

УДК 633.18:632.488.42:575

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59>

Оригинальное исследование/Original research

**Костылев П.И.,  
Краснова Е.В.,  
Аксенов А.В.**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «АНЦ «Донской» 347740, г. Зерноград, Ростовской обл., ул. Научный гор., 3  
E-mail: p-kostylev@mail.ru

**Ключевые слова:** рис, сорт, источник, суходол, засухоустойчивость, периодический полив, урожайность

**Для цитирования:** Костылев П.И., Краснова Е.В., Аксенов А.В. Оценка засухоустойчивости образцов риса по изменению урожайности при нехватке влаги. *Аграрная наука*. 2020; 343 (11): 56–59.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59>**Конфликт интересов отсутствует**

**Pavel I. Kostylev,  
Elena V. Krasnova,  
Alexander V. Aksenov**

Federal State Budgetary Scientific Institution "ABIC" Donskoy "3, st. Scientific city, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia  
E-mail: p-kostylev@mail.ru

**Key words:** rice, variety, source, dry land, drought resistance, periodic irrigation, yield

**For citation:** Kostylev P.I., Krasnova E.V., Aksenov A.V. Evaluation of dry resistance of rice samples by changing yield with lack of moisture. *Agrarian Science*. 2020; 343 (11): 56–59. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59>**There is no conflict of interests**

## Оценка засухоустойчивости образцов риса по изменению урожайности при нехватке влаги

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Среди многочисленных абиотических стрессов засуха или дефицит воды считаются наиболее важными ограничениями в производстве риса во многих районах его выращивания. Цель исследований — изучение коллекционных, гибридных и селекционных образцов риса на устойчивость к длительному пересыханию почвы и воздушной засухе, отбор засухоустойчивых форм для создания сортов нового типа. Материалы и методы. Объектом исследования стали 65 сортов и образцов суходольного риса в лаборатории селекции и семеноводства риса АНЦ «Донской» на базе ОП «Пролетарское» Ростовской области, которые выращивали на засушливом и нормальном фонах орошения.

**Результаты.** Установлено, что растения в нормальных и засушливых условиях формировались по-разному, и урожайность зерна при периодическом орошении составила в среднем 71,3% к норме. Выявлены сорта Контакт, Золотые всходы, Маловодотребовательный, линии ЗУЛК 6 и ЗУЛК 15, соотношение опыта к контролю (О/К) у которых составило от 106,9 до 138,0%. Отмечено удлинение времени до цветения у всех образцов, но в различной степени, от 4,9 до 25,7%. Максимальную урожайность в засушливых условиях сформировали сорта Боярин (4,43 т/га), Контакт (4,53 т/га), Золотые всходы (4,60 т/га) и Суходол (4,60 т/га).

## Evaluation of dry resistance of rice samples by changing yield with lack of moisture

### ABSTRACT

**Relevance.** Among the many abiotic stresses, drought or water scarcity are considered the most important constraints on rice production in many areas of rice production. The purpose of the research is to study collection, hybrid and breeding rice samples for resistance to prolonged drying out of the soil and air drought, selection of drought-resistant forms for creating varieties of a new type. Materials and methods. The object of the study were 65 varieties and samples of dry land rice in the laboratory of rice selection and seed production of the ARC "Donskoy" on the basis of the OP "Proletarskoye" of the Rostov region, which were grown on arid and normal irrigation background.

**Results.** It was found that plants under normal and dry conditions formed differently, and the grain yield under periodic irrigation averaged 71.3% of the norm. The varieties Kontakt, Zolotye vshody, Malovodrebovatelny, lines ZULK 6 and ZULK 15 were identified, the ratio of experience to control (O/C) in which ranged from 106.9 to 138.0%. Elongation of time to flowering was noted in all samples, but to varying degrees, from 4.9 to 25.7%. The maximum yield in dry conditions was formed by the varieties Boyarin (4.43 t / ha), Kontakt (4.53 t / ha), Zolotye vshody (4.60 t / ha) and Sukhodol (4.60 t / ha).

