

СОРТ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ АЗИМУТ

Е. Г. Филиппов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом селекции и семеноводства ячменя, filipov.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;
А. А. Донцова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;
Д. П. Донцов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;
Э. С. Дорошенко, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимого ячменя, ORCID ID: 0000-0002-0787-9754;
Р. Н. Брагин, аспирант, braginroman40@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X;
И. М. Засыпкина, аспирант, irinka_kolosok92@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1281-5317
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@yandex.ru

Увеличение производства фуражного зерна – это важное звено в продовольственной безопасности России. Немалые возможности для разрешения этой проблемы заключаются в возделывании новых отечественных сортов ячменя. Селекционные работы в данном направлении ведутся длительное время на Дону в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (отдел селекции и семеноводства озимого и ярового ячменя). Цель исследований – выведение нового сорта ярового ячменя для регионов с высокими проявлениями аридности климата, который обладает достаточно высокой урожайностью и стабильностью ее в различные годы. Результатом выполнения селекционной программы 0706-2019-0002 явилось создание сорта ярового ячменя Азимут универсального использования, то есть на фуражные, крупные и пивоваренные цели. В статье описана морфология растений и основные биологические и ценные хозяйственные признаки нового сорта ярового ячменя Азимут, который внесен в Госреестр селекционных достижений России с 2022 года. Обнаружена замечательная особенность данного сорта – скороспелость (созревает в среднем за 3 контрастных года (2017–2019) раньше стандартного сорта Ратник на 4 дня и лучшего сорта Формат на 2 дня), что в современных климатических условиях является крайне важным показателем. Выяснено, что в среднем за эти годы новый сорт сформировал урожайность 5,7 т/га и массу 1000 зерен 52,0 г, превысив стандарт на 0,8 т/га и 6,5 г соответственно, а также лучший сорт Формат на 0,2 т/га и 3,8 г соответственно. Установлено, что сорт Азимут обладает определенным важным набором биологически полезных и хозяйственно ценных свойств и признаков.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, селекция, стабильность, урожайность.

Для цитирования: Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П., Дорошенко Э. С., Брагин Р. Н., Засыпкина И. М. Сорт ярового ячменя Азимут // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 91–97. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-91-97.



SPRING BARLEY VARIETY 'AZIMUT'

E. G. Filippov, Candidate of Agricultural Sciences, docent, head of the department of winter and spring barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;
A. A. Dontsova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter barley breeding and seed production, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;
D. P. Dontsov, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for spring barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;
E. S. Doroshenko, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for spring barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-0787-9754;
R. N. Bragin, post-graduate, braginroman40@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X;
I. M. Zasypkina, post-graduate, irinka_kolosok92@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1281-5317
FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@yandex.ru

Improvement of feed grain production is an important link in Russia's food security. Considerable opportunities for solving this problem lie in the cultivation of new domestic varieties of barley. Breeding work in this direction has been carried out for a long time in the Don area by the FSBSI "ARC "Donskoy" (Department of winter and spring barley breeding and seed production). The purpose of the study was to breed a new spring barley variety for regions with high signs of aridity, which has fairly large productivity and its stability in different years. The result of the breeding program 0706-2019-0002 was the development of the spring barley variety 'Azimut' of universal use, i.e. for feed, groats and for brewing purposes. The paper has described the morphology of plants and the main biological and valuable economic traits of the new spring barley variety 'Azimut', which has been included in the State List of Breeding Achievements of Russia since 2022. There has been found that a remarkable feature of this variety is early maturity (through three contrast years (2017–2019) it ripened on average earlier than the standard variety 'Ratnik' on 4 days and the best variety 'Format' on 2 days), which is an extremely important indicator in modern climatic conditions. There was found that, on average, over the years, the new variety produced 5.7 t/ha and 52.0 g of 1000-grain weight, exceeding the standard on 0.8 t/ha and 6.5 g, as well as the best variety 'Format' on 0.2 t/ha and 3.8 g, respectively. It has been established that the variety 'Azimut' has a certain important set of biologically useful and economically valuable properties and traits.

