

Влияние изменения технологических качеств зерна на стрессоустойчивость и компенсаторную способность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Амурской области

Н. М. Терехин[✉], Л. Н. Мищенко, М. В. Терехин, Н. А. Карпова

Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

[✉]E-mail: rohan.1994@mail.ru

Аннотация. Для получения стабильных и устойчивых урожаев необходимо создавать и внедрять в производство сорта, обладающие высоким потенциалом хозяйственно ценных признаков, приспособленных к местным условиям возделывания. Оценка параметров количественной изменчивости и корреляционно-регрессионной зависимости урожайности и показателей качества зерна пшеницы мягкой яровой является актуальной задачей для растениеводческой науки. **Целью** исследований являлось изучение зависимости компенсаторной способности и стрессоустойчивости от величины технологических параметров – их минимальных, максимальных и средних значений. **Методы.** Для изучения корреляционных связей были взяты 32 новых сорта яровой мягкой пшеницы из питомника конкурсного сортоиспытания за три года – 2021, 2022, 2023. Посев производился сеялкой СКС-9а в оптимальные сроки по чистому пару, уборка – комбайном «Сампо» в период полной спелости. Лабораторная технологическая оценка сортообразцов осуществлялась по методикам ГОСТ 33996-2016. **Научная новизна.** Представлены результаты исследования компенсаторной способности и стрессоустойчивости сортов, выращенных в условиях Амурской области, которые зависят от величины технологических параметров – их минимальных, максимальных и средних значений. Установлено влияние повышения основных технологических и биохимических качеств новых сортов мягкой яровой пшеницы в процессе селекции. **Результаты.** Для повышения стрессоустойчивости сортов необходимо обратить внимание на оптимизацию их технологических качеств, таких как стекловидность, натура, масса 1000 зерен и содержание клейковины в зерне. Увеличение значений этих параметров может способствовать увеличению компенсаторной способности сортов и в итоге повышению их стрессоустойчивости. Рост числа падения (активности альфа-амилазы) также имеет влияние на стрессоустойчивость сортов. Поэтому необходимо тщательно балансировать все эти факторы при разработке и улучшении сортов, для того чтобы достичь оптимальной стрессоустойчивости.

Ключевые слова: сорт, масса 1000 зерен, натура, стекловидность, клейковина, альфа-амилаза, число падения, селекция, гибриды, районирование, компенсаторная способность

Для цитирования: Терехин Н. М., Мищенко Л. Н., Терехин М. В., Карпова Н. А. Влияние изменения технологических качеств зерна на стрессоустойчивость и компенсаторную способность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Амурской области // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 01. С. 31–39. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-01-31-39>.

Дата поступления статьи: 29.05.2024, **дата рецензирования:** 13.10.2024, **дата принятия:** 01.11.2024.

The impact of changes in the technological qualities of grain on the stress resistance and compensatory ability of spring soft wheat varieties in the conditions of the Amur region

N. M. Terekhin✉, L. N. Mishchenko, M. V. Terekhin, N. A. Karpova

Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

✉E-mail: rohan.1994@mail.ru

Abstract. In order to obtain stable and sustainable yields, it is necessary to create and introduce into production varieties with high potential of economically valuable traits adapted to local cultivation conditions. Evaluation of the parameters of quantitative variability and correlation-regression dependence of yield and grain quality indicators of soft spring wheat is an urgent task for crop science. **The purpose** of the research was to study the dependence of compensatory ability and stress resistance on the magnitude of technological parameters – their minimum, maximum and average values. **Methods.** To study the correlation relationships, 32 new varieties of spring soft wheat were taken from the nursery of competitive variety testing for three years: 2021, 2022, 2023. Sowing was carried out with the SKS-9a seeder at the optimal time on clean fallow, harvesting was carried out with the “Sampo” combine during the period of full maturity. Laboratory technological assessment of varietal samples was carried out according to GOST 33996-2016 methods. **Scientific novelty.** The results of a study of the compensatory ability and stress resistance of varieties grown in the Amur region, which depend on the magnitude of technological parameters – their minimum, maximum and average values, are presented. The effect of increasing the basic technological and biochemical qualities of new varieties of soft spring wheat in the breeding process was established. **Results.** To increase the stress resistance of varieties, it is necessary to pay attention to the optimization of their technological qualities, such as vitreousness, nature, weight of 1000 grains and gluten content in the grain. An increase in the values of these parameters can contribute to an increase in the compensatory ability of varieties and, ultimately, to an increase in their stress resistance. An increase in the number of drops (alpha-amylase activity) It also has an effect on the stress resistance of varieties. Therefore, it is necessary to carefully balance all these factors when developing and improving varieties in order to achieve optimal stress resistance.

