

ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ОБРАЗЦОВ РИСА НА ОСМОТИЧЕСКОМ РАСТВОРЕ САХАРОЗЫ

П. И. Костылев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

А. В. Аксенов, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3, e-mail: vniizk30@mail.ru

Засуха является существенным абиотическим стресс-фактором для с.-х. культур, в том числе и риса, поскольку в мире увеличивается дефицит пресной воды. В статье приводятся результаты лабораторных опытов по изучению влияния растворов с повышенным осмотическим давлением на способность прорастания семян и роста проростков риса. Цель исследования – оценка сортов и образцов риса по засухоустойчивости на начальных этапах онтогенеза с помощью осмотиков. Объектами исследования выступили 67 сортов и образцов риса из ВИР, ФНЦ риса и АНЦ «Донской». Семена проращивали в термостате на фильтровальной бумаге в чашках Петри на растворах сахарозы 8, 12 и 16 атм. В результате исследования установлено, что оптимальным вариантом было проращивание семян риса на растворе сахарозы 8 атм., при котором образцы значительно варьировали по всхожести, длине ростков и корешков как в опыте, так и на контроле. Всхожесть семян на контроле составила 96,6 %, а в опыте существенно снизилась – до 60,9 %, варьируя от 20 до 100 %. Преобладали образцы со всхожестью от 60–80 %, их было 50,8 %. В то же время выделилось 4,5 % образцов со всхожестью в опыте более 80 %. Длина ростка в опыте у образцов варьировала от 0,2 до 1,4 см. Выделилось 13,5 % образцов, у которых длина ростка в опыте была больше 1 см. По соотношению длины ростка в опыте к контролю образцы распределились асимметрично, преобладали образцы с низким соотношением, однако выделилось 4,5 % образцов с максимальным соотношением О/К – 35–40 %. Длина корешка в опыте колебалась от 0,1 до 4 см. Распределение частот было асимметричным, преобладали образцы (61,2 %) с очень коротким корешком – до 1 см. Соотношение О/К по корешку было правосторонне асимметричным, большинство образцов (74,6 %) имели низкое соотношение – от 0 до 15 %. Выделилось 3 % образцов, у которых соотношение было более 50 %: это № 39 (ЗУЛК 1) и № 50 (ЗУЛК 12). Данные образцы используют в селекционном процессе для создания засухоустойчивых сортов риса.

Ключевые слова: рис, сорт, селекция, засухоустойчивость, осмотик.

Для цитирования: Костылев П. И., Аксенов А. В. Оценка засухоустойчивости проростков риса на осмотическом растворе сахарозы. 2022. Т. 14, № 4. С. 52–61. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-52-61.



ESTIMATION OF DROUGHT RESISTANCE OF RICE SAMPLES ON AN OSMOTIC SUCROSE SOLUTION

P. I. Kostylev, Doctor of Agricultural Sciences, professor, main researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

A. V. Aksenov, junior researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Drought is a significant abiotic stress factor for agricultural crops, including rice, as freshwater shortage is increasing in the world. The current paper has presented the results of laboratory trials to study the effect of solutions with high osmotic pressure on the ability of seeds to germinate and on the growth of rice sprouts. The purpose of the study was to estimate rice varieties and samples for drought resistance at the initial stages of ontogenesis using osmotic agents. The objects of the study were 67 rice varieties and samples from the VIR, the FRC of Rice and the ARC "Donskoy". Seeds were germinated in a thermostat on filter paper in Petri dishes in 8, 12, and 16 atm sucrose solutions. As a result of the study, there was found that the best option was rice seeds' germination in a sucrose solution of 8 atmospheres, in which the samples varied significantly in germination, length of sprouts and roots, both in the trial and in the control. Seed germination on the control was 96.6 %, and in the trial, it significantly decreased to 60.9 %, varying from 20 to 100 %. There were 50.8 % of samples with germination from 60–80 %. At the same time, 4.5 % of the samples were isolated with a germination rate of more than 80 % in the trial. In the trial, a sprout length among the samples varied from 0.2 to 1.4 cm. There were identified 13.5 % of the samples, which had a sprout length more than 1 cm. According to the ratio of a sprout length in the trial to the control, the samples were distributed asymmetrically, there were more samples with a low ratio, however, there were identified 4.5 % of samples with a maximum O/K ratio (35–40 %). In the trial, a root length ranged from 0.1 to 4 cm. The frequency distribution was asymmetric, there were 61.2 % samples with a very short root, up to 1 cm. The O/K ratio according to a root was right-sided asymmetric, 74.6 % of the samples had a low ratio from 0 to 15 %. There were identified 3 % of samples with the ratio of more than 50 %. They were No. 39 (ZULK 1) and No. 50 (ZULK 12). These samples are used in the breeding process to develop drought-tolerant rice varieties.

Keywords: rice, variety, breeding, drought resistance, osmotic.

Введение. Рис – это одна из основных пищевых культур в мире. Повышение продуктивности риса является сложной задачей, поскольку на его развитие влияют различные абиотические стрессы и участвовавшие экстремальные погодные условия. Среди многочисленных абиотических стрессов засуха или дефицит воды считаются наиболее важными ограничениями в производстве риса во многих районах его выращивания (Pandey and Shukla, 2015).

Рис, как и другие культуры, потенциально может противостоять стрессу от засухи, используя четыре различных стратегии: уход от засухи, предотвращение засухи, устойчивость к засухе и восстановление после засухи. Правильный выбор времени жизненного цикла, приводящий к завершению наиболее чувствительных стадий развития при избытке воды, считается стратегией ухода от засухи (Kostylev et al., 2021).

Избегание стресса из-за дефицита воды с помощью корневой системы, способной извлекать воду из глубоких слоев почвы, или за счет снижения суммарного испарения без ущерба для урожайности считается средством предотвращения засухи. Более быстрое развитие корневой системы риса, обеспечивающее преимущество по интенсивности поглощения минеральных веществ, скорости формирования фотосинтетического аппарата, увеличивает адаптивность к засолению и засухе (Харитонов и др., 2015).

