

## ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ СОРГО ЗЕРНОВОГО ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НОВЫХ СОРТОВ

**В. В. Ковтунов**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

**Н. Н. Сухенко**, кандидат сельскохозяйственных наук, агроном лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, nadeshdasuchenko@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0856-6661;

**О. А. Лушпина**, агроном лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, ORCID ID: 0000-0002-0325-1521;

**Ю. В. Репешко**, агроном лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, repeshko@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-7470-6338

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Ценные биологические особенности и большие потенциальные возможности в использовании имеет культура сорго. Сорго зерновое отличается исключительной пластичностью, хорошей устойчивостью к воздушным и почвенным засухам и высоким температурам, поэтому может стать одной из перспективных культур в севооборотах. Создаваемые сорта должны быть раннеспелыми, крупнозерными и хорошо озерненными. В статье представлены результаты исследований коллекционного питомника сорго зернового образцов мировой селекции. Опыт проводили в 2019–2021 гг. в лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской». По результатам исследований установлено, что раннеспелые формы в зависимости от года составляют 39,6–74,4 % изученной коллекции. Образцы № 2–13, Д 577/19, F7 Пионер 88 x 412 Фетерита ранняя и сорта Кинельское 63, Камышинское 64, Камышинское 75 характеризовались коротким вегетационным периодом (до 90 дней). В 2021 г. доля образцов из коллекции с количеством зерен в метелке от 1001 до 1500 шт. составила 44,8 %. При сравнении со стандартом Зерноградское 88 (1532 шт.) выделены восемь образцов, превышающие его по озерненности метелки. Выяснено, что наибольшая часть коллекции (64,1–72,4 % и 16,8–25,5 % соответственно) характеризуется средней и большой массой 1000 зерен. Очень большая масса 1000 зерен (>40 г) в среднем за три года отмечена у образцов Аванс, Атлант, № 61–13, Spur Feterita, Redhull Feterita, Feterita. Отобраны формы с комплексом ценных признаков для дальнейшего их использования в селекционной работе. Цель исследований – изучить коллекционный материал различной селекции по признакам: количество семян в метелке, масса 1000 зерен, вегетационный период, которые в большей степени оказывают влияние на урожайность зерна сорго, и выделить источники по данным признакам.

**Ключевые слова:** сорго зерновое, исходный материал, раннеспелость, количество зерен в метелке, масса 1000 зерен.

**Для цитирования:** Ковтунов В. В., Сухенко Н. Н., Лушпина О. А., Репешко Ю. В. Оценка коллекционных образцов сорго зернового для селекции новых сортов // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 46–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-46-51.



## ESTIMATION OF THE COLLECTION GRAIN SORGHUM SAMPLES FOR BREEDING OF NEW VARIETIES

**V. V. Kovtunov**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for grain sorghum breeding and seed production, kowtunow85@mail.ru,

ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

**N. N. Sukhenko**, Candidate of Agricultural Sciences, agronomist of the laboratory for grain sorghum breeding and seed production, nadeshdasuchenko@mail.ru,

ORCID ID: 0000-0002-0856-6661;

**O. A. Lushpina**, agronomist of the laboratory for grain sorghum breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-0325-1521;

**Yu. V. Repeshko**, agronomist of the laboratory for grain sorghum breeding and seed production, repeshko@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-7470-6338

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy"

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

Sorghum has valuable biological features and great potential for use. Grain sorghum is characterized with super adaptability, good resistance to air and soil droughts and high temperatures, therefore it can become one of the promising crops in crop rotations. The developed varieties should be early-maturing and large-kernelled. The current paper has presented the study results of the collection nursery of grain sorghum samples of the world breeding. The trials were carried out in the laboratory for grain sorghum breeding and seed production of the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy" in 2019–2021. According to the study results, there was established that, depending on the year, early-maturing forms made up 39.6–74.4 % of the studied collection. The samples 'No.2-13', 'D577/19', 'F7 Pioneer 88 x 412 Feterita rannyyaya' and the varieties 'Kinelskoe 63', 'Kamyshinskoe 64', 'Kamyshinskoe 75' were characterized by a short vegetation period (up to 90 days). In 2021, there were 44.8 % of the collection samples with 'number of kernels per panicle' from 1001 to 1500 pcs. When compared with the standard variety 'Zernogradskoe 88' (1532 pcs.), there

