УДК 633.18:631.531

06.01.05 – Селекция и семеноводство (сельскохозяйственные науки)

СОРТОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ РЕАКЦИИ РИСА НА ДЕФИЦИТ ВЛАГИ ПРИ ПРОРАСТАНИИ

Гненный Евгений Юрьевич
Магистрант
РИНЦ SPIN-код: 4696-5200
AuthorID: 1096752
E-mail: g.gheka@gmail.com

Ткаченко Максим Андреевич
Магистрант
РИНЦ SPIN-код: 8511-1852
AuthorID: 1110958
E-mail: max.1356@mail.ru

Динкова Вероника Сергеевна
Ассистент
РИНЦ SPIN-код: 7815-1447
AuthorID: 819758
E-mail: dinkova.vs@yandex.ru

Мазыкина Елена Александровна
Студент
РИНЦ SPIN-код: 4089-4138
E-mail: elenamazikina71@gmail.com

Зеленский Григорий Леонидович
д-р. с.-х. наук, профессор
РИНЦ SPIN-код: 5195-7441
Author ID: 144278
E-mail: zelensky08@mail.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

В практике мирового рисоводства рис выращивают при слое воды на специальных рисовых системах, а также без затопления в районах, где выпадает свыше 1000 мм осадков в год. В этих условиях возделывают сорта с повышенной устойчивостью к дефициту воды, такие как IR-64, созданный в IRRI. Физиологами установлено, что при прорастании риса без слоя воды корневая система формируется с корневыми волосками, как у суходольных злаков. При создании слоя воды корневые волоски у риса опадают, и в корнях формируется воздухоносная ткань – аэренхима. На основе этих исследований в России в 60-е годы XX в. была разработана технология выращивания риса при раннеапрельском посеве и получения всходов за счет почвенной влаги. Слой воды устанавливали после формирования 3-х листьев. Для такой технологии создали сорта риса с повышенной холодостойкостью в период получения всходов: Апрельский, КПХ-1, Первоцвет. Дефицит воды в зонах рисоводства и усиление засухи в последнее десятилетие повышают ак-

UDC 633.18:631.531

06.01.05 – Breeding and Seed Production (Agricultural Sciences)

VARIETAL DIFFERENCES OF RICE REACTION TO MOISTURE DEFICIENCY AT GERMINATION

Gnenniy Evgeny Yurievich
Master student
RSCI SPIN-code: 4696-5200
AuthorID: 1096752
E-mail: g.gheka@gmail.com

Tkachenko Maxim Andreevich
Master student
RSCI SPIN code: 8511-1852
AuthorID: 1110958
E-mail: max.1356@mail.ru

Dinkova Veronika Sergeevna
Assistant
RSCI SPIN-code: 7815-1447
AuthorID: 819758
E-mail: dinkova.vs@yandex.ru

Mazykina Elena Alexandrovna
Student
RSCI SPIN-code: 4089-4138
E-mail:elenamazikina71@gmail.com

Zelensky Grigory Leonidovich
Dr.Sci.Agr., Professor
RSCI SPIN-code: 5195-7441
Author ID: 144278
E-mail: zelensky08@mail.ru
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

In the practice of world rice growing, rice is grown with a layer of water in special rice systems, as well as without flooding in areas where precipitation exceeds 1000 mm per year. Under these conditions varieties with increased resistance to water deficiency are cultivated, such as IR-64, bred by IRRI. Plant physiologists have found that when rice germinates without a layer of water, the root system is formed with root hairs, as in dry land cereals. When a layer of water is created, the rice root hairs fall off, and an airborne tissue - aerenchyma - is formed in the roots. Based on these studies in Russia in the 1960s a technology was developed for growing rice for early April sowing and obtaining seedlings due to soil moisture. The water layer was installed after the formation of 3 leaves. For this technology, rice varieties have been created with increased cold resistance during the period of germination: April, KPH-1, Pervotsvet. Water deficiency in rice-

туальность исследований по этой проблеме.
В статье приводятся результаты изучения реакции разнотипных сортов риса (4-х – подвида *indica* и 11 – подвида *japonica*) на разную обеспеченность влагой при прорастании семян в условиях лабораторных опытов. Выявлено, что при дефиците влаги у сортов подвида *japonica*: Азовский, Сонет, Титан, Флагман, IR-64 уже на 3-4 сутки формируются корневые волоски. У всех остальных изученных сортов они появились на 7-е сутки. При этом у сортов подвида *indica* корневые волоски были менее развиты, чем у сортов подвида *japonica*. Сделано заключение, что целесообразно провести испытание выделенных сортов Азовский, Сонет, Титан, Флагман по технологии раннеапрельского посева в условиях Российской Федерации

Ключевые слова: РИС, СОРТ, ЭНЕРГИЯ ПРОРАСТАНИЯ, ВСХОЖЕСТЬ, ДЕФИЦИТ ВЛАГИ ПРИ ПРОРАСТАНИИ, КОРНЕВЫЕ ВОЛОСКИ, РАННЕАПРЕЛЬСКИЙ ПОСЕВ

growing zones and growing number of droughts in the last decade increase the relevance of research on this issue. The article presents the results of studying the reaction of different types of rice (4 - subspecies *indica* and 11 - subspecies *japonica*) to different moisture supply during seed germination under laboratory conditions. It has been revealed that with a moisture deficit in varieties of the subspecies *japonica*: Azovsky, Sonet, Titan, Flagman, IR-64, root hairs are formed already on the 3-4th day. In all other studied varieties, they appeared on the 7th day. Moreover, in the varieties of the subspecies *indica*, the root hairs were less developed than in the varieties of the subspecies *japonica*.
It has been concluded that it is feasible to test the selected varieties Azovsky, Sonnet, Titan, Flagman using the technology of early April sowing under the conditions of the Russian Federation

Keywords: RICE, VARIETY, GERMINATION ENERGY, GERMINATION, MOISTURE DEFICIENCY AT GERMINATION, ROOT HAIR, EARLY APRIL SOWING

DOI: http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-170-022

Введение

Рис является основной культурой орошаемого земледелия. В большинстве стран рис выращивают при слое воды на специально построенных рисовых системах. Таким способом в мире возделывают рис на площади более 100 млн. га и при этом потребляют около 30 % запасов пресной воды [2]. В регионах, где регулярно выпадают дожди с годовым объемом более 1000 мм, возделывают сорта так называемого суходольного риса без затопления. Для таких условий создают специальные сорта, например, IR-64 из Международного института риса (IRRI), обладающий повышенной выносливостью к условиям засухи [18].