Keywords: variety, weight of 1000 grains, nature, vitreous, gluten, alpha-amylase, number of drops, breeding, hybrids, zoning, compensatory ability

For citation: Terekhin N. M., Mishchenko L. N., Terekhin M. V., Karpova N. A. The impact of changes in the technological qualities of grain on the stress resistance and compensatory ability of spring soft wheat varieties in the conditions of the Amur region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (01): 31–39. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-01-31-39>. (In Russ.)

Date of paper submission: 29.05.2024, **date of review:** 13.10.2024, **date of acceptance:** 01.11.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Создание сортов, максимально приспособленных к местным экологическим условиям, является одной из важнейших задач селекции. В связи с происходящим сегодня реальным изменением климата на планете, а также для территорий с резко континентальными погодными условиями актуально наличие сортов сельскохозяйственных культур, проявляющих не только высокую продуктивность и качество урожая, но и повышенную стабильность хозяйственно полезных признаков [1; 2].

Описаны результаты, дающие косвенное подтверждение как повышению уровня урожайности сортов зерновых культур при селекции на повы-

шенный уровень стабильности по данному признаку, так и его снижению [2–4].

В разные по климатическим особенностям годы сорта пшеницы мягкой яровой могут формировать различные урожайность и показатели качества зерна, выходящие за пределы средневидовых параметров. Поэтому оценка параметров количественной изменчивости и корреляционно-регрессионной зависимости урожайности и показателей качества зерна пшеницы мягкой яровой является актуальной задачей для растениеводческой науки [3; 20].

Кроме высоких, стабильных урожаев, сорта должны обладать целым рядом технологических качеств, соответствующих направлению использо-

вания зерна, таких как стекловидность, натура, масса 1000 зерен, количество и качество клейковины в зерне, активность альфа-амилазы (число падения). При этом значения данных показателей должны быть достаточно высокими и слабо зависеть от условий выращивания, то есть обладать хорошими компенсаторной способностью и стрессоустойчивостью. Связь между различными технологическими параметрами изучается давно, определены некоторые закономерности и корреляционные связи между признаками. Так, установлена существенная положительная корреляция между **стекловидностью** зерна ячменя и его плотностью ($r = 0,726$), между стекловидностью и натурой зерна ($r = 0,33$), стекловидность существенно положительно коррелировала с твердостью зерна ($r = 0,83$) [5; 6].

Также замечено, что чем выше плотность зерна, тем выше **его натура**, что твердость зерна положительно коррелирует с содержанием белка, но корреляция сильнее у образцов со стекловидным эндоспермом [5]. Выявлена достоверная на 5-процентном уровне значимости связь **урожайности зерна с показателем «масса 1000 зерен»** ($r = 0,64$) [7; 18].

Множественный корреляционно-регрессионный анализ показал, что между урожайностью зерна сортов пшеницы мягкой яровой и массой 1000 зерен имеется прямая, средняя по тесноте связь ($r = 0,57$). Зависимость между массой 1000 зерен и натурой зерна была ниже, отмечалась средняя положительная связь ($r = 0,30$) [7].

Установлено, что с увеличением **содержания белка** в зерне и ростом **массы зерновки** величина **числа падения** уменьшалась [8].

Практическую значимость может иметь создание системы моделей, позволяющей прогнозировать формирование качества зерна на основе зависимости отдельных (наиболее экспрессных и простых в определении) признаков качества от условий выращивания. Для зерновых культур такими признаками могут быть содержание сырого белка и крахмала в зерне, масса зерновки (масса 1000 зерен) и пленчатость. Эти сложные количественные полигенные признаки, зависящие от ряда морфологических и физиологических свойств растительного организма в целом, могут существенно изменяться в различных условиях выращивания. Наиболее стабильным признаком является масса зерновки, величина которой может поддерживаться на уровне, близком к генетическому потенциалу [10; 19].

Найдены сильные существенные корреляционные связи между средними величинами массы 1000 зерен образцов и значениями параметров их пластичности (отрицательная корреляция) либо показателей их стабильности (положительная корреляция) по данному физическому признаку зерна.

