

Оценка адаптивных свойств сортов озимой тритикале по урожайности в Среднем Предуралье

© 2024. Т. А. Бабайцева ✉, И. Н. Серебренникова, Э. Ф. Вафина, А. В. Мильчакова

ФГБОУ «Удмуртский государственный аграрный университет»,
Удмуртская Республика, г. Ижевск, Российская Федерация

Тритикале – универсальная культура с высоким потенциалом урожайности, но недостаточной устойчивостью к неблагоприятным условиям вегетации. Поэтому большое значение имеют сочетание высокой урожайности, адаптивности, пластичности, стабильности и стрессоустойчивости сортов. Цель исследований – оценка адаптивного потенциала сортов озимой тритикале по признаку «урожайность» в агроэкологических условиях Среднего Предуралья. Полевые исследования были проведены в Удмуртской Республике в контрастных по погодным условиям годы (2021–2023), индекс условий среды изменялся от -128 до 152. Изучали 45 сортов различного эколого-географического происхождения. Анализ адаптивного потенциала сортов проводили разными статистическими методами. В результате выделены наиболее адаптивные для агроэкологических условий Среднего Предуралья сорта. Высокой отзывчивостью на улучшение условий среды характеризовались сорта Бета, Трибун, Топаз, Линда (Россия), Маяк, Алес (Беларусь), Торчинске (Украина) ($b_i = 1,82...2,01$). Относительно высокую стрессоустойчивость проявили Гирей, Берекет, Атаман Платов (Россия), Амulet (Беларусь). Высокой компенсаторной способностью выделены сорта Бета, Зимогор, АД 1405, Топаз, Корнет (Россия). Наиболее низкую вариабельность урожайности и одновременно высокую гомеостатичность имели Берекет и Атаман Платов. При ранжировании испытываемых сортов по перечисленным показателям в десятке наиболее стабильных и пластичных выделены Зимогор, Корнет, Атаман Платов, Берекет, Немчиновский 56, Ижевская 2, Импринт, Бард (Россия), Импульс (Беларусь), Чернобривец (Украина) с суммарной ранговой оценкой от 55 до 95 баллов. Перечисленные сорта можно отнести к наиболее ценным. В агроэкологических условиях Среднего Предуралья целесообразно возделывать сорта, сочетающие высокую урожайность и адаптивность, – Зимогор, Корнет, Ижевская 2, а по интенсивной технологии – сорт Бета. В качестве исходного материала в селекции озимой тритикале на повышение урожайности и адаптивности практическую ценность имеют сорта Атаман Платов, Чернобривец, Берекет, Бард, Импульс, Немчиновский 56. Сравнение разных методик определения адаптивности сортов к конкретным условиям среды показало практическую равноценность показателей «размах урожайности», «коэффициент вариации урожайности» и «гомеостатичность».

Ключевые слова: адаптивный потенциал, пластичность, стрессоустойчивость, гомеостатичность, компенсаторная способность

Благодарности: работа частично выполнена (исследования 2021 г.) по заказу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации за счет средств федерального бюджета (регистрационный номер 121042700038-6 от 27.04.2021 г).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бабайцева Т. А., Серебренникова И. Н., Вафина Э. Ф., Мильчакова А. В. Оценка адаптивных свойств сортов озимой тритикале в Среднем Предуралье. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(4):551–560.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.551-560>

Поступила: 16.04.2024 Принята к публикации: 10.07.2024 Опубликована онлайн: 28.08.2024

Assessment of adaptive properties of winter triticale cultivars by yield in the Middle Urals

© 2024. Tatyana A. Babaytseva ✉, Irina N. Serebrennikova, Elmira F. Vafina, Anna V. Milchakova

Udmurt State Agrarian University, Udmurt Republic, Izhevsk, Russian Federation

Triticale is a versatile crop with high yield potential but insufficient resistance to unfavourable growing conditions. Therefore, the combination of high yield, adaptability, plasticity, stability and stress resistance of varieties is of great importance. The purpose of the research is to assess the adaptive potential of winter triticale cultivars according to the "yield" trait in agroecological conditions of the Middle Urals. Field studies were conducted in the Udmurt Republic in the years with contrasting weather conditions (2021–2023), the index of environmental conditions varied from -128 to 152. Forty-five cultivars of various ecological and geographical origin were studied. The analysis of the adaptive potential of the cultivars was carried out using various statistical methods. As a result, the most adaptive cultivars for the agroecological conditions of the Middle Urals were identified. The cultivars 'Beta', 'Tribune', 'Topaz', 'Linda' (Russia), 'Mayak', 'Ales' (Belarus), 'Torchinsky' (Ukraine) were characterized by high responsiveness to improving environmental conditions ($b_i = 1.82...2.01$). The cultivars 'Giray', 'Bereket', 'Ataman Platov' (Russia), 'Amulet' (Belarus) showed relatively high stress resistance. The cultivars 'Beta', 'Zimogor', AD 1405, 'Topaz',

'Kornet' (Russia) were distinguished by a high compensatory ability. The cultivars 'Bereket' and 'Ataman Platov' had the lowest yield variability and at the same time high homeostaticity. When ranking the tested cultivars according to the listed indicators, the top ten most stable and plastic cultivars were 'Zimogor', 'Kornet', 'Ataman Platov', 'Bereket', 'Nemchinovsky 56', 'Izhevskaya 2', 'Imprint', 'Bard' (Russia), 'Impulse' (Belarus), 'Chernobrivets' (Ukraine), with a total ranking score from 55 to 95 points. The listed cultivars can be classified as the most valuable. In the agroecological conditions of the Middle Urals, it is advisable to cultivate varieties that combine high yields and adaptability – 'Zimogor', 'Kornet', 'Izhevskaya 2', and according to intensive technology – 'Beta' cultivar. The cultivars 'Ataman Platov', 'Chernobrivets', 'Bereket', 'Bard', 'Impulse', 'Nemchinovsky 56' also have practical value as a source material in the breeding of winter triticale to increase productivity and adaptability. A comparison of different methods for determining the adaptability of cultivars to specific environmental conditions showed the practical equivalence of the indicators of yield range, yield variation coefficient and homeostaticity.

