

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДАПТИВНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

А.А. Донцова^{1,2}, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, доцент кафедры «Агрономия», doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

Р.Н. Брагин¹, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, braginroman40@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X;

Д.П. Донцов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, dontsov1324@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

Э.С. Дорошенко¹, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, doroshenko.eduard.91@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0787-9754;

И.М. Засыпкина¹, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, irinka_kolosok92@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1281-5317.

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347740, Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vni-izk30@mail.ru

²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1; e-mail: reception@dstu.edu.ru

В современном селекционном процессе ячменя отчетливо прослеживается изменение приоритетов: теперь основное внимание уделяется не только традиционным показателям, таким как урожайность и качество, но и способности сортов адаптироваться к разнообразным условиям окружающей среды. Целью работы являлась оценка параметров адаптивности ярового ячменя по признаку «урожайности» и элементам структуры продуктивности, с использованием селекционных индексов. Количество изучаемых сортов и линий в конкурсном сортоиспытании составило 19 шт., посеянных в 6-кратной повторности, предшественник – горох. Стандартный сорт Формат, площадь учетной делянки – 10 м². На формирование урожайности в 2023-2025 годы исследований главенствующее влияние оказал фактор «сорт» – 95,2 %. По коэффициенту линейной регрессии линии Зерноградский 1875 ($b_i = 1,14$) и Зерноградский 1921 ($b_i = 1,11$) выделились как пластичные, а Зерноградский 1908 как стабильная и устойчивая к внешним факторам. По коэффициенту вариации наименее изменчивым оказался образец Зерноградский 1908 ($V = 32,5\%$). Высокие значения гомеостатичности отмечены у линий Зерноградский 1825 ($Hom = 5,59$), Зерноградский 1904 ($Hom = 5,72$) и Зерноградский 1908 ($Hom = 7,42$). Высокий показатель селекционной ценности зафиксирован у образцов Зерноградский 1908 и Зерноградский 1932 ($Sc = 3,4$). По показателю Пусс выделились Зерноградский 1925, Зерноградский 1908 и Зерноградский 1932, превысив стандарт на +10,1 ...13,7 %. По сумме рангов используемых селекционных индексов (мексиканский (Mx), финно-скандинавский (FSI), перспективности (J.P.), отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе (j)) были выделены сорта и линии с высокой устойчивостью к варьирующим условиям среды и высокой адаптивностью: Зерноградский 1896 (Σ рангов = 21), Азимут (Σ рангов = 23), Зерноградский 1910 (Σ рангов = 28), Зерноградский 1911 (Σ рангов = 28) и Зерноградский 1921 (Σ рангов = 31). По совокупности признаков высоких показателей адаптивности урожайности, селекционным индексам и элементам структуры продуктивности проявили себя образцы Зерноградский 1896, Зерноградский 1908 и Зерноградский 1921.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, урожайность, масса 1000, адаптивность, селекционный индекс.

Для цитирования: Донцова А.А., Брагин Р.Н., Донцов Д.П., Дорошенко Э.С., Засыпкина И.М. Использование селекционных индексов и показателей адаптивности при оценке перспективного селекционного материала ярового ячменя // Зерновое хозяйство России. 2026. Т.18, №.2. С. 11-19. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-103-2-11-19



THE USE OF SELECTION INDICES AND ADAPTABILITY INDICATORS IN THE EVALUATION OF PROMISING SPRING BARLEY BREEDING MATERIAL

A.A. Dontsova^{1,2}, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of barley breeding and seed production, associate professor of the department "Agronomy", doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

R.N. Bragin¹, junior researcher of the department of barley breeding and seed production, braginroman40@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X;

D.P. Dontsov¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of barley breeding and seed production, dontsov1324@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

E.S. Doroshenko¹, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the department of barley breeding and seed production, doroshenko.eduard.91@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0787-9754;

I.M. Zasyapkina¹, junior researcher of the department of barley breeding and seed production, irinka_kolosok92@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1281-5317.

¹FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy", 347740, Russia, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; email: vniizk30@mail.ru;

²FSBEI HE "Donskoy State Technical University", 344000, Rostov region, Rostov-on-Don, Gagarin Sq., 1; e-mail: reception@dstu.edu.ru