were identified eight samples exceeding it in 'kernel percentage per panicle'. There was found out that the largest part of the collection samples was characterized by a mean and large '1000-kernel weight' (64.1–72.4 % and 16.8–25.5 %, respectively). A very large '1000-kernel weight' (>40 g) through three years was established for the samples 'Avans', 'Atlant', 'No.61–13', 'Spur Feterita', 'Redhull Feterita', 'Feterita'. There have been selected the forms with a complex of valuable traits for their further use in breeding work. The purpose of the current study was to research the collection material of various breeding according to such traits as 'number of kernels per panicle', '1000-kernel weight', 'length of a vegetation period', which have a greater effect on grain sorghum productivity and to identify valuable sources due to these traits.

**Keywords:** grain sorghum, initial material, early maturity, number of kernels per panicle, 1000-kernel weight.

**Введение.** Сорго зерновое как сельскохозяйственная культура имеет высокие кормовые достоинства и в нашей стране обладает большими потенциальными возможностями. Оно считается одной из наиболее жаростойких и засухоустойчивых сельскохозяйственных культур в мировом земледелии, может произрастать на почвах разного гранулометрического состава и является солеустойчивой, поэтому имеет широкий ареал возделывания (Мохова, 2020; Kibalnik и др., 2021; Kovtunov, Kovtunova, 2021; Abreha и др., 2022; Nekrasova и др., 2022). Широкое внедрение сорго в производство сдерживается недостаточным количеством скороспелых сортов и гибридов (Алабушев и др., 2016). Также важной проблемой остается повышение урожайности сортов. Основными признаками, определяющими величину урожайности у сорго, являются масса 1000 зерен и число зерен в метелке. Актуальная задача в селекции сорго зернового – это создание новых высокоурожайных сортов с коротким вегетационным периодом, хорошо озерненной метелкой и большой массой 1000 зерен (Kovtunov, Kovtunova, 2021). Важным этапом в решении этой задачи являются всесторонняя оценка генофонда мировой коллекции, поиск продуктивных форм в данных почвенно-климатических условиях и выявление источников ценных признаков для дальнейшего целенаправленного их использования в селекционном процессе (Kovtunov и др., 2021). Цель исследований – изучить коллекционный материал различной селекции по признакам: количество семян в метелке, масса 1000 зерен, вегетационный период, которые в большей степени оказывают влияние на урожайность зерна сорго, и выделить источники по данным признакам.

**Материалы и методы исследований.** В качестве объекта исследования использованы коллекционные образцы, поступившие из различных научных учреждений России и других стран. В 2019 г. в изучении находились 368 образцов различного эколого-географического происхождения, в 2020 г. – 308, а в 2021 г. – 286 образцов.

Участок коллекционного питомника был расположен в 6-польном селекционном севообороте ФГБНУ «АНЦ «Донской». опыты проводили в соответствии с Методикой полевого опыта (Доспехов, 2014), Методикой государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1989) и Методическими указаниями по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго

и крупяных культур (1968). Посев питомника сорго зернового выполняли селекционной сеялкой Клен-4,2 в оптимальные сроки. Учет урожая сорго зернового проводили в фазе полной спелости зерна согласно методике. Анализ количественных признаков сорго зернового осуществляли с учетом Широкого унифицированного классификатора СЭВ и международного классификатора СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum* Moench.

**Метеорологические условия.** Гидротермические показатели существенно варьировали в зависимости от года исследований (2019–2021 гг.) Максимальное значение по осадкам за вегетационный период (май–сентябрь) было в 2021 г. (273,1 мм), а два предыдущих года характеризовались недостаточной влажностью (среднеголетние значения 267,8 мм). ГТК за период май–сентябрь в 2019 г. составило 0,63, в 2020 г. – 0,68, в 2021 г. – 0,82. Неравномерное распределение осадков наблюдалось во весь период вегетации. В мае положительное воздействие на полевую всхожесть сорго оказала достаточная увлажненность почвенного слоя (2019 г. – +12,6 мм, 2020 г. – +28,6 мм, 2021 г. – +13,7 мм при норме 51,3; 71,3 и 57,7 соответственно). Однако пониженная температура воздуха (–1,1 °С к норме 16,5 °С) в 2020 г. отрицательно сказалась на темпах начального роста. Недостаточное количество осадков (ниже среднеголетнего (57,7 мм) на 33,1 мм) в июле 2021 г. снизило озерненность метелки и массу 1000 зерен сорго зернового.