Keywords: adaptive potential, plasticity, stress resistance, homeostaticity, compensatory ability

Acknowledgements: the work was partially completed (research 2021) by order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation at the expense of the federal budget. (registration number 121042700038-6 dated 04/27/2021).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Babaytseva T. A., Serebrennikova I. N., Vafina E. F., Milchakova A. V. Assessment of adaptive properties of winter triticale cultivars in the Middle Urals. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(4):551–560. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.551-560>

Received: 16.04.2024

Accepted for publication: 10.07.2024

Published online: 28.08.2024

Тритикале (*Triticosecale* Witt.) – филогенетически молодая культура, созданная путем объединения геномов пшеницы и ржи, которая является высокоурожайным, малотребовательным к почвенным условиям родом растений, используемым на кормовые и пищевые цели [1, 2, 3]. Потенциальная продуктивность современных отечественных сортов превышает 12 т/га [4]. Они не только не уступают по урожайности сортам исходных видов, но часто превосходят их. В то же время культура не лишена недостатков, среди которых можно назвать высокую зависимость урожайности от условий вегетации, особенно в зимний и ранневесенний периоды [5, 6]. Среднее Предуралье относится к сложным регионам для возделывания озимой тритикале, где основным лимитирующим фактором являются условия перезимовки [7]. Поэтому для получения стабильных урожаев данной культуры большое значение имеют адаптивные свойства сортов, знание которых может значительно повысить эффективность их использования в производстве. Данные сведения можно использовать и в селекционной работе при подборе исходного материала.

Цель исследований – оценка адаптивного потенциала сортов озимой тритикале по урожайности в агроэкологических условиях Среднего Предуралья.

Научная новизна – оценена экологическая пластичность сортов озимой тритикале различного эколого-географического происхождения по урожайности разными методами, выделены

наиболее адаптивные сорта к условиям Среднего Предуралья.

Материал и методы. Исследования проведены в 2021–2023 гг. на опытном поле УНПК «Агротехнопарк» Удмуртского ГАУ. Опыт полевой однофакторный. Изучали 45 сортов различного эколого-географического происхождения в сравнении со стандартными сортами Ижевская 2 и Зимогор, которые были высеяны поочередно на каждой 10-й деланке (табл. 1). Опыт микрополевой, без повторностей. Площадь деланки 1,05 м².

Таблица 1 – Происхождение сортов озимой тритикале /
Table 1 – Origin of winter triticale cultivars

Страна / Country	Количество образцов / Number of samples
Россия / Russia	31
Беларусь / Belarus	8
Украина / Ukraine	7
Казахстан / Kazakhstan	1

Оценки и наблюдения в опыте осуществляли в соответствии с методикой ВИР¹. Метеорологические условия в годы проведения исследований представлены по данным метеостанции г. Ижевск, на основе которых рассчитан гидротермический коэффициент по Г. Т. Селянинову². Статистическая обработка результатов исследований проведена методом вариационного анализа³, расчет экологической пластичности (b_i) – по методике Эберхарта, Рассела (S. A. Eberhart, W. A. Russel) в изложении

¹Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания. Под ред. А. Ф. Мережко. С-Пб: ВИР, 1999. 82 с.

²Погода и климат. Климатический монитор. Ижевск. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28411>

³Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Ю. С. Ларионова⁴. Показатель гомеостатичности (Hom) вычислили по формуле, предложенной В. В. Хангильдиным и Н. А. Литвиненко⁵, стрессоустойчивость и компенсаторную способность – по уравнениям Россили, Хемблина (А. А. Rossielle и J. Hamblin) в изложении А. А. Гончаренко⁶. По каждому показателю применяли ранжирование и проводили оценку по сумме рангов, лучшему показателю соответствует единица.

Почва опытных участков дерново-среднеподзолистая, среднесуглинистая. Реакция среды варьировала от среднекислой до нейтральной (рН_{KCl} 4,8...6,1)⁷, содержание гумуса – от низкого до среднего (1,7...2,1 %)⁸, подвиж-

ного фосфора – от повышенного до очень высокого (128...295 мг/кг почвы), подвижного калия – от среднего до очень высокого (88...483 мг/кг почвы)⁹. По основным показателям почва соответствовала требованиям озимой тритикале.

Погодные условия в годы проведения исследований характеризовались большой изменчивостью, что отразилось на урожайности озимой тритикале. Вегетационные периоды 2020-2021 гг. и 2022-2023 гг. можно в целом охарактеризовать как засушливые, ГТК в сентябре, мае и июне был меньше единицы (рис.), в сезон 2021-2022 г. в эти месяцы, напротив, условия сложились избыточно увлажненными.