Поступила: 29 октября  
После доработки: 18 ноября  
Принята к публикации: 10 сентября

Received: 29 October  
Revised: 18 November  
Accepted: 10 september

## 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 [1]. Среди многочисленных абиотических стрессов засуха или дефицит воды считаются наиболее важными ограничениями в производстве риса во многих районах его выращивания [2].

Засушливые условия могут повлиять на растения на любой стадии роста, но засушливый стресс на репродуктивной стадии непосредственно приводит к потере урожая на 24–84 % [3]. Понимание механизма засухоустойчивости риса, идентификация устойчивого генофонда риса, разработка новых стратегий и методов отбора, идентификация локусов количественных признаков и генов предоставляют большие возможности для повышения засухоустойчивости риса.

Для сельскохозяйственных культур засухоустойчивость — это не только способность выживать или расти в условиях дефицита воды, но и минимальная потеря урожая в результате стресса. Засухоустойчивость риса можно определить как способность к выживанию и продуктивность в условиях засухи [4]. Засухоустойчивость — это количественный признак, который часто обозначается относительными значениями (значениями в условиях засушливого стресса относительно значений в нормальных условиях роста) различных признаков.

Устойчивость риса к засухе определяется четырьмя механизмами: уход от засухи, предотвращение засухи, устойчивость к засухе и восстановление после засухи [4, 5, 6, 7].

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

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

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

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

Засухоустойчивость — это сложный признак, отраженный изменениями на морфологическом, физиологическом, биохимическом и молекулярном уровнях. Важно определить основные критерии или показатели для оценки засухоустойчивости различных культур. Показатели засухоустойчивости риса можно разделить на три категории: 1) индексы, основными критериями ко-

торых являются морфологические и физиологические признаки; 2) индексы, включающие в себя несколько физиологических признаков, связанных с осмотической регуляцией, содержание абсцизовой кислоты и реакция на нее, а также защита от окислительного стресса; 3) составные индексы, включающие признаки, связанные с биологической или экономической урожайностью в условиях засушливого стресса.

Хотя комплексную индексную систему трудно применять для выявления механизма засухоустойчивости, некоторые составные индексы (особенно признаки, связанные с урожайностью) предпочтительны и эффективны для селекции на засухоустойчивость [8].

Цель исследований — изучение коллекционных, гибридных и селекционных образцов риса на устойчивость к длительному пересыханию почвы и воздушной засухе, отбор засухоустойчивых форм для создания сортов нового типа.

## Методика

Изучали 65 образцов и сортов риса различного происхождения, в частности коллекционные образцы риса ВИР им. Н.И. Вавилова: Золотые всходы (Россия), Маловодотребовательный (Узбекистан), Ан-Юн-Хо, Дин-Сян, Контро, Хун-Мо, Чан-Чунь-Ман (Китай); линии от их скрещивания в предыдущие годы с сортами Боярин, Командор, Кубояр, Раздольный; засухоустойчивые линии из краснодарской гибридной популяции (ЗУЛК), предоставленной в 2016 году Гончаровой Ю.К.; а также для сравнения сорта: Акустик, Боярин, Виран, Волгоградский, Контакт, Сталинградский, Суходол, Южанин.

Исследования проводили в 2019–2020 гг. в лаборатории селекции и семеноводства риса АНЦ «Донской» на базе ОП «Пролетарское» Ростовской области. Образцы высевали на двух фонах: засушливый и нормальный (затопляемый). Для выращивания суходольного риса был выделен специальный чек с периодическим орошением. Рис выращивали на делянках площадью 10 м<sup>2</sup> в трехкратной повторности с нормой высева 500 семян на 1 м<sup>2</sup> для испытания в условиях засухи и оценки продуктивности и толерантности к нехватке воды образцов риса. Полив осуществляли напуском воды после посева — 10 мая слоем 10 см и в период вегетации — 12 июня (5 см), 28 июля (8 см) и 17 августа (10 см) при просушивании почвы до состояния растрескивания корки. Степень засухоустойчивости определяли по соотношению величины признака в опыте к таковой на контроле (О/К). Математическую обработку данных делали с помощью программ Excel и Statistica 8.