По отношению к влажности почвы рис относится к экологической группе светолюбивых гигрофитов, корни и стебли которых снабжены аэренхимой – воздухоносной тканью с увеличенными межклетниками и полостями. Механическая ткань, эпидерма и кутикула у таких растений развиты слабо, корни обычно маловетвящиеся [19]. В условиях затопления корни риса, находящиеся в поверхностном слое почвы, не имеют корневых

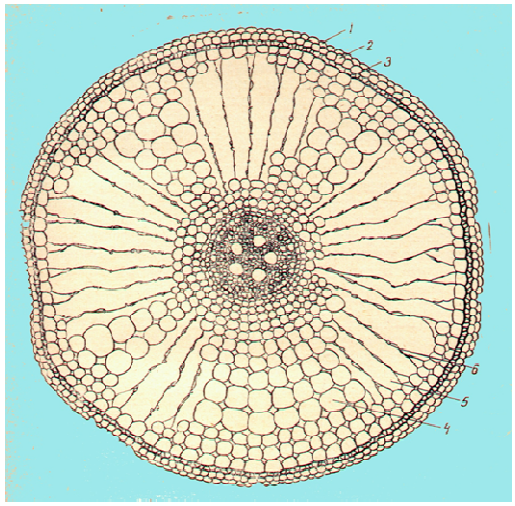
волосков как у суходольных культур и развиваются по типу водных растений [1].

Если растения риса растут при увлажнении без слоя воды, то их корни покрыты корневыми волосками как у суходольных злаков (рис. 1 а). Корни риса, растущего при слое воды, не имеют волосков и формируют воздухоносную ткань – аэренхиму (рис. 1 б), которая является проводником кислорода из надземных органов в почву. Это позволяет растению риса нормально развиваться при затоплении [6].

Корни риса:

1 – при увлажнении;

2 – при затоплении



Разрез корня риса:

5 - аэренхима

а **б**

Рисунок 1 – Развитие корневой системы риса в разных условиях (а); аэренхима корня риса (б) [6]

Изучив морфо-биологические особенности развития корневой системы риса, еще в 60-е годы XX в. М. В. Бородин и П. С. Ерыгин разработали технологию выращивания риса с глубокой заделкой семян и получением всходов за счет естественной влаги почвы [12]. При этом рис размещали по чистому предшественнику. Ранневесеннюю обработку почвы вели так, чтобы максимально сохранить влагу. Посев риса проводили в первую декаду апреля на глубину 5-7 см с последующим прикатыванием. Семена прорастали за счет влаги почвы, давая густые и дружные всходы. Рис при раннеапрельском посеве созревал в августе и убирался в сухую погоду. При этом наблюдалась значительная экономия воды.

Учитывая достоинства раннего посева риса, селекционерами в 70-е годы было начато создание специальных сортов для такой технологии. Созданы и внесены в Госреестр РФ сорта риса для раннеапрельского посева: Апрельский (1987 г.), среднеспелый КПХ-1 и ультраскороспелый Первоцвет (1992 г.) [5].

Как известно, морфология и физиология корней тесно связаны с ростом и развитием надземной части растения [15, 22]. У риса при раннеапрельском посеве без слоя воды формируются корни, покрытые корневыми волосками, как у суходольных злаковых культур. Воду подают в чеки в начале мая, когда растения сформируют 3-4 листа. В течение недели рис перестраивает корневую систему на водный тип: сбрасывает корневые волоски и формирует воздухоносную ткань – аэренхиму.

Если плоскость чека плохо выровнена и всходы при заливе в микропонижениях покрываются слоем воды, то растения риса сильно изреживаются. Под слоем воды они задыхаются от недостатка кислорода и гибнут. Это первое «узкое место» в такой технологии [6].

После выявления причины этой гибели, ученые рекомендовали проводить залив в два такта: сначала давали малый слой для замачивания почвы, а через 5-6 дней создавали слой воды на чеке. За это время корневая система успевала перестроиться на водный тип и растения развивались дальше без проблем.

Вторым «узким местом» в этой технологии являлись просовидные сорняки, которые всходили вместе с рисом. Существующие в то время гербициды «не работали» при раннеапрельском посеве. В итоге технология раннеапрельского посева риса не получила широкого распространения в производстве [6].

По мере увеличения населения мира спрос на зерновые культуры, включая рис, значительно возрастает. Это требует дополнительных запасов пресной воды для орошения рисовых полей. Из-за дефицита этих запа-

сов в ряде стран проводятся разносторонние исследования по изучению генетических ресурсов риса в связи с физиологической и морфобиологической реакцией растений на недостаток влаги во время вегетации [16, 17].

Засуха негативно влияет на уровень урожайности риса и его стабильность во многих богарных регионах Азии, Африки и Южной Америки [20]. И все же использование сортов риса, выдерживающих попеременное увлажнение и подсушивание почвы на вегетативной стадии роста растений, позволяет получать урожай не ниже, чем по технологии с использованием непрерывного затопления рисовых полей [21].