Установлено, что корреляционная связь между крупностью зерна сортов овса и пшеницы и обои-

ми показателями пластичности по этому признаку была отрицательной, а со всеми параметрами стабильности – положительной. В случае с ячменем корреляция между массой 1000 зерен и показателем пластичности d сортов по указанному признаку была отрицательной и существенной. Продемонстрированные результаты свидетельствуют в пользу того, что при отборе овса, ячменя и пшеницы на повышенную стабильность по массе 1000 зерен крупность зерна снижаться не будет. Более того, она может иметь тенденцию роста [9; 11; 18].

Понимание механизмов, регулирующих массу зерна, натуру, стекловидность и другие технологические параметры зерна в стрессовых условиях, и наличие информации о потенциальных высокоадаптивных источниках поможет селекционерам повысить стабильность вновь создаваемых сортов по крупности зерна [12–14]. Результатов, посвященных исследованию адаптивности образцов зерновых культур по отдельным элементам продуктивности, опубликовано сравнительно небольшое количество [15; 16; 20].

Цель исследований – изучить зависимость компенсаторной способности и стрессоустойчивости от величины технологических параметров (их минимальных, максимальных и средних значений) и, если такая зависимость существует, то определить, как на нее влияет повышение качества зерна у новых сортов в процессе селекции.

Методология и методы исследования (Methods)

Для изучения корреляционных связей были взяты 32 новых сорта яровой мягкой пшеницы из питомника конкурсного сортоиспытания за три года – 2021, 2022, 2023. Большая выборка (число степеней свободы $(n - 2) = 30$) позволила установить, что наш расчетный коэффициент корреляции r_{xy} достоверен при $r_{табл} = 0,349$ для $p = 95\%$. Такие значения помечены в таблицах звездочками (*).

Посев производился сеялкой СКС-9а в оптимальные сроки по чистому пару, уборка – комбайном «Сампо» в период полной спелости. Питомник закладывался в селекционном севообороте на опытном поле села Грибское на лугово-черноземной почве по оптимальному фону ($N_{60}P_{30}$). Предшественники – черный пар и соя. Лабораторная технологическая оценка сортообразцов осуществлялась по методикам ГОСТ [11]. Наиболее благоприятными погодные условия были в 2023 году.

Компенсаторная способность высчитывается по формуле

$$Y_{2min} + Y_{1max} / 2,$$

где Y_{2min} – минимальное значение параметра,

Y_{1max} – максимальное значение параметра. Это среднее значение параметра, генетическая гибкость сорта. Чем выше соответствие между генотипом сорта и факторами среды, тем выше среднее значение.

Таблица 1
Коэффициент корреляции (r) между минимальными значениями признаков и элементами экологической пластичности этих признаков

Параметры качества зерна	Параметры качества зерна (минимальные значения)				
	Стекловидность	Натурная масса	Масса 1000 зерен	Количество клейковины	Число падения
Максимальные значения признаков	0,74*	0,54*	0,76*	0,76*	0,29
Средние значения признаков	0,92*	0,83*	0,91*	0,94*	0,67*
Компенсаторная способность	0,92*	0,91*	0,91*	0,95*	0,27
Стрессоустойчивость	-0,07	-0,67*	0,16	-0,54*	-0,12

Примечание. * Значение достоверно для p = 95 %.

Table 1
Correlation coefficient (r) between the minimum values of the features and the elements of ecological plasticity of these features

Grain quality parameters	Grain quality parameters (minimum values)				
	Glassiness	Full-scale weight	Weight of 1000 grains	Grains amount of gluten	Falling number
Maximum values of the signs	0.74*	0.54*	0.76*	0.76*	0.29
Average values of the signs	0.92*	0.83*	0.91*	0.94*	0.67*
Compensatory capacity	0.92*	0.91*	0.91*	0.95*	0.27
Stress resistance	-0.07	-0.67*	0.16	-0.54*	-0.12

Note. * The value is reliable for p = 95 %.

Таблица 2
Коэффициент корреляции (r) между максимальными значениями признаков и элементами экологической пластичности этих признаков

Параметры качества зерна	Параметры качества зерна (максимального значения)				
	Стекловидность	Натурная масса	Масса 1000 зерен	Количество клейковины	Число падения
Минимальные значения признаков	0,74*	0,54*	0,76*	0,76*	0,29
Средние значения признаков	0,95*	0,98*	0,93*	0,93*	0,87*
Компенсаторная способность	0,95*	0,84*	0,96*	0,93*	0,41*
Стрессоустойчивость	0,59*	0,27	0,77*	0,14	0,90*

Примечание. * Значение достоверно для p = 95 %.

