

Оригинальная статья / Original article  
УДК 633.1:631.52ДВ  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-49-59

## Экологическая устойчивость тритикале к неблагоприятным факторам окружающей среды

Татьяна А. Асеева , Кристина В. Зенкина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение науки «Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук», Хабаровск, Россия

### Контактное лицо

Татьяна А. Асеева, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства; 680521 Россия, Хабаровский край, Хабаровский район, с. Восточное, ул. Клубная, д. 13.  
Тел. +79241065299  
Email [aseeva59@mail.ru](mailto:aseeva59@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8471-0891>

### Формат цитирования

Асеева Т.А., Зенкина К.В. Экологическая устойчивость тритикале к неблагоприятным факторам окружающей среды // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 1. С. 49-59. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-49-59

Получена 29 августа 2019 г.  
Прошла рецензирование 11 ноября 2019 г.  
Принята 18 декабря 2019 г.

### Резюме

**Цель.** В зоне рискованного земледелия особенно актуально выращивание сельскохозяйственных культур с высокой урожайностью и оптимальной адаптивной приспособленностью к стрессовым факторам окружающей среды. В связи с этим целью настоящей исследовательской работы является определение экологической устойчивости сортов ярового тритикале к неблагоприятным факторам Среднего Приамурья.

**Материал и методы.** В опыте использовали множество статистических и математических методов определения адаптивного потенциала сортов ярового тритикале по урожайности. В качестве объекта исследований использовали 40 сортов и селекционных линий ярового тритикале различного эколого-географического происхождения.

**Результаты.** С помощью кластерного анализа образцы тритикале ранжированы на 5 групп с различной реакцией на спектр изменений условий окружающей среды. В результате исследований установлено, что сорт Скорый (Россия) и сорт Виктория (Украина) максимально реализуют свой потенциал урожайности в сочетании со способностью нейтрализовать негативное воздействие почвенно-климатических факторов внешней среды.

**Заключение.** Установлена сортовая реакция тритикале на конкретные условия вегетации. Выделены образцы ярового тритикале с высокой экологической устойчивостью, пластичностью и стабильностью для хозяйственного использования и дальнейшей селекционной работы.

### Ключевые слова

Яровое тритикале, урожайность, экологическая устойчивость, адаптивный потенциал, кластерный анализ.

# Environmental Sustainability of Triticales to Adverse Environmental Factors

Tatiana A. Aseeva  and Kristina V. Zenkina

Khabarovsk Federal Research Centre, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia

## Principal Contact

Tatiana A. Aseeva, Dr Agric. Sciences, Chief Researcher, Far Eastern Agricultural Research Institute; 13 Klubnaya St, Vostochnoye village, Khabarovsk district, Khabarovsk territory, 680521 Russia.

Tel. +79241065299

Email [aseeva59@mail.ru](mailto:aseeva59@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8471-0891>

## How to cite this article

Aseeva T.A., Zenkina K.V. Environmental sustainability of triticales to adverse environmental factor. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 1, pp. 49-59. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-49-59

Received 29 August 2019

Revised 11 November 2019

Accepted 18 December 2019

## Abstract

**Aim.** In regions where farming is risky it is especially important to grow crops with high productivity and optimal adaptability to environmental stress factors. In this regard, the purpose of this study was to determine the environmental sustainability of spring triticale cultivars to the unfavourable environmental factors of the Middle Amur Region.

**Material and Methods.** Many statistical and mathematical methods were used to determine the adaptiveness of potential spring triticale cultivars by yield. As research material, we used 40 cultivars and breeding lines of spring triticale of various ecological and geographical origins.

**Results.** Using cluster analysis, triticale samples were ranked into 5 groups with differing responses to the spectrum of changes in environmental conditions. As a result of this research, it was established that the Skoryi (Russia) and Viktoria (Ukraine) cultivars achieve maximum yield potential as well as having an ability to neutralize the negative impact of soil and climatic factors.

**Conclusion.** The reaction of triticale cultivars to specific vegetation conditions was established. Exemplars of spring triticale with high environmental sustainability, ductility and stability for economic use and further breeding were identified.

## Key Words

Spring triticale, yield, environmental sustainability, adaptive potential, cluster analysis.

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с глобальными климатическими изменениями последних лет остро стоит вопрос повышения адаптивного потенциала сельскохозяйственных культур, как в экологическом градиенте, так и способности формировать стабильный уровень урожайности в разные по гидротермическим условиям годы [1; 2]. Внедрение тритикале в сельскохозяйственное производство невозможно без создания сортов, адаптированных к условиям возделывания [3], поэтому повышение стрессоустойчивости сортов в настоящее время является одним из важнейших направлений в селекции тритикале [4]. Поиск новых перспективных и адаптированных сортов необходим для каждого региона страны [5], однако уверенно прогнозировать их селекционную ценность можно, только когда известен их адаптивный потенциал [6]. Для определения реакции генотипов к неблагоприятным факторам окружающей среды повсеместно используют математические и статистические методы исследований [7-11]. Таким образом, в результате огромного количества селекционных программ и экологического испытания культуры тритикале в научно-исследовательских институтах, вузах страны и международного сотрудничества создан ряд современных сортов, обладающих разнообразием биологических признаков и адаптивных свойств и допущенных к использованию в основных зерносеющих регионах мира [12-15].

Урожайность является одним из наиболее важных показателей, определяющих реакцию сорта на стресс и результирующим показателем функционирования всех систем растения [16], поэтому увеличение данного признака является приоритетным направлением исследований. В связи с неустойчивым гидротермическим режимом в Среднем Приамурье наблюдается значительный недобор урожая зерновых колосовых культур, в частности пшеницы. Прогресс в зерновой отрасли региона возможен за счет использования альтернативных сельскохозяйственных культур, обладающих высокой потенциальной продуктивностью с устойчивостью к варьирующим во времени и пространстве факторам внешней среды. Ранее было установлено, что потребность в тепле и влаге в отдельные периоды роста и развития растений у пшеницы и тритикале диаметрально противоположны [17], поэтому в годы с неблагоприятными погодными условиями экономически эффективнее выращивание ярового тритикале в качестве страховой культуры. На современном этапе селекции в Государственный реестр охраняемых селекционных достижений РФ и допущенных к выращиванию в данной экологической зоне внесено 7 сортов ярового тритикале. Небольшое количество районированных сортов, а также изучение реакции генотипов тритикале на условия окружающей среды региона ведется недостаточно, что сдерживает распространение культуры в производстве. Исходя из этого, определение экологической устойчивости коллекционных образцов ярового тритикале в сравнении с яровой пшеницей к лимитированным условиям окружающей среды представляет собой актуальную и важную задачу для хозяйственного использования и дальнейшей селекционной работы. В связи с этим, *цель исследований* – определить экологическую устойчивость сортов ярового тритикале к неблагоприятным факторам Среднего Приамурья.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная часть работы выполнена в период 2015-2018 гг. Объект исследований – 40 сортов и линий ярового тритикале из различных стран мира. В качестве стандартов (st) использовали районированный сорт местной селекции яровой мягкой пшеницы Хабаровчанка и сорт ярового тритикале Укро, первым включенный в реестр селекционных достижений и рекомендованный для возделывания в Дальневосточном регионе, высевали через девять номеров. Почвенный покров опытного поля представлен лугово-бурыми оподзоленно-глеевыми тяжелосуглинистыми почвами. Предшественник в опыте – черный пар. Перед посевом в почву внесли питательные элементы из расчета  $N_{30}P_{30}K_{30} \text{ кг/га}$ . Агротехника возделывания – общепринятая для условий Среднего Приамурья и включала: вспашку поля с осени на зябь, весеннюю культивацию, боронование в два следа. Посев зерновых культур проводили сеялкой «ССФК-7М» на делянках площадью 4 м<sup>2</sup> рендомизировано с нормой высева 5,5 млн. всхожих зерен на гектар. Вследствие позднего схода снежного покрова и чрезмерного переувлажнения почвы в 2015 и 2016 гг. посев провели 18 и 21 мая соответственно. В 2017 и 2018 гг. посев провели в оптимальные сроки – третья декада апреля (21 и 25 апреля соответственно). Учет урожая коллекционных образцов ярового тритикале проводился методом поделяночного обмолота комбайном «Хеге-125» с последующим приведением к стандартной влажности.