Исследования по подбору сортов риса, способных расти при дефиците воды, ведутся и в Российской Федерации [9]. В аридных условиях Волгоградской области проводят исследования по снижению затрат на орошение риса путем проведения периодических поливов [2]. Рисоводы Ростовской области в последние годы все шире используют технологию выращивания риса при раннеапрельском посеве с получением всходов за счет влаги почвы. А в АНЦ «Донской» ведется селекционная работа по созданию сортов для такой технологии [10, 11]. При этом важно, чтобы сорта риса отличались устойчивостью к пониженной положительной температуре в фазе прорастания. При проращивании семян 45 сортов и образцов коллекции ВНИИ риса при температуре + 14 ºС, выявлен ряд холодостойких генотипов, среди которых оказались российские сорта: Кубань 3, Новатор Спринт, Изумруд, Северный, Лиман, Курчанка, Регул, Сонет, Атлант, Лидер, Гамма [13]. Эти сорта представляют интерес для изучения их возделывания по технологии раннеапрельского посева.

Засуха на юге европейской части России летом 2020 г. усилила актуальность таких исследований.

Цель исследования

В условиях лабораторного опыта изучить реакцию разнотипных сортов риса на разную обеспеченность влагой в период прорастания.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили семена разнотипных сорта риса. На первом этапе изучали крупнозерный сорт Титан (подвид *japonica*) [6] и длиннозерные (подвид *indica*): Злата с белым зерном и Марс с красным перикарпом зерна [7, 8]. На втором этапе в опыт включено 4 сорта подвида *indica* и 11 – подвида *japonica*, 10 из них российской селекции и IR-64, созданный в IRRI и включенный в коллекцию ФНЦ риса.

Опыты закладывали в соответствии методикой, принятой для риса [14]. Семена сортов риса помещали в растильни по 100 штук в каждую на 2 слоя фильтровальной бумаги. Сверху семена накрывали слоем такой же бумаги и заливали водой согласно схемы опыта (табл. 1). Повторность в опыте трехкратная.

Таблица 1 – Схема лабораторного опыта

Вариант		Водный режим
1 - контроль	Сорта	Вода: 200 мл + 100 мл на 3-е сутки
2		Вода: 200 мл
3		Вода: 100 мл

Перед установкой в термостат, в растильни контрольного и второго варианта опыта было залито по 200 мл воды, а в третьем варианте – 100 мл. Контроль за количеством воды в растильнях проводился ежедневно. На 3-и сутки количество воды в контрольном и втором варианте было в пределах 130-150 мл, а в третьем варианте около 50 мл. В растильню контрольного варианта было дополнительно долито 100 мл воды. На момент завершения опыта на 7-е сутки в растильне контрольного варианта фильтровальная бумага была частично залита водой, а во втором варианте обильно смочена. В третьем варианте фильтровальная бумага была слегка влажной. В лабораторном термостате круглосуточно поддерживалась температура 28 °С.

На 4-е сутки опыта определяли энергию прорастания – количество нормально проросших семян. Лабораторную всхожесть определяли на 7-е сутки. При этом также измеряли длину зародышевого корешка. Данные обрабатывали методами биометрической статистики [4].

Результаты и их обсуждение

В ходе выполнения первого лабораторного опыта [3] было отмечено различие по энергии прорастания и всхожести как между вариантами в зависимости от обеспеченности влагой, так и между сортами Злата, Марс и Титан (табл. 2).

Таблица 2 – Энергия прорастания, всхожесть семян и длина корешков сортов риса в зависимости от различной обеспеченности влагой, 2020 г.

Вариант	Сорт	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина корешка, см
1 - контроль	Злата	89	97	8
	Марс	87	95	6
	Титан	85	94	7
2	Злата	83	93	7
	Марс	80	92	5
	Титан	83	87	6
3	Злата	75	83	6
	Марс	71	85	5
	Титан	78	87	7
$НСР_{05}$		1,26	1,17	0, 32

Анализируя данные таблицы 2 по вариантам, видим, что наилучшие показатели по энергии прорастания, всхожести и длине корешков все три сорта показали в первом (контрольном) варианте, при избытке влаге в растильнях. Во втором и третьем вариантах, с уменьшением количества воды в растильнях, все три изучаемых показателя у каждого сорта достоверно снижаются.

При анализе данных по сортам выявляется, что в контрольном и втором варианте, с 200 мл воды, сорт Злата достоверно превосходит сорта Марс и Титан по показателям энергии прорастания и всхожести. Самые

низкие результаты по обоим показателям у сорта Титан. Сорт риса Марс имеет промежуточные результаты. Но в третьем варианте опыта, при наименьшей влагообеспеченности, сорт Титан по энергии прорастания и по всхожести достоверно превзошел оба длиннозерных сорта.

Измерение длины корешков на 7-е сутки опыта выявило, что лучшие показатели были у сорта Злата в первом и втором варианте. Сорт Титан в этих вариантах был вторым, а Марс – третьим. А вот в третьем варианте, при дефиците влаги, длина корешка была наибольшей у сорта Титан. Злата оказалась второй, а Марс – третьим.

При осмотре корешков изучаемых сортов был зафиксирован интересный факт в третьем варианте. Уже на 3-е сутки у сорта риса Титан при недостаточном увлажнении активно развивались корневые волоски по всей длине корня. Это стало особенно хорошо видно на 7-е сутки. Корневые волоски располагались по всему корешку равноудаленно друг от друга на расстоянии 1-2 мм и имели длину 3-5 мм (рис. 2). Это была явно выраженная реакция сорта на нехватку влаги. Из этого следует, что сорт Титан в данных условиях начал развивать корневую систему по суходольному типу.

Рисунок 2 – Проростки сорта риса Титан

Появление корневых волосков у сорта риса Титан при недостатке влаги позволило ему более эффективно потреблять воду. Это привело к улучшению показателей энергии прорастания, всхожести и длины корешков по сравнению с сортами Злата и Марс.

На корешках проростков сортов риса Злата и Марс корневые волоски не появлялись. Такой реакции на недостаток влаги, как у сорта Титан, у них не наблюдалось (рис. 3). Корешки проростков длиннозерных сортов во всех трех вариантах были идентичными.

