

Изучение хозяйственно ценных признаков новых образцов проса коллекции ВИР в условиях Екатеринбургской опытной станции ВИР

DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-48-60

УДК 633.171.

Поступление/Received: 29.09.2020

Принято/Accepted: 16.06.2021



Studying agronomic characters in new millet accessions from the VIR collection at Yekaterinino Experiment Station of VIR

Т. В. КУЛЕМИНА

T. V. KULEMINA

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44
✉ kkkk@ya.ru

N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources,
42, 44 Bolshaya Morskaya Street,
St. Petersburg 190000, Russia
✉ kkkk@ya.ru

Актуальность. Пополнение коллекции ВИР новыми сортами растений – необходимая и важная работа в сохранении разнообразия биологических ресурсов планеты. Формирование коллекции проса происходит посредством изучения вновь поступивших образцов с целью выявления выделившихся морфологических и биологических признаков при определенных условиях. В дальнейшем такие образцы могут быть рекомендованы для целенаправленного использования в селекции. Изучение новых образцов дает возможность прогнозировать и планировать долгосрочную перспективу развития коллекции.

Материалы и методы. Изучение проводили в условиях Екатеринбургской опытной станции (Тамбовская обл.) в 2017–2019 гг. Объектами исследования служили новые образцы проса, поступившие в коллекцию ВИР. Исследование проводили в соответствии с разработанными и принятыми в ВИР методиками по изучению мировой коллекции проса.

Результаты и заключение. На основании проведенного изучения была дана оценка вегетационному периоду, высоте растений, крупности и продуктивности зерна, устойчивости к бактериозу. Выделены образцы, превысившие стандарт 'Горлинка' по ряду признаков. Скороспелость показали образцы: к-10479, к-10481, к-10324, к-10325, к-10478, к-10275, к-10306, к-10322, к-10473, к-10474; низкорослость – к-888, к-10324, к-10306, к-10474, к-10479, к-10326, к-10481, к-10480; крупнозерность – к-888, к-10325, к-10306, к-10324, к-10479, к-10475, к-10322, к-10473, к-10480, к-10481; высокую продуктивность зерна – к-888, к-10481; устойчивость к бактериозу – к-888, к-10275, к-10473, к-10474, к-10324, к-10325. Выделенные образцы могут служить исходным материалом для улучшения хозяйственных признаков и селекции новых сортов проса.

Ключевые слова: исходный материал, продуктивность, источники, высота растения, крупнозерность, скороспелость.

Background. Adding new plant varieties to the VIR collection is an important effort to preserve the diversity of worldwide bioresources. The millet collection at VIR is formed through the study of acquired accessions, aimed at identification of biological features that have emerged under certain conditions. Such germplasm may be recommended for use in breeding practice. Studying new accessions makes it possible to predict long-term development of the collection.

Materials and methods. The study was carried out at Yekaterinino Experiment Station of VIR, Tambov Province, in 2017–2019. New millet accessions added to the VIR collection served as the research material. The study was based on the descriptors and guidelines for *Panicum miliaceum* L. developed at VIR.

Results and conclusions. An assessment was made for such agronomic characters as the growing season, plant height, grain size, grain yield, and resistance to bacteria. The identified accessions exceeded the reference (cv. 'Gorlinka') in a number of traits. Earliness was observed in k-10479 ('Dozh'), k-10481 ('Zapadnoye'), k-10324, k-10325, k-10478 ('Nizhnevolzhskoye'), k-10275 ('Kvartet'), k-10306 ('Volga 59'), k-10322 ('Soyuz'), k-10473 ('Yarkoye 120'), and k-10474 ('Kavkazskiy zori'). Low plant height was recorded for k-888, k-10324, k-10306, k-10474, k-10479, k-10326, k-10481, and k-10480 ('Kamyshenskoye'). Large grain size was shown by k-888, k-10325, k-10306, k-10324, k-10479, k-10475 (local), k-10322, k-10473, k-10480, and k-10481. High grain yields under the conditions of the Central Black Earth Region of Russia were demonstrated by the accessions from Belarus (cv. 'Zapadnoye', k-10481) and from Chelyabinsk Province (local cultivar, k-888). Medium and strong resistance to bacterial pathogens was observed in k-888, k-10275, k-10473, k-10474, k-10324, and k-10325. The selected accessions can serve as source material for the development of new millet cultivars.

Key words: source material, yield, plant height, large grain size, earliness.

Введение

Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) является единственным в России генным банком растительных ресурсов, который служит стратегической базой эффективного стабильного развития не только сельского хозяйства, но и всех отраслей экономики и социальной сферы. Одной из культур, представляющей эту базу, является просо. Коллекция проса насчитывает более 9 тыс. образцов с различными селекционно ценными признаками.

Просо является одной из перспективных, особенно в условиях засушливых районов страны, культур многопланового использования – как в пищевом и кормовом направлении, так и в резервно-стратегическом (Kulemina et al., 2010). Зерно используется для производства пшеницы (пищевая и кормовая промышленность), а также в необработанном виде (кормовая промышленность). Просо превосходит многие зерновые культуры по устойчивости к большинству инфекционных заболеваний (Kulemina, 2019). Пшеница содержит белка больше, чем рисовая, перловая, манная крупы (Khoreva, Kurtseva, 2006). Сено и зеленая масса, отходы технологической обработки зерна (сечка, мучель) идут на корм скоту. Сено проса превосходит сено овса, сорго, кукурузы и тимофеевки, зеленая масса – кукурузу, сорго, могар, суданскую траву (Lysov, 1968). Ценность проса заключается в том, что поздние сроки посева не сильно влияют на качество и урожайность проса. При гибели других хлебных злаков просо может быть использовано для пересева.

Пополнение коллекции проса ВИР является неотъемлемой частью работы по сохранению, расширению и изучению сельскохозяйственных культур, выделению и созданию новых селекционных сортов. Изучение вновь поступивших образцов проса направлено на выявление выделенных морфологических и биологических признаков, имеющих хозяйственную ценность, при определенных условиях; такие образцы в дальнейшем могут быть целенаправленно использованы в селекции, а также это способствует возможности прогнозировать и планировать долгосрочную перспективу развития коллекции.

Цель работы – изучить хозяйственно ценные признаки образцов проса, поступившие в коллекцию ВИР, в условиях Екатеринбургской опытной станции – филиала ВИР (Тамбовская обл., Россия).

Материал и методы

Исследования проводили в период 2017–2019 гг. на Екатеринбургской опытной станции – филиале ВИР (ЕОС ВИР) (Тамбовская обл., Россия). Объектом исследования служили образцы проса посевного, поступившие в коллекцию ВИР.

Екатерининская опытная станция располагается на севере Центрально-Черноземной зоны России (южной части Восточно-Европейской равнины), в пойме реки Полной Воронеж, в зоне умеренно континентальным климатом и недостаточным увлажнением, со средней величиной гидротермического коэффициента – 0,95–1,10. Средняя температура в январе находится в пределах от –10,8 до –9°C, в июле – от +19 до +20°C. В среднем за год выпадает осадков от 450 до 550 мм. За вегетационный период сумма осадков составляет 50–60% от годовой. Продолжительность периода с температурами выше 10°C варьирует от 141 до 154 дней, сумма температур выше 10°C составляет 2300–2600°C. Почвы – типичные

мощные, слабо выщелоченные черноземы, тяжелосуглинистые по механическому составу. Почвы среднекислые (рН 4,85), содержание гумуса среднее (5,8%), подвижного фосфора (104%) и калия (101%) повышенное. Агротехника общепринятая для зоны.

Изучение каждого образца проводили на площади делянки 1 м². Посев осуществляли в зависимости от погодных условий года в период с последней декады мая по первую декаду июня навесной сеялкой и трактором Т16 с нормой высева 500 шт. на делянку. В течение вегетационного периода выполняли фенологические наблюдения. Уборку проводили в фазу полной спелости зерна.