Такой процесс, как осмотическая регуляция, при которой растение поддерживает тургорное давление клеток при пониженном водном потенциале почвы, классифицируется как механизм устойчивости к засухе (Roy et al., 2021).

Когда растение обнаруживает дефицит воды, оно может накапливать различные осмотически активные соединения, такие как аминокислоты, сахара и ионы внутри своих клеток, что приводит к снижению осмотического потенциала клетки. Вода, присутствующая в межклеточных пространствах, затем течет внутрь этих клеток. Этот процесс, названный осмотической регуляцией (ОР), был предложен в качестве потенциального фактора, который мог бы позволить растениям поддерживать тургор и лучше выживать при низком водном статусе. Однако было доказано, что осмотическая регуляция, вероятно, не позволяет растению извлекать много дополнительной воды из почвы, и это может привести к потере урожайности (Masud et al., 2021).

Осмотическая адаптация может способствовать повышению засухоустойчивости за счет накопления осмолитов (низкомолекулярные органические вещества) в корнях,

что будет поддерживать или усиливать развитие корней в более глубоких слоях почвы, тем самым увеличивая количество доступной воды для использования сельскохозяйственными культурами (Swapna and Shylaraj, 2017).

Для достижения производственных целей на богарных землях необходимы засухоустойчивые сорта риса, а генетическое улучшение засухоустойчивости должно стать приоритетной темой исследований в будущем (Debabrata et al., 2021).

В АНЦ «Донской» работа по селекции засухоустойчивого риса ведется с 2003 года. За основу были взяты суходольные маньчжурские образцы из коллекции ВИР, которые были скрещены с отечественными сортами (Костылев и др., 2016, 2020, 2021, 2022). Однако, кроме полевых оценок, необходимы и быстрые лабораторные методы изучения засухоустойчивости.

Цель исследования – оценка сортов и образцов риса по засухоустойчивости на начальных этапах онтогенеза с помощью осмотиков.

Материалы и методы исследований. Объектами исследования выступили 67 сортов и образцов риса из ВИР, ФНЦ риса и АНЦ «Донской». В качестве стандарта использовали сорт Вирасан.

Опыт проводили в трехкратной повторности в лаборатории физиологии Центра фундаментальных исследований «АНЦ «Донской». В качестве осмотика использовали сахарозу. Семена риса проращивали на двойной фильтровальной бумаге в чашках Петри. Чашки предварительно хорошо мыли и прогревали вместе с бумагой в течение 2 ч в термостате при 150 °С. При проращивании семян в термостате постоянно поддерживали оптимальную для этого температуру – 24 °С.

Для приготовления раствора сахарозы брали мерные и термостойкие колбы вместимостью 0,5–1 л, для разлива раствора осмотика и воды в чашки Петри – мерные цилиндры или пипетки на 10 мл. Для работы также использовали пинцеты, ножницы, линейки, аналитические весы.

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

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

Таблица 1. Концентрация раствора сахарозы и осмотическое давление
Table 1. Concentration of a sucrose solution and osmotic pressure

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

Подготовленные семена одной репродукции проращивали в воде на фильтровальной бумаге в чашке Петри (по 50 шт. в каждой) в термостате. В чашки Петри опытного варианта добавляли раствор сахарозы (по 10 мл), контрольного – дистиллированную воду (по 10 мл) и ставили их в термостат. На 10-й день подсчитывали количество проросших семян, измеряли длину ростков и корешков.

Степень засухоустойчивости (ЗУ) определяли по формуле:

$$ЗУ = О/К \cdot 100\%,$$

где О – количество проросших семян в растворе сахарозы из каждой чашки, К – количество проросших семян в воде на контроле (Кожушко, Царевская, 1988).

Анализ данных проводили с помощью программы Statistica 10.

Результаты и их обсуждение. В опыте по проращиванию семян на растворе сахарозы первоначально были изучены различные концентрации: 16, 12 и 8 атмосфер. В результате исследований было установлено, что концентрация в 16 атм является слишком высокой для прорастания семян. В этих условиях смогли прорасти четыре образца: № 3 (АН-Юн-Хо, Китай), 44 (ЗУЛК 6), 51 (Командор х Маловодотребовательный), 64 (Скомс белый х Кубань 3). При этом росток у них не формировался, а наблюдалось лишь появление корешков длиной от 0,1 до 0,5 см. Из 50 высеванных семян проросли от 1 до 6 шт.

Эти образцы неплохо показали себя и при более низких концентрациях сахарозы.

При концентрации 12 атм общий результат был лучше, в этих условиях проросло 38 из 67 образцов, при этом ростков не было, а появились только корешки. Количество проросших растений из 50 варьировало от 1 до 17, длина корешков варьировала от 0,1 до 1,0 см. Максимальная длина корешков была у образцов № 3 (АН-Юн-Хо), 50 (ЗУЛК 12), 51 (Командор х Маловодотребовательный), 55 (Командор х Чан-Чунь-Ман), 64 (Скомс белый х Кубань 3). Наибольшее количество проросших семян отмечено у образцов № 37 (ЗУЛК 4), 44 (ЗУЛК 6).

Оптимальной оказалась концентрация сахарозы в опыте в 8 атм в результате чего проросли все образцы, сформировавшие и корешки, и ростки, однако с различной степенью их развития. Поэтому дальнейшее обсуждение результатов опыта относится только к этому варианту.

В результате проведения опыта с осмотиками по проращению семян риса на растворе сахарозы 8 атм было установлено, что образцы значительно варьировали по всхожести, длине ростков и корешков как в опыте, так и на контроле.

