

НОВЫЙ РАННЕСПЕЛЫЙ СОРТ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ФЕДОС

Е. Г. Филиппов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом селекции и семеноводства ячменя, 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;

Р. Н. Брагин, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства ярового ячменя, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В последние годы в условиях Ростовской области в весенне-летний период характерен недостаток влаги в начальный период роста растений и закладки генеративных органов, а также в период налива зерна ярового ячменя. Наибольшую продуктивность в этих условиях, по наблюдениям предыдущих лет, формируют сорта среднеранние и раннеспелые. Селекционная программа по созданию раннеспелых сортов ярового ячменя в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» ведется на протяжении многих десятилетий. Целью исследований являлось создание нового высокоурожайного раннеспелого сорта ярового ячменя, адаптированного к засушливым почвенно-климатическим условиям юга России. В статье представлена характеристика нового раннеспелого сорта ярового ячменя Федос, адаптированного к почвенно-климатическим условиям засушливых регионов России и устойчивого к проявлению негативных стресс-факторов среды. Новый сорт характеризуется высокой урожайностью (+0,4 т/га к стандарту), крупнозерностью (масса 1000 более 47 г), достаточно высоким содержанием белка в зерне (+1,3% к стандарту). Более высокую урожайность по сравнению со стандартом новый сорт формирует за счет повышенного количества продуктивных стеблей на 1 м² (в среднем за 2018–2020 гг. больше на 12 шт.) и массы зерна с колоса (+0,2 г). Кроме того, Федос формирует крупное, хорошо выполненное зерно даже в годы с острой засухой (+5,6 г к стандарту Ратник). Новый сорт более устойчив, чем стандарт к поражению основными листовыми болезнями.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, стандарт, урожайность, крупнозерность.

Для цитирования: Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П., Брагин Р. Н. Новый раннеспелый сорт ярового ячменя Федос // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2(74). С. 11–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-11-16.



THE NEW EARLY MATURING SPRING BARLEY VARIETY 'FEDOS'

E. G. Filippov, Candidate of Agricultural Sciences, docent, head of the department of barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

A. A. Dontsova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of 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 department of barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

R. N. Bragin, junior researcher of the laboratory for spring barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X

Agricultural Research Center "Donskoy",

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

In recent years, the spring-summer period of the Rostov region is characterized with a lack of moisture supply in the initial period of plant growing and formation of generative organs, as well as in the filling period of spring barley grain. The highest productivity under these conditions, according to the study of previous years, has been formed by the middle-early and early-maturing varieties. The breeding work for the development of early-maturing spring barley varieties has been going on for many decades in the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy". The purpose of the current study was to develop a new highly productive early-maturing spring barley variety, adapted to the arid soil and climatic conditions of the south of Russia. The current paper has presented characteristics of the new early-maturing spring barley variety 'Fedos', adapted to the soil and climatic conditions of the arid Russian regions and resistant to negative environmental stress factors. The new variety was characterized by high yields (+0.4 t/ha to the standard one), large kernel (1000 kernel weight was more than 47 g), fairly high protein percentage in grain (+1.3% to the standard one). In comparison with the standard variety, the new variety has formed higher yields due to the increased number of productive stems per 1 m² (on 12 pcs. more) and kernel weight per head (+0.2 g). In addition, the variety 'Fedos' produced large, well-filled kernel even in severely arid years (+5.6 g to the standard one). The new variety is more resistant to major leaf diseases than the standard one.

Keywords: spring barley, variety, standard, productivity, large kernel.

Введение. Ячмень относится к наиболее важным зерновым культурам как в мировом, так и в отечественном земледелии. Это объясняется несколькими причинами, важнейшими

из которых являются способность удовлетворять различным требованиям сельхозпроизводства (животноводства) и перерабатывающей промышленности, а также сравнительно

небольшие затраты по возделыванию и невысокая себестоимость зерна (Ильин, 2010). Зерно ярового ячменя используют для приготовления продуктов питания (крупы), в кондитерской промышленности, в животноводстве, в пивоварении, в медицине (Донцова и др., 2016). В условиях Ростовской области под яровой ячмень отводятся наибольшие площади посева среди зернофуражных культур (Филенко и др., 2020).