Образцы оценивали по продолжительности вегетационного периода, высоте растений, крупности и продуктивности зерна, по устойчивости к бактериозу. Описание реакции на поражение вредителями приведено в баллах. Оценка образцов по количественным признакам дана по среднему значению признака, полученному за годы изучения. Исследование проводили в соответствии с международным классификатором СЭВ (Agafonov et al., 1982) и методическими указаниями ВИР по изучению коллекции проса (Agafonov, Kurtseva, 1988). Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитан по формуле Г. Т. Селянинова, где ГТК менее 0,5 соответствовал сильной засухе, 0,51–0,7 – значительной засухе, 0,71–1,0 – умеренной засухе, 1,01–1,5 – умеренной увлажненности, 1,51–1,8 – вполне достаточному увлажнению, более 1,8 – избыточному увлажнению.

Статистическую обработку данных выполняли методами дисперсионного, регрессионного и корреляционного анализов по методике Б. А. Доспехова (Dospikhov, 1985). Математический анализ материала проводили с помощью компьютерной программы Microsoft Office Excel.

Исследовано 14 образцов проса посевного (*Panicum miliaceum* L.), поступивших в коллекцию ВИР из России, Таджикистана, Казахстана, Белоруссии, и 1 местный сорт из Челябинской области России. В качестве стандарта (St) был принят районированный сорт 'Торлинка' из Самарской области (табл. 1).

Метеорологические условия в годы проведения исследований характеризовались разнообразием как по объему выпавших осадков и сумме температур, так и по характеру их распространения за весь вегетационный период (рис. 1, рис. 2, табл. 2). Превышение среднесезонных температурных данных по всем месяцам вегетации отмечалось в 2018 и в 2019 г. (в среднем на +3,6 и +4,3°C – 20 и 20,7°C соответственно), в 2017 г. – в августе и сентябре (на +2,7 и +2,4°C – 21 и 14,5°C соответственно). В мае и июне 2017 г. температура воздуха была ниже среднесезонной на 0,9 и 0,3°C (13,0 и 17,5°C), в июле равнялась среднесезонной (20°C). В 2017 и 2018 г. сумма осадков в период вегетации превышала на 58% (148 мм) и 18% (47 мм), а в 2019 г. практически равнялась среднесезонным данным. В 2017 г. в мае выпало осадков на 16% больше среднесезонной; в июне, июле и августе количество осадков превышало среднесезонное на 72%. В 2018 г. вегетационный период характеризовался недостаточностью осадков в мае на 16%, в июне – на 84% по сравнению со среднесезонными показателями и, напротив, обильными дождями в июле (на 211% больше нормы) и отсутствием осадков в августе. В 2019 г. распределение осадков по месяцам было неравномерным: более влажный май с количеством осадков на 30% больше среднесезонного (56 мм) сменился июнем с недостатком влаги на 68%.

Таблица 1. Образцы проса, изученные в условиях Тамбовской области России
(Екатерининская опытная станция ВИР, 2017–2019 гг.)

Table 1. Millet accessions studied under the conditions of Tambov Province, Russia
(Yekaterinino Experiment Station of VIR, 2017–2019)

№ по каталогу ВИР	Название	Происхождение
9994	Горлинка (St)	РФ, Самарская обл.
888	Местное	РФ, Челябинская обл.
10275	Квартет	РФ, Орловская обл.
10306	Поволжское 59	РФ, Самарская обл.
10322	Союз	РФ, Орловская обл.
10324	Линия sp 2215	РФ, Орловская обл.
10325	Линия sp 2516	РФ, Орловская обл.
10326	Линия sp 2236	РФ, Орловская обл.
10473	Яркое 120	РФ, Казахстан
10474	Кавказские зори	РФ, Кабардино-Балкария
10475	Местное	Таджикистан
10476	Местное	Таджикистан
10478	Нижневолжское	РФ, Волгоградская обл.
10479	Дожд	Беларусь
10480	Камышенское	Беларусь
10481	Западное	Беларусь

Примечание: St – сорт-стандарт

Note: St means the reference cultivar

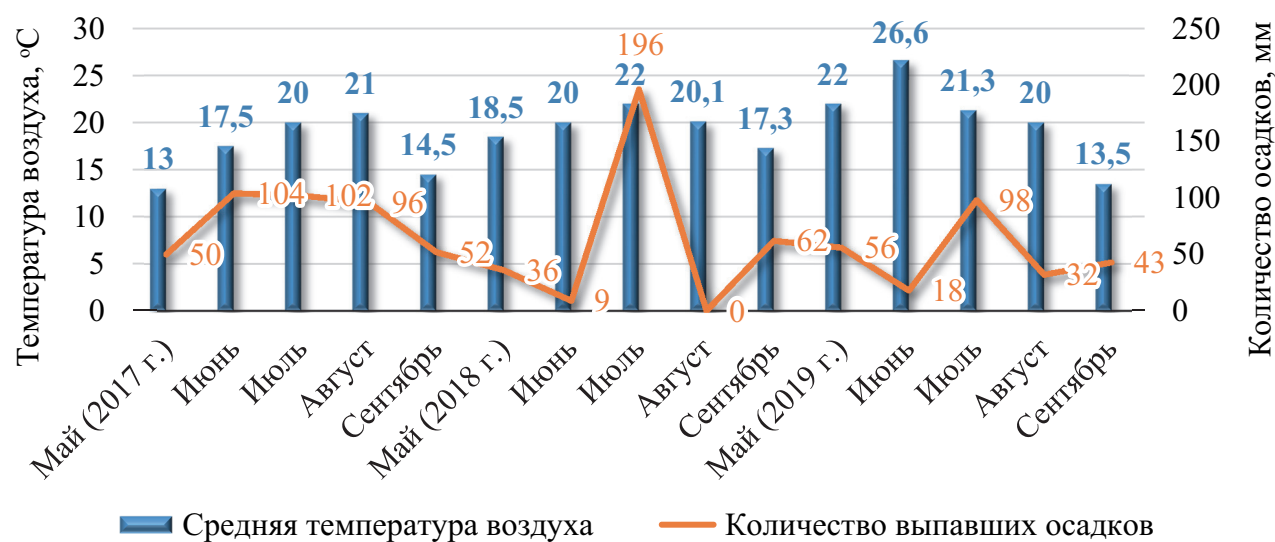


Рис. 1. Метеорологические условия периодов вегетации образцов проса
(по данным метеопункта Екатерининской опытной станции ВИР за 2017–2019 гг.)

Fig. 1. Weather conditions during the growing season of millet accessions
(as recorded by the weather station at Yekaterinino for 2017–2019)

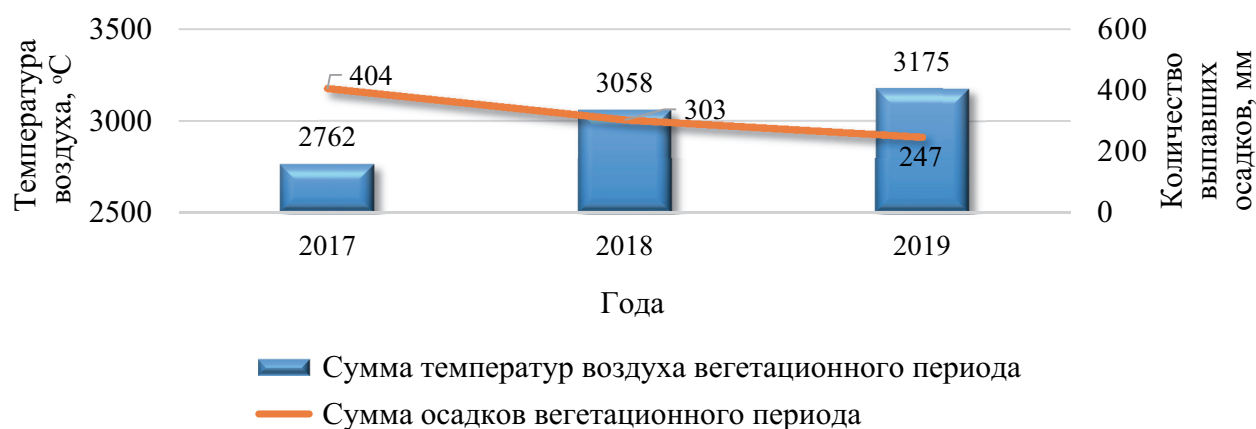


Рис. 2. Климатическая характеристика вегетационного периода 2017–2019 гг.
(Екатерининская опытная станция ВИР)

Fig. 2. Climate characteristics of the growing seasons in 2017–2019
(Yekaterinino Experiment Station of VIR)

Таблица 2. Метеорологический обзор периода вегетации проса
(Екатерининская опытная станция ВИР, 2017–2019 гг.)