In modern barley breeding, there is a clear shift in priorities, when the focus is now not only on traditional indicators such as productivity and quality, but also on the ability of varieties to adapt to various environmental conditions. The purpose of the current study was to estimate the adaptability parameters of spring barley based on productivity and yield structure elements, using selection indices. The competitive variety testing involved 19 varieties and lines, sown after peas in six sequences. The standard variety was Format, the plot area was 10 m². The factor "variety" had the dominant effect (95.2%) on productivity formation in 2023-2025. Based on the linear regression coefficient, the lines Zernogradsky 1875 ($b_i = 1.14$) and Zernogradsky 1921 ($b_i = 1.11$) were found flexible, while the line Zernogradsky 1908 was found stable and resistant to external factors. Based on the coefficient of variation, the sample Zernogradsky 1908 proved to be the least variable ($V = 32.5\%$). High homeostatic values were identified in the lines Zernogradsky 1825 ($Hom = 5.59$), Zernogradsky 1904 ($Hom = 5.72$), and Zernogradsky 1908 ($Hom = 7.42$). High breeding value was recorded for the samples Zernogradsky 1908 and Zernogradsky 1932 ($Sc = 3.4$). According to the indicator of cultivar level and stability (PUSS), the lines Zernogradsky 1925, Zernogradsky 1908 and Zernogradsky 1932 exceeded the standard by +10.1...13.7%. According to the sum of the ranks of the used selection indices (Mexican (Mx), Finno-Scandinavian (FSI), prospects (J.P.), correlation between 1000-grain weight and a number of grains per ear (j)) there have been identified such varieties and lines with high resistance to changing environmental conditions and high adaptability as Zernogradsky 1896 (Σ ranks = 21), Azimut (Σ ranks = 23), Zernogradsky 1910 (Σ ranks = 28), Zernogradsky 1911 (Σ ranks = 28) and Zernogradsky 1921 (Σ ranks = 31). The varieties Zernogradsky 1896, Zernogradsky 1908 and Zernogradsky 1921 have shown good results in the combination of productivity adaptability, selection indices and yield structure elements.

Keywords: spring barley, variety, productivity, 1000-grain weight, adaptability, selection index.

Введение. Ячмень по своей значимости является второй зерновой культурой в Российской Федерации, с широким размахом использования, как универсальная культура. Ячмень применяется в кормовом, продовольственном, техническом и агротехническом производстве (Новикова и др., 2022).

В современном мире сельскохозяйственной селекции наблюдается заметный сдвиг в приоритетах: теперь основное внимание уделяется не только традиционным показателям, таким как урожайность и качество, но и способности новых сортов адаптироваться к разнообразным условиям окружающей среды. Это означает, что селекционеры все больше фокусируются на создании сортов, которые будут не просто высокоурожайными, но и способными успешно приспосабливаться к изменчивым климатическим условиям, почвам и агротехническим приемам (Вертей и др., 2016).

Тем не менее, задача оценки генотипов на предмет их адаптивности к различным условиям является весьма сложной и многогранной. Она требует проведения обширных исследований, включающих сбор и анализ данных в разнообразных условиях – это могут быть различные годы, регионы с уникальными агроклиматическими особенностями. Все это делает процесс оценки чрезвычайно трудоемким и времязатратным (Талышкина и др., 2025).

Кроме того, многие показатели, которые необходимо оценить, связаны с индивидуальными характеристиками каждого растения, такими как кустистость, количество и масса зерен в колосе, их размер и другие. Однако такой подход может упускать из виду важные взаимодействия между растениями в посевах, включая антагонистические и синергетические эффекты, которые значительно влияют на общую продуктивность агроценоза. Также стоит отметить, что при селекционной оценке не всегда в полной мере учитываются физиологические и биохимические процессы, происходящие в

растениях, фиксируется лишь их конечный результат.

Тем не менее, подобная ситуация вполне объяснима, так как селекционер, работая с большим объемом данных, не может учесть все вышеупомянутые аспекты роста и развития растений в агроценозе. Поэтому требуется выявление новых параметров, которые могли бы служить ориентирами в процессе селекции (Сапега, 2024).

В селекции растений всё большее значение приобретают адаптивные характеристики сортов. На начальных стадиях научной селекции зерновых культур акцент делался на улучшении заметных морфологических признаков, таких как высота растений, что значительно повышало технологичность сортов. Впоследствии внимание сосредоточилось на урожайности, которая остаётся ключевым критерием оценки большинства культур в Государственном сортоиспытании. Такой подход привёл к увеличению разрыва между потенциальной урожайностью сорта в идеальных условиях и фактической – в реальных условиях производства. В результате появился новый фокус в селекционных исследованиях – улучшение адаптивных характеристик сортов. Однако оценка генотипов по адаптивности является трудоёмким процессом, требующим данных из различных внешних условий (разные годы, географические регионы, агрофоны) (Ермолаева и др., 2019). Поэтому перспективным направлением становится оценка адаптивности урожайности и элементов структуры продуктивности с использованием селекционных индексов, которые позволяют, хотя бы предварительно, судить об адаптивных свойствах селекционного материала.

В связи с этим целью данной работы – оценить параметры адаптивности ярового ячменя по признаку «урожайность» и элементам структуры продуктивности с использованием селекционных индексов.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на опытных полях научного

севооборота отдела селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2023–2025 гг. по предшественнику горох.

Объектом изучения являлись 19 сортов и линий ярового ячменя местной селекции, изучаемых в конкурсном сортоиспытании (КСИ). Стандартный сорт Формат. Учетная площадь делянки 10 м² с нормой высева 500 всхожих семян на 1 м². Шестикратная повторность и систематическое размещение делянок. Посев проводили сеялкой Wintersteiger Plotseed.

