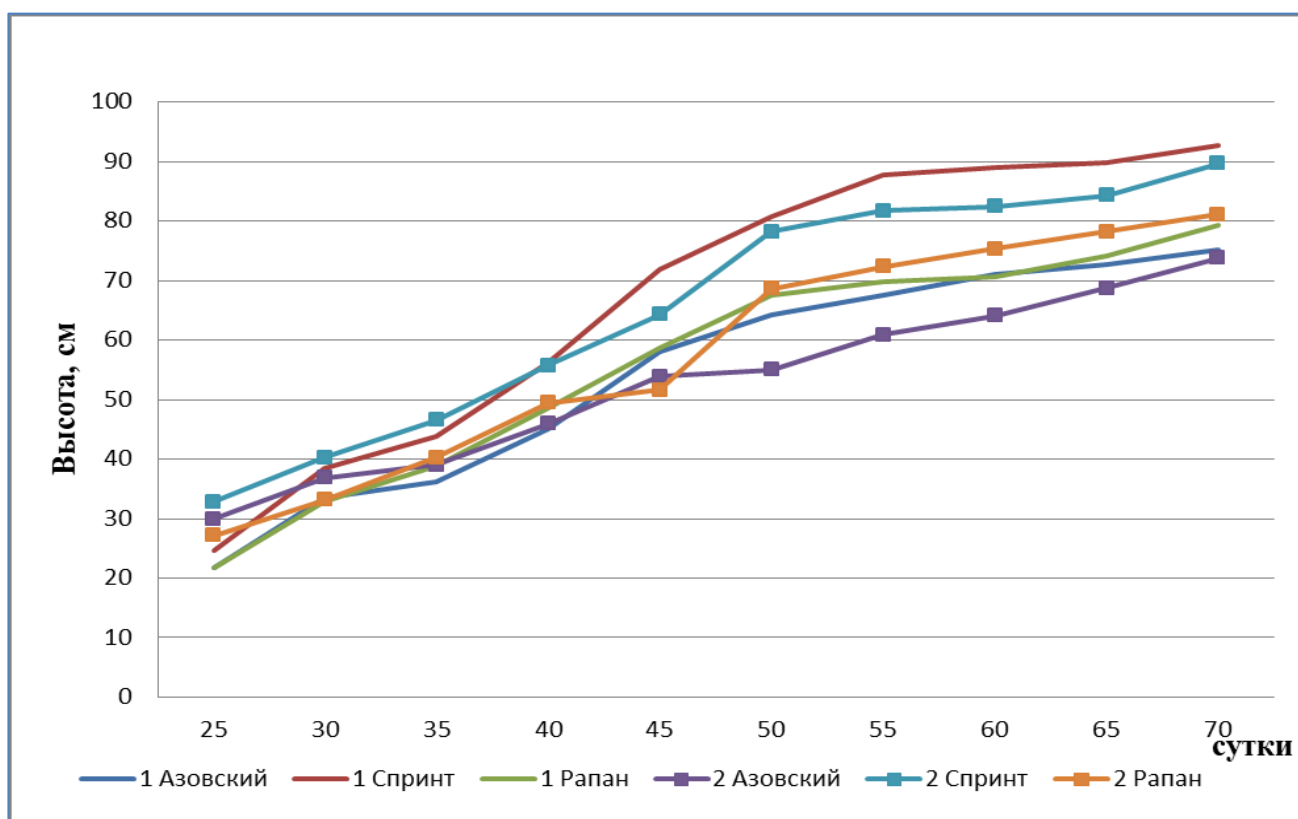


Рисунок 8. Темпы роста раннеспелых сортов риса и стандартного сорта Рапан в различных режимах затопления (г. Краснодар, 2019 г.)

*Примечание: 1. Слой воды 5 см, 2. Слой воды 15 см*

При дальнейшем анализе сортов в разных группах созревания выявляются незначительные различия. Так, на рисунке 8 не видно выраженной разницы

между скороспелыми сортами в начале фазы роста. Четкая разница наблюдается в период созревания. Для группы среднеспелых сортов форма кривой остается почти одинаковой для всех вегетативных фаз. В группе среднепозднеспелых сортов характер роста оставался таким же, как и в группе среднеспелых сортов, однако сорта, затопленные слоем воды 20 см, продолжали выделяться по высоте.

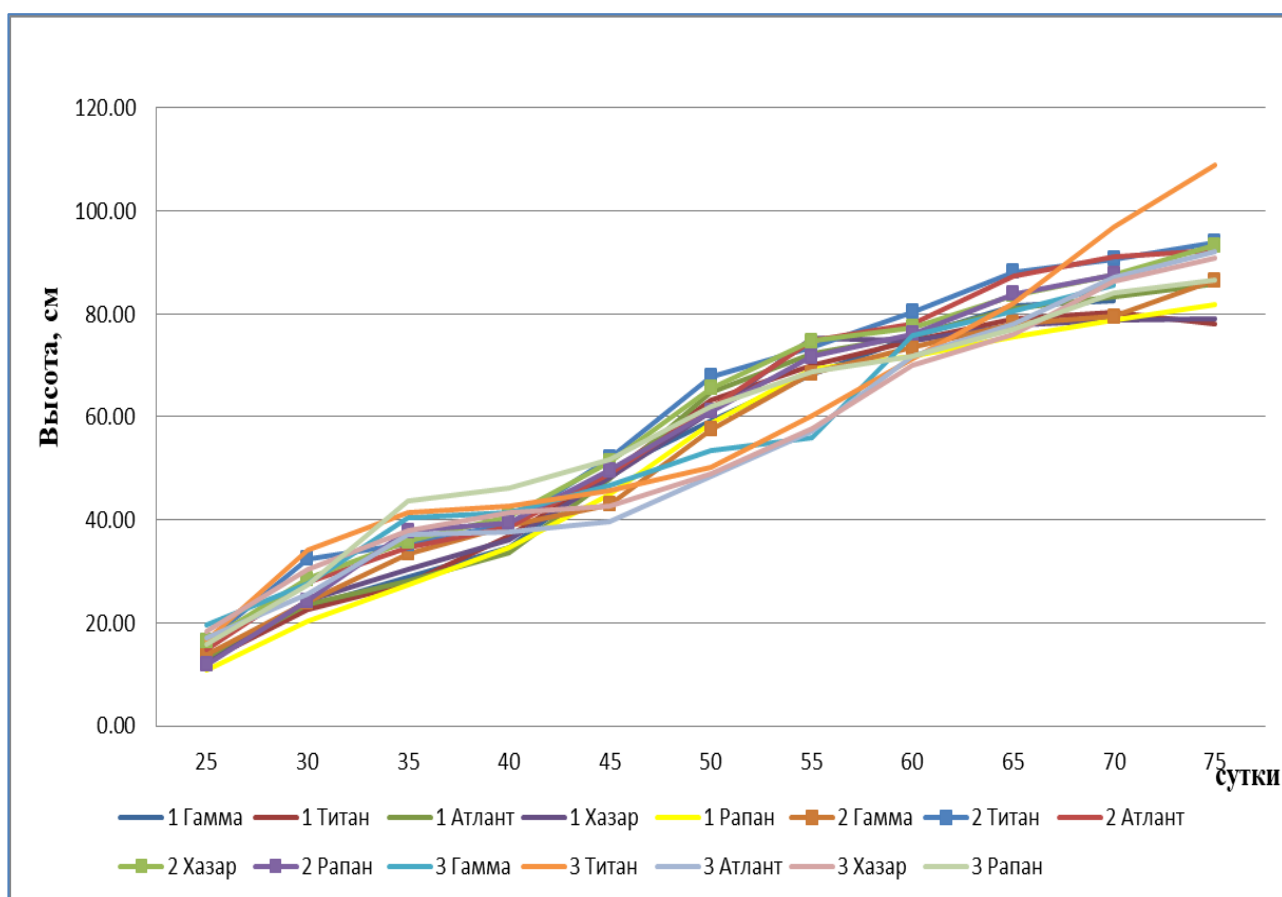


Рисунок 9. Темпы роста среднеспелых сортов риса и стандартного сорта Рапан в различных режимах затопления (г. Краснодар, 2020 г.)

Примечание: 1. Слой воды 5 см, 2. Слой воды 15 см, 3. Слой воды 20 см

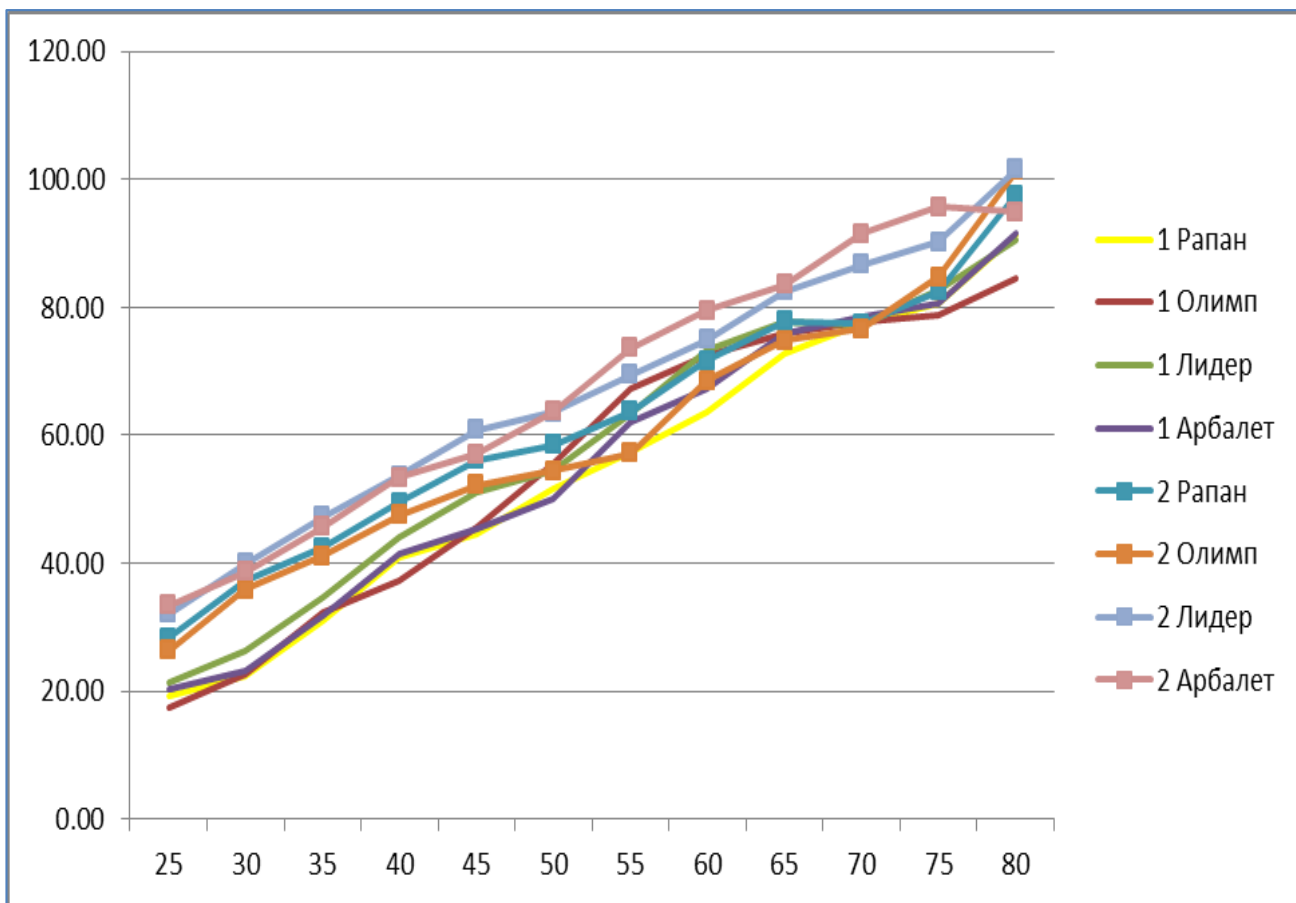


Рисунок 10. Темпы роста среднепозднеспелых сортов риса и стандартного сорта Рапан в различных режимах затопления (г. Краснодар, 2021 г.)

*Примечание: 1. Слой воды 5 см, 2. Слой воды 15 см*

Это можно объяснить тем, что при затоплении сорта, после преодоления барьера, которым являются условия кислородной недостаточности, растения остаются в лежачем положении на воде в течение определенного периода времени (рисунок 11 и 12). Кроме того, поскольку они провели некоторое время под водой, их листья сужаются и не позволяют им ускорить интенсивность фотосинтеза, что приводит к замедлению разрастания листьев.



Рисунок 11. Растения риса после получения всходов при слое 5 см,  
г. Краснодар

В случае с раннеспелыми сортами созревание которых происходит быстро и не позволяет затопленным растениям догнать по росту те растения, которые росли без затопления. Это также относится к среднеспелым сортам. Растения среднепозднеспелых сортов успевают развиться до той же высоты, что и при малом затоплении сорта. В любом случае эти сорта не претерпевают существенного развития, а остаются в том же положении, что и при затоплении слое воды 15 см.



Рисунок 12. Растения риса после получения всходов при слое 20 см,  
г. Краснодар

Быстрый рост в начальные фазы вегетативного периода является важной характеристикой для выживания в условиях затопления [45]. В приложении 3 показано изменение высоты растений исследуемых сортов при трех условиях затопления в начале вегетационного периода.

Дисперсионный анализ показывает, что растения сортов не сильно отличаются по высоте в различных условиях затопления (таблица 5).

Таблица 5. Дисперсионный анализ признака «высота растения» сортов риса при разном слое воды (г. Краснодар, 2019-2021 гг.)

| Источник         | Сумма квадратов | Степень свободы | Средний квадрат | F     | знач. | Доля влияния, % |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|-----------------|
| Сорт             | 13755,7         | 9,0             | 1528,4          | 142,2 | 0,0   | 87,6            |
| Слой воды        | 73,2            | 2,0             | 36,6            | 3,4   | 0,0   | 2,1             |
| Сорт * слой воды | 3019,3          | 18,0            | 167,7           | 15,6  | 0,0   | 9,6             |

Как видно из таблицы 5, высокая доля влияния сорта (87,6 %) показывает, что не велико значение слоя воды – доля влияния 2,1 %, и взаимодействие сорт и слой воды – доля влияния 9,6 % не оказывают большого влияния на развитие высоты растений. Таким образом, при различных условиях затопления генотип сорта играет важную роль в росте растений, влияя на изменчивость количественных признаков, особенно на высоту растений при разной глубине затопления (таблица 6).

Действительно (таблица 6), только в нескольких случаях при затоплении 15 см коэффициент вариации превышает 12 %, в остальных случаях коэффициент вариации меньше 10 %, что говорит о близости полученных значений [5]. Из этой же таблицы видно, что кроме среднепозднеспелых сортов, которые имеют большую высоту в условиях затопления 20 см, другие сорта имеют большую высоту в условиях затопления 5 см или 15 см. Наибольшая высота была зарегистрирована у Арбалета с 123,1 см, 128,3 см и 124 см при затоплении на 5 см, 15 см и 20 см соответственно; Атлант с 126,9 см при 15 см и Спринт с 127,2 см при 5 см и 121,3 см.

Таблица 6. Вариабельность высоты растений сортов риса при разном слое воды  
(г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

| Сорт               | Слой воды, см | 2019 |       |       | 2020 |       |       | 2021 |       |       | 2019-2021 |       |       |
|--------------------|---------------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-----------|-------|-------|
|                    |               | CV%  | Max   | Min   | CV%  | Max   | Min   | CV%  | Max   | Min   | CV%       | Max   | Min   |
| Рапан (st)         | 5             | 5,2  | 95,6  | 82,6  | 1,2  | 96,2  | 92,0  | 5,6  | 93,0  | 78,0  | 6,3       | 96,2  | 78,0  |
|                    | 15            | 6,4  | 86,1  | 70,7  | 1,6  | 105,6 | 99,5  | 2,8  | 94,4  | 86,5  | 12,3      | 105,6 | 70,7  |
|                    | 20            | 4,1  | 93,1  | 80,0  | 7,4  | 102,0 | 81,0  | 3,1  | 87,0  | 79,0  | 4,0       | 102,0 | 79,0  |
| Раннеспелые сорта  |               |      |       |       |      |       |       |      |       |       |           |       |       |
| Азовский           | 5             | 7,3  | 107,2 | 83,3  | 2,6  | 106   | 97,0  | 8,0  | 99,0  | 76,0  | 6,1       | 107,2 | 76,0  |
|                    | 15            | 5,4  | 87,3  | 72,4  | 2,1  | 94,3  | 87,4  | 2,8  | 88,9  | 80,1  | 8,4       | 94,3  | 72,4  |
|                    | 20            | 5,1  | 105,0 | 87,0  | 5,3  | 101,0 | 88,0  | 7,4  | 109,0 | 86,0  | 2,1       | 109,0 | 86,0  |
| Спринт             | 5             | 5,9  | 108,9 | 102,5 | 1,4  | 127,2 | 121,6 | 4,0  | 101,0 | 90,0  | 13,2      | 127,2 | 90,0  |
|                    | 15            | 6,9  | 110,0 | 85,6  | 2,2  | 121,3 | 111,5 | 3,6  | 114,1 | 100,2 | 7,0       | 121,3 | 85,6  |
|                    | 20            | 2,5  | 106,5 | 97,8  | 2,6  | 113,7 | 103,6 | 3,3  | 100,0 | 91,0  | 8,3       | 113,7 | 91,0  |
| Среднеспелые сорта |               |      |       |       |      |       |       |      |       |       |           |       |       |
| Гамма              | 5             | 7,6  | 100,4 | 79,9  | 3,8  | 102,1 | 91,0  | 8,8  | 102,0 | 78,0  | 4,4       | 102,1 | 78,0  |
|                    | 15            | 2,5  | 86,1  | 79,8  | 3,5  | 99,6  | 89,4  | 2,6  | 92,4  | 85,5  | 6,9       | 99,6  | 79,8  |
|                    | 20            | 3,6  | 98,4  | 87,0  | 3,0  | 103,0 | 93,0  | 5,2  | 95,0  | 81,0  | 5,3       | 103,0 | 81,0  |
| Тиган              | 5             | 5    | 99,5  | 85,0  | 2,3  | 109,8 | 100,5 | 4,1  | 99,0  | 90,0  | 6,2       | 109,8 | 85,0  |
|                    | 15            | 9,2  | 100,5 | 74,0  | 1,9  | 114,7 | 108,3 | 4,9  | 106,8 | 92,0  | 10,6      | 114,7 | 74,0  |
|                    | 20            | 2,5  | 100,0 | 93,4  | 3,7  | 106,0 | 93,5  | 5,2  | 102,0 | 86,0  | 3,2       | 106,0 | 86,0  |
| Атлант             | 5             | 5,1  | 118,4 | 102,8 | 4,7  | 111,8 | 94,2  | 8,3  | 102,0 | 81,0  | 8,9       | 118,4 | 81,0  |
|                    | 15            | 5,8  | 97,8  | 82,7  | 4,8  | 126,9 | 107,5 | 3,7  | 111,4 | 96,6  | 12,9      | 126,9 | 82,7  |
|                    | 20            | 2,9  | 114,5 | 103,6 | 5,1  | 114,0 | 98,0  | 3,3  | 119,0 | 105,3 | 2,6       | 119,0 | 98,0  |
| Хазар              | 5             | 7,1  | 97,0  | 78,2  | 5,8  | 103,6 | 85,6  | 8,3  | 100,0 | 79,0  | 4,9       | 103,6 | 78,2  |
|                    | 15            | 6,7  | 84,0  | 70,0  | 4,2  | 106,6 | 96,6  | 4,5  | 95,2  | 84,0  | 12,9      | 106,6 | 70,0  |
|                    | 20            | 2,7  | 105,7 | 97,0  | 1,9  | 102,0 | 95,0  | 4,7  | 110,0 | 94,0  | 0,0       | 110,0 | 94,0  |
| Среднепозднеспелые |               |      |       |       |      |       |       |      |       |       |           |       |       |
| Олимп              | 5             | 9,0  | 120,0 | 88,6  | 3,4  | 118,4 | 106,1 | 9,0  | 103,0 | 76,0  | 8,7       | 120,0 | 76,0  |
|                    | 15            | 8,3  | 113,6 | 89,3  | 1,7  | 128,3 | 122   | 3,3  | 118,5 | 108,3 | 11,8      | 128,3 | 89,3  |
|                    | 20            | 1,4  | 107,3 | 103,0 | 1,3  | 113,6 | 108,8 | 2,7  | 104,0 | 97,0  | 4,5       | 113,6 | 97,0  |
| Лидер              | 5             | 5,0  | 104,4 | 90,0  | 2,1  | 112,6 | 104,1 | 3,8  | 109,0 | 94,0  | 6,1       | 112,6 | 90,0  |
|                    | 15            | 3,7  | 108,0 | 97,5  | 3,3  | 122,9 | 110,1 | 3,1  | 115,4 | 104,7 | 5,5       | 122,9 | 97,5  |
|                    | 20            | 1,5  | 103,0 | 97,9  | 0,8  | 112,1 | 108,8 | 2,9  | 94,0  | 85,0  | 10,9      | 112,1 | 85,0  |
| Арбалет            | 5             | 5,1  | 116,4 | 97,0  | 4,4  | 123,1 | 106,3 | 3,4  | 106,0 | 95,0  | 5,7       | 123,1 | 95,0  |
|                    | 15            | 6,1  | 96,3  | 77,9  | 4,1  | 128,3 | 110,1 | 2,8  | 108,5 | 98,9  | 13,8      | 128,3 | 77,9  |
|                    | 20            | 4,2  | 116,1 | 102,8 | 2,4  | 111,7 | 101,7 | 7,4  | 124,0 | 102,0 | 1,8       | 124,0 | 101,7 |

Анализ средней высоты показывает, что она колеблется от 84,7 см до 111,7 см, причем наибольшая высота наблюдается у сортов Арбалет во всех условиях затопления, Олимп – при 15 см и 20 см, Спринт – при 5 см и 15 см, Лидер – при 15

см и 5 см и Атлант – при 20 см и 15 см. Другие сорта имеют среднюю высоту, близкую к высоте стандартного сорта Рапан (рисунок 13).