Table 2. Meteorological review of the millet growing season
(Yekaterinino Experiment Station of VIR, 2017–2019)

	Температура воздуха, °C				Сумма осадков, мм				ГТК*			
	Год			Много-летняя	Год			Много-летняя	Год			Много-летняя
	2017	2018	2019		2017	2018	2019		2017	2018	2019	
Май	13,0 (-0,9)	18,5 (+4,6)	22,0 (+8,1)	13,9	50,0 (+7)	36,0 (-7)	56,0 (+13)	43,0	1,31	0,61	0,83	1,09
Июнь	17,5 (-0,3)	20,0 (+2,2)	26,6 (+8,8)	17,8	104,0 (+47)	9,0 (-48)	18,0 (-39)	57,0	1,92	0,15	0,21	1,55
Июль	20,0 (0)	22,0 (+2)	21,3 (+1,3)	20,0	102,0 (+39)	196,0 (+133)	98,0 (+35)	63,0	1,71	3,02	1,52	1,26
Август	21,0 (+2,7)	20,1 (+1,8)	20,0 (+1,7)	18,3	96,0 (+44)	0 (-52)	32,0 (-20)	52,0	1,52	0	0,53	1,17
Сентябрь	14,5 (+2,4)	17,3 (+5,2)	13,5 (+1,4)	12,1	52,0 (+11)	62,0 (+21)	43,0 (+2)	41,0	1,23	1,22	1,12	1,6
Среднее	17,2 (+0,78)	20,0 (+3,16)	20,7 (+4,3)	16,4	80,8 (+29,6)	60,6 (+9,4)	49,4 (-1,8)	51,2	1,51	1,03	0,83	1,22
Сумма	86,0 (+3,9)	97,9 (+15,8)	103,4 (+21,3)	82,1	404,0 (+148)	303,0 (+47)	247,0 (-9)	256,0	7,55	4,95	4,13	

* ГТК – гидротермический коэффициент по Г. Т. Селянину

* ГТК – G.T. Selyaninov's hydrothermal coefficient

Количество осадков в июле превысило среднемноголетнее на 36% (35 мм) и составило 98 мм. Количество осадков, выпавших в сентябре (43 мм), равнялось среднемноголетним данным (см. рис. 1).

В целом 2017 г. можно охарактеризовать как самый выравненный по обильным осадкам и прохладный по температуре воздуха, ГТК = 1,51. Год 2018 отличался неравномерно распределенными осадками, более выравненной температурой в течение всего вегетационного периода, ГТК = 1,03. Следующий 2019 г. оказался самым жарким, с наименьшим количеством осадков, ГТК = 0,83 (см. табл. 2, рис. 3). В течение трех лет наблюдалась тенденция к увеличению суммы температур воздуха в период вегетации и уменьшению количества осадков (см. рис. 2). Самым увлажненным месяцем в течение трех лет оказался июль (ГТК от 1,52 до 2,97), сентябрь был умеренно увлажненным (ГТК от 1,12 до 1,23), гидротермический коэффициент мая колебался от значительной засухи до умеренной увлажненности. Самым непредсказуемым месяцем оказался август: в 2017 г. он был достаточно увлажненным, в 2018 г. осадки отсутствовали, в 2019 г. проявилась сильная засуха (см. рис. 3).

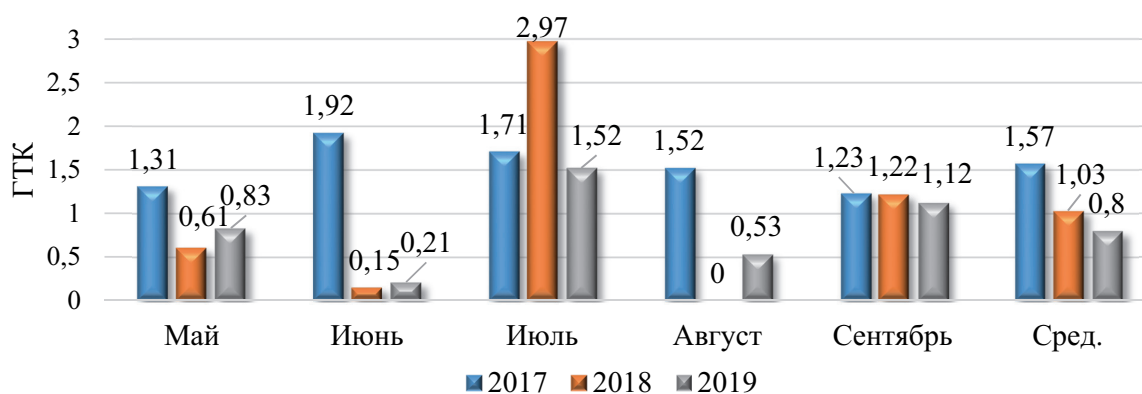


Рис. 3. Гидротермический коэффициент по месяцам
(Екатерининская опытная станция ВИР, 2017–2019 гг.)

Fig. 3. Hydrothermal coefficients by months
(Yekaterinino Experiment Station of VIR, 2017–2019)

Результаты и обсуждение

Образцы исследовали по ряду хозяйственно ценных признаков и биологических свойств. Одним из важных качеств растений проса, способствующих расширению площадей под ее посевами, является продолжительность вегетационного периода. Считается, что повышенная температура воздуха и небольшое количество осадков могут оказаться фактором низкого урожая более скороспелых образцов проса, что характерно для южной степной зоны возделывания. При продвижении посевов проса на север, в лесостепь, лесную зону, где температура воздуха постепенно понижается и нарастает количество выпавших осадков, продуктивность скороспелых образцов может повыситься (Корнилов, 1960).

По продолжительности вегетационного периода проса делится на 5 групп: 1) очень раннюю – от всходов до созревания до 60 дней; 2) раннюю – 61–80 дней; 3) среднюю – 81–100 дней; 4) позднюю – 100–120 дней; 5) очень позднюю – более 120 дней. Весь период складывается из отдельных фаз развития растений: «всходы», «кущение»,

«выметывание», «созревание». Отличия между группами начинают проявляться только в периоды «выметывание» и «созревание» (Lysov, 1968). Стандарт 'Горлинка' относится к среднеспелому образцу проса.

В наших исследованиях в 2017 г. в условиях повышенной увлажненности продолжительность вегетационного периода варьировала от 74 до 105 дней, у сорта-стандарта (St) 'Горлинка' она составила 88 дней, тогда как в засушливые годы – от 72 до 95 дней в 2018 г. (St – 95 дней) и от 66 до 115 дней в 2019 г. (St – 84 дня). Межфазный период «всходы – выметывание» в 2017 и 2018 г. составил 45–60 и 43–60 дней, у стандарта – 54 и 47 дней соответственно, а в 2019 г. – 28–55 дней (St – 40 дней). Межфазный период «выметывание – созревание» в 2017 г. длился 24–46 дней, у стандарта – 34 дня, в 2018 г. – 23–40 дней (St – 33 дня), в 2019 г. – 38–60 дней (St – 45 дней).

Самыми скороспелыми образцами проса в среднем за все три года изучения оказались к-10479 ('Дождь', Беларусь), созревший за 71 день (–20% к St), и к-10481 ('Западное', Беларусь) – за 75 дней (–16%); самыми поздними – к-10475 и к-10476 (местные сорта из Таджикистана), которые созревали 107 дней (+20% к St). Остальные

образцы вошли в группу средней спелости (табл. 3, рис. 4).

