Аграрныйнаучныйжурнал. 2022. № 1. С.32–36. Agrarian Scientific Journal.2022;(1):32–36.

**АГРОНОМИЯ** 

Научная статья

УДК 631.11: 631.523: 631.527 DOI: 10.28983/asj.y2022i1pp32-36

## Сравнительный анализ шарозерной пшеницы Шарада и ее макромутантных форм

Борис Васильевич Романов<sup>1</sup>, Константин Игоревич Пимонов<sup>2</sup>, Александр Александрович Козлов<sup>1</sup>, Людмила Анатольевна Черногор<sup>1</sup>, Ирина Юрьевна Сорокина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Ростовская обл., пос. Рассвет, Россия, triticumrbw@mail.ru

Аннотация. Основной задачей производства пшеницы является получение высоких урожаев зерна при минимальных потерях качества. Пшеница Triticum sphaerococcum Perc. выделяется рядом полезных для селекции свойств, что использовалось при создании озимой шарозерной пшеницы сорта Шарада. Представлены результаты сравнительного анализа морфоструктурных и продукционных признаков, включая качество зерна, исходной шарозерной пшеницы сорта Шарада и выделенных из нее макромутантных форм: «Мягкая из Шарады» и «Линия 1/10-17», на фоне показателей районированных сортов. Показано, что по своим морфоструктурным показателям выделенные макромутантные формы значительно превосходят исходную Шараду. При этом «Линия 1/10-17» шарозерной пшеницы занимает промежуточное место между пшеницей «Мягкой из Шарады» и Шарадой исходной, как по высоте растений, так и по площади флагового листа. По продукционным признакам «Линия 1/10- 17», в частности, по такому важному показателю, как масса зерна с колоса, ближе к «Мягкой из Шарады», чем к исходной Шараде и превосходит районированные сорта. Увеличение продукционных показателей «Линии 1/10-17» и близость ее к показателям макромутантной пшеницы «Мягкой из Шарады» обеспечивается несколько более крупными ее зерновками и большим их количеством. Продукционные показатели зерна макромутантной «Линии 1/10-17» в 2021 г. значительно превзошли Шараду исходную (число зерен в колосе -51,6 шт; масса зерна с колоса -2,16 г;  $M_{1000}-41,36$  г) и качественные показатели (содержание белка -16,4 %, клейковины – 41,2 %, ИДК – 79 ед.). В то же время повышение продукционных признаков «Линии 1/10-17» практически не изменило качественные характеристики зерна по сравнению с исходной мелкозерной Шарадой и другими сортами шарозерной пшеницы, что делает ее и выделенную макромутантную «Мягкую из Шарады» пшеницу достаточно ценным исходным материалом для использования в селекционной практике.

*Ключевые слова: Triticum sphaerococcum* Perc.; макромутантные формы; «Мягкая из Шарады», «Линия 1/10-17»; районированные сорта; продукционные и качественные показатели зерна.

Для цитирования: Романов Б. В., Пимонов К. И., Козлов А. А., Черногор Л. А., Сорокина И. Ю. Сравнительный анализ шарозерной пшеницы Шарада и ее макромутантных форм // Аграрный научный журнал. 2022. № 1. С. 32—36. http://dx.doi.org/10.28983/ asj.y2022i1pp32-36.

**AGRONOMY** 

Original article

# Comparative analysis of shot wheat and its macromutant forms

Boris V. Romanov<sup>1</sup>, Konstantin I. Pimonov<sup>2</sup>, Alexander A. Kozlov<sup>1</sup>, Lydmila A. Chernogor<sup>1</sup>, Irina Y. Sorokina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Rostov region, Aksaysky district, village Rassvet, Russia, triticumrbw@mail.ru

<sup>2</sup> Don State Agrarian University, Rostov region, village Persianovsky, Russia, konst.pimonov@yandex.ru