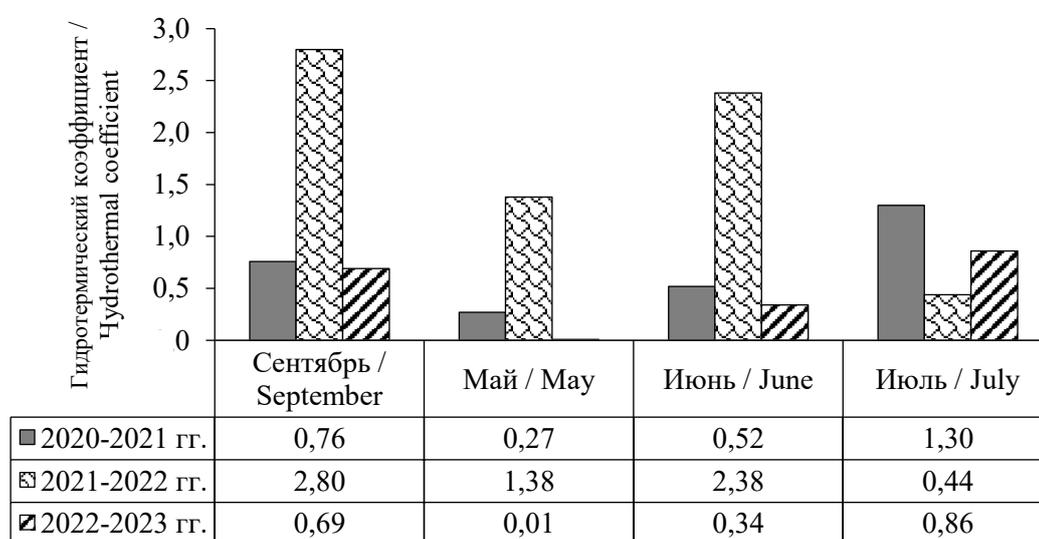


Рис. Гидротермический коэффициент в период активной вегетации озимой тритикале / Fig. Hydrothermal coefficient during the active vegetation period of winter triticale

Условия перезимовки были относительно благоприятными во все годы исследований. Снег полностью с полей сошел в 2021 и 2022 гг. соответственно 14 и 21 апреля, что соответствует климатической норме. В 2023 г. весна была очень ранней, полное таяние снега отмечено 29 марта, но в течение первой и второй декад апреля отмечены заморозки до -7 °С, что

привело к частичной гибели ослабленных после перезимовки растений тритикале.

Недостаточное увлажнение в период весенне-летней вегетации озимой тритикале в 2021 и 2023 гг. препятствовало весеннему кущению растений и формированию достаточно развитого колоса. Выпадавшие в июле осадки в виде ливневых дождей не оказали существенного влияния на состояние растений, которые

⁴Оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур: учебное пособие для студ. ВУЗов. Ю. С. Ларионов [и др.]. Курган, 1993. 34 с.

⁵Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы. Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1981;(1):8–14.

⁶Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005;(6):49–53.

⁷ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 6 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/738/4294827946.pdf>

⁸ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 8 с. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/75803/>

⁹ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 2013. 11 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/32d/4293788445.pdf>

к тому времени достигли созревания. Такие условия способствовали формированию низкой урожайности зерна тритикале. Влажная и прохладная погода первой половины вегетации 2022 г. способствовала закладке дополнительных побегов кущения и крупного колоса, а установившаяся в июле сухая и жаркая погода ускорила созревание растений. Такие условия обеспечили формирование относительно высокой урожайности зерна тритикале. Таким образом, разнообразие погодных условий в период проведения исследований в целом позволило более точно определить показатели экологической пластичности и выделить наиболее адаптивные сорта озимой тритикале.

Технология возделывания в опыте была принята в соответствии с региональными рекомендациями. Предшественник – чистый пар, на котором в течение лета проведено две обработки культиватором КПС-4. Предпосевная обработка почвы заключалась в культивации КМН-4, под которую вносили сложные минеральные удобрения NPK 16:16:16 с учетом содержания элементов питания в почве в дозе от $N_{24}P_{24}K_{24}$ до $N_{32}P_{32}K_{32}$. Посев ручной в оптимальные для региона сроки: 24 августа – 7 сентября. Норма высева – 500 всх. семян/м². Весной после начала отрастания растений тритикале проводили подкормки аммиачной селитрой в дозе N_{51} . В течение лета по мере появления сорняков осуществляли ручные прополки. Уборку по мере достижения растениями восковой спелости выполняли вручную с последующим обмолотом снопов на сноповой молотилке МПС-1М.

Результаты и их обсуждение. Урожайность – один из главных показателей, характеризующих потенциал сорта, его востребованность производством, приспособленность к условиям среды. Урожайность испытываемых сортов в годы исследований сильно варьировала. Согласно результатам дисперсионного анализа, на долю условий вегетации приходится 56 % изменчивости урожайности, на долю сорта – 19 %, на взаимодействие этих факторов – 24 %, на случайные факторы – 1 %.

За годы исследований наиболее благоприятные условия для формирования урожайности сложились в 2022 г. (индекс условий, рассчитываемый как отклонение средней по опыту урожайности в текущем году от средней урожайности за все годы проведения исследований, $I_j = 152$), средняя урожайность в опыте составила 407 г/м². В 2021 и 2023 гг. условия были неблагоприятные: индекс условий и

средняя урожайность сортов в первый год были наиболее низкими – $I_j = -128$, средняя урожайность 127 г/м², во второй – $I_j = -24$, урожайность 232 г/м².

Межсортовое варьирование средней за три года урожайности было в пределах 109–391 г/м², коэффициент вариации составил 26 % (табл. 2). Наибольшую урожайность сформировал сорт Бета (391 г/м²), на этом же уровне получена урожайность сортов Зимогор, Корнет, Торчинске, Маяк, АД 805 и АД 1405 (326–381 г/м²). Урожайность остальных сортов была ниже, чем у сорта Бета, на 70–282 г/м² при среднеквадратическом отклонении $\sigma = 66$ г/м².