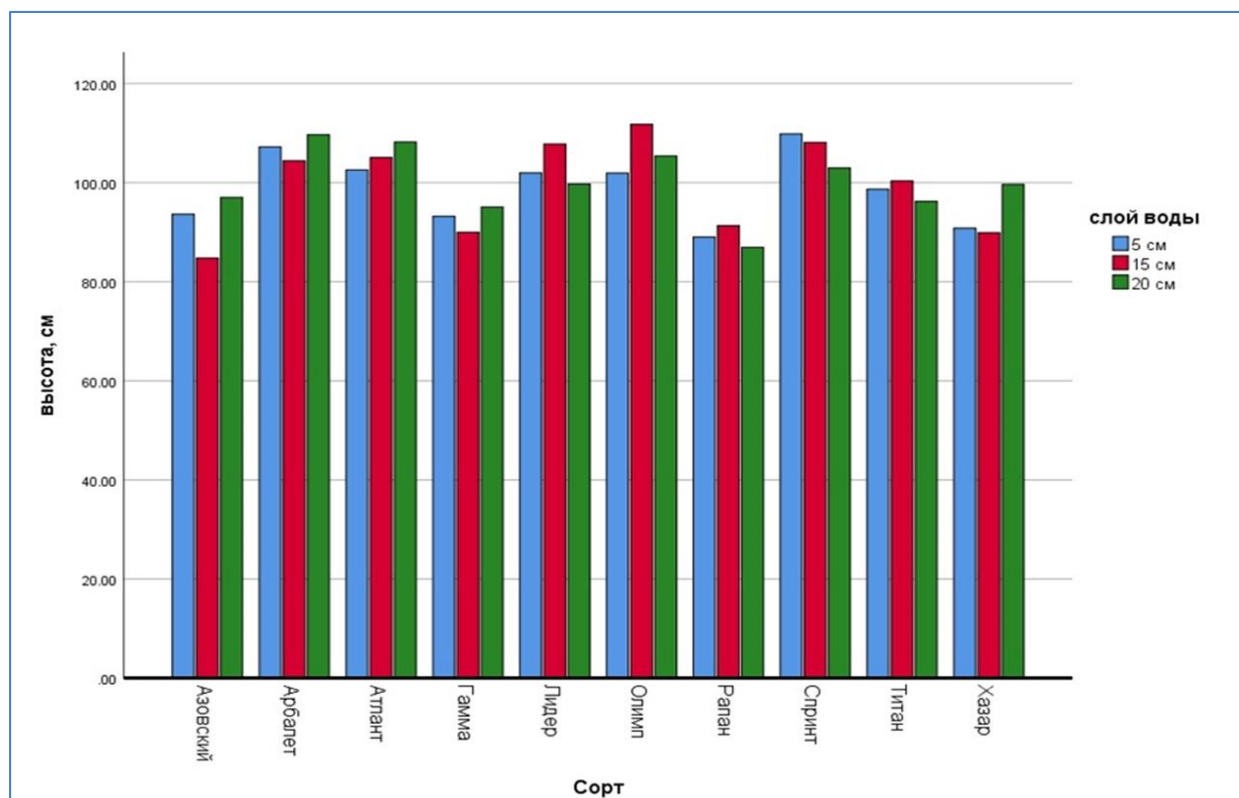


Рисунок 13. Средняя высота растения при разном уровне затопления, см  
(г. Краснодар, 2019–2021)

Несмотря на достаточно большие значения высоты растений, она находится в пределах так называемого «нового типа растений» (New Plante Type, NPT) или «Супер рис» (Super rice). Несколько авторов доказали, что короткая высота является стратегией повышения урожайности [25, 32, 118, 130].

Среди таких сортов существуют так называемые глубоководные сорта риса, которые могут оставаться низкорослыми, когда вода мелкая, и вырастать высокими в ответ на увеличение глубины воды. Эксперименты показали, что растения этих сортов способны быстро расти под слоем воды и хорошо развиваться при различных уровнях затопления [25, 30, 31, 45].

Из сказанного можно сделать заключение, что сорта, с лучшими темпами роста в условиях 15 и 20 см, могут быть использованы для выращивания в санитарных зонах.



### 3.3.2 Развитие фотосинтетических органов растений риса при разных режимах орошения

Развитие листового аппарата у сортов риса имеет важное значение для продуктивности растений. Исследования показывают, что формирование листьев в течение вегетации меняется. До фазы цветения листья разрастаются и их площадь поверхности увеличивается, а в последующие фазы она уменьшается, потому что часть листьев стареет и отмирает. К фазе цветения у риса фотосинтез протекает в максимальной степени, накопление сухого вещества идет очень активно, поэтому влияние режима слоя воды на листовую поверхность риса проявляется весьма значительно (таблица 7).

Таблица 7. Дисперсионный анализ признака «площадь листьев» сортов риса при разном слое воды (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

| Источник         | Сумма квадратов типа III | Степень свободы | Средний квадрат | F    | знач. | Доля влияния, % |
|------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|------|-------|-----------------|
| Сорт             | 23398,0                  | 9,0             | 2599,7          | 5,5  | 0,0   | 17,5            |
| Слой воды        | 22073,1                  | 2,0             | 11036,5         | 23,7 | 0,0   | 74,5            |
| Сорт * слой воды | 12851,3                  | 18,0            | 713,9           | 1,5  | 0,1   | 4,8             |

Данные таблицы 7 показывают, что доля влияния водного слоя составляет 74,5 %, в то время как доля сортов – лишь 17,5%. Это доказывает, что водный слой оказывает существенное влияние на формирование поверхности листа.

Продуктивность сортов риса в значительной степени сопряжена с развитием листовой поверхности [60] и устойчивостью к затоплению [29, 89]. Для выявления различий между сортами по продуктивности во многих работах используют коэффициент хозяйственной эффективности ( $K_{хоз}$ ) и индекс OMS, которые основаны на формировании урожая относительно биомассы растения [26, 69, 72].

В таблице 8 приведены результаты нашего 3-летнего эксперимента в условиях лизиметров.

Таблица 8. Сумма площадей флаговых листьев при различных условиях затопления у изучаемых сортов, г. Краснодар, 2019–2021 гг.

| орт                | Слое воды | Среднее | CV, % | 95% доверительный интервал |                 |
|--------------------|-----------|---------|-------|----------------------------|-----------------|
|                    |           |         |       | Нижняя граница             | Верхняя граница |
| Рапан (st)         | 5         | 116,7   | 5,3   | 103,2                      | 130,1           |
|                    | 15        | 134,7   | 11,3  | 121,3                      | 148,2           |
|                    | 20        | 148,8   | 7,6   | 135,4                      | 162,3           |
| Раннеспелые сорта  |           |         |       |                            |                 |
| Азовский           | 5         | 119,2   | 5,1   | 105,8                      | 132,6           |
|                    | 15        | 125,5   | 50,6  | 112,1                      | 138,9           |
|                    | 20        | 138,4   | 8,1   | 125,0                      | 151,8           |
| Спринг             | 5         | 115,8   | 6,9   | 102,4                      | 129,3           |
|                    | 15        | 115,3   | 8,7   | 101,9                      | 128,7           |
|                    | 20        | 120,7   | 7,3   | 107,3                      | 134,1           |
| Среднеспелые сорта |           |         |       |                            |                 |
| Гамма              | 5         | 120,9   | 5,7   | 107,6                      | 134,4           |
|                    | 15        | 125,6   | 62,7  | 112,2                      | 139,0           |
|                    | 20        | 136,7   | 5,8   | 123,2                      | 150,1           |
| Тиган              | 5         | 120,5   | 12,1  | 107,1                      | 133,9           |
|                    | 15        | 108,7   | 10,6  | 95,3                       | 122,2           |
|                    | 20        | 124,8   | 9,1   | 111,4                      | 138,3           |
| Атлант             | 5         | 139,5   | 4,4   | 126,1                      | 152,9           |
|                    | 15        | 122,1   | 12,3  | 108,7                      | 135,5           |
|                    | 20        | 145,2   | 13,6  | 131,8                      | 158,7           |
| Хазар              | 5         | 110,3   | 6,8   | 96,8                       | 123,7           |
|                    | 15        | 111,0   | 6,8   | 97,6                       | 124,4           |
|                    | 20        | 133,3   | 6,8   | 119,9                      | 146,8           |
| Среднепозднеспелые |           |         |       |                            |                 |
| Олимп              | 5         | 130,1   | 7,6   | 116,7                      | 143,5           |
|                    | 15        | 153,2   | 7,7   | 139,7                      | 166,6           |
|                    | 20        | 150,3   | 7,3   | 136,9                      | 163,7           |
| Лидер              | 5         | 111,5   | 7,6   | 98,1                       | 124,9           |
|                    | 15        | 115,2   | 8,4   | 101,8                      | 128,6           |
|                    | 20        | 144,7   | 10,2  | 131,3                      | 158,1           |
| Арбалет            | 5         | 128,5   | 6,2   | 115,1                      | 141,9           |
|                    | 15        | 122,8   | 9,7   | 109,4                      | 136,2           |
|                    | 20        | 161,7   | 13,1  | 148,3                      | 175,1           |

Наблюдения и учеты показали, что почти все сорта при слое воды 20 см формировали большую площадь флагового листа, чем при слое 15 и 5 см. Для раннеспелых и среднеспелых сортов в условиях затопления 5 см видно, что все

они близки друг к другу и близки к стандартному сорту Рапан. В условиях затопления 15 см сорта ведут себя по-разному во всех исследованных группах. Что касается среднепозднеспелой группы, то они формируют наибольшую площадь листьев в условиях максимального затопления. В группе среднепозднеспелых сортов они формируют наибольшую площадь листьев в условиях затопления, достигая 150 см<sup>2</sup>, 144 см<sup>2</sup> и 161 см<sup>2</sup> соответственно для сортов Олимп, Лидер и Арбалет.

Используемые показатели продуктивности в основном учитывают взаимосвязь между биомассой растения и количеством семян, произведенных тем же растением. Было установлено, что значительное увеличение листовой поверхности растений приводит к взаимному затенению и ухудшает условия фотосинтеза [13]. Анализ архитектуры листьев растения имеет важное для оценки сортов. Результаты измерения углов между листьями и главным стеблем показаны в таблице 9.

Из таблицы 9 видно, что архитектура листьев варьирует как внутри самого сорта, так и между разными сортами при различных условиях затопления. Действительно, только сорт Арбалет имеет острый угол с близким значением при любых условиях т.е. 26,5° при 5 см, 29,2° при 15 см и 30,2° при 20 см. Тогда как сорта Атлант, Лидер, Олимп и Спринт также отличаются острым углом, но с заметными различиями в разных условиях затопления. Сорт Азовский имеет острый угол при затоплении в 5 см и 15 см, а в 20 см этот угол значительно увеличивается и имеет тенденцию к прямому. У сортов Титан, Гамма и Хазар большие углы с тенденцией к прямым при всех условиях затопления.

Поскольку изучаемые сорта имеют разнообразную архитектуру, т.е. включают типы растений с вертикальными листьями и другие растения с неvertикальными листьями, предпочтительнее анализировать их продуктивность с помощью индекса OMS, который учитывает отношение между площадью

поверхности флаговых листьев и массой семян, произведенных на главной метелке [21].

Таблица 9. Значение признака «угол между стеблем и листом» у сортов риса в различных режимах затопления, г. Краснодар, 2019–2021 гг.

| Сорт                     | Слой воды, см | Среднее значение угол между стеблем и листом, ° | CV, % | 95% доверительный интервал |                    |
|--------------------------|---------------|---|-------|----------------------------|--------------------|
|                          |               |   |       | Нижняя граница, °          | Верхняя граница, ° |
| Рапан (st)               | 5             | 43,3  | 13,5  | 38,3                       | 48,3               |
|                          | 15            | 32,2  | 21,6  | 27,2                       | 37,2               |
|                          | 20            | 52,3  | 12,5  | 47,3                       | 57,3               |
| Раннеспелые сорта        |               |   |       |                            |                    |
| Азовский                 | 5             | 31,8  | 9,9   | 26,8                       | 36,9               |
|                          | 15            | 30,9  | 29,6  | 25,9                       | 35,9               |
|                          | 20            | 49,9  | 19,5  | 44,8                       | 54,9               |
| Спринт                   | 5             | 36,9  | 7,3   | 31,9                       | 42,0               |
|                          | 15            | 9,1   | 38,6  | 4,0                        | 14,1               |
|                          | 20            | 28,7  | 41,7  | 23,7                       | 33,7               |
| Среднеспелые сорта       |               |   |       |                            |                    |
| Гамма                    | 5             | 49,8  | 14,9  | 44,8                       | 54,8               |
|                          | 15            | 52,3  | 22,7  | 47,3                       | 57,3               |
|                          | 20            | 59,7  | 8,4   | 54,7                       | 64,7               |
| Атлант                   | 5             | 21,2  | 19,2  | 16,2                       | 26,2               |
|                          | 15            | 21,6  | 38,9  | 16,6                       | 26,6               |
|                          | 20            | 39,5  | 19,4  | 34,5                       | 44,5               |
| Тиган                    | 5             | 49,0  | 9,6   | 44,0                       | 54,0               |
|                          | 15            | 40,7  | 29,8  | 35,7                       | 45,7               |
|                          | 20            | 55,9  | 8,5   | 50,8                       | 60,9               |
| Хазар                    | 5             | 64,3  | 10,7  | 59,3                       | 69,3               |
|                          | 15            | 55,0  | 29,7  | 49,9                       | 60,0               |
|                          | 20            | 57,1  | 24,8  | 52,1                       | 62,1               |
| Среднепозднеспелые сорта |               |   |       |                            |                    |
| Лидер                    | 5             | 37,5  | 6,4   | 32,5                       | 42,5               |
|                          | 15            | 32,0  | 22,2  | 26,9                       | 37,0               |
|                          | 20            | 45,8  | 14,7  | 40,8                       | 50,8               |
| Олимп                    | 5             | 41,1  | 19,5  | 36,0                       | 46,1               |
|                          | 15            | 28,4  | 33,0  | 23,4                       | 33,4               |
|                          | 20            | 27,7  | 13,2  | 22,7                       | 32,7               |
| Арбалет                  | 5             | 26,5  | 9,2   | 21,4                       | 31,5               |
|                          | 15            | 29,2  | 29,1  | 24,2                       | 34,3               |
|                          | 20            | 30,2  | 23,1  | 25,2                       | 35,2               |

Практика показала, что индекс  $K_{хоз}$ , который сравнивает массу семян с общей биомассой растения, мало подходит для сортов растений с вертикальной архитектурой листьев [84].

Установлено, что каждый ярус листьев отвечает за определенную вегетативную фазу. В этом смысле определяющую роль в наполнении семян играют два самых верхних листа, а именно флаговый и подфлагобовый лист [56]. Более того, если эти листья имеют V-образную форму, т. е. образуют острый угол со стеблем, и если они продолжают оставаться зелеными до конца фазы налива, то они вносят огромный вклад в продуктивность растения [13, 24, 37, 123]. Показано, что форма листовых пластинок также влияет на взаимное затенение [24, 37].

Таким образом, подводя итог проведенному анализу, можно сказать, что, угол между стеблем и листьями имеет большое значение в процессе фотосинтеза. Учитывая невозможность бесконечно развивать другие параметры фотосинтеза, было принято целесообразным селекционными методами модифицировать архитектуру листа, что приводит к увеличению интенсивности фотосинтеза.

### **3.4 Продуктивность разнотипных сортов риса в зависимости от режима затопления**

Продуктивность сельскохозяйственных культур – это количественный признак, на который большое влияние оказывают другие количественные признаки [50]. Другими словами, урожайность зерна – это сложный признак, который является результатом взаимодействия многих переменных из-за различных генных ассоциаций, которые могут существовать в разных популяциях и приводить к совершенно разным взаимосвязям [94]. Различные испытания по улучшению количественных признаков позволяют создавать высокопродуктивные сорта. Специалисты утверждают, что доля сорта в создании урожая колеблется от 40 до 50% [21]. Затопление создает связывающие условия для различных сортов риса и, таким образом, безусловно, влияет на их

продуктивность. Был определен и согласован ряд признаков, характеризующих продуктивность сортов [39].

В нашем исследовании мы изучали высоту растения, число продуктивных побегов на растении, урожай метёлки т.е. число зерен в метёлки и массу зерна, длину метёлки, крупностью зерна – вес 1000 зерен, стерильностью метёлки и плотностью метёлки.

### **3.4.1 Признак «длина метёлки и ее плотность» при разных режимах затопления**

Длина метёлки и ее плотность имеют большое значение для формирования зерновой продуктивности растений [50]. В таблице 10 показан результат двухфакторного дисперсионного анализа признака «длина метёлки» в период нашего исследования.

Таблица 10. Дисперсионный анализ признака «длина метёлки» сортов риса при разном слое воды (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

| Источник         | Сумма квадратов типа III | Степень свободы | Средний квадрат | F    | знач, | Доля влияния, % |
|------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|------|-------|-----------------|
| Сорт             | 111,3                    | 9,0             | 12,4            | 11,6 | 0,0   | 20,9            |
| Слой воды        | 49,8                     | 2,0             | 24,9            | 23,3 | 0,0   | 42,1            |
| Сорт * слой воды | 373,6                    | 18,0            | 20,7            | 19,6 | 0,0   | 35,1            |

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что наибольшее влияние (42,1 %) на формирование длины метелки оказали условия выращивания (слой воды). Влияние сорта значительно ниже – 20,9 %. Взаимодействие сорт и слой воды повлияло на 35,1 %. Подтверждается с точностью 95 %, что длина метёлки в большей степени зависит от условий выращивания или от взаимодействия сорт и условия выращивания.

Средние значения признака «длина метелки» при различных условиях затопления приведены в таблице 11.

Таблица 11. Среднее значение длины метёлки в разных условиях затопления (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

| Сорт               | Среднее | Откл.<br>от st | Среднее | Откл.<br>от st | Среднее | Откл.<br>от st |
|--------------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|
|                    | 5 см    |                | 15 см   |                | 20 см   |                |
| Рапан (st,)        | 16,5    |                | 16,7    |                | 15,7    |                |
| Раннеспелые сорта  |         |                |         |                |         |                |
| Азовский           | 16      | -0,5           | 14,5    | -2,1           | 16,7    | 0,9            |
| Спринт             | 18,9    | 2,3            | 14,4    | -2,3           | 18,9    | 3,2            |
| Среднеспелые сорта |         |                |         |                |         |                |
| Гамма              | 16,6    | 0,0            | 16,2    | -0,5           | 15,3    | -0,4           |
| Титан              | 15,9    | -0,7           | 15,7    | -1,0           | 13,4    | -2,3           |
| Атлант             | 16,4    | -0,1           | 17,0    | 0,3            | 16,9    | 1,2            |
| Хазар              | 17,2    | 0,7            | 15,9    | -0,7           | 16,9    | 1,2            |
| Среднепозднеспелые |         |                |         |                |         |                |
| Олимп              | 15,8    | -0,8           | 17,4    | 0,7            | 17,6    | 1,9            |
| Лидер              | 16,9    | 0,2            | 15,9    | -0,7           | 16,6    | 0,9            |
| Арбалет            | 16,9    | 0,4            | 16,5    | -0,2           | 17,2    | 1,5            |
| НСР                | 2,0     |                | 2,1     |                | 1,3     |                |

Анализ признака «длина метёлки» в различных условиях выращивания показывает, что в целом различия невелики. При затоплении слоем воды 20 см наблюдались некоторые отклонения от стандартного сорта. Так, у сортов Спринт, Олимп и Арбалет составляет положительная разница со стандартным сортом равно 3,2 см, 1,9 см и 1,5 см соответственно, а для сорта Титан – отрицательная разница – 2,3 см.

### 3.4.2 Признаки «масса зерна с метёлки и количество зерна с метёлки» в разных режимах затопления

По результатам биометрии растений изучаемых сортов риса провели двухфакторный дисперсионный анализ признака «масса зерна с метёлки» и «количество выполненного зерна с метёлки». В таблице 12 представлены результаты, полученные по признаку «масса зерна с метёлки».

Таблица 12. Дисперсионный анализ признака «масса зерна с метёлки» сортов риса при разном слое воды (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

| Источник         | Сумма квадратов типа III | Степень свободы | Средний квадрат | F    | знач, | Доля влияния, % |
|------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|------|-------|-----------------|
| Сорт             | 72,9                     | 9,0             | 8,1             | 25,1 | 0,0   | 32,4            |
| Слой воды        | 26,8                     | 2,0             | 13,4            | 41,5 | 0,0   | 53,7            |
| Сорт * слой воды | 56,6                     | 18,0            | 3,1             | 9,7  | 0,0   | 12,6            |

Анализ этой таблицы показывает значение доля влияния сорта 32,4 % и значение 53,7 % для слоя воды. Это свидетельствует, что условие выращивания растения оказали большее воздействие на развитие этого признака, чем генотип сорта.

Что касается количества зерна с метёлки, то здесь получены значения, близкие друг к другу, где доля влияния составляет 46 % для сорта, и 35 % для слоя воды (таблица 13).

Таблица 13. Дисперсионный анализ признака «количество выполненного зерна с метёлки» сортов риса при разном слое воды (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

| Источник         | Сумма квадратов типа III | Степень свободы | Средний квадрат | F    | знач, | Доля влияния, % |
|------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|------|-------|-----------------|
| Сорт             | 407700,7                 | 9,0             | 45300,1         | 14,3 | 0,0   | 46,6            |
| Слой воды        | 69567,7                  | 2,0             | 34783,8         | 10,9 | 0,0   | 35,8            |
| Сорт * слой воды | 250306,4                 | 18,0            | 13905,9         | 4,4  | 0,0   | 14,3            |

Из этого следует, что масса зерна с метёлки и количество выполненного зерна с метёлки зависят как от сорта, так и уровня воды.

В наших опытах установлена высокая вариабельность по продуктивности метелок между сортами (таблица 14).



Анализ данных по вариабельности массы семян в метелке при различных условиях затопления показывает высокую изменчивость между сортами. Из таблицы 14 видно, что такие сорта как Азовский, Атлант, Олимп и Арбалет в условиях затопления 5 см имеют высокое значение коэффициента вариации 32,2 %, 49,2 %, 29,3 и 33,4 % соответственно. Это подтверждает большую вариабельность признака внутри сортов. В то время, в условиях затопления 20 см получен самый низкий коэффициент вариации, который показывает сорта, у которых отсутствует большая изменчивость признака «количество выполненного зерна с метёлки». Это наблюдается у сортов Спринт, Гамма, Титан, Хазар и Лидер со значениями коэффициента вариации 11,1 %, 10,8 %, 1,1 %, 7,0 %, и 1,9 % соответственно.

Таким образом, установлена различная реакция сортов риса по элементам продуктивности на уровень затопления.