Abstract. The main task of wheat production is to obtain high grain yields, with minimal quality losses. A type of wheat Triticum sphaerococcum Perc. It is distinguished by a number of useful properties for breeding, which was used in the creation of shot winter wheat Sharada. This paper presents the results of a comparative analysis of morphostructural and production characteristics, including grain quality, of the initial Sharada wheat and the macromutant forms isolated from it: "Soft from Sharada" and "Line 1/10- 17", against the background of the indicators of the zoned varieties. It is shown that the selected macromutant forms significantly exceed the original Charade in their morphostructural parameters. At the same time, the "1/10- 17 line" of spherical wheat occupies an intermediate place between the cleaved "Soft from Sharada" of wheat and the original Sharada, both in plant height and in the area of the flag leaf. According to the production characteristics of the "1/10- 17 Line", in particular, according to such an important indicator as the weight of grain from the ear, it is already closer to the "Soft from the Sharada" than to the original Charade and the zoned varieties are rising. The increase in the production indicators of the "1/10- 17 Line" and its proximity to the indicators of the macromutant "Soft from the Sharada" wheat, provides its somewhat larger grains and a large number of them. The production indicators of the grain of the macromutant "1/10-17 Line" in 2021 significantly exceeded the initial Sharada: the number of grains in the ear - 51.6 pieces; the weight of grain from the ear - 2.16 g; M1000 - 41.36 g. and qualitative indicators: protein content 16.4%; gluten content - 41.2%; IDC - 79 units. At the same time, the increase in the production characteristics of the "1/10- 17 Line" practically did not change the qualitative characteristics of the grain, compared with the original fine-grained Sharada and other varieties of spherical wheat, which makes it and the isolated macromutant "Soft from Sharada" wheat quite valuable starting material for use in breeding practice.

*Key words: Triticum sphaerococcum* Perc.; macromutant forms; "Soft from Sharada"; "Line 1/10-17"; zoned varieties; production and quality indicators of grain.

*For citation:* Romanov B. V., Pimonov K. I., Kozlov A. A., Chernogor L. A., Sorokina I. Yu. Comparative analysis of shot wheat and its macromutant forms. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(1):32–36. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i1pp32-36.

**Введение.** Основной задачей производства пшеницы является получение высоких урожаев зерна. Поскольку урожайность полигенный признак, то на его формирование влияет много факторов, в том числе такие слагаемые, как число продуктивных стеблей на 1м² и масса зерна с колоса [3]. Вместе с тем в последнее время производителей





<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Донской государственный аграрный университет, Ростовская обл., пос. Персиановский, Россия, konst.pimonov@yandex.ru

все больше интересуют не только высокие урожаи, но и качество зерна пшеницы [6, 11, 12]. Вид пшеницы *Triticum sphaerococcum* Регс. выделяется рядом полезных для селекции свойств: эректоидным расположением листьев, устойчивостью к полеганию, скороспелостью, зноевыносливостью, неосыпаемостью, высоким содержанием белка, клейковины и шаровидной формой зерновки, которая при помоле дает преимущество в соотношении мука/отруби в сторону первого показателя [7]. Однако ряд ее высоких качественных характеристик нивелируются низкой по сравнению с мягкой пшеницей урожайностью, главным образом из-за мелких размеров ее зерновки.

Ранее предпринимаемые попытки повышения продуктивности шарозерной пшеницы при скрещивании *T. sphaerococcum* с *T. aestivum* не привели к желаемым результатам [1]. Это связано с тем, что размеры и тип зерновок наследуются сцепленно. Поэтому при такой комбинации получить крупнозерные сферококоидные формы, превосходящие образцы мягкой пшеницы, весьма затруднительно. Более того, из курса генетики известно, что перекомбинации признаков при сцепленном наследовании бывают крайне редки, и это имеет место у ничтожно малого количества особей, за счет так называемого кроссинговера. Тем не менее, А.Н. Боровику [2], при гибридизации одной из линий яровой пшеницы *T. sphaerococcum* с озимой мягкой пшеницей Обрий, удалось создать сорт озимой шарозерной пшеницы Шарада. Урожайность ее составляет 80–85 % от представителей *T. aestivum* L.

Б.В. Романовым [9] было показано, что «меньшая продуктивность *Т. sphaerococcum* AABBDD, по сравнению с той же мягкой пшеницей, *Т. aestivum* AABBDD, объясняется отсутствием в ее продукционных признаках (в частности, массы зерна с колоса) вклада одного из трех диплоидных геномов». Под воздействием колхицина в продукционных признаках Шарады проявился вклад всех трех его диплоидных геномов, за счет чего была получена форма, у которой более крупные зерновки, одновременно была выделена макромутантная мягкая пшеница [8, 10]. Предварительные исследования показали достаточно близкие показатели продуктивности колоса у улучшенной формы и мутантной мягкой пшеницы и в то же время их превосходство над исходной Шарадой.

Цель настоящей работы – сравнить морфоструктурные и продукционные характеристики, включая качественные показатели зерна Шарады исходной и полученных из нее макромутантных форм, на фоне районированных сортов.

Методика исследований. В качестве объектов исследования использовали сорт Шарада, высеваемый в качестве стандарта (St); полученные из него, под воздействием колхицина, макромутантные формы: «Мягкая из Шарады» и «Линия 1/10-17», выделенная из Шарады улучшенной; районированные сорта шарозёрной пшеницы Еремеевна, Прасковья, Ордынка. Растения выращивали одновременно и в одинаковых условиях в УНПК (Учебного научно-производственного комплекса) Донского ГАУ и на поле ФГБНУ ФРАНЦ (Федеральный Ростовский аграрный научный центр) в 2019/20 и 2020/21 сельскохозяйственные годы. Учетная площадь делянки − 1 м², повторность − четырехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Посев проводили селекционной сеялкой ССФК 7. Схема размещения растений: три рядка на 1 м², расстояние между рядками 30 см, между растениями пшеницы 10 см, расстояние между делянками − 45 см.

Морфоструктурные измерения проводили в начале фазы цветения. Площадь флагового листа вычисляли по А.М. Гродзинскому (1973) с применением коэффициента 0,67 [4]. Продукционные признаки определяли в фазу полной спелости, проводили структурный анализ 15 колосьев каждого варианта. Качественные показатели зерна изучаемых образцов определяли в лаборатории массовых анализов ФГБНУ ФРАНЦ согласно имеющимся ГОСТам: белок,% – ГОСТ 10846-91; клейковина,% – ГОСТ Р 54478-2011; ИДК, ед. – ГОСТ Р 54478-2011. Статистический анализ проводили по методике Б.А. Доспехова [5].

**Результаты** исследований. Из представленных на рисунке образцов видно, что колосья пшеницы «Мягкой из Шарады» и «Линии 1/10-17» значительно крупнее, чем у исходной Шарады. Последняя также заметно выделяется своими более мелкими размерами зерновок на фоне макромутантных форм, у которых они крупнее.

Визуальные отличия четко фиксируются и по соответствующим морфоструктурным показателям (табл.1). Исходная Шарада как в условиях ДонГАУ, так и ФГБНУ ФРАНЦ уступает макромутантной «Мягкой из Шарады» и «Линии 1/10-17» и по высоте растений, и по площади флагового листа. Однако по площади флага не всегда разница между исходной Шарадой и «Линией 1/10-17» достоверна. Тем не менее, в среднем по своим морфоструктурным показателям «Линия 1/10-17» занимает более или менее промежуточное положение между выделенной «Мягкой из Шарады» и исходной Шарадой.

В частности, ее растения существенно выше растений Шарады исходной, используемой нами в качестве стандарта, но, одновременно, ниже таковых макромутантной «Мягкой из Шарады»». Аналогичная картина отмечается и по площади флагового листа. У Шарады исходной – 18,4 см², что на 3,3 см² меньше, чем у «Линии 1/10-17» (21.7 см²) а у последней. В свою очереть на 2.7 см² нем

 $(21,7 \text{ см}^2)$ , а у последней, в свою очередь, на  $2,7 \text{ см}^2$ , чем у маромутантной «Мягкой из шарады»  $(24,4 \text{ см}^2)$ .

Если округлить, то флаговый лист «Линии 1/10-17» на 3 см² больше, чем у исходной Шарады, и практически на те же 3 см² меньше, чем у макромутантной «Мягкой из Шарады». Относительно районированных сортов макромутантная «Мягкая из Шарады» и «Линия 1/10-17» выделяются высокорослостью растений, что не критично для возможного полегания, и большими размерами флагового листа. Последнее, наоборот, дает преимущество, поскольку усиливает фотосинтетическую активность выделенных макромутантов.



1 – Шарада исходная; 2 – «Мягкая из Шарады»; 3 – «Линия 1/10-17»





# Морфоструктура сортов шарозерной пшеницы и выделенных макромутантных форм (2021 г.)

Генотип	Высота растений, см			Площадь флагового листа, см <sup>2</sup>		
	<b>№</b> 1	№ 2	средняя	№ 1	№ 2	средняя
Шарада исходная (St)	74,5	57,1	65,8	22,0	14,9	18,4
«Мягкая из Шарады»	123,8	90,9	107,4	30,0	18,8	24,4
«Линия 1/10-17»	91,0	73,0	82,0	25,8	17,5	21,7
Еремеевна	85,2	60,7	73,0	19,9	17,8	18,9
Прасковья	78,7	61,3	70,0	17,7	16,8	17,3
Ордынка	76,1	55,5	65,8	16,0	12,8	14,4
HCP <sub>05</sub>	6,7	3,8	_	6,3	2,1	_

Примечание: № 1 – Донской ГАУ; №2 – ФГБНУ ФРАНЦ.