В 2019 году наблюдались пониженное количество осадков в июне и августе и высокая среднемесячная температура с апреля по сентябрь. Погодные условия 2020 года характеризовались обильными дождями в мае и июне; пониженным количеством осадков в апреле, июле и августе и их отсутствием в сентябре, т. е. высокой степенью засухи во второй половине вегетации риса. Температурный режим апреля и мая был ниже нормы, а летом и в сентябре превышал ее на 2,3–4,3 °С.

## Результаты

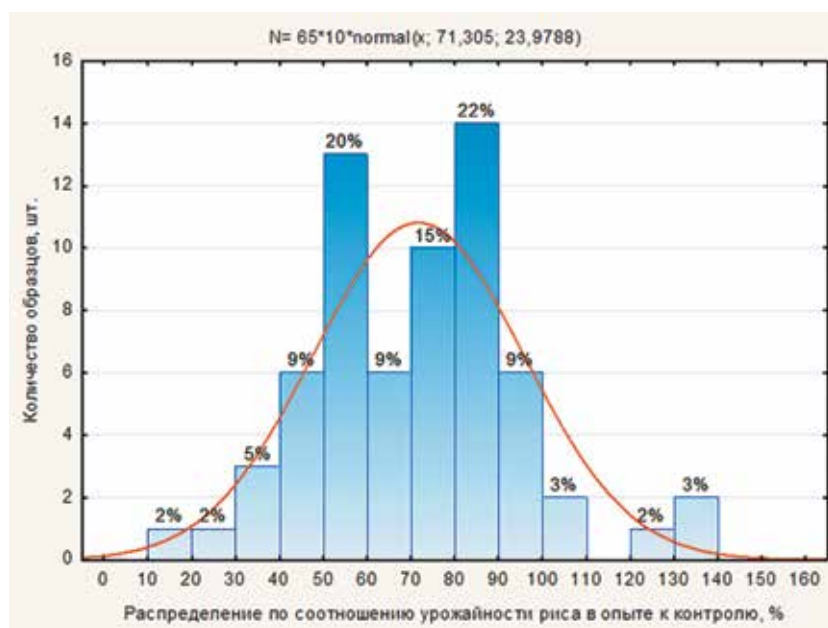
В 2019 году после изучения коллекционных образцов риса в условиях периодического орошения удалось выделить ряд форм, имеющих повышенную засухоустойчивость: Золотые всходы (Россия), Маловодотребовательный (Узбекистан), Ан-Юн-Хо, Дин-Сян, Контро, Хун-Мо, Чан-Чунь-Ман (Китай) и др. Выявлены абсо-

лютные и относительные различия в проявлении ряда количественных признаков. Наибольшее соотношение величины признака в опыте к контролю в среднем было по массе 1000 зерен (97,1%), затем в порядке убывания расположились высота растения (81,7%), длина метелки (76,8%), урожайность (63,4%), масса зерна с метелки (42,3%), количество зерен на метелке (38,1%) и количество колосков на метелке (21,6%). Следовательно, минимально снижается масса зерновки, а максимально — количество колосков и зерен в метелке [9].

В 2020 году, несмотря на жесткие условия, большинство изучаемых образцов риса сформировали зерно. Тем не менее, растения в нормальных и засушливых условиях формировались по-разному, и вторые значительно уступали первым по урожайности.