Таблица 14. Вариабельность массы зерна с метёлки (г. Краснодар, 2019 – 2021 гг.)

| Сорт               | Слой воды, см | 2019 |     |     | 2020 |     |     | 2021 |      |      | 2019-2021 |      |     |
|--------------------|---------------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|------|-----------|------|-----|
|                    |               | CV%  | Max | Min | CV%  | Max | Min | CV%  | Max  | Min  | CV%       | Max  | Min |
| Рапан (st)         | 5             | 9,6  | 3,8 | 2,7 | 10,2 | 4,5 | 3,2 | 19,2 | 3,9  | 2,02 | 14,6      | 4,5  | 2,0 |
|                    | 15            | 26,3 | 4,6 | 1,7 | 15,8 | 6,8 | 3,9 | 14,9 | 5,3  | 3,38 | 19,8      | 6,8  | 1,7 |
|                    | 20            | 12,2 | 4,8 | 3,3 | 6,4  | 5,5 | 4,4 | 30,2 | 5,0  | 1,8  | 18,7      | 5,5  | 1,8 |
| Раннеспелые сорта  |               |      |     |     |      |     |     |      |      |      |           |      |     |
| Азовский           | 5             | 35,4 | 5,4 | 1,6 | 17,0 | 4,9 | 2,6 | 55,6 | 3,0  | 0,4  | 32,2      | 5,4  | 0,4 |
|                    | 15            | 27,9 | 5,7 | 2,4 | 9,9  | 4,0 | 2,8 | 15,1 | 4,4  | 2,9  | 2,1       | 5,7  | 2,4 |
|                    | 20            | 10,3 | 4,5 | 3,2 | 16,5 | 6,6 | 3,5 | 30,9 | 4,4  | 2,0  | 24,8      | 6,6  | 2,0 |
| Спринт             | 5             | 14,2 | 3,5 | 2,6 | 6,4  | 3,3 | 2,6 | 14,6 | 20,3 | 1,7  | 13,8      | 20,3 | 1,7 |
|                    | 15            | 15,4 | 3,6 | 1,9 | 7,6  | 3,6 | 2,7 | 7,9  | 3,5  | 2,6  | 3,8       | 3,6  | 1,9 |
|                    | 20            | 6,4  | 3,2 | 2,6 | 3,5  | 3,4 | 3,0 | 12,7 | 3,2  | 2,1  | 11,1      | 3,4  | 2,1 |
| Среднеспелые сорта |               |      |     |     |      |     |     |      |      |      |           |      |     |
| Гамма              | 5             | 20,9 | 5,0 | 2,6 | 9,6  | 4,1 | 2,9 | 45,5 | 4,8  | 1,2  | 8,9       | 5,0  | 1,2 |
|                    | 15            | 19,5 | 4,0 | 2,2 | 8,1  | 4,1 | 3,2 | 8,9  | 3,9  | 3,0  | 12,2      | 4,1  | 2,2 |
|                    | 20            | 16,0 | 4,7 | 2,8 | 13,5 | 5,2 | 3,0 | 34,1 | 5,2  | 0,9  | 10,8      | 5,2  | 0,9 |

Продолжение таблицы 14

|                    |    |      |     |     |      |     |     |      |     |     |      |     |     |
|--------------------|----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|
| Титан              | 5  | 15,5 | 3,8 | 2,6 | 13,7 | 3,3 | 2,1 | 22,8 | 4,2 | 2,2 | 10,3 | 4,2 | 2,1 |
|                    | 15 | 20,9 | 4,1 | 1,8 | 12,3 | 5,0 | 3,3 | 12,0 | 4,5 | 2,9 | 9,4  | 5,0 | 1,8 |
|                    | 20 | 29,6 | 3,6 | 1,2 | 26,5 | 3,5 | 1,6 | 35,3 | 3,8 | 0,7 | 1,1  | 3,8 | 0,7 |
| Атлант             | 5  | 19,6 | 6,0 | 2,8 | 10,1 | 3,9 | 2,8 | 47,6 | 2,8 | 0,6 | 49,2 | 6,0 | 0,6 |
|                    | 15 | 21,7 | 4,6 | 2,2 | 12,9 | 6,6 | 4,1 | 11,4 | 5,1 | 3,6 | 17,6 | 6,6 | 2,2 |
|                    | 20 | 4,4  | 6,2 | 5,3 | 4,4  | 6,2 | 5,3 | 4,4  | 6,2 | 5,3 | 13,1 | 6,2 | 5,3 |
| Хазар              | 5  | 18,2 | 6,4 | 3,9 | 15,4 | 5,8 | 3,3 | 4,3  | 1,6 | 0,9 | 27,3 | 6,4 | 0,9 |
|                    | 15 | 28,5 | 5,8 | 2,5 | 12,4 | 5,2 | 3,5 | 16,3 | 5,3 | 3,3 | 4,0  | 5,8 | 2,5 |
|                    | 20 | 5,9  | 5,1 | 4,3 | 6,3  | 5,5 | 4,3 | 14,1 | 5,2 | 3,5 | 7,0  | 5,5 | 3,5 |
| Среднепозднеспелые |    |      |     |     |      |     |     |      |     |     |      |     |     |
| Олимп              | 5  | 21,7 | 5,2 | 2,6 | 10,1 | 3,6 | 2,6 | 3,7  | 3,9 | 0,9 | 29,1 | 5,2 | 0,9 |
|                    | 15 | 17,8 | 5,5 | 3,4 | 10,9 | 5,8 | 4,1 | 11,6 | 5,4 | 3,7 | 7,9  | 5,8 | 3,4 |
|                    | 20 | 14,7 | 5,5 | 3,3 | 14,2 | 6,7 | 4,2 | 25,3 | 4,3 | 1,9 | 24,0 | 6,7 | 1,9 |
| Лидер              | 5  | 11,2 | 4,2 | 3,0 | 13,7 | 5,9 | 3,6 | 5,8  | 4,5 | 3,7 | 15,2 | 5,9 | 3,0 |
|                    | 15 | 16,3 | 3,5 | 2,1 | 7,3  | 5,8 | 4,6 | 8,5  | 4,6 | 3,5 | 27,4 | 5,8 | 2,1 |
|                    | 20 | 7,4  | 5,5 | 4,3 | 7,4  | 5,5 | 4,3 | 7,4  | 5,5 | 4,3 | 1,9  | 5,5 | 4,3 |
| Арбалет            | 5  | 10,5 | 4,6 | 2,8 | 10,4 | 6,2 | 4,4 | 11,0 | 3,2 | 2,3 | 33,4 | 6,2 | 2,3 |
|                    | 15 | 19,2 | 4,5 | 2,6 | 12,3 | 5,5 | 3,6 | 9,9  | 4,5 | 3,4 | 13,7 | 5,5 | 2,6 |
|                    | 20 | 12,1 | 5,1 | 3,4 | 10,9 | 6,6 | 4,6 | 29,3 | 4,7 | 2,2 | 24,3 | 6,6 | 2,2 |

Данные представленные в таблице 15 показывают, что разница в длине метелки минимальна, в то время как масса семян и количество выполненного зерна на метелке, сильно варьирует в зависимости от условий затопления.

Таблица 15. Среднее значение показателей продуктивности метелки при различных режимах затопления (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

| Слой воды, см | Длина метелки, см | Масса зерна с метелки, г | Количество выполненного зерна на метелке, шт. |
|---------------|-------------------|--------------------------|---|
| 5             | 16,7              | 3,4                      | 129,5   |
| 15            | 15,8              | 3,9                      | 166,6   |
| 20            | 16,6              | 4,1                      | 150,6   |

Данные таблицы 15 свидетельствуют, что средние значения, полученные по признаку «длина метелки», остаются близкими во всех условиях затопления. Совместный анализ массы семян и количество выполненного зерна за метелке

показывает, что в условиях затопления 15 см и 20 см образуется большое количество семян, чем при 5 см.

В ходе проведения опытов установлено, что с увеличением слоя воды продуктивная кустистость практически у всех сортов уменьшалась. В то же время наблюдались заметные различия между сортами по количеству выполненных зерновок в метелках и пустозерности (таблица 16).

Таблица 16. Влияние режима затопления на количество продуктивных стеблей и зерна с метёлки (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

| Сорт                     | Количество продуктивных стеблей, шт, |       |       | Количество выполненного зерна, шт, |       |       | Пустозерность, % |       |       |
|--------------------------|--------------------------------------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|
|                          | 5 см                                 | 15 см | 20 см | 5 см                               | 15 см | 20 см | 5 см             | 15 см | 20 см |
| Рапан                    | 2,7                                  | 3,1   | 1,5   | 129,3                              | 168,2 | 157,7 | 13,6             | 6,9   | 15,6  |
| Раннеспелые сорта        |                                      |       |       |                                    |       |       |                  |       |       |
| Азовский                 | 3,2                                  | 2,9   | 2,2   | 109,1                              | 124,4 | 154,3 | 25,2             | 13,0  | 20,4  |
| Спринт                   | 3,0                                  | 2,5   | 1,8   | 110,6                              | 101,6 | 95,6  | 16,6             | 11,4  | 8,9   |
| Среднеспелые сорта       |                                      |       |       |                                    |       |       |                  |       |       |
| Гамма                    | 2,2                                  | 1,7   | 2,7   | 133,0                              | 134,4 | 140,9 | 18,2             | 17,4  | 17,6  |
| Титан                    | 2,4                                  | 3,6   | 2,3   | 95,3                               | 129,8 | 76,1  | 22,9             | 19,1  | 21,8  |
| Атлант                   | 2,8                                  | 3,1   | 1,5   | 137,9                              | 182,1 | 246,6 | 11,2             | 9,6   | 7,7   |
| Хазар                    | 2,7                                  | 3,2   | 2,0   | 149,2                              | 159,1 | 157,5 | 16,3             | 8,1   | 10,7  |
| Среднепозднеспелые сорта |                                      |       |       |                                    |       |       |                  |       |       |
| Олимп                    | 3,9                                  | 3,1   | 2,2   | 139,3                              | 197,3 | 155,0 | 15,7             | 14,2  | 29,8  |
| Лидер                    | 3,0                                  | 2,9   | 2,1   | 158,4                              | 151,4 | 184,7 | 15,7             | 11,9  | 15,1  |
| Арбалет                  | 4,1                                  | 3,5   | 2,3   | 127,3                              | 130,0 | 139,9 | 16,5             | 20,3  | 17,4  |
| НСР <sub>05</sub>        |                                      |       |       | 22,4                               | 18,8  | 18,1  | 6,4              | 3,7   | 8,6   |

Из таблицы 16 видно, что наибольшее количество выполненных зерен у всех сортов сформировалось при слое воды 20 см, за исключением сорта Олимп и Титан, у которых наибольшее значение признака наблюдается при слое 15 см и Спринт у которого наибольшее значение признака наблюдается при слое 5 см. Физиологические исследования показывают, что при повышенном слое воды температура в зоне узла кушения риса понижается. При этом процесс

дифференциации зачаточной метелки удлиняется и в результате закладывается большее количество колосков, по сравнению с 5 см, У сортов Атлант и Спринт в условиях затопления 20 см и у сорта Рапан при 15 см показатели устойчивости существенно снижались.

### **3.4.3 Оценка продуктивности сортов риса по индексу OMS**

Известно, что интенсивность фотосинтеза в значительной степени определяет продуктивность сельскохозяйственных культур. Разработан метод оценки продуктивности растений риса образцов с различной архитектурой листового аппарата с использованием показателя OMS, который отражает соотношение массы зерна с метелки и площади двух верхних листьев [21, 28, 85, 86]. Индекс OMS показывает, сколько единиц площади флагового и подфлагового листьев работает на образование единицы массы зерна. Доказано, что чем меньше числовое значение OMS, тем продуктивнее растение, так как на образование единицы масс зерна работает наименьшая площадь листа [21, 28]. Кроме того, для оценки продуктивности сельскохозяйственных растений используется коэффициент хозяйственной ценности ( $K_{хоз}$ ), который показывает долю зерна в общей массе растения [44].

В наших исследованиях у изучаемых сортов риса  $K_{хоз}$  колеблется от 45,6 % до 59,9 %. Установлено, что с увеличением слоя воды доля зерна в массе растения у всех сортов превышает 50 %. При этом все сорта сохраняют свою высокую продуктивность [43, 44]. Выявлено, что все изучаемые сорта, кроме Спринт и Олимп, при режиме затопления со слоем воды 20 см, по  $K_{хоз}$  превышают стандартный сорт Рапан (таблица 17).

Таблица 17. Показатели продуктивности изучаемых сортов при различных режимах затопления – слой воды 5 см, 15 см, 20 см, (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

|                          | Индекс OMS |       |       | Кхоз % |       |       |
|--------------------------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|
|                          | 5 см       | 15 см | 20 см | 5 см   | 15 см | 20 см |
| Рапан (st.)              | 23,4       | 21,3  | 24,2  | 55,1   | 59,4  | 51,4  |
| Раннеспелые сорта        |            |       |       |        |       |       |
| Азовский                 | 24,5       | 19,5  | 25,3  | 52,7   | 57,6  | 57,1  |
| Спринт                   | 22,2       | 24,3  | 26,3  | 45,6   | 53,7  | 50,8  |
| Среднеспелые сорта       |            |       |       |        |       |       |
| Гамма                    | 23,8       | 22,9  | 21,2  | 55,4   | 58,9  | 57,6  |
| Титан                    | 27,3       | 17,9  | 33,8  | 54,8   | 57,0  | 51,7  |
| Атлант                   | 23,3       | 16,6  | 14,9  | 47,5   | 55,7  | 57,2  |
| Хазар                    | 15,9       | 16,9  | 18,5  | 56,4   | 59,9  | 58,6  |
| Среднепозднеспелые сорта |            |       |       |        |       |       |
| Олимп                    | 23,8       | 19,9  | 24,1  | 50,0   | 56,4  | 50,5  |
| Лидер                    | 16,8       | 17,8  | 18,0  | 56,3   | 55,6  | 56,5  |
| Арбалет                  | 18,8       | 19,3  | 23,6  | 54,8   | 58,7  | 53,9  |
| НСР <sub>05</sub>        | 6,1        | 3,2   | 4,1   | 4,3    | 2,7   | 4,9   |

Аналогичная картина наблюдается и по индексу OMS. При учете этого индекса наиболее продуктивными растениями считаются, те, у которых наименьшая площадь листьев работает на формирование 1 грамма зерна. Из данных таблицы 17 видно, что у большинства сортов по индексу OMS оптимальные показатели получены в разных вариантах слоя воды. При этом наибольшую продуктивность показал сорт Атлант при затоплении слоем 20 см. Такой режим затопления не только сдерживает развитие сорных растений, но и кущение растений риса, что способствует снижению конкуренции за элементы питания и улучшению инсоляции стеблестоя.

При затоплении 20 см, наивысшей продуктивностью относительно стандарта отличаются среднеспелые сорта Атлант и Хазар и среднепозднеспелый сорт Лидер, у которых OMS соответственно 14,9 см<sup>2</sup>/г (отклонение от стандарта –

9,3), 18,5 см<sup>2</sup>/г (отклонение от стандарта – 5,7), и 18,01 см<sup>2</sup>/г (отклонение от стандарта – 6, 2) см<sup>2</sup>/г.

Расчет корреляционных связей между изучаемыми признаками показал, что имеется четкая взаимосвязь между различными показателями продуктивности. Установлено, что угол между стеблем и листом отрицательно коррелирует почти со всеми другими показателями.

Выявлено, что в нашем опыте площадь листьев положительно коррелирует с индексом ОМС. При этом в варианте затопления 15 см максимальное значение коэффициента корреляции было  $r > 0,9$  (табл.18).

Таблица 18. Корреляция показателей продуктивности сортов риса в зависимости от режима затопления (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

| Показатели и слой воды |    | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9     | 10 |
|------------------------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|----|
| 1                      |    | 1        |          |          |          |          |          |          |          |       |    |
| 2                      | 5  | -0,483** | 1        |          |          |          |          |          |          |       |    |
|                        | 15 | -0,471** |          |          |          |          |          |          |          |       |    |
|                        | 20 | -0,460** |          |          |          |          |          |          |          |       |    |
| 3                      | 5  | 0,274**  | -0,440** | 1        |          |          |          |          |          |       |    |
|                        | 15 | -0,047   | -0,033   |          |          |          |          |          |          |       |    |
|                        | 20 | 0,105    | -0,082   |          |          |          |          |          |          |       |    |
| 4                      | 5  | 0,297**  | 0,012    | -0,051   | 1        |          |          |          |          |       |    |
|                        | 15 | 0,057    | 0,308**  | 0,086    |          |          |          |          |          |       |    |
|                        | 20 | 0,239**  | 0,033    | 0,085    |          |          |          |          |          |       |    |
| 5                      | 5  | 0,151    | 0,093    | -0,205*  | 0,439**  | 1        |          |          |          |       |    |
|                        | 15 | 0,326**  | 0,085    | 0,074    | 0,627**  |          |          |          |          |       |    |
|                        | 20 | 0,281**  | 0,05     | 0,200**  | 0,427**  |          |          |          |          |       |    |
| 6                      | 5  | 0,392**  | -0,004   | 0,026    | 0,184    | 0,095    | 1        |          |          |       |    |
|                        | 15 | 0,013    | -0,153   | -0,168   | -0,261** | -0,209*  |          |          |          |       |    |
|                        | 20 | 0,168**  | -0,017   | -0,034   | -0,04    | -0,092   |          |          |          |       |    |
| 7                      | 5  | 0,237**  | -0,167   | 0,553**  | -0,136   | -0,432** | 0,072    | 1        |          |       |    |
|                        | 15 | -0,188*  | -0,018   | 0,919**  | -0,11    | -0,177   | -0,075   |          |          |       |    |
|                        | 20 | -0,099   | -0,008   | 0,567**  | -0,165** | -0,337** | 0,015    |          |          |       |    |
| 8                      | 5  | -0,350** | 0,303**  | -0,336** | 0,023    | 0,293**  | -0,035   | -0,438** | 1        |       |    |
|                        | 15 | -0,449** | 0,404**  | 0,158    | 0,268**  | 0,258**  | -0,085   | 0,064    |          |       |    |
|                        | 20 | -0,187** | 0,123*   | 0,014    | 0,066    | 0,382**  | -0,026   | -0,200** |          |       |    |
| 9                      | 5  | -0,131   | -0,022   | -0,051   | -0,005   | -0,168   | 0,188*   | 0,105    | 0,056    | 1     |    |
|                        | 15 | 0,105    | 0,048    | -0,157   | 0,025    | -0,220*  | 0,203    | -0,096   | -0,02    |       |    |
|                        | 20 | -0,039   | 0,043    | -0,007   | -0,041   | -0,276** | 0,087    | 0,077    | -0,156** |       |    |
| 10                     | 5  | -0,326** | 0,165    | -0,226*  | -0,134   | 0,379**  | -0,429** | -0,512** | 0,512**  | -0,05 | 1  |
|                        | 15 | 0,155    | 0,04     | -0,003   | 0,206*   | 0,284**  | -0,563** | -0,055   | 0,046    | -0,08 |    |
|                        | 20 | 0,091    | 0,019    | 0,079    | 0,089    | 0,402**  | -0,458** | -0,166** | 0,231**  | -0,08 |    |

\*\* . Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

\* . Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

Примечание: 1: Высота растения, см ; 2: угол между стеблем и листом ; 3: сумма площадь флагового листа, см<sup>2</sup> ; 4: Длина метелки, см ; 5: Масса зерна с метелки, г ; 6: масса 1000 зерен, г ; 7: OMS ; 8:  $K_{хоз}\%$  ; 9: Пустозерность, % ; 10 : Плотность, шт./см

### 3.5 Качественные показатели семян сортов риса, выращенных при разном слое воды

Качество семян риса формируется под влиянием различных физиолого-биохимических процессов. При этом показатели качества, могут сильно варьировать под воздействием условий окружающей среды при сохранении генотипа сорта [3].

В наших опытах установлено, что водный режим существенно влияет не только на рост, развитие растений сортов риса, но и формирование их семян. Анализ качеств семян сортов риса, выращенных при разном водном режиме, показал, что сорта различаются как по массе 1000 семян, по соотношению длины – ширины зерны ( $l/b$ , или индекс зерновки), так и по энергии прорастания и всхожести (табл. 19 и 20).

Таблица 19. Крупность семян (г) и соотношение длины и ширины ( $l/b$ ) (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

|                          | Масса 1000 зерен |       |       | Индекс зерновки ( $l/b$ ) |       |       |
|--------------------------|------------------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|
|                          | 5 см             | 15 см | 20 см | 5 см                      | 15 см | 20 см |
| Рапан                    | 23,5             | 24,1  | 23,8  | 2,1                       | 2,1   | 2,2   |
| Раннеспелые сорта        |                  |       |       |                           |       |       |
| Азовский                 | 25,8             | 27,4  | 24,4  | 2,1                       | 2,2   | 2,5   |
| Спринт                   | 28,6             | 28,7  | 29,7  | 1,9                       | 1,7   | 1,9   |
| Среднеспелые сорта       |                  |       |       |                           |       |       |
| Гамма                    | 23,7             | 23,3  | 28,2  | 2,1                       | 2,0   | 2,4   |
| Титан                    | 29,4             | 27,5  | 28,0  | 2,3                       | 2,3   | 2,7   |
| Атлант                   | 23,1             | 23,7  | 23,9  | 1,8                       | 1,8   | 1,9   |
| Хазар                    | 26,0             | 24,9  | 28,8  | 1,9                       | 1,9   | 2,4   |
| Среднепозднеспелые сорта |                  |       |       |                           |       |       |
| Олимп                    | 24,2             | 22,5  | 23,9  | 2,5                       | 1,9   | 2,2   |
| Лидер                    | 25,0             | 23,2  | 25,2  | 2,1                       | 2,0   | 2,3   |
| Арбалет                  | 29,6             | 28,7  | 29,1  | 2,4                       | 2,1   | 2,1   |
| НСР <sub>05</sub>        | 1,6              | 1,8   | 1,9   | 0,1                       | 0,1   | 0,1   |

Анализ результатов, приведенных в таблице 19, показывает разницу между сортами при различных уровнях затопления. Тем не менее, для одного и того же сорта разница минимальна, за исключением сортов Азовский, Гамма и Хазар. Действительно, сорт Азовский имеет самое высокое значение массы 1000 семян в условиях затопления 15 см (27,4), в то время как для сортов Гамма и Хазар высокие значения наблюдаются при 20 см т.е. 28,2 см и 28,8 см соответственно.

Таблица 20. Посевные качества семян при различных режимах затопления – слой воды 5 см, 15 см, 20 см (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

| Сорт                     | Слой воды, см | Энергия прорастания (%) |      |      | Всхожесть (%) |       |       |
|--------------------------|---------------|-------------------------|------|------|---------------|-------|-------|
|                          |               | 2019                    | 2020 | 2021 | 2019          | 2020  | 2021  |
| Рапан                    | 5             | 83,5                    | 85,0 | 80,0 | 92,0          | 96,0  | 98,0  |
|                          | 15            | 76,0                    | 93,0 | 90,0 | 92,0          | 99,0  | 98,0  |
|                          | 20            | 85,0                    | 99,0 | 88,0 | 96,0          | 100,0 | 100,0 |
| Раннеспелые сорта        |               |                         |      |      |               |       |       |
| Азовский                 | 5             | 85,0                    | 95,0 | 94,0 | 96,0          | 100,0 | 99,0  |
|                          | 15            | 73,0                    | 88,0 | 92,0 | 90,0          | 98,0  | 98,0  |
|                          | 20            | 80,0                    | 71,0 | 80,0 | 98,0          | 99,0  | 97,0  |
| Спринг                   | 5             | 81,5                    | 99,0 | 92,0 | 93,0          | 100,0 | 100,0 |
|                          | 15            | 95,0                    | 89,0 | 90,0 | 98,0          | 99,0  | 98,0  |
|                          | 20            | 95,0                    | 94,0 | 30,0 | 98,0          | 98,0  | 58,0  |
| Среднеспелые сорта       |               |                         |      |      |               |       |       |
| Гамма                    | 5             | 95,5                    | 93,0 | 97,0 | 98,0          | 99,0  | 98,0  |
|                          | 15            | 85                      | 94,0 | 95,0 | 95,0          | 100,0 | 98,0  |
|                          | 20            | 95,0                    | 96,0 | 91,0 | 98,0          | 99,0  | 97,0  |
| Тиган                    | 5             | 91,5                    | 97,0 | 99,0 | 89,0          | 97,0  | 99,0  |
|                          | 15            | 97,5                    | 96,0 | 88,0 | 100,0         | 96,0  | 99,0  |
|                          | 20            | 98,0                    | 98,0 | 96,0 | 100,0         | 100,0 | 94,0  |
| Атлант                   | 5             | 96,5                    | 91,0 | 94,0 | 100,0         | 91,0  | 98,0  |
|                          | 15            | 81,5                    | 95,0 | 95,0 | 98,4          | 99,0  | 99,0  |
|                          | 20            | 98,0                    | 98,0 | 96,0 | 100,0         | 100,0 | 99,0  |
| Хазар                    | 5             | 94,5                    | 97,0 | 99,0 | 89,5          | 98,0  | 100,0 |
|                          | 15            | 93,5                    | 94,0 | 94,0 | 95,0          | 98,0  | 99,0  |
|                          | 20            | 96,0                    | 96,0 | 91,0 | 98,0          | 98,0  | 99,0  |
| Среднепозднеспелые сорта |               |                         |      |      |               |       |       |
| Олимп                    | 5             | 98,0                    | 98,0 | 94,0 | 98,5          | 98,0  | 97,0  |
|                          | 15            | 93,5                    | 94,0 | 94,0 | 96,0          | 99,0  | 97,0  |
|                          | 20            | 98,0                    | 99,0 | 96,0 | 99,0          | 99,0  | 97,0  |



*Продолжение таблицы 20*

|         |    |      |       |      |       |       |       |
|---------|----|------|-------|------|-------|-------|-------|
| Лидер   | 5  | 93,5 | 98,0  | 97,0 | 96,5  | 100,0 | 99,0  |
|         | 15 | 95,0 | 100,0 | 98,0 | 98,0  | 100,0 | 100,0 |
|         | 20 | 98,0 | 100,0 | 98,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Арбалет | 5  | 95,0 | 99,0  | 97,0 | 99,5  | 99,0  | 97,0  |
|         | 15 | 91,0 | 94,0  | 96,0 | 92,5  | 100,0 | 97,0  |
|         | 20 | 90,0 | 90,0  | 95,0 | 94,0  | 95,0  | 94,0  |

Из той же таблицы видно, что Спринт, Титан и Арбалет имеют высокое значение массы 1000 семян при всех условиях.

Крупность зерна, или масса 1000 зерен, является сортовым признаком, мало зависящим от условий выращивания [25, 92]. Сорт Спринт имеет наиболее крупное зерно по сравнению с другими сортами, а сорт Атлант – мелкое. Массу 1000 семян необходимо знать для расчета нормы высева.

Однако соотношение длины и ширины не оказывает существенного влияния на крупность зерны. У семян большинства изученных сортов наилучшая энергия прорастания (93–97,5 %) и всхожесть (97–99 %) сформировалась при слое воды 20 см. Отсутствие перепадов температуры в течение суток благотворно сказались на процесс налива семян среднеспелых и среднепозднеспелых сортов. Для самого позднеспелого сорта среды наших сортов, т.е. Арбалет, по качеству семян лучшим вариантом оказался слой воды 5 см. Понижение ночных температур в конце сентября приводило к постепенному остыванию глубокого слоя воды, который за день не успевал нагреться. Это создавало худшие условия для налива семян сорта риса Арбалет.

### **3.6 Результаты изучения созданных гибридных популяций риса**

В процессе изучения сортов риса при слое воды 5, 15 и 20 см в период вегетации выявлена различная реакция их растений на глубину затопления. Установлено, что в период получения всходов слой воды в 20 см быстрее других преодолевают сорта Атлант, Азовский, Лидер, Спринт и Титан. Эти сорта были взяты в качестве родительских форм для гибридизации с целью создания нового исходного материала, способного в первые фазы роста преодолевать глубокий

слой воды. При этом учитывалось, что сорта Азовский и Спринт являются раннеспелыми и короткозерными, Титан – среднеранний и крупнозерный, Атлант – среднеспелый и короткозерный, а сорт Лидер – среднепоздний и среднезерный.

Комбинации для гибридизации подобраны с таким расчётом, чтобы получить максимальное разнообразие растений в гибридных популяциях.

Гибридизацию и выращивание гибридов первого поколения провели в ФНЦ риса по общепринятой методике. Гибридные растения  $F_2$  в виде популяций размножали в 2021 г. в лизиметрах при слое воды 20 см. Это сделано для того, чтобы получить семена только тех растений, которые дают всходы из-под глубокого слоя воды. В результате получили достаточное количество семян для проведения оценки реакции гибридов на различный режим орошения.

Каждая гибридная популяция  $F_3$  выращивалась в 2022 г. при двух уровнях слоя воды – 5 и 20 см, который создавался сразу после прорастания семян. Размер делянок составлял 1,5 м<sup>2</sup>. Выращивание растений, все наблюдения и учеты проводили по методике, используемой в предыдущие годы в процессе изучения сортов риса.

В таблице 21 представлены данные о формировании первых листьев при различных условиях.

У растений некоторых гибридных популяций появление листьев наблюдалось в одно и то же время в обоих вариантах затопления, в то время как в других случаях появление листьев было разным.

Как видно из данных таблицы 21, на 30-й день у комбинаций Атлант/Лидер, Атлант/Азовский и Спринт/Лидер новый лист появился одновременно, соответственно на 3-м и 4-м листе, в то время как у других комбинаций появление нового листа было отсрочено. В комбинации Атлант/Титан в слое воды 5 см появление 4-го листа происходит раньше обоих родителей, тогда как в других комбинациях формирование нового листа происходила одновременно хотя бы с одним из родителей. Таким образом, несмотря на ограничительные условия затопления, изученные гибридные популяции на ранних стадиях развития

растений развиваются подобно родителям. Это также подтверждается динамикой роста, которая следует общей схеме роста родителей [43, 44], как показано в более поздних исследованиях.

Таблица 21. Формирование листьев у растений F<sub>3</sub> при разном слое воды  
(г. Краснодар, 2022 г.)

| Сорт/ комбинация | Слой воды (см) | Количество листьев |            |
|------------------|----------------|--------------------|------------|
|                  |                | 25-е сутки         | 30-е сутки |
| Атлант           | 5              | 2                  | 3          |
| Спринт           |                | 3                  | 4          |
| Атлант/Спринт    |                | 2                  | 3          |
| Атлант           | 20             | 2                  | 3          |
| Спринт           |                | 3                  | 4          |
| Атлант/Спринт    |                | 2                  | 4          |
| Титан            | 5              | 2                  | 3          |
| Атлант/Титан     |                | 3                  | 4          |
| Титан            | 20             | 2                  | 4          |
| Атлант/Титан     |                | 2                  | 3          |
| Лидер            | 5              | 2                  | 3          |
| Атлант/Лидер     |                | 3                  | 3          |
| Лидер            | 20             | 2                  | 3          |
| Атлант/Лидер     |                | 2                  | 3          |
| Спринт/Лидер     | 5              | 3                  | 4          |
| Спринт/Лидер     | 20             | 3                  | 4          |
| Азовский         | 5              | 2                  | 4          |
| Атлант/Азовский  |                | 2                  | 3          |
| Рапан (st)       |                | 2                  | 3          |
| Азовский         | 20             | 3                  | 4          |
| Атлант/Азовский  |                | 2                  | 3          |
| Рапан (st)       |                | 2                  | 3          |

Действительно, на рисунке 14 показано, что гибридные популяции в слое воды 20 см растут быстрее, чем популяции в слое воды 5 см, как описано для родителей.

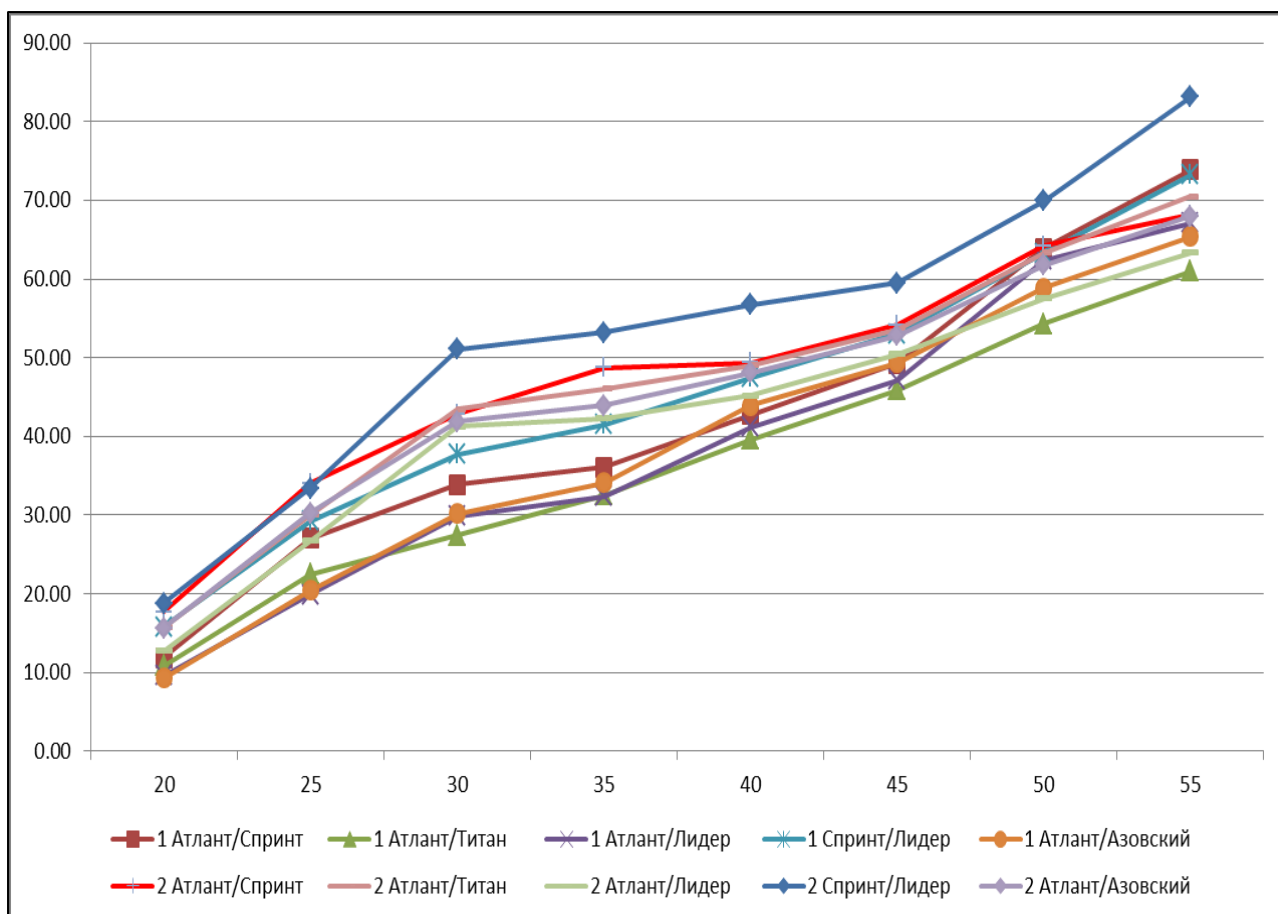


Рисунок 14. Рост растений  $F_3$  при разном слое воды

(г. Краснодар, 2022 г.)

Примечание: 1. Слой воды 5 см, 2. Слой воды 20 см

Из рисунка 14 видно, что гибридные популяции Спринт/Лидер и Атлант/Спринт растут очень быстро при слое 20 см, в то время как гибридные популяции Атлант/Азовский и Атлант/Титан растут значительно медленнее.

На рисунке 15 сравнивается динамика роста гибридных популяций и соответствующих родителей.

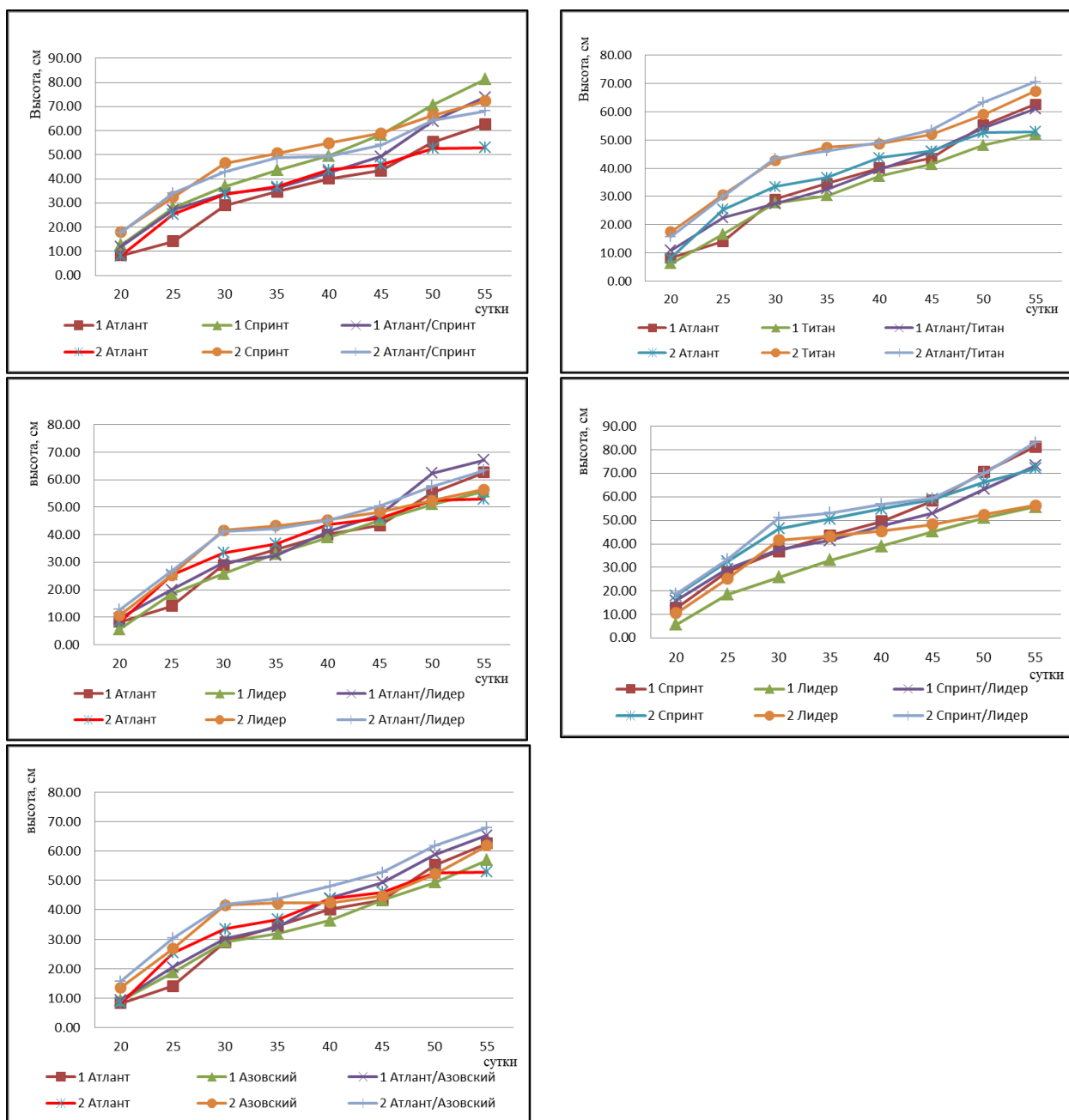


Рисунок 15. Темпы роста растений  $F_3$  при разном слое воды (г. Краснодар, 2022 г.)

*Примечание: 1. Слой воды 5 см, 2. Слой воды 20 см*

Из рисунка 15 видно, что рост растений каждой гибридной популяции соответствует темпу роста родительских форм в обоих условиях затопления.

Как и у родителей, формирование фотосинтетических органов гибридных растений также отличается при различных условиях затопления (таблица 22).

Таблица 22. Сумма площадей флаговых листьев растений F<sub>3</sub> при разном слое воды (г. Краснодар, 2022 г.)

| Гибридная популяция | Слой воды, см | Площадь листьев, см |       |      |       |
|---------------------|---------------|---------------------|-------|------|-------|
|                     |               | Ср                  | Мах   | Мин  | cv, % |
| Атлант/ Спринт      | 5             | 76,0                | 96,7  | 58,6 | 17,4  |
|                     | 20            | 83,3                | 122,7 | 66,7 | 10,2  |
| Атлант/ Титан       | 5             | 72,1                | 100,8 | 47,5 | 15,5  |
|                     | 20            | 80,2                | 115,8 | 51,3 | 23,0  |
| Атлант/Лидер        | 5             | 73,0                | 89,6  | 11,2 | 16,7  |
|                     | 20            | 74,4                | 85,6  | 60,4 | 8,1   |
| Спринт/Лидер        | 5             | 68,0                | 89,8  | 39,2 | 15,8  |
|                     | 20            | 77,1                | 104,0 | 35,3 | 18,8  |
| Атлант/Азовский     | 5             | 69,2                | 94,5  | 52,5 | 14,7  |
|                     | 20            | 72,5                | 83,3  | 58,8 | 11,5  |

Отмечаем, что у растений всех гибридных популяций большая площадь листьев формируется в условиях затопления 20 см. При этом выделяются гибридные популяции с низким значением коэффициента вариации – это комбинации Атлант/Лидер (8,1 %), Атлант/Спринт (10,2 %) и Атлант/Азовский (11,5 %). А растения популяций Атлант/Титан и Спринт/Лидер имеют среднее и высокое значение коэффициента вариации .

Анализ показателей угла между стеблем и флаговым листом показывает большую вариабельность внутри гибридных популяций (таблица 23).

Из данных таблицы 23 видно, что значения измеренных углов находятся в диапазоне от 45° до 11°, Это свидетельствует о том, что архитектура листьев сильно отличается, но находится в диапазоне принятом для растений риса с вертикальными листьями. Некоторые гибридные растения имеют V-образные листья, что является хорошим признаком при селекции новых сортов.

Таблица 23. Значение признака «угол между стеблем и листом» у растений F<sub>3</sub> при разном слое воды (г. Краснодар, 2022 г.)

| Гибридная популяция | слой воды, см | Угол между стеблем и листом, ° |      |      |       |
|---------------------|---------------|--------------------------------|------|------|-------|
|                     |               | Ср                             | Мах  | Мин  | cv, % |
| Атлант/ Спринт      | 5             | 22,0                           | 36,0 | 11,0 | 39,0  |
|                     | 20            | 21,1                           | 41,0 | 9,0  | 48,0  |
| Атлант/ Титан       | 5             | 30,0                           | 43,0 | 21,0 | 20,6  |
|                     | 20            | 27,1                           | 45,0 | 16,0 | 24,7  |
| Атлант/Лидер        | 5             | 18,7                           | 26,0 | 6,2  | 23,3  |
|                     | 20            | 24,7                           | 38,0 | 16,0 | 18,9  |
| Спринт/Лидер        | 5             | 16,1                           | 25,0 | 12,0 | 23,2  |
|                     | 20            | 21,2                           | 38,0 | 11,0 | 29,2  |
| Атлант/Азовс-кий    | 5             | 23,5                           | 29,0 | 18,0 | 10,4  |
|                     | 20            | 20,9                           | 29,0 | 13,0 | 28,0  |

В фазе полной спелости в каждом варианте опыта мы провели отборы по 25 лучших растений, выделяя по раннеспелости и продуктивности для проведения биометрического анализа. Оставшиеся на делянке растения сжинали в сноп и после высыхания стеблей провели обмолот на молотилке МПСУ-500. Полученный семенной материал сушили до стандартной влажности, обрабатывали на шасталке и очищали на решетках. Результаты учета урожая представлены в таблице 24.

Как видно из таблицы 24, гибридные растения изученных популяций по-разному реагировали на слой воды. Гибриды Атлант/Спринт, Атлант/Лидер и Спринт/Лидер при слое воды 20 см сформировали меньшую урожайность, чем при слое 5 см. Это произошло в основном за счет уменьшения продуктивной кустистости растений риса при повышении слоя воды. В тоже время у гибридов Атлант/Титан и Атлант/Азовский при слое воды 20 см получен больший урожай с делянки, чем при слое 5 см.

При сравнении гибридных популяций между собой видно, что максимальную урожайность в обоих вариантах опыта показала гибридная популяция Спринт/Лидер.

Таблица 24. Урожайность гибридных популяций, выращенных в лизиметрах при разном уровне затопления (г. Краснодар, 2022 г.)

| Гибридная популяция |                 | Слой воды, см | Масса семян с делянки (1,5 м <sup>2</sup> ), г |                       |
|---------------------|-----------------|---------------|--|-----------------------|
| Номер               | Название        |               | после обмолота                                 | после очистки и сушки |
| К3539               | Атлант/Спринт   | 5             | 915,1  | 762,6                 |
| К3539               | Атлант/Спринт   | 20            | 902,4  | 752,0                 |
| К3541               | Атлант/Титан    | 5             | 831,4  | 692,8                 |
| К3541               | Атлант/Титан    | 20            | 929,4  | 774,5                 |
| К3542               | Атлант/Лидер    | 5             | 1046,5   | 872,1                 |
| К3542               | Атлант/Лидер    | 20            | 876,0  | 730,9                 |
| К3545               | Спринт/Лидер    | 5             | 1188,2   | 990,2                 |
| К3545               | Спринт/Лидер    | 20            | 1081,1   | 900,9                 |
| К3540               | Атлант/Азовский | 5             | 867,8  | 723,2                 |
| К3540               | Атлант/Азовский | 20            | 1010,2   | 841,8                 |

Полученные гибридные семена переданы в отдел селекции ФНЦ риса для дальнейшего изучения в селекционном процессе и проведения в них отборов элитных растений.

Отобранные в гибридных популяциях оригинальные растения оценивали по результатам биометрического анализа. Выявлено влияние повышенного слоя воды на основные биометрические показатели.

Установлено, что при слое воды 20 см у гибридных растений повысились показатели высоты растений, как максимальные, так и минимальные (таблица 25).



Таблица 25. Вариабельность высоты растений F<sub>3</sub> при разном слое воды, см  
(г. Краснодар, 2022 г.)

| Гибридная популяция | Слой воды | Среднее | Max   | Min  | CV, % |
|---------------------|-----------|---------|-------|------|-------|
| Атлант/Спринт       | 5         | 106,9   | 139,2 | 70,0 | 16,5  |
|                     | 20        | 106,9   | 141,3 | 82,8 | 15,4  |
| Атлант/Титан        | 5         | 103,3   | 126,8 | 86,2 | 10,7  |
|                     | 20        | 110,9   | 135,1 | 88,6 | 10,4  |
| Атлант/Лидер        | 5         | 105,5   | 119,8 | 87,1 | 7,6   |
|                     | 20        | 104,5   | 117,4 | 94,0 | 5,9   |
| Спринт/Лидер        | 5         | 107,8   | 129,3 | 77,1 | 10,4  |
|                     | 20        | 108,4   | 138,0 | 87,4 | 12,6  |
| Атлант/<br>Азовский | 5         | 99,8    | 113,3 | 77,2 | 9,7   |
|                     | 20        | 106,2   | 120,7 | 84,1 | 8,1   |

Однако из таблицы 25 видно, что усредненный показатель высоты у гибридов растений в популяциях Атлант/Спринт и Атлант/Лидер в обоих вариантах опыта был практически одинаков.

Известно, что коэффициент вариации (CV, %) является критерием изменчивости количественных признаков изучаемых растений. Как показывают данные таблицы 25 наименьшая изменчивость (до 10 %) по высоте отмечена у гибридов Атлант/Лидер и Атлант/Азовский, а наибольшая (свыше 15 %) – у гибрида Атлант/Спринт. По классификатору степени изменчивости признаков этот показатель относится к группе средне изменчивых.

Практически аналогичную картину наблюдаем и по признаку «длина метелки». По коэффициенту вариации его можно отнести к средне изменчивому. Лишь в двух случаях, при слое воды 20 см у гибридов Атлант/Лидер и Спринт/Лидер, получен коэффициент вариации менее 10 % (таблица 26).