Для оценки адаптивного потенциала и устойчивости сортов ярового тритикале в условиях Среднего Приамурья определяли экологическую характеристику каждого генотипа с помощью простых логических, математических и статистических методов. Учитываемый признак – урожайность зерна (Y). Данные представлены в виде средних арифметических значений (X). Коэффициенты вариации (V) рассчитаны согласно методике полевого дела [18]. Среднесортовая урожайность по опыту ( $X_{ij}$ ) – средняя урожайность всех исследуемых сортов за все годы испытания. Год с максимальным проявлением изучаемого признака принят за оптимальный (opt), с минимальным проявлением – лимитированный (lim). Для определения реакции генотипов ярового тритикале на условия года был рассчитан индекс условий среды ( $L_j$ ), который представляет собой отношение среднего урожая по сортам в конкретный год испытания ( $X_i$ ) к среднесортовой урожайности по опыту. Коэффициент адаптивности (CA) рассчитывали по Л.А. Животкову [19]. Разность ( $Y_{lim} - Y_{opt}$ ) отражает уровень устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания (SU), а уравнение  $(Y_{opt} + Y_{lim})/2$  показывает генетическую гибкость сортов или наличие компенсаторной способности (CS) [20]. Размах урожайности (D) определяли по В.А. Зыкину с соавторами [21]. Индексы фенотипической стабильности и экологической пластичности рассчитывали по А.Г. Крючкову [22] и А.А. Грязнову [23] соответственно. Уровень и стабильность урожайности каждого сорта устанавливали с помощью комплексного показателя PУSS, выраженного в процентах к стандартному сорту ярового тритикале Укро [24]. Мера общей адаптивной способности сортов тритикале (OAS) рассчитана по методике А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой [25]. Показатели гомеостатичности и селек-

ционной ценности образцов определяли по В.В. Хангильдину [26]. Экологическую пластичность и стабильность сортов определяли по методу, основанному на расчете коэффициентов линейной регрессии ( $b_1$ ) и среднего квадратичного отклонения от линий регрессии ( $S^2_{\text{дп}}$ ) соответственно [27]. Статистическая обработка экспериментальных данных (дисперсионный, корреляционный и кластерный анализы) проводились в системе Statistica 10.0 («StatSoft, Inc.», США). Рассчитанные коэффициенты корреляции статистически значимы при 95% уровне достоверности ( $P < 0,05$ ).

#### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность ярового тритикале зависит от генетического разнообразия и взаимодействия генотип-среда. Гидротермические условия в период проведения исследований были неоднозначными и контрастными,

что привело к статистически значимому вкладу всех факторов внешней среды в общую изменчивость урожайности сортов тритикале (табл. 1). Результаты двухфакторного дисперсионного анализа позволили установить достоверность влияния на урожайность ярового тритикале изучаемых факторов и их взаимодействия при уровне значимости 95% ( $F_{\text{ф}} > F_{\text{кр}}$ ). Максимальный вклад в формирование урожая ярового тритикале оказывал фактор «среда», объединяющий биотические и абиотические условия окружающей среды в период вегетации злаков. Действие фактора «генотип», определяющего адаптацию к факторам внешней среды, на урожайность сортов составляет 19,6%. Взаимодействие факторов «генотип-среда» также было значительным, доля его влияния на урожайность тритикале по результатам исследований – 39,1%.

**Таблица 1.** Результаты двухфакторного дисперсионного анализа урожайности сортов ярового тритикале

**Table 1.** The results of a two-way analysis of varieties of yields of varieties of spring triticale

Источник вариации Source of variation	SS	DF	MS	$F_{\text{факт.}}$ $F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{крит.}}$ $F_{\text{крит.}}$	ДВФ FC
<b>Фактор А (генотип)</b> Factor A (genotype)	2180,955	40	54,52387	1,503068	1,495202391	19,6
<b>Фактор В (среда)</b> Factor B (environment)	4588,892	3	1529,631	42,16758	2,680167578	41,3
<b>Взаимодействие А х В</b> Interaction A x B	4353,005	120	36,27504			39,1
<b>Прочие факторы</b> Other factors	0	0				0
<b>Итого</b> Total	11122,85	163				

Примечание: SS – сумма квадратов отклонений, DF – число степеней свободы, MS – дисперсия,  $F_{\text{факт.}}$  – фактическое значение отношения Фишера,  $F_{\text{крит.}}$  – критическое значение отношения Фишера, ДВФ – доля вклада фактора, процент.

Note: SS – sum of the squared deviations, DF – number of degrees of freedom, MS – dispersion,  $F_{\text{факт.}}$  – actual value of Fisher's ratio,  $F_{\text{крит.}}$  – critical value of Fisher ratio, FC – factor contribution, percent.

Сорт как генетическая система специфически реагирует на внешние факторы среды. Среднесортная урожайность изучаемого набора сортов ярового тритикале в опыте составляет 22,16 ц/га. Наиболее благоприятная ситуация для более полной реализации потенциальных возможностей генотипов ярового тритикале сложилась в 2017 году, где индекс условий среды принимал максимальное значение и большинство сортообразцов сформировали урожайность значительно выше среднесортной (табл. 2). Для остальных лет экологического

изучения был характерен отрицательный индекс среды, где фактором, лимитирующим урожайность ярового тритикале, послужило значительное количество выпавших осадков и, как следствие, переувлажнение почвы в течение всего периода вегетации. Высокий отрицательный индекс условий среды в 2016 году указывает на достаточно высокую долю влияния агрометеорологических условий Среднего Приамурья на формирование урожая ярового тритикале.