**Рис. 1.** Распределение образцов риса по соотношению урожайности в опыте к контролю

**Fig. 1.** Distribution of rice samples by the ratio of yield in the experiment to the control



**Таблица. Урожайность риса при засухе и в нормальных условиях, Пролетарск, Ростовская область, 2020 год**

**Table. Rice yield in drought and under normal conditions, Proletarsk, Rostov region, 2020**

№ пп.	№ образца	Название сорта, образца	Урожайность, т/га		
			Контроль	Опыт	О/К, %
1		Акустик	6,67	3,77	56,5
2		Боярин	5,29	4,43	83,7
3		Вирасан	4,27	4,10	95,9
4	8154	Волгоградский	4,08	3,53	86,6
5		Контакт	4,20	4,53	108,0
6	8208	Сталинградский	5,18	4,17	80,5
7	8062	Суходол	6,35	4,60	72,4
9	552	Ан-Юн-Хо, Китай	4,04	4,03	99,9
11	546	Золотые всходы	3,33	4,60	138,0
13	553	Маловодотребовательный, Узбекистан	3,06	4,13	135,1
15	551	Чан-Чунь-Ман, Китай	4,59	3,97	86,5
20	7952	Командор × Маловодотребовательный	4,94	4,20	85,0
22	7970	Командор × Чан-Чунь-Ман	5,61	4,30	76,7
43	7966	Чан-Чунь-Ман × Южанин	4,20	4,03	96,1
52	7852	ЗУЛК 2	4,39	4,33	98,7
56	7858	ЗУЛК 6 (тип Боярин)	3,65	3,90	106,9
58	7774	ЗУЛК 8	6,24	4,20	67,4
65	8224	ЗУЛК 15 (черное зерно)	2,43	2,97	122,0
		Средние	4,77	3,24	67,9

В обычных условиях с постоянным затоплением урожайность образцов варьировала от 2,43 до 7,41 т/га (в среднем 4,77 т/га). В условиях периодической засухи урожайность зерна этих же образцов колебалась от 1,33 до 4,60 т/га (в среднем 3,24 т/га). Распределение образцов риса по соотношению урожайности в опыте к контролю колебалось от 18 до 138%, в среднем — 71,3% (рис. 1).

Таким образом, некоторые сорта и образцы сформировали в условиях недостаточного увлажнения даже более высокую урожайность, чем при постоянном затоплении водой. К ним относятся Контакт, Золотые всходы, Маловодотребовательный, ЗУЛК 6 и ЗУЛК 15, соотношение опыта к контролю (О/К) у которых составило от 106,9 до 138,0% (табл.). Это связано с их скороспелостью, т. е. созреванием до наступления засухливого стресса, а также у некоторых образцов — чувствительностью к постоянному затоплению.

В аэробных условиях они развиваются лучше.

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

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

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

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

На рисунке 2 показана регрессионная зависимость засухоустойчивости от урожайности риса при засухе. В целом видна положительная взаимосвязь, однако высокая урожайность может формироваться и при высоких значениях О/К, и при средних, и при низких.

Стресс от засухи, возникающий в начале репродуктивной стадии, обычно приводит к задержке цветения, повышению стерильности колосков и снижению урожайности и индекса урожая из-за засухи. Таким образом, повышение засухоустойчивости может включать отбор растений, у которых из-за засухи наблюдается небольшая задержка цветения, или она вообще отсутствует [10].

### Выводы

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

2. Максимальную урожайность в засушливых условиях сформировали сорта Боярин (4,43 т/га), Контакт (4,53 т/га), Золотые всходы (4,60 т/га) и Суходол (4,60 т/га). При этом первые три получили преимущество благодаря скороспелости, а сорт Суходол, хотя и потерял из-за среднеспелости и задержки развития 27,6% урожая, компенсировал это более высокой урожайностью на контроле, составившей 6,35 т/га.