Рисунок 3 – Проростки сортов риса:
Злата Марс

Из этого наблюдения высказано предположение, что у изученных длиннозерных сортов риса менее развит механизм реагирования на недостаточное увлажнение [3].

Для выяснения этого вопроса проведен второй опыт, где в изучение включили более широкий набор сортов риса обоих подвидов.

При проращивании семян длиннозерных сортов, относящихся к подвиду *indica*, установлено, что к моменту снятия показателя «энергия прорастания» корневых волосков ни один сорт не образовал (табл. 3). Это хорошо видно на фотографии (рис. 4).

Таблица 3 – Энергия прорастания и всхожесть семян длиннозерных сортов подвида *indica* в зависимости от различной обеспеченности влагой, 2020 г.

Сорт	Вариант	Энергия прорастания, %	Наличие корневых волосков	Всхожесть, %	Наличие корневых волосков
Злата	1	96	нет	94	нет
	2	99	нет	99	нет
	3	98	нет	100	есть
Изумруд	1	97	нет	92	нет
	2	98	нет	91	нет
	3	98	нет	98	есть
Нафант	1	98	нет	80	нет
	2	100	нет	94	нет
	3	98	нет	99	есть
Снежинка	1	97	нет	97	нет
	2	95	нет	95	нет
	3	97	нет	98	есть

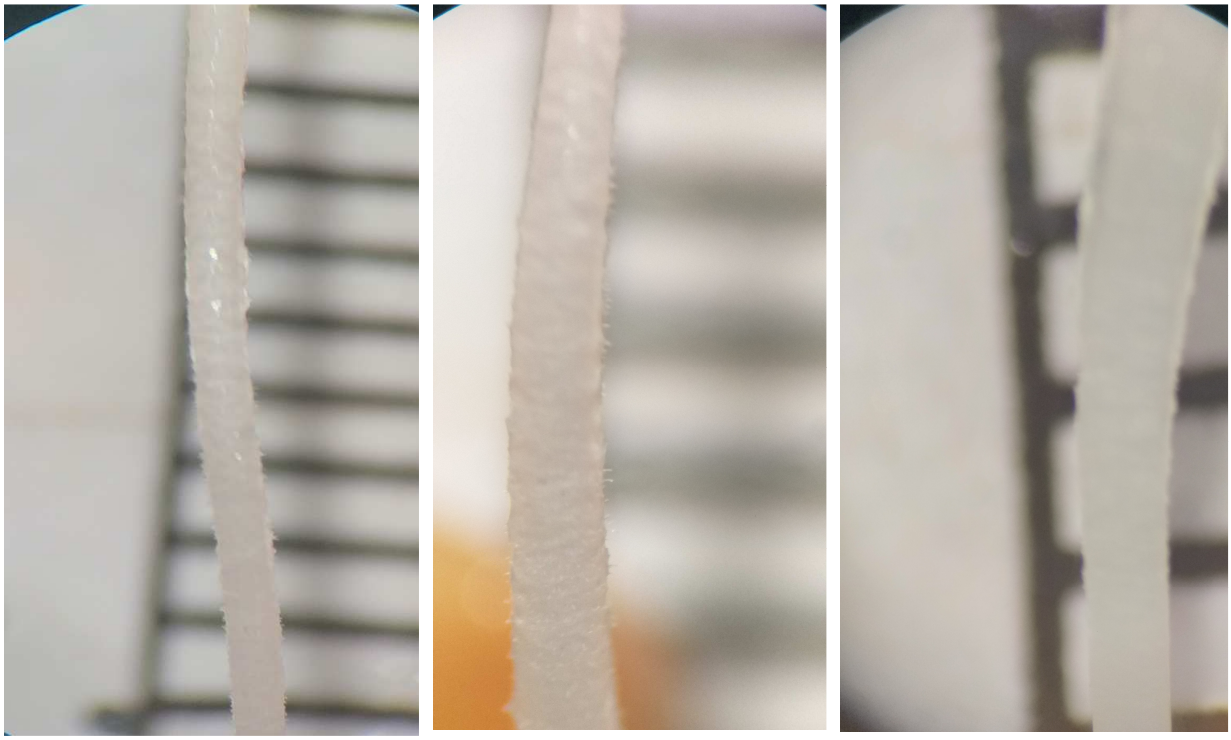


Рисунок 4 – Корневые волоски на 4-е сутки у длиннозерных сортов:
Злата Нафант Снежинка

На 7-е сутки, когда определяли всхожесть семян, в первом и втором варианте опыте корневые волоски также отсутствовали. А вот в 3-м варианте, при дефиците влаги, образовались редкие корневые волоски. При этом у сорта Снежинка они появились не по всей длине корешка, а только в зоне около зародыша (см рис. 8).

Крупнозерные сорта подвида *japonica* различались между собой по способности образовывать корневые волоски. Так, на 4-е сутки сорт Лидер ни в одном из вариантов не имел корневых волосков (табл. 4).

Таблица 4 – Энергия прорастания и всхожесть семян крупнозерных сортов подвида *japonica* в зависимости от различной обеспеченности влагой, 2020 г.

Сорт	Вариант	Энергия прорастания, %	Наличие корневых волосков	Всхожесть, %	Наличие корневых волосков
Лидер	1	99	нет	99	нет
	2	99	нет	100	есть
	3	99	нет	99	есть
Регул	1	98	нет	96	есть
	2	99	нет	96	есть
	3	99	есть	99	есть
Титан	1	97	нет	94	есть
	2	94	есть	94	есть
	3	96	есть	95	есть
Фаворит	1	98	нет	97	нет
	2	99	нет	97	есть
	3	99	есть	99	есть
IR-64	1	100	нет	95	нет
	2	98	есть	95	есть
	3	100	есть	100	есть

Сорта риса Регул и Фаворит в это время образовали корневые волоски только в третьем варианте, при дефиците влаги. А сорта Титан и IR-64 сформировали их во 2-м и 3-м вариантах (рис. 5, 7).