**Таблица 2.** Урожайность сортов ярового тритикале в агроценозах Среднего Приамурья

**Table 2.** Productivity of spring triticale varieties in agrocenoses of the Middle Amur Region

№ ВПР*	Сорт Variety	Происхождение Origin	Урожайность, ц/га Yield, c/ha				
			2015	2016	2017	2018	$X_i$
64108	Хабаровчанка, стандарт / Khabarovchanka, standard	Россия / Russia	20,50	29,50	15,30	23,00	22,08
3644	Укро, стандарт / Ykro, standard	Россия / Russia	26,20	14,30	26,70	21,20	22,10
3592	АС Certa / AC Certa	Канада / Canada	35,80	22,90	34,70	17,90	27,83
3630	Лана / Lana	Беларусь / Belarus	36,80	18,10	44,20	16,20	28,83
3631	Примэвара 5 / Primevara 5	Молдавия / Moldavia	21,20	12,40	28,40	19,70	20,43
3632	АС Alta / AC Alta	Канада / Canada	18,80	15,30	24,20	18,60	19,23
3633	АС Copia / AC Copia	Канада / Canada	14,80	7,80	22,10	24,90	17,40
3645	Дагво / Dagvo	Россия / Russia	25,00	11,10	29,40	24,70	22,55
3676	Скорый / Skoriy	Россия / Russia	22,00	20,90	23,90	19,20	21,50
3677	Гребешок / Grebeshok	Россия / Russia	26,20	15,80	37,50	26,50	26,50

3682	Molos 4 / Molos 4	Мексика / Mexico	19,80	10,90	26,00	10,90	16,90
3685	F7NTcl 154 / F7NTcl 154	Мексика / Mexico	13,80	20,10	27,80	19,40	20,28
3871	Жайворонок харківський / Zhaiboronok Kharkivskiy	Украина / Ukraine	9,40	11,10	34,20	21,30	19,00
3872	Хлібодар харківський / Khlিবodar Kharkivskiy	Украина / Ukraine	12,00	12,10	30,40	23,10	19,40
3873	Соловей харківський / Solobei Kharkivskiy	Украина / Ukraine	11,20	17,;0	27,70	21,40	19,43
3874	Арсенал / Arsenal	Украина / Ukraine	9,40	11,90	14,80	25,00	15,28
3875	Крупільське / Krupilske	Украина / Ukraine	15,80	13,00	28,00	15,40	18,05
3887	Ульяна / Ulyana	Беларусь / Belarus	31,40	27,50	34,30	17,30	27,63
3888	Узор / Uzor	Беларусь / Belarus	18,20	16,60	43,70	28,70	26,80
3889	Лотос / Lotos	Беларусь / Belarus	24,80	17,70	34,90	24,70	25,53
3890	Мыкола / Mikola	Украина / Ukraine	22,20	15,90	30,00	21,80	22,48
3891	Легінь харківський / Legin Kharkivskiy	Украина / Ukraine	16,80	10,30	28,40	19,90	18,85
3892	Коровай харківський / Kogovai Kharkivskiy	Украина / Ukraine	15,60	20,10	31,30	21,90	22,23
3893	Харків КАВІАС / Kharkiv KAVIAS	Украина / Ukraine	10,20	16,70	33,70	15,20	18,95
3894	ЯТХ 42 / ЯАТКН 42	Украина / Ukraine	21,20	12,90	26,40	22,20	20,68
3895	Ярило / Yarilo	Россия / Russia	25,20	17,90	29,80	19,40	23,08
3907	ЗГ 186 / ЗГ 186	Россия / Russia	22,60	16,30	35,40	22,40	24,18
3916	Память Мережко / Pamyat Merezko	Россия / Russia	24,20	17,60	34,80	18,30	23,73
3922	Викторія / Viktoria	Украина / Ukraine	30,80	24,70	28,20	25,70	27,35
3927	Садко / Sadko	Беларусь / Belarus	4,00	20,10	18,20	26,30	17,15
3933	Кармен / Karmen	Россия / Russia	18,00	19,60	28,50	14,90	20,25
3934	Норманн / Normann	Россия / Russia	13,20	14,70	16,60	20,30	16,20
3935	Ровня / Rovnya	Россия / Russia	19,20	34,10	45,20	13,90	28,10
3958	Кобзар / Kobzar	Беларусь / Belarus	24,00	17,30	37,90	13,90	23,28
3959	Лосиновське / Losinovske	Беларусь / Belarus	27,40	15,10	40,70	21,30	26,13
3960	Эгурівський / Egurivskiy	Беларусь / Belarus	27,60	16,40	32,20	21,10	24,33
3961	Оберіг харьківський / Obering Kharkovskiy	Беларусь / Belarus	29,80	17,60	32,90	10,80	22,78
3962	ЯТХ 26-07 / ЯАТКН 26-07	Беларусь / Belarus	23,60	14,20	33,60	8,30	19,93
3985	Brio / Brio	Швейцария / Switzerland	21,20	8,10	36,00	18,10	20,85
3986	Tleridal / Tleridal	Швейцария / Switzerland	14,70	14,50	35,50	25,30	22,50
3988	Sandio / Sandio	Швейцария / Switzerland	32,70	20,60	45,40	16,90	28,90
	<b>НСП<sub>05</sub></b>		<b>2,3</b>	<b>2,4</b>	<b>2,8</b>	<b>1,8</b>	
	<b>Σ X<sub>ij</sub>, ц/га</b>		<b>857,30</b>	<b>691,10</b>	<b>1268,90</b>	<b>817,00</b>	<b>908,58</b>
	<b>X<sub>ij</sub>, ц/га</b>		<b>20,91</b>	<b>16,86</b>	<b>30,95</b>	<b>19,93</b>	<b>22,16</b>
	<b>L<sub>ij</sub>, ед.</b>		<b>-1,3</b>	<b>-5,3</b>	<b>8,8</b>	<b>-2,2</b>	

Примечание: \*Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)

Note: \*N.I. Vavilova All-Russian Institute of Plant Genetic Resources

Одним из важнейших способов определения относительной изменчивости урожайности сортов используется коэффициент вариации, являющийся одним из показателей нормы реакции генотипа, характеризующий его стабильность по данному показателю. Высокие значения коэффициента вариации урожайности характерны для большинства изученных сортов и линий яро-

вого тритикале и составляют до 60% (табл. 3). Выделены сорта Скорый и Виктория с минимальными значениями изменчивости урожайности в условиях данного региона ( $V < 10\%$ ,  $D < 20\%$ ), что свидетельствует о стабильном формировании урожая данных образцов независимо от воздействий неблагоприятных факторов внешней среды.

Таблица 3. Адаптивный потенциал сортов ярового тритикале в агроценозах Среднего Приамурья

Table 3. Adaptive potential of spring triticale varieties in agroecosystems of the Middle Amur Region

Сорт Variety	Показатели* / Indicators*												
	V	D	CA	SU	CS	PI	IP	PUSS	OAS	Hom	S <sub>c</sub>	b <sub>i</sub>	S <sup>2</sup> <sub>di</sub>
Хабаровчанка, стандарт / Khabarovchanka, standard	26,72	48,14	1,10	-14,2	22,4	1,07	3,74	97,65	-0,08	5,82	11,46	-0,88	5,90
Укро, стандарт / Ukro, standard	26,07	46,44	1,00	-12,4	20,5	1,00	3,84	100,00	-0,06	6,84	11,84	0,70	5,76
АС Certa / AC Certa	31,72	50,00	<b>1,26</b>	-17,9	26,9	<b>1,27</b>	3,16	103,53	<b>5,67</b>	4,90	13,91	0,88	8,82
Лана / Lana	48,00	63,35	<b>1,30</b>	-28,0	<b>30,2</b>	<b>1,27</b>	2,08	70,59	<b>6,67</b>	2,14	11,8	<b>1,87</b>	13,84
Примэвара 5 / Primevara 5	32,12	56,34	0,92	-16,0	20,4	0,91	3,11	75,29	-1,73	3,97	8,97	<b>1,01</b>	6,56
АС Alta / AC Alta	19,17	36,78	0,87	<b>-8,9</b>	19,8	0,88	5,23	117,65	-2,93	<b>11,28</b>	12,15	0,59	3,68