Таблица 2

#### Продукционные показатели колоса Шарады и выделенных из нее макромутантных форм (2020 г.)

		Длина	Количество, шт.			
Генотип	Высота растений, см	колоса, см	колосков	зерен	Масса зерен, г	
Шарада исходная (St)	54,5	6,0	18,6	46,6	1,56	
«Мягкая из Шарады»	85,1	9,7	19,6	50,3	2,33	
«Линия 1/10-17»	65,7	6,9	22,4	54,9	2,11	
HCP <sub>05</sub>	7,5	0,6	1,4	5,5	0,28	

Что касается продукционных показателей, то здесь представлены средние данные по возделыванию их в Донском ГАУ и ФГБНУ ФРАНЦ и соответственно по годам исследований. По данным 2020 г. четко видно, что Шарада исходная обладает наименьшим габитусом (табл. 2). По всем морфоструктурным параметрам она уступает выделенным из нее макромутантным формам.

Наибольшими показателями, за исключением количества колосков и зерновок в колосе, выделяется «Мягкая из Шарады». По высоте растений и длине колоса «Линия 1/10-17» ближе к исходной Шараде, а вот по числу колосков и по количеству зерновок даже превосходит макромутантную «Мягкую из Шарады». Главное, по массе зерна с колоса она уже на уровне мягкой и существенно превышает по данному показателю сорт стандарт Шараду исходную. В 2020 г. районированные сортообразцы шарозерной пшеницы в опытах не использовались.

По результатам 2021 г. «Линия 1/10-17» также ближе к макромутантной «Мягкой из Шарады», чем к Шараде исходной (табл. 3). Так, если по длине колоса она в этом году занимала практически промежуточное место между исходной и «Мягкой из Шарады», то по числу колосков она достоверно превосходила их. У «Линии 1/10-17» – 22,5 шт., у Шарады исходной – 19,8 шт., а у «Мягкой из Шарады» – 20,4 шт.

По числу зерен несколько другая картина. Преимущество остается за «Линией 1/10-17» – 51,6 шт., а вот у мягкой пшеницы их количество (43,6 шт.), хотя и недостоверно, но меньше, чем у исходной мелкозерной формы (46,2 шт.). Масса зерна с колоса наибольшая опять же у макромутантной «Мягкой из Шарады» – 2,24 г. Это, хотя и недостоверно, но больше, чем у «Линии 1/10-17» (2,16 г). В то же время они существенно превосходят Шараду исходную (1,55 г). Высокие показатели массы зерна с колоса макромутантной «Мягкой из Шарады» обусловлены более крупными ее зерновками (см.  $M_{1000}$ ). Во всяком случае она существенно превосходит (48,23 г) не только «Линию 1/10-17» (41,36 г), но и все остальные образцы, включая и районированные сорта шарозерной пшеницы. Поэтому при меньшем количестве зерновок у последней такое преимущество по данному показателю. Обращает внимание и то, что по массе 1000 зерен «Линия 1/10-17» (41,36 г) занимает практически промежуточное место между Шарадой исходной – 35,40 г (+5,96 г) и «Мягкой из Шарады» – 48,23 г (-6,87 г).

Таким образом, «Линия 1/10-17» благодаря большему количеству зерновок и их возросшей крупности приблизилась по массе зерна с колоса к макромутантной «Мягкой из Шарады» пшенице. Она также имеет лучшие продукционные характеристики по сравнению с производственными сортами.

Таблица 3

### Продукционные показатели колоса районированных сортов шарозерной пшеницы и выделенных макромутантных форм (2021 г.)

Генотип	Длина колоса, см	Количество, шт.			M <sub>1000</sub>
		колосков	зерен	Масса зерен, г	зерен, г
Шарада исходная (St)	6,4	19,8	46,2	1,55	35,40
«Мягкая из Шарады»	9,5	20,4	43,6	2,24	48,23
«Линия 1/10-17»	7,6	22,5	51,6	2,16	41,36
Еремеевна	6,8	18,4	45,0	1,75	40,20
Прасковья	7,3	18,9	44,4	1,67	38,90
Ордынка	5,7	17,9	35,9	1,15	32,60
HCP <sub>05</sub>	0,8	1,3	4,4	0,30	1,82





Качественные показатели зерна Шарады и выделенных из нее при помощи колхицина макромутантных форм (2021 г.)