Адаптивные свойства сортов характеризует коэффициент экологической пластичности (b_i), который отражает реакцию сорта на изменение условий выращивания. При $b_i > 1$ сорт обладает большей отзывчивостью на улучшение условий выращивания, его можно отнести к интенсивным. При показателе $b_i < 1$ сорт реагирует слабее на улучшение условий среды, его принято называть экстенсивным. При значении коэффициента $b_i = 1$ сорт относят к полуинтенсивным, так как изменение признака у такого сорта адекватно изменению условий выращивания [8, 9].

Изучаемые сорта по данному показателю разделили на 3 группы: интенсивные – 19 сортов; полуинтенсивные – 3 сорта (Князь, Самурай и Маркьян); экстенсивные – 25 сортов. Для современного сельскохозяйственного производства наибольший интерес представляют сорта первой группы, которые способны формировать высокие прибавки урожайности в благоприятных условиях возделывания.

Среди включенных в Госреестр по Волго-Вятскому региону сорта Ижевская 2, Зимогор, Корнет, Богуслав, Виктор и Цекад 90 слабо реагировали на улучшение условий среды, тем самым проявив низкую экологическую пластичность ($b_i = 0,45 \dots 0,89$). Их можно отнести к сортам экстенсивного типа. Сорт Бета, сформировавший наибольшую в опыте урожайность в благоприятных условиях (730 г/м²), характеризовался высокой отзывчивостью на улучшение условий среды ($b_i = 1,82$). Данный сорт больше подходит для выращивания на интенсивном фоне. К интенсивным сортам можно отнести также Трибун, Ались, Топаз, Маяк, Торчинске, Линда ($b_i = 1,84 \dots 2,01$), которые в благоприятных условиях показали урожайность 533–642 г/м² при среднесортном показателе 407 г/м².

Таблица 2 – Урожайность и экологическая пластичность (b_i) сортов озимой тритикале (среднее за 2021–2023 гг.) / Table 2 – Yield and ecological plasticity (b_i) of winter triticale cultivars (average for 2021–2023)

Сорт / Cultivar	Урожайность, г/м ² / Yield, g/m ²	b _i	Сорт / Cultivar	Урожайность, г/м ² / Yield, g/m ²	b _i
Ижевская 2*, стандарт / 'Izhevskaya 2'*, standard	255	0,83	Интерес / 'Interes'	273	0,76
Зимогор*, стандарт / 'Zimogor'*, standard	381	0,74	Князь / 'Knyas'	253	1,00
АД 1405 / AD 1405	326	1,48	Корнет* / 'Cornet'*	378	0,59
АД 805 / AD 805	326	1,49	Линда / 'Linda'	313	2,01
Алесь / 'Ales'	302	1,87	Маркян / 'Markian'	273	1,03
Амулет / 'Amulet'	109	0,38	Маяк / 'Mayak'	326	1,95
Атаман Платов / 'Ataman Platov'	283	0,41	Михась / 'Mihas'	277	1,30
Бард / 'Bard'	293	1,06	Нелли / 'Nelly'	215	0,56
Берекет / 'Bereket'	265	0,21	Немчиновский 56 / 'Nemchinovsky 56'	250	0,72
Бета* / 'Beta'*	391	1,82	Обрій Миронівський / 'Obriy Mironivskiy'	166	0,85
Богдо / 'Bogdo'	193	0,53	Прометей / 'Promethey'	305	1,33
Богуслав* / 'Boguslav'*	228	0,89	Реалист / 'Realist'	209	0,77
Борун / 'Borun'	169	0,33	Самурай / 'Samurai'	205	1,02
Брат / 'Brat'	279	1,15	Сват / 'Svat'	218	0,07
Букет / 'Buket'	264	1,55	Сирс 57 / 'Sirs 57'	298	1,69
Валентин 90 / 'Valentine 90'	273	1,46	Сколот / 'Scolot'	321	1,69
Виктор* / 'Victor'*	199	0,62	Таза / 'Tasa'	171	0,82
Гермес / 'Hermes'	229	1,10	Топаз / 'Topas'	319	1,90
Гирей / 'Giray'	140	0,19	Торчинске / 'Torchinske'	350	1,98
Дозор / 'Dosor'	148	0,03	Трибун / 'Tribun'	229	1,84
Жыцень / 'Zhyten'	251	0,78	Цекад 90* / 'Tsekad 90'	171	0,45
Завет / 'Zavet'	173	0,39	Чернобривец / 'Chernobrivets'	297	0,77
Импринт / 'Imprint'	204	0,49	Эра / 'Era'	229	1,28
Импульс / 'Impuls'	268	0,85	Среднее / Average	255	–
Среднеквадратическое отклонение (σ) / Standard deviation (σ)				66	–
Коэффициент вариации (CV, %) / Coefficient of variation (CV, %)				26	–

*Сорта, включенные в Государственный реестр селекционных достижений и допущенные к использованию по Волго-Вятскому региону / *Cultivars included in the State Register of Breeding Achievements and approved for use in the Volga-Vyatka region

Согласно уравнениям Россили и Хемблина, показатель степени устойчивости сорта к стрессовым факторам среды определяется по интервалу между минимальной и максимальной урожайностью. Чем меньше этот разрыв, тем выше стрессоустойчивость и шире диапазон приспособительных возможностей сорта [9, 10, 11]. Относительно высокую стрессоустойчивость в текущих условиях вегетации

проявили сорта Гирей (-89), Берекет (-97), Амулет (-101), Атаман Платов (-116) при значительно более высоком показателе у стандартных сортов Зимогор (-205) и Ижевская 2 (-224). Низкую стрессоустойчивость (-496...-559) проявили Бета, Трибун, Алесь, Топаз, Маяк, Торчинске, Линда, что подтверждает интенсивный тип данных сортов (табл. 3).