Table 2
The correlation coefficient (r) between the maximum values of the features and the elements of ecological plasticity of these features

Grain quality parameters	Grain quality parameters (maximum values)				
	Glassiness	Full-scale weight	Weight of 1000 grains	Grains amount of gluten	Falling number
Minimum values of the signs	0.74*	0.54*	0.76*	0.76*	0.29
Average values of the signs	0.95*	0.98*	0.93*	0.93*	0.87*
Compensatory capacity	0.95*	0.84*	0.96*	0.93*	0.41*
Stress resistance	0.59*	0.27	0.77*	0.14	0.90*

Note. * The value is reliable for p = 95 %.

Стрессоустойчивость считается по формуле $Y_{2min} - Y_{1max}$. Чем меньше разница, тем выше стрессоустойчивость. Значения стрессоустойчивости имеют отрицательные значения. Чем ближе значения к нулю, тем выше стрессоустойчивость.

Результаты (Results)

Рассмотрим, как влияет улучшение технологических качеств на способность сортов противостоять неблагоприятным факторам. В таблице 1 представлены коэффициенты корреляции минимальных значений пяти изученных признаков с другими параметрами сортов (максимальными значениями, средними, компенсаторной способностью и стрессоустойчивостью).

Как видно из таблицы, сильная положительная корреляция наблюдается между минимальными значениями и средними, а также с компенсаторной способностью (от 0,83, до 0,95) у всех параметров, кроме числа падения. Корреляция минимальных и максимальных значений слабее: от средней (0,54) до сильной (0,76). Минимальные значения числа падения (активность альфа-амилазы) коррелируют со средней силой (0,67) только со средними значениями. Ни на компенсаторную способность, ни на стрессоустойчивость и максимальные значения они влияния не оказывают. Достоверная отрицательная корреляция минимальных зна-

чений и стрессоустойчивости отмечена только для натурности и количества клейковины в зерне. Рост минимальных значений натурной массы зерна и количества клейковины ухудшают стрессоустойчивость.

Корреляция максимальных значений со средними значениями и компенсационной способностью, так же как в предыдущем случае, была сильной, положительной (от 0,84 до 0,98) для четырех параметров (таблица 2). Для числа падения в данном случае обнаружилась сильная связь со средними значениями (0,87) и слабая, но все же достоверная положительная связь с компенсаторной способностью (0,41). Увеличение максимальных значений достоверно сильно коррелирует с минимальными значениями для стекловидности (0,74), массы 1000 зерен (0,76) и количества клейковины (0,76) и достоверно со средней силой с натурной массой (0,54). Максимальные значения числа падения практически не влияют на минимальные значения, а стрессоустойчивость по числу падения (активности альфа-амилазы) имеет сильную положительную связь с максимальными значениями этого признака (0,9). То есть чем выше число падения (ниже активность альфа-амилазы), тем лучше стрессоустойчивость сорта. Аналогичная зависимость наблюдается для стрессоустойчивости и по остальным параметрам: чем выше значения стекловидности, натурности, массы 1000 зерен и количества клейковины, тем лучше стрессоустойчивость образца. Для стекловидности и массы 1000 зерен значения корреляции были достоверны (0,59 и 0,77 соответственно).

Как видно из таблицы 3, коэффициенты корреляции между средними значениями четырех технологических параметров (стекловидность, натурность, масса 1000 зерен и количество клейковины) и

их минимальными, максимальными значениями и с компенсаторной способностью имеют сильную положительную связь, поскольку расчеты средних исходят из максимальных и минимальных значений, как и компенсаторная способность. Среднее значение активности альфа-амилазы (число падения) обнаруживает меньшую зависимость от минимальных (0,67) и максимальных значений (0,83), а с компенсаторной способностью связь средней силы (0,41). Стрессоустойчивость обнаружила отрицательную корреляцию средней силы со средними показателями для натурной массы (–0,67) и положительную с массой 1000 зерен (0,50) и числом падения (0,62). То есть при увеличении натурной массы снижается стрессоустойчивость сорта по данному показателю. При увеличении значений массы 1000 зерен и числа падения, напротив, стрессоустойчивость возрастает.

Корреляция компенсаторной способности с минимальными, максимальными и средними значениями является положительной, сильной, в двух случаях линейной для всех параметров, кроме числа падения. Так, на компенсаторную способность числа падения (активность альфа-амилазы) практически не влияют минимальные значения числа падения, нет и достоверной связи со стрессоустойчивостью. Связь компенсаторной способности с максимальными и средними значениями для числа падения – средней силы, положительная (0,41). Положительная достоверная связь между компенсаторной способностью и стрессоустойчивостью установлена только для массы 1000 зерен (0,56). При увеличении компенсаторной способности возрастает и стрессоустойчивость сорта (таблица 4).

Таблица 3
Коэффициент корреляции (r) между средними значениями признаков и элементами экологической пластичности этих признаков

Параметры качества зерна	Параметры качества зерна (средние значения)				
	Стекловидность	Натурная масса	Масса 1000 зерен	Количество клейковины	Число падения
Минимальные значения признаков	0,92*	0,83*	0,91*	0,94*	0,67*
Максимальные значения признаков	0,95*	0,98*	0,93*	0,93*	0,87*
Компенсаторная способность	1,00*	0,98*	0,98*	0,99*	0,41*
Стрессоустойчивость	0,32	–0,67*	0,50*	–0,22	0,62*

Примечание. * Значение достоверно для $p = 95\%$.

Table 3
The correlation coefficient (r) between the average values of the features and the elements of ecological plasticity of these features

Grain quality parameters	Grain quality parameters (average values)				
	Glassiness	Full-scale weight	Weight of 1000 grains	Grains amount of gluten	Falling number
Minimum values of the signs	0.92*	0.83*	0.91*	0.94*	0.67*
Maximum values of the signs	0.95*	0.98*	0.93*	0.93*	0.87*
Compensatory capacity	1.00*	0.98*	0.98*	0.99*	0.41*
Stress resistance	0.32	–0.67*	0.50*	–0.22	0.62*

Note. * The value is reliable for $p = 95\%$.

Таблица 4

Коэффициент корреляции (r) между компенсаторной способностью и минимальными, максимальными, средними значениями, стрессоустойчивостью этих признаков

Параметры качества зерна	Параметры качества зерна (компенсаторная способность)				
	Стекловидность	Натурная масса	Масса 1000 зерен	Количество клейковины	Число падения
Минимальные значения признаков	0,92*	0,91*	0,91*	0,95*	0,27
Максимальные значения признаков	0,95*	0,84*	0,96*	0,93*	0,41*
Средние значения признаков	1,00*	0,98*	0,98*	1,00*	0,41*
Стрессоустойчивость	-0,32	-0,29	0,56*	-0,25	0,31

Примечание. * Значение достоверно для $p = 95\%$.

Table 4

The correlation coefficient (r) between the compensatory ability and the minimum, maximum, average values, stress resistance of these signs

Grain quality parameters	Grain quality parameters (minimum values)				
	Glassiness	Full-scale weight	Weight of 1000 grains	Grains amount of gluten	Falling number
Minimum values of the signs	0.92*	0.91*	0.91*	0.95*	0.27
Maximum values of the signs	0.95*	0.84*	0.96*	0.93*	0.41*
Average values of the signs	1.00*	0.98*	0.98*	1.00*	0.41*
Stress resistance	-0.32	-0.29	0.56*	-0.25	0.31

Note. * The value is reliable for $p = 95\%$.

Таблица 5

Коэффициент корреляции (r) между стрессоустойчивостью и минимальными, максимальными, средними значениями, компенсаторной способностью этих признаков

Параметры качества зерна	Параметры качества зерна (стрессоустойчивость)				
	Стекловидность	Натурная масса	Масса 1000 зерен	Количество клейковины	Число падения
Минимальные значения признаков	-0,07	-0,67*	0,16	-0,54*	-0,12
Максимальные значения признаков	0,59*	0,27	0,77*	0,14	0,90*
Средние значения признаков	0,32	-0,67*	0,50*	-0,22	0,62*
Компенсаторная способность	0,32	-0,29	0,56*	-0,25	0,31

Примечание. * Значение достоверно для $p = 95\%$.

Table 5

Correlation coefficient (r) between stress resistance and minimum, maximum, average values, compensatory ability of these signs

Grain quality parameters	Grain quality parameters (minimum values)				
	Glassiness	Full-scale weight	Weight of 1000 grains	Grains amount of gluten	Falling number
Minimum values of the signs	0.92*	0.91*	0.91*	0.95*	0.27
Maximum values of the signs	0.95*	0.84*	0.96*	0.93*	0.41*
Average values of the signs	1.00*	0.98*	0.98*	1.00*	0.41*
Compensatory capacity	0.32	-0.29	0.56*	-0.25	0.31

Note. * The value is reliable for $p = 95\%$.