Важным биологическим свойством проса является продуктивность зерна. Высокая продуктивность зерна проса в большей степени зависима от условий взаимодействия оптимальных факторов среды, формирующих рост и развитие проса. За три года исследования продуктивность проса колебалась в пределах от 30 до 820 г/м². В 2017 г. продуктивность сорта-стандарта 'Горлинка' оказалась самой высокой и составила 634 г/м². Данный параметр превысили семь образцов: к-888 (на +7%), к-10324 (+29,3%), к-10325 (+3%), к-10473 (+5%), к-10478 (+7%), к-10481 (+3%). В 2018 г. у всех новых образцов проса продуктивность была меньше (от 30 до 200 г/м²), чем у стандарта (209 г/м²). В 2019 г. всего два вновь поступивших образца на 80% (к-10474) и 29% (к-10481) превзошли стандарт (200 г/м²). За 2017 и 2019 г. только образец к-10481 имел продуктивность выше сорта-стандарта 'Горлинка' (табл. 4).

В наших исследованиях выявлена прямая зависимость продуктивности зерна от гидротермического коэффициента увлажнения, $r = 0,89$. Только два образца из Таджики-

Таблица 3. Продолжительность вегетационного периода образцов проса, дни
(Екатерининская опытная станция ВИР, 2017–2019 гг.)

Table 3. Duration of the growing season of millet accessions, days
(Yekaterinino Experiment Station of VIR, 2017–2019)

№ по каталогу ВИР	Название	«Всходы – выметывание»				«Выметывание – созревание»				«Всходы – созревание»			
		Годы											
		2017	2018	2019	Среднее	2017	2018	2019	Среднее	2017	2018	2019	Среднее
9994	Горлинка (St)	54	47	40	47	34	33	45	37	88	95	84	89
888	Местное	57	49	40	49	32	33	45	37	88	82	84	85
10275	Квартет	55	50	55	53	34	33	54	40	88	82	108	85
10306	Поволжское 59	51	47	53	50	39	36	38	38	88	82	90	87
10322	Союз	55	50	55	53	34	33	39	35	88	82	93	88
10324	Линия sp 2215	57	60	55	57	32	23	39	31	74	82	93	83
10325	Линия sp 2516	45	48	40	44	30	35	41	35	88	82	80	83
10326	Линия sp 2236	57	50	40	49	32	33	45	37	88	82	84	85
10473	Яркое 120	57	50	40	49	32	33	54	40	88	82	93	88
10474	Кавказские зори	60	43	47	50	29	40	47	39	88	82	93	88
10475	Местное	60	–	46	53	46	–	45	46	105	–	108	107
10476	Местное	60	–	46	53	46	–	60	53	105	–	108	107
10478	Нижневолжское	51	50	40	47	24	33	54	37	74	82	93	83
10479	Дож	51	43	28	41	24	30	39	31	74	72	66	71
10480	Камышенское	57	50	45	51	32	33	49	38	88	82	115	95
10481	Западное	51	43	40	45	24	30	39	31	74	72	78	75
Среднее значение		55	49	44	50	33	33	46	38	87	82	92	88

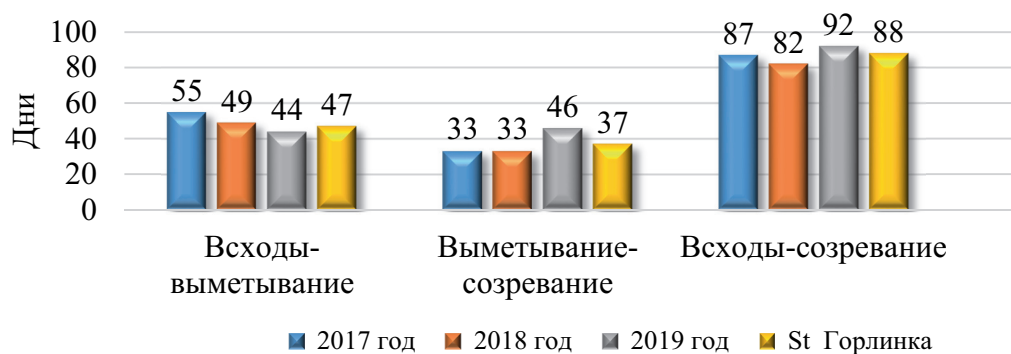


Рис. 4. Среднее значение продолжительности вегетационного периода образцов проса за три года изучения
(Екатерининская опытная станция ВИР, 2017–2019 гг.)

Fig. 4. Mean durations of the growing season phases of millet accessions for the three years of testing
(Yekaterinino Experiment Station of VIR, 2017–2019)

Таблица 4. Продуктивность зерна проса в условиях Екатеринбургской опытной станции за годы изучения (2017–2019 гг.)**Table 4. Millet grain yields under the conditions of Yekaterinino Experiment Station of VIR in the years of testing (2017–2019)**

№ по каталогу ВИР	Продуктивность, г/м ²			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
9994 (St)	634,0	209,0	200,0	347,0
888	680,0 (+7%)	200,0 (-4%)	212,0 (+6%)	364,0 (+5%)
10275	170,0 (-73%)	126,0 (-40%)	66,0(-67%)	120,7 (-65%)
10306	145,0 (-77%)	68,0 (-68%)	50,0(-75%)	87,7 (-75%)
10322	480,0 (-24%)	100,0 (-52%)	93,0 (-54%)	224,3 (-35%)
10324	820,0 (+29%)	127,0 (-39%)	107,0 (-47%)	351,3 (+1%)
10325	650,0 (+3%)	95,0 (-55%)	145,0 (-28%)	296,7 (-15%)
10326	415,0 (-35%)	30,0 (-86%)	70,0 (-65%)	171,7 (-51%)
10473	665,0 (+5%)	80,0 (-62%)	114,0 (-43%)	286,3 (-18%)
10474	620,0 (-2%)	30,0 (-86%)	360,0 (+80%)	336,7 (-3%)
10475	65,0 (-90%)	-	81,0 (-60%)	73,0 (-79%)
10476	50,0 (-92%)	-	80,0 (-60%)	65,0 (-91%)
10478	680,0 (+7%)	80,0 (-62%)	116,0 (-42%)	292,0 (-16%)
10479	715,0 (+13%)	30,0 (-86%)	30,0 (-85%)	258,3 (-26%)
10480	600,0 (-5%)	70,0 (-67%)	140,0 (-30%)	270,0 (-22%)
10481	650,0 (+3)	170,0 (-19%)	260,0 (+29%)	360,0 (+4%)
Среднее	502,4 (-20,8%)	92,8 (-55,7%)	172,1 (-14%)	256,9 (-32,5)
ГТК₁₀	1,57	1,03	0,8	1,13

Примечание: в скобках – отношение к стандарту

Note: the ratios to the reference (St) are parenthesized

стана (к-10475 и к-10476) показали отрицательную зависимость ($r = -0,99$), однако это связано с другими причинами: например, в 2018 г. оба образца в период вегетации были сильно поражены кукурузным мотыльком (7 баллов) и бактериозом (7 баллов), что, соответственно, не дало возможности образовать семена. Наибольшая зависимость продуктивности зерна от гидротермического коэффициента наблюдалась в 2018 г. (ГТК = 1,03) и в 2019 г. (ГТК = 0,83) в условиях умеренной засухи, наименьшая – в 2017 г., когда погодные условия были достаточно увлажненными (ГТК = 1,57). На рисунке 5 показана прямая зависимость продуктивности зерна от гидротермического коэффициента, рассчитанная с помощью регрессионного анализа (Dosprekhov, 1985), где коэффициент регрессии составил +550,5. Это означает, что увеличение ГТК на одну единицу приведет в среднем к увеличению продуктивности зерна на 550,5 г/м². Дисперсионным анализом (Dosprekhov, 1985) выявлено, что среда в большей степени влияла на продуктивность зерна проса ($F_f 28,5 > F_{05} 3,34$), чем сам генотип растения ($F_f 0,69 < F_{05} 2,01$).