АС Сорпа / AC Copia	44,18	68,67	0,79	-17,1	16,4	0,78	2,26	45,88	-4,76	2,30	5,45	0,71	7,69
Дагво / Dagvo	35,17	62,24	1,02	-18,3	20,3	1,01	2,84	75,29	0,39	3,50	8,51	<b>1,01</b>	7,93
Скорый / Skoriy	<b>9,17</b>	<b>19,67</b>	0,97	<b>-4,7</b>	21,6	1,01	<b>10,91</b>	<b>275,29</b>	-0,66	<b>49,92</b>	<b>17,27</b>	0,26	<b>1,97</b>
Гребешок / Grebeshok	33,44	57,87	1,20	-21,7	26,7	<b>1,18</b>	2,96	92,94	<b>4,34</b>	3,61	11,17	<b>1,37</b>	8,86
Молос 4 / Molos 4	43,65	58,08	0,76	-15,1	18,5	0,75	2,29	45,88	-5,26	2,56	7,09	<b>1,08</b>	7,38
F7NTcl 154 / F7NTcl 154	28,38	50,36	0,91	-14,0	20,8	0,93	3,53	83,53	-1,88	5,11	10,06	0,69	5,75
Жайворонок харківський / Zhaivoronok Kharkivskiy	60,08	72,51	0,86	-24,8	21,8	0,82	1,67	37,65	-3,16	1,28	5,22	<b>1,63</b>	11,41
Хлібодар харківський / Khlibodar Kharkivskiy	46,37	60,53	0,88	-18,4	21,2	0,86	2,16	49,41	-2,76	2,72	7,66	<b>1,22</b>	9,00
Соловей харківський / Solobei Kharkivskiy	35,68	59,57	0,88	-16,5	19,5	0,88	2,80	63,53	-2,73	3,30	7,85	0,80	6,93
Арсенал / Arsenal	44,83	62,40	0,69	-15,6	17,2	0,72	2,23	40,00	-6,88	2,18	5,74	0,01	6,85
Крупільське / Krupilske	37,38	53,57	0,81	-15,0	20,5	0,80	2,67	56,47	-4,11	3,22	8,38	<b>1,10</b>	6,75
Ульяна / Ulyana	26,88	49,56	<b>1,25</b>	<b>-7,0</b>	25,8	<b>1,28</b>	3,72	121,18	<b>5,47</b>	6,04	13,93	0,69	7,43
Узор / Uzor	46,57	62,01	1,21	-27,1	<b>30,2</b>	<b>1,18</b>	2,15	68,34	<b>4,64</b>	2,12	10,18	<b>1,87</b>	12,48
Лотос / Lotos	27,73	49,28	1,15	-17,2	26,3	<b>1,15</b>	3,61	108,24	<b>3,37</b>	5,35	12,95	<b>1,13</b>	7,08
Мыкола / Mikola	25,74	47,00	1,01	-14,1	23,0	1,02	3,89	102,35	0,32	6,20	11,91	0,92	5,78
Легінь харківський / Legin Kharkivskiy	39,89	63,73	0,85	-18,1	19,4	0,83	2,51	55,29	-3,31	2,61	6,84	<b>1,16</b>	7,52
Коровай харківський / Korovai Kharkivskiy	29,72	50,16	1,00	-15,7	23,5	1,02	3,37	88,24	0,07	4,77	11,08	0,90	6,60
Харків АВІАС / Kharkiv AVIAS	53,92	69,73	0,86	-23,5	22,0	0,83	1,85	41,18	-3,21	3,44	5,74	<b>1,44</b>	10,22
ЯТХ 42 / YaTKh 42	27,34	51,14	0,93	-13,5	19,7	0,94	3,66	89,41	-1,48	5,60	10,10	0,78	5,65
Ярило / Yarilo	23,74	39,93	1,04	-11,9	23,9	1,05	4,21	114,12	0,92	8,16	13,86	0,82	5,48
ЗГ 186 / ZG 186	33,23	53,95	1,09	-19,1	25,9	<b>1,08</b>	3,01	85,88	2,02	3,81	11,13	<b>1,31</b>	8,03
Память Мережко / Pamyat Merezkho	33,53	49,43	1,07	-17,2	26,2	<b>1,06</b>	2,98	83,53	1,57	4,12	12,0	<b>1,26</b>	7,95
Виктория / Viktoria	<b>9,98</b>	<b>19,81</b>	1,23	<b>-6,1</b>	27,8	<b>1,29</b>	<b>10,02</b>	<b>332,35</b>	<b>5,19</b>	<b>44,92</b>	<b>21,93</b>	0,18	<b>2,73</b>
Садко / Sadko	54,95	84,79	0,77	-22,3	15,2	0,82	1,82	36,47	-5,01	1,40	2,61	-0,08	9,42
Кармен / Karmen	28,82	47,72	0,91	-13,6	21,7	0,92	3,47	82,35	-1,91	5,16	10,59	0,81	5,84
Норманн / Normann	18,93	34,98	0,73	<b>-7,1</b>	16,8	0,76	5,28	101,18	-5,96	<b>12,04</b>	10,53	0,06	2,07
Ровня / Rovnya	50,71	69,25	<b>1,27</b>	-31,3	29,6	<b>1,27</b>	1,97	64,71	5,94	1,17	8,64	<b>1,44</b>	14,25
Кобзар / Kobzar	45,61	63,32	1,05	-24,0	25,9	1,00	2,19	60,00	1,12	2,13	8,54	<b>1,61</b>	10,61
Лосиновске / Losinovske	41,87	62,90	1,18	-25,6	27,9	<b>1,15</b>	2,39	72,94	<b>3,97</b>	2,44	9,69	<b>1,75</b>	10,94
Згуривський / Egurivskiy	28,67	49,07	1,10	-15,8	24,3	<b>1,10</b>	3,49	100,00	<b>2,17</b>	5,37	12,39	<b>1,02</b>	6,97
Обериг харьковский / Oberig Kharkovskiy	45,49	46,50	1,03	-15,3	21,9	1,02	2,20	58,82	0,62	3,27	7,48	<b>1,19</b>	10,36
ЯТХ 26-07 / YaTKh 26-07	55,62	75,30	0,90	-25,3	21,0	0,87	1,18	42,35	-2,23	1,42	4,92	<b>1,53</b>	11,08
Brio / Brio	55,37	77,50	0,94	-27,9	22,1	0,89	1,81	44,71	-1,31	1,35	4,69	<b>1,84</b>	11,54
Tleridal / Tleridal	44,57	59,15	1,02	-21,0	25,0	1,00	2,24	58,82	0,34	2,40	9,19	<b>1,43</b>	10,03
Sandio / Sandio	44,65	62,78	<b>1,30</b>	-28,5	<b>31,2</b>	<b>1,28</b>	2,24	76,47	<b>6,74</b>	2,71	10,76	<b>1,88</b>	12,90

Примечание: \*V – коэффициент вариации, D – размах урожайности, CA – коэффициент адаптивности, SU – стрессоустойчивость, CS – компенсаторная способность, PI – индекс экологической пластичности, IP – индекс фенотипической стабильности, PUSS – показатель уровня экологической стабильности, OAS – общая адаптационная способность, Hom – гомеостатичность, S<sub>c</sub> – селекционная ценность, b<sub>i</sub> – экологическая пластичность, S<sup>2</sup><sub>di</sub> – фенотипическая стабильность.

Note: \*V – variation coefficient, D – yield range, CA – adaptability coefficient, SU – stress resistance, CS – compensatory ability, PI – environmental plasticity index, IP – phenotypic stability index, PUSS – indicator of environmental stability level, OAS – general adaptation ability, Hom – homeostasis, S<sub>c</sub> – breeding value, b<sub>i</sub> – ecological plasticity, S<sup>2</sup><sub>di</sub> – phenotypic stability.