На стрессоустойчивость сортов различные параметры качества зерна влияют по-разному. Так, увеличение массы 1000 зерен при любом варианте оценки (для минимальных, максимальных, средних значений) всегда приводит к увеличению стрессоустойчивости. Стрессоустойчивость по стекловидности увеличивается при увеличении у сортов максимальных, средних значений и увеличении компенсаторной способности, однако значение достоверно только для максимальных значений.

Также положительная связь между стрессоустойчивостью и числом падения обнаружена для максимальных и средних значений последнего, тогда как для минимальных значений числа падения и компенсаторной способности корреляция положительная, но недостоверная. Для последних двух параметров природы и количества клейковины характерна обратная корреляция со стрессоустойчивостью. Так, при увеличении минимальных и средних значений природы стрессоустойчивость до-

стоверно снижается ($-0,67$, $-0,67$). Также увеличение минимальных значений клейковины приводит к снижению стрессоустойчивости сорта, тогда как повышение ее максимального количества такого влияния не оказывает ($0,14$). Рост средних и компенсаторной способности у сортов по количеству клейковины также снижают стрессоустойчивость образцов, хотя и недостоверно (таблица 5).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Улучшение технологических качеств сортов может по-разному отражаться на их компенсаторной способности и стрессоустойчивости. Компенсаторная способность сортов повышается при повышении значений стекловидности, натуре, массы

1000 зерен и количества клейковины в зерне. Рост числа падения (снижение активности альфа-амилазы) для максимальных и средних значений приводит к увеличению стрессоустойчивости, тогда как рост минимальных значений числа падения (повышение активности альфа амилазы) практически не влияет на стрессоустойчивость.

2. Стрессоустойчивость достоверно положительно коррелирует с ростом массы 1000 зерен. Улучшение стрессоустойчивость наблюдается также при росте количества стекловидных зерен и уменьшении активности альфа-амилазы. Стрессоустойчивость снижается при росте натуре и количества клейковины в зерне.

Библиографический список

1. Полонский В. И., Сурин Н. А., Герасимов С. А., Липшин А. Г., Сумина А. В., Зюте С. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23, № 6. С. 683–690. DOI: 10.18699/VJ19.541.
2. Полонский В. И., Сурин Н. А., Герасимов С. А., Липшин А. Г., Сумина А. В., Зюте С. А. Оценка образцов ячменя на содержание β -глобулинов в зерне и другие ценные признаки в условиях Восточной Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182, вып. 1. С. 48–58. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-48-58.
3. Мельникова О. В., Ториков В. Е., Никифоров В. М., Тищенко Е. В. Количественная изменчивость и корреляционная зависимость урожайности и показателей качества зерна пшеницы мягкой яровой // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3. С. 21–27.
4. Суханбердина Л. Х., Денизбаев С. Е. Характеристика сортообразцов озимого тритикале по хозяйственно ценным признакам // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (77). С. 67–71.
5. Васьюк Н. И., Козаченко М. Р., Солонечная О. В. [и др.] Стекловидность эндосперма и содержание белка в зерне сортов пленчатого и голозерного ячменя // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 4 (28). С. 94–102. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11056.
6. Блохин В. И., Никифорова И. Ю., Ганиева И. С. [и др.] Анализ адаптивного потенциала сортов и линий ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 4 (44). С. 163–172. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-163-172.
7. Коновалова И. В., Богдан П. М. Корреляция признаков у яровой мягкой пшеницы в условиях Приморского края // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2016. № 3 (34). С. 75–79.
8. Крупнова О. В. О взаимосвязи урожайности с содержанием белка в зерне у зерновых и бобовых культур (обзор литературы) // Сельскохозяйственная биология. 2009. Т. 44, № 3. С. 13–23.
9. Пономарева С. В. Вариационная изменчивость и корреляционная взаимосвязь между зерновой урожайностью и элементами ее структуры у сортов гороха полевого (*Pisum Arvense* L.) // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 6 (384). С. 50–52.
10. Тимошенкова Т. А., Кужиева В. Г. Оценка селекционного материала *Triticum aestivum* по признаку масса 1000 зерен в конкурсном испытании // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (100). С. 26–31. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-100-2-26-31.
11. Чешкова А. Ф., Алейников А. Ф., Гребенникова И. Г., Степочкин П. И. Сравнительный анализ и классификация методов оценки фенотипической стабильности сельскохозяйственных растений // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 7-й международной научной конференции «Агроинфо-2018». Новосибирск, 2018. С. 99–109.
12. Гребенникова И. Г., Чешкова А. Ф., Степочкин П. И., Алейников А. Ф., Чанышев Д. И. Методика оценки экологической пластичности сортов злаковых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50, № 2. С. 100–108. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-12.
13. Белявская Л. Г., Белявский Ю. В., Диянова А. А. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов сои // Зерновые и крупяные культуры. 2018. № 4 (28). С. 42–48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048.
14. Гончаренко А. А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. Москва, 2017. 369 с.