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

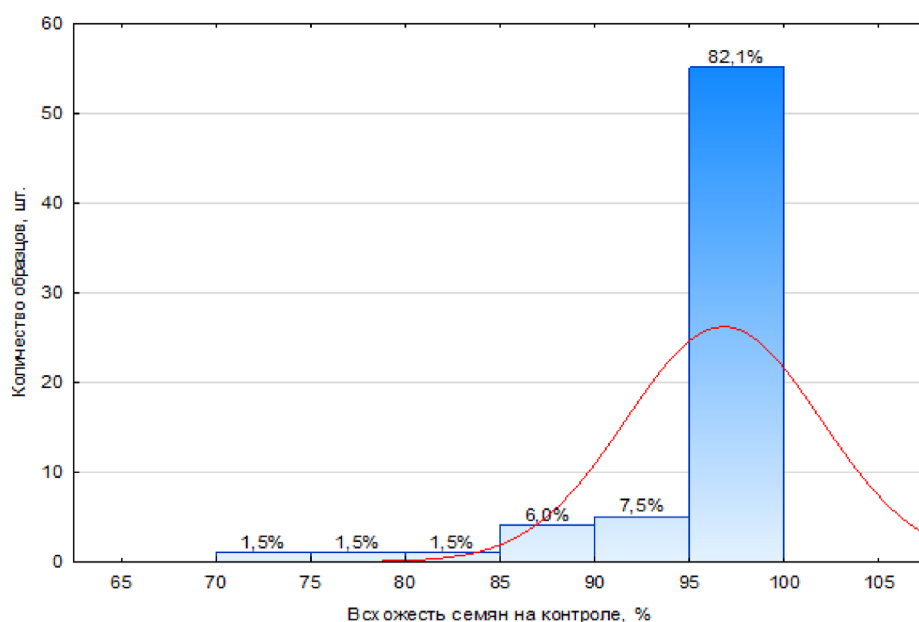


Рис. 1. Распределение по всхожести образцов риса на контроле
Fig. 1. Distribution according to rice samples' germination on the control

Однако в опыте всхожесть существенно снизилась. Она варьировала от 20 до 100 %, преобладали образцы со всхожестью от 60–80 %, их было 50,8 %. В то же время выделилось 4,5 %

образцов со всхожестью в опыте более 80 % (рис. 2). Это образцы 3 (АН-Юн-Хо), 50 (ЗУЛК 12), 62 (Скомс белый х Кубань 3). У сорта Суходол она была равна 80 %.

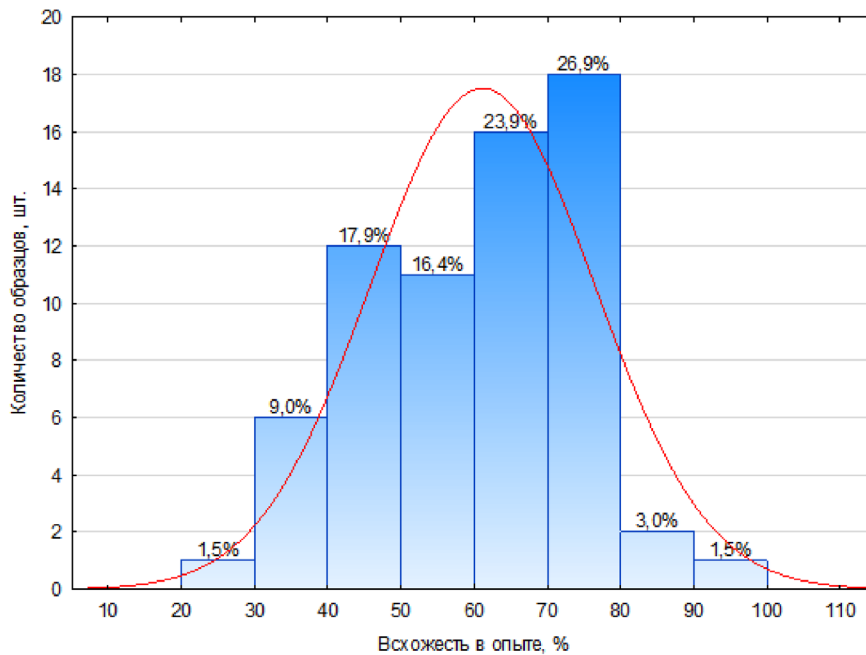


Рис. 2. Распределение по всхожести образцов риса в опыте
Fig. 2. Distribution according to rice samples' germination in the trial

Длина ростка в опыте у образцов варьировала от 0,2 до 1,4 см (рис. 3). Максимальное количество образцов имели длину ростка 0,9–1 см. Выделилось 13,5 % образцов, у которых дли-

на ростка в опыте была больше 1 см. Это такие образцы, как № 50 (ЗУЛК 12), № 64 (Скомс белый х Кубань 3), №35 (Дин-Сян х Боярин), №41 (ЗУЛК 3) и др.

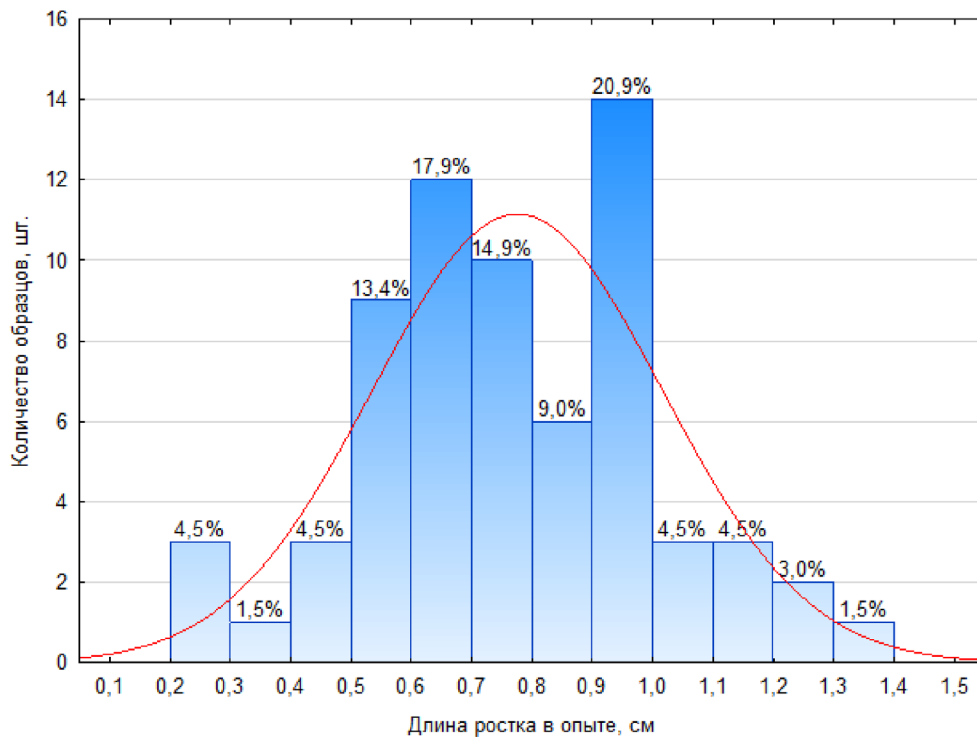


Рис. 3. Распределение по длине ростков образцов риса в опыте
Fig. 3. Distribution according to a length of sprouts of the rice samples in the trial

При этом на контроле длина ростка была значительно выше – до 11 см, и варьировала в более широких пределах – от 1 до 11 см (рис. 4). Основная масса образцов (65,6 %) име-

ла длину ростка от 4 до 8 см. Однако выделилось 12 % образцов с длиной ростка более 8 см. Это образцы № 18 (Сталинградский), № 40 (ЗУЛК 2), № 37 (ЗУЛК 4) и др.

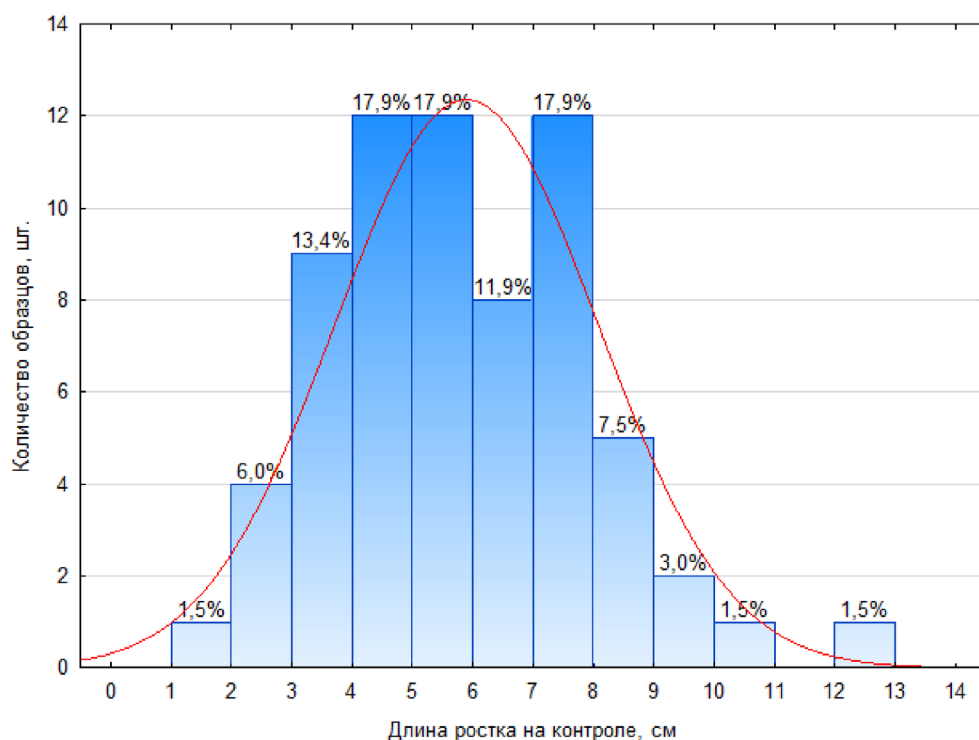


Рис. 4. Распределение по длине ростков образцов риса на контроле
Fig. 4. Distribution according to a length of sprouts of the rice samples on the control

По соотношению длины роста в опыте к контролю образцы распределились асимметрично, преобладали образцы с низким соотношением О/К: 28,4 % имели от 5 до 10 % и 25,4 % – от 10 до 13 %. Тем не менее выде-

лилось 4,5 % образцов, которые имели максимальное соотношение О/К – от 35–40 %: № 64 (Скомс белый х Кубань 3), № (ЗУЛК 10), № 26 (Суходольный 554 х Раздольный) (рис. 5).

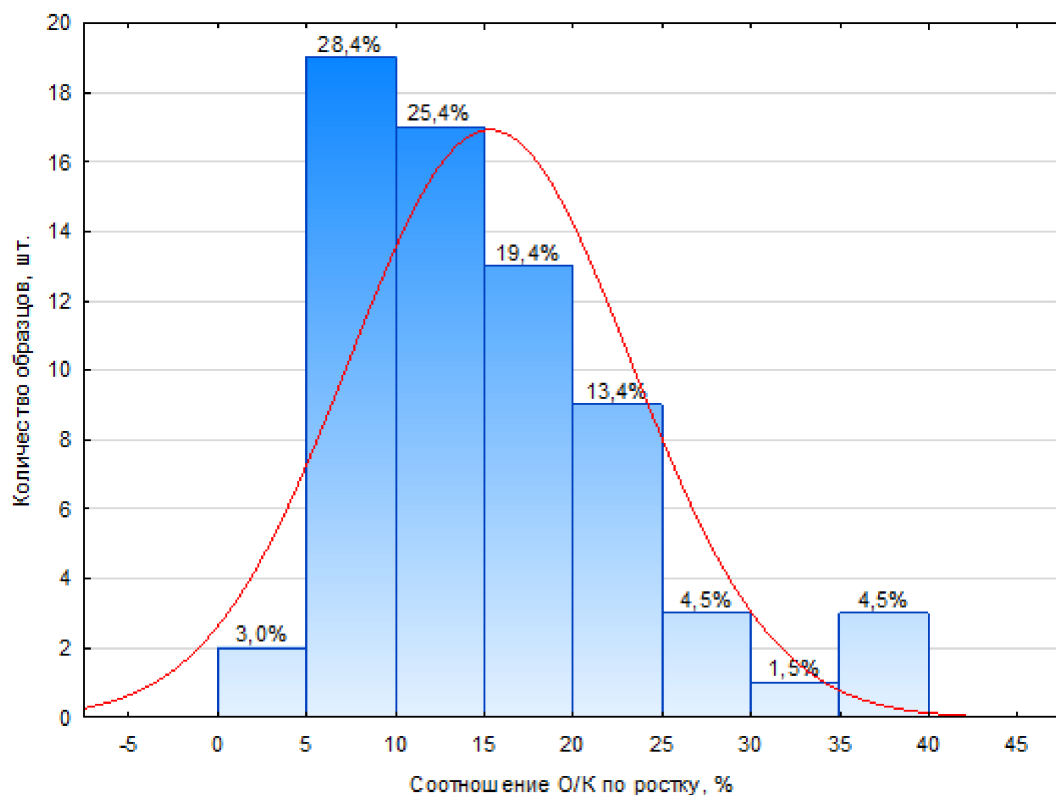


Рис. 5. Распределение по соотношению О/К по ростку
Fig. 5. Distribution according to the O/K ratio by a sprout