Показатель крупности зерна – также важный технологический признак сорта. Семена крупнозерных образцов можно заделывать на большую глубину, что гарантирует получение нормальных всходов в любую весну, осо-

бенно при недостатке влаги. Крупнозерные сорта более технологичны как в семеноводстве, так и в крупяном производстве (Rumyantsev, 2012; Antimonov et al., 2018). Более крупные семена легче обрушиваются, дают больший выход пшена и оказывают влияние на формирование более высокого урожая.

В соответствии с классификатором СЭВ (Агафонов et al., 1982) очень крупным считается зерно с массой 1000 зерен более 8,0 г, крупным – 7,1–8,0 г, средним – 6,1–7,0 г, мелким – 5,0–6,0 г, очень мелким – менее 5,0 г. Значение массы 1000 семян у 16 образцов проса в среднем за три года находилось в пределах от 6,4 до 8,5 г, в 2017 г. – от 6 до 10 г, в 2018 г. – от 6 до 9 г, в 2019 г. – от 5 до 9 г. Стандарт имел крупное зерно только в 2017 г. (8 г), в 2018 и 2019 г. – мелкое (6 г). Наиболее благоприятным для крупности зерна оказался 2017 год, когда средняя масса 1000 зерен была равна 8,5 г, а самым неблагоприятным – 2019 г. (среднее значение 6,4 г). У большинства образцов семена в среднем за три года оказались крупными, у образцов к-888 и к-10325 – очень крупными, у образца к-10476 – мелкими. Все образцы, кроме трех (к-10275, к-10326, к-10476), имели крупность зерна больше на 4–23% (табл. 5, рис. 6), чем у стандарта (6,7 г). Стабильность по массе 1000 зерен не показал ни один образец,

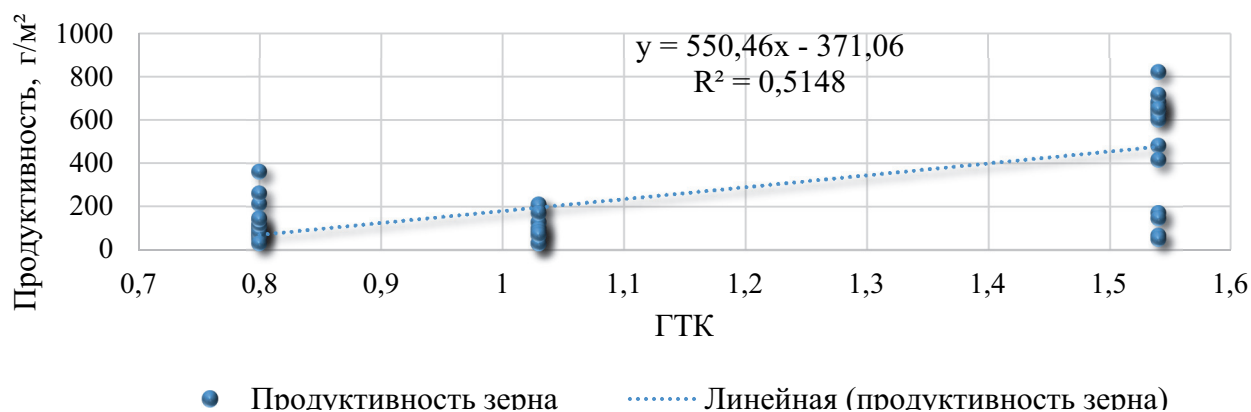


Рис. 5. Зависимость продуктивности изучаемых образцов проса от гидротермического коэффициента увлажнения за 2017–2019 гг. на Екатеринбургской опытной станции ВИР

Fig. 5. Dependence of the yield of the studied millet accessions on the hydrothermal moisture coefficient for 2017–2019 at Yekaterinino Experiment Station of VIR

Таблица 5. Масса 1000 зерен (крупнозерность) образцов проса, г
(Екатерининская опытная станция ВИР, 2017–2019 гг.)

Table 5. The weight of 1000 grains (large grain size) of millet accessions, g
(Yekaterinino Experiment Station of VIR, 2017–2019)

№ по каталогу ВИР	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее
9994 (St)	8,0	6,0	6,0	6,7
888	9,0	9,0	7,0	8,3
10275	8,0	6,0	5,0	6,3
10306	10,0	7,0	7,0	8,0
10322	8,0	8,0	6,0	7,3
10324	9,0	8,0	7,0	8,0
10325	10,0	8,0	7,0	8,3
10326	8,0	6,0	5,0	6,3
10473	9,0	6,0	7,0	7,3
10474	9,0	7,0	7,0	7,7
10475	6,0	-	9,0	7,5
10476	6,0	-	6,0	6,0
10478	9,0	7,0	7,0	7,7
10479	10,0	8,0	6,0	8,0
10480	8,0	7,0	7,0	7,3
10481	9,0	7,0	5,0	7,0
среднее	8,5 ± 1,17	7,1 ± 0,91	6,4 ± 0,99	7,4 ± 0,69

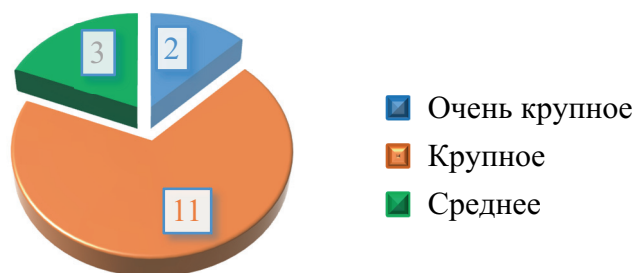


Рис. 6. Распределение массы 1000 зерен по изучаемым образцам на Екатеринбургской опытной станции ВИР в 2017–2019 гг.

Fig. 6. Distribution of 1000 grain weight across the studied accessions at Yekaterinino Experiment Station of VIR in 2017–2019

что, возможно, говорит о зависимости данного признака от природно-климатических условий ($F_{ф} 9,91 > F_{05} 3,32$), которые могут поддерживать или ослаблять сортовые характеристики ($F_{ф} 1,68 < F_{05} 2,01$).

Высота растений проса – важный биологический признак, определяющий устойчивость растения к полеганию, и во многом зависит от продолжительности вегетационного периода, климатических условий, степени повреждений сельскохозяйственными вредителями и болезнями, а также от сортовых особенностей. Высокорослые растения обычно формируют большие урожаи, но часто имеют, особенно при сильном ветре, дожде, меньшую устойчивость к полеганию и более длительный пе-

сокорослые (более 140 см) (Agafonov et al., 1982). Сорт-стандарт проса ‘Горлинка’ относится к среднерослым растениям (Antimonov et al., 2018). В наших исследованиях стандарт в 2017 г. был высотой 138 см, в 2018 г. – 77 см, в 2019 г. – 90 см, что в среднем показало 101,7 см. В 2017 г. изученные образцы оказались высокорослыми и очень высокорослыми (115–170 см); в 2018 г. – низко- и среднерослыми (60–95 см); в 2019 г. образцы проса варьировали от низкорослых (50 см) до высокорослых (125 см). При этом в 2017 г., когда наблюдалось вполне достаточное увлажнение в течение всего вегетационного периода, высота растений оказалась максимальной, в 2018 и 2019 г., при умеренной засухе, – минимальной (рис. 7).