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Mittler R., Blumwald E. Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives. *Annu Rev Plant Biol.* 2010;(61):443–462.
2. Zhang Q. Strategies for developing Green Super Rice. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2007;104(42):16402–16409.
3. Venuprasad R., Lafitte H., Atlin G. Response to direct selection for grain yield under drought stress in rice. *Crop Sci.* 2007;47(1):285–293.
4. Luo L.J. Breeding for water-saving and drought resistance rice (WDR) in China. *J. Exp. Bot.* 2010;61(13):3509–3517.
5. Fukai S., Cooper M. Development of drought resistant cultivars using physiomorphological traits in rice. *Field Crop Res.* 1995;40(2):67–86.
6. Lawlor D.W. Genetic engineering to improve plant performance under drought: physiological evaluation of achievements, limitations, and possibilities. *J. Exp. Bot.* 2013;64(1):83–108.

### ОБ АВТОРАХ:

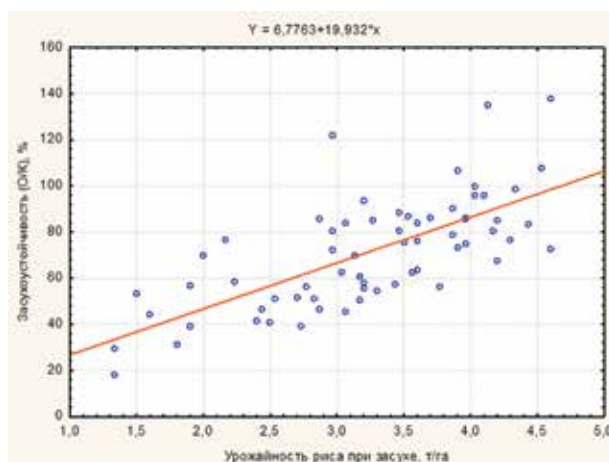
**Павел Иванович Костылев**, доктор с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса,

**Елена Викторовна Краснова**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса

**Александр Владимирович Аксенов**, агроном лаборатории селекции и семеноводства риса

**Рис. 2.** Регрессионная зависимость засухоустойчивости риса от его урожайности при засухе

**Fig. 2.** Regression dependence of rice drought resistance on its yield during drought



3. В результате проведенной работы из изученного набора сортов и образцов выделили формы, устойчивые к недостаточному увлажнению, которые можно выращивать в обычных хозяйствах при периодическом орошении.

7. Yue B., Xue W., Xiong L., Yu X., Luo L., Cui K., Jin D., Xing Y., Zhang Q. Genetic basis of drought resistance at reproductive stage in rice: separation of drought tolerance from drought avoidance. *Genetics.* 2006;172(2):1213–1228.

8. You J., Xiong L. Genetic Improvement of Drought Resistance in Rice. in book "Genetic Manipulation in Plants for Mitigation of Climate Change", P.K. Jaiwal et al. (eds.), Springer, India, 2015; p.73-76. DOI 10.1007/978-81-322-2662-8\_1

9. Костылев П.И., Краснова Е.В., Аксенов А.В. Селекционная работа по маловодотребовательному рису в АНЦ «Донской». *Зерновое хозяйство России.* 2020;1(67):54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-54-58 [Kostylev P.I., Krasnova E.V., Aksenov A.V. Breeding work on low-water-demanding rice in the ANC "Donskoy". *Grain farming in Russia.* 2020;1(67):54–58. (In Russ.) DOI: 10.31367 / 2079-8725-2020-67-1-54-58]

10. Pantuwan G., Fukai S., Cooper M., Rajatasereekul S., O'Toole J.C. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to drought under rainfed lowlands: 2. Selection of drought resistant genotypes. *Field Crops Research.* 2002;(73):169–180.

### ABOUT THE AUTHORS:

**Pavel I. Kostylev**, Doctor of agricultural Sciences, Professor, Chief researcher of the laboratory of breeding and seed production of rice,

**Elena V. Krasnova**, Candidate of agricultural Sciences, Leading researcher of the laboratory of breeding and seed production of rice

**Alexander V. Aksenov**, Agronomist of the laboratory of breeding and seed production of rice