Оценка полученных данных проводилась согласно методике гос. сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019).

Оценка экологической пластичности и стабильности осуществлялась согласно методике S. A. Eberhart, W. A. Russell в редакции В. А. Зыкина (2005). Для определения показателей гомеостатичности (Hom) и селекционной ценности (Sc) применялась методика В. В. Хангильдина и Н. А. Литвиненко (1981). Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) по уравнению Э.Д. Неттевича (2001). Для более точного определения взаимодействия и влияния урожайности с элементами продуктивности были определены мексиканский (Mx) индекс, финно-скандинавский (FSI) индекс (Лящева и др., 2025), индекс перспективности (J.P.) и индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе (j)

(Сафонова и др., 2021).

Разнообразие погодных условий за годы исследований оказали существенное влияние на формирование урожайности и элементов продуктивности, что позволило комплексно оценить показатели адаптивности и выделить наиболее перспективные сорта ярового ячменя.

В 2023 году в весенний период вегетации наблюдалось достаточное количество осадков – 166,5 мм, что составило 127,0% от показателя среднегодовалых данных. В летний период (июнь, июль) количество осадков составляло 61,2 мм, что соответствовало 47,4% от среднегодовалых данных, однако это не оказало сильного влияния на формирование урожая. В 2024 году отмечено обильное количество осадков в весенний период – 242,5 мм, что составило 185,1% от среднегодовалых данных, при этом значительная их часть пришлось на май, что в совокупности с сильными ветрами и градом негативно сказалось на формировании урожайности. В летний период (июнь, июль) отмечено – 89,2 мм (69,1 %). В весенний и летний период 2025 года количество осадков было относительно на уровне среднегодовалых данных – 107,6 мм и 121,0 мм (82,1 % и 93,8 %, соответственно) (рисунк 1).

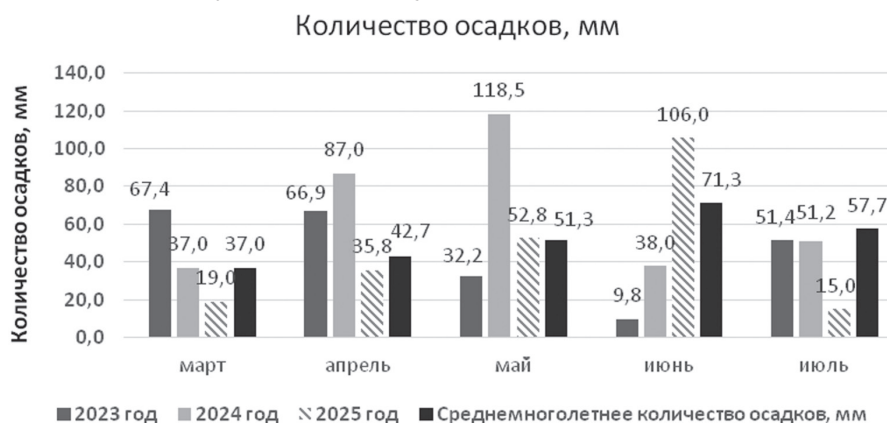


Рис. 1. Среднемесячное количество осадков за период вегетации, 2023-2025 годы (мм)

Fig. 1. Average monthly precipitation during a vegetation period, 2023-2025 (mm)

За период 2023 года среднемесячная температура воздуха была на уровне среднегодовалых данных (-0,1...+1,0 °С). В 2024 году, как и в 2025 году в период посева (март) наблюдалось повышение среднемесячной температуры воздуха (7,5 и 7,1 °С, соответственно), при среднегодовой температуре воздуха – 2,0 °С. В июле 2025 года отмечена повышенная

среднемесячная температура воздуха – 27,3 °С (при 23,1 °С для среднегодовой). В остальные временные периоды 2024 и 2025 годов вегетации ярового ячменя, среднемесячная температура воздуха не имела сильного отклонения от среднегодовалых данных (-0,6 °С...+1,8 °С) (рисунк 2).



Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха за период вегетации, 2023-2025 с.-х. годы (°С)

Fig. 2. Average monthly air temperature during a vegetation period, 2023-2025 (°C)

Результаты и их обсуждение. При создании новых сортов ярового ячменя необходимо учитывать весь комплекс требований, предъявляемый сельхозтоваропроизводителями селекционерам. Главенствующее направление для создаваемых сортов заключается в способности противостоять внешним факторам с высокой эффективностью использовать условия среды, отличаться высокой потенциальной продуктивностью и возможностью сохранять ее в производственных посевах.

Двухфакторный дисперсионный анализ данных

урожайности ярового ячменя показал достоверность различий как по экологическим фонам (годам), так и между сортами. Анализ результатов показал, что основное влияние на формