

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-194-201>
УДК: 633.18:631.531:581.111

Т.Л. Коротенко^{1*}, Л.В. Есаулова¹,
Е.Е. Чичарова¹, П.В. Будунова^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса» 350921, Россия, Краснодар, пос. Белозерный, 3

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13

*Автор для переписки: korotenko.tatyan@mail.ru

Финансирование. Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, грант № 075-15-2025-574, по проекту НЦМУ «Центр современной селекции сельскохозяйственных растений».

Вклад авторов: Коротенко Т.Л.: концептуализация, методология, верификация данных, формальный анализ, администрирование данных, создание черновика рукописи. Есаулова Л.В.: концептуализация, методология, создание рукописи и ее редактирование. Чичарова Е.Е.: проведение исследования. Будунова П.В.: проведение исследования, верификация данных, формальный анализ. Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Коротенко Т.Л., Есаулова Л.В., Чичарова Е.Е., Будунова П.В. Оценка влияния водного режима на ростовые процессы семян сортов *Oryza sativa* subsp. *japonica* Kato для оптимизации выращивания риса по безгербицидной технологии. Овощи России. 2025;(6):194-201.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-194-201>

Поступила в редакцию: 01.10.2025

Принята к печати: 19.11.2025

Опубликована: 18.12.2025

Tatyana L. Korotenko^{1*}, Lyubov V. Esaulova¹,
Evgeniya E. Chicharova¹, Polina V. Budunova^{1,2}

¹Federal State Budgetary Scientific Institution, Federal Scientific Rice Centre Belozerny, 3, Krasnodar, Russian Federation, 350921

²Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin 13, Kalinina St., Krasnodar, Russian Federation, 350044

*Correspondence Author: korotenko.tatyan@mail.ru

Funding. The article was prepared with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, grant No. 075-15-2025-574, under the project "Center for Modern Plant Breeding".

Authors' Contribution: Korotenko T.L.: conceptualization, methodology, validation, formal analysis, data curation, writing – original draft. Esaulova L.V.: conceptualization, methodology, writing – review & editing. Chicharova E.E.: investigation, resources. Budunova P.V.: investigation, validation, formal analysis. All authors have read and approved the final manuscript

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interests.

For citation: Korotenko T.L., Esaulova L.V., Chicharova E.E., Budunova P.V. Evaluation of the effect of water regime on the growth processes of *Oryza sativa* subsp. *japonica* Kato seeds for optimizing rice cultivation using herbicide-free technology. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(6):194-201. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-194-201>

Received: 01.10.2025

Accepted for publication: 19.11.2025

Published: 18.12.2025

Оценка влияния водного режима на ростовые процессы семян сортов *Oryza sativa* subsp. *japonica* Kato для оптимизации выращивания риса по безгербицидной технологии

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Наряду со всхожестью, способность проростков риса преодолевать слой воды для формирования оптимальной густоты всходов и хорошего урожая имеет основополагающее значение. Рис является гидрофитом, на Кубани его выращивают с применением технологии затопления слоем воды для повышения экологичности отрасли рисоводства и сокращения применения гербицидов. Полевая всхожесть семян существенно ниже лабораторной, что связывают с сортовыми особенностями в физиологии их прорастания и морфологическими параметрами проростков для преодоления слоя затопленной почвы. Актуальным является выяснение особенностей сортов риса по толерантности к затоплению в фазу всходов. Цель исследований: оценить особенности морфологических параметров проростков сортов риса в условиях увлажнения и затопления, скорость прироста на начальной стадии и интенсивность роста растений в течение всей вегетации риса для оптимизации подходов при возделывании.

Материалы и методы. Исследования проведены на базе группы УНУ (уникальная научная установка) «Федерального научного центра риса», с привлечением в эксперимент 15 сортов из Биоресурсной коллекции риса. Лабораторные опыты по оценке жизнеспособности семян и интенсивности роста проростков были заложены в двух вариантах: в 10 см слое воды в стеклянных сосудах и на увлажнении в чашках Петри при одинаковом температурном режиме. Выращивание растений этих же сортов в полевых условиях на орошаемом участке проводили согласно общепринятым методикам и технологии выращивания риса в Краснодарском крае.

Результаты. Анализ полученных данных показал, при выращивании риса следует учитывать реакцию сортов на режим орошения и интенсивность роста в начальной фазе прорастания. Практически у всех сортов затопление слоем воды приводило к уменьшению длины проростка и главного зародышевого корешка. В среднем за 14 суток по сортам отмечено отставание в росте шильца у семян риса под слоем воды на 2,36 см, а корешка на 6,72 см по сравнению с вариантом на увлажнении. Однако у ряда сортов проростки успешно преодолевали слой воды, процент таковых составлял 80-100 у сортов: Авангард, Кубань 3, Яхонт и Стромбус; более 50 % – у сортов: Виктория, Арал 22, Каурус, Форсаж и Лидер. В полевых условиях высокая скорость прироста длины стебля в сутки за весь период вегетации отмечена у высокорослых сортов: Кубань 3, Авангард, Маржан и Стромбус (0,89-1,01 см/сут.). Зафиксировано, что самая низкая скорость прорастания семян в 10 см слое воды наблюдалась у сортов Маржан, Флагман, Полус-5 и Юниор.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

рис, сорт, водный режим, динамика прорастания семян, морфология проростков

Evaluation of the effect of water regime on the growth processes of *Oryza sativa* subsp. *japonica* Kato seeds for optimizing rice cultivation using herbicide-free technology

ABSTRACT

Relevance. Along with germination, the ability of rice seedlings to overcome a layer of water in order to form an optimal density of seedlings and a good harvest is of fundamental importance. Rice is a hydrophite, and in the Kuban region, it is grown using the technology of flooding with a layer of water to improve the environmental friendliness of the rice industry and reduce the use of herbicides. The field germination of seeds is significantly lower than the laboratory germination, which is associated with the varietal characteristics of their germination physiology and the morphological parameters of the seedlings to overcome the layer of flooded soil. It is important to determine the tolerance of rice varieties to flooding during the germination phase.

Purpose of research. To evaluate the features of morphological parameters of rice varieties seedlings under conditions of humidification and flooding, the rate of growth at the initial stage and the intensity of plant growth throughout the rice vegetation for the optimization of approaches in cultivation.

Materials and Methods. The research was conducted on the basis of the USU (Unique Scientific Unit) group of the Federal Scientific Rice Center, with the involvement of 15 varieties from the Rice Bioresource Collection in the experiment. Laboratory experiments on assessing the viability of seeds and the growth intensity of seedlings were conducted in two variants: in a 10 cm layer of water in glass containers and on moistening in Petri dishes at the same temperature. The cultivation of these same varieties in a field on an irrigated plot was carried out according to the generally accepted methods and technologies of rice cultivation in the Krasnodar Territory.