Keywords: spring barley, variety, breeding, stability, productivity.

Введение. Главенствующими сельскохозяйственными культурами в настоящее время в России и мире являются пшеница и ячмень, которые вкупе с кукурузой и рисом составляют основной набор питания человека в мире (Pankin and von Korff M, 2017).

Получение высоких и стабильных сортов зерновых культур достаточно хороших, качественных кондиций позволяет создать не только стратегические запасы зерна, но и постоянно увеличивать экспорт данной продукции на мировой рынок (Лобунский и Соловьева, 2021; Левакова и Костаньянц, 2022).

Однако рост производства фуражного зерна в дальнейшем и повышение его качественных показателей во многом зависит от селекции, то есть выведения и внедрения в сельскохозяйственное производство новейших сортов, способных в современных условиях усиления континентальности климата давать достаточно стабильные и высокие урожаи (Носков и др., 2022; Rapacz et al., 2012). В процессе селекции в ФГБНУ «АНЦ «Донской» со временем повышается потенциал продуктивности у новых сортов ярового ячменя, который в производственных условиях может достигнуть 6 и более т/га (Wiegmann et al., 2018). В связи с вышеизложенным, целью настоящих исследований было выведение нового сорта ярового ячменя для регионов с высокими проявлениями аридности климата, обладающего достаточно высокой урожайностью и постоянством ее в разные по климатическим условиям годы.

Материалы и методы исследований. Исследования по созданию нового сорта производились на полях селекционного севооб-

рота в ФГБНУ «АНЦ «Донской». Почвы представлены в основном черноземом (обыкновенным), гумус – 3,0–3,5 %, подвижный фосфор – 15–20, калий обменный – 300–500. Метод, применяемый при выведении сорта – внутривидовая половая гибридизация сортов ярового ячменя с целенаправленным отбором индивидуальных растений с искомыми признаками. Для посева в испытании использовали специальную селекционную порционную сеялку Winterstaiger Plotseed. Количество повторений – 6, учетная площадь – 10 м², норма высева – 5 млн всхожих зерен на 1 га. Предшествующая в посевах культура – подсолнечник. Стандарт – сорт Ратник. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019) использовалась для соответствующих наблюдений, учетов и оценки сравниваемых сортов. По методике Б. А. Доспехова (2014) производили анализ и математическую обработку полученных результатов экспериментов.

Оценку экологической пластичности и стабильности выполняли согласно методике S. A. Eberhart, W. A. Russell в редакции В. А. Зыкина (2005). Показатели стрессоустойчивости $(Y_{\min} - Y_{\max})$ и генетической гибкости $((Y_{\max} + Y_{\min})/2)$ рассчитаны по уравнениям А. А. Rosielle, J. Hamblin в изложении А. А. Гончаренко. Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – по уравнению Э. Д. Неттевича.

Погодные условия во время исследований были нестабильны в вегетационный период ярового ячменя, и это позволило достаточно объективно произвести анализ изучаемых сортов по показателям урожайности и ее структурных компонентов (рис. 1, 2).

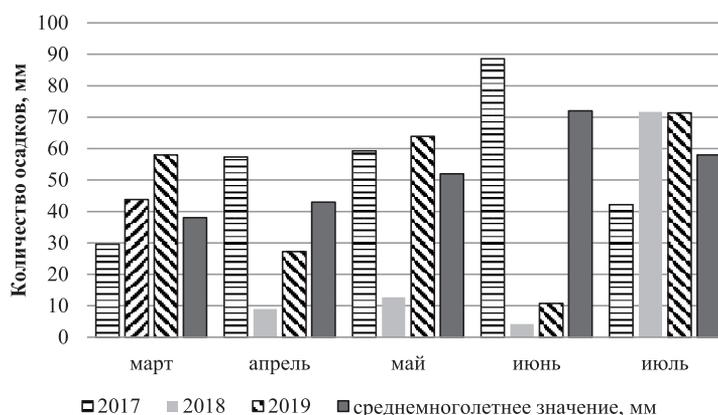


Рис. 1. Среднемесячное количество осадков за период вегетации, мм (2017–2019 с.-х. гг.)
Fig. 1. Average monthly precipitations during a vegetation period, mm (2017–2019)

В 2017 г. в период весенней вегетации отмечено достаточно большое количество атмосферных осадков на фоне среднееголетних данных температурного режима, что позволило получить достаточно высокую урожайность.