15. Пакуль В. Н., Плиско Л. Г. оценка экологической пластичности селекционных линий яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи кузнецкой котловины // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 3 (45). DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.075.

16. Grebennikova I., Cheshkova A., Stepanchik P., Chanyshv D., Aleynikov A. Forecast of economic and valuable properties of grain crops // IOP Conference series: Earth and Environmental Science. 2019, Vol. 403, No. 1. Article number 012051. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012051.

17. Kendal E. Comparing durum wheat cultivars by genotype \times yield \times trait and genotype \times trait biplot method // Chilean Journal of Agricultural Research. 2019. Vol. 79 (4). DOI: 10.4067/S0718-58392019000400512.

18. Abdennour S., Houcine B., Rhouma S., Sahbi F., Tahar S. Stability and adaptability concepts of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in the northwest of Tunisia // *Biologia Futura*. 2019. Vol. 70 (3). Pp. 240–250.

19. Bicalho T. F., Oliveira N., Hamawaki O. T., Costa S. C., de Moraes Junior I., Silva N. S., Hamawaki R. L. Adaptability and stability of soybean cultivars in four sowing seasons // *Bioscience Journal*. 2019. Vol. 35 (5). Pp. 1450–1462.

20. Hildebrandt Ja. P. Ecology meets physiology: phenotypic plasticity and the ability of animals to adjust to changing environmental conditions // *Physiologia*. 2023. Vol. 3, No. 2. Pp. 366–380.

Об авторах:

Николай Михайлович Терехин, младший научный сотрудник, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия; ORCID 0000-0002-7989-4769, AuthorID 1128931.

E-mail: rohan.1994@mail.ru

Лариса Николаевна Мищенко, кандидат биологических наук, доцент, научный сотрудник, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия; ORCID 0000-0001-8508-2823, AuthorID 386483. *E-mail: laridass2@mail.ru*

Михаил Васильевич Терехин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия; ORCID 0000-0002-2771-5052, AuthorID 449929

Наталья Александровна Карпова, младший научный сотрудник, Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия; ORCID 0009-0001-6864-1029, AuthorID 749723.

E-mail: tata_170185@mail.ru

References

1. Polonskiy V. I., Surin N. A., Gerasimov S. A., Lipshin A. G., Sumina A. V., Zute S. The study of oat varieties (*Avena sativa* L.) of various geographical origin for grain quality and productivity. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019; 23 (6): 683–690. DOI: 10.18699/VJ19.541. (In Russ.)

2. Polonskiy V. I., Surin N. A., Gerasimov S. A., Lipshin A. G., Sumina A. V., Zyute S. Evaluation of barley genotypes for the content of β -glucans in grain and other valuable features in Eastern Siberia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021; 182 (1): 48–58. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-48-58. (In Russ.)

3. Melnikova O., Torikov V., Nikiforov V., Tishchenko E. Quantitative variability and correlation dependence of productivity and grain quality indicators of spring soft wheat. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2020; 3: 21–27. (In Russ.)

4. Sukhanberdina L., Denizbaev S. E. Characteristics of winter triticum variety samples by their economically valuable characteristics. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2019; 3 (77): 67–71. (In Russ.)

5. Vasko N., Kozachenko M., Solonechnaya O., et al. Endosperm vitreousness and protein content in grain of chaffy and naked barley cultivars. *Legumes and Cereals*. 2018; 4 (28): 94–102. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11056. (In Russ.)

6. Blokhin V., Nikiforova I., Ganieva I., et al. Analysis of adaptive potential of spring barley varieties and lines by characteristic “weight of 1000 grains”. *Legumes and Groat Crops*. 2022; 4 (44): 163–172. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-163-172. (In Russ.)