По длине корешка в опыте длина корешка варьировала от 0,1 до 4 см. Распределение частот было асимметричным, преобладали образцы (61,2 %) с очень коротким корешком – до 1 см (рис. 6).

На контроле длина корешков варьировала от 3–14 см, преобладали образцы с длинной от 9–12 см. Распределение было двухвершинным и представляло собой две группы: малая вершина и большая вершина (рис. 7).

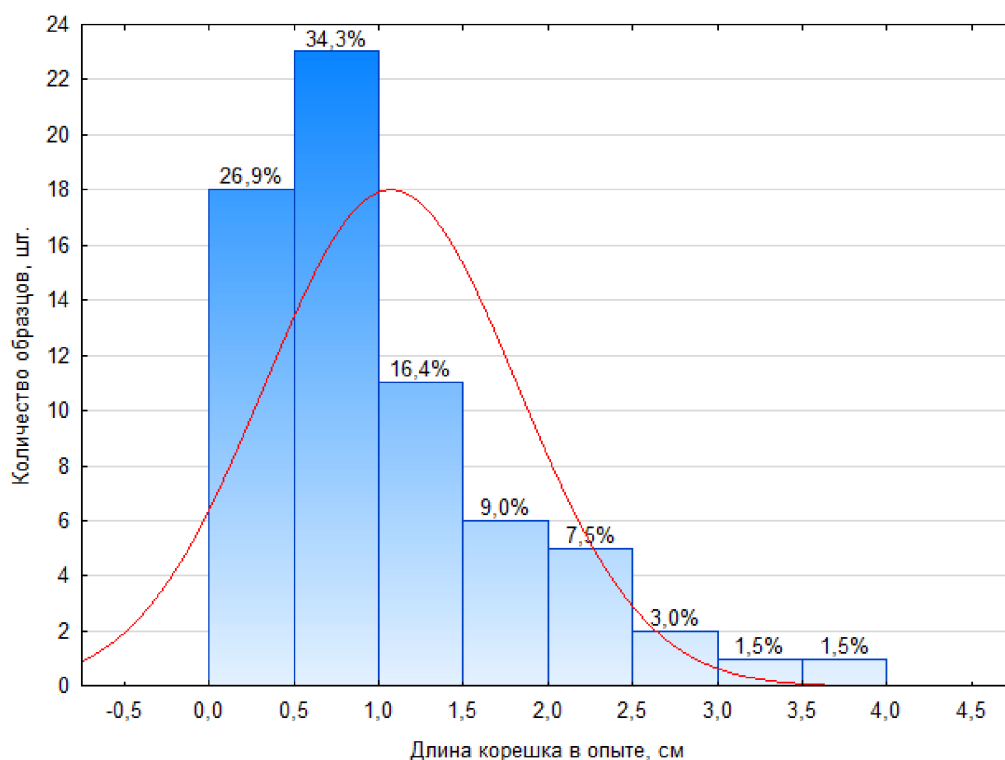


Рис. 6. Распределение по длине корешков образцов риса в опыте
Fig. 6. Distribution according to a length of roots of the rice samples in the trial

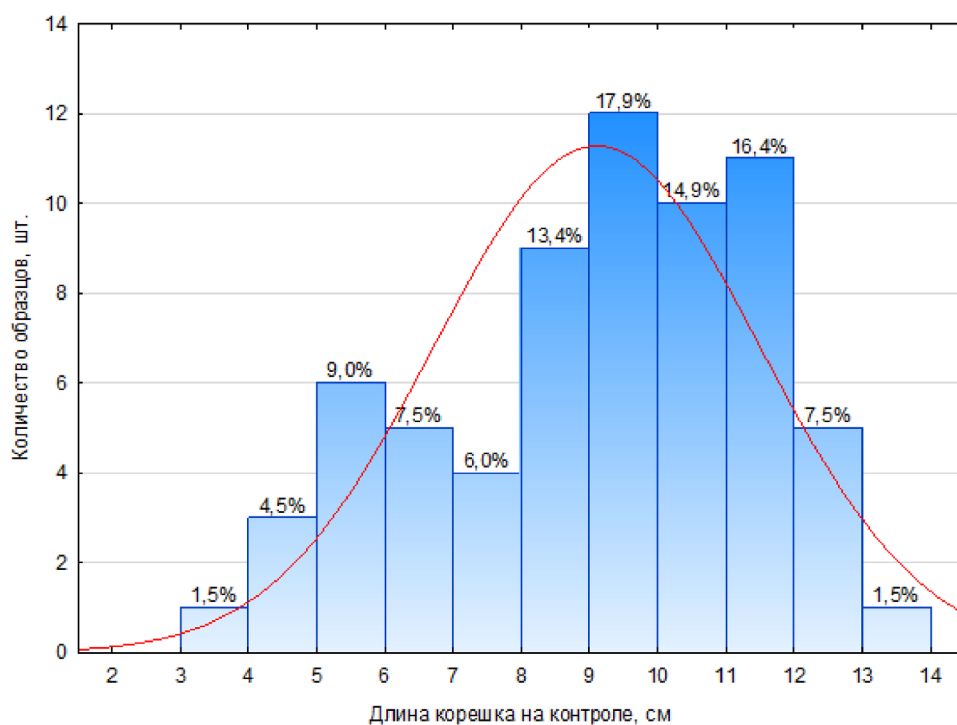


Рис. 7. Распределение по длине корешков образцов риса в контроле
Fig. 7. Distribution according to a length of roots of the rice samples on the control

Соотношение О/К по корешку характеризовалось значительной правосторонней асимметрией, которая указывает на то, что большинство образцов имели низкое соотношение – от 0 до 15 %, их было в общей сложности 74,6 % то есть примерно три четвер-

ти образцов (рис. 8). Тем не менее выделилось 3 % образцов, у которых соотношение было более 50 %, это такие образцы, как № 39 (ЗУЛК 1) и № 50 (ЗУЛК 12). Неплохое соотношение показали также образцы 2 (ЗУЛК 10) – 43,6 %, 1 (Суходол) – 36,2 %, 47 (ЗУЛК 11) – 35,5 %.