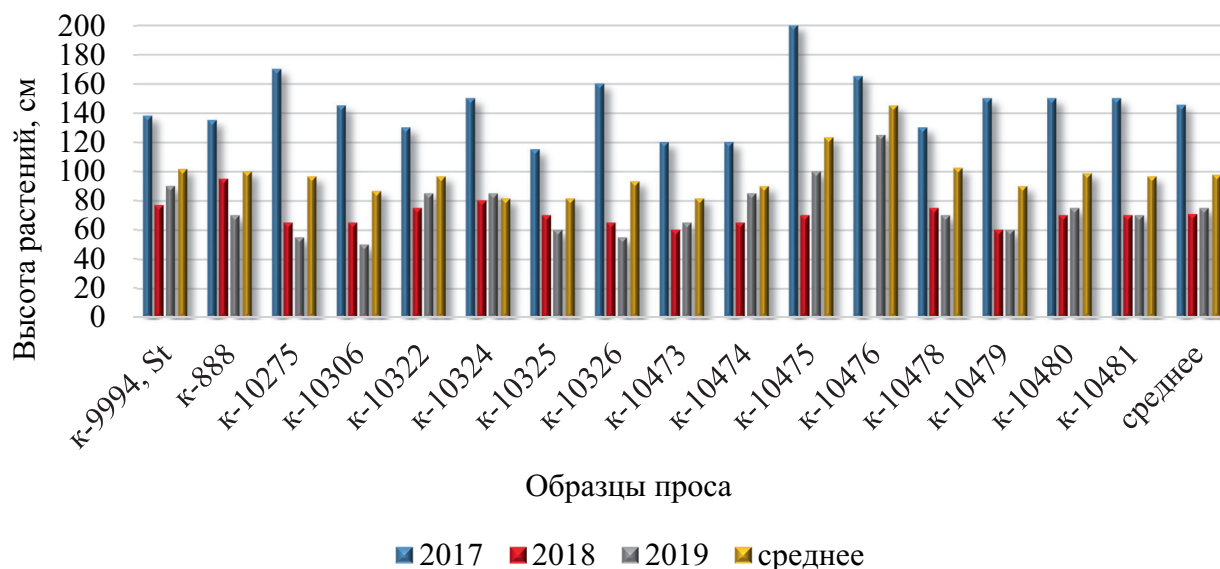


Рис. 7. Высота растений изучаемых образцов проса на Екатеринбургской опытной станции ВИР по годам (2017–2019 гг.)

Fig. 7. Plant height of the studied millet accessions at Yekaterinino Experiment Station of VIR by years (2017–2019)

риод вегетации. Низкорослые образцы менее урожайны, но более устойчивы к полеганию, наиболее удобны для механизированной уборки, меньше подвергаются воздействию вредителей и болезней. Поэтому в настоящее время актуально создание низкорослых образцов с хорошей продуктивностью зерна.

Растения проса по высоте делятся на очень низкорослые (менее 50 см), низкорослые (50–80 см), среднерослые (81–110 см), высокорослые (111–140 см) и очень вы-

сокорослые (более 140 см) (Agafonov et al., 1982). Сорт-стандарт проса ‘Горлинка’ относится к среднерослым растениям (Antimonov et al., 2018). В наших исследованиях стандарт в 2017 г. был высотой 138 см, в 2018 г. – 77 см, в 2019 г. – 90 см, что в среднем показало 101,7 см. В 2017 г. изученные образцы оказались высокорослыми и очень высокорослыми (115–170 см); в 2018 г. – низко- и среднерослыми (60–95 см); в 2019 г. образцы проса варьировали от низкорослых (50 см) до высокорослых (125 см). При этом в 2017 г., когда наблюдалось вполне достаточное увлажнение в течение всего вегетационного периода, высота растений оказалась максимальной, в 2018 и 2019 г., при умеренной засухе, – минимальной (рис. 7).

еще до выметывания метелки, пораженные метелки понижают, и в них не образуется зерно. Устойчивость проса к болезням в зависимости от поражения (%) делится на: очень сильную (< 10%) – 9 баллов, сильную (10–35%) – 7, среднюю (36–60%) – 5, слабую (61–85%) – 3 и очень слабую (> 85%) – 1 балл (Agafonov et al., 1982). Экстремальные климатические условия 2018 г. (дождливый июль и сухой август) отрицательно сказались на росте и созревании проса, образцы были поражены бактериозом (устойчивость 1–3 балла), в том числе и сорт-стандарт (3 балла). Устойчивость в 5 баллов имели образцы к-10275, к-10324, к-888. В 2019 г. в условиях умеренной засухи устойчивость половины исследуемых образцов была 7 баллов (к-10275, к-10322, к-10324, к-10326, к-10473, к-10478, к-10474), у остальных, в том числе и у стандарта, – 5 баллов (рис. 8). В 2017 г. в условиях вполне достаточного увлажнения слабую устойчивость имел образец к-10275 (3 балла), сильную – к-10325 (7 баллов), остальные – среднюю (5 баллов), в том числе и стандарт (см. рис. 8). По данным трехлетнего изучения были выделены два наиболее устойчивые к бактериозу образца проса – к-10324 и к-10325 (средний балл 5,7).

63,46 г/м², а при усилении устойчивости к бактериозу на 1 балл – на 57,53 г/м² (рис. 9).

Коэффициент корреляции продуктивности зерна в среднем за три года изучения показал отрицательную связь средней силы с высотой растения ($r = -0,53$) и с продолжительностью вегетационного периода ($r = -0,57$), среднюю положительную связь с массой 1000 зерен ($r = 0,43$) и с устойчивостью к бактериозу ($r = 0,46$). Связь высоты растения с продуктивностью зерна в 2017 г. была отрицательной ($r = -0,67$), в 2018 г. – положительной ($r = 0,7$), в 2019 г. – слабopоложительной ($r = 0,16$). Вегетационный период в 2017 г. имел сильную отрицательную зависимость от продуктивности зерна ($r = -0,76$), в 2018 г. – среднюю положительную ($r = 0,34$), в 2019 г. – слабую отрицательную связь ($r = -0,13$). Крупность зерна с продуктивностью зерна положительно коррелировала в 2017 г. ($r = 0,74$), в 2018 г. – слабopоложительно ($r = 0,14$), в 2019 г. – среднеположительно ($r = 0,46$). Зависимость растения от устойчивости к бактериозу и продуктивности зерна в 2017 г. отсутствовала ($r = -0,01$), в 2018 г. была средней ($r = 0,52$), в 2019 г. – слабой отрицательной ($r = -0,14$).

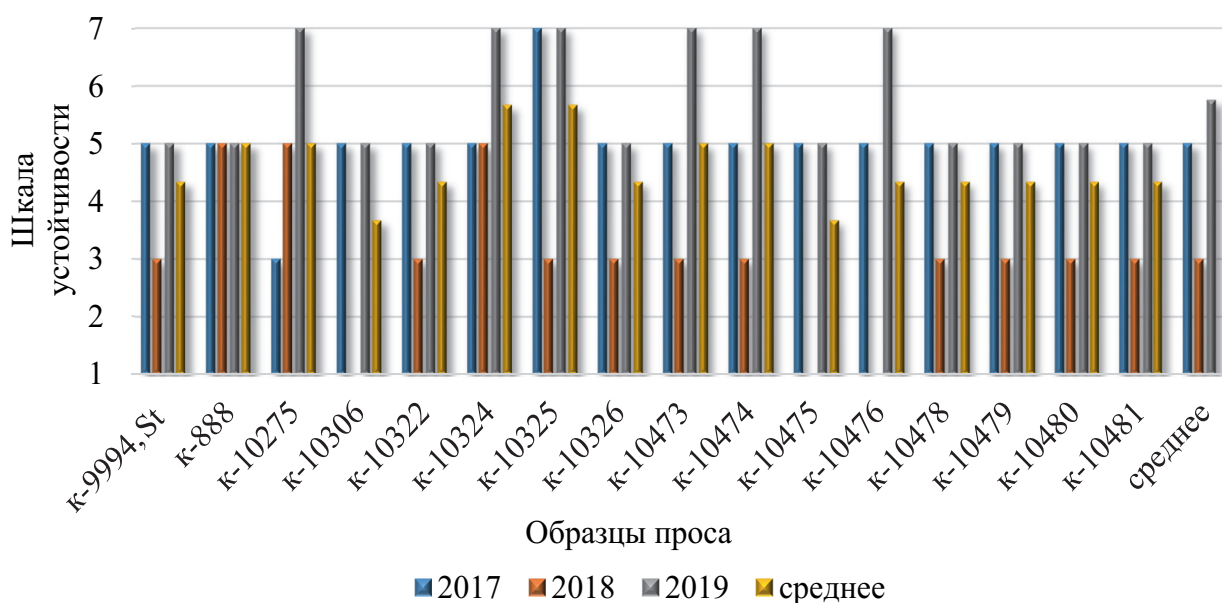


Рис. 8. Устойчивость образцов проса к бактериозу
(Екатерининская опытная станция ВИР, 2017–2019 гг.)