Для успешного выполнения задач по увеличению и стабилизации производства зерна, а также для повышения его качества важнейшее значение имеют ускорение и модернизация селекционного процесса, создание и внедрение новых сортов в производство. Современное производство нуждается в высокопродуктивных сортах, обладающих высоким качеством зерна и высокой адаптивностью (засухоустойчивость, устойчивость к болезням и др.) (Иванисов и др., 2019).

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве выращивается большое количество сортов ячменя. Яровой ячмень ценится за более короткие сроки созревания, меньшую по сравнению с озимой пшеницей требовательность к почвенному составу и условиям выращивания.

Несмотря на это, к современным сортам ярового ячменя предъявляется достаточно много требований: они должны обладать высокой урожайностью, крупностью зерна, устойчивостью к поражению листовыми болезнями и полеганию, адаптивностью к стресс-факторам внешней среды, иметь зерно высокого качества, сбалансированного по питательным веществам. Кроме того, современные сорта ячменя должны иметь оптимальную длительность вегетационного периода для конкретных почвенно-климатических условий выращивания (Филиппов и др., 2014).

Как показывает практика, при равной урожайности преимущество следует отдавать сорту с максимальной экологической приспособленностью, то есть сорту местной селекции (Морозов и др., 2020).

Первостепенная значимость адаптивного районирования сельскохозяйственных культур, особенно в неблагоприятных почвенно-климатических условиях, обусловлена тем, что высокая потенциальная урожайность может быть реализована лишь в том случае, если она защищена устойчивостью к действию абиотических и биотических стрессоров (Самофалова и др., 2019).

Для обеспечения производителей зерна ячменя сортами с высокой и стабильной урожайностью, селекция этих сортов должна быть ориентирована на специфические особенности зоны (Ершова и др., 2017). Ростовская область находится в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения. В последние годы для области в весенне-летний период характерен недостаток влаги в начальный период роста растений и закладки генератив-

ных органов, а также в период налива зерна. Наибольшую продуктивность в этих условиях, по наблюдениям предыдущих лет, формируют сорта среднеранние и раннеспелые.

В связи с этим целью исследований являлось создание нового высокоурожайного раннеспелого сорта ярового ячменя, адаптированного к засушливым почвенно-климатическим условиям юга России. Для достижения поставленной цели был подобран разнообразный исходный материал, который активно использовали в селекционной программе.

Итогом данной работы стало выведение и передача на Государственное сортоиспытание РФ нового раннеспелого сорта ярового ячменя Федос, который был включен в Госреестр охраняемых селекционных достижений РФ по 6 региону с 2019 года.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на полях научного севооборота отдела селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2018–2020 гг. Основным методом селекции, используемым при создании нового сорта, являлась межсортная, внутривидовая гибридизация отдаленных в эколого-географическом отношении сортов. Посев в конкурсном сортоиспытании осуществляли сеялкой Wintersteiger Plotseed, учетная площадь – 10 м², повторность 6-тикатная. Норму высева – 500 всхожих зерен на 1 м², стандартный сорт Ратник располагали через 10 номеров. В течение вегетации проводили фенологические наблюдения. Проводили оценку на устойчивость к полеганию, анализ элементов структуры урожая. Фитопатологическую оценку осуществляли в полевых условиях.

Учеты, наблюдения и оценки селекционного материала проводили согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Математическую обработку полученных данных – по методике Б. А. Доспехова (2014). Оценку экологической пластичности и стабильности произвели по методике S. A. Eberchart, W. A. Russell (1966) в редакции В. А. Зыкина.