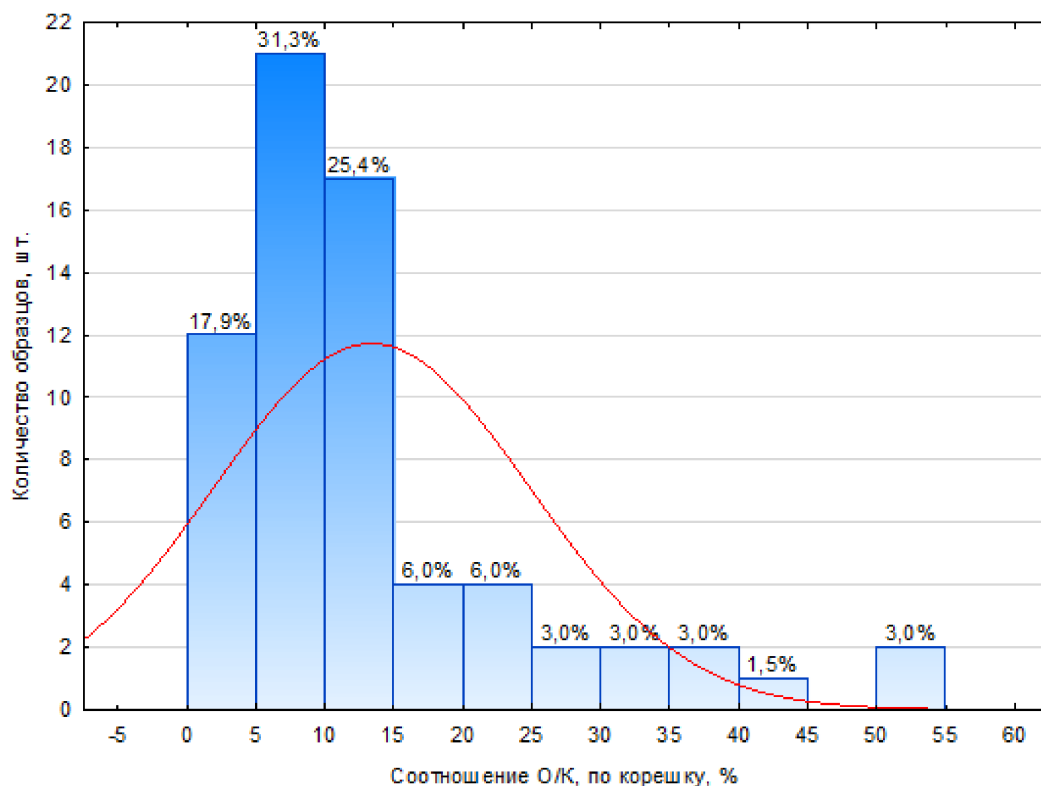


Рис. 8. Распределение по соотношению О/К по корешку
Fig. 8. Distribution according to the O/K ratio by a root

Таким образом, в результате проведенного исследования удалось выявить значительную вариабельность признака засухоустойчивости по показателю осмотической силы корней и отобрать несколько образцов с высо-

кими значениями размеров ростков и корешков, а также с высоким соотношением величин признаков О/К. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Выделившиеся на растворе сахарозы образцы риса
Table 2. Rice samples identified on a sucrose solution

№	Образец	Контроль			Опыт, 8 атм			О/К, росток, %	О/К, корешок, %
		Длина ростка, см	Длина корешка, см	Всхожесть, %	Длина ростка, см	Длина корешка, см	Всхожесть, %		
30	Вирансан, стандарт	5,97	8,33	100,0	0,54	2,17	76,0	9,1	26,0
1	Суходол	3,57	8,17	98,0	0,66	2,96	80,0	18,4	36,2
2	ЗУЛК 10	1,77	3,57	96,0	0,64	1,56	64,0	36,5	43,6
3	Ан-Юн-Хо	2,30	6,60	100,0	0,74	0,68	80,7	32,4	10,3
25	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	6,97	8,47	100,0	0,69	2,06	68,0	9,9	24,3
26	Суходольный 554 х Раздольный	2,80	5,93	82,0	1,01	1,32	73,3	36,1	22,3
27	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	3,60	11,30	98,0	0,71	3,01	79,3	19,8	26,6
28	(Ламро х Вирансан) х Боярин	4,70	9,60	98,0	0,84	2,09	79,3	18,0	21,8
35	Дин-Сян х Боярин	5,97	10,33	100,0	1,26	1,89	78,0	21,0	18,3
37	ЗУЛК 4	9,73	11,13	94,0	1,13	1,27	78,7	11,6	11,4
38	ЗУЛК 5	7,13	11,77	98,0	1,12	2,22	74,0	15,7	18,9
39	ЗУЛК 1	4,57	4,83	98,0	0,96	2,56	78,7	20,9	52,9
40	ЗУЛК 2	10,50	13,03	98,0	0,72	0,74	64,0	6,9	5,7

Продолжение табл. 2

№	Образец	Контроль			Опыт, 8 атм			О/К, % росток, %	О/К, % корешок, %
		Длина ростка, см	Длина корешка, см	Всхо- жесть, %	Длина ростка, см	Длина корешка, см	Всхо- жесть, %		
41	ЗУЛК 3	7,57	12,30	98,0	1,17	0,71	63,3	15,4	5,8
44	ЗУЛК 6	8,87	8,07	98,0	1,20	1,74	43,3	13,5	21,6
47	ЗУЛК 11	3,07	6,13	96,0	0,79	2,18	24,0	25,7	35,5
50	ЗУЛК 12	6,47	7,13	98,0	1,31	3,71	100,0	20,3	52,0
51	Командор х Маловодотребовательный	4,10	9,60	98,0	0,86	1,36	42,7	20,9	14,2
55	Командор х Чан-Чунь-Ман	5,50	6,07	96,0	1,06	0,71	68,7	19,2	11,7
62	Скомс белый х Кубань 3	4,50	8,17	100,0	1,10	0,80	80,1	24,4	9,8
64	Скомс белый х Кубань 3	3,30	5,87	92,0	1,29	0,44	51,3	39,1	7,6
	Стандартное отклонение	2,16	2,37	5,1	0,24	0,74	15,2	7,9	11,4

Эти образцы используются в селекционном процессе для создания засухоустойчивых сортов риса, способных расти и формировать полноценный урожай при значительно меньших затратах поливной воды, чем обычно. Их можно выращивать в богарных условиях на периодическом поливе.

Корреляционный анализ показал, что длина ростков в опыте средне положительно коррелировала с длиной корешков

в опыте ($r = 0,32 \pm 0,05$), со всхожестью в опыте ($r = 0,46 \pm 0,06$) и соотношением опыт/контроль (О/К) по ростку ($r = 0,54 \pm 0,06$) (табл. 3). Длина корешка в опыте положительно коррелировала со всхожестью в опыте ($r = 0,47 \pm 0,06$), с соотношением О/К по ростку ($r = 0,28 \pm 0,07$) и соотношением О/К по корешку ($r = 0,88 \pm 0,06$). При этом соотношения О/К по ростку и корешку коррелировали между собой со средней величиной ($r = 0,44 \pm 0,06$).

Таблица 3. Корреляционный анализ признаков у образцов риса
Table 3. Correlation analysis of the traits of the rice samples

Коррелируемые признаки	Длина ростка на контроле	Длина корешка на контроле	Масса проростков на контроле	Всхожесть семян на контроле	Длина ростка в опыте	Длина корешка в опыте	Всхожесть в опыте	Соотношение о/к по ростку	Соотношение о/к, по корешку
Длина ростка на контроле	1,00	0,64	0,32	-0,24	0,05	-0,20	-0,10	-0,71	-0,38
Длина корешка на контроле	0,64	1,00	0,36	-0,12	0,00	-0,17	-0,16	-0,56	-0,53
Масса проростков на контроле	0,32	0,36	1,00	0,32	0,02	-0,02	0,12	-0,38	-0,17
Всхожесть семян на контроле	-0,24	-0,12	0,32	1,00	-0,15	0,04	0,18	-0,04	0,07
Длина ростка в опыте	0,05	0,00	0,02	-0,15	1,00	0,32	0,46	0,54	0,23
Длина корешка в опыте	-0,20	-0,17	-0,02	0,04	0,32	1,00	0,47	0,28	0,88
Всхожесть в опыте	-0,10	-0,16	0,12	0,18	0,46	0,47	1,00	0,31	0,41
Соотношение О/К по ростку	-0,71	-0,56	-0,38	-0,04	0,54	0,28	0,31	1,00	0,44
Соотношение О/К, по корешку	-0,38	-0,53	-0,17	0,07	0,23	0,88	0,41	0,44	1,00

На контроле отмечена средняя положительная корреляция между длиной ростка и длиной корешка ($r = 0,64 \pm 0,06$), длиной ростка и массой проростков ($r = 0,32 \pm 0,06$), длиной корешка и массой проростков ($r = 0,36 \pm 0,06$).

Выводы

1. Сравнение различных по осмотическому давлению концентраций сахарозы показало, что оптимальным вариантом для определения засухоустойчивости образцов риса является 8 атмосфер.

2. При проращивании семян риса на растворе сахарозы было установлено, что образцы значительно варьировали по всхожести, длине ростков и корешков как в опыте с осмотическим давлением 8 атм, так и на контроле.

3. Всхожесть семян на контроле составила 96,6 %, а в опыте (8 атм) существенно снизилась – до 60,9 %, варьируя от 20 до 100 %. Преобладали образцы со всхожестью от 60–80 %, их было 50,8 %. В то же время выделилось 4,5 % образцов со всхожестью в опыте (8 атм) более 80 %. Это образцы 3 (Ан-Юн-Хо), 50 (ЗУЛК 12), 62 (Скомс белый х Кубань 3), Суходол.

4. Длина ростка в опыте (8 атм) у образцов варьировала от 0,2 до 1,4 см. Выделилось 13,5 % образцов, у которых длина ростка в опыте была больше 1 см. По соотношению длины ростка в опыте к контролю образцы распределились асимметрично, преобладали образцы с низким соотношением, однако выделилось 4,5 % образцов с максимальным соотношением О/К – 35–40 %: 2 (ЗУЛК 10),

26 (Суходольный 554 х Раздольный), 64 (Скомбелый х Кубань 3).

5. Длина корешка в опыте (8 атм) колебалась от 0,29 до 3,71 см. Преобладали образцы (61,2 %) с очень коротким корешком – до 1 см. Соотношение О/К по корешку было правосторонне асимметричным, боль-

шинство образцов (74,6 %) имели низкое соотношение – от 0 до 15 %. Выделилось 3 % образцов, у которых соотношение было более 50 %, это № 39 (ЗУЛК 1) и № 50 (ЗУЛК 12). Их можно считать засухоустойчивыми и использовать в селекционном процессе.

Библиографические ссылки

1. Кожушко Н. Н., Царевская В. М. Определение засухоустойчивости зерновых культур по депрессии роста проростков в растворах осмотиков: Методические указания. Л., ВИР. 1984. 9 с.
2. Костылев П. И., Редькин А. А., Краснова Е. В., Калиевская Ю. П. Перспективы использования суходольного риса в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2016. № 6(48). С. 13–19.
3. Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В. Оценка засухоустойчивости образцов риса по изменению урожайности при нехватке влаги // Аграрная наука, 2020. № 11–12. С. 56–59. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59.
4. Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В. Селекционная работа по маловодотребовательному рису в АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1(67). С. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-54-58.
5. Костылев П. И., Аксенов А. В. Селекция суходольного риса на засухоустойчивость (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4(76). С. 15–22.
6. Костылев П. И., Аксенов А. В., Краснова Е. В. Изучение устойчивости риса к водному дефициту // Аграрный вестник Урала. 2022. № 1(216). С. 12–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-12-20.
7. Харитонов Е. М., Гончарова Ю. К., Малиюченко Е. А. Генетика признаков, определяющих адаптивность риса (*Oryza sativa* L.) к абиотическим стрессам // Экологическая генетика. 2015. Т. 13, № 4. С. 37–54. DOI: 10.17816/ecogen13437-54.
8. Debabrata P., Swati S. M., Prafulla K. B. Drought Tolerance in Rice: Focus on Recent Mechanisms and Approaches // Rice Science. 2021. Vol. 28. Is. 2. P. 119–132.
9. Kostylev P., Aksenov A., Krasnova E. Study of morpho-biological characteristics of rice samples grown under conditions of insufficient and optimal water supply // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937. P. 022116. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022116.
10. Masud A., Matin M. N., Fatamat U., Ahamed S., Chowdhury R., Paul S. K., Karmakar S., Kang S. G., Hossain S. Screening for drought tolerance and diversity analysis of Bangladeshi rice germplasms using morphophysiology and molecular markers // Biologia. 2021. DOI: 10.1007/s11756-021-00923-6.
11. Pandey V., Shukla A. Acclimation and tolerance strategies of rice under drought stress // Rice Science. 2015. Vol. 22. P. 147–161. DOI: 10.1016/j.rsci.2015.04.001.
12. Roy S., Verma B. C., Banerjee A., Kumar J., Ray U. S., Mandal N. P. Genetic diversity for drought and low-phosphorus tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) varieties and donors adapted to rainfed drought-prone ecologies // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. P. 1–9. DOI: 10.1038/s41598-021-93325-2.
13. Swapna S., Shylaraj K. S. Screening for osmotic stress responses in rice varieties under drought condition // Rice Science. 2017. Vol. 24(5). P. 253–263. DOI: 10.1016/j.rsci.2017.04.004.

References

1. Kozhushko N. N., Tsarevskaya V. M. Opredelenie zasukhoustoichivosti zernovykh kul'tur po depressii rosta prorostkov v rastvorakh osmotikov [Determination of drought resistance of grain crops by the depression of seedling growth in osmotic solutions]: Metodicheskie ukazaniya. L., VIR. 1984. 9 s.
2. Kostylev P. I., Red'kin A. A., Krasnova E. V., Kalievskaya Yu. P. Perspektivy ispol'zovaniya sukhodol'nogo risa v Rostovskoi oblasti [Prospects for the use of upland rice in the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2016. № 6(48). S. 13–19.
3. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V. Otsenka zasukhoustoi-chivosti obraztsov risa po izmeneniyu urozhainosti pri nekhvatke vlagi [Estimation of drought resistance of rice samples according to the productivity change under a lack of moisture supply] // Agrarnaya nauka, 2020. № 11–12. S. 56–59. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59.
4. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V. Selektionnaya rabota po malovodotrebivatel'nomu risu v ANTs «Donskoi» [Breeding work on low-water-consuming rice in the ARC "Donskoy"] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 1(67). S. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-54-58.
5. Kostylev P. I., Aksenov A. V. Seleksiya sukhodol'nogo risa na zasukhoustoichivost' (obzor) [Upland rice breeding for drought tolerance (review)] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 4(76). С. 15–22.
6. Kostylev P. I., Aksenov A. V., Krasnova E. V. Izuchenie ustoychivo-sti risa k vodnomu defitsitu [The study of rice resistance to water deficit] // Agrarnyi vestnik Urala, 2022. № 1(216). S. 12–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-12-20.
7. Kharitonov E. M., Goncharova Yu. K., Malyuchenko E. A. Genetika pri-znakov, opredelyayushchikh adaptivnost' risa (*Oryza sativa* L.) k abioticheskim stressam [Genetics of traits that determine rice adaptability (*Oryza sativa* L.) to abiotic stresses] // Ekologicheskaya genetika. 2015. T. 13. № 4. S. 37–54. DOI: 10.17816/ecogen13437-54.
8. Debabrata P., Swati S. M., Prafulla K. B. Drought Tolerance in Rice: Focus on Recent Mechanisms and Approaches // Rice Science. 2021. Vol. 28. Is. 2. P. 119–132.
9. Kostylev P., Aksenov A., Krasnova E. Study of morpho-biological characteristics of rice samples grown under conditions of insufficient and op-timal water supply // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937. P. 022116. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022116.

10. Masud A., Matin M. N., Fatamat U., Ahamed S., Chowdhury R., Paul S. K., Karmakar S., Kang S.G., Hossain S. Screening for drought tolerance and diversity analysis of Bangladeshi rice germplasms using morpho-physiology and molecular markers // *Biologia*. 2021. DOI: 10.1007/s11756-021-00923-6.
11. Pandey V., Shukla A. Acclimation and tolerance strategies of rice under drought stress // *Rice Science*. 2015. Vol. 22. P. 147–161. DOI: 10.1016/j.rsci.2015.04.001.
12. Roy S., Verma B. C., Banerjee A., Kumar J., Ray U. S., Mandal N. P. Genetic diversity for drought and low-phosphorus tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) varieties and donors adapted to rainfed drought-prone ecologies // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. P. 1–9. DOI: 10.1038/s41598-021-93325-2.
13. Swapna S., Shylaraj K. S. Screening for osmotic stress responses in rice varieties under drought condition // *Rice Science*. 2017. Vol. 24(5). P. 253–263. DOI: 10.1016/j.rsci.2017.04.004.

Поступила: 08.07.22; доработана после рецензирования: 04.08.22; принята к публикации: 04.08.22.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Костылев П. И. – постановка цели и задач, формирование методологии исследования и концепции статьи, анализ литературных данных, написание текста, Аксенов А. В. – лабораторные опыты, проращивание семян, сбор биометрической информации.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.