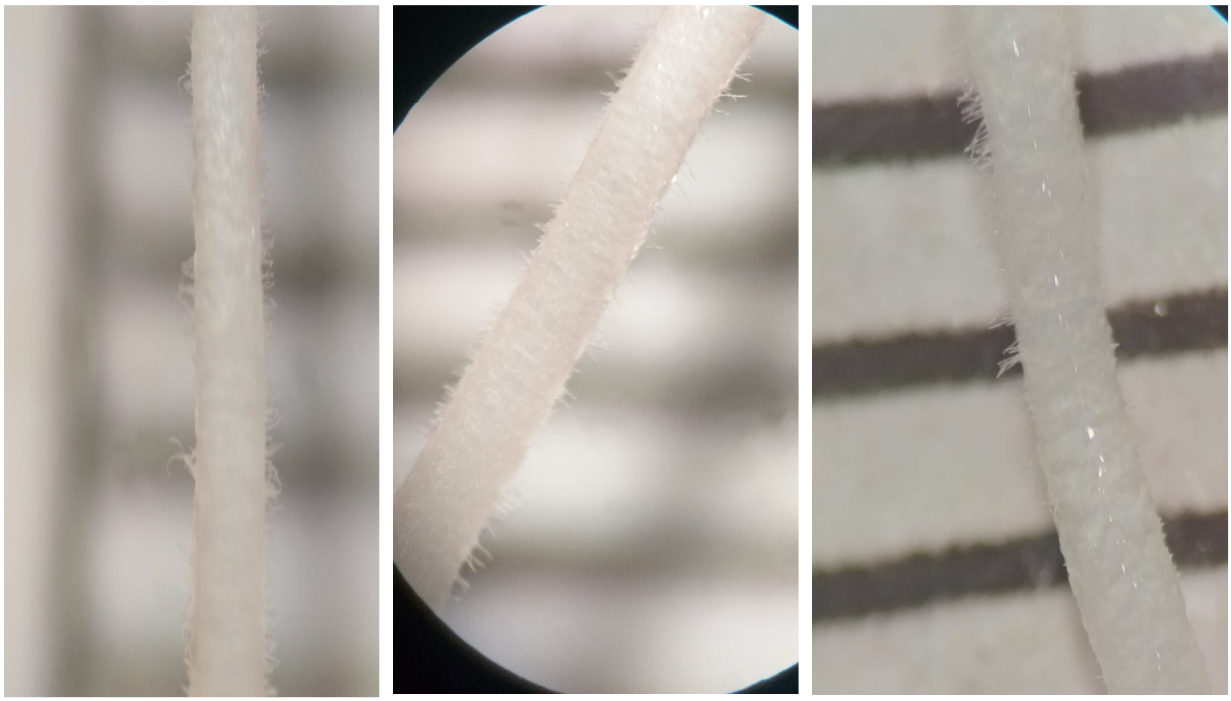


Рисунок 5 – Корневые волоски на 4-е сутки у крупнозерных сортов:
Регул Титан Фаворит

Из этого следует, что российский сорт риса Титан имеет такую же реакцию на недостаток влаги при прорастании, как и филиппинский – IR-64, который был создан специально для выращивания в засушливых условиях.

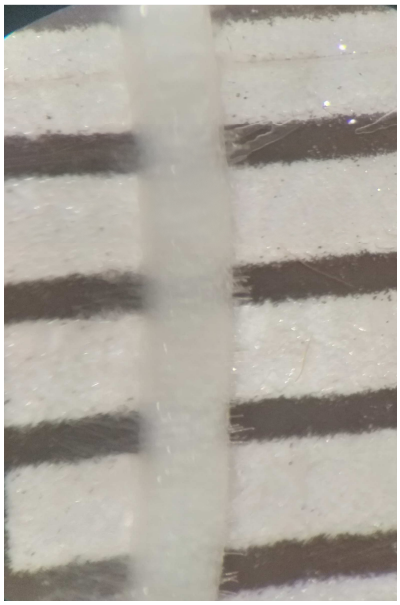
При анализе проростков короткозерных сортов также отмечено различие между сортами. Так, на 4-е сутки сорта Атлант, Гамма и Рапан не формировали корневые волоски ни в одном из вариантов опыта. Сорт Флагман образовывал корневые волоски только в 3-м варианте, при дефиците влаги. А у сортов Азовский и Сонет развитие корневых волосков происходило во 2-м и 3-м вариантах опыта (табл. 5). Их реакция была такой же, как и у крупнозерных сортов Титан и IR-64. Это достаточно хорошо видно на рисунке 6.

Что касается формирования корневых волосков на 7-е сутки, к моменту учета всхожести семян, то здесь различий между сортами значительно меньше. Только у сорта Азовский корневые волоски образовались

во всех трех вариантах опыта, у остальные изученных короткозерных сортов они образовались только во 2-м и 3-м вариантах.

Таблица 5 – Энергия прорастания и всхожесть семян короткозерных сортов подвида *japonica* при разной обеспеченности влагой, 2020 г.

Сорт	Вариант	Энергия прорастания, %	Наличие корневых волосков	Всхожесть, %	Наличие корневых волосков
Азовский	1	93	нет	94	есть
	2	92	есть	93	есть
	3	95	есть	95	есть
Атлант	1	100	нет	100	нет
	2	100	нет	100	есть
	3	100	нет	100	есть
Гамма	1	85	нет	86	нет
	2	95	нет	95	есть
	3	89	нет	90	есть
Рапан	1	87	нет	88	нет
	2	86	нет	87	есть
	3	91	нет	95	есть
Сонет	1	100	нет	100	нет
	2	100	есть	100	есть
	3	99	есть	99	есть
Флагман	1	94	нет	96	нет
	2	94	нет	93	есть
	3	90	есть	91	есть