В марте 2018 года осадков выпало больше среднемноголетних данных (43,8 и 37 мм соответственно). Однако уже в апреле количество осадков резко сократилось по сравнению со среднемноголетними данными. В мае, июне и июле данная тенденция сохранилась. Кроме того, в эти месяцы было отмечено также значительное повышение температурного режима по сравнению со среднемноголетним показателем, что привело к недобору урожая ярового ячменя. В июне наблюдались дни с суховеями явлениями, в связи с чем влажность воздуха опустилась до 38% (на 23% ниже среднемноголетней).

Для весеннего периода 2019 года был характерен повышенный температурный режим: март – 5,0 °C (+3,0 °C к среднемноголетней), апрель – 11,3 °C (+0,6 °C), май – 19 °C (+2,5 °C). Осадки выпадали неравномерно. Так, в марте выпало 58,0 мм (+21,0 мм к среднемноголет-

ней), в апреле – 27,2 мм (-15,5 мм) и в мае – 57,4 мм (+6,5 мм). В июне наблюдалось заметное усиление засушливости. Так, при среднемесячной температуре воздуха 25,2 °С (+4,7 °С к средне многолетней) количество выпавших осадков было всего 10,8 мм при среднемноголетнем показателе 71,3 мм. Такие же показатели были и в первой декаде июля. Фаза налива зерна ярового ячменя проходила в неблагоприятных условиях (повышенный температурный режим, недостаток влаги, проявление суховейных явлений), что в дальнейшем сказалось на урожайности.

В 2020 году весной так же как и в 2019 наблюдался повышенный температурный режим в марте – +7,7 °С (+5,7 °С к средне многолетней). В апреле и мае среднесуточная температура воздуха была на уровне среднемноголетних значений – +9,1 °С (среднесуточная 10,7 °С) и +16,5 °С (+15,4 °С) соответственно. Осадки выпадали неравномерно. Так, в марте и апреле они вообще отсутствовали (0,0 мм). А в мае выпало 79,9 мм (+28,9 мм к среднемноголетним). Ранневесенние заморозки привели к частичной гибели ранних всходов ярового ячменя. В июне наблюдалось усиление засушливости. Так, при среднемесячной температуре воздуха в июне +23,1 °С (+2,7 °С к средне многолетней) количество выпавших осадков было 38,5 мм при среднемноголетнем показателе 71,3 мм. В июле также среднемесячная температура воздуха была выше среднемноголетней – +25,7 °С (+2,6 °С к средне многолетней). Несмотря на полное отсутствие влаги в марте и апреле, урожайность ярового ячменя была выше, чем в 2019 году, благодаря большому количеству выпавших осадков в мае.

В целом сложившиеся климатические условия позволили достаточно полно и достоверно оценить селекционный материал по основным хозяйственно-ценным признакам и свойствам.

Результаты и их обсуждение. Сорт ярового ячменя Федос создан методом внутривидовой гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридной комбинации сортов Сокол (ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Россия) x CWBE-17-5-9/.JCB-10407, HTBON-03 (IKARDA, Сирия).

От материнской формы Сокол новый сорт унаследовал раннеспелость, высокую урожайность, крупнозерность, устойчивость к поражению основными листовыми болезнями, распространенными в Ростовской области.

От отцовской формы (образца из Сирии CWBE-17-5-9/.JCB-10407, HTBON-03) сорт Федос унаследовал высокую засухоустойчивость на протяжении всего периода вегетации и высокое качество зерна.

Разновидность – putans. Масса 1000 зерен за годы проведения исследований составила в среднем 47,1 г (+5,6 г к стандарту). Сорт среднерослый (66,4-85,6 см). Устойчивость к полеганию высокая, так как обладает прочной соломиной.

Раннеспелый, длина вегетационного периода за годы исследований варьировала от 79 до 89 дней, созрел на 3-8 дней раньше стандартного сорта Ратник. Имеет высокий уровень засухоустойчивости в течение всего периода вегетации.