В 2018 г. весна характеризуется пониженным температурным режимом и недоста-

точным количеством атмосферных осадков. Однако осадки в последующем положительно повлияли на показатели урожайности.

Для 2019 г. важным оказались иррегулярное выпадение атмосферных осадков в весенне-летний период, что в значительной мере отразилось на крупности зерна и более низкой, чем в предыдущие годы, урожайности.

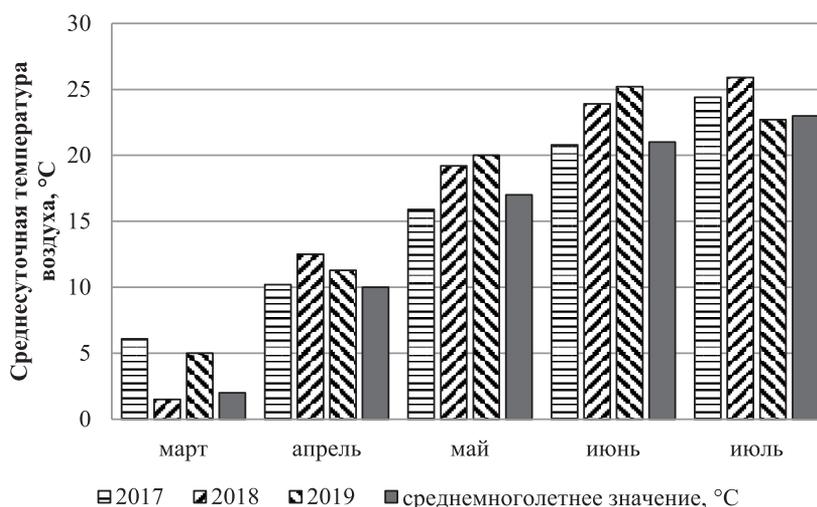


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха за период вегетации, °С (за 2017–2019 с.-х. гг.)
 Fig. 2. Average monthly air temperature during a vegetation period, °C (2017–2019)

Влажность воздуха как элемент погоды имеет существенное значение для жизни сельскохозяйственных растений. Основная роль этого элемента заключается в его влиянии на процесс испарения с почвы и растений и на изме-

нение водного баланса в клетках растительных тканей. В 2017 г. влажность воздуха была на уровне среднеемноголетних данных, а в 2018 и 2019 гг. за июнь наблюдалось снижение влажности воздуха до 38–44 % (рис. 3).

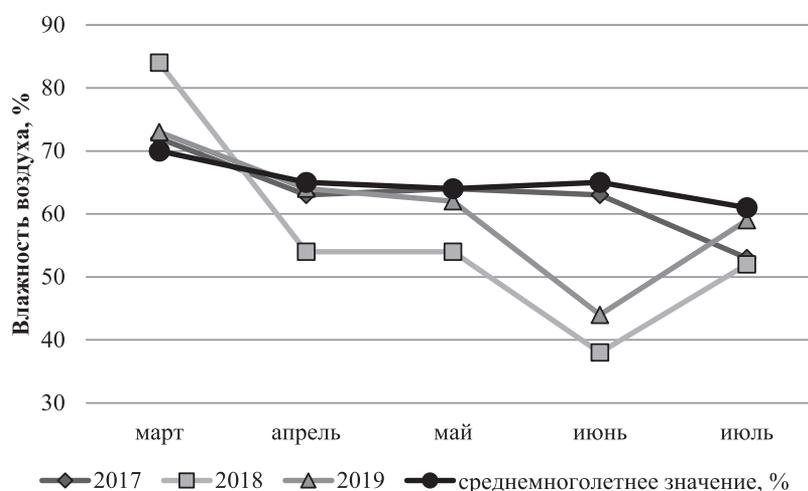


Рис. 3. Среднемесячная влажность воздуха, % (за 2017–2019 с.-х. гг.)
 Fig. 3. Average monthly air humidity, % (2017–2019)