Сорта и линии ярового тритикале в гидротермических условиях Среднего Приамурья проявили разные адаптивные свойства. Образцы АС Сорта, Лана, Дагво, Гребешок, Ульяна, Узор, Лотос, Мыкола, Коровай харківський, Ярило, ЗГ 186, Память Мережко, Виктория, Ровня, Кобзар, Лосиновске, Згуривський, Обериг харьковский, Tleridal, Sandio, включая стандартный сорт, как тритикале, так и пшеницы, способны противостоять неблагоприятным факторам окружающей среды и максимально реализовать свой потенциал продуктивности (CA>1). Вместе с тем, у сортов Лана, АС Сорта, Ульяна, Ровня и Sandio коэффициент адаптивности выше, чем у других, следовательно, данные сорта являются высокоадаптивными. Остальные сорта ярового тритикале относятся к категории среднеадаптивных.

В регионах с жестким характером агрометеорологических условий, к которым относится Среднее Приамурье, в совокупности с потенциальной продуктивностью сортов большое значение приобретает их экологическая устойчивость. За годы исследований высокая относительная устойчивость к стрессовым факторам произрастания установлена у сортов АС Алта, Скорый, Ульяна, Виктория и Норманн (SU<-10). У данных образцов наблюдалась минимальная депрессия, следовательно, диапазон их приспособительных возможностей обширней, нежели у остальных генотипов ярового тритикале, которые в годы экологического испытания не реализовали свой потенциал урожайности и характеризовались более низкой стрессоустойчивостью.

Расчеты генетической гибкости сортов или наличие их компенсаторной способности позволили установить среднюю урожайность изучаемых сортов ярового тритикале в контрастных, как благоприятных, так и лимитированных условиях выращивания. Максимальное соответствие условиям Среднего Приамурья установлено у сортов Лана, Узор, Sandio ( $CS > 30$ ), которые обладают оптимальным соотношением между потребностями генотипов и сложившейся выраженностью факторов внешней среды.

Комплексный показатель уровня экологической стабильности сортов ярового тритикале, учитывающий одновременно величину и стабильность урожайности, варьировал в широких пределах. В данном опыте сортообразцы AC Certa, AC Alta, Ульяна, Лотос, Мыкола, Ярило, Норманн на 1-21% превышали по данному показателю соответствующий стандарт ярового тритикале. Вместе с этим установлена хозяйственная ценность сортов Скорый и Виктория вследствие положительного отклика на благоприятные условия выращивания, и способности поддерживать достаточно высокий уровень продуктивности в стрессовых условиях.

Показатели индекса пластичности указывают на преимущество сортов AC Certa, Лана, Гребешок, Ульяна, Узор, Лотос, ЗГ 186, Память Мережко, Виктория, Ровня, Лосиновске, Згуривский, Sandio ( $PI > 1$ ) вследствие высокой экологической устойчивости при ухудшении агрометеорологических факторов и существенный рост при улучшении, т.е. формирование их урожайности происходит с большей адекватностью к меняющимся климатическим условиям произрастания, чем у других сортов. Высокое значение индекса стабильности сортообразцов Скорый и Виктория ( $IP > 10$ ) подтверждает, что данные генотипы ярового тритикале сохраняют относительное постоянство анализируемого признака и наиболее приспособлены к условиям окружающей среды.

Проявление общей адаптивной способности генотипов ярового тритикале, характеризующей среднее значение урожайности в различных условиях выращивания, разнообразно в специфической среде Среднего Приамурья. Наибольшим эффектом адаптивности обладают сорта AC Certa, Лана, Гребешок, Ульяна, Узор, Лотос, Виктория, Ровня, Лосиновске, Згуривский, Sandio, способные формировать высокую потенциальную урожайность в условиях региона. При этом сочетание высокого значения данного параметра с низкой вариабельностью урожайности указывает, что сорт Виктория отличается наибольшей реализацией своего потенциала урожайности и сохраняет свойственную им относительную стабильность во все годы.

Наряду с общей адаптацией рассчитан показатель гомеостатичности, который является универсальным свойством саморегуляции живого в системе взаимоотношения организма с окружающей средой. По данным исследований, практически все коллекционные образцы ярового тритикале обладают невысокой степенью гомеостатичности в агроценозах Среднего Приамурья. Сорта AC Alta, Скорый, Виктория и Норманн способны сводить к минимуму последствия неблагоприятных факторов окружающей среды. Высокий уровень гомеостаза сортов Скорый и Виктория в сочетании со стабильным формированием урожайности обусловлен высокой экологической устойчивостью данных

генотипов к широкому диапазону неблагоприятных факторов. Их высокая селекционная ценность, основанная на соотношении урожайности в благоприятных и лимитирующих условиях, наряду с гомеостатичностью, указывает на оптимальную систему адаптивных реакций данных образцов, обеспечивающих стабилизацию определенного потенциала урожайности в широких границах условий среды. Эти сорта характеризуются буферностью, то есть обладают тенденцией к сохранению относительной динамической сбалансированности и восстановлению ее с помощью собственных регуляторных механизмов в случае нарушения.

Важным этапом в алгоритме подсчета адаптивных свойств сортов зерновых колосовых культур является оценка их по экологической пластичности и стабильности. Установлено, что для каждого сорта ярового тритикале характерна определенная реакция на условия окружающей среды. К экологически пластичным сортам, с коэффициентом регрессии равным и близким единице, в условиях Среднего Приамурья отнесены сорта Лана, Примэвара 5, Дагво, Гребешок, Moloc 4, Жайворонок харківський, Хлібодар харківський, Крупільське, Узор, Лотос, Легінь харківський, Харків АВІАС, ЗГ 186, Память Мережко, Ровня, Кобзар, Лосиновске, Згуривский, Обериг харьковский, ЯТХ 26-07, Brio, Tleridal, Sandio – изменение их урожайности полностью соответствует изменению условий внешней среды. Остальные генотипы тритикале характеризуются более низкой экологической пластичностью ( $b_i < 1$ ) и при отклонении агроэкологических условий вегетационного периода от оптимальных показателей у образцов ярового тритикале резко снижается урожайность. Установлено, что стандартный сорт яровой мягкой пшеницы Хабаровчанка отличается противоположной реакцией на крайне неблагоприятные условия выращивания ( $b_i = -0,88$ ).

Исходя из вышесказанного, разнообразные подходы в анализе адаптивного потенциала и экологической пластичности дают всестороннюю оценку изучаемым сортам ярового тритикале и в то же время затрудняют восприятие получаемой информации. Поэтому практический интерес представляет оценка взаимосвязей параметров адаптивности между собой и с урожайностью (табл. 4). Сопряженность коэффициента вариации ( $V$ ) с размахом урожайности ( $D$ ) высокая, при этом оба показателя умеренно связаны с другими свойствами адаптивного потенциала ярового тритикале. Урожайность сортов интенсивно коррелирует с коэффициентом адаптивности ( $CA$ ), компенсаторной способностью ( $KS$ ), индексом пластичности ( $IP$ ) и общей адаптационной способностью ( $OAS$ ), которые взаимосвязаны между собой и в совокупности дополняют друг друга, что позволяет сделать вывод об универсальности и целесообразности применения данных показателей в изучении адаптивного потенциала. Установлено, что чем выше стрессоустойчивость сортов ( $SU$ ) в условиях Среднего Приамурья, тем стабильнее формирование урожайности ( $S^2_{adj}$ ). Сорта ярового тритикале, имеющие высокий индекс стабильности ( $PI$ ) в сочетании с комплексным показателем уровня стабильности ( $PUSS$ ), характеризуются как наиболее гомеостатичные и адаптированные к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям региона.

**Таблица 4.** Корреляционная матрица взаимосвязей параметров адаптивности между собой и с урожайностью ярового тритикале**Table 4.** Correlation matrix of interrelationships of adaptability parameters and with spring triticale productivity

	X	V	D	CA	SU	KS	PI	IP	PUSS	OAS	Hom	S <sub>c</sub>	b <sub>i</sub>	S <sup>2</sup> <sub>di</sub>
X	1,000	-	-	1,000	-	0,934	0,987	0,101	0,335	1,000	0,107	0,577	0,386	0,426
V		1,000	0,155	-	-	0,010	-	-	-	-	-	-	0,562	0,792
D			1,000	0,126	0,842	-	0,234	0,828	0,778	0,131	0,668	0,829	0,461	0,681
CA				1,000	0,152	0,835	0,079	0,246	0,821	0,155	0,752	0,859	0,386	0,429
SU					1,000	-	-	0,740	0,603	-	0,616	0,522	-	-
KS						1,000	0,237	0,010	0,233	0,934	0,045	0,488	0,536	0,539
PI							1,000	0,199	0,425	0,987	0,190	0,652	0,235	0,326
IP								1,000	0,958	0,101	0,967	0,791	-	-
PUSS									1,000	0,335	0,944	0,879	-	-
OAS										1,000	0,106	0,577	0,384	0,469
Hom											1,000	0,710	0,385	0,426
S <sub>c</sub>												1,000	0,406	0,459
b <sub>i</sub>													1,000	0,721
S <sup>2</sup> <sub>di</sub>														1,000

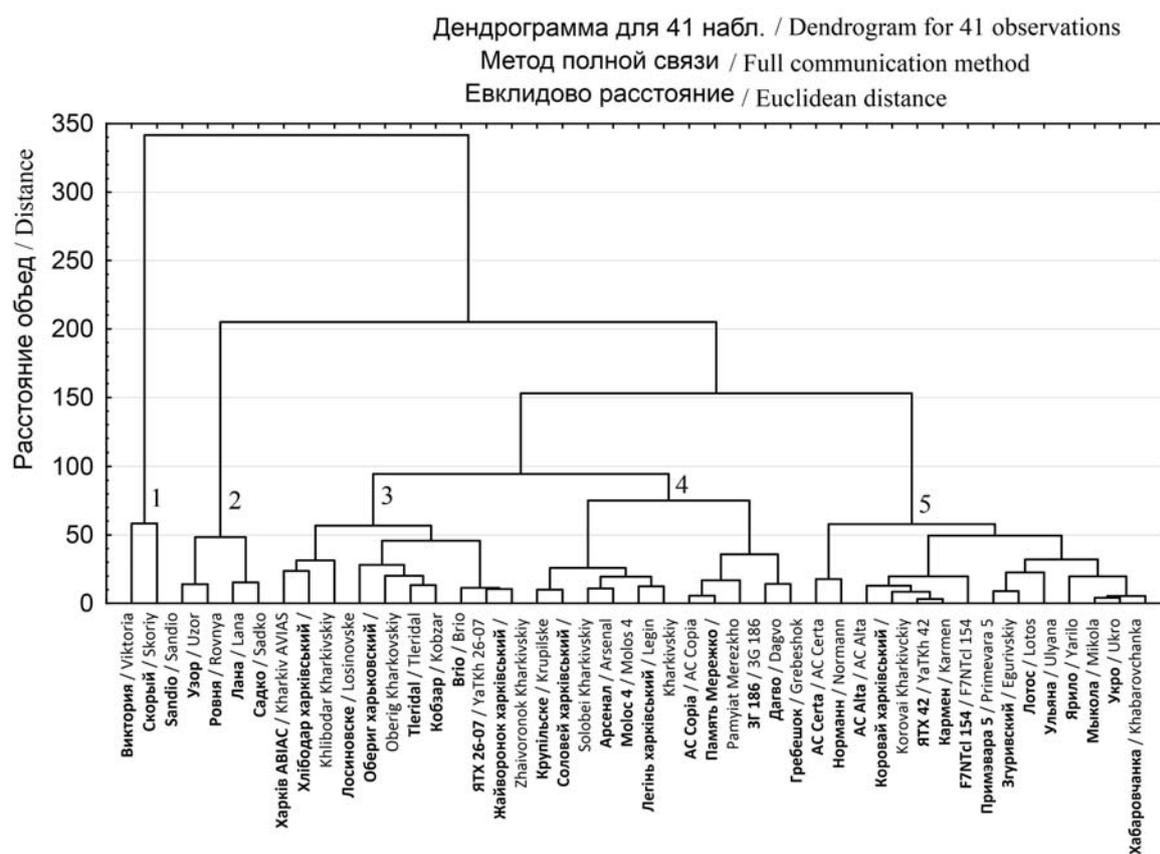
Примечание: \*V – коэффициент вариации, D – размах урожайности, CA – коэффициент адаптивности, SU – стрессоустойчивость, CS – компенсаторная способность, PI – индекс экологической пластичности, IP – индекс фенотипической стабильности, PUSS – показатель уровня экологической стабильности, OAS – общая адаптационная способность, Hom – гомеостатичность, S<sub>c</sub> – селекционная ценность, b<sub>i</sub> – экологическая пластичность, S<sup>2</sup><sub>di</sub> – фенотипическая стабильность.

Note: \*V – variation coefficient, D – yield range, CA – adaptability coefficient, SU – stress resistance, CS – compensatory ability, PI – environmental plasticity index, IP – phenotypic stability index, PUSS – indicator of environmental stability level, OAS – general adaptation ability, Hom – homeostasis, S<sub>c</sub> – breeding value, b<sub>i</sub> – ecological plasticity, S<sup>2</sup><sub>di</sub> – phenotypic stability.

Для определения адаптивного потенциала генотипов важен комплексный подход. Группировка образцов ярового тритикале с помощью методов многомерного статистического анализа позволяет провести сравнительную оценку по комплексу адаптивных свойств сортов и выделить оптимальные группы для дальнейшего использования сортов, как в селекционной работе, так и в производстве. По результатам кластерного анализа все изучаемые сорта были разбиты на группы, внутри которых объекты несут идентичную информацию, что отображено на дендрограмме (древовидная диаграмма), которая наглядно демонстрирует адаптивный потенциал сортов тритикале (рис. 1). Сходство или различия между сортами устанавливаются в зависимости от метрического расстояния между ними (евклидово расстояние). Разнородный состав кластеров объясняется различной реакцией сортообразцов на погодные условия в годы исследований. Минимальное количество образцов объединено в I кластер (сорта Скорый, Виктория) – наибольшее сходство в данной группе обусловлено стабильным формированием урожайности и высокой приспособленностью данных образцов к различным условиям среды. Образцы II кластера (Sandio, Узор, Ровня, Лана) отличаются высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания, максимальная урожайность данного кластера составляет – 44,63 ц/га, однако в условиях стресса эти сорта существенно снижают урожайность – 18,93 ц/га.

Вторая группа сортов ярового тритикале (III, IV, V кластеры) в целом уступает первой по урожайности.