За годы изучения в конкурсном сортоиспытании ФГБНУ «Аграрного научного центра «Донской» (2018-2020) он формировал урожайность 4,1-5,0 т/га, что выше стандарта Ратник в среднем на 0,4 т/га (рис. 1).

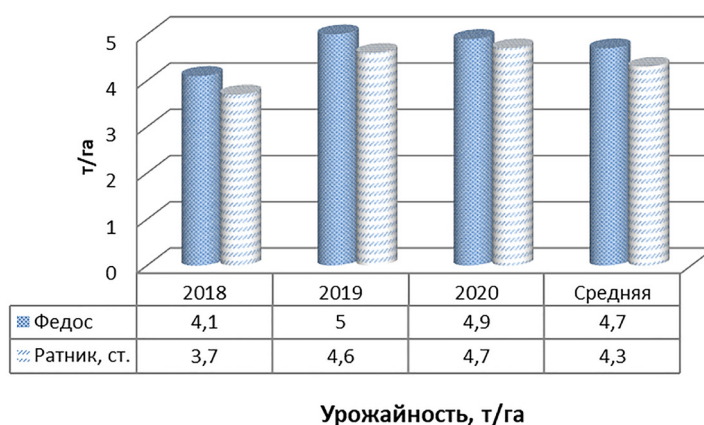


Рис. 1. Урожайность нового сорта Федос в сравнении со стандартом (2018–2020 гг.)

Fig. 1. Productivity of the new variety 'Fedos' in comparison with the standard variety (2018–2020)

Анализ структуры урожайности нового сорта показывает, что сорт Федос имеет преимущества по сравнению со стандартом прак-

тически по всем представленным признакам (табл. 1).

1. Элементы структуры урожайности нового сорта Федос в сравнении со стандартом (среднее за 2018–2020 гг.)

1. Yield structure elements of the new variety 'Fedos' in comparison with the standard variety (mean in 2018–2020)

Сорт	Количество продуктивных стеблей на 1 м ² , шт.	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Федос	568	19	0,9	47,1
Ратник, ст.	556	18	0,7	41,5

Более высокую урожайность по сравнению со стандартом новый сорт формирует за счет повышенных показателей количества продуктивных стеблей на 1 м² (в среднем за 2018–2020 гг. больше на 12 шт.), массы зерна с колоса (+0,2 г). Кроме того, Федос формирует крупное, хорошо выполненное зерно даже в годы с проявлениями острых засух последних лет (+5,6 г к стандарту Ратник).

Новый сорт рекомендуется использовать на продовольственные цели не только благодаря крупнозерности и выровненности зерна, но и высоким питательным свойствам. В отдельные годы сорт Федос способен накапливать в зерне белка более 13%, превышая стандарт в среднем за годы изучения на 1,3% (рис. 2).

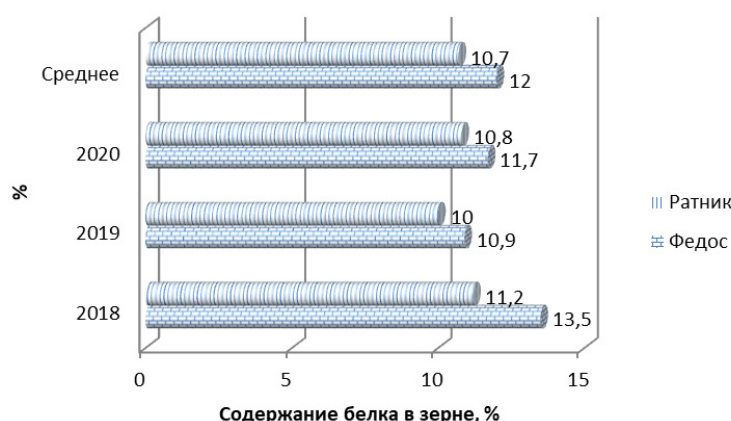


Рис. 2. Содержание белка в зерне сорта Федос в сравнении со стандартом (2018–2020 гг.)