Генотип	Белок, % ГОСТ 10846-91	Клейковина, % ГОСТ Р 54478-2011	ИДК, ед. ГОСТ Р 54478-2011
Шарада исходная (St)	17,1	37,5	64
«Мягкая из Шарады»	13,9	38,1	83
«Линия 1/10-17»	16,4	41,2	79
Еремеевна	13,8	41,7	94
Прасковья	12,6	37,5	87
Ордынка	14,6	46,6	106
HCP <sub>05</sub>	1,2	5,8	14

Весьма примечательно, что качественные показатели зерна «Линии 1/10- 17» по сравнению с исходным мелкозерным сортом очень мало изменились. Содержание белка практически осталось на уровне сорта стандарта (Шарады исходной), но в то же время существенно увеличилось по сравнению с изучаемыми сортами шарозерной пшеницы. Кроме того, у «Линии 1/10-17» несколько, хотя и недостоверно, повысилась клейковина (41,2 % против 37,5 %) относительно исходного сортообразца Шарады и стала на уровне сорта Еремеевна (41,7 %), табл. 4.

Однако наибольшим содержанием клейковины в зерне выделилась Ордынка (46,6 %). Возможно, это связано с ее мелкозерностью ( $M_{1000} = 32,6$  г). Не исключено, что этот фактор повлиял на ее слабую клейковину, что вытекает из показаний по ИДК (106 ед.). Снижение содержания белка в зерне пшеницы отмечали у макромутантной «Мягкой из Шарады». Так, у нее 13,9 %, тогда как у Шарады исходной 17,1 % и у «Линии 1/10-17» — 16,4. Несколько большие ИДК у макромутантных форм формально «снижают» качество клейковины с I группы на II. Однако это превышение крайне незначительно и при определенных условиях возделывания вполне можно добиться первой группы качества. Следует отметить, что, наряду со снижением процентного содержания белка, у макромутантной «Мягкой из Шарады» пшеницы весьма высокая доля клейковины. По данному показателю она вполне может являться своего рода донором для имеющихся сортообразцов *Т. аеstivum*. Наверняка, это связано с ее происхождением. Кроме того, нельзя исключать, что после соответствующей проработки ее так же, как и шарозерные сорта пшеницы, включая и «Линию 1/10-17», можно использовать для выработки дефицитного глютена.

Заключение. В результате проведенного сравнительного анализа показано увеличение морфоструктурных и продукционных показателей шарозерной пшеницы «Линии 1/10-17» по сравнению с исходным сортом Шарада и другими районированными сортами. Вместе с тем отмечено, что высокие показатели качества зерна у «Линии 1/10-17» остались практически на уровне исходной мелкозерной формы и других сортов пшеницы, относящихся к *Triticum sphaerococcum* Perc.

У макромутантной пшеницы «Мягкая из Шарады» наряду со снижением содержания белка отмечено весьма высокое содержание клейковины, что делает ее так же, как и «Линию 1/10-17» привлекательной как исходный материал для практической селекции и как потенциальный объект для производства глютена. Продукционные показатели зерна макромутантной «Линии 1/10-17» в 2021 г.: число зерен в колосе — 51,6 шт., масса зерна с колоса — 2,16 г, М 1000—41,36 г; качественные показатели: содержание белка — 16,4 %; содержание клейковины — 41,2 %; ИДК — 79 ед. У сорта Шарада продукционные показатели зерна оказались гораздо меньше: число зерен в колосе — 46,2 шт.; масса зерна с колоса — 1,55 г; М 1000—35,40 г; качественные показатели: содержание белка — 17,1 %, содержание клейковины — 37,5 %; ИДК — 64 ед.