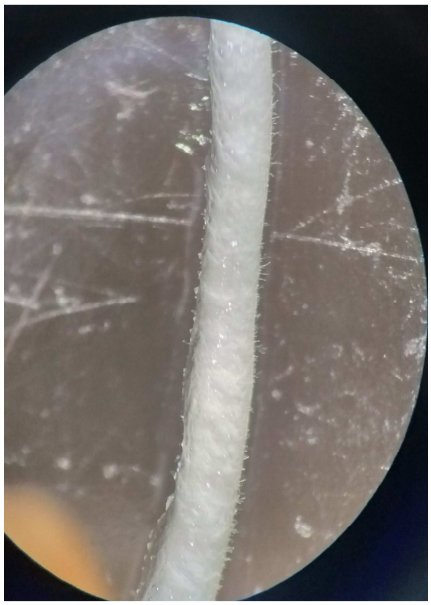


Рисунок 6 – Корневые волоски на 4-е сутки у короткозерных сортов:
Азовский Гамма Сонет

Интересная картина наблюдалась у сорта IR-64. Через трое суток с начала проращивания семян на корешках появились многочисленные волоски. Но они были короткие и больше напоминали опушение. На 7-е сутки волоски разрослись так, что казалось корешки покрыты белым мхом (рис. 7).

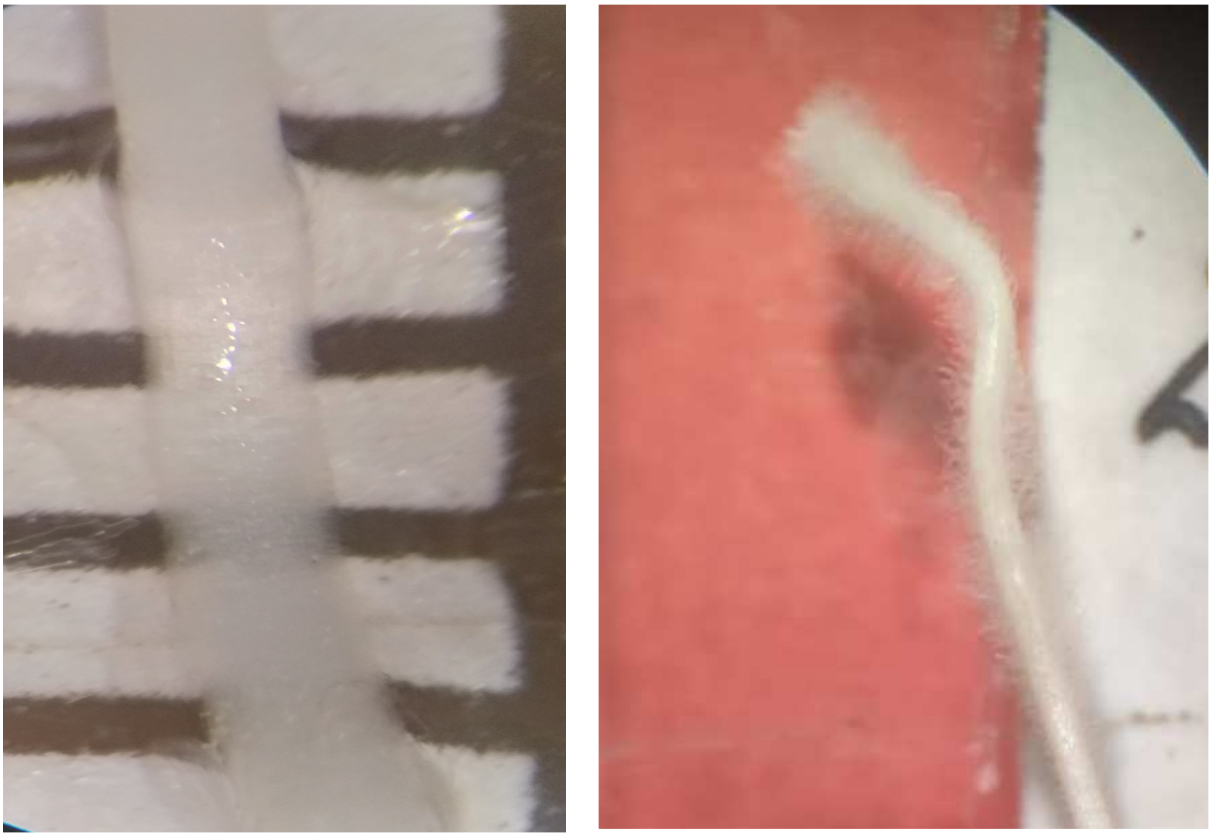


Рисунок 7 – Корневые волоски у сорта IR-64 через:
3 суток 7 суток

Особенно наглядно это проявлялось в 3-м варианте, при дефиците влаги. Очевидно у сорта IR-64 таков механизм формирования корневой системы в условиях ограниченного увлажнения. Этим подтверждается заявленная авторами повышенная выносливость IR-64 к условиям засухи [18]. В связи с этим сорт IR-64 является ценным исходным материалом при селекции сортов риса с повышенной засухоустойчивостью.

При анализе проростков всех изученных сортов риса, мы обратили внимание на один факт, который требует дополнительного изучения и объяснения. Сорта риса Лидер и Снежинка существенно различаются между собой по происхождению, подвидовой принадлежности, форме зерна и габитусу растения. Однако по формированию корневой системы они очень похожи. В начале проращивания (на 4-й день) оба сорта не образовали корневые волоски, а на 7-е сутки на их корешках появились редкие, но толстые и достаточно длинные корневые волоски. При этом большая часть их образовалась у основания корешка (рис. 8).

Для объяснения этого факта необходимо, очевидно, проводить дополнительные исследования.

Рисунок 8 – Развитие корней через 7 суток у сортов:
Лидер Снежинка

Выводы

1. В условиях лабораторных опытов при проращивании семян четырех сортов подвида *indica* и 11 сортов подвида *japonica* установлены существенные сортовые различия в их реакции на разную обеспеченность вла-

гой. Эти различия выражались в неодинаковом формировании корневых волосков в разных вариантах опытов.