Результаты и их обсуждение. Неоднородность почвенно-климатических условий Южного Федерального округа, а также участвовавшие засухи в разные фенологические фазы ячменя вызывают трудности в получении стабильной и достаточно высокой урожайности, а это требует создания новых сортов, более приспособленных к погодным стресс-факторам. Одним из таких сортов является новый сорт ярового ячменя Азимут.

Важную роль в селекционной работе при создании новых сортов с заданными параметрами играет правильный подбор исходных форм и сортов, ценность которых определяется не только наличием положительных качеств, но и, главное, способностью передавать их по-

томству. При создании сорта Азимут был использован метод половой (внутривидовой) ступенчатой гибридизации специально подобранных родительских компонентов скрещиваний:

♀ (материнская форма) – Зерноградский 1500 (ФГБНУ «АНЦ «Донской», г. Зерноград, Ростовская обл., РФ),

♂ (отцовская форма) – Вадим (ФГБНУ НЦЗ им П. П. Лукьяненко, г. Краснодар, РФ).

От материнской формы новый сорт унаследовал габитус и окраску растений, скороспелость и крупность зерна, от отцовской – устойчивость к полеганию и болезням.

Необходимо отметить, что при создании нового сорта были использованы лучшие сорта отечественной (Сокол, Ясный, Зерноградский 73,

Зерноградский 86, Вадим) и иностранной селекции (Донецкий 5, Одесский 70 (Украина), Гонар (Беларусь), Эмир, Proost (Голландия), КМ – 938, Бронишовицкий (Чехия) (рис. 4).

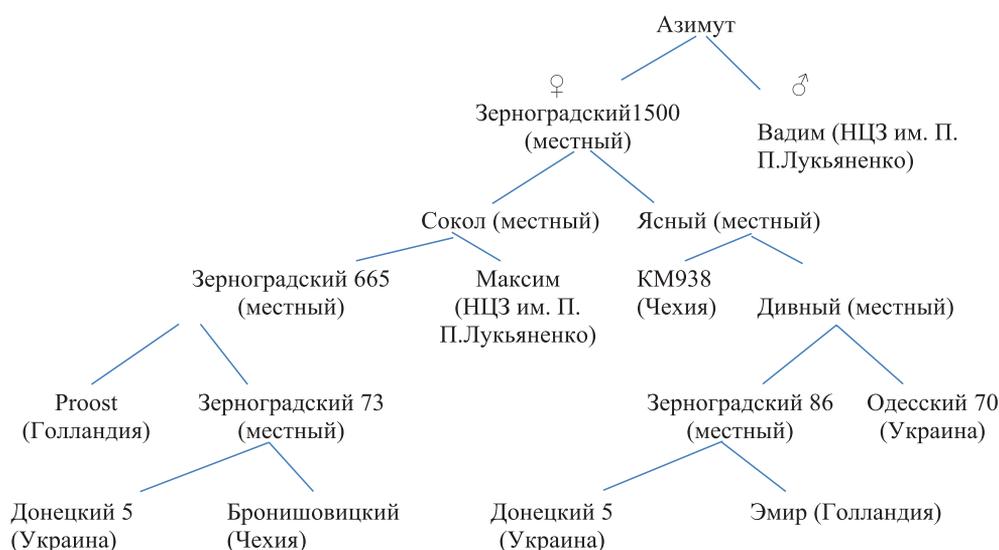


Рис. 4. Генеалогия сорта ярового ячменя Азимут
Fig. 4. Genealogy of the spring barley variety 'Azimut'

Сорт Азимут внесен в Государственный реестр охраняемых селекционных достижений РФ с 2022 года по Нижневолжскому региону.

Морфологические признаки сорта Азимут:

- форма куста – прямостоячий
- стебель – толщина средняя, прочная, выполненность соломины – полая
- лист (окраска) – зеленая
- окраска стеблевых узлов – зеленая
- ушки (форма, окраска) – серповидные, зеленые
- язычок – обыкновенный, длинный
- колос (в период полной спелости) – двурядный:
 - форма – цилиндрическая,
 - окраска – соломенно-желтая,
 - длина – средняя,
 - плотность – средняя;
- колосковая чешуя – короче зерновки:
 - размер и форма – узкая, ширина менее 1 мм;
 - переход цветочной чешуи в ость – постепенный;

- нервация цветочных чешуй и зубчики на нервах цветочной чешуи – отсутствует
- ости – параллельные и длиннее колоса, зазубренные, соломенно-желтые
- зерновка – крупная, основание зерна голое, форма полуокруглая, соломенно-желтая окраска
- щетинка у основания зерновки волосистая, тип опушения – длинное
- разновидность – nutans

Уже при изучении новых сортов, начиная с F_5 , материал оценивается при полевой браковке по основным слагаемым урожайности (число продуктивных стеблей на единице площади, масса 1000 зерен, озерненность колоса, масса колоса), так как эти признаки и формируют ее. Результатом такой кропотливой работы было создание нового сорта ярового ячменя Азимут.

Новый сорт показал достоверную прибавку по урожайности в сравнении с сортом Ратник (стандарт) в контрастные по погодным условиям годы (рис. 1, 2, 3), и главное, в годы с экстремальным проявлением различных типов засух (воздушная и почвенная) (табл. 1).

Таблица 1. Показатели урожайности и ее компонентов нового сорта ярового ячменя Азимут в сравнении со стандартом Ратник и лучшим сортом Формат (2017–2019 гг.)
Table 1. Indicators of productivity and its components of the new spring barley variety 'Azimut' in comparison with the standard one 'Ratnik' and the best variety 'Format' (2017–2019)

№ п/п	Показатель	Ед. измерения	Сорт Азимут				Стандарт Ратник			
			2017 г.	2018 г.	2019 г.	ср.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	ср.
1	Урожайность	т/га	7,5	4,3	5,3	5,7	6,4	3,7	4,6	4,9
	(тоже лучшего сорта Формат)		7,3	4,0	5,2	5,5	–	–	–	–
	HCP_{05}		0,2	0,1	0,2	–	–	–	–	–
2	Масса 1000 зерен	г	55,2	51,5	49,3	52,0	49,7	45,7	41,3	45,5
	(тоже лучшего сорта Формат)		51,7	45,5	47,3	48,2	–	–	–	–
3	Количество зерен в колосе	шт.	18,2	19,0	21,8	19,7	17,5	15,2	20,2	17,6
	(тоже лучшего сорта Формат)		17,7	18,6	20,5	18,9	–	–	–	–
4	Число продуктивных стеблей на 1 м ²	шт.	682	504	506	564	624	482	477	528
	(тоже лучшего сорта Формат)		632	524	529	561	–	–	–	–

Новый сорт формировал урожайность выше стандарта за счет более крупного зерна. В среднем за 3 года масса 1000 зерен составила 52,0 г (+6,5 г к стандарту); озерненность колоса – 19,7 шт. зерен (+2,1 шт. к ст.); число продуктивных стеблей на м² – 564 шт. (+36 шт. к ст.).

Новый сорт относится к группе среднеранних сортов, длина периода от всходов до хозяйственной спелости составила в среднем 90 дней, фазы колошения и созревания наступают на 3–6 дней ранее стандарта.