Таблица 26. Вариабельность длины метёлки растений F<sub>3</sub>, выращенных при разном слое воды, см (г. Краснодар, 2022 г.)

| Гибридная Популяция | Слой воды | Среднее | Max  | Min  | CV, % |
|---------------------|-----------|---------|------|------|-------|
| Атлант/Спринт       | 5         | 17,1    | 22,8 | 12,6 | 15,4  |
|                     | 20        | 15,8    | 21,2 | 12,0 | 15,9  |
| Атлант/Титан        | 5         | 16,1    | 19,2 | 13,1 | 10,9  |
|                     | 20        | 15,3    | 21,4 | 11,9 | 13,6  |
| Атлант/Лидер        | 5         | 16,4    | 20,2 | 10,8 | 13,7  |
|                     | 20        | 15,6    | 18,4 | 12,7 | 8,6   |
| Спринт/Лидер        | 5         | 15,7    | 19,8 | 10,9 | 14,8  |
|                     | 20        | 16,6    | 19,2 | 13,5 | 9,5   |
| Атлант/<br>Азовский | 5         | 15,8    | 18,7 | 10,0 | 12,9  |
|                     | 20        | 15,6    | 20,5 | 13,1 | 11,0  |

При этом во всех гибридных популяциях выделены перспективные растения с длинной метелкой (18,4 – 22,8 см). Такие растения представляют интерес для дальнейшей селекционной работы.

Большую ценность при селекции имеют растения с большим количеством выполненных зерен на метелке. Это высоко изменчивый признак, который зависит как от генотипа, так и от условий выращивания. Об этом свидетельствуют данные таблицы 27, где коэффициент вариации от 19,8 до 43,6 %.

Анализируя данные таблицы 27, следует сразу отметить, что озерненность метелок у всех гибридов оказалась выше при слое воды 20 см по сравнению со слоем 5 см. Это подтверждает известный факт, что при повышении слоя воды в зоне узла кущения риса снижается температура. Это способствует удлинению срока дифференциации конуса нарастания и увеличению количества зерен в метелке [31].

Таблица 27. Вариабельность количества выполненного зерна за метёлки растений F<sub>3</sub> при разном слое воды, шт. (г. Краснодар, 2022 г.)

| Гибридная Популяция | Слой воды | Среднее | Max | Min | CV, % |
|---------------------|-----------|---------|-----|-----|-------|
| Атлант/Спринт       | 5         | 90,6    | 147 | 43  | 25,9  |
|                     | 20        | 99,0    | 163 | 54  | 25,9  |
| Атлант/Титан        | 5         | 127,6   | 210 | 66  | 29,0  |
|                     | 20        | 124,3   | 288 | 57  | 43,6  |
| Атлант/Лидер        | 5         | 127,1   | 197 | 56  | 25,6  |
|                     | 20        | 127,5   | 192 | 76  | 19,7  |
| Спринт/Лидер        | 5         | 83,5    | 116 | 45  | 22,6  |
|                     | 20        | 86,5    | 117 | 49  | 20,4  |
| Атлант/<br>Азовский | 5         | 110,9   | 162 | 44  | 24,8  |
|                     | 20        | 134,6   | 227 | 80  | 25,7  |

Как видно из данных таблицы 27, пределы изменчивости этого признака у отобранных растений весьма значительны: от 288 шт. зерен у гибрида Атлант/Лидер при слое воды 20 см до 43 шт. у гибрида Атлант/Спринт при слое 5 см. Отобранные гибридные растения с большим количеством выполненных зерен являются перспективными для селекции.

Распределение по различным классам количества семян, в растениях риса изучаемых гибридных популяций при двух режимах орошения, позволяет лучше анализировать поведение этих популяций в различных слоях воды (рисунок 16).

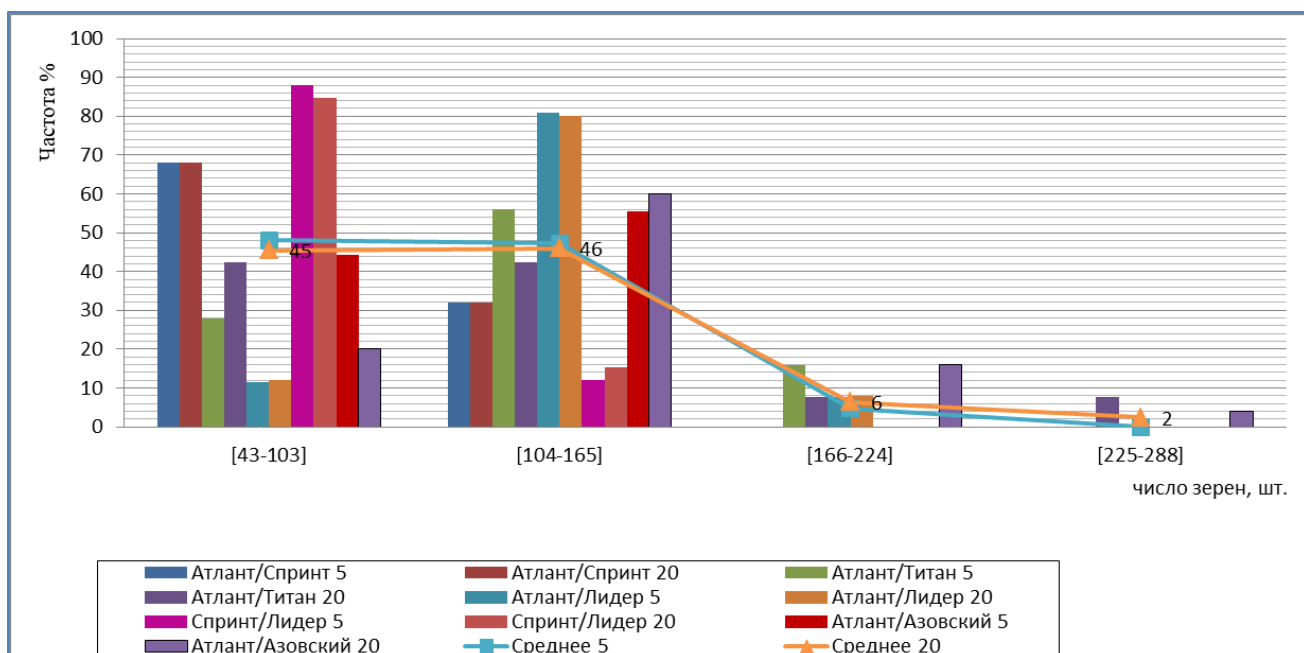


Рисунок 16. Распределение гибридных растений риса по различным классам с учетом количества семян в метелке при затоплении слоем воды 5 и 20 см, (г. Краснодар, 2022 г.)

Из рисунка 16 видно, что классы 1 и 2, которые включают семена от 43 до 103 и от 104 до 166 зерен, содержат максимальное количество зерен, произведенных  $F_3$ . В первом классе гибридными популяциями со средней частотой 45 % и выше являются Спринт/Лидер и Атлант/Спринт, частота которых близка в обоих условиях затопления. Во втором классе доминирование с частотой более 45% наблюдается у Атланта/Лидера и Атланта/Азовского в обоих условиях, а у комбинации Атлант/Титан – только при слое воды 5 см.

В третьем и четвертом классах, в которые вошли гибридные растения с большим количеством зерен, наблюдаем низкую частоту. В этих классах наблюдается доминирование комбинаций, выращенных в условиях затопления 20 см. Гибридные популяции Атлант/Азовский и Атлант/Титан являются самыми доминирующими в этих двух классах. Именно в этих популяциях отобраны наиболее продуктивные растения для дальнейшего изучения в селекционном питомнике ФНЦ риса в последующие годы.

Масса зерна с метелки является интегрированным показателем сочетания количества зерен и их крупности. По этому признаку прослеживается та же закономерность – при слое воды 20 см формируются более продуктивные метелки, чем при 5 см. По массе зерна с метелки выделяются гибридные популяции Атлант/Титан и Атлант/Лидер (таблица 28).

Таблица 28. Вариабельность массы выполненного зерна с метёлки растений F<sub>3</sub> при разном слое воды, г (г. Краснодар, 2022 г.)

| Гибридная Популяция | Слой воды | Среднее | Max | Min | CV, % |
|---------------------|-----------|---------|-----|-----|-------|
| Атлант/Спринт       | 5         | 2,3     | 4,9 | 0,9 | 32,3  |
|                     | 20        | 2,5     | 4,5 | 1,2 | 33,9  |
| Атлант/Титан        | 5         | 3,3     | 5,8 | 1,1 | 34,6  |
|                     | 20        | 3,2     | 6,8 | 1,4 | 39,1  |
| Атлант/Лидер        | 5         | 3,0     | 4,3 | 1,2 | 24,1  |
|                     | 20        | 3,1     | 5,0 | 1,8 | 22,4  |
| Спринт/Лидер        | 5         | 2,2     | 3,1 | 0,9 | 26,8  |
|                     | 20        | 2,4     | 3,4 | 1,1 | 25,7  |
| Атлант/<br>Азовский | 5         | 2,5     | 3,6 | 1,0 | 27,2  |
|                     | 20        | 3,0     | 4,9 | 1,8 | 25,8  |

Среди отобранных растений лучшие имеют массу зерна с метелки свыше 5 г. Это очень хороший показатель для риса. Изменчивость признака очень высокая (CV от 22,4 до 39,1 %). Масса зерна с метелки в значительной степени зависит от условий выращивания и определяется нормой реакции генотипа на условия среды.

Проведенное распределение растений изученных гибридов по классам с учетом массы зерна с метелки позволило дифференцировать гибридные популяции по их селекционной ценности (рисунок 17).

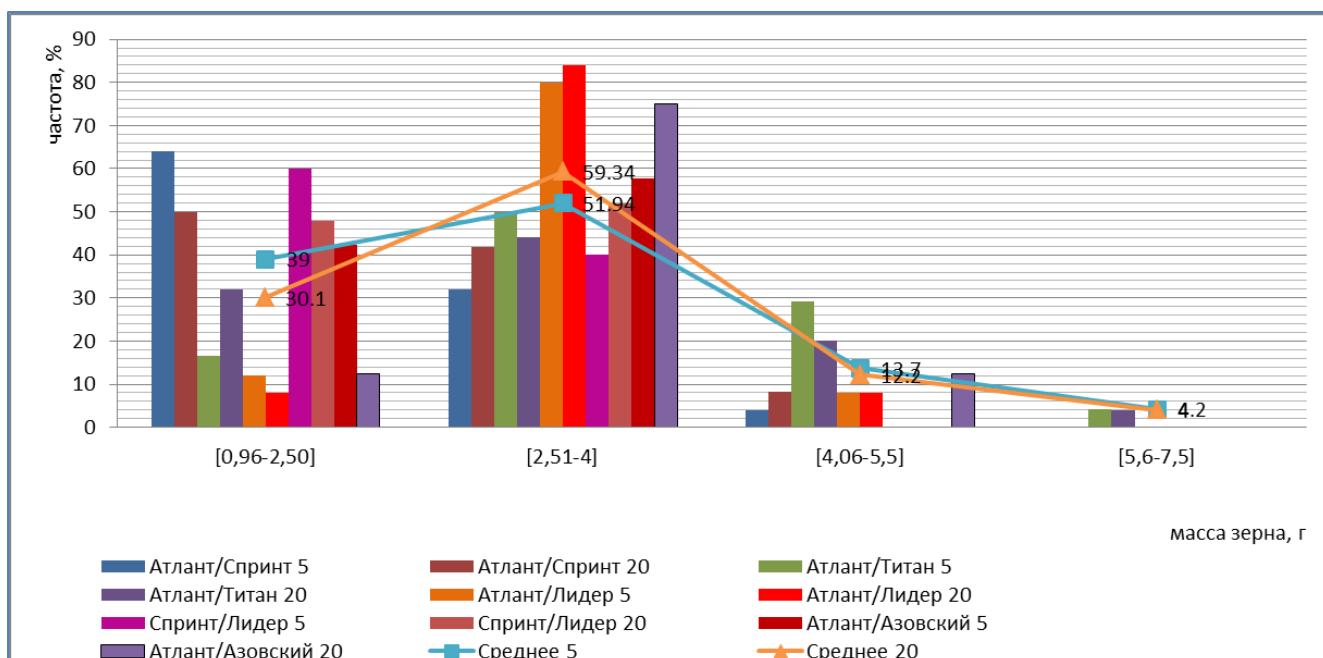


Рисунок 17. Распределение гибридных растений по разным классам с учетом массы зерна с метелки, при затоплении слоем воды 5 и 20 см, (г. Краснодар, 2022 г.)

Анализ рисунка 16 показывает, что с наибольшей частотой растения встречается во втором классе, который содержит особи с массой семян от 2,51 до 4,0 г. Гибридные комбинации с частотой более 52 % в этом классе – Атлант/Лидер и Атлант/Азовский в обоих условиях затопления. Гибридные популяции, не представленные в классах с высокой массой зерна с метелки (4,06–5,5 и 5,6–7,5), – это только Спринт/Лидер при обоих уровнях затопления, а также Атлант/Азовский при слое 5 см. В нашем опыте выделилась гибридная популяция Атлант/Титан, в которой сформировались высокопродуктивные растения с высокой массой семян – до 7,5 г на метелке. Эти растения представляют значительный селекционный интерес для создания новых сортов риса.

Важным показателем при селекции сортов риса является крупность зерновки [14, 25, 136], определяемой массой 1000 зерен. Это достаточно консервативный и мало изменчивый признак [22], что и подтверждается в нашем опыте. Полученный коэффициент вариации у растений, отобранных в гибридных популяциях, колебался от 3,8 % до 16,1 % (таблица 29).

Таблица 29. Вариабельность массы 1000 зерна растений F<sub>3</sub> при разном слое воды, г (г. Краснодар, 2022 г.)

| Гибридная популяция | Слой воды | Среднее | Max  | Min  | CV, % |
|---------------------|-----------|---------|------|------|-------|
| Атлант/Спринт       | 5         | 25,6    | 32,0 | 18,9 | 12,6  |
|                     | 20        | 24,8    | 30,0 | 20,0 | 11,7  |
| Атлант/Титан        | 5         | 25,9    | 28,8 | 20,2 | 16,1  |
|                     | 20        | 25,6    | 30,4 | 22,3 | 8,6   |
| Атлант/Лидер        | 5         | 23,8    | 27,2 | 21,6 | 5,8   |
|                     | 20        | 24,4    | 25,8 | 22,0 | 3,8   |
| Спринт/Лидер        | 5         | 25,9    | 30,8 | 20,8 | 9,4   |
|                     | 20        | 28,2    | 30,0 | 23,2 | 9,8   |
| Атлант/<br>Азовский | 5         | 22,6    | 24,8 | 21,9 | 12,6  |
|                     | 20        | 23,4    | 26,9 | 20,8 | 6,2   |

Как видно из данных таблицы 29 нет закономерной зависимости крупности зерна от слоя воды. Очевидно здесь проявлялась индивидуальная реакция гибридных растений в разных условиях.

Среди отобранных растений выделяются с достаточно крупным зерном, с массой 1000 превышающей 30 г. Дальнейшее изучение в селекционном процессе определит их перспективность.

Сорта, используемые в качестве родительских форм при гибридизации, различались по форме зерна. Поэтому было интересно посмотреть в гибридном потомстве признак «индекс зерновки, I/b». Судя по коэффициенту вариации, это довольно консервативный, мало изменчивый признак (CV у отобранных растений колебался от 2,4 до 8,9%). По полученным средним значениям I/b, большинство отобранных гибридных растений относятся к короткозёрной группе (таблица 30). Однако среди них выделяется небольшое число среднезерных растений.

Таблица 30. Вариабельность индекс зерновки растений F<sub>3</sub> при разном слое воды, l/b (г. Краснодар, 2022 г.)

| Гибридная популяция | Слой воды | Среднее | Max | Min | CV, % |
|---------------------|-----------|---------|-----|-----|-------|
| Атлант/Спринт       | 5         | 2,1     | 2,2 | 1,9 | 2,7   |
|                     | 20        | 2,0     | 2,1 | 1,9 | 2,8   |
| Атлант/Титан        | 5         | 2,2     | 2,5 | 1,8 | 8,6   |
|                     | 20        | 2,3     | 3,2 | 1,8 | 8,9   |
| Атлант/Лидер        | 5         | 2,1     | 2,1 | 2,0 | 2,4   |
|                     | 20        | 2,2     | 2,3 | 2,0 | 5,2   |
| Спринт/Лидер        | 5         | 2,3     | 2,4 | 2,1 | 5,6   |
|                     | 20        | 2,2     | 2,5 | 1,9 | 6,6   |
| Атлант/<br>Азовский | 5         | 2,1     | 2,2 | 1,9 | 2,8   |
|                     | 20        | 2,0     | 2,2 | 1,5 | 2,7   |

Особо следует отметить трансгрессивные растения, превышающие лучшую родительскую форму по l/b. Так, в популяции Атлант/Титан выделено растение с l/b 3,2. Это значительно выше, чем у сорта Титан (l/b 2,5). В популяции Спринт/Лидер отобрано растение с l/b 2,5, тогда как у среднезерного сорта Лидер зерно с l/b 2,3-2,4.

После проведенного биометрического анализа, семена каждого гибридного растения помещены в отдельный пакет и переданы в отдел селекции ФНЦ риса для дальнейшего изучения их потомства в селекционном питомнике.

В завершающей части изучения гибридных популяций при разных режимах орошения нами проведена оценка их растений по индексу OMS, который был разработан для определения продуктивности сортов риса [21].

Полученные результаты представлены в таблице 31.



Таблица 31. Рейтинг по урожайности и индексу OMS гибридных популяций F<sub>3</sub>, выращенных при двух режимах орошения, (г. Краснодар, 2022 г.)

| Гибридная популяция | Слой воды, см | Масса зерна с делянки |         | Индекс OMS |         |
|---------------------|---------------|-----------------------|---------|------------|---------|
|                     |               | фактически, г         | рейтинг | фактически | Рейтинг |
| Атлант/Спринт       | 5             | 915,1                 | 5       | 31,8       | 9       |
|                     | 20            | 902,4                 | 6       | 32,1       | 10      |
| Атлант/Титан        | 5             | 831,4                 | 10      | 20,7       | 1       |
|                     | 20            | 929,4                 | 7       | 24,2       | 5       |
| Атлант/Лидер        | 5             | 1046,5                | 3       | 23,4       | 4       |
|                     | 20            | 876,0                 | 9       | 23,3       | 3       |
| Спринт/Лидер        | 5             | 1188,2                | 1       | 29,2       | 7       |
|                     | 20            | 1081,1                | 2       | 30,1       | 8       |
| Атлант/Азовский     | 5             | 867,8                 | 8       | 26,8       | 6       |
|                     | 20            | 1010,2                | 4       | 22,7       | 2       |

Из данных таблицы 31 видно, что лучшей по урожайности оказалась гибридная популяция Спринт/Лидер, которая в рейтинге заняла 1-е место при слое воды 5 см и 2-е – при слое воды 20 см, сформировав соответственно 1188,2 и 1081,1 г зерна с делянки. Третьей в этом рейтинге расположилась популяция Атлант/Лидер при слое 5 см с урожайностью 1046,5 г/дел., а четвертой – Атлант/Азовский при слое 20 см (1010,2 г/дел.).

В то же время по индексу OMS наблюдается иная картина. Здесь в рейтинге 1-е место (OMS = 20,7) занимает популяция Атлант/Титан, выращенная при слое воды 5 см, которая по урожайности зерна была 10-й. Второй с OMS = 22,7 оказалась популяция Атлант/Азовский при 20 см, занявшая по урожайности 4-е место. На третье место попала популяция Атлант/Лидер с OMS = 23,3 при слое воды 20 см, хотя по урожайности она была 9-й.

Полученные данные свидетельствуют, что индекс OMS, показывающий высокую эффективность при оценке продуктивности сортов, имеющих однотипные растения, для подобной характеристики гибридов подходит мало. Гибридные популяции имеют разнотипные растения по размерам листьев и

метелок, что приводит к получению значительного разброса данных. Поэтому при определении продуктивности гибридов второго и последующих поколений, где наблюдается расщепление по морфологическим признакам, индекс OMS использовать нецелесообразно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выращивание разнотипных сортов риса при слое воды 5, 15 и 20 см показало, что сорта по-разному реагируют на эти условия.

1. Проведенные исследования показали, что суточные колебания температуры играют важную роль в регулировании микроклимата в период вегетации растений риса. Установлено, что при слое воды 20 см, где изменение температуры в течение суток не превышало  $0,5^{\circ}\text{C}$ , развитие растений всех изучаемых сортов риса проходило быстрее, и фаза выметывания у них наступала на 5–7 дней раньше, чем при слое 5 см, при котором колебание температуры достигало  $5,3^{\circ}\text{C}$ .

2. Определена индивидуальная реакция изученных сортов риса на затопление слоем воды 5, 15 и 20 см. При этом показано, что масса зерна с метёлки и количество выполненного зерна с метёлки зависят как от сорта, так и уровня воды. Это подтверждают результаты статистического анализа, при котором выявлена доля влияния сорта 32,4 % и значение 53,7 % для слоя воды 5 см и 46 % для сорта, и 35 % для слоя воды 20 см.

3. Наибольшее количество выполненных зерен у всех сортов сформировалось при слое воды 20 см, за исключением сорта Олимп и Титан, у которых наибольшее значение признака наблюдается при слое 15 см, а у Спринт – при слое 5 см.

4. При затоплении 20 см, наивысшей продуктивностью относительно стандарта отличаются среднеспелые сорта Атлант и Хазар и среднепозднеспелый сорт Лидер, у которых OMS соответственно  $14,9 \text{ см}^2/\text{г}$  (отклонение от стандарта – 9,3),  $18,5 \text{ см}^2/\text{г}$  (отклонение от стандарта – 5,7), и  $18,01 \text{ см}^2/\text{г}$  (отклонение от стандарта – 6, 2)  $\text{см}^2/\text{г}$ .

5. Расчет корреляционных связей между изучаемыми признаками показал, что имеется четкая взаимосвязь между различными показателями продуктивности. Установлено, что угол между стеблем и листом отрицательно коррелирует почти со всеми другими признаками. Выявлено, что площадь листьев

положительно коррелирует с индексом OMS. При этом в варианте затопления 15 см максимальное значение коэффициента корреляции было  $r > 0,9$ .

6. Установлено, что при разном слое воды значительный вклад в формирование урожайности сортов риса оказывает количество продуктивных побегов на делянке. При слое воды 15 и 20 см растения меньше кустятся, в итоге сорта дают меньший урожай, чем при слое 5 см. Очевидно в таких условиях густоту стеблестоя необходимо корректировать нормой посева семян.

7. Выявлено, что изученные сорта риса формируют высококачественные семена независимо от водного режима. Слой воды 20 см сглаживает колебания температуры в течение суток, что благоприятно влияет на рост и развитие растений риса и формирование высококачественных семян. Однако при таком уровне затопления снижается продуктивная кустистость риса, что приводит к снижению сбора зерна с растения. Это необходимо учитывать рисоводам при безгербицидном выращивании риса.

8. По результатам проведенных исследований сорта Атлант, Азовский, Лидер, Титан и Спринт рекомендуются в качестве исходного материала при создании новых генотипов для безгербицидной технологии выращивания риса в зоне умеренного климате.

9. Гибриды  $F_3$  Атлант/Спринт, Атлант/Лидер и Спринт/Лидер при слое воды 20 см сформировали меньшую урожайность, чем при слое 5 см. Это произошло в основном за счет уменьшения продуктивной кустистости растений риса при повышении слоя воды. В тоже время у гибридов Атлант/Титан и Атлант/Азовский при слое воды 20 см получен больший урожай с делянки, чем при слое 5 см.

10. Пределы изменчивости признака количества выполненного зерна за метёлки растений  $F_3$  при разном слое воды у отобранных растений весьма значительны: от 288 шт. зерен у гибрида Атлант/Лидер при слое воды 20 см до 43 шт. у гибрида Атлант/Спринт при слое 5 см. Отобранные гибридные растения с

большим количеством выполненных зерен являются перспективными для дальнейшей селекционной работы.

11. По признаку «масса зерна с метелки» прослеживается та же закономерность – при слое воды 20 см формируются более продуктивные метелки, чем при 5 см. По массе зерна с метелки выделяются гибридные популяции Атлант/Титан и Атлант/Лидер

12. При оценке растений, созданных пяти гибридных популяций (Атлант / Спринт, Атлант / Титан, Атлант / Лидер, Спринт / Лидер, Атлант / Азовский), при слое воды 5 и 20 см проведен отбор 251 оригинальных растений для последующего изучения в селекционном процессе.

### **Предложения селекции и производству**

При создании новых сортов риса, устойчивых к глубокому затоплению в период получения всходов, рекомендуем использовать в качестве родительских форм сорта Атлант, Азовский, Лидер, Титан и Спринт, которые легко преодолевают слой воды в 20 см.

1. Изучить в селекционном процессе потомство 251 гибридных растений, отобранных в гибридных популяциях  $F_3$ : Атлант / Спринт, Атлант / Титан, Атлант / Лидер, Спринт / Лидер, Атлант / Азовский, при изучении их реакции на разный режим орошения.

2. Продолжить изучение гибридных популяций Атлант / Спринт, Атлант / Титан, Атлант / Лидер, Спринт / Лидер, Атлант / Азовский и провести в них отбор элитных растений для создания сортов риса нового поколения.

В санитарных зонах Краснодарского края рекомендуем выращивать по беспестицидным технологиям сорта риса Атлант, Азовский, Лидер, и Титан.

## Список литературы

1. Агроклиматические ресурсы территории Краснодарского края. – Л: “Гидрометеиздат” –1975. – 314 с.
2. Алабушев, А. В. Новые сорта риса селекции АНЦ «Донской» / А. В. Алабушев, П. И. Костылев, Е. В. Краснова // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 3. С. 45–47.
3. Алексейчук, Г. Н. Сила роста семян зерновых культур и ее оценка методом ускоренного старения – Мн.: Право и экономика, 2009. – 44 с.
4. Алешин, Е. П. Рис / Е.П. Алешин, Н.Е. Алешин. – М.: Заводская правда, 1993. – 504 с.
5. Бегун, И. И. Изменчивость количественных признаков у гибридов риса с эректоидным расположением листьев / И. И. Бегун, Г. Л. Зеленский // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2009. № 21. С. 39–42.
6. Блажний, Е. С. Почвы дельты реки Кубань и прилегающих пространств (их свойства, происхождение и пути рационального хозяйственного использования) / Е. С. Блажний. – Краснодар: Кн. Изд-во, 1971. – 276 с.
7. Величко Е. Б. Технология получения высоких урожаев риса/ Е. Б. Величко, Б. Б. Шумаков // М.: Колос, 1984. 83 с.
8. Владимиров, С. А. Эколого-ландшафтное обоснование перехода на безопасное устойчивое рисоводство / С. А. Владимиров, И. С. Цыганков // Символ науки. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 28–31.
9. Владимиров, С. А. Алгоритм реконструкции и проектирования ландшафтно-мелиоративных систем нового поколения / С. А. Владимиров, В. П. Амелин, Е. И. Гронь // Науч. журнал Труды КубГАУ. – 2009. – Вып. 4(19). - С. 209–215.
10. Владимиров, С. А. Методологические аспекты перехода на экологически чистое устойчивое рисоводство Кубани / С. А. Владимиров, В. П. Амелин, Н. Н. Крылова // Природообустройство. – 2008. – № 1. – С. 24–29.

11. Воробьев, Н. В. Продукционный процесс у сортов риса / Н. В. Воробьев, М. А. Скаженник, В. С. Ковалев. – Краснодар, 2011. – 200 с.
12. Воробьев, Н. В., Влияние повышенной температуры на формирование массы зерновок у сортов риса. Н. В. Воробьев, М. А. Скаженник, Т. С. Пшеницына // Рисоводство. –2011. – № 18, 28–32.
13. Гончарова, Ю. К. Генетические основы повышения продуктивности риса / Ю. К. Гончарова // дис. – Кубан. гос. аграр. ун-т, 2014.
14. Гущин, Г. Г. 1938. Рис / Г. Г. Гущин // Сельхозизд. Москва. – 1938. 831с.
15. Джулай, А. П. Культура риса на Кубани/А. П. Джулай, Е. П. Алешин, Е. Б. Велико. - Краснодар: КН. Изд-во, 1980. –209 с.
16. Дзюба, В. А. Влияние минеральных удобрений на формирование признаков, определяющих урожайность сортов риса / В. А. Дзюба, М. А. Скаженник, И. Н. Чухирь, Т. А. Коротенко // Зерновое хозяйство России, – 2012. – №5 (23). – С. 36–40.
17. Динкова В. С. Стартовая энергия прорастания семян селекционных образцов озимой пшеницы в связи с селекцией на адаптивность / В. С. Динкова, В. В. Казакова, Е. М. Кабанова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам 71-й науч. практ. конф. преподавателей по итогам НИР за 2015 год (29–30 ноября 2016 г.). – Краснодар : КубГАУ, 2016.– С. 13–14.
18. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
19. Дробышева, А. В. Влияние природно-климатических условий на хозяйственно-ценные признаки некоторых сортов риса / А. В. Дробышева // Аграр. вестн. – Приморья. – 2019. – № 1, с. 14–17.
20. Ерыгин, П. С. Физиология риса / П. С. Ерыгин. – М.: Колос, 1981. – 206с.
21. Жилина, М. В. Оценка исходного материала при селекции риса на повышение продуктивности./ М. В. Жилина// дисс. канд. с.-х. наук . – Краснодар. – 2018. – 136 с.

22. Зеленская, О. В. Сорные растения рисовых систем Краснодарского края / О. В. Зеленская // Монография. – Краснодар: КубГАУ. – 2015. – 247с.
23. Зеленская, О. В. Экологическая оценка агроэкосистемы рисового севооборота учхоза «Кубань» / О. В. Зеленская, Г. Л. Зеленский // Рисоводство. – 2022. – №. 3 (56) – С. 75–81.
24. Зеленский, А. Г. Наследование и изменчивость признаков структуры листьев растений риса и их использование в селекции / А. Г. Зеленский // Автореферат дисс. канд. биол. наук. Краснодар – 2008. – 24 с.
25. Зеленский, Г. Л. Рис: от растения до диетического продукта / Г. Л. Зеленский, О. В. Зеленская – Краснодар: КубГАУ, 2022. – 271 с.
26. Зеленский, Г. Л. Урожайность и качество семян сортов риса при разном уровне минерального питания в условиях Приазовских плавней / Г. Л. Зеленский, В. Ф. Орловский, И. А. Сирота, А. Г. Зеленский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – №. 150. – С. 168–181
27. Зеленский, Г. Л. Реакция среднеспелых сортов риса на уровень затопления / Г. Л. Зеленский, А. Ш. Какунзе // Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сборник тезисов по материалам III Международной конференции. Отв. за выпуск А. Г. Кощаев. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – С. 6–7.
28. Зеленский, Г. Л. Новый метод оценки растений риса при селекции на повышение продуктивности / Г. Л. Зеленский, М. В. Шаталова, А. Г. Зеленский // Рисоводство. – 2018. – № 1. – С. 15–18.
29. Зеленский, Г. Л. Новый раннеспелый сорт риса Азовский / Г. Л. Зеленский // Итоги научно-исследовательской работы за 2016 год: сб. ст. по материалам 72-й науч.-практ. конф. преподавателей. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – С. 16–17.



30. Зеленский, Г. Л. Эффективность выращивания сортов риса при укороченном и постоянном затоплении / Г. Л. Зеленский, С. В. Кизинек, П. Г. Зеленский, Ю. В. Шарова // АгроСнабФорум. – 2017. – №. 3. – С. 44–48.
31. Зеленский, Г. Л. Рис: биологические основы селекции и агротехники: монография / Г. Л. Зеленский. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 236 с.
32. Зеленский, Г. Л. Новый исходный материал для селекции риса на повышение продуктивности / Г. Л. Зеленский, М. В. Шаталова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 89. – С. 1025–1041
33. Зеленский, Г. Л. Морфо-биологическое обоснование агротехники риса / Г. Л. Зеленский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №. 77. – 36с.
34. Зеленский, Г. Л. История селекции риса в России. Ч. 1 / Г. Л. Зеленский // Рисоводство. – 2011. – Вып. 18. – С. 84–89.
35. Зеленский, Г. Л. История селекции риса в России. Ч. 2 / Г. Л. Зеленский // Рисоводство. – 2011. – Вып. 19. – С. 100–108.
36. Зеленский, Г. Л. Почему крупа риса является диетическим и лечебным продуктом / Г. Л. Зеленский. – Краснодар: КубГАУ. – 2010. – 27 с.
37. Зеленский, Г. Л. Реакция форм риса с эректоидными листьями на загущение / Г. Л. Зеленский, И. И. Бегун, А. Г. Зеленский // Рисоводство. – 2005. – № 7. – С. 21–25.
38. Зеленский, Г. Л. Изменение посевных качеств семян риса от длительности послеуборочного дозревания / Г. Л. Зеленский, Ю. М. Рогачев // Труды 8-го Международного симпозиума. «Нетрадиционное растение-водство, экология и здоровье». – Симферополь, 1999. – С. 955–957.
39. Зеленский, Г. Л. О проблеме селекции сортов риса для экологически чистых технологий / Г. Л. Зеленский, Н. В. Остапенко, А. Р. Третьяков, П. Н. Науменко, Е. С. Харченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 1996. - Вып. 353 (381). С. 110–115.

40. Зеленский, Г. Л. Проблемы семеноводства и внедрения новых сортов риса / Г. Л. Зеленский // Селекция и семеноводство. –1986. – № 5. – С. 38–39.
41. Какунзе, А. Ш. Качество семян и продуктивность разнотипных сортов риса в зависимости от режима затопления / А. Ш. Какунзе, М. В. Жилина, Г. Л. Зеленский // Рисоводство – 2022. – № 2 (55) С. 28–33.
42. Какунзе, А. Ш. Качество семян разнотипных сортов риса в зависимости от суточных колебаний температуры при разном уровне затопления / А. Ш. Какунзе, М. В. Жилина, Г. Л. Зеленский // Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур : Материалы Международной научно-практической конференции и школы молодых ученых по эколого-генетическим основам растениеводства – Краснодар : ФГБНУ «ФНЦ риса», 2022. С 97–101.
43. Какунзе, А. Ш. Корреляция биометрических показателей и продуктивности сортов риса в зависимости от режима затопления/ А. Ш. Какунзе, М. В. Жилина, Г. Л. Зеленский // Advances in Science and Technology / Сборник статей XLIV международной научно-практической конференции Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2022. – С. 8–9.
44. Какунзе, А. Ш. Продуктивность сортов риса в зависимости от режима затопления / А. Ш. Какунзе, М. В. Жилина, Г. Л. Зеленский // Российская наука в современном мире /Сборник статей XLV международной научно-практической конференции. Часть 1 –Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2022. – С. 16-17.
45. Какунзе, А. Ш. Рост и развитие раннеспелых и позднеспелых сортов риса в разных режимах затопления [Электронный ресурс] / А. Ш. Какунзе, Г. Л. Зеленский, М. В. Жилина // Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №08(162). – С. 201–211.
46. Какунзе, А.Ш. Сравнительный анализ посевных качеств некоторых сортов риса в лабораторных условиях / А. Ш. Какунзе, Ж. П. Ндайирагиже, Э. Ф. Нсавьимана, М. В. Жилина, Г. Л. Зеленский // Инновационные

- технологии отечественной селекции и семеноводства. / Сборник тезисов по материалам научно-практической конференции молодых ученых / Отв. за выпуск А.Г. Кощаев. // Краснодар: КубГАУ – 2019. – С. 132–134.
47. Какунзе, А.Ш. Динамика площади листьев в зависимости от условий получения всходов при изучении некоторых сортов риса / А. Ш. Какунзе, Ж. П. Ндайирагиже, Э. Ф. Нсавьимана, В. С. Динкова, М. В. Жилина, Г. Л. Зеленский // Научное обеспечение агропромышленного комплекса АПК. / Отв. за выпуск А. Г. Кощаев. // Краснодар: КубГАУ – 2019. – С. 422–423.
48. Ковалев, В. С. Результаты селекционной работы по рису в России //Рисоводство. – 2016. – №. 3–4. – С. 6–8.
49. Коротенко, Т. Л. Биологические особенности и качество зерна сортов риса отечественной и зарубежной селекции в экологических условиях Кубани / Т.Л. Коротенко, Н. Г. Туманьян и А. А. Петрухненко // Рисоводство. – 2016. – №. 1–2. – С. 23–33.
50. Костылев, П. И. 2013. Генетический анализ наследования высоты растений риса, длины метёлки, числа и массы колоссоков в ней / П. И. Костылев, С. С. Попов // Вестник аграрной науки Дона. – 2013. – №. 2 (22). – С. 63–68.
51. Костылев, П. И. Перспективы использования устойчивого к длительному затоплению риса с геном Sub1 в селекции российских сортов / П. И. Костылев, А. А. Редькин, Е. В. Краснова и И. В. Усатов //Зерновое хозяйство России. – 2015. – №. 4. – С. 37–41.
52. Костылев, П. И. Селекция суходольного риса на засухоустойчивость (обзор) / П. И. Костылев, А. В. Аксенов //Зерновое хозяйство России. – 2021. – №. 4. – С. 15–22.
53. Кошкин, Е. И. Реакция сорного компонента агрофитоценозов на изменение климата / Е. И. Кошкин, И. В. Андреева, Г. Г. Гусейнов, К. Г. Гусейнов //Агрохимия. – 2020. – №. 11. – С. 83–96.
54. Кумейко, Т. Б. Технологические качества зерна риса среднезерных сортов селекции ГНУ ВНИИ риса и селекционной станции SA.PI.SE (Vecelli,

- Италия) / Т. Б. Кумейко, Н. Г. Туманьян, К. К. Ольховская // АПК Юга России: состояние и перспективы: Сборник докладов Региональной науч. – практ. конф., Майкоп, 15–17 окт., 2014. – С. 165–167.
55. Ладатко, М. А. Продуктивность скороспелого сорта риса Азовский при различных условиях выращивания / М. А. Ладатко, А. Г. Зеленский, Г. Л. Зеленский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 165. – С. 33–47.
56. Литвинова, Е. В. Изучение вкладов различных генетических систем в продуктивность риса и создание генетической коллекции сортов отечественной и зарубежной селекции / Е. В. Литвинова, Ю. К. Гончарова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2009. –Т. 21. – С. 407–415.
57. Лось, Г. Д. Методика гибридизации риса / Г. Д. Лось //Рисоводство. – 2007. – №. 10. – С. 42–50.
58. Мазур, Т. Г. Эффективность способов опыления риса при гибридизации / Т. Г. Мазур // Бюл. НТИ ВНИИ риса. –1980. – Вып. XXVII. – С. 31–34.
59. Натальин, Н. Б. Рисоводство / Н. Б. Натальин. – М.: Колос, 1973. – 280 с.
60. Ндайирагиже, Ж. П. Влияние слоя воды на продуктивность и качество семян раннеспелых сортов риса [Электронный ресурс] / Ж. П. Ндайирагиже, А. Ш. Какунзе, Г. Л. Зеленский // Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, №181(07), 2022. 12 с.
61. Овчинников, А. С. Развитие безгербицидного рисоводства на основе режима постоянного затопления и автоматизации полива риса / А. С. Овчинников, Н. В. Островский, В. О. Шишкин, А. А. Пахомов и В. В. Островский// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.– 2020. – №. 3 (59). – С.14–25.
62. Осипов А. В. Изменение свойств и солевого режима рисовых почв современной дельты реки кубани : монография /А. В. Осипов – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 131 с.

63. Островский, Н. В. Система технологических и технических решений для рационального использования водных ресурсов и повышения эффективности орошения при возделывании риса / Н. В. Островский // дисс. на соик. ученой степ. доктора технической наук/Краснодар, 2018. – 359с.
64. Пищенко, Д.А. Эффективность выращивания риса в Краснодарском крае / Д. А. Пищенко, С. В. Гаркуша, С. А. Тешева // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 3 (183). –С. 103–106
65. Почицкая, И. М. Требования к показателям качества и безопасности зерновых культур / И. М. Почицкая, Н. В. Комарова и Е. И. Коваленко //Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – №. 3. – С. 7–13.
66. Рау, А. Г. Влияние температуры слоя воды рисовых чеков на урожайность риса / А. Г. Рау и А. Ш. Бакирова // Рисоводство. – 2019. – №. 2. – С. 48–51.
67. Симакин, А. И. Удобрение, плодородие почв и урожай в условиях интенсивного земледелия / А.И. Симакин. - Изд. 2-е, перераб. и дополн. – Краснодар: Кн. Изд-во, 1988. – 270 с
68. Система рисоводства Краснодарского края. 2-е изд. перераб. и доп. // Авт. колл: К. М. Авакян, В. Д. Агарков, Е. В, Алексеенко и др. Рекомендации / Под общ. ред. Е. М. Харитоновна. – Краснодар: ВНИИ риса, 2011. – 316 с.
69. Система рисоводства Краснодарского края: Рекомендации/ Под общ. ред. Е.М. Харитоновна. – Краснодар: ВНИИ риса, 2005. – 340 с.
70. Скаженник, М. А. Холодостойкость в фазу прорастания риса *Oryza sativa* L. / М. А. Скаженник, В. С. Ковалев, Е. Е. Иваненко, Т. С. Пшеницына // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Сборник научных трудов по мате риалам 13 Международного симпозиума, Москва, 2019. Рос. ун-т дружбы народов. М. 2019, с. 122–124.
71. Скаженник, М. А. Влияние пониженных температур на получение всходов риса / М. А. Скаженник, Н. В. Воробьев, В. С. Ковалев, С. В. Гаркуша, Т. С. Пшеницына, И. В. Балясный // Mechanisms of resistance of plants and microorganisms to unfavorable environmental. – 2018. – С. 708–711.

72. Скаженник, М.А. Уборочный индекс и его связь с формированием урожайности и элементами структуры урожая сортов риса / М.А. Скаженник, Н.В. Воробьев, В.С. Ковалев, А.Ч. Уджуху, И.В. Балясный // Достижения науки и техники АПК, 2017. – Т. 31. – № 2. – С. 29–31.
73. Скаженник, М. А.. Энергия прорастания семян сортов риса и ее связь с образованием всходов. / М. А. Скаженник, Н. В. Воробьев, А. Х. Шеуджен, В. С. Ковалев // Рос. с.-х. наука. – 2016. – № 2–3. – С. 7–9.
74. Скаженник, М. А. Особенности продукционного процесса сортов риса / Скаженник М. А., Воробьев Н. В., Ковалев В. С., Пшеницына Т. С. // Достижения и перспективы развития селекции и возделывания риса в странах с умеренным климатом: Сборник трудов Международной научной конференции : Материалы конференции. Краснодар. – 2015. – С. 127–135.
75. Сметанин, А. П. Методика опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян риса / А. П. Сметанин, В. А. Дзюба, А. И. Апрод. – Краснодар, 1972. – 127 с.
76. Сорокин, В. К. Стерилизация материнских растений риса с помощью высокочастотного генератора УВЧ-60 / В. К. Сорокин // Труды КСХИ. – Краснодар, 1984. – Том 241. – С. 7–11.
77. Строна, И. Г. Общее семеноведение полевых культур / И. Г. Строна – М.: Колос, 1966. – 316 с.
78. Третьяков, Р. В. Применение технических средств при гибридизации растений / Р. В. Третьяков, А. П. Сметанин // Бюл. НТИ ВНИИ риса. – 1973. – Вып. IX. – С. 15–17.
79. Харитонов, Е. М. Проблемы рисоводства в Российской Федерации и пути их решения. Качество риса / Е. М. Харитонов, Н. Г. Туманьян // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №. 11. – С. 14–15.
80. Чамышев А. В. Температурный режим вегетационного периода и урожайность риса в Нижнем Поволжье / А. В. Чамышев и А. А. Чамышев

- //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 3. – №. 31–1. – С. 38–41.
81. Чеботарёв, М. И. Прогностическая оценка ожидаемой урожайности риса на Кубани в 2016–2020 гг/ М. И. Чеботарёв, В. А. Ладатко, Г. А. Галкин //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016– №. 120. – С. 1250–1265.
82. Шабанов, Р. М. Технология возделывания риса при дождевании в условиях аридной зоны Калмыкии / Р. М. Шабанов //дисс. на соиск. ученой степ. канд. технический наук. – Москва. – 2016. – 168с.
83. Шапошникова, А. А. Посевные качества семян скороспелых сортов риса в зависимости от сроков посева и уборки / А. А. Шапошникова, Г. Л. Зеленский // XI Всероссийская конференция молодых ученых, посвященная 95–летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края. – 2017. – С. 91–92.
84. Шаталова, М.В. Изменчивость признака «Угол отклонения листьев от стебля» у вертикальнолистных образцов риса / М.В. Шаталова // В сборнике: Научное обеспечение АПК Сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар. – 2017. – С. 1309–1310.
85. Шаталова, М. В. Способ отбора наиболее продуктивных образцов риса / М. В. Шаталова, Г. Л. Зеленский, А. Ю. Жилин // Патент РФ на изобретение № 2637366 от 04. 12.2017, с приоритетом изобретения 14 июля 2016 г. – 8с.
86. Шаталова, М. В., Использование показателя OMS при отборе высокопродуктивных форм риса / М. В. Шаталова, Г. Л. Зеленский // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса, по итогам НИР за 2015 год, 2016. – С. 39–41.
87. Шеуджен, А. Х. Методика лабораторных, вегетационных и полевых опытов с микроудобрениями в рисоводстве / А. Х. Шеуджен, Г. А. Галкин, Н. Е. Алешин. – Майкоп, –1995. – 44 с

88. Шиловский, В. Н . Влияние изменений климата на стабильность урожая ранее возделываемых сортов риса в условиях Краснодарского края. / В. Н. Шиловский, А. М. Оглы // Зерн. х-во России. 2015, № 4, с. 28–31.
89. Ahmed, F. The addition of submergence-tolerant Sub1 gene into high yielding MR219 rice variety and analysis of its BC<sub>2</sub>F<sub>3</sub> population in terms of yield and yield contributing characters to select advance lines as a variety / F. Ahmed, M. Y. Rafii, M. R. Ismail, A. S. Juraimi, H. A. Rahim, M. A. Latif, M. M. Hasan, F. A. Tanweer // Biotechnology & Biotechnological Equipment, 2016. – V. 30:5. – P. 853–863.
90. Ali, N. Different approaches in direct seeded rice system to avert weed infestation / N. Ali, S. Durrani, M. Abbas, I. Ullah, M. Ishfaq, N. Akbar, A. Rehman, A. Abdul Waheed // International Journal of Scientific & Engineering Research – 2018. – V. 9. – P. 1538–1558.
91. Angulo, C . Yield gap analysis and assessment of climate-induced yield trends of irrigated rice in selected provinces of the Philippines / C. Angulo, M. Becker, R. Wassmann // j. Agr. and Rur. Dev. Trop. and Subtrop. 2012. 113, № 1, с. 61–68.
92. Atique-ur-Rehman, N. World Rice Production: An Overview / N. Atique-ur-Rehman, N. Sarwar, S. Ahmad, M. A. Khan, M. Hasanuzzaman // Modern techniques of rice crop production. Springer, Singapore, 2022. – V. 1. – P. 3–11.
93. Bani, B.B. Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia – a review / B. B. Bani, D. V. Chin, M. Mortiner // Limited proceedings No 2. Los Banos (Philippines) : International Rice Research Institute. – 2000. – 124p.
94. Barman, D. Effect of selection response on F3 and F4 generation for yield and yield component characters in mutant rice strain (*Oryza sativa* L.) / D. Barman, S. P. Borah // APCBEE Procedia. – 2012. – T. 4. – С. 183–187.
95. Bautista, R. C. An Overview of Rice and Rice Quality / R. C. Bautista, P. A. Counce // Cereal Foods World. – 2020. – T. 65. – №. 5.