Таблица 3 – Стрессоустойчивость и генетическая гибкость сортов озимой тритикале (среднее за 2021–2023 гг.) / Table 3 – Stress resistance and genetic flexibility of winter triticale cultivars (average for 2021–2023)

<i>Coptm / Cultivar</i>	<i>Стрессоустойчивость</i> $U_{min} - U_{max} /$ <i>Stress resistance</i> $U_{min} - U_{max}$	<i>Генетическая гибкость</i> $(Y_{min} + Y_{max})/2 /$ <i>Genetic flexibility</i> $(U_{min} + U_{max})/2$	<i>Coptm / Cultivar</i>	<i>Стрессоустойчивость</i> $U_{min} - U_{max} /$ <i>Stress resistance</i> $U_{min} - U_{max}$	<i>Генетическая гибкость</i> $(Y_{min} + Y_{max})/2 /$ <i>Genetic flexibility</i> $(U_{min} + U_{max})/2$
Ижевская 2*, стандарт / 'Izhevskaya 2*', standard	-224	279	Интерес / 'Interes'	-259	236
Зимогор*, стандарт / 'Zimogor*', standard	-205	393	Князь / 'Knyas'	-279	267
АД 1405 / AD 1405	-395	378	Корнет* / 'Cornet'*	-175	367
АД 805 / AD 805	-416	345	Линда / 'Linda'	-551	359
Алесь / 'Ales'	-528	313	Маркян / 'Markian'	-334	303
Амулет / 'Amulet'	-101	125	Маяк / 'Mayak'	-551	338
Атаман Платов / 'Ataman Platov'	-116	283	Михась / 'Mihas'	-364	289
Бард / 'Bard'	-301	299	Нелли / 'Nelly'	-232	220
Берекет / 'Bereket'	-97	265	Немчиновский 56 / 'Nemchinovsky 56'	-189	279
Бета* / 'Beta'*	-552	454	Обрій Миронівський / 'Obriy Mironovsky'	-232	184
Богдо / 'Bogdo'	-230	173	Прометей / 'Promethey'	-366	329
Богуслав* / 'Boguslav'*	-262	215	Реалист / 'Realist'	-234	179
Борун / 'Borun'	-121	155	Самурай / 'Samurai'	-276	234
Брат / 'Brat'	-325	284	Сват / 'Svat'	-226	237
Букет / 'Buket'	-429	290	Сирс 57 / 'Sirs 57'	-470	321
Валентин 90 / 'Valentine 90'	-409	290	Сколот / 'Scolot'	-478	333
Виктор* / 'Victor'*	-183	189	Таза / 'Tasa'	-237	165
Гермес / 'Hermes'	-320	271	Топаз / 'Topas'	-514	372
Гирей / 'Giray'	-89	139	Торчинске / 'Torchinske'	-559	362
Дозор / 'Dosor'	-171	165	Трибун / 'Tribun'	-496	285
Жыцень / 'Zhyten'	-254	212	Цекад 90* / 'Tsekad 90'	-121	190
Завет / 'Zavet'	-136	155	Чернобривец / 'Chernobrivets'	-218	300
Импринт / 'Imprint'	-141	199	Эра / 'Era'	-351	256
Импульс / 'Impuls'	-232	286	-	-	-

* Сорта, включенные в Государственный реестр селекционных достижений и допущенные к использованию по Волго-Вятскому региону / *Cultivars included in the State Register of Breeding Achievements and approved for use in the Volga-Vyatka region

Генетическая гибкость, или компенсаторная способность, сорта определяется по средней урожайности в контрастных условиях выращивания. Высокое значение данного показателя характеризует устойчивость сорта к различным факторам среды. Сорт Бета с невысоким уровнем устойчивости к стрессовым условиям вместе с тем обладает высокой генетической гибкостью. Он сформировал наибольшую среди изучаемых сортов среднюю

урожайность в контрастных условиях – 454 г/м² (с варьированием по годам от 178 до 730 г/м²), что свидетельствует о его специфической адаптации. Высокую компенсаторную способность проявили также сорта Зимогор (393), АД 1405 (378), Топаз (372), Корнет (367).

Гомеостатичность (Ном) выражается в способности сорта сводить к минимуму последствия воздействия неблагоприятных факторов [9]. Это универсальное свойство в системе

генотип-средовых взаимоотношений. Критерием гомеостатичности сортов, как отмечают О. Б. Константинова и Е. П. Кондратенко [12], можно считать их способность поддерживать низкую вариабельность признаков продуктивности. Связь гомеостатичности (Hom) с коэффициентом вариации (CV, %), по мнению авторов, характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды. В наших исследованиях наиболее низкую вариабельность признака (CV = 18 и 20 %) и высокую гомеостатичность

(Hom = 14,7 и 11,9) имели сорта Берекет и Атаман Платов соответственно (табл. 4). У сорта Бета отмечена высокая изменчивость урожайности (CV = 76 %) и низкая гомеостатичность (Hom = 0,9), что говорит о нестабильности и слабой адаптивности сорта к возделыванию в сложившихся метеорологических условиях. Аналогичные результаты были получены у сортов интенсивного типа Трибун, Алесь, Топаз, Маяк, Торчинске, Букет, Линда, Сирс 57 (CV = 80...117 %; Hom = 0,4...0,8).