Преимущество по урожайности сорта Азимут в производственных условиях Нижневолжского региона показано в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Урожайность сортов ячменя в экологических испытаниях КНИИСХ им. Нармаева, г. Элиста, Калмыкия, 2020 г.
Table 2. Productivity of barley varieties in the environmental trials of the KRIA named after Narmaev, Elista, Kalmykia, 2020

Название сорта	Урожайность	
	т/га	± к ст.
Ратник, ст.	3,16	–
Азимут	3,48	+0,32

Таблица 3. Результаты изучения сортов ярового ячменя в экологических испытаниях Волгоградской области, 2021 г.
Table 3. Study results of the spring barley varieties in the environmental trials of the Volgograd region, 2021

Название сорта	Урожайность, т/га	
	т/га	± к ст.
Камышинский район		
Ратник, ст.	2,4	–
Азимут	3,2	+0,8
Городищенский район		
Ратник, ст.	2,6	–
Азимут	3,3	+0,7

Анализ данных за 2017–2019 гг. выявил, что по показателям экологической пластичности и стабильности сорт Азимут более отзывчив на изменение условий выращивания ($b_i = 1,15$) по сравнению со стандартным сортом Ратник. Коэффициент вариации данного сорта соста-

вил 40,6 %, что в основном обусловлено сильным варьированием показателей природной среды за годы исследований. По показателю уровня стабильности сорт Азимут отмечался как более стабильный по отношению к стандарту (ПУСС = 132,2 %) (табл. 4).

Таблица 4. Показатели экологической пластичности и стабильности нового сорта Азимут в сравнении со стандартом, 2017–2019 гг.
Table 4. Indicators of environmental adaptability and stability of the new variety 'Azimut' in comparison with the standard one, 2017–2019

Название сорта	Средняя урожайность за год, т/га			Y_i^*	V^*	ПУСС*	b_i^*	σ^2d^*
	2017	2018	2019					
Ратник ст.	6,4	3,7	4,6	4,9	39,7	100	0,96	3,7
Азимут	7,5	4,3	5,3	5,7	40,6	132,2	1,15	5,3
I_j^*	1,6	-1,1	-0,5					

Примечание. Y_i – средняя урожайность за годы исследований;

I_j – индекс условий среды (характеризует изменчивость условий, в которых выращивали сорта в данном опыте);

V – коэффициент вариации (показывает степень изменчивости по отношению к средней урожайности);

ПУСС – показатель уровня стабильности сорта (показывает стабильность сорта по отношению к стандарту);

b_i – коэффициент линейной регрессии (отражает изменчивость сорта с учетом улучшений условий выращивания);

σ^2d – среднеквадратическое отклонение (отображает стабильность сорта в представленных условиях среды).

Значения перечисленных показателей экологической пластичности и стабильности сорта Азимут по отношению к стандарту показали его высокую агроэкологическую адаптивность и ценность как отзывчивого сорта на улучшенные условия выращивания.

Выводы. Результатом длительной целенаправленной селекционной работы явилось создание для регионов с высоким проявлением засух нового сорта ярового ячменя Азимут.

Сорт Азимут внесен в Государственный реестр охраняемых селекционных достижений РФ по 8 региону (Нижевожский регион).

Новый сорт обладает высокими показателями стабильности, устойчивости и адаптивности и способен при внедрении в сельхозпроизводство значительно увеличить и стабилизировать сбор фуражного зерна с единицы площади в регионах допуска.