96. Bidisha, C. Impact of high temperature on pollen germination and spikelet sterility in rice: Comparison between basmati and non-basmati varieties / C. Bidisha, P. K. Aggarwal, S. D. Singh, S. Nagarajan, H. Pathak // Crop and Pasture Sci. 2010. 61, No 5, – . P 363–368.
97. Chauhan, B. S. Weed management in direct-seeded rice systems / B. S. Chauhan // Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 2012. – 20 p.
98. Cheabu, S. Screening for spikelet fertility and validation of heat tolerance in a large rice mutant population / S. Cheabu //Rice Science. – 2019. – T. 26. – №. 4. – C. 229–238.
99. CIRAD. Mémento de l'Agronome. Editions Quae, 2006. 1691 p.
100. Datta, A. Water management in rice / A. Datta, H. Ullah, Z. Ferdous //Rice production worldwide. – Springer, Cham, 2017. – C. 255–277.
101. FAO. Climate-smart agriculture sourcebook. Rome. 2013.
102. FAO. Produire plus avec moins en pratique : le maïs, le riz, le blé. Guide pour une production céréalière durable. Rome, 2016 –124p.
103. FAO. Réponse des rendements à l'eau. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage – 33 ; Rome 1987.
104. FAO. Rice Market Monitor 2018. Rome. 2018.
105. FAO. The State of Food and Agri-culture 2014. Innovation in family farming. Rome. 2014.
106. FAO. The Green Revolution in Asia: Lessons for Africa, by H. Jhamtani. Rome. 2010.
107. Finch-Savage, W. E. Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. / W. E. Finch-Savage, G. W. Bassel // J. Exp. Bot. 2016, 67, – P. 567–591.
108. Hasanuzzaman, M. Advances in rice research for abiotic stress tolerance / M. Hasanuzzaman, M. Fujita , K. Nahar, J. K. Biswas // Woodhead Publishing. – 2018. – 989 c.

109. Hattori, Y. The ethylene response factors SNORKEL1 and SNORKEL2 allow rice to adapt to deep water / Y. Hattori , K. Nagai , S. Furukawa, X-J. Song , R. Kawano , H. Sakakibara , J. Wu , T. Matsumoto , A. Yoshimura , H. Kitano , M. Matsuoka , H. Mori & M. Ashikari //Nature. – 2009. – T. 460. – №. 7258. – C. 1026–1030.
110. Huang, X. Natural variation at the DEP1 locus enhances grain yield in rice. / X. Huang, Q. Qian, Zh. Liu, H. Sun, Sh. He, D. Luo, Xia G. Chu Ch. Guangmin, Li J. Jiayang, X. Fu // Nature Genetics, 2009. – V. 41. – № 4. – P. 493–497.
111. IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change). Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: The Impacts, adaptation and vulnerability (working group III). New York: Cambridge University Press, UK and USA. – 2007.
112. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Final draft Report of Working Group III. Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. – 2014.
113. Jat, M. L. Laser land leveling: A precursor technology for resource conservation / M. L. Jat, P. Chandna, R. Gupta, S. K. Sharma, M. A. Gill //Rice-Wheat consortium technical bulletin series. – 2006. – T. 7. –48p.
114. Kaspary, T. E. Snorkeling strategy: Tolerance to flooding in rice and potential application for weed management / T. E. Kaspary, N. Roma-Burgos and Jr A. Merotto //Genes. – 2020. – T. 11. – №. 9. – P 13.
115. Kato, Y. Increasing flooding tolerance in rice: combining tolerance of submergence and of stagnant flooding / Y. Kato, B. C. Y. Collard, E. M. Septiningsih, A. M. Ismail //Annals of Botany. – 2019. – V. 124. – № 7. – P. 1199-1209.
116. Kaur, J. Yield and quality evaluation of direct seeded basmati rice (*Oryza sativa* L.) under different irrigation and nitrogen regimes / J. Kaur, S. S. Mahal, A. Kaur //Cereal Research Communications. – 2016. – T. 44. – №. 2. – P. 330–340.
117. Kharitonov, E. Problems of growing rice in Russia and ways to solve them/ E. Kharitonov in Advances in temperate rice research.// Jena KK, Hardy B, edi-

- tors.- Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 2012. – P. 85–88.
118. Khush, G. S. Improving yield potential by modifying plant type/ G. S. Khush and S. Peng//In: China and IRRI: Improving China's rice productivity in the 21st century; Denning GL, Mew TW, editors. – 1998. – 14–26 p.
119. Kuanar, S. R. Physiological basis of stagnant flooding tolerance in rice / S. R. Kuanar, A. Ray, S. R. Sethi, K. Chattopadhyay // Rice Science. – 2017. – V. 24. – № 2. – P. 73–84.
120. Maruyama, A. Effects of increasing temperatures on spikelet fertility in different rice cultivars based on temperature gradient chamber experiments./ A. Maruyama, W. M. W. Weerakoon, Y. Wakiyama, K. J. Ohba // Agron. and Crop Sci. 2013. 199, No 6. – P. 416–425.
121. Miro, B. Tolerance of anaerobic conditions caused by flooding during germination and early growth in rice (*Oryza sativa* L.) / B. Miro, A. M. Ismail //Frontiers in plant science. – 2013. – T. 4. – P. 269.
122. Mohammed, A. R. Effects of night temperature, spikelet position and salicylic acid on yield and yield-related parameters of rice (*Oryza sativa* L.) plants. / A. R. Mohammed, L. J. Tarpley // Agron, and Crop Sci. 2011. 197, № 1. – P. 40–49.
123. Naresh, R. K. Evaluation of the laser leveled land leveling technology on crop yield and water use productivity in Western Uttar Pradesh / R. K. Naresh, K. Pardeep, K. Vineet, S. P. Singh, A. K. Misra, S. S. Tomar, K. Sanjeev //African Journal of Agricultural Research. – 2014. – T. 9. – №. 4. – P. 473–478.
124. Nishiyama I. Effects of temperature on the vegetative growth of rice plants / I. Nishiyama //Climate and rice. – 1976. – P. 159–185.
125. Pearce D. M. E. Comparison of growth responses of barnyard grass (*Echinochloa oryzoides*) and rice (*Oryza sativa*) to submergence, ethylene, carbon dioxide and oxygen shortage / D. M. E. Pearce, M. B. Jackson //Annals of Botany. – 1991. – T. 68. – №. 3. – P. 201–209.

126. Pingali, P. Asian Rice Bowls – The returning crisis?/ P. Pingali, M. Hossain, & R. Gerpacio, // In association with IRRI. Wallingford, UK, CABI International. 1997. – 342 p.
127. Pretty, J. N. Sustainable intensification in agricultural systems. / J. N. Pretty, & Z. P. Bharucha, //Invited Review. *Annals of Botany*, 2014. 114 (8). – P. 1571–1596.
128. Radanielina, T. Diversité génétique du riz (*Oryza sativa* L.) dans la région de Vakinankaratra, Madagascar. Structuration, distribution éco-géographique & gestion in situ. /T. Radanielina //Amélioration des plantes. ENSIA (AgroParisTech), – 2010. – 188 p.
129. Rajjou, L. Seed germination and vigor./ L. Rajjou, M. Duval, K. Gallardo, J. Catusse, J. Bally, C. Job, D. Job // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2012. – 63. – P. 507–533.
130. Rao, A. N. Rice Weed Management in the Asian-Pacific Region: An Overview. / A. N. Rao, N. Chandrasena and H. Matsumoto// In: Weed management in rice in the Asian-Pacific region. Asian-Pacific Weed Science Society (APWSS), Hyderabad, 2017 – P . 1–41.
131. Ribeiro-Oliveira, J. P. Acceleration in Germination Sensu stricto Plays a Central Role on Seedling Vigor in Post-Germination./ J. P. Ribeiro-Oliveira, M. A. Bosseli and E. A. A. Da Silva // *Plants*, 2021. – 10. – 2151.
132. Richards, R. A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops / R. A. Richards // *J. Exp. Bot.* – 2000. – Vol. 51. – P. 447–458.
133. Schiller, J. M. Rice in Laos./ J. M. Schiller, M. B. Chanphengxay, B. Linqvist, and S. Appa Rao, editors. // Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute, 2006. – 457 p.
134. Septiningsih, E. M. Genetics and breeding of flooding tolerance in rice / E. M. Septiningsih, D. J. Mackill // *Rice genomics, genetics and breeding.* – Springer, Singapore, 2018. – P. 275–295.
135. Spielman, D. J. The prospects for hybrid rice in India/ D. J. Spielman, D. E. Kolady and P. S. Ward // *Food security.* – 2013. – T. 5. – №. 5. – P. 651–665.

136. Tong, L. Can hot-water emasculation be applied to artificial hybridization of Indica-type Cambodian Rice / L. Tong, T. Yoshida // Plant production science. – 2008. – T. 11. – №. 1. – C. 132–133.
137. Tschardtke, T. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. / T. Tschardtke, T. C. Yann Clough, L. J. Wanger, I. Motzke, I. Perfecto, J. Vendermeer, & A. Whitbread, // Biological Conservation, 2012. – №151. – P. 53–59
138. Voeselek, L. A. C. J. Flood adaptive traits and processes: an overview / L. A. C. J. Voeselek, J. Bailey-Serres // New Phytologist. – 2015. – T. 206. – №. 1. – P. 57–73.
139. Wang, D. Two Rubisco activase isoforms may play different roles in photosynthetic heat acclimation in the rice plant. / D. Wang, X. F. Li, Z. J. Zhou, X. P. Feng, W. J. Yang, D. A. Jiang // Physiol. plant. 2010. 139, №1, P. 55–67.
140. Williams J. F. Managing water for weed control in rice / J. F. Williams, S. R. Roberts, J. E. Hill, S. C. Scardaci, G. Tibbits // IPM project, –California agriculture. – 1990. – T. 44. – №. 5. – P. 7–10.
141. Zelensky, G. L. Ecological and biological bases of the rice variety Lider growing on pesticide-free technology / G. L. Zelensky, O. V. Zelenskaya // Politematicheskij setevoj e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchny`j zhurnal KubGAU) [E`lektronny`j resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №07(071). – P. 71 – 81.

## **Приложения**

Приложение 1. Схема опыта (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

| Вариант<br>(№<br>этикетки) | Сорта<br>(Фактор<br>А– сорт.<br>10<br>сортов) | Условия выращивания<br>(Фактор Б – условия получения<br>всходов. Всходы при слое воды и без<br>него)  | №<br>лизиметра |
|----------------------------|---|---|----------------|
| 1                          | Азовский                                      | Посев семян в увлажненную почву на глубину 1-1,5 см.<br>После появления «шильца» поддерживать почву в увлажнённом состоянии слой воды не более 1-1,5 см.<br>После образования 3 листьев на растении залить слоем воды 5 см и поддерживать слой до фазы кущения<br>После наступления фазы кущения поддерживать уровень воды 5 см.<br>Ширина между рядами 15 см.<br>На каждый вариант 5 рядов | 1              |
| 2                          | Спринт  |   | 1              |
| 3                          | Гамма   |   | 1              |
| 4                          | Титан   |   | 2              |
| 5                          | Атлант  |   | 2              |
| 6                          | Хазар   |   | 2              |
| 7                          | Рапан   |   | 3              |
| 8                          | Олимп   |   | 3              |
| 9                          | Лидер   |   | 4              |
| 10                         | Арбалет                                       |   | 4              |
| 12                         | Азовский                                      | Посев семян в увлажненную почву на глубину 1-1,5 см.<br>После появления «шильца» лизиметры залить слоем воды 15 см.<br>В течении всей вегетации поддерживать слой воды 15 см<br>Ширина между рядами 15 см.<br>На каждый вариант 5 рядов   | 5              |
| 13                         | Спринт  |   | 5              |
| 14                         | Гамма   |   | 5              |
| 15                         | Титан   |   | 6              |
| 16                         | Атлант  |   | 6              |
| 17                         | Хазар   |   | 6              |
| 18                         | Рапан   |   | 7              |
| 19                         | Олимп   |   | 7              |
| 21                         | Лидер   |   | 8              |
| 22                         | Арбалет                                       |   | 8              |
| 23                         | Азовский                                      | Посев семян в увлажненную почву на глубину 1-1,5 см.<br>После появления «шильца» лизиметры залить слоем воды 20 см.<br>В течении всей вегетации поддерживать слой воды 20 см<br>Ширина между рядами 15 см.<br>На каждый вариант 5 рядов   | 9              |
| 24                         | Спринт  |   | 9              |
| 25                         | Гамма   |   | 9              |
| 26                         | Титан   |   | 9              |
| 27                         | Атлант  |   | 9              |
| 28                         | Хазар   |   | 9              |
| 30                         | Рапан   |   | 10             |
| 31                         | Олимп   |   | 10             |
| 33                         | Лидер   |   | 10             |
| 34                         | Арбалет                                       |   | 10             |

Приложение 2. Энергия прорастания, всхожесть и сила роста изучаемых сортов риса при 14 °с (исходного материала) (г. Краснодар, 2019 г.)

|   |          | Лидер | Атлант | Олимп | Рапан | Спринт | Хазар | Гамма | Титан | Арбалет |
|---|----------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|---------|
| Энергия прорастания, %                    |          | 93    | 90     | 91,5  | 72    | 87,5   | 84,5  | 93,5  | 94    | 88      |
| Всхожесть, %                              |          | 98    | 89,5   | 98    | 81,5  | 92     | 87    | 95    | 96    | 96,5    |
| Количество сильных проростков, %          | 5 баллов | 10,5  | 6,5    | 0,5   | 0,5   | 6      | 5,5   | 1     | 0     | 0,5     |
|   | 4 балла  | 15,5  | 12     | 3,5   | 7     | 13     | 11,5  | 6     | 10    | 2,5     |
|   | 3 балла  | 44,5  | 40,5   | 46    | 35    | 41,5   | 46    | 43    | 55    | 37,5    |
| Количество ненормально проросших семян, % |          | 13    | 17,5   | 36    | 29    | 16     | 14,5  | 37,5  | 19    | 38      |
| Количество непроросших семян, %           |          | 2     | 10,5   | 2     | 18,5  | 8      | 13    | 5     | 4,5   | 3,5     |
| Степень поражения грибками, %             |          | 2     | 13     | 6,5   | 0,5   | 5,5    | 5,5   | 4     | 4,5   | 6,5     |



Приложение 3. Характеристика метеорологических условий в период проведения опыта (г. Краснодар, 2019–2021 гг.)

| Месяц    | Декада | Температура воздуха, °С |                                   |             |              | Осадки, Мм |
|----------|--------|-------------------------|-----------------------------------|-------------|--------------|------------|
|          |        | Средняя                 | Отклонение средней от многолетней | минимальная | максимальная |            |
| 2019 г.  |        |                         |                                   |             |              |            |
| Май      | 1      | 16,7                    | 2,0                               | 6,2         | 30,1         | 16,5       |
|          | 2      | 19,5                    | 2,5                               | 10,7        | 30,0         | 9,9        |
|          | 3      | 21,0                    | 1,8                               | 13,2        | 32,5         | 26,9       |
| Июнь     | 1      | 24,2                    | 4,4                               | 14,8        | 32,9         | 9,8        |
|          | 2      | 26,2                    | 5,3                               | 17,5        | 35,8         | 2,3        |
|          | 3      | 25,4                    | 3,8                               | 15,3        | 36,1         | 22,6       |
| Июль     | 1      | 24,1                    | 1,2                               | 13,0        | 33,9         | 1,7        |
|          | 2      | 21,0                    | -2,4                              | 13,1        | 31,5         | 61,4       |
|          | 3      | 23,7                    | -0,1                              | 16,9        | 31,3         | 67,2       |
| Август   | 1      | 21,8                    | -1,9                              | 12,1        | 32,5         | 16,8       |
|          | 2      | 24,0                    | 1,3                               | 14,1        | 34,0         | 20,4       |
|          | 3      | 25,1                    | 3,1                               | 14,9        | 36,0         | 0,0        |
| Сентябрь | 1      | 22,0                    | 2,5                               | 12,8        | 32,7         | 18,3       |
|          | 2      | 19,6                    | 2,0                               | 9,7         | 28,7         | 5,8        |
|          | 3      | 14,2                    | -1,6                              | 6,6         | 24,8         | 16,3       |
| 2020 г.  |        |                         |                                   |             |              |            |
| Май      | 1      | 15,5                    | 0,8                               | 8,8         | 25,4         | 28,3       |
|          | 2      | 17,5                    | 0,6                               | 3,6         | 29,1         | 0,0        |
|          | 3      | 16,4                    | -1,8                              | 5,8         | 29,2         | 61,6       |
| Июнь     | 1      | 21                      | 1,2                               | 10,5        | 34,0         | 17,5       |
|          | 2      | 23,2                    | 2,3                               | 16,3        | 35,0         | 20,1       |
|          | 3      | 24,4                    | 3,3                               | 14,1        | 33,8         | 1,0        |
| Июль     | 1      | 27,1                    | 4,9                               | 15,2        | 38,4         | 18,0       |
|          | 2      | 24,5                    | 1,1                               | 14,4        | 36,9         | 27,7       |
|          | 3      | 24,7                    | 0,8                               | 16,2        | 33,7         | 61,1       |
| Август   | 1      | 25,1                    | 1,4                               | 13,5        | 35,4         | 5,6        |
|          | 2      | 22,8                    | 0,1                               | 12,3        | 35,4         | 0,0        |
|          | 3      | 23,5                    | 1,5                               | 11,8        | 34,6         | 5,1        |
| Сентябрь | 1      | 23,8                    | 4,3                               | 10,4        | 36,2         | 108,5      |
|          | 2      | 20,6                    | 3,0                               | 5,8         | 31,6         | 0,0        |

|         |   |      |      |      |      |      |
|---------|---|------|------|------|------|------|
|         | 3 | 19,5 | 3,7  | 7,1  | 30,5 | 0,9  |
| 2021 г, |   |      |      |      |      |      |
| Май     | 1 | 15,9 | 1,2  | 4,4  | 30,1 | 16,5 |
|         | 2 | 18,0 | 2,1  | 6,5  | 30,0 | 39,0 |
|         | 3 | 19,8 | 1,6  | 10,5 | 32,5 | 9,2  |
| Июнь    | 1 | 18,0 | -1,8 | 10,8 | 32,9 | 20,4 |
|         | 2 | 22,4 | 1,5  | 11,4 | 35,8 | 49,1 |
|         | 3 | 24,8 | 3,2  | 16,8 | 36,1 | 39,1 |
| Июль    | 1 | 25,0 | 2,1  | 17,1 | 33,9 | 16,0 |
|         | 2 | 28,2 | 4,8  | 16,2 | 31,5 | 0,0  |
|         | 3 | 25,4 | 1,5  | 15,4 | 31,3 | 12,4 |
| Август  | 1 | 27,6 | 3,9  | 19,8 | 32,5 | 9,7  |
|         | 2 | 23,8 | 1,1  | 17,8 | 34,0 | 63,0 |
|         | 3 | 25,5 | 3,5  | 17,3 | 36,0 | 2,3  |

Приложение 4. Высота исследуемых сортов при трех условиях затопления в начале вегетационного периода, см (г. Краснодар, 2020 г.)

| Сорт     | Слой воды, см | Всходы /2-3 листа | Всходы /3-4 листа | Кущение, |
|----------|---------------|-------------------|-------------------|----------|
| Рапан    | 5             | 10,82             | 27,27             | 45,02    |
|          | 15            | 11,83             | 37,84             | 49,56    |
|          | 20            | 15,84             | 43,74             | 51,68    |
| Азовский | 5             | 12,01             | 35,68             | 57,03    |
|          | 15            | 13,44             | 34,02             | 50,69    |
|          | 20            | 21,2              | 40,0              | 47,76    |
| Спринт   | 5             | 14,31             | 41,42             | 68,76    |
|          | 15            | 15,82             | 40,52             | 53,82    |
|          | 20            | 21,38             | 44,16             | 52,5     |
| Гамма    | 5             | 12,47             | 28,78             | 49,53    |
|          | 15            | 13,71             | 33,39             | 42,91    |
|          | 20            | 19,5              | 40,36             | 46,6     |
| Титан    | 5             | 12,43             | 27,67             | 48,87    |
|          | 20            | 16,5              | 41,4              | 45,7     |
|          | 15            | 16,42             | 35,29             | 51,96    |
| Атлант   | 5             | 12,96             | 28,19             | 47,93    |
|          | 20            | 17,18             | 37,06             | 39,6     |
|          | 15            | 14,76             | 34,56             | 48,92    |
| Хазар    | 5             | 12,10             | 30,44             | 48,24    |
|          | 15            | 16,38             | 35,84             | 51,20    |
|          | 20            | 18,38             | 37,98             | 42,6     |
| Олимп    | 15            | 11,73             | 34,20             | 46,04    |
|          | 5             | 9,61              | 27,46             | 49,17    |
|          | 20            | 14,86             | 42,06             | 50,76    |
| Лидер    | 5             | 11,73             | 28,43             | 49,21    |
|          | 15            | 15,69             | 38,59             | 53,01    |
|          | 20            | 16,32             | 44,96             | 53,76    |
| Арбарет  | 5             | 11,34             | 31,36             | 50,29    |
|          | 15            | 14,17             | 39,64             | 52,11    |
|          | 20            | 15,32             | 41,76             | 52,96    |

Приложение 5. Колебание суточных температур при различных режимах затопления, г. Краснодар, 2022 гг.