2. Сорта риса подвида *indica* меньше реагируют на дефицит влаги образованием корневых волосков, чем сорта подвида *japonica*.

3. Среди изученных сортов подвида *japonica* выделено четыре: Азовский, Сонет, Титан, Флагман, которые лучше других формируют корневые колоски при дефиците влаги в период прорастания семян. Эти сорта целесообразно испытать по технологии раннеапрельского посева в условиях Российской Федерации.

Список литературы

1. Ганиев, М. А. Особенности морфологии и анатомии риса при периодических поливах / М. А. Ганиев, И. П. Кружилин, К. А. Родин // Орошаемое земледелие. – 2014. – №. 2. – С. 15-16.

2. Ганеев М.А. Биоклиматические коэффициенты испарения и закономерности изменения их значений при периодическом орошении риса в Волгоградской области / М.А. Ганеев, К.А. Родин, Н.В. Кузнецова // Рисоводство. – 2018. – № 3 (40). – С. 35-41.

3. Гненный Е.Ю. Реакция сортов риса на различную обеспеченность влагой в период прорастания / Е.В. Гненный, М.А. Ткаченко, Г.Л. Зеленский // Рисоводство. – 2021. – № 1 (50). – С. 20-24.

4. Дзюба В. А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных / В. А. Дзюба. – Краснодар, 2007. – 76 с.

5. Зеленский, Г.Л. История селекции риса в России. Часть 2 / Г.Л. Зеленский // Рисоводство. – 2011. – Вып. 19. – С. 100-108.

6. Зеленский, Г. Л. Рис: биологические основы селекции и агротехники: монография / Г. Л. Зеленский. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 238 с.

7. Зеленский, Г. Л. К проблеме создания и внедрения высококачественных длиннозерных сортов риса / Г. Л. Зеленский, Н. Г. Туманьян, О. В. Зеленская, Н. В. Остапенко, А. А. Кочубей // АгроСнабФорум. – 2015. – № 11 (139). – С. 62-66.

8. Зеленская, О. В. Генетические ресурсы риса (Oryza sativa L.) с окрашенным перикарпом зерна / О. В. Зеленская, Г. Л. Зеленский, Н. В. Остапенко, Н. Г. Туманьян // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22. – № 3. – С. 296-303.

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

10. Костылев, П.И. Оценка засухоустойчивости образцов риса по изменению урожайности при нехватке влаги / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, А.В. Аксенов // Аграрная наука. – 2020. – Том 343. – №11-12. – С.56-59. https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59

11. Костылев, П.И., Краснова Е.В., Аксенов А.В. Селекционная работа по маловодотребовательному рису в АНЦ «Донской» / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, А.В. Аксенов // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 1 (67). – С. 54-58. https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-54-58

12. Рис. Под Ред П.С. Ерыгина и Н.Б. Натальина, М.: Колос, 1968. – 328 с.

13. Скаженник М.А. Холодостойкость в фазу прорастания риса: характеристика генотипов / М.А. Скаженник, В.С. Ковалев, В.А. Дзюба, Н.Н. Малышева, И.Н. Чухирь, Е.Е. Иваненко, Т.С. Пшеницина // Рисоводство. – 2019. – № 2 (43). – С. 33-38.

14. Сметанин, А. П. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян риса / А. П. Сметанин, В. А. Дзюба, А. И. Апрод. – Краснодар, 1972. – 156 с.

15. Counce, P. A. Rice physiology / P. A. Counce, D. R. Gealy, S. J. S. Sung // In: Smith, C. W., comps., eds. Rice. New York, 2002. – NY: John Wiley and Sons Ltd. – P. 129-152.

16. Gowda, V. R. P. Root biology and genetic improvement for drought avoidance in rice / V. R. P. Gowda, A. Henry, A. Yamauchi, H. E. Shashidhar, R. Serraj // Field Crops Research. – 2011. – V. 122. – Is.1. – P. 1-13. DOI:10.1016/j.fcr.2011.03.001.

17. Henry, A. Root attributes affecting water uptake of rice (Oryza sativa) under drought /A. Henry, A. J. Cal, T. C. Batoto, R. O. Torres, R. Serraj // Journal of Experimental Botany. – 2012. – V. 63. – Is. 13. – P. 4751-4763. DOI: 10.1093/jxb/ers150

18. Kato, Y. Physiological characterization of introgression lines derived from an indica rice cultivar, IR64, adapted to drought and water-saving irrigation / Y. Kato, A. Henry, D. Fujita, K. Katsura, N. Kobayashi, R. Serraj // Field Crops Research. – 2011. – V. 123. – Is. 2. – P. 130-138.

19. Mostajeran, A. Drought stress effects on root anatomical characteristics of rice cultivars (Oryza sativa L.) / A. Mostajeran, V. Rahimi-Eichi // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2008. – V. 11. – P. 2173-2183.

20. Nguyen, H. T. Breeding for drought resistance in rice: physiology and molecular genetics considerations / H. T. Nguyen, R. C. Babu, A. Blum // Crop Science. – 1997. – V. 37. – №. 5. – P. 1426-1434.

21. Thakur, A. K. Effects on rice plant morphology and physiology of water and associated management practices of the system of rice intensification and their implications for crop performance / A. K. Thakur, S. Rath, D. U. Patil, A. Kumar // Paddy and water Environment. – 2011. – V. 9. – № 1. – P. 13-24.

22. Yang, J. Relationships of rice root morphology and physiology with the formation of grain yield and quality and the nutrient absorption and utilization / J. Yang // Scientia Agricultura Sinica. – 2011. – Т. 44. – №. 1. – С. 36-46.

References

1. Ganiev, M. A. Osobennosti morfologii i anatomii risa pri periodicheskih polivah / M. A. Ganiev, I. P. Kruzhilin, K. A. Rodin // Oroshaemoe zemledelie. – 2014. – №. 2. – S. 15-16.