**Результаты и их обсуждение.** В результате анализа распределения изученных коллекционных образцов сорго зернового установлено, что раннеспелые формы (период вегетации «всходы – полная спелость» ≤100 дней) в зависимости от года исследования составляют 39,6–74,4 %, а в среднеспелую группу входит 22,1–58,4 % образцов. На долю позднеспелых (вегетационный период >120 дней) образцов приходилось 5,2 % в 2019 г. и 2,0–2,1 % в последующие два года опытов (рис. 1).

По итогам научно-исследовательской работы за 2019–2021 гг. выделены раннеспелые образцы: Эритрея (90 дней), Венець (90 дней), № 2–13 (к-10990) (89 дней), Камышинское 64 (88 дней), Д 577/19 (84 дня), Камышинское 75 (84 дня), F7 Пионер 88 x 412 Фетерита ранняя (к-141) (83 дня), Кинельское 63 (83 дня), которые созревали на 3–10 дней раньше стандартного сорта Зерноградское 88 (93 дня) (табл. 1).

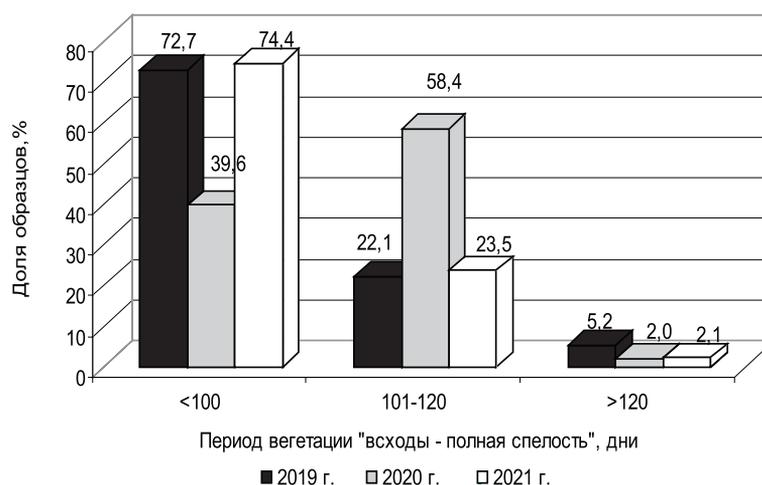


Рис. 1. Распределение образцов сорго зернового по продолжительности вегетационного периода (2019–2021 гг.)

Fig. 1. Distribution of the grain sorghum samples according to the trait 'length of a vegetation period' (2019–2021)

Таблица 1. Характеристика раннеспелых образцов сорго зернового (2019–2021 гг.)  
Table 1. Characteristics of the early-maturing grain sorghum samples (2019–2021)

Название	Происхождение	Вегетационный период, дни	Масса 1000 зерен, г	Количество зерен в метелке, шт.	Урожайность зерна, г/м <sup>2</sup>
Зерноградское 88, ст.	Россия (АНЦ «Донской»)	93	27,3	1532	517
F7 Пионер 88 x 412 Фетерита ранняя (к-141)	Украина (ВИГРР)	83	23,8	604	165
Кинельское 63	Россия (Поволжский НИИСС)	83	23,1	1394	340
Д 577/19	Россия	84	35,4	565	301
Камышинское 75	Россия (Нижне-Волжский НИИСХ)	84	23,9	1030	319
Камышинское 64	Россия (Нижне-Волжский НИИСХ)	88	23,8	1283	366
№ 2–13 (к-10990)	Украина (ВИГРР)	89	20,2	1261	306
Эритрея	Украина	90	27,0	1442	449
Вінець	Украина	90	28,4	687	214
Среднее значение		98	27,3	1376	443
Стандартное отклонение		9	5,4	475	144

Так же раннеспелые образцы Кинельское 63, Камышинское 64, Камышинское 75, Вінець, Эритрея и Д 577/19 являлись низкорослыми (97–117 см). Кроме того, образец Д 577/19 имел крупные семена (35,4 г). Рекомендуется вовлекать в селекционный процесс отмеченные образцы в качестве источников с комплексом ценных признаков.