| Дата     | Утро |      | Вечер |      | d1   | d2   |
|----------|------|------|-------|------|------|------|
|          | 5см  | 20см | 5см   | 20см |      |      |
| 11-05-22 | 16,0 |      |       |      |      |      |
| 12-05-22 | 16,0 |      |       |      |      |      |
| 13-05-22 | 16,0 |      | 21,0  |      | 5,0  |      |
| 14-05-22 | 14,0 |      | 21,0  |      | 7,0  |      |
| 15-05-22 | 14,5 |      | 21,5  |      | 7,0  |      |
| 16-05-22 | 14,5 |      | 21,5  |      | 7,0  |      |
| 17-05-22 | 16,5 |      | 20,5  |      | 4,0  |      |
| 18-05-22 | 16,0 |      | 20,0  |      | 4,0  |      |
| 19-05-22 | 15,0 |      | 20,0  |      | 5,0  |      |
| 20-05-22 | 15,0 |      | 18,5  |      | 3,5  |      |
| 21-05-22 | 17,0 |      | 19,0  |      | 2,0  |      |
| 22-05-22 | 17,0 |      | 21,0  |      | 4,0  |      |
| 23-05-22 | 15,0 |      | 21,5  |      | 6,5  |      |
| 24-05-22 | 15,0 |      | 21,0  |      | 6,0  |      |
| 25-05-22 | 15,5 |      | 24,0  |      | 8,5  |      |
| 26-05-22 | 16,0 |      | 24,5  |      | 8,5  |      |
| 27-05-22 | 18,5 |      | 25,0  |      | 6,5  |      |
| 28-05-22 | 18,5 |      | 26,5  |      | 8,0  |      |
| 29-05-22 | 19,0 |      | 28,5  |      | 9,5  |      |
| 30-05-22 | 19,0 | 21,0 | 29,0  | 32,0 | 10,0 | 11,0 |
| 31-05-22 | 20,0 | 21,0 | 28,5  | 29,0 | 8,5  | 8,0  |
| 01-06-22 | 21,0 | 22,5 | 28,0  | 28,0 | 7,0  | 5,5  |
| 02-06-22 | 21,0 | 21,0 | 28,0  | 26,0 | 7,0  | 5,0  |
| 03-06-22 | 21,0 | 21,0 | 27,5  | 26,0 | 6,5  | 5,0  |
| 04-06-22 | 21,0 | 21,0 | 28,5  | 25,0 | 7,5  | 4,0  |
| 05-06-22 | 22,5 | 22,5 | 29,5  | 26,0 | 7,0  | 3,5  |
| 06-06-22 | 23,0 | 23,0 | 30,0  | 25,5 | 7,0  | 2,5  |
| 07-06-22 | 18,5 | 19,0 | 29,0  | 27,0 | 10,5 | 8,0  |
| 08-06-22 | 19,0 | 19,0 | 27,0  | 26,0 | 8,0  | 7,0  |
| 09-06-22 | 19,5 | 19,0 | 25,5  | 24,5 | 6,0  | 5,5  |
| 10-06-22 | 21,0 | 21,0 | 25,5  | 24,5 | 4,5  | 3,5  |
| 11-06-22 | 21,0 | 20,0 | 29,5  | 28,5 | 8,5  | 8,5  |
| 12-06-22 | 21,5 | 21,0 | 26,5  | 25,0 | 5,0  | 4,0  |
| 13-06-22 | 20,5 | 20,5 | 28,5  | 26,5 | 8,0  | 6,0  |
| 14-06-22 | 25,5 | 25,0 | 27,0  | 26,0 | 1,5  | 1,0  |
| 15-06-22 | 23,5 | 22,5 | 26,5  | 24,0 | 3,0  | 1,5  |
| 16-06-22 | 20,5 | 20,0 | 25,5  | 24,0 | 5,0  | 4,0  |
| 17-06-22 | 20,5 | 20,5 | 24,5  | 22,5 | 4,0  | 2,0  |
| 18-06-22 | 21,0 | 20,0 | 27,0  | 25,0 | 6,0  | 5,0  |

Продолжение приложения 5

|          |      |      |      |      |     |      |
|----------|------|------|------|------|-----|------|
| 19-06-22 | 23,5 | 22,0 | 28,0 | 24,0 | 4,5 | 2,0  |
| 20-06-22 | 24,5 | 22,5 | 29,0 | 23,5 | 4,5 | 1,0  |
| 21-06-22 | 23,5 | 23,0 | 28,5 | 27,5 | 5,0 | 4,5  |
| 22-06-22 | 23,5 | 23,0 | 27,5 | 26,0 | 4,0 | 3,0  |
| 23-06-22 | 19,0 | 19,5 | 26,0 | 25,0 | 7,0 | 5,5  |
| 24-06-22 | 19,0 | 19,5 | 26,5 | 25,0 | 7,5 | 5,5  |
| 25-06-22 | 20,5 | 21,0 | 23,5 | 25,0 | 30  | 4,0  |
| 26-06-22 | 20,5 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 0,5 | 0,0  |
| 27-06-22 | 21,0 | 22,0 | 24,0 | 24,5 | 3,0 | 2,5  |
| 28-06-22 | 21,0 | 21,0 | 24,0 | 23,5 | 3,0 | 2,5  |
| 29-06-22 | 21,5 | 20,5 | 28,0 | 26,0 | 6,5 | 5,5  |
| 30-06-22 | 20,5 | 21,5 | 26,5 | 26,0 | 6,0 | 4,5  |
| 01-07-22 | 21,5 | 23,5 | 28,0 | 26,0 | 6,5 | 2,5  |
| 02-07-22 | 22,5 | 23,5 | 25,5 | 26,0 | 3,0 | 2,5  |
| 03-07-22 | 22,0 | 22,0 | 25,0 | 25,0 | 3,0 | 3,0  |
| 04-07-22 | 21,5 | 22,0 | 26,5 | 25,5 | 5,0 | 3,5  |
| 05-07-22 | 22,5 | 23,0 | 26,5 | 25,5 | 4,0 | 2,5  |
| 06-07-22 | 23,5 | 23,5 | 26,5 | 27,0 | 3,0 | 3,5  |
| 07-07-22 | 23,5 | 23,5 | 26,5 | 26,5 | 3,0 | 3,0  |
| 08-07-22 | 24,0 | 24,0 | 27,0 | 26,5 | 3,0 | 2,5  |
| 09-07-22 | 24,0 | 24,5 | 27,0 | 26,5 | 3,0 | 2,0  |
| 10-07-22 | 24,0 | 24,5 | 27,5 | 27,5 | 3,5 | 3,0  |
| 11-07-22 | 23,5 | 24,5 | 27,5 | 27,0 | 4,0 | 2,5  |
| 12-07-22 | 23,5 | 24,0 | 27,5 | 26,0 | 4,0 | 2,0  |
| 13-07-22 | 23,5 | 23,5 | 27,5 | 25,5 | 4,0 | 2,0  |
| 14-07-22 | 23,0 | 23,5 | 27,0 | 26,5 | 4,0 | 3,0  |
| 15-07-22 | 22,5 | 23,0 | 26,5 | 26,0 | 4,0 | 3,0  |
| 16-07-22 | 22,5 | 23,0 | 26,5 | 26,0 | 4,0 | 3,0  |
| 17-07-22 | 23,0 | 23,5 | 26,5 | 26,5 | 3,5 | 3,0  |
| 18-07-22 | 23,0 | 23,5 | 26,5 | 25,5 | 3,5 | 2,0  |
| 19-07-22 | 23,0 | 23,5 | 25,5 | 24,5 | 2,5 | 1,0  |
| 20-07-22 | 22,5 | 23,5 | 25,5 | 24,5 | 3,0 | 1,0  |
| 21-07-22 | 22,5 | 23,5 | 25,5 | 24,5 | 3,0 | 1,0  |
| 22-07-22 | 22,5 | 23,5 | 25,5 | 23,0 | 3,0 | -0,5 |
| 23-07-22 | 22,5 | 23,5 | 22,5 | 23,0 | 0,0 | -0,5 |
| 24-07-22 | 22,5 | 22,5 | 24,0 | 23,5 | 1,5 | 1,0  |
| 25-07-22 | 22,5 | 23,0 | 24,5 | 24,0 | 2,0 | 1,0  |
| 26-07-22 | 22,5 | 23,0 | 26,5 | 25,5 | 4,0 | 2,5  |
| 27-07-22 | 23,0 | 23,5 | 25,5 | 25,0 | 2,5 | 1,5  |
| 28-07-22 | 23,5 | 24,0 | 26,5 | 26,0 | 3,0 | 2,0  |
| 29-07-22 | 24,5 | 25,0 | 26,5 | 26,0 | 2,0 | 1,0  |
| 30-07-22 | 25,0 | 25,5 | 27,5 | 27,0 | 2,5 | 1,5  |
| 31-07-22 | 25,0 | 25,5 | 29,5 | 27,0 | 4,5 | 1,5  |

Продолжение приложения 5

|          |      |      |      |      |     |     |
|----------|------|------|------|------|-----|-----|
| 01-08-22 | 25,0 | 25,0 | 28,5 | 27,5 | 3,5 | 2,5 |
| 02-08-22 | 25,5 | 25,5 | 29,5 | 27,0 | 4,0 | 1,5 |
| 03-08-22 | 25,0 | 25,0 | 29,0 | 27,0 | 4,0 | 2,0 |
| 04-08-22 | 24,5 | 24,5 | 26,5 | 26,5 | 2,0 | 2,0 |
| 05-08-22 | 24,0 | 24,5 | 26,0 | 25,5 | 2,0 | 1,0 |
| 06-08-22 | 24,0 | 24,5 | 26,5 | 25,0 | 2,5 | 0,5 |
| 07-08-22 | 24,5 | 24,5 | 27,0 | 25,0 | 2,5 | 0,5 |
| 08-08-22 | 25,5 | 25,0 | 27,0 | 25,5 | 1,5 | 0,5 |
| 09-08-22 | 25,5 | 25,5 | 27,5 | 26,0 | 2,0 | 0,5 |
| 10-08-22 | 25,5 | 25,5 | 27,5 | 26,0 | 2,0 | 0,5 |
| 11-08-22 | 26,0 | 25,5 | 28,0 | 26,0 | 2,0 | 0,5 |
| 12-08-22 | 26,0 | 25,5 | 28,5 | 26,5 | 2,5 | 1,0 |
| 13-08-22 | 25,5 | 25,5 | 28,5 | 26,5 | 3,0 | 1,0 |
| 14-08-22 | 25,5 | 25,0 | 28,5 | 26,5 | 3,0 | 1,5 |
| 15-08-22 | 26,5 | 26,0 | 29,5 | 28,5 | 3,0 | 2,5 |
| 16-08-22 | 26,5 | 26,0 | 29,5 | 28,5 | 3,0 | 2,5 |
| 17-08-22 | 26,5 | 26,0 | 29,5 | 28,5 | 3,0 | 2,5 |
| 18-08-22 | 26,0 | 26,0 | 29,5 | 28,5 | 3,5 | 2,5 |
| 19-08-22 | 26,0 | 26,0 | 29,0 | 27,5 | 3,0 | 1,5 |
| 20-08-22 | 26,0 | 25,5 | 29,0 | 27,0 | 3,0 | 1,5 |
| 21-08-22 | 25,5 | 25,5 | 29,0 | 27,0 | 3,5 | 1,5 |
| 22-08-22 | 25,5 | 25,5 | 29,0 | 27,0 | 3,5 | 1,5 |
| 23-08-22 | 26,0 | 25,0 | 27,0 | 26,0 | 1,0 | 1,0 |
| 24-08-22 | 26,0 | 25,0 | 27,0 | 25,5 | 1,0 | 0,5 |
| 25-08-22 | 25,0 | 25,0 | 27,0 | 25,5 | 2,0 | 0,5 |
| 26-08-22 | 26,5 | 24,5 | 27,0 | 25,0 | 0,5 | 0,5 |
| 27-08-22 | 26,5 | 25,0 | 27,5 | 26,5 | 1,0 | 1,5 |
| 28-08-22 | 27,0 | 25,5 | 29,0 | 27,0 | 2,0 | 1,5 |
| 29-08-22 | 26,0 | 25,5 | 28,5 | 27,0 | 2,5 | 1,5 |
| 30-08-22 | 26,0 | 25,5 | 27,5 | 26,5 | 1,5 | 1,0 |
| 31-08-22 | 26,0 | 26,0 | 28,5 | 26,5 | 2,5 | 0,5 |

Приложение 6. Темпы роста растений F3 в вегетационии периоде, г.  
Краснодар, 2022 гг.

| Гибридная<br>Популяция | слое<br>воды | 1-6   | 5-6   | 10-6  | 15-6  | 20-6  | 25-6  | 30-6  | 5-7   |
|------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Атлант                 | 5            | 8,20  | 14,04 | 28,96 | 34,62 | 40,12 | 43,42 | 55,32 | 62,62 |
| Спринт                 | 5            | 12,70 | 28,16 | 36,84 | 43,56 | 49,54 | 58,36 | 70,62 | 81,32 |
| Атлант/Спринт          | 5            | 11,90 | 27,04 | 33,91 | 36,11 | 42,77 | 49,28 | 63,86 | 73,87 |
| Титан                  | 5            | 6,18  | 16,66 | 27,66 | 30,32 | 37,18 | 41,40 | 48,10 | 52,06 |
| Атлант/Титан           | 5            | 10,86 | 22,48 | 27,41 | 32,56 | 39,66 | 45,94 | 54,30 | 61,02 |
| Лидер                  | 5            | 5,64  | 18,48 | 25,74 | 33,06 | 39,02 | 45,24 | 51,00 | 55,74 |
| Атлант/Лидер           | 5            | 9,62  | 19,91 | 29,84 | 32,43 | 41,16 | 47,19 | 62,42 | 67,11 |
| Спринт/Лидер           | 5            | 15,84 | 29,23 | 37,72 | 41,50 | 47,51 | 53,09 | 63,25 | 73,23 |
| Азовский               | 5            | 9,16  | 18,66 | 29,10 | 31,82 | 36,36 | 43,30 | 49,28 | 57,00 |
| Атлант/Азовский        | 5            | 9,26  | 20,49 | 30,18 | 34,12 | 43,97 | 49,37 | 58,91 | 65,39 |
| Атлант                 | 20           | 8,18  | 25,32 | 33,48 | 36,68 | 43,74 | 46,00 | 52,60 | 52,88 |
| Спринт                 | 20           | 18,00 | 32,54 | 46,54 | 50,62 | 54,82 | 58,96 | 66,36 | 72,14 |
| Атлант/Спринт          | 20           | 17,70 | 34,05 | 42,85 | 48,73 | 49,33 | 54,14 | 64,17 | 68,15 |
| Титан                  | 20           | 17,38 | 30,58 | 42,82 | 47,46 | 48,58 | 52,00 | 58,98 | 67,30 |
| Атлант/Титан           | 20           | 15,72 | 30,07 | 43,48 | 46,04 | 49,07 | 53,53 | 63,37 | 70,53 |
| Лидер                  | 20           | 10,66 | 25,20 | 41,60 | 43,24 | 45,40 | 48,26 | 52,40 | 56,44 |
| Атлант/Лидер           | 20           | 12,76 | 26,77 | 41,23 | 42,29 | 45,17 | 50,45 | 57,55 | 63,35 |
| Спринт/Лидер           | 20           | 18,84 | 33,44 | 51,12 | 53,23 | 56,78 | 59,50 | 69,93 | 83,13 |
| Азовский               | 20           | 13,54 | 26,78 | 41,62 | 42,28 | 42,46 | 44,70 | 52,16 | 62,00 |
| Атлант/Азовский        | 20           | 15,68 | 30,29 | 41,89 | 43,91 | 48,08 | 52,80 | 61,77 | 68,01 |

Приложение 7. Фотоматериалы вегетационных опытов, г. Краснодар, 2019–2021 гг.



Затопление воды после появления шильца



Угол между стеблем и листом



Минимальное затопление, слой воды 5 см



Затопление слоем воды 20 см





Высота растения при слое воды 5 см



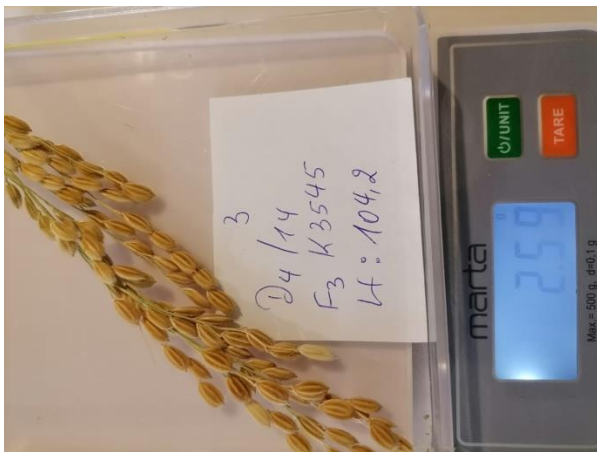
Высота растения при слое воды 15 см



F<sub>3</sub> Атлант/Азовский: раннеспелые, в начале фазы полной спелости и 75 % делянки в фазе восковой спелости (слой воды 20 см)



F<sub>3</sub> Атлант/Титан в фазе полной спелости (слой воды 20 см)



F<sub>3</sub> Спринг/Лидер : масса метёлки



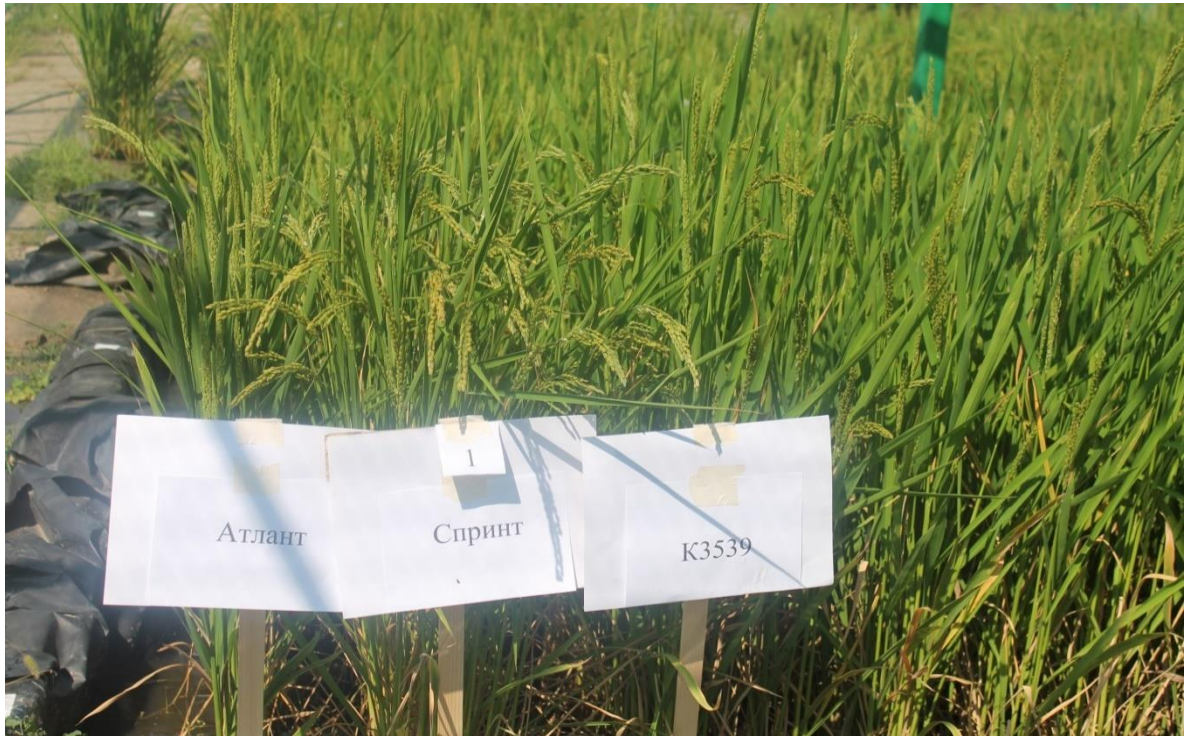
F<sub>3</sub> Атлант/Титан : масса выполненных зерен с метёлки



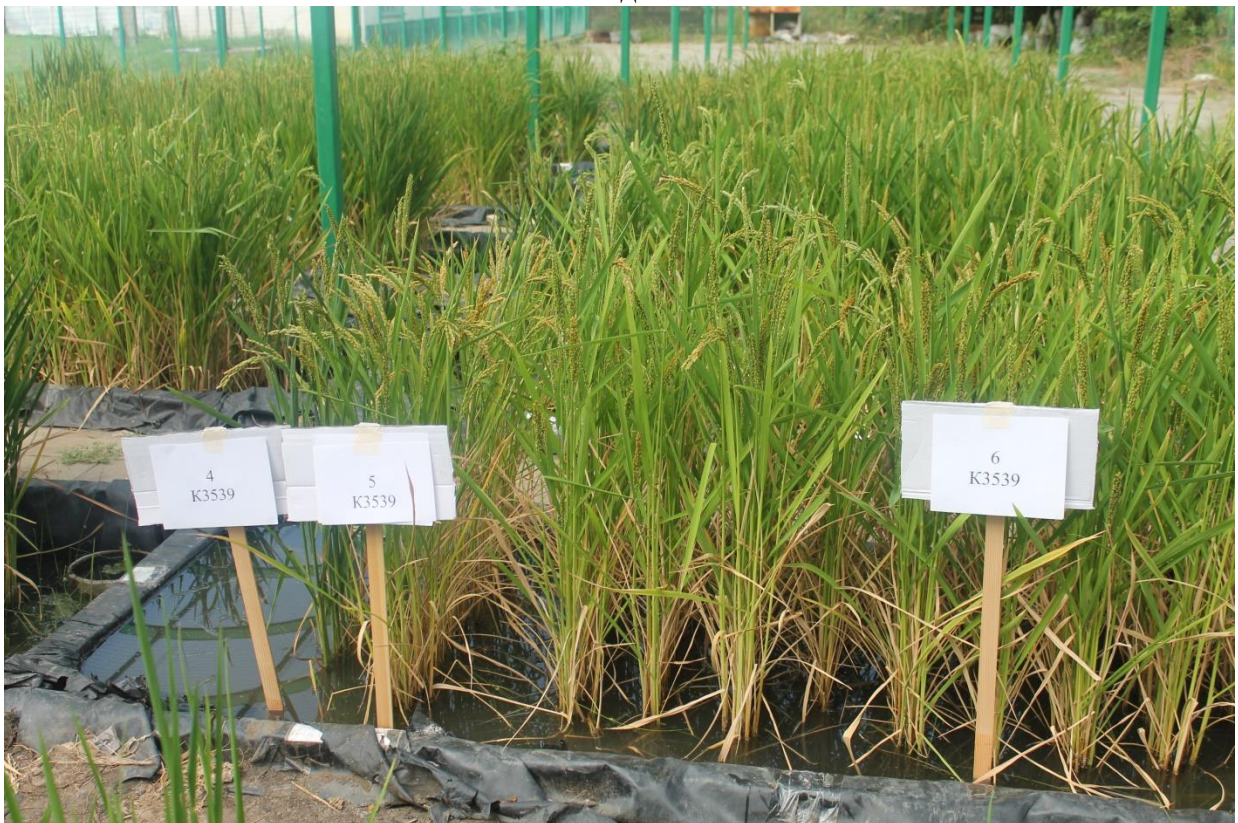
F<sub>3</sub> Спринг/Лидер при слое воды 20 см



Спринг и гибриды F<sub>3</sub> в конце фазы восковой спелости, Лидер в фазе молочной спелости (слой воды 20 см)



Родительские формы (Атлант и Спринт) и их гибриды  $F_3$  в фазе молочной спелости при слое воды 5 см



Родительские формы (Атлант и Спринт) и их гибриды  $F_3$  в фазе молочной спелости при слое воды 20 см