2. Ganeev M.A. Bioklimaticheskie koefficienty ispareniya i zakonomernosti izmeneniya ih znachenij pri periodicheskom oroshenii risa v Volgogradskoj oblasti / M.A. Ganeev, K.A. Rodin, N.V. Kuznecova // Risovodstvo. – 2018. – № 3 (40). – S. 35-41.

3. Gnennyj E.YU. Reakciya sortov risa na razlichnuyu obespechennost' vlagoj v period prorastaniya / E.V. Gnennyj, M.A. Tkachenko, G.L. Zelenskij // Risovodstvo. – 2021. – № 1 (50). – S. 20-24.

4. Dzyuba V. A. Mnogofaktornye opyty i metody biometricheskogo analiza eksperimental'nyh dannyh / V. A. Dzyuba. – Krasnodar, 2007. – 76 s.

5. Zelenskij, G.L. Istoriya selekcii risa v Rossii. CHast' 2 / G.L. Zelenskij // Risovodstvo. – 2011. – Vyp. 19. – S. 100-108.

6. Zelenskij, G. L. Ris: biologicheskie osnovy selekcii i agrotekhniki: monogra-fiya / G. L. Zelenskij. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – 238 s.

7. Zelenskij, G. L. K probleme sozdaniya i vnedreniya vysokokachestvennyh dlinnozernyh sortov risa / G. L. Zelenskij, N. G. Tuman'yan, O. V. Zelenskaya, N. V. Ostapenko, A. A. Kochubej // AgroSnabForum. – 2015. – № 11 (139). – S. 62-66.

8. Zelenskaya, O. V. Geneticheskie resursy risa (Oryza sativa L.) s okrashennym perikarpom zerna / O. V. Zelenskaya, G. L. Zelenskij, N. V. Ostapenko, N. G. Tuman'yan // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. – 2018. – T. 22. – № 3. – S. 296-303.

9. Kostylev, P. I. Sravnitel'naya ocenka urozhajnosti suhodol'nyh obrazcov risa pri raznyh rezhimah orosheniya / P. I. Kostylev, A. V. Aksenov, E. V. Krasnova, E. V. Du-bina // Risovodstvo. – 2020. – № 4 (49). – S. 22-27.

10. Kostylev, P.I. Ocenka zasuhoustojchivosti obrazcov risa po izmeneniyu urozhajnosti pri nekhvatke vlagi / P.I. Kostylev, E.V. Krasnova, A.V. Aksenov // Agrarnaya nauka. – 2020. – Tom 343. – №11-12. – S.56-59. https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59

11. Kostylev, P.I., Krasnova E.V., Aksenov A.V. Selekcionnaya rabota po malovodotrebovatel'nomu risu v ANC «Donskoj» / P.I. Kostylev, E.V. Krasnova, A.V. Aksenov // Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2020. – № 1 (67). – S. 54-58. https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-54-58

12. Ris. Pod Red P.S. Erygina i N.B. Natal'ina, M.: Kolos, 1968. – 328 s.

13. Skazhennik M.A. Holodostojkost' v fazu prorastaniya risa: harakteristika genotipov / M.A. Skazhennik, V.S. Kovalev, V.A. Dzyuba, N.N. Malysheva, I.N. CHuhir', E.E. Ivanenko, T.S. Pshenicina // Risovodstvo. – 2019. – № 2 (43). – S. 33-38.

14. Smetanin, A. P. Metodiki opytnyh rabot po selekcii, semenovodstvu, semenovedeniyu i kontrolyu za kachestvom semyan risa / A. P. Smetanin, V. A. Dzyuba, A. I. Aprod. – Krasnodar, 1972. – 156 s.

15. Counce, P. A. Rice physiology / P. A. Counce, D. R. Gealy, S. J. S. Sung // In: Smith, C. W., comps., eds. Rice. New York, 2002. – NY: John Wiley and Sons Ltd. – P. 129-152.

16. Gowda, V. R. P. Root biology and genetic improvement for drought avoidance in rice / V. R. P. Gowda, A. Henry, A. Yamauchi, H. E. Shashidhar, R. Serraj // Field Crops Research. – 2011. – V. 122. – Is.1. – P. 1-13. DOI:10.1016/j.fcr.2011.03.001.

17. Henry, A. Root attributes affecting water uptake of rice (Oryza sativa) under drought /A. Henry, A. J. Cal, T. C. Batoto, R. O. Torres, R. Serraj // Journal of Experimental Botany. – 2012. – V. 63. – Is. 13. – P. 4751-4763. DOI: 10.1093/jxb/ers150

18. Kato, Y. Physiological characterization of introgression lines derived from an indica rice cultivar, IR64, adapted to drought and water-saving irrigation / Y. Kato, A. Henry, D. Fu-jita, K. Katsura, N. Kobayashi, R. Serraj // Field Crops Research. – 2011. – V. 123. – Is. 2. – P. 130-138.

19. Mostajeran, A. Drought stress effects on root anatomical characteristics of rice culti-vars (Oryza sativa L.) / A. Mostajeran, V. Rahimi-Eichi // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2008. – V. 11. – P. 2173-2183.

20. Nguyen, H. T. Breeding for drought resistance in rice: physiology and molecular ge-netics considerations / H. T. Nguyen, R. C. Babu, A. Blum // Crop Science. – 1997. – V. 37. – №. 5. – P. 1426-1434.

21. Thakur, A. K. Effects on rice plant morphology and physiology of water and associat-ed management practices of the system of rice intensification and their implications for crop per-formance / A. K. Thakur, S. Rath, D. U. Patil, A. Kumar // Paddy and water Environment. – 2011. – V. 9. – № 1. – P. 13-24.

22. Yang, J. Relationships of rice root morphology and physiology with the formation of grain yield and quality and the nutrient absorption and utilization / J. Yang // Scientia Agricultura Sinica. – 2011. – T. 44. – №. 1. – S. 36-46.