Библиографические ссылки

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 352 с.
2. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа: БашГАУ, 2005. 100 с.
3. Левакова О. В., Костаньянц М. И. Галатея – новый сорт озимой мягкой пшеницы для Центрального региона России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23(1). С. 36–43. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.36-43.
4. Лобунский М. С. Соловьева А. А. Роль России на рынке зерновых в регионе Большого Средиземноморья // Финансовые рынки и банки. 2021. № 6. С. 81–84.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2019. Вып. 2. 250 с.
6. Носков А. Н., Батакова О. Б., Корелина В. А. Сравнительная оценка гибридных форм ярового ячменя по урожайности и адаптивным свойствам в условиях Северного региона РФ // Земледелие. 2022. № 1. С. 35–38. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-1-35-39.
7. Ebeahart S. A. Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. Vol. 6, № 1. P. 36–40.
8. Pankin A., von Korff M. Co-evolution of methods and thoughts in cereal domestication studies: a tale of barley (*Hordeum vulgare*). Current Opinion in Plant Biology. 2017. Vol. 36. P. 15–21. DOI 10.1016/j.pbi.2016.12.001.
9. Rapacz M., Stepień A., Skorupa K. Internal Standards for quantitative rt-pcr studies of gene expression under drought Treatment in Barley (*hordeum vulgare* L.): the Effects of developmental Stage and Leaf Age // Acta Physiologiae Plantarum. 2012. Vol. 5(64). P. 1723–1733. DOI:10.1007/s11738-012-0967-1.
10. Wiegmann M., Pillen K., Maurer A., Thomas W. T. B., Bull H. J., Flavell A. J., Zeyner A., Peiter E. Wild Barley Serves as a Source for Biofortification of Barley Grains // Plant Science, 2019. Vol. 283. P. 83–94. DOI: 10.1016/j.plantsci.2018.12.030.

References

1. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
2. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S. Metodika rascheta i otsenki parametrov eko-logicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rasteniy [Methodology for calculating and estimating the parameters of ecological adaptability of Agricultural plants]. Ufa: BashGAU, 2005. 100 s.
3. Levakova O. V., Kostan'yants M. I. Galateya – novyi sort ozimoi myagkoi pshenitsy dlya Tsentral'nogo regiona Rossii ['Galateya' is a new winter bread wheat variety for the Central region of Russia] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. № 23(1). S. 36–43. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.36-43.
4. Lobunskii M. S. Solov'eva A. A. Rol' Rossii na rynke zernovykh v regione Bol'shogo Sredizemnomor'ya [The role of Russia in the grain market in the Great Mediterranean region] // Finansovye rynki i banki. 2021. № 6. S. 81–84.
5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of Agricultural crops]. M., 2019. Vyp. 2. 250 s.
6. Noskov A. N., Batakova O. B., Korelina V. A. Sravnitel'naya otsenka gibridnykh form yarovogo yachmenya po urozhainosti i adaptivnym svoistvam v usloviyakh Severnogo re-giona RF [Comparative estimation of spring barley hybrids according to productivity and adaptive properties in the conditions of the Northern region of the Russian Federation] // Zemledelie. 2022. № 1. S. 35–38. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-1-35-39.
7. Ebeahart S. A. Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. Vol. 6, № 1. P. 36–40.
8. Pankin A., von Korff M. Co-evolution of methods and thoughts in cereal domestication studies: a tale of barley (*Hordeum vulgare*). Current Opinion in Plant Biology. 2017. Vol. 36. P. 15–21. DOI 10.1016/j.pbi.2016.12.001.
9. Rapacz M., Stepień A., Skorupa K. Internal Standards for quantitative rt-pcr studies of gene expression under drought Treatment in Barley (*hordeum vulgare* L.): the Effects of developmental Stage and Leaf Age // Acta Physiologiae Plantarum. 2012. Vol. 5(64). P. 1723–1733. DOI:10.1007/s11738-012-0967-1.

10. Wiegmann M., Pillen K., Maurer A., Thomas W. T. B., Bull H. J., Flavell A. J., Zeyner A., Peiter E. Wild Barley Serves as a Source for Biofortification of Barley Grains // *Plant Science*, 2019. Vol. 283. P. 83–94. DOI: 10.1016/j.plantsci.2018.12.030.

Поступила: 12.09.22; доработана после рецензирования: 05.10.22; принята к публикации: 06.10.22.

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: Филиппов Е. Г. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Донцова А. А. – анализ данных и интерпретация; Донцов Д. П. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Дорошенко Э. С. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Брагин Р. Н. – выполнение полевых опытов, сбор данных, подготовка рукописи; Засыпкина И. М. – выполнение полевых опытов, сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.