# Список литературы

- 1. Афанасьев П. Д. Наследственные формы и крупность зерна в скрещиваниях *Triticum sphaerococcum Persiv*. ×*T. aestivum L.* // Сб. науч. тр. по прикл. бот., генет. и селекц. 1985. Т. 98. С. 72–75.
- 2. Боровик А. Н. Селекция и возвращение в культуру исчезающих и редких видов пшеницы: шарозерной (*T. sphaerococcum Perc*), полбы (*T. dicoccum (Schrank.) Schubl.*), твердой (*T. durum Desf.*), шарозерной (*Triticale shaerococcum*) для деверсификации производства высококачественного зерна: автореф. дис. . . . д-ра с.-х.наук. Краснодар, 2016. 49 с.
- 3. Ворончихин В. В., Пыльнев В. В., Рубец В. С., Ворончихина И. Н. Урожайность и элементы структуры урожая коллекции озимой гексаплоидной тритикале в центральном районе Нечерноземной зоны // Известия ТСХА. 2018. № 1. С.69–81.
- 4. Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М.Краткий справочник по физиологии растений. 2-е изд., испр. и доп. Киев: Наук. думка, 1973. 590 с.
  - 5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 352 с.
- 6. Митрофанова О. П., Хакимова А. Г. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне// Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20(4). С. 545–554.
- 7. Пшеницы мира: видовой состав, достижения селекции, современные проблемы и исходный материал / под ред. В.Ф. Дорофеева. 2-е изд., перераб. и доп. Ленинград, 1987. 559 с.
  - 8. Романов Б. В. Введение в феномогеномику количественных признаков рода Triticum.Пос. Персиановский, 2010. 136 с.
- 9. Романов Б. В. Тетраплоидный уровень проявления сложных количественных признаков у некоторых гексаплоидных видов пшеницы. // Сельскохозяйственная биология. Серия«Биология растений», 2011. № 5. С. 31–39.
- 10. Романов Б. В., Пимонов К. И. Феномогеномика продукционных признаков видов пшеницы. Пос.Персиановский, 2018. 188 с.



2022

12. Vitale J., Adam B., Vitale P. Economic of wheat breeding strategies: focusing on Oklahoma hard winter wheat // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 2. P. 238.

# References

- 1. Afanasyev P. D. Hereditary forms and grain size in crosses of *TritisumsphaerococcumPersiv*. ×*T.aestivum L*. Collection of scientific tr. on prikl. bot., genet. and select. 1985;(98):72–75. (In Russ.).
- 2. Borovik A. N. Selection and return to the culture of endangered and rare species of wheat: karoserii (*T. sphaerococcumPerc*), Emmer (*T. dicoccum (Schrank.) Schubl.*), solid (*T. durum Desf.*), karoserii (*Triticale shaerococcum*) for diversifikatsii the production of high quality grain: dis. for the degree of the uch. art. of the Doctor of agricultural Sciences.Krasnodar; 2016. 49 p. (In Russ.).
- 3. Voronchikhin V. V., Pylnev V. V., Rubets V. S., Voronchikhina I.N. Yield and crop structure elements of the winter hexaploid triticale collection in the central region of the Non-Chernozem zone. *News of the TLC*.2018;(1):69–81. (In Russ.).
- 4. Grodzinsky A. M., Grodzinsky D. M. A brief guide to plant physiology. Second edition of ispr.and add. Kiev: Naukovadumka; 1973.590 p. (In Russ.).
  - 5. Dospekhov B. A. Methodology of field experience. Moscow: Kolos; 1985. 352 p. (In Russ.).
- 6. Mitrofanova O. P., Khakimova A. G. New genetic resources in wheat breeding to increase the protein content in grain. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(4):545–554. (In Russ.).
- 7. Wheat of the world: species composition, breeding achievements, modern problems and source material / edited by V. F. Dorofeev. 2nd ed., reprint.and additional. Leningrad; 1987. 559 p. (In Russ.).
- 8. Romanov B. V. Introduction to the phenomogenomics of quantitative traits of the genus Triticum. pos. Persianovsky; 2010. 136 p. (In Russ.).
- 9. Romanov B. V. Tetraploid level of manifestation of complex quantitative traits in some hexaploid wheat species. *S.- H. biology. Ser. biology of plants*. 2011;(5):31–39. (In Russ.).
- 10. Romanov B. V., Pimonov K. I. Phenomogenomics of production characteristics of wheat species. pos. Persianovsky; 2018. 188 p. (In Russ.).
- 11. Sandukhadze B. I., Mammadov R. Z., Krakhmaleva M. S., Bugrova V. V. Scientific breeding of winter soft wheat in the Non-Chernozem zone of Russia: history, methods and results. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(4):367–373. (In Russ.).
- 12. Vitale J., Adam B., Vitale P. Economic of wheat breeding strategies:focusing on Oklahoma hard winter wheat. *Agronomy*.2020;10(2):238.

Статья поступила в редакцию 16.11.2021; одобрена после рецензирования 27.11.2021; принята к публикации 28.11.2021.

The article was submitted 16.11.2021; approved after reviewing 27.11.2021; accepted for publication 28.11.2021.