Results. The analysis of the obtained data showed that when growing rice, it is necessary to take into account the reaction of the varieties to the irrigation regime and the intensity of growth in the initial germination phase. In almost all varieties, flooding with a layer of water led to a decrease in the length of the seedling and the main embryonic root. On average, over a period of 14 days, the growth of the rice seedling under a layer of water was 2.36 cm shorter and the root was 6.72 cm shorter compared to the moistened variant. However, in a number of varieties, the seedlings successfully overcame the water layer, the percentage of such was 80-100 for varieties: Avangard, Kuban 3, Yakhont and Strombus; more than 50% for varieties: Victoria, Aral 22, Kauris, Fast and Furious and Leader. In the field, a high rate of increase in stem length per day over the entire growing season was observed in tall varieties: Kuban 3, Avangard, Marzhan and Strombus (0.89-1.01 cm/day). It was recorded that the lowest seed germination rate in a 10 cm layer of water was observed in the Marzhan, Flagman, Polus-5, and Junior varieties.

KEYWORDS:

rice, variety, water regime, seed germination dynamics, seedling morphology

Введение

Рис – единственная в мире культура, полностью обеспеченная почвенной влагой, однако урожайность риса по странам и регионам колеблется в широких пределах от 2-3 до 10 т/га. Необходимость увеличения производства риса заставляет ученых всего мира изучать ограничительные факторы биологического потенциала культуры, в числе которых рассматривают климатические стрессоры, засоление почв, избыток или дефицит воды. Отрицательное воздействие неблагоприятных факторов может быть снижено в результате морфобиотипного разнообразия сортов риса, способного обеспечивать высокую и стабильную продуктивность в различных условиях выращивания [1].

Многообразие культурных форм риса выращивают в мире в различных гидрологических условиях, таких как орошаемые, затопляемые, богарные равнины, высокогорье, возвышенности и пойменные экосистемы [2]. Селекция культуры и ее адаптация к различным средам привели к многочисленным сортам риса, при этом для развития современной селекции на адаптивность ученые рекомендуют уделять больше внимания зародышевой плазме со специфическими физиологическими характеристиками и созданием промежуточных исходных форм. В селекционных программах Китая, Бразилии и Филиппин был разработан новый класс адаптированных к высокогорным условиям аэробных сортов с улучшенной устойчивостью к полеганию, индексом урожая и отзывчивостью. Главной особенностью, отличающей аэробные сорта риса от других, является их способность сохранять высокое производство биомассы и индекс урожая как в благоприятных, так и в стрессовых условиях горной местности [3]. Изучение 692 местных сортов из базовой коллекции зародышевой плазмы риса в Китае показало, что дифференциация между почвенно-водянистыми экотипами у подвида *japonica* более четкая, чем *subsp indica*. Позднеспелые сорта риса подвида индика чаще культивируют рассадным способом, выращивая на террасах под небольшим слоем воды [4, 5].

Ученые из Международного института риса (IRRI, Филиппины) отмечают, что недостаток пресной воды – это надвигающийся кризис и сокращение ее потребления с помощью аэробной системы производства риса, в отличие от традиционной системы орошаемых низменностей, позволит смягчить потенциальный дефицит водных ресурсов. Во всем мире 70% забора воды используется в орошаемом земледелии [6]. Водный режим в течение вегетационного периода сильно влияет на рост растений риса, взаимосвязан с урожайностью и качеством риса [7]. Наряду с внесением удобрений управление водными ресурсами позиционируется как важный метод для контроля роста растений. В нынешней ситуации масштабного увеличения площади рисовых полей поточное (непрерывное) затопление затруднено, поскольку требует большого количества поливной воды. Yuji Matsue (2021) отмечает, что прерывистое орошение в период созревания риса негативно влияет на степень налива зерна и его качество, чем при затоплении, что вероятно связано с поддержанием активности корней в период созревания [8]. При этом у ученых нет единого мнения о том, как влажность почвы и режим орошения влияют на физиологию риса, налив зерна и урожайность. Это связано со сложным местным климатом и агротехническими схемами земледелия в рисопроизводящих странах. Чтобы справиться с растущей нехваткой пресных водных ресурсов, в систе-

мах выращивания риса внедряют водосберегающее прерывистое орошение [9].

Прямой посев риса связан с периодическим затоплением, однако сорта по-разному переносят длительное затопление. В некоторых рисопроизводящих регионах урожай страдает от наводнений, когда рис погружается под воду на срок более 10 дней. Риск заключается в снижении числа всхожих семян и преодолевших слой воды, что приводит к потере урожая. Созревающий рис может переносить полное погружение в воду в течении 3-7 суток, а затем отмечается гибель растений. Как отмечает Макунду Аларик (2005), генофонд устойчивых к погружению сортов риса скуден, поэтому для достижения успеха необходим поиск новых доноров, толерантных к переувлажнению. Уже на ранней стадии роста по величине coleoptilia можно прогнозировать способность к росту проростков в фазу всходов. Высокие темпы роста проростков у риса обеспечивают лучшую полевую всхожесть, создавая оптимальную густоту стояния растений [10]. Известно, что низкокислородный стресс замедляет прорастание семян, задерживает приживаемость, а иногда и приводит к гибели проростков риса прямого посева. Однако у толерантных генотипов выживаемость выше, их семена имеют более высокую активность амилазы, анаэробное дыхание и экспрессию гена *RAmy3D*, при проращивании сохраняют способность использовать накопленные запасы крахмала [11].

Традиционная технология возделывания риса на юге России предусматривает проведение гербицидных обработок для борьбы с просовидными сорняками в рисовых чеках. На сегодняшний день от сельхозпроизводителей требуются не только эффективные производственные показатели, но и высокая экологическая составляющая. В технологии безгербицидного рисоводства применяется режим постоянного затопления рисового поля, когда слой воды поддерживается без сбросов от сева до созревания риса. Многие отечественные сорта риса адаптированы к такой технологии возделывания [12,13]. Постоянный режим орошения наиболее простой и распространенный, но у него есть ряд недостатков: нерациональный перерасход воды, полегание риса, изреживаемость посевов и удлинение срока вегетации.

Другим вариантом режима орошения для безгербицидного рисоводства, как способа борьбы с просьянками, предусматривается залив поля после посева риса слоем 10-15 см с последующим сбросом через 5-6 дней (укороченный режим орошения) [14]. После появления всходов риса поле заливается водой слоем, превышающим высоту просьянок на 5-7 см, а для избегания изреживания посевов высокий горизонт воды не рекомендуется держать более 10 дней. На практике же рекомендации по подавлению сорняков за счет управления уровнем воды без наличия средств автоматизации водораспределения являются сложно выполнимыми [15].