Таблица 4 – Гомеостатичность (Hom) и степень варьирования (CV) урожайности сортов озимой тритикале (среднее за 2021–2023 гг.) /

Table 4 – Homeostaticity (Hom) and degree of variation (CV) in the yield of winter triticale cultivars (average for 2021–2023)

<i>Copm / Cultivar</i>	<i>Hom</i>	<i>CV, %</i>	<i>Copm / Cultivar</i>	<i>Hom</i>	<i>CV, %</i>
Ижевская 2*, стандарт / 'Izhevskaya 2'*, standard	2,4	47	Интерес / 'Interes'	2,0	53
Зимогор*, стандарт / 'Zimogor'*, standard	6,7	28	Князь / 'Knyas'	1,6	56
АД 1405 / AD 1405	1,2	67	Корнет* / 'Cornet'*	9,1	24
АД 805 / AD 805	1,2	65	Линда / 'Linda'	0,6	91
Алесь / 'Ales'	0,7	88	Маркьян / 'Markian'	1,3	64
Амулет / 'Amulet'	2,0	53	Маяк / 'Mayak'	0,7	85
Атаман Платов / 'Ataman Platov'	11,9	20	Михась / 'Mihas'	1,2	66
Бард / 'Bard'	1,9	51	Нелли / 'Nelly'	1,7	54
Берекет / 'Bereket'	14,7	18	Немчиновский 56 / 'Nemchinovsky 56'	3,1	43
Бета* / 'Beta'*	0,9	76	Обрій Миронівський / 'Obriy Mironovsky'	1,0	73
Богдо / 'Bogdo'	1,3	62	Прометей / 'Promethey'	1,3	62
Богуслав* / 'Boguslav'*	1,5	58	Реалист / 'Realist'	1,5	61
Борун / 'Borun'	3,6	39	Самурай / 'Samurai'	1,0	72
Брат / 'Brat'	1,5	58	Сват / 'Svat'	1,8	54
Букет / 'Buket'	0,7	83	Сирс 57 / 'Sirs 57'	0,8	80
Валентин 90 / 'Valentine 90'	0,9	76	Сколот / 'Scolot'	0,9	75
Виктор* / 'Victor'*	2,3	47	Таза / 'Tasa'	1,0	70
Гермес / 'Hermes'	0,9	76	Топаз / 'Topas'	0,7	86
Гирей / 'Giray'	5,0	32	Торчинске / 'Torchinske'	0,8	80
Дозор / 'Dosor'	1,4	61	Трибун / 'Tribun'	0,4	117
Жыцень / 'Zhyten'	1,7	57	Цекад 90* / 'Tsekad 90'	3,5	40
Завет / 'Zavet'	2,9	44	Чернобривец / 'Chernobrivets'	3,7	37
Импринт / 'Imprint'	4,2	35	Эра / 'Era'	0,8	79
Импульс / 'Impuls'	2,6	45	-	-	-

* Сорта, включенные в Государственный реестр селекционных достижений и допущенные к использованию по Волго-Вятскому региону / * Cultivars included in the State Register of Breeding Achievements and approved for use in the Volga-Vyatka region

Таким образом, результаты оценки адаптивности сортов по урожайности, рассчитанные разными методами, существенно различаются. Имеются сорта, на высокую пластичность которых указывают только одна методика расчета или несколько. В таком случае некоторые иссле-

дователи [13, 14, 15] предлагают использовать ранжирование сортов по каждому анализируемому признаку. При этом сорта, которые по сумме рангов получили меньше баллов, авторы предлагают относить к наиболее ценным.

При ранжировании испытываемых сортов по показателям «пластичность», «стрессоустойчивость», «генетическая гибкость», «вариабельность урожайности», «гомеостатичность» суммарное количество баллов варьировало от 55 до 162. В десятку наиболее стабильных и пластичных вошли сорта Зимогор, Корнет, Атаман Платов, Чернобривец, Берекет, Импульс, Немчиновский 56, Ижевская 2, Импринт, Бард с суммарной ранговой оценкой от 55 до 95 баллов. Из остального числа сортов, допущенных к возделыванию по Волго-Вятскому региону, Цекад 90 получил 100 баллов, Виктор – 111 баллов, Бета и Богуслав – по 126 баллов (занявшие соответственно 11, 15, 25-е и 26-е место). С учетом ранга по урожайности первая десятка сортов практически не изменилась – это Зимогор, Корнет, Чернобривец, Атаман Платов, Берекет, Бард, Импульс, Ижевская 2, АД 1405, Немчиновский 56, набравшие суммарно от 57 до 117 баллов. Сорт Бета получил 127 баллов (13-е место), Цекад 90 – 141 балл (19-е место), Виктор – 149 баллов (25-е место), Богуслав – 158 баллов (32-е место).

Заключение. Анализ адаптивного потенциала сортов озимой тритикале по урожайности в контрастных погодных условиях позволил выделить наиболее приспособленные для агроэкологических условий Среднего Предуралья. Высокой отзывчивостью на улучшение условий среды характеризовались сорта Бета, Трибун, Алесь, Топаз, Маяк, Торчинске, Линда ($b_i = 1,82...2,01$). Относительно высокую стрес-

соустойчивость проявили сорта Гирей, Берекет, Амулет, Атаман Платов. Высокой компенсаторной способностью, что характеризует их устойчивость к различным факторам среды, выделились сорта Бета, Зимогор, АД 1405, Топаз, Корнет. Наиболее низкую вариабельность урожайности и одновременно высокую гомеостатичность, что характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды, имели сорта Берекет и Атаман Платов. При ранжировании испытываемых сортов по перечисленным показателям в десятку наиболее стабильных и пластичных вошли сорта Зимогор, Корнет, Атаман Платов, Чернобривец, Берекет, Импульс, Немчиновский 56, Ижевская 2, Импринт, Бард с суммарной ранговой оценкой от 55 до 95 баллов. Эти сорта можно отнести к наиболее ценным. В агроэкологических условиях Среднего Предуралья целесообразно возделывать сорта, сочетающие высокую урожайность и адаптивность, – Зимогор, Корнет, Ижевская 2, а по интенсивной технологии – сорт Бета. В качестве исходного материала в селекции озимой тритикале на повышение урожайности и адаптивности практическую ценность имеют, кроме перечисленных, сорта Атаман Платов, Чернобривец, Берекет, Бард, Импульс, Немчиновский 56. Сравнение разных методик определения адаптивности сортов к конкретным условиям среды показало практическую равноценность показателей «размах урожайности», «коэффициент вариации урожайности» и «гомеостатичность».