7. Konovalova I., Bogdan P. Correlation of the quantitative traits of spring soft wheat in the conditions of Primorsky Krai. *Bulletin of GAU SZ*. 2016; 3 (34): 75–79. (In Russ.)

8. Krupnova O. On the relationship between yield and protein content in grain and legumes (literature review). *Agricultural Biology*. 2009; 44 (3): 13–23. (In Russ.)

9. Ponomareva S. Variational variability and correlation between grain yield and elements of its structure in varieties of field peas (*Pisum Arvense* L.). *International Agricultural Journal*. 2021; 6 (384): 50–52. (In Russ.)

10. Timoshenkova T. Evaluation of breeding material *Triticum aestivum* on the basis of mass 1000 grains in competitive testin. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2023; 2 (100): 26–31. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-100-2-26-31. (In Russ.)

11. Cheshkova A., Aleynikov A., Grebennikova I., Steepochkin P. Comparative analysis and classification of methods for assessing the phenotypic stability of agricultural plants. *Information technologies, systems and devices in agriculture: proceedings of the 7th International Scientific Conference "Agroinfo-2018"*. Novosibirsk, 2018. Pp. 99–109. (In Russ.)
12. Grebennikova I., Cheshkova A., Steepochkin P., Aleynikov A., Chanyshv D. I. Method of assessment ecological plasticity of cereal crop varieties. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2020; 50 (2): 100–108. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-12. (In Russ.)
13. Belyavskaya L. G., Belyavskiy Yu. V., Diyanova A. A. Estimation of environmental stability and plasticity of soybean varieties. *Legumes and Groat Crops*. 2018; 4 (28): 42–48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048. (In Russ.)
14. Goncharenko A. A. *Actual issues of winter rye breeding*. Moscow, 2017. 369 p. (In Russ.)
15. Pakul V., Plisko L. Assessment of ecological plasticity of selection lines of spring-sown soft field in the conditions of the forest-steppe of Kuznetsk depression. *International Scientific Research Journal*. 2016; 3 (45). DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.075. (In Russ.)
16. Grebennikova I., Cheshkova A., Steepochkin P., Chanyshv D., Aleynikov A. Forecast of economic and valuable properties of grain crops. *IOP Conference series: Earth and Environmental Science*. 2019; 403 (1): 012051. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012051. (In Russ.)
17. Kendal E. Comparing durum wheat cultivars by genotype \times yield \times trait and genotype \times trait biplot method. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2019; 79 (4): 512–522. DOI: 10.4067/S0718-58392019000400512.
18. Abdennour S., Houcine B., Rhouma S., Sahbi F., Tahar S. Stability and adaptability concepts of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in the northwest of Tunisia. *Biologia Futura*. 2019; 70 (3): 240–250. DOI: 10.1556/019.70.2019.28.
19. Bicalho T. F., Oliveira N., Hamawaki O. T., Costa S. C., de Moraes Junior I., Silva N. S., Hamawaki R. L. Adaptability and stability of soybean cultivars in four sowing seasons. *Bioscience Journal*. 2019; 35 (5): 1450–1462. DOI: 10.14393/BJ-v35n5a2019-42351.
20. Hildebrandt Ja. P. Ecology meets physiology: phenotypic plasticity and the ability of animals to adjust to changing environmental conditions. *Physiologia*. 2023; 3 (2): 366–380. DOI: 10.3390/physiologia3020025.

Authors' information:

Nikolay M. Terekhin, junior researcher, Far Eastern State University, Blagoveshchensk, Russia;

ORCID 0000-0002-7989-4769, AuthorID 1128931. *E-mail: rohan.1994@mail.ru*

Larisa N. Mishchenko, candidate of biological sciences, associate professor, researcher, Far Eastern State University, Blagoveshchensk, Russia; ORCID 0000-0001-8508-2823, AuthorID 386483. *E-mail: laridass2@mail.ru*

Mikhail V. Terekhin, candidate of agricultural sciences, associate professor, leading researcher, Far Eastern State University, Blagoveshchensk, Russia; ORCID 0000-0002-2771-5052, AuthorID 449929

Natalya A. Karpova, junior researcher, Far Eastern State University, Blagoveshchensk, Russia;

ORCID 0009-0001-6864-1029, AuthorID 749723. *E-mail: tata_170185@mail.ru*