Ученые из Международного института риса на Филиппинах также изучали влияние показателей роста и развития растений риса различных сортов на их конкурентоспособность по отношению к сорнякам. Выявлено, что относительная скорость роста (см/сут.) и биомасса (г/сут.) растений риса в фазу кущения определяли их конкурентоспособность к злаковым сорнякам [16]. В своих экспериментах А.М. Ismail и другие (2007, 2018) наблюдали, что генотипы различались по всхожести на переувлажненной почве. Большая способность к поглощению воды, благодаря физиологической и морфологической адаптации побегов и корней, приводили к хорошей продуктивности биомассы в этих условиях [17,18]. Подольских А.Н. (2008) в своих публикациях отмечает, что

количественные полигенные признаки, зависящие от ряда морфологических и физиологических свойств растительного организма, могут существенно изменяться в различных условиях выращивания [19].

Важными показателями качества семян являются всхожесть семян и интенсивность роста проростков, их способность пробиваться на поверхность почвы [20]. Особого внимания на этапе прорастания заслуживает формирование coleoptиле у проростков риса, способных развиваться в условиях недостатка кислорода. Отмечено наличие положительной корреляции между длиной coleoptиля при нормоксии и гипоксии ($r=0,70$, $p=10^{-6}$), то есть формы, активно растущие в аэробной среде, быстро росли и при затоплении [21].

Таким образом, следует заключить, что высокая интенсивность роста на ранней стадии развития растений, а затем замедленный набор высоты и формирование биомассы растения, достаточной для хорошей фотосинтетической способности, оптимальная высота растения для устойчивости к полеганию и технологичности – интегрированная модель для получения высоких урожаев риса.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись семена 15 сортов риса из Биоресурсной коллекции ФНЦ риса урожая 2024 года. Предмет исследования – всхожесть семян, показатели роста: интенсивность роста, параметры проростков и корешков; водный режим. Стандарты: холодостойкий сорт отечественной селекции – Кубань 3, быстрорастущий сорт казахстанской селекции – Маржан.

Исследования проводили на базе «Федерального научно-го центра риса». Лабораторные и полевые испытания проводили в группе УНУ «Коллекция генетических ресурсов риса». В лабораторном опыте созданы 2 варианта среды для проращивания семян: в чашках Петри на увлажненной фильтровальной бумаге и в стеклянных сосудах заливали 10 см слоем воды. Выполненные семена каждого сорта закладывали по 35 штук в трех повторностях, процент проросших семян учитывали на 7 день. Выдерживали температурный режим в термостате – 20...23°C. Параметры проростков измеряли на 5, 7 и 14 сутки: длину coleoptиля, высоту шильца, длину главного зародышевого корешка (см) и подсчитывали количество мезокотильных корней (шт.). Скорость прироста оценивали в течение 14 дней (см/сут.) расчетным путем [22].

Одновременно набор сортов в 2025 году высевали по принятой технологии рисоводства Краснодарского края в идентичных климатических и агротехнических условиях полевого опыта на искусственно орошаемом участке коллекционного питомника «ФНЦ риса» (г. Краснодар, Россия). Испытания проводили на делянках площадью 1 м² в двукратной повторности методом прямого ручного посева семян и с нормой посева 400 семян на делянку. Сроки посева, фенологические наблюдения, измерения высоты растений и площади листьев осуществлялись в соответствии с биологическими особенностями культуры [22]. Скорость прироста растения за весь период вегетации рассчитывали путем деления средней высоты 10 растений с делянки на продолжительность вегетационного периода сорта. Обработку данных проводили в программе Microsoft Office Excel 2016.

Измеряли физиологические параметры листьев в фазу перехода растений из вегетативной стадии в генеративную, характеризующие фотосинтез: показатель NDVI – нормализованный вегетационный индекс, оптимизированный индекс растительности с учетом почвы OSAVI с применением

Портативного измерителя флуоресценции хлорофилла и ФАР (PAR-FluorPen FP 110, PSI, Чехия) на зрелых листьях 10 растений каждого сорта в делянках полевого опыта.

Результаты и обсуждение

Коллекции зерновых культур являются основой продовольственной безопасности и служат богатым исходным материалом для селекционных работ. Сорта риса мировой селекции риса для прямого посева различаются по морфотипу растений, ростовым характеристикам, чувствительности к температуре и освещенности, урожайности [23]. Из Биоресурсной коллекции УНУ ФНЦ риса (г. Краснодар), которая насчитывает более 7,5 тыс. образцов из 43 стран, в эксперимент были взяты 15 сортов риса подвиды *Oryza sativa* L. subsp. *jarollica*, которые одновременно изучали в полевых и лабораторных опытах.

Сравнительный анализ биологических, биометрических и физиологических параметров растений проводили на 12 кубанских сортах риса разных периодов селекции – Кубань 3, Виктория, Каурис, Лидер, Флагман, Азовский, Яхонт, Полюс 5, Фрегат, Стромбус, Форсаж, Юниор; 2-х казахстанских холодостойких сортах – Арал 22 и Маржан; а также сорте из Узбекистана – Авангард, который считается стандартом стрессоустойчивости.

Выбранные в эксперимент сорта риса различались по группам спелости, типу зерновки и массе 1000 зерен, высоте растений. Фенотипическое и генетическое несходство сортов позволило объективно оценить динамику ростовых процессов семян на разных уровнях влагообеспеченности. Длительность вегетационного периода у исследуемых сортов – в пределах от раннеспелых (100 суток) до позднеспелых (124 суток), варибельность по высоте растений от низкорослых (78 см) до высокорослых (113 см) (табл.1). Существенные различия отмечены между сортами по крупности зерна, варибельность от 23,6 г до 41,4 г. Самое мелкое зерно наблюдали у раннеспелого сорта Азовский, а крупное у сортов Форсаж и Стромбус.

Индекс NDVI, как интегральный показатель развития растительности на поле, позволяет оценить формирование густоты растений и достаточность влаги и питательных элементов, в период перехода из вегетативной фазы в репродуктивную оптимальный показатель должен составлять 0,50-0,85. У позднеспелых форм этот показатель выше, ввиду более длительного фотосинтетического потенциала их растений. Вегетационный индекс OSAVI позволяет оценить жизнеспособность растительного покрова, минимизирующий влияние фона, используется для оценки темпов прироста биомассы, что является важным показателем благополучия растений. Представленные в таблице 1 данные тестирования флуоресценции свидетельствуют, что в полевых условиях растения на делянках у исследуемых сортов физиологически полноценные, соответственно расчетный показатель прироста можно считать достоверным. Расчет прироста длины стебля в сутки за весь период вегетации показал, что низкие темпы прироста характерны сортам Каурис, Полюс-5, Яхонт, Фрегат и Юниор (0,70-0,75 см/сут.). Высокая скорость прироста отмечена у высокорослых сортов: Кубань 3, Авангард, Маржан и Стромбус (0,89-1,01 см/сут.).