Fig. 2. Protein percentage in grain of the new variety 'Fedos' in comparison with the standard variety (2018–2020)

За годы проведения исследований значительного проявления гельминтоспориозных пятнистостей на посевах ярового ячменя отмечено не было. Анализ устойчивости к пора-

жению мучнистой росой показал, что в среднем за 2018–2020 гг. Федос более устойчив, чем стандарт к поражению данным патогеном (табл. 2).

2. Устойчивость к поражению листовыми болезнями (2018–2020 гг.)

2. Resistance to leaf diseases (2018–2020)

Сорт	Мучнистая роса, балл, по годам			Гельминтоспориозные пятнистости, балл, по годам		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Ратник, ст.	2–2,5	1–1,5	2–2,5	0–1	0–1	0–1
Федос	2–2,5	1	1–1,5	0–1	0–1	0–1

3. Показатели экологической пластичности и стабильности (2018–2020 гг.)

3. Indicators of environmental adaptability and stability (2018–2020)

Название сорта	Средняя урожайность за год, т/га			ΣY_i^*	Y_i^*	b_i^*	$\sigma_a^2^*$
	2018	2019	2020				
Ратник	3,6	4,3	4,7	12,6	4,2	0,87	0,33
Федос	4,1	5,0	4,8	13,9	4,6	0,97	0,41
I_j^*	-0,49	0,45	0,04	—	—	—	—

Примечание: ΣY_i^* – сумма урожайности по годам; Y_i^* – средняя урожайность за годы исследований; I_j^* – индекс условий среды (характеризует изменчивость условий, в которых выращивали сорта в данном опыте); b_i^* – коэффициента линейной регрессии (показывает отклик сорта на улучшение условий выращивания); $\sigma_a^2^*$ – среднее квадратическое отклонение (характеризует стабильность сорта в различных условиях среды).

Расчет показателей экологической пластичности и стабильности выявил, что сорта Ратник и Федос с коэффициентами линейной регрессии $b_1 = 0,87$ и $b_1 = 0,97$, соответственно, по своим значениям близки к единице, что говорит об их пластичности, выраженной в стабильно высокой урожайности при благоприятных условиях выращивания. Оба сорта показали себя стабильными: Ратник $\sigma_a^2 = 0,33$, Федос $\sigma_a^2 = 0,41$ (табл. 3).

При этом значения данных показателей оказались выше у нового сорта Федос, что сви-

детельствует о его более высокой агроэкологической адаптивности по сравнению со стандартом.

Выводы. Всесторонняя оценка нового раннеспелого сорта ярового ячменя Федос показала его неоспоримые преимущества в сравнении со стандартом Ратник. Федос характеризуется высокой урожайностью, адаптивностью к почвенно-климатическим условиям засушливых регионов России и устойчивостью к проявлению негативных стресс-факторов среды.

Библиографические ссылки

1. Донцова А. А., Филиппов Е. Г., Донцов Д. П., Терновая Е. А. Производство ячменя в мире и в России // Зерновое хозяйство России. 2016. № 5(47). С. 7–13.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 2014. 336 с.
3. Ершова Л. А., Голова Т. Г. Новые генотипы ячменя, выделенные по комплексу хозяйственно-ценных признаков // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 12(66). Ч. 3. С. 103–106. doi.org/10.23670/IRJ.2017.66.102.
4. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа: БашГАУ, 2005. 100 с.
5. Иванисов М. М., Марченко Д. М., Некрасов Е. И., Рыбась И. А., Романюкина И. В., Кравченко Н. С. Результаты изучения сортов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения в условиях юга Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6(66). С. 12–17.
6. Ильин А. В. Селекция ярового ячменя на Краснокутской селекционно-опытной станции // Земледелие. 2010. № 6. С. 41–42.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва: ООО «Группа Компаний Море», 2019. Вып. 1. 384 с.
8. Морозов Н. А., Иванов В. В., Самсонов И. В. Корона – новый адаптивный сорт озимой мягкой пшеницы для Северо-Кавказского региона // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4(70). С. 56–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-56-60.
9. Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Дубинина О. А., Ионова Е. В., Макарова Т. С., Костыленко О. А., Каменева А. С., Кравченко Н. С. Эйрена – сорт озимой твердой пшеницы, адаптированный к абиотическим и биотическим факторам среды // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6(66). С. 60–67. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-60-67.
10. Филенко Г. А., Фирсова Т. И., Сковорода Ю. Г., Черткова Н. Г. Урожайность и посевные качества семян ярового ячменя при использовании биостимуляторов в первичных звеньях семеноводства // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6. С. 71–77. https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-72-6-71-77.
11. Филиппов Е. Г., Алабушев А. В. Селекция ярового ячменя. Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2014. 208 с.