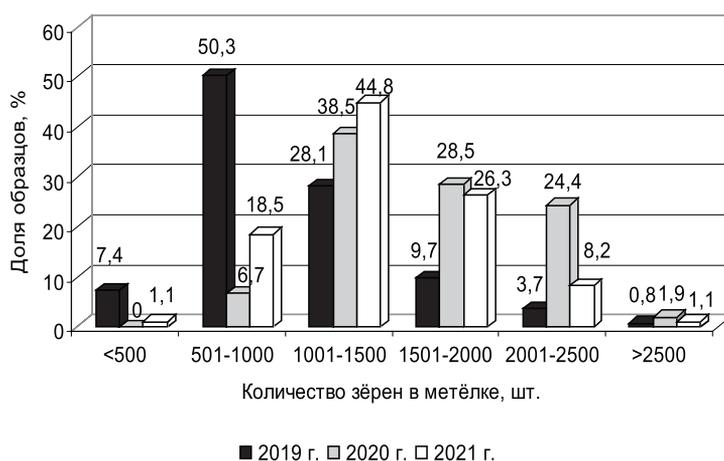
У сорго зернового к одним из основных элементов, которые обуславливают урожайность, относят число зерен в метелке и массу 1000 зерен. Наибольший вклад в урожайность зерна вносит признак «количество зерен в метелке». В зависимости от года исследований коэффициент корреляции варьировал от  $0,36 \pm 0,05$  до  $0,54 \pm 0,04$ .

График распределения образцов сорго зернового по количеству зерен в метелке показал, что основная доля образцов (50,3 %, или 185 шт.) в 2019 г. находилась в группе с озерненностью метелки 501–1000 шт. В результате браковки в 2019 г. низкопродуктивных образцов в 2020 и 2021 гг. увеличилась доля образцов с числом зерен в метелке от 1001 до 2000 шт. (рис. 2).

Превышение количества зерен в метелке на величину стандартного отклонения (475 шт.) по сравнению со стандартом Зерноградское 88 (1532 шт.) отмечено у образцов Одесский 205, № 93-23-13, Степняк, Майло 168/Combeine 7078, Quadroon GC 1681, F16 BC1 Хегари 2259 x K-924, КХ № 8, Zoria (табл. 2).

Высокоозерненные образцы Майло 168/Combeine 7078, №93-23-13, Степняк, Zoria характеризовались раннеспелостью (96–98 дней), а образцы №93-23-13, F16 BC1 Хегари 2259 x K-924, Майло 168/Combeine 7078, Одесский 205 были низкорослыми (97–119 см). По урожайности зерна источники высокой озерненности метелки превысили стандарт Зерноградское 88 на 19–229 г/м<sup>2</sup>.

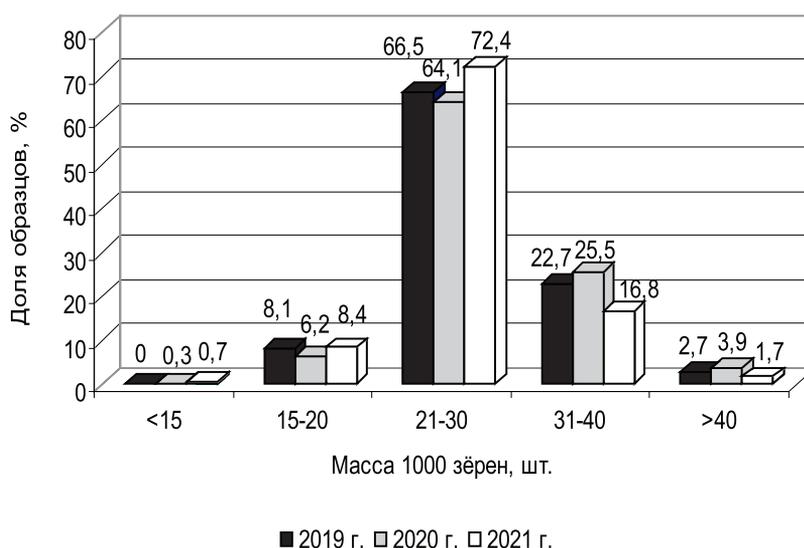
По массе 1000 зерен изученные коллекционные образцы охватили все классы: очень малая (<15 г), малая (15–20 г), средняя (21–30 г), большая (21–40 г), очень большая (>40 г). Наибольшая доля образцов (64,1–72,4 % и 16,8–25,5 % соответственно) характеризовалась средней и большой массой 1000 семян. Наибольшая масса 1000 семян установлена у 1,7–3,9 % образцов (рис. 3).