Усредненные результаты оценки морфометрических параметров проростков при выращивании семян на увлажнении показаны на рисунке 1, под 10 см слоем воды – на рисунке 2.

Таблица 1. Характеристика сортов риса, выращенных в полевом опыте: биометрические и физиологические показатели растений, 2025 год
Table 1. Characteristics of rice varieties grown in the field experiment: biometric and physiological indicators of plants, 2025

Наименование сорта	Период вегетации, суток	Высота растений, см	Прирост биомассы растения по дням вегетации, см/сут.	Масса 1000 зерен, г	Площадь флагового листа, см ²	Индекс NDVI	Индекс OSAVI
	<i>min-max</i>	<i>min-max</i>	<i>min-max</i>	<i>min-max</i>	$\bar{X}_{\text{ср}} \pm S\bar{X}_{\text{ср}}$	$\bar{X}_{\text{ср}}$	$\bar{X}_{\text{ср}}$
Виктория	114±2	96-98	0,84-0,85	26,4-28,0	15,25±0,21	0,605	0,720
Авангард	116±2	102-113	0,88-0,93	31,6-33,5	32,61±0,17	0,665	0,731
Арал 22	100±2	82-97	0,79-0,91	32,6-33,1	25,97±0,24	0,583	0,696
Маржан	109±1	97-104	0,89-0,94	32,4-34,1	33,50±0,16	0,615	0,704
Каурис	120±2	78-86	0,66-0,71	27,6-28,4	19,63±0,15	0,703	0,731
Кубань 3	103±4	98-110	0,95-1,01	28,6-29,7	20,84±0,12	0,635	0,712
Флагман	115±2	86-97	0,76-0,84	25,8-26,7	25,10±0,26	0,619	0,692
Яхонт	120±2	85-92	0,73-0,76	30,8-32,0	20,26±0,18	0,637	0,699
Полюс - 5	122±2	84-90	0,70-0,73	27,8-28,7	30,91±0,12	0,691	0,741
Фрегат	118±4	83-89	0,72-0,74	26,6-28,0	26,11±0,14	0,620	0,695
Стромбус	115±3	95-107	0,84-0,91	40,5-41,4	23,50±0,16	0,657	0,723
Лидер	120±2	92-99	0,78-0,81	28,7-29,2	25,38±0,16	0,682	0,738
Азовский	108±2	83-90	0,77-0,81	23,6-24,8	19,74±0,16	0,646	0,705
Форсаж	118±2	91-102	0,79-0,85	37,5-38,0	16,12±0,22	0,691	0,741
Юниор	115±3	83-89	0,74-0,75	29,3-31,0	20,31±0,15	0,606	0,646
НСР ₀₅	2,1				2,51	0,018	0,015

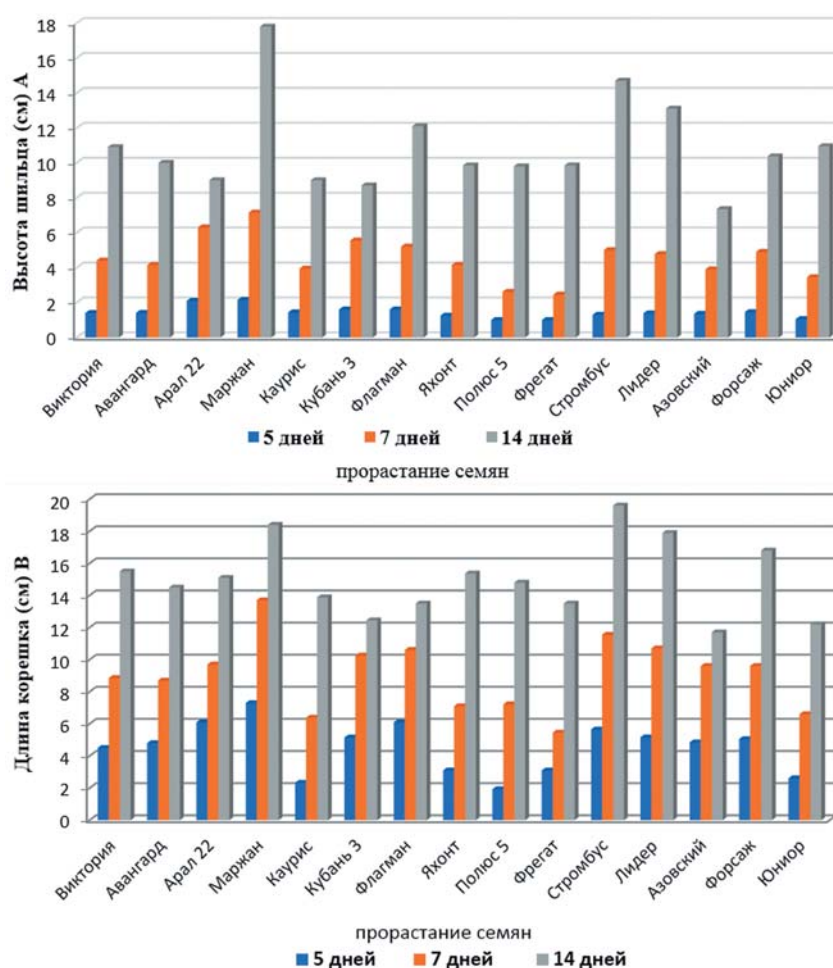


Рис. 1. Оценка параметров проростков у сортов риса по дням прорастания на увлажнении, (А) - шильце; (В) - зачаточного корешка

Fig. 1. Evaluation of seedling parameters in rice varieties by days of germination under moistening, (A) - stilet; (B) - rudimentary root