Список литературы

1. Крохмаль А. В., Грабовец А. И., Гординская Е. А., Барулина Н. И. Сорта озимой тритикале донской селекции в Пермском крае. Развитие современных систем земледелия и животноводства, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды: мат-лы Всеросс. науч. конф. с международ. участием, посвящ. 110-летию Пермского НИИСХ. Пермь, 05–07 июля 2023 г. Науч. редколлегия: К. Н. Корляков [и др.]. Пермь: изд-во «От и До», 2023. С. 287–293. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54399068> EDN: CSTZXJ
2. Медведев А. М., Лисеенко Е. Н., Кузьмич М. А., Кузьмич Л. А. О результатах селекции озимой тритикале в Подмоскowie. Зернобобовые и крупяные культуры. 2023;(3(47)):77–84. DOI: <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-3-77-84> EDN: BYFTQN
3. Байбеков Р. Ф., Суханбердина Л. Х., Филиппова А. В., Дезинбаев С. Е., Белопухов С. Л. Кормовая ценность и технологические свойства селекционных образцов озимого тритикале. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020;(1(57)):43–56. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-01-04> EDN: AGUXGO
4. Барулина Н. И., Крохмаль А. В., Грабовец А. И., Гординская Е. А. Источники хозяйственно ценных признаков и качества зерна для селекции озимой тритикале в условиях меняющегося климата. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023;(4(102)):44–50. DOI: <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-102-4-44-50> EDN: QJHMNF
5. Пономарев С. Н., Пономарева М. Л. Оценка сортов озимой тритикале на устойчивость к снежной плесени в Республике Татарстан. Тритикале: мат-лы международ. научн.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 07–08 июня 2022 г. Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «Юг», 2022. Вып. 10. С. 138–149. DOI: <https://doi.org/10.34924/FRARC.2022.19.39.014> EDN: WZEEKO
6. Rapacz M., Macko-Podgórn A., Jurczyk B., Kuchar L. Modeling wheat and triticale winter hardiness under current and predicted winter scenarios for Central Europe: A focus on deacclimation. Agricultural and Forest Meteorology. 2022;313:108739. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108739>

7. Бабайцева Т. А., Гамберова Т. В. Оценка исходного материала для селекции озимой тритикале в Среднем Предуралье: монография. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2018. 155 с.
8. Ворончихина И. Н., Ворончихин В. В., Рубец В. С., Пыльнев В. В., Шадский В. А., Деревягин С. С. Урожайность, пластичность и стабильность озимого тритикале в условиях Московской области. *Аграрный научный журнал*. 2020;(12):8–10. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i12pp8-10> EDN: NYTYYL
9. Филиппов Е. Г., Брагин Р. Н., Донцов Д. П. Анализ показателей адаптивности сортов и линий ярового ячменя в экологическом сортоиспытании. *Таврический вестник аграрной науки*. 2022;(4(32)):222–231. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49982577> EDN: WFQBII
10. Кривобочек В. Г. Оценка адаптивных свойств новых сортов яровой мягкой пшеницы по урожайности в лесостепных условиях среднего Поволжья. *Нива Поволжья*. 2015;(2(35)):43–47. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23859147> EDN: UCCVYZ
11. Асеева Т. А., Зенкина К. В. Адаптивность сортов яровой тритикале в агроэкологических условиях Среднего Приамурья. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019;(1):9–11. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-2627201919-11> EDN: YYIPCP
12. Константинова О. Б., Кондратенко Е. П. Урожайность и параметры адаптивности новых сортов озимой ржи в условиях лесостепной зоны Кемеровской области. *Социальная экология как основа экологизации общества: сб. мат-лов молодежи. научн. семинара, посвящ. 65-летию Кузбасского ГТУ им. Т. Ф. Горбачева*. Кемерово, 08–09 декабря 2014 г. Кемерово: Кузбасский ГТУ им. Т. Ф. Горбачева, 2014. № ст. 20. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24256485> EDN: UKUXTH
13. Тимина М. А., Количенко А. А. Урожайность сортов озимой ржи в различных агроэкологических условиях Красноярского края. *Вестник КрасГАУ*. 2021;(10(175)):26–32. DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-10-26-32> EDN: XUCUSM
14. Юсова О. А., Николаев П. Н. Эффективность применения различных методик для расчета пластичности и стабильности сортов на примере ярового ячменя. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021;(1(53)):98–104. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-1-98-104> EDN DIDYAY
15. Барковская Т. А., Гладышева О. В. Адаптивные свойства и экологическая пластичность перспективных линий яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья России. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024;25(1):35–42. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.1.35-42> EDN: AACBUR