Fig. 8. Resistance of millet accessions to bacterial pathogens
(Yekaterinino Experiment Station of VIR, 2017–2019)

Изучены влияния между продуктивностью зерна и высотой растений проса, продолжительностью вегетационного периода, массой 1000 зерен, устойчивостью к бактериозу у изучаемых образцов в среднем за три года. Коэффициент регрессии, рассчитанный по Б. А. Доспехову (Dospikhov, 1985), зависимости продуктивности зерна от высоты растения составил $-3,6$, от продолжительности вегетационного периода – $-2,2$, от крупности зерна – $+63,46$, от устойчивости к бактериозу – $+57,53$, то есть выявлена зависимость, которая показывает, что при увеличении высоты растения на 1 см продуктивность зерна снизится в среднем на $3,6$ г/м², при увеличении периода вегетации на 1 день – на $2,2$ г/м², при увеличении массы 1000 зерен на 1 г продуктивность увеличится на

Основываясь на выявленных корреляциях и коэффициентах регрессий, можно выделить образец к-888 из Челябинской обл. с наиболее высоким уровнем продуктивности, крупнозерности, низкорослости, скороспелости, устойчивости к бактериозу по сравнению со стандартом. Образцы к-10322, к-10324, к-10325, к-10473 выделялись по скороспелости, низкорослости, крупности зерна и устойчивости к бактериозу; к-10306, к-10479, к-10480, к-10481 – по скороспелости, низкорослости и массе 1000 зерен. Еще один образец (к-10326) оказался лучше стандарта по скороспелости, низкорослости и устойчивости к бактериозу. Местный образец из Таджикистана (к-10476) не превысил стандарт ни по одному признаку (табл. 6).

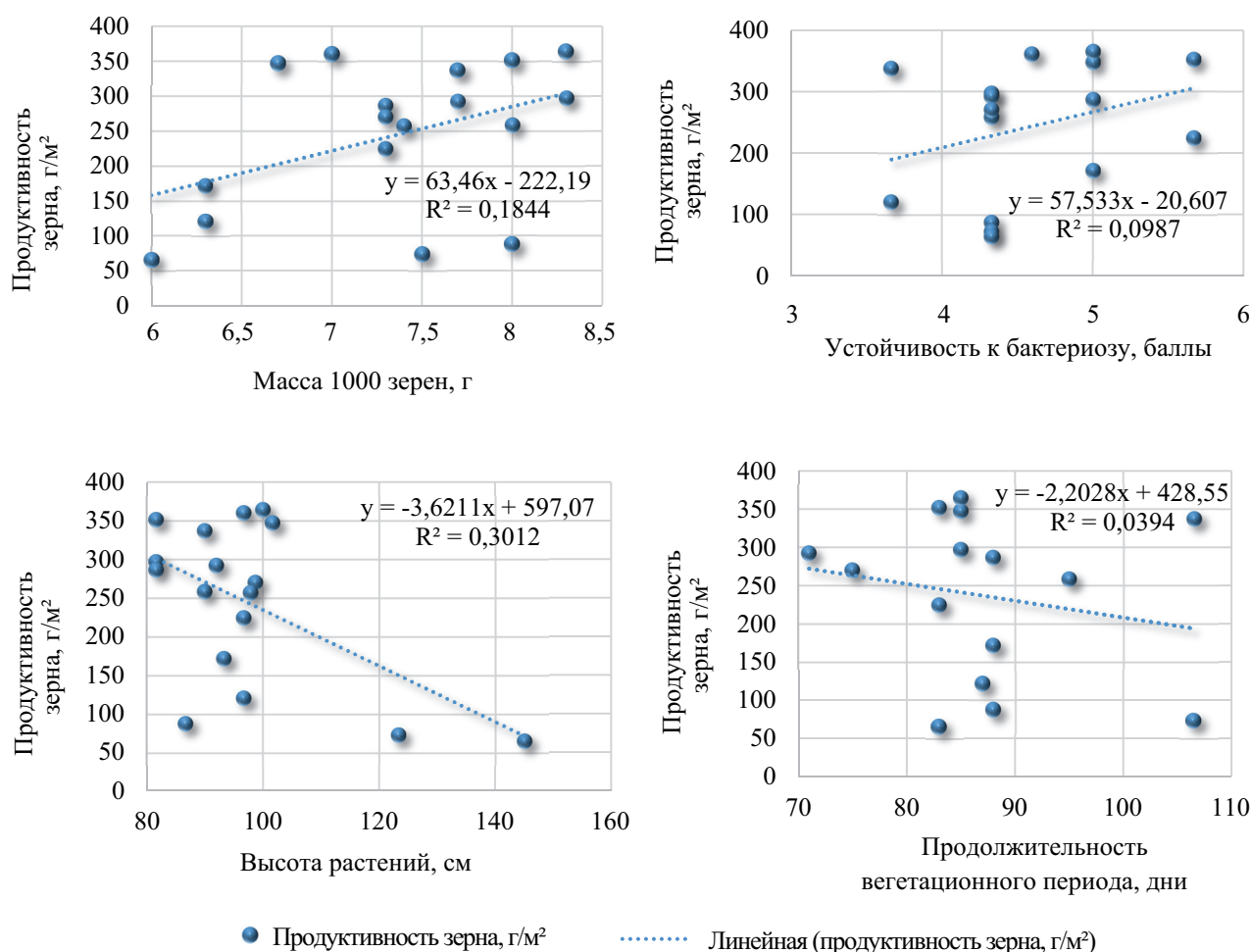


Рис. 9. Анализ зависимости продуктивности зерна образцов проса от высоты растений, продолжительности вегетационного периода, массы 1000 зерен и устойчивости к бактериозу (Екатерининская опытная станция ВИР, среднее за 2017–2019 гг.)

Fig. 9. Analysis of the dependence of millet grain yield on plant height, growing season duration, 1000 grain weight, and resistance to bacteria (Yekaterinino Experiment Station of VIR, mean for 2017–2019)

Таблица 6. Показатели образцов проса в среднем за три года изучения (Екатерининская опытная станция ВИР, 2017–2019 гг.)

Table 6. Indicators of millet accessions averaged for the three years of testing (Yekaterinino Experiment Station of VIR, 2017–2019)

№ по каталогу ВИР	Вегетационный период, дни	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Продуктивность зерна, г/м ²	Устойчивость к бактериозу, балл
9994 (St)	89,0	101,7	6,7	352,0	4,3
888	85,0	100,0	8,3	364,0	5,0
10275	85,0	96,7	6,3	284,0	5,0
10306	87,0	86,7	8,0	166,0	3,7
10322	88,0	96,7	7,3	224,3	5,0
10324	83,0	81,7	8,0	351,3	5,7
10325	83,0	81,7	8,3	296,7	5,0
10326	85,0	93,3	6,3	171,7	5,0

Таблица 6. Окончание
Table 6. The end

№ по каталогу ВИР	Вегетационный период, дни	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Продуктивность зерна, г/м ²	Устойчивость к бактериозу, балл
10473	88,0	81,7	7,3	286,3	5,0
10474	88,0	90,0	7,7	336,7	4,3
10475	106,5	123,3	7,5	301,7	3,0
10476	106,5	145,0	6,0	65,0	3,0
10478	83,0	102,5	7,7	292,0	5,0
10479	71,0	90,0	8,0	258,3	4,3
10480	95,0	98,7	7,3	270,0	4,3
10481	75,0	96,7	7,0	360,0	4,3
НСР05	5,17	8,94	0,137	45,33	0,4

Заключение

Территория Екатеринбургской опытной станции ВИР (Тамбовская обл.) относится к зоне умеренно континентального климата и недостаточного увлажнения. Просо, как засухоустойчивая культура, в условиях ЕОС показало широкое разнообразие признаков и свойств.