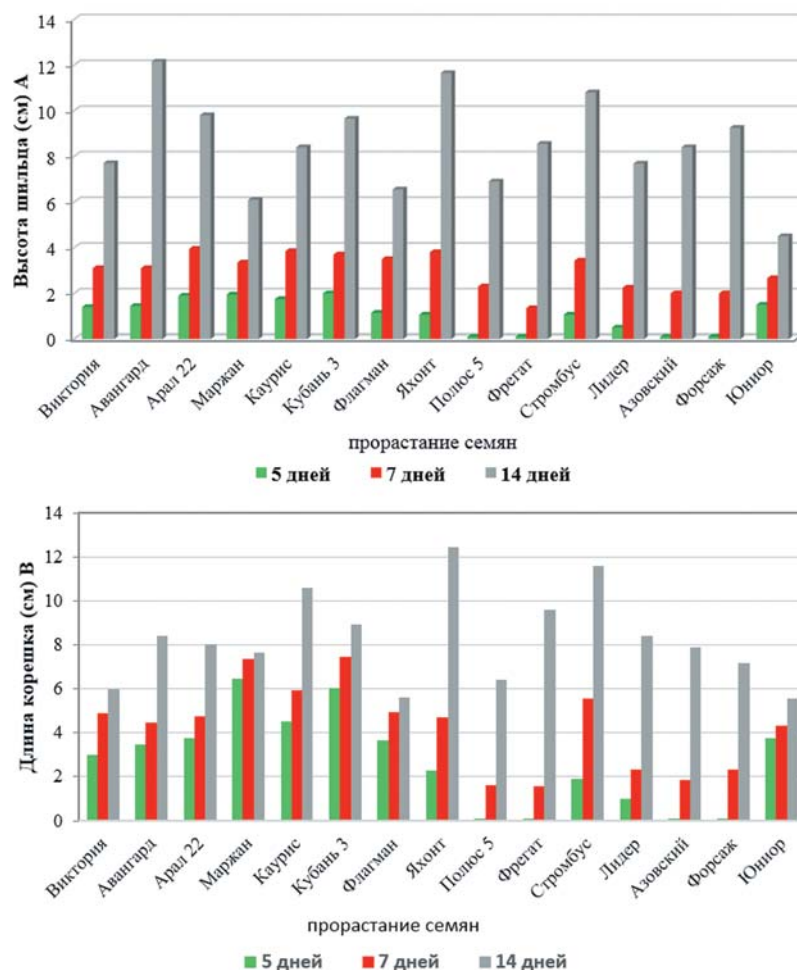


Рис. 2. Оценка параметров проростков у сортов риса по дням прорастания под слоем воды 10 см, (А) - шильце; (В) - зачаточного корешка

Fig. 2. Evaluation of seedling parameters in rice varieties by days of germination under a 10 cm layer of water, (A) - stilet; (B) - rudimentary root

Таблица 2. Динамика прорастания семян сортов риса и лабораторная всхожесть семян
Table 2. Dynamics of seed germination of rice varieties and laboratory seed germination

Наименование сорта	Скорость прироста шильца, см/сут.						Всхожесть семян, %	
	на увлажнении			под слоем воды			на увлажнении	под слоем воды
	5 сутки	7 сутки	14 сутки	5 сутки	7 сутки	14 сутки		
Виктория	0,28	0,63	0,77	0,28	0,44	0,55	100	99
Авангард	0,28	0,59	0,71	0,29	0,44	0,86	100	100
Арал 22	0,42	0,90	0,64	0,38	0,56	0,70	98	99
Маржан	0,43	1,02	1,27	0,39	0,48	0,43	100	98
Каурис	0,28	0,56	0,64	0,35	0,55	0,60	94	90
Кубань 3	0,32	0,79	0,62	0,40	0,52	0,68	100	99
Флагман	0,32	0,74	0,86	0,23	0,50	0,46	98	97
Яхонт	0,25	0,59	0,70	0,21	0,54	0,83	100	99
Полюс 5	0,20	0,37	0,70	0,02	0,32	0,49	94	90
Фрегат	0,20	0,35	0,70	0,02	0,19	0,61	98	98
Стромбус	0,26	0,71	1,05	0,21	0,49	0,77	100	95
Лидер	0,27	0,68	0,93	0,10	0,32	0,54	90	82
Азовский	0,27	0,55	0,53	0,02	0,28	0,61	96	90
Форсаж	0,29	0,70	0,74	0,02	0,28	0,66	95	80
Юниор	0,21	0,49	0,78	0,30	0,38	0,32	93	90
Среднее	0,28	0,63	0,77	0,21	0,42	0,61	97,06	93,86

Анализ данных влияния водного режима на ростовые процессы семян при проращивании в течение 14 дней позволил выявить сортовые морфометрические особенности не только по высоте шильца и длине корешка, но и скорости их прироста. При проращивании семян на увлажнении самые лучшие параметры шильца у сортов Маржан, Флагман, Стромбус и Лидер, а размеры зачаточного корешка – у сортов Маржан, Стромбус, Лидер и Форсаж. Уступал по параметрам проростков на увлажнении сорт Азовский. Вариативность размеров проростков по сортам высокая, о чем свидетельствует коэффициент вариации (CV, %) от 15 до 45%.

В варианте с затоплением семян слоем воды лучшие параметры шильца у сортов Аванград, Арал 22, Кубань 3, Яхонт, Стромбус и Форсаж, а размеры зачаточного корешка у сортов риса Каурис, Яхонт, Фрегат и Стромбус. Отставание по параметрам проростков при затоплении отмечено у сортов Виктория, Флагман, Маржан, Юниор и Полюс 5.

Сравнительный анализ морфологических данных проростков показал лучшую степень развития всходов в варианте с увлажнением семян. В среднем за 14 суток по сортам отмечено отставание в росте шильца у семян риса под слоем воды на 2,36 см, а корешка – на 6,72 см по сравнению с вариантом на увлажнении. Скорость прироста высоты шильца на увлажнении была выше в среднем по сортам на 0,16 см/сут. (табл.2).

Выявлены генотипические особенности ряда сортов по толерантности к затоплению. В условиях гипоксии у ряда протестированных сортов всхожесть семян не значительно снижалась, при этом сорта риса различались силой роста за временной период. Высокие темпы первоначального роста (первые 5 суток) под слоем воды отмечены у сортов Арал 22, Маржан, Каурис и Кубань 3. У сортов Авангард, Яхонт и Стромбус динамика прироста всходов повышается с 7 суток. Самую низкую скорость прорастания при создании слоя

воды наблюдали у сортов Маржан, Флагман, Полюс-5 и Юниор. При этом на увлажнении темпы первоначального роста высокие у сортов Маржан, Флагман, Стромбус и Лидер, а низкие у сортов Каурис, Полюс-5, Фрегат, Азовский.