Сортообразцы Садко, Харків ABIAC, Хлібодар харківський, Лосиновске, Обериг харьковский, Tleridal, Кобзар, Brjo, ЯТХ 26-07, Жайворонок харківський относятся к группе полунтенсивных сортов (III кластер), их превосходство наблюдается только в оптимальных условиях, но в лимитированных условиях уровень их экологической устойчивости значительно снижается. Сорта IV кластера – Крупільске, Соловей харківський, Арсенал, Молос 4, Легінь харківський, АС Сорпа, Память Мережка, ЗГ 186, Дагво, Гребешок, АС Certa относятся к нейтральному типу со средней экологической устойчивостью. В условиях интенсивного земледелия данные образцы не могут достигать высоких результатов, но в неблагоприятные годы у них менее снижается урожайность в сравнении с сортами интенсивного типа. Сорта V кластера – Норманн, АС Alta, Коровай харківський, ЯТХ 42, Кармен, F7NVTcl 154, Примэвара 5, Згурировский, Лотос, Ульяна, Ярило, Мыкола, стандартный сорт тритикале Укро и стандартный сорт пшеницы Хабаровчанка слабо реагируют на изменения условий среды, чем в среднем весь набор изученных образцов. Данные сорта адаптированы к средним и худшим средам и характеризуются как экстенсивные в условиях данной экологической зоны. Исходя из этого, кластерный анализ по различным показателям реакции сортов ярового тритикале на условия окружающей среды позволил оптимизировать количество изучаемых параметров и исключить дополняющие друг друга адаптивные свойства образцов.



**Рисунок 1.** Кластеризация сортов ярового тритикале по экологической устойчивости  
**Figure 1.** Clustering of spring triticale varieties by environmental sustainability

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статистические и математические показатели характеризуют исследуемые генотипы ярового тритикале разнообразно и большинство из них оценивают преимущественно фенотипическую стабильность и экологическую пластичность сортов. Кластерный анализ позволил визуально проанализировать экологическую устойчивость сортов ярового тритикале к условиям Среднего Приамурья и сгруппировать сходные образцы по комплексу адаптивных свойств. В результате исследований выделено 5 групп сортов ярового тритикале. Сорта Скорый и Виктория отличаются оптимальным сочетанием урожайности и стабильности в условиях региона. Образцы высокоинтенсивного типа Sandio, Узор, Ровня, Лана отзывчивы на улучшение условий возделывания, но при влиянии стрессовых факторов они значительно снижают урожайность зерна. Остальные образцы классифицированы в агроценозах Среднего Приамурья как полунтенсивные, нейтральные и экстенсивные сорта.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Macholdt J., Honermeier B. Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production // *Agronomy*. 2016. V. 6. Iss. 3. P. 40. DOI: 10.3390/agronomy 6030040
2. Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский

журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. N 1. С. 110-118. DOI: 10.18699/VJ19.469

3. Манукян И.Р., Басиева М.А. Использование селекционных индексов для оценки адаптивного потенциала коллекционных образцов озимой тритикале к условиям предгорной зоны центрального Кавказа // *Горное сельское хозяйство*. 2018. N 2. С. 33-36. DOI: 10.25691/GSH.2018.2.007
4. Рябчун В.К., Мельник В.С., Капустина Т.Б., Щеченко О.Е. Урожайність тритикале ярого та її стабільність залежно від генотипу та умов середовища // *Plant varieties studying and protection*. 2016. N 1. С. 37-44.
5. Курылева А.Г. Пластичность, стабильность и адаптивность сортов яровой пшеницы в условиях Удмуртской республики // *Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки»*. 2015. N 3. С. 28-32.
6. Давыдова Н.В., Казаченко А.О. Особенности подбора исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013. N 5. С. 5-9.
7. Shchipak G.V., Tsupko Yu.V., Petrova A.P., Shchipak V.G. Productivity, adaptability and grain quality of modern Ukrainian winter triticale cultivars // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2012. V. 16. N 2. P. 464-470.
8. Banjac B., Mladenov V., Dimitrijević M., Petrović S., Voćanski J. Genotype x environment interaction and phenotypic stability for wheat grown in stressful conditions //

- Genetica. 2014. V. 46. Iss. 3. P. 799-806. DOI: 10.2298/GENSR1403799B
9. Kaya Y., Özer E. Parametric stability analyses of multi-environment yield trials in triticale (*x Triticosecale wittmack*) // Genetica. 2014. V. 46. Iss. 3. P. 705-718. DOI: 10.2298/GENSR1403705K
10. Arseniuk E. Triticale abiotic stresses – an overview. In: Eudes F. (eds) *Triticale*. Springer, Cham. 2015. P. 69-81. DOI: 10.1007/978-3-319-22551-7\_4
11. Taner A., Öztekin Y.B., Tekgüler A., Sauk H., Duran H. Classification of varieties of grain species by artificial neural networks // *Agronomy*. 2018. V. 8. Iss. 7. P. 123. DOI: 10.3390/agronomy8070123
12. Горбунов В.Н., Шевченко В.Е. Селекционные достижения по тритикале в научных центрах России и ближайшего зарубежья // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. Т. 29. N 4. С. 24-27.
13. Скатова С.Е., Васильев В.В., Тысленко А.М., Зуев Д.В. Новые кормовые сорта ярового тритикале для адаптивного земледелия России // *Владимирский земледельец*. 2016. N 2. С. 18-20.
14. Швидченко В.К., Тысленко А.М., Савин Т.В., Зуев Д.В. Создание селекционного материала ярового тритикале в кооперации ученых России и Казахстана // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017. N 7-2. С. 67-69. DOI: 10.23670/IRJ.2017.61.032
15. Ковтуненко В.Я. Панченко В.В., Калмыш А.П. Совместные сорта как результат экологического сортоиспытания // *Материалы международной конференции «Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки»*, Ростов-на-Дону, 7 июня, 2018. С. 72-79.
16. Рыбась И.А. Марченко Д.М., Некрасов Е.И., Иванисов М.М., Гричаникова Т.А., Романюкина И.В. Оценка параметров адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы // *Зерновое хозяйство России*. 2018. N 4. С. 51-54. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-51-54
17. Асеева Т.А., Зенкина К.В. Влияние агроэкологических факторов на реализацию продуктивных качеств тритикале в условиях Среднего Приамурья // *Вестник ДВО РАН*. 2018. N 3. С. 16-22.
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
19. Животков Л.А. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «Урожайность» // *Селекция и семеноводство*. 1994. N 2. С. 3-7.
20. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2005. N 6. С. 49-53.
21. Зыкин В.А., Мешков В.В., Сапега В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Москва, 1984. 24 с.
22. Крючков А.Г. Основные принципы и методология агроэкологического районирования зерновых культур в степи Южного Урала. М., 2006. 704 с.
23. Грязнов А.А. Селекция ячменя в Северном Казахстане // *Селекция и семеноводство*. 2000. N 4. С. 2-8.
24. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // *Вестник сельскохозяйственной науки*. 1985. N 1. С. 66-73.
25. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. Минск, 1997. 372 с.
26. Хангильдин В.В. Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой // *Научно-технический бюллетень ВСГИ*. 1981. N 1. С. 8-14.
27. Eberhart S.A. Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // *Crop Science*. 1966. V. 6. N 1. P. 36-40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x