References

1. Krokhal A. V., Grabovets A. I., Gordinskaya E. A., Barulina N. I. Varieties of winter triticale of don selection in Perm region. The development of modern farming and animal husbandry systems that ensure environmental safety: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with International participation dedicated to the 110th anniversary of the Perm Research Institute. Perm, 05-07 July 2023. Scientific editorial board: K. N. Korlyakov [et al.]. Perm: *izd-vo "Ot i Do"*, 2023. pp. 287–293. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54399068>
2. Medvedev A. M., Liseenko E. N., Kuzmich M. A., Kuzmich L. A. About the results of winter triticale breeding in the Moscow region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* = Legumes and Groat Crops. 2023;(3(47)):77–84. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-3-77-84>
3. Baybekov R. F., Sukhanberdina L. Kh., Filippova A. V., Dezinbaev S. E., Belopukhov S. L. Feed value and technological properties of selection samples of winter triticale. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* = Proceedings of Nizhnevolzhskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education. 2020;(1(57)):43–56. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-01-04>
4. Barulina N. I., Krokhal A. V., Grabovets A. I., Gordinskaya E. A. Sources of economically valuable traits and grain quality for winter triticale breeding in a changing climate. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2023;(4(102)):44–50. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-102-4-44-50>
5. Ponomarev S. N., Ponomareva M. L. Evaluation of winter triticale varieties for resistance to snow mold in the Republic of Tatarstan. *Triticale: Proceedings of the International Scientific and Practical conference, Rostov-on-Don, 07-08 June 2022*. Rostov-na-Donu: *OOO «Izdatel'stvo «Yug»*, 2022. Iss. 10. pp. 138–149. DOI: <https://doi.org/10.34924/FRARC.2022.19.39.014>
6. Rapacz M., Macko-Podgórn A., Jurczyk B., Kuchar L. Modeling wheat and triticale winter hardiness under current and predicted winter scenarios for Central Europe: A focus on deacclimation. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2022;313:108739. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108739>
7. Babaytseva T. A., Gamberova T. V. Evaluation of the source material for breeding winter triticale in the Middle Urals: monograph. Izhevsk: *Izhevskaya GSKhA*, 2018. 155 p.
8. Voronchikhina I. N., Voronchikhin V. V., Rubets V. S., Pylnev V. V., Shadskiy V. A., Derevyagin S. S. Yield, plasticity and resilience of winter triticale in the conditions of the Moscow region. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* = The Agrarian Scientific Journal. 2020;(12):8–10. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i12pp8-10>
9. Filippov E. G., Bragin R. N., Dontsov D. P. Analysis of adaptability indicators of spring barley varieties and lines in the ecological variety testing. *Tavrisheskiy vestnik agrarnoy nauki* = Taurida herald of the agrarian sciences. 2022;(4(32)):222–231. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49982577>

10. Krivobochech V. G. The assessment of adaptive properties of new spring soft wheat according to yield productivity in the conditions of forest-steppe in Middle Volga area. *Niva Povolzh'ya* = Volga Region Farmland. 2015;(2(35)):43–47. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23859147>

11. Aseeva T. A., Zenkina K. V. Adaptivity of spring triticale sorts in agroecological conditions of the Middle Priamurye. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka* = Russian Agricultural Sciences. 2019;(1):9–11. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-2627201919-11>

12. Konstantinova O. B., Kondratenko E. P. Productivity and adaptability parameters of new varieties of winter rye in the conditions of the forest-steppe zone of the Kemerovo region. Social ecology as the basis for the greening of society: collection of materials of the youth scientific seminar dedicated to the 65th anniversary of the Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev. Kemerovo, December 08-09, 2014. Kemerovo: *Kuzbasskiy GTU im. T. F. Gorbacheva*, 2014. no. 20. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24256485>

13. Timina M. A., Kolichenko A. A. Winter rye varieties yield under different agroecological Krasnoyarsk region conditions. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2021;(10(175)):26–32. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-10-26-32>

14. Yusova O. A., Nikolaev P. N. Efficiency of application of various methods for plasticity and stability calculation of varieties on the example of spring barley. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2021;(1(53)):98–104. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-1-98-104>

15. Barkovskaya T. A., Gladysheva O. V. Adaptive properties and ecological plasticity of promising lines of spring soft wheat in the conditions of the Central Non-Black Earth Regions of Russia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(1):35–42. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.1.35-42>

Сведения об авторах

✉ **Бабайцева Татьяна Андреевна**, доктор с.-х. наук, доцент, профессор кафедры растениеводства, земледелия и селекции, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет», ул. Кирова, д. 14, г. Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация, 426033, e-mail: agro@udsau.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3784-0025>, e-mail: taan62@mai.ru

Серебренникова Ирина Николаевна, аспирант, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет», ул. Кирова, д. 14, г. Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация, 426033, e-mail: agro@udsau.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5983-5860>

Вафина Эльмира Фатхулловна, доктор с.-х. наук, доцент, заведующий кафедрой растениеводства, земледелия и селекции, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет», ул. Кирова, д. 14, г. Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация, 426033, e-mail: agro@udsau.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-2886>

Мильчакова Анна Владимировна, кандидат с.-х. наук, доцент, доцент кафедры растениеводства, земледелия и селекции, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет», ул. Кирова, д. 14, г. Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация, 426033, e-mail: agro@udsau.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0865-6234>

Information about the authors

✉ **Tatyana A. Babaytseva**, DSc in Agricultural Science, associate professor, professor at the Department of Crop Production, Agriculture and Breeding, Udmurt State Agrarian University, Kirova str., 14, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426033, e-mail: agro@udsau.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3784-0025>, e-mail: taan62@mai.ru

Irina N. Serebrennikova, postgraduate, Udmurt State Agrarian University, Kirova str., 14, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426033, e-mail: agro@udsau.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5983-5860>

Elmira F. Vafina, DSc in Agricultural Science, associate professor, Head of the Department of Crop Production, Agriculture and Breeding, Udmurt State Agrarian University, Kirova str., 14, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426033, e-mail: agro@udsau.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-2886>

Anna V. Milchakova, PhD in Agricultural Science, associate professor, associate professor at the Department of Crop Production, Agriculture and Breeding, Udmurt State Agrarian University, Kirova str., 14, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426033, e-mail: agro@udsau.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0865-6234>

✉ – Для контактов / Corresponding author