У каждого исследуемого сорта экспериментально был определен процент проростков, преодолевших 10 см слой воды. Самые высокие показатели (80-100%) у сортов: Аванград, Кубань 3, Яхонт и Стромбус; более 50 % проростков преодолели слой воды у сортов: Виктория, Арал 22, Каурис, Форсаж и Лидер. Медленные темпы первоначального роста не позволили всем проросткам ряда сортов преодолеть слой воды, менее 50 % - у сортов Маржан, Флагман, Полюс-5, Фрегат, Азовский и Юниор. Таким образом, удалось уточнить, что длительное затопление не желательно применять при возделывании перечисленных сортов риса. Для таких сортов применителен режим орошения, когда всходы получают при увлажнительных поливах или сбрасывают слой воды в начале наклевывания семян, что обеспечивает интенсивное прорастание.

Особенности формирования зародышевых корешков у семян исследуемых сортов при разной влагообеспеченности оценивали также по скорости прироста (табл.3).

Результаты опыта свидетельствуют, что при затоплении семян в условиях слабой обеспеченности кислородом происходит подавление роста не только coleoptилей, но и корешков. Скорость удлинения корешка в условиях гипоксии тормозится почти в 2 раза: на увлажнении показатель – 1,07 см/сут. на 14 день, а под слоем воды – 0,58 см/сут. Однако у сортов Маржан, Каурис и Кубань 3 в таких условиях начальные темпы прироста корешка не снижаются. Рост зародышевого корешка не зависимо от режима увлажнения усиливается на 7 сутки. У сорта Каурис – медленно растущие корешки на увлажнении и быстрорастущие при слое воды. Самые низкие темпы удлинения корешка в обоих вариантах отмечены у сортов Полюс-5 и Юниор, а у сортов Стромбус, Лидер и Форсаж

Таблица 3. Скорость прироста зачаточного корешка (см/сут.) и количество побочных корешков (шт.)
Table 3. Growth rate of the embryonic root (cm/day) and number of side roots (pcs.)

Наименование сорта	На увлажнении			Количество побочных корешков на 14 день	Под слоем воды			Количество побочных корешков на 14 день
	5 сутки	7 сутки	14 сутки		5 сутки	7 сутки	14 сутки	
Виктория	0,90	1,26	1,10	6,4	0,60	0,70	0,43	4,4
Авангард	0,96	1,24	1,04	6,3	0,69	0,63	0,60	6,2
Арал 22	1,22	1,38	1,07	6,3	0,75	0,67	0,47	4,5
Маржан	1,46	1,95	1,31	6,3	1,29	1,05	0,54	2,5
Каурис	0,47	0,91	0,99	6,0	0,90	0,85	0,76	3,5
Кубань 3	1,03	1,46	0,89	5,6	1,21	1,06	0,64	5,1
Флагман	1,22	1,51	0,96	6,1	0,73	0,71	0,42	4,6
Яхонт	0,60	1,01	1,09	6,9	0,45	0,67	0,88	5,5
Полюс 5	0,38	1,03	1,05	6,1	0,10	0,23	0,45	4,7
Фрегат	0,60	0,78	0,96	6,0	0,10	0,22	0,68	4,0
Стромбус	1,13	1,65	1,40	5,4	0,38	0,79	0,83	4,6
Лидер	1,03	1,53	1,28	6,0	0,20	0,33	0,60	5,1
Азовский	0,97	1,37	0,83	6,1	0,10	0,26	0,56	4,1
Форсаж	1,01	1,92	1,20	6,0	0,10	0,33	0,51	4,0
Юниор	0,52	0,94	0,87	6,0	0,75	0,61	0,40	3,5
Среднее	0,9	1,33	1,07	6,1	0,56	0,61	0,58	4,4

самые интенсивно растущие корешки в условиях увлажненного полива. В среднем количество вторичных корешков на увлажнении у семян исследуемых сортов формировалось на 1,7 шт. больше, чем при затоплении, что вероятно объясняется необходимостью усилить поглощение воды для роста coleoptилей. Для сортов риса с быстрорастущим зародышевым корешком характерно формирование меньшего числа придаточных корешков. Как отмечает В.А. Масливец (2014), «при произрастании риса на затопленной почве слоем воды 10-15 см корней образуется мало и молодые растения риса до образования двух настоящих листьев усваивает воду и минеральные элементы пищи через главный корень» [24]. Отсюда можно заключить, что для увеличения числа придаточных корней и мощному их развитию, способствующих устойчивости и продуктивности растений, следует создавать на стадии получения всходов кратковременный водный дефицит путем сброса воды.

Заключение

Эксперимент показал, что слой воды и создание условий гипоксии при получении всходов приводит к снижению параметров проростков и корешков. Скорость удлинения корешка в условиях гипоксии тормозится почти в 2 раза: на увлажнении показатель – 1,07 см/сут. на 14 день, а под слоем воды – 0,58 см/сут. При этом у сорта Каурис – мед-

ленно растущие корешки на увлажнении и быстрорастущие при слое воды.

В работе продемонстрировано, что сорта различаются интенсивностью роста не только на стадии прорастания, но и в течение всего периода вегетации. Низкие темпы прироста высоты растений за весь период вегетации характерны сортам Каурис, Полюс-5, Яхонт, Фрегат и Юниор (0,70-0,75 см/сут.). Медленные темпы первоначального роста не позволили всем проросткам преодолеть слой воды, менее 50% – у сортов Маржан, Флагман, Полюс-5, Фрегат, Азовский и Юниор, такие сорта рекомендуется выращивать по технологии укороченного затопления.

Высокие темпы роста проростков сортов обеспечат лучшую полевую всхожесть и оптимальную густоту стояния растений. Быстрорастущими за весь период вегетации являются сорта Кубань 3, Авангард, Маржан и Стромбус (0,89-1,01 см/сут.). Однако на стадии прорастания семян без затопления лучшие показатели у сортов Маржан, Флагман, Стромбус и Лидер, а при затоплении у сортов Авангард, Арал 22, Кубань 3, Яхонт, Стромбус и Форсаж. Выявленные толерантные к затоплению формы с высокими темпами начального роста проростков для лучшего сохранения всходов и рекомендованы для выращивания по безгербицидной технологии. Информация о реакции сортов риса на водный режим полезна как для производственных посевов, так и при отборе исходных форм для селекции новых сортов.