References

1. Doncova A. A., Filippov E. G., Doncov D. P., Ternovaya E. A. Proizvodstvo yachmenya v mire i v Rossii [Barley production in the world and in Russia] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 5(47). S. 7–13.
2. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kolos, 2014. 336 s.
3. Ershova L. A., Golova T. G. Novye genotipy yachmenya, vydelennye po kompleksu hozyajstvenno-cennykh priznakov [New barley genotypes, identified according to a complex of economically valuable traits] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2017. № 12(66). CH. 3. S. 103–106. doi.org/10.23670/IRJ.2017.66.102.
4. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S. Metodika rascheta i ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennykh rastenij [Methodology for calculating and estimating the parameters of the ecological adaptability of agricultural plants]. Ufa: BashGAU, 2005. 100 s.
5. Ivanisov M. M., Marchenko D. M., Nekrasov E. I., Rybas' I. A., Romanyukina I. V., Kravchenko N. S. Rezul'taty izucheniya sortov ozimoy myagkoj pshenicy razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya v usloviyah yuga Rostovskoy oblasti [The study results of winter bread wheat varieties of various ecological and geographical origin in the south of the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 6(66). S. 12–17.
6. Il'in A. V. Selekcija yarovogo yachmenya na Krasnokutskoj selekcionno-opytnoj stancii [Spring barley breeding at the Krasnokutsk breeding and experimental station] // Zemledelie. 2010. № 6. S. 41–42.
7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Methodology for the State Variety Testing of agricultural crops]. Moskva: ООО «Группа Компаний Море», 2019. Vyp. 1. 384 s.
8. Morozov N. A., Ivanov V. V., Samsonov I. V. Korona – novyj adaptivnyj sort ozimoy myagkoj pshenicy dlya Severo-Kavkazskogo regiona ['Korona' is a new winter bread wheat variety adapted for the North Caucasus region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 4(70). S. 56–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-56-60.
9. Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Dubinina O. A., Ionova E. V., Makarova T. S., Kostylenko O. A., Kameneva A. S., Kravchenko N. S. Ejrena – sort ozimoy tvrdoj pshenicy, adaptirovannyj k abioticheskim

i bioticheskim faktorom sredy ['Eirena' is a winter durum wheat variety adapted to abiotic and biotic environmental factors] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 6(66). S. 60–67. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-60-67.

10. Filenko G. A., Firsova T. I., Skvorcova Yu. G., CHertkova N. G. Urozhajnost' i posevnye kachestva semyan yarovogo yachmenya pri ispol'zovanii biostimulyatorov v pervichnyh zven'yah semenovodstva [Productivity and sowing qualities of spring barley seeds when using biostimulants in the primary links of seed production] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 6. S. 71–77. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-72-6-71-77>.

11. Filippov E. G., Alabushev A. V. Selekcija yarovogo yachmenya [Spring barley breeding]. Rostov n/D: ZAO «Kniga», 2014. 208 s.

Поступила: 17.12.20; принята к публикации: 29.01.21.

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. – выполнение полевых опытов, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Донцов Д. П., Брагин Р. Н. – выполнение полевых опытов и сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.