Исследования новых образцов проса коллекции ВИР, проведенные в течение трехлетнего периода, позволили выделить наиболее перспективные образцы, превосходящие стандарт:

– по скороспелости: к-10479 ('Дождь', Беларусь) – 71 день; к-10481 ('Западное', Беларусь) – 75 дней; к-10324 (Орловская обл.), к-10325 (Орловская обл.), 10478 ('Нижеволжское', Волгоградская обл.) – 83 дня; к-888 (местное, Челябинская обл.), к-10275 ('Квартет', Орловская обл.) – 85 дней; к-10306 ('Поволжское 59', Самарская обл.) – 87 дней; к-10322 ('Союз', Орловская обл.), к-10473 ('Яркое 120', Казахстан) и к-10474 ('Кавказские зори', Кабардино-Балкария) – 88 дней;

– по продуктивности зерна: 364 г/м² – к-888, 360 г/м² – к-10481 ('Западное', Беларусь);

– по низкорослости: 82 см – к-10324, 87 см – к-10306, 90 см – к-10474 и к-10479, 94 см – к-10326 и к-10481, 99 см – к-10480 ('Камышенское', Беларусь), 100 см – к-888;

– по крупности зерна: 8,3 г – к-888 и к-10325; 8,0 г – к-10306, к-10324 и к-10479; 7,7 г – к-10474 и к-10478; 7,5 г – к-10475 (местное, Таджикистан); 7,3 г – к-10322, к-10473 и к-10480; 7 г – к-10481;

– по устойчивости к бактериозу: 5 баллов – к-888, к-10275, к-10473 и к-10474; 5,7 баллов – к-10324, к-10325.

Регрессионный и корреляционный анализы показали положительную зависимость продуктивности зерна проса изучаемых образцов от погодных условий ($r = 0,89$), от крупности зерна ($r = 0,43$), от устойчивости к бактериозу ($r = 0,46$), отрицательную – от высоты растений ($r = -0,53$) и от продолжительности вегетационного периода ($r = -0,57$). Дисперсионным анализом выявлено, что у изучаемых образцов проса условия среды в большей степени влияли на продуктивность зерна ($F_{ф} 28,5 > F_{05} 3,34$), чем генотип самого растения ($F_{ф} 0,69 < F_{05} 2,01$).

Выделены наиболее ценные экземпляры по комплексу признаков, которые могут использоваться в селекции:

к-888 (местное, Челябинская обл.) и к-10481 ('Западное', Беларусь). Образцы превосходили районированный стандарт 'Горлинка' по скороспелости, низкорослости, крупности и продуктивности зерна, устойчивости к бактериозу.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0662-2020-0006 «Поиск, поддержание жизнеспособности и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

The research was performed within the framework of the State Task according to the theme plan of VIR, Project No. 0662-2020-0006 "Search for and viability maintenance, and disclosing the potential of hereditary variation in the global collection of cereal and groat crops at VIR for the development of an optimized genebank and its sustainable utilization in plant breeding and crop production".

References / Литература

- Agafonov N.P., Kurtseva A.F. The study of the global millet collection (guidelines) [Izucheniye mirovoy kollektzii prosa [metodicheskiye ukazaniya]]. Leningrad: VIR; 1988. [in Russian] (Агафонов Н.П., Курцева А.Ф. Изучение мировой коллекции проса: (методические указания). Ленинград: ВИР; 1988).
- Agafonov N.P., Kurtseva A.F., Korneichuk V.A., Banyai L. Broad unified COMECON list of descriptors and international COMECON list of descriptors for sp. *Panicum miliaceum* L. (Shirokiy unifitsirovanny klassifikator SEV i mezhdunarodny klassifikator SEV vida *Panicum miliaceum* L.). Leningrad: VIR; 1982. [in Russian] (Агафонов Н.П., Курцева А.Ф., Корнейчук В.А., Баняи Л. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ вида *Panicum miliaceum* L. Ленинград: ВИР; 1982).
- Antimonov A.K., Antimonova O.N., Syrkina L.F., Kosykh L.A. Introduction new gene sources broomcorn millet for

- breeding under the conditions in the Middle Volga region. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2018;11(1):154-157. [in Russian] (Антимонов А.К., Антимонова О.Н., Сыркина Л.Ф., Косых Л.А. Интродуцирование новых генисточников проса посевного для селекции в условиях Среднего Поволжья. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2018;11(1):154-157). DOI: 10.24411/2500-1000-2018-10174
- Antimonov A.K., Denmina E.A., Kazarina A.V., Kosykh L.A., Maslova G.Ya., Stolpivskaya E.V. Catalogue of crop cultivars and hybrids developed at the Povolzhsky Research Institute of Plant Breeding and Seed Production (Katalog sortov i gibridov selskokhozyaystvennykh kultur seleksii FGBNU "Povolzhsky NIISS"). A.I. Kincharov (ed.). Kinel; 2018. [in Russian] (Антимонов А.К., Денмина Е.А., Казарина А.В., Косых Л.А., Маслова Г.Я., Столпивская Е.В. Каталог сортов и гибридов сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Поволжский НИИСС» / под ред. А.И. Кинчарова. Кинель; 2018).
- Dospikhov B.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат; 1985).
- Khoreva V.I., Kurtseva A.F. Biochemical characteristics of millet varieties in connection with the problem of grain quality (Biokhimičeskaya kharakteristika sortov prosa v svyazi s problemoy kachestva zerna). *Agrarian Russia*. 2006;(6):32-36. [in Russian] (Хорева В.И., Курцева А.Ф. Биохимическая характеристика сортов проса в связи с проблемой качества зерна. *Аграрная Россия*. 2006;(6):32-36).
- Kornilov A.A. Millet (Proso). Moscow; 1960. [in Russian] (Корнилов А.А. Просо. Москва; 1960).
- Kulemina T.V. Melanosis as a factor reducing grain quality in proso millet (*Panicum miliaceum* L.). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2019;180(4):186-192. [in Russian] (Кулемина Т.В. Меланоз как фактор низкого качества зерна проса посевного (*Panicum miliaceum* L.) (обзор). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(4):186-192). DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-186-192
- Kulemina T.V., Khoreva V.I., Shelenga T.V., Kurtseva A.F., Sidorenko V.S. The grain quality of milletlike cultures in conditions of the south Nonblack Earth Zone of Russia. *Agrarian Russia*. 2010;(1):19-23. [in Russian] (Кулемина Т.В., Хорева В.И., Шеленга Т.В., Курцева А.Ф., Сидоренко В.С. Биохимические показатели качества зерна просовидных культур в условиях юга Нечерноземной зоны РФ. *Аграрная Россия*. 2010;(1):19-23).
- Lysov V.N. Millet (Proso). Leningrad: Kolos; 1968. [in Russian] (Лысов В.Н. Просо. Ленинград: Колос; 1968).
- Rumyantsev A.V., Antimonov A.K., Antimonova O.N. Results and prospects of millet breeding for yield and grain quality in the P.N. Konstantinov Povolzhsky Research Institute of Plant Breeding and Seed Production (Itogi i perspektivy seleksii prosa na urozhaynost i krupyanye kachestva v Povolzhskom NIISS imeni P.N. Konstantinova). *Legumes and Groat Crops*. 2012;(1):77-80. [in Russian] (Румянцев А.В., Антимонов А.К., Антимонова О.Н. Итоги и перспективы селекции проса на урожайность и крупяные качества в Поволжском НИИСС имени П.Н. Константинова. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2012;(1):77-80).

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The author declares the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Кулемина Т.В. Изучение хозяйственно ценных признаков новых образцов проса коллекции ВИР в условиях Екатеринбургской опытной станции ВИР. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021;182(4):48-60. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-48-60

Kulemina T.V. Studying agronomic characters in new millet accessions from the VIR collection at Yekaterinino Experiment Station of VIR. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021;182(4):48-60. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-48-60

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-4-48-60>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Автор одобрил рукопись / The authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID:

Kulemina T.V. <https://orcid.org/0000-0002-5069-7390>