• Литература

1. Wang Xing, Jing Zhen-Huan, He Cong, Liu Qiu-Yue, Jia Hao, Qi Jian-Ying, Zhang Hai-Lin. Breeding rice varieties provides an effective approach to improve productivity and yield sensitivity to climate resources. *European Journal of Agronomy*. 2021;124:126239. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126239>
2. Nayar N.M. Chapter 1 - Rice in the World: Origin and Phylogeny of Rices. Academic Press. 2014;1-14. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417177-0.00001-2>
3. Atlin G.N., Lafitte H.R., Tao D., Laza M., Amante M., Courtois B. Developing Rice Cultivars for High-Fertility Upland Systems in the Asian Tropics. *Field Crops Research*. 2006;97:43-52. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2005.08.014>
4. Zhang J., Zhao J., Zhou Q., Ma Y., Zhao X., Zhao P., Chen The G. The agronomic performance of sand rice (*Agriophyllum squarrosum*), a potential semi-arid crop species. *Genet Resour Crop Evol*. 2018;65:2293–2301. <https://doi.org/10.1007/s10722-018-0689-3>
5. Zeng Y.W., Zhang H.L., Li, Z.C., Shen S.Q., Sun J.L., Wang, M.X. Evaluation of genetic diversity in the rice landraces (*Oryza sativa* L.) in Yunnan, China. *Breeding Science*. 2007;57:91–99. doi:10.1270/jsbbs.57.91
6. Atlin G.N., Laza M., Amante M., Lafitte H.R. Agronomic performance of tropical aerobic, irrigated, and traditional upland rice varieties in three hydrological environments. International Rice Research Institute, Metro, Philippines, DAPO. 7777. 2004. www.regional.org.au/au/asa/2004/poster/1/2/1259_atlina.htm?print=1 (access, 01.12.2009)
7. Pay A.Г., Бакирова А.Ш. Влияние температуры слоя воды рисовых чеков на урожайность риса. *Рисоводство*. 2019;2(43):48-51. <https://elibrary.ru/zenovw>
8. Yuji Matsue, Katsuya Takasaki, Jun Abe. Water Management for Improvement of Rice Yield, Appearance Quality and Palatability with High Temperature During Ripening Period. *Rice Science*. 2021;28(4):409-416. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2021.05.011>
9. Le Chen Lin Guo, Xueyun Deng, Tao Luo, Hongxia Duan, Xinbiao Chen, Xueming Tan, Hui Gao Yongjun Zeng. Canopy humidity and irrigation regimes interactively affect rice physiology, grain filling and yield during grain filling period. *Agricultural Water Management*. 2025;307:109143. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109143>
10. Макунду Аларик. Прорастание семян и развитие растений различных сортов риса в зависимости от глубины затопления. Краснодар, 2005. 21 с.
11. Ismail A.M., Ella E.S., Vergara G.V., Mackill D.J. Mechanisms associated with tolerance to flooding during germination and early seedling growth in rice (*Oryza sativa*). *Annals of Botany*. 2009;103(2):197–209. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn211>
12. Зеленский Г.Л. Рис: биологические основы селекции и агротехники. Краснодар, 2016. 238 с.
13. Гаркуша С.В., Есаулова Л.В. Адаптивная стратегия рисоводства в условиях изменяющегося климата. В сборнике: Современное состояние и инновационные пути развития мелиорации и орошаемого земледелия. Материалы III Международной научно-практической конференции. Дагестанский ГУ: Махачкала, 2024. С. 20-25. <https://elibrary.ru/alemji> <https://doi.org/10.25691/a6727-0217-8781-g>
14. Попов В.А., Островский Н.В. Агроклиматология и гидравлика рисовых экосистем. Монография. Краснодар, 2013. 189 с.
15. Балакай Г.Т., Докучаева Л.М., Юркова Р.Е. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водоотведения с рисовых оросительных систем. *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2018;3(31):1-22. <https://elibrary.ru/xwarkp> <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2018-3-1-22>
16. Moody N.H.K, Robles R.P., Paller E.C. Jr, Lales J.S. *Oryza sativa* traits conferring competitive ability against weeds. *Weed Sci*. 2000;48:200-204. <https://www.jstor.org/stable/4046255>
17. Ismail A.M. Submergence tolerance in rice: resolving a pervasive quandary. *New Phytologist*. 2018;218(4):1298-1300. <https://doi.org/10.1111/nph.15188>
18. Ismail A.M., Ella E.S., Vergara G.V., Mackill D.J. Mechanisms related to tolerance to flooding during germination and early growth of rice seedlings (*Oryza sativa*). *Ann Bot*. 2007;103:197-209. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn211>
19. Подольских А.Н., Сагиндыкова А.С. Устойчивость местных и стародавних сортов риса к абиотическим стрессам на ранних стадиях развития растений. *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*. 2008;7:9-11.
20. Шиловский В.Н., Рубан В.Я. Изучение признаков проростков у риса. В сборнике: Материалы IX международного симпозиума «Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здо-

ровье". 2000. С. 542. <https://elibrary.ru/ndqsoe>

21. Богданова Е.М., Бертова А.Д., Кирпичникова А.А., Бикташева М.О., Кондратьева А.В., Шапиро А.С., Пузанский Р.К., Коротенко Т.Л., Мухина Ж.М., Емельянов В.В., Шишова М.Ф. Показатели роста и устойчивости к дефициту кислорода у coleoptiles *Oryza sativa* L. из коллекции ФНЦ риса. Сельскохозяйственная биология. 2023;58(3):538-553. (In Russ.) <https://elibrary.ru/xozzkm>
22. Standard Evaluation System for rice. INGER-IRRI. 1996. 52 p.
23. Коротенко Т.Л., Чухирь И.Н., Хорина Т.А., Петрухненко А.А. Генетическое разнообразие коллекции риса и аспекты его использования в почвенно-климатических условиях Кубанской зоны рисосеяния. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017;66:131-137. <https://elibrary.ru/zdperz>
<https://doi.org/10.21515/1999-1703-66-131-137>
24. Масливец В.А., Герасименко В. Н., Макаренко С. А. Рисоводство: методические указания. Краснодар, 2014. 68 с.