**Рис. 2.** Распределение образцов сорго зернового по признаку количество зерен в метелке (2019–2021 гг.)  
**Fig. 2.** Distribution of the grain sorghum samples according to the trait 'number of kernels per panicle' (2019–2021)

**Таблица 2. Характеристика коллекционных образцов сорго зернового с высокой озерненностью метелки (2019–2021 гг.)**  
**Table 2. Characteristics of the collection grain sorghum samples with a high kernel percentage per panicle (2019–2021)**

Название	Происхождение	Количество зерен в метелке, шт.	Масса 1000 зерен, г	Вегетационный период, дни	Урожайность зерна, г/м <sup>2</sup>
Зерноградское 88, ст.	Россия (АНЦ «Донской»)	1532	27,3	93	517
Одесский 205	Украина (ВИГРР)	2061	25,7	100	645
№ 93-23-13(к-11012)	Украина (ВИГРР)	2094	26,6	98	652
Степяк	Украина (ВИГРР)	2141	27,4	98	698
Майло 168/Combeine 7078 (к-10920)	Украина (ВИГРР)	2157	20,0	96	536
Quadroon GC 1681	Эфиопия (ВИГРР)	2174	26,4	105	678
F16 BC1 Хегари 2259 x К-924	Россия (ВИГРР)	2478	27,8	105	746
КХ № 8(к-10880)	Китай (ВИГРР)	2431	23,2	108	701
Zoria	Сирия (ВИГРР)	2502	19,4	98	592
Среднее значение		1376	27,3	98	443
Стандартное отклонение		475	5,4	9	144



**Рис. 3.** Распределение образцов сорго зернового по признаку «масса 1000 зерен» (2019–2021 гг.)  
**Fig. 3.** Distribution of the grain sorghum samples according to the trait '1000-kernel weight' (2019–2021)

В среднем за три года очень большая масса 1000 зерен отмечена у образцов: Аванс (40,1 г), Атлант (40,1 г), № 61–13 (40,2 г), SpurFeterita (41,0 г), RedhullFeterita (41,6 г), Feterita (44,0 г). Выделенные образцы превышали стандарт Зерноградское 88 (27,3 г)

по массе 1000 зерен на 12,8–16,7 г и поэтому крупнозерности в селекции на получение перспективных гибридов и сортов (табл. 3).

**Таблица 3. Характеристика источников крупнозерности сорго зернового (2019–2021 гг.)**  
**Table 3. Characteristics of sources of large-kernelled grain sorghum (2019–2021)**

Название	Происхождение	Масса 1000 зерен, г	Количество зерен в метелке, шт.	Вегетационный период, дни	Урожайность зерна, г/м <sup>2</sup>
Зерноградское 88, ст.	Россия (АНЦ «Донской»)	27,3	1532	93	517
Feterita(к-682)	США (ВИГРР)	44,0	1182	99	564
RedhullFeterita	США (ВИГРР)	41,6	1105	102	602
Spur Feterita	США (ВИГРР)	41,0	1096	101	548
№61-13	Украина (ВИГРР)	40,2	968	101	486
Атлант	Украина	40,1	1169	98	512
Аванс	Россия (Россорго)	40,1	605	87	329
Среднее значение		27,3	1376	98	443
Стандартное отклонение		5,4	475	9	144

Среди крупнозерных образцов выделился сорт Аванс, который характеризовался раннеспелостью (вегетационный период 87 дней) и низкорослостью (108 см). По урожайности зерна превышение на 31–85 г/м<sup>2</sup> по сравнению со стандартным сортом Зерноградское 88 отмечено у образцов Spur Feterita (548 г/м<sup>2</sup>), Feterita (564 г/м<sup>2</sup>) и Redhull Feterita (602 г/м<sup>2</sup>). Данные образцы изменяются на величину стандартного отклонения (144 г/м<sup>2</sup>).

**Выводы.** По результатам проведенного анализа выделено восемь образцов с коротким

вегетационным периодом – 83–90 дней. Также отмечены формы с большим количеством зерен в метелке, характеризующиеся раннеспелостью и низкорослостью. В качестве источников крупнозерности отобрано шесть образцов с высокой массой 1000 зерен (более 40 г). Аванс и Д 577/19 характеризуются комплексом ценных признаков: раннеспелость, низкорослость, крупнозерность. Выделенный исходный материал может быть использован в селекционной работе для создания высокопродуктивных сортов и гибридов сорго зернового.

#### Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В., Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А., Горпиниченко С. И. Семеноводство сорго зернового в Ростовской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 1. С. 12–15.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 194 с.
4. Методические указания по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур. Л.: ВИР, 1968. 51 с.
5. Мохова В. И. Устойчивость к разнокачественному засолению зернового сорго сорта Рось, выращенного на фоне минерального удобрения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 7. С. 72–77. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-7-72-77.
6. Abreha K. B., Enyew M., Carlsson A. S., Vetukuri R. R., Feyissa T., Motihaodi T., Ng'uni D., Geleta M. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress // Planta. 2022. № 255. 20. DOI: 10.1007/s00425-021-03799-7.
7. Kibalnik O. P., Kukoleva S. S., Semin D. S., Efremova I. G., Starchak V. I. Evaluation of the combining ability of cms lines in crosses with samples of grain sorghum and sudan grass // Agronomy Research. 2021. Vol. 19, № 4. P. 1781-1790. DOI: 10.15159/AR.21.120.
8. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Popov A. S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin // IOP Conf. Series: Earth and Environmental. 2021. Science 843. P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012007.
9. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A. The use of the Ugandan initial grain sorghum forms in the hybridization of the sorghum varieties for forage and food // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 273. 13009. DOI: 10.1051/e3sconf/202127313009.
10. Nekrasova O. A., Ionova E. V., Kravchenko N. S., Ignateva N. G., Kovtunov V. V. Biochemical indicators of grain sorghum varieties in the Rostov region // Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes. 2022. № w/n. P. 217–225. DOI: 10.1007/978-981-16-8731-0-22.

#### References

1. Alabushev A.V., Kovtunov V.V., Kovtunova N.A., Gorpnichenko S. I. Seme-novodstvo sorgo zernovogo v Rostovskoy oblasti [Grain sorghum seed production in the Rostov region] // Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka. 2016. № 1. S. 12–15.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obra-botki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans. 2014. 351 s.
3. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. Vypusk vtoroy. Zernov-yye, krupyan-yye, zernobobovyye, kukuruza i kormov-yye kul'tury. M.: 1989. 194 s.

4. Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu kolleksionnykh obraztsov kukuruzy, sorgo i krupyanykh kul'tur [Methodical recommendations on the study of collection samples of maize, sorghum, and cereals]. L.: VIR. 1968. 51 s.

5. Mokhova V.I. Ustoychivost' k raznokachestvennomu zasoleniyu zernovogo sor-go sorta Ros', vyrashchennogo na fone mineral'nogo udobreniya [The resistance to different quality salting of cereal sorghum variety Ros grown against the background of mineral fertilizer] // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 7. S. 72–77. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-7-72-77.

6. Abreha K. B., Enyew M., Carlsson A. S., Vetukuri R. R., Feyissa T., Motlhaodi T., Ng'uni D., Geleta M. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress // Planta. 2022. № 255. 20. DOI: 10.1007/s00425-021-03799-7.

7. Kibalnik O. P., Kukoleva S. S., Semin D. S., Efremova I. G., Starchak V. I. Evaluation of the combining ability of cms lines in crosses with samples of grain sorghum and sudan grass // Agronomy Research. 2021. Vol. 19. № 4. P. 1781-1790. DOI: 10.15159/AR.21.120.

8. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Popov A. S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin // IOP Conf. Series: Earth and Environmental. 2021. Science 843. P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012007.

9. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A. The use of the Ugandan initial grain sorghum forms in the hybridization of the sorghum varieties for forage and food // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 273. 13009. DOI: 10.1051/e3sconf/202127313009.

10. Nekrasova O. A., Ionova E. V., Kravchenko N. S., Ignateva N. G., Kovtunov V. V. Biochemical indicators of grain sorghum varieties in the Rostov region // Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes. 2022. № w/n. P. 217–225. DOI: 10.1007/978-981-16-8731-0-22.

Поступила: 31.07.22; доработана после рецензирования: 05.08.22; принята к публикации: 09.08.22.

**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.** Ковтунов В. В. – концептуализация исследования; Ковтунов В. В., Сухенко Н. Н., Лушпина О. А., Репешко Ю. В. – подготовка опыта, выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Ковтунов В. В., Сухенко Н. Н., Репешко Ю. В. – подготовка рукописи.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**