## REFERENCES

- Macholdt J., Honermeier B. Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. *Agronomy*, 2016, vol. 6, iss. 3, 40 p. DOI: 10.3390/agronomy6030040
- Gudzenko V.N. Statistical and graphical (GGE biplot) evaluation of the adaptive ability and stability of winter barley breeding lines. *Vavilov journal of genetics and breeding*, 2019, vol. 23, no. 1, pp. 110-118. (In Russian) DOI: 10.18699/VJ19.469
- Manukyan I.R., Basieva M.A. The use of selection indices for evaluating the adaptive capacity of collection samples of winter triticale to the conditions of a foothill zone of the Central Caucasus. *Mining Agriculture*, 2018, no. 2, pp. 33-36. (In Russian) DOI: 10.25691/GSH.2018.2.007
- Ryabchun V.K., Melnyk V.S., Kapustina T.B., Shchechenko O.Ye. Spring triticale yield and its stability depending on the genotype and environmental conditions. *Plant Varieties Reserach and Protection*. 2016, no. 1, pp. 37-44. (In Ukrainian)
- Kuryleva A.G. Plasticity, stability and adaptability of cultivars of spring wheat cultivated in the conditions of the Udmurt Republic. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta, Seriya «Sel'skokhozyaistvennye nauki. Ekonomicheskie nauki» [Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"]*. 2015, no. 3, pp. 28-32. (In Russian)
- Davydova N.V., Kazachenko A.O. Features of starting material selection for spring soft wheat selective breeding in the Central Nechernozemie (Nonblack soil zone). *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Altai State Agricultural University]*. 2013, no. 5, pp. 5-9. (In Russian)
- Shchipak G.V., Tsupko Yu.V., Petrova A.P., Shchipak V.G. Productivity, adaptability and grain quality of modern Ukrainian winter triticale cultivars. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2012, vol. 16, no. 2, pp. 464-470.
- Banjac B., Mladenov V., Dimitrijević M., Petrović S., Bočanski J. Genotype x environment interaction and phenotypic stability for wheat grown in stressful conditions. *Genetica*, 2014, vol. 46, iss. 3, pp. 799-806. DOI: 10.2298/GENSR1403799B
- Kaya Y., Özer E. Parametric stability analyses of multi-environment yield trials in triticale (*x Triticosecale wittmack*). *Genetica*, 2014, vol. 46, iss. 3, pp. 705-718. DOI: 10.2298/GENSR1403705K
- Arseniuk E. Triticale abiotic stresses – an overview. In: Eudes F. (eds) *Triticale*. Springer, Cham, 2015, pp. 69-81. DOI: 10.1007/978-3-319-22551-7\_4
- Taner A., Öztekin Y.B., Tekgüler A., Sauk H., Duran H. Classification of varieties of grain species by artificial neural networks. *Agronomy*, 2018, vol. 8, iss. 7, 123 p. DOI: 10.3390/agronomy8070123
- Gorbunov V.N., Shevchenko V.E. Breeding achievement in triticale in scientific centers of Russia and near abroad countries. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of AICis]*. 2015, vol. 29, no.4, pp. 24-27. (In Russian)

13. Skatova S.E., Vasiliev V.V., Tyslenko A.M., Zuev D.V. New feeding varieties of spring triticale for adaptive agriculture in Russia. *Vladimirskii zemledelets [Vladimir agronomist]*. 2016, no. 2, pp. 18-20. (In Russian)
14. Shvidchenko V.K., Tyslenko A.M., Savin T.V., Zuev D.V. Creation of the selection material of spring triticale in the cooperation of the scientists of Russia and Kazakhstan. *International Research Journal*, 2017, no. 7-2, pp. 67-69. (In Russian) DOI: 10.23670/IRJ.2017.61.032
15. Kovtunenkov V.Ya., Panchenko V.V., Kalmysh A.P. Sovmestnye sorta kak rezul'tat ekologicheskogo sortoispytaniya [Joint varieties as a result of ecological variety testing]. *Materialy mezhdunarodnoi konferentsii «Tritikale i stabilizatsiya proizvodstva zerna, kormov i produktov ikh pererabotki»*, Rostov-na-Donu, 7 iyunya 2018 [Materials of international conference "Triticale and stabilization of the production of grain, feed and products of their processing", Rostov-on-Don, 7 June 2018]. Rostov-on-Don, 2018, pp.72-79. (In Russian)
16. Rybas I.A., Marchenko D.M., Nekrasov E.I., Ivanisov M.M., Grichanikova T.A., Romanyukina I.V. Assessment of parameters of winter soft wheat adaptability. *Grain Economy of Russia*, 2018, no. 4, pp. 51-54. (In Russian) DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-51-54
17. Aseeva T.A., Zenkina K.V. Influence of climatic conditions on triticale productivity of the Middle Priamurye Region. *Vestnik DVO RAN [Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences]*. 2018, no. 3, pp. 16-22. (In Russian)
18. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki issledovaniy)* [Methodology of field experiment (with the fundamentals of statistical processing of research)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 351 p. (In Russian)
19. Zhivotkov L.A. Methodology for identifying potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of "Productivity". *Selektsiya i semenovodstvo [Breeding and Seed Production]*. 1994, no. 2, pp. 3-7. (In Russian)
20. Goncharenko A.A. On adaptivity and ecological resistance of grain crop varieties. *Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences]*. 2005, no. 6, pp. 49-53. (In Russian)
21. Zykin V.A., Meshkov V.V., Sapega V.A. *Parametry ekologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii, ikh raschet i analiz: metodicheskie rekomendatsii* [Parameters of Ecological Plasticity of Agricultural Plants, their Calculation and Analysis: Guidelines]. Moscow, 1984, 24 p. (In Russian)
22. Kryuchkov A.G. *Osnovnye printsipy i metodologiya agroekologicheskogo raionirovaniya zernovykh kul'tur v stepi Yuzhnogo Urala* [Basic principles and methodology of agroecological zoning of grain crops in the steppes of the Southern Urals]. Moscow, 2006, 704 p. (In Russian)
23. Gryaznov A.A. Barley selection in Northern Kazakhstan. *Selektsiya i semenovodstvo [Selection and Seed Production]*. 2000, no. 4, pp. 2-8. (In Russian)
24. Nettevich E.D., Morgunov A.I., Maksimenko M.I. Improving the efficiency of spring wheat selection for stability, yield and grain quality. *Vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki [Bulletin of Agricultural Science]*. 1985, no. 1, pp. 66-73. (In Russian)
25. Kilchevsky A.V. Khotyleva L.V. *Ekologicheskaya selektsiya rastenii* [Ecological Plant Breeding]. Minsk, 1997, 372 p. (In Russian)
26. Hangildin V.V., Litvinenko N.A. Homeostaticity and adaptability of winter varieties. *Nauchno-tehnicheskii byulleten' VSGI [Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian State Institute of Law]*. 1981, no. 1, pp. 8-14. (In Russian)
27. Eberhart S.A. Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 1966, vol. 6, no. 1, pp. 36-40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Татьяна А. Асеева участвовала в корректировке рукописи до подачи в редакцию. Кристина В. Зенкина провела полевые опыты, статистически обработала результаты и проанализировала данные. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Tatiana A. Aseeva participated in the corrected it prior to submission to the editor. Kristina V. Zenkina conducted field experiments, statistically processed the results, analyzed the data. All authors participated equally in writing the manuscript and are responsible for plagiarism and self-plagiarism.

#### NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

#### ORCID

Татьяна А. Асеева / Tatiana A. Aseeva <https://orcid.org/0000-0001-8471-0891>

Кристина В. Зенкина / Kristina V. Zenkina <https://orcid.org/0000-0002-5774-3580>