References

1. Wang Xing, Jing Zhen-Huan, He Cong, Liu Qiu-Yue, Jia Hao, Qi Jian-Ying, Zhang Hai-Lin. Breeding rice varieties provides an effective approach to improve productivity and yield sensitivity to climate resources. European Journal of Agronomy. 2021;124:126239. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126239>
2. Nayar N.M. Chapter 1 - Rice in the World: Origin and Phylogeny of Rices. Academic Press. 2014;1-14.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417177-0.00001-2>
3. Atlin G.N., Lafitte H.R., Tao D., Laza M., Amante M., Courtois B. Developing Rice Cultivars for High-Fertility Upland Systems in the Asian Tropics. Field Crops Research. 2006;97:43-52.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2005.08.014>
4. Zhang J., Zhao J., Zhou Q. Ma Y., Zhao X., Zhao P., ChenThe G. The agronomic performance of sand rice (*Agriophyllum squarrosum*), a potential semi-arid crop species. Genet Resour Crop Evol. 2018;65:2293-2301. <https://doi.org/10.1007/s10722-018-0689-3>
5. Zeng Y.W., Zhang H.L., Li, Z.C., Shen S.Q., Sun J.L., Wang, M.X. Evaluation of genetic diversity in the rice landraces (*Oryza sativa* L.) in Yunnan, China. Breeding Science. 2007;57:91-99.
[doi:10.1270/jsbbs.57.91](https://doi.org/10.1270/jsbbs.57.91)
6. Atlin G.N., Laza M., Amante M., Lafitte H.R. Agronomic performance of tropical aerobic, irrigated, and traditional upland rice varieties in three hydrological environments. International Rice Research Institute, Metro, Philippines, DAPO. 7777. 2004.
http://www.regional.org.au/au/asa/2004/poster/1/2/1259_atlina.htm?print=1 (access, 01.12.2009)
7. Rau A.G., Bakirova A.Sh. Influence of the temperature of the water layer of rice paddy fields on rice yield. Rice growing. 2019;2(43):48-51 <https://elibrary.ru/zenovw> (In Russ.)
8. Yuji Matsue, Katsuya Takasaki, Jun Abe. Water Management for Improvement of Rice Yield, Appearance Quality and Palatability with High Temperature During Ripening Period. Rice Science. 2021;28(4):409-416. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2021.05.011>
9. Le Chen Lin Guo, Xueyun Deng, Tao Luo, Hongxia Duan, Xinbiao Chen, Xueming Tan, Hui Gao Yongjun Zeng. Canopy humidity and irrigation regimes interactively affect rice physiology, grain filling and yield during grain filling period. Agricultural Water Management. 2025;307:109143. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109143>

10. Makundu Alarik. Seed germination and plant development of various rice varieties depending on the depth of flooding. Krasnodar, 2005. 21 p. (In Russ.)

11. Ismail A.M., Ella E.S., Vergara G.V., Mackill D.J. Mechanisms associated with tolerance to flooding during germination and early seedling growth in rice (*Oryza sativa*). Annals of Botany. 2009;103(2):197-209. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn211>
12. Zelensky G.L. Rice: Biological Foundations of Breeding and Agricultural Techniques: A Monograph. Krasnodar, 2016. 237 p. (In Russ.)
13. Garkusha S.V., Esaulova L.V. Adaptive strategy of rice growing in the conditions of a changing climate. In the collection: The current state and innovative ways of development of land reclamation and irrigated agriculture. Materials of the III International scientific and practical conference. Dagestan State University: Makhachkala. 2024. P. 20-25. (In Russ.) <https://doi.org/10.25691/a6727-0217-8781-g>
<https://elibrary.ru/alemji>
14. Popov V.A., Ostrovsky N.V. Agroclimatology and Hydraulics of Rice Ecosystems. Krasnodar, 2013. 189 p. (In Russ.)
15. Balakai G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E. On the Development of Rice Water Requirements and Drainage from Rice Irrigation Systems. Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2018;3(31):1-22. (In Russ.)
<https://doi.org/10.31774/2222-1816-2018-3-1-22>
<https://elibrary.ru/xwarkp>
16. Moody N.H.K, Robles R.P., Paller E.C. Jr, Lales J.S. *Oryza sativa* traits conferring competitive ability against weeds. Weed Sci. 2000;48:200-204. <https://www.jstor.org/stable/4046255>
17. Ismail A.M. Submergence tolerance in rice: resolving a pervasive quandary. New Phytologist. 2018;218(4):1298-1300.
<https://doi.org/10.1111/nph.15188>
18. Ismail A.M., Ella E.S., Vergara G.V., Mackill D.J. Mechanisms related to tolerance to flooding during germination and early growth of rice seedlings (*Oryza sativa*). Ann Bot. 2007;103:197-209.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcn211>
19. Podolskikh A.N., Sagindykova A.S. Resistance of local and ancient rice varieties to abiotic stresses at early stages of plant development. Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan. 2008;7:9-11. (In Russ.)
20. Shilovsky V.N., Ruban V.Ya. Study of the characteristics of rice seedlings. In the collection: Materials of the IX International Symposium "Non-traditional Plant Growing. Enology. Ecology and Health". 2000. P. 542. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ndqsoe>
21. Bogdanova E.M., Bertova A.D., Kirpichnikova A.A., Biktasheva M.O., Kondratyeva A.V., Shapiro A.S., Puzansky R.K., Korotenko T.L., Mukhina Zh.M., Emelyanov V.V., Shishova M.F. Growth and Oxygen Deficiency Resistance of *Oryza sativa* L. Coleoptiles from the Rice Research Center Collection. Agricultural Biology. 2023;58(3):538-553. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2023.3.538rus>
<https://elibrary.ru/xozzkm>
22. Standard Evaluation System for rice. INGER-IRRI. 1996. 52 p.
23. Korotenko T.L., Chukhir I.N., Khorina T.A., Petrukhnenko A.A. Genetic diversity of the rice collection and aspects of its use in the soil and climatic conditions of the Kuban rice-growing zone. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2017;66:131-137. (In Russ.)
<https://doi.org/10.21515/1999-1703-66-131-137>
<https://elibrary.ru/zdperz>
24. Maslivets V.A., Gerasimenko V.N., Makarenko S.A. Rice Growing: Methodological Guidelines. Krasnodar: KubSAU. 2014. 68 p. (In Russ.)

About the authors:

Татьяна Леонидовна Коротенко – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0002-3831-4879>,
SPIN-код: 1215-7119,
автор для переписки: korotenko.tatyan@mail.ru
Любовь Владимировна Есаулова – кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе,
<https://orcid.org/0000-0002-0907-2524>,
SPIN-код: 9335-1160, l.esaulova@mail.ru
Евгения Евгеньевна Чичарова – младший научный сотрудник,
SPIN-код: 5062-7123, negrevskaya.zhenichka@mail.ru
Полина Владимировна Будуннова – магистрант, лаборант-исследователь, SPIN-код: 2218-5075, budda-5@mail.ru

About the Authors:

Tatyana L. Korotenko – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher,
<https://orcid.org/0000-0002-3831-4879>,
SPIN-code: 1215-7119, Corresponding Author, korotenko.tatyan@mail.ru
Lyubov V. Esaulova – Cand. Sci. (Biology), Deputy Director for Research,
<https://orcid.org/0000-0002-0907-2524>,
SPIN-code: 9335-1160, l.esaulova@mail.ru
Evgeniya E. Chicharova – Junior Researcher of the Laboratory, SPIN-code: 5062-7123, negrevskaya.zhenichka@mail.ru
Polina V. Budunnova – Master's student, Laboratory Research Assistant,
SPIN-code: 2218-5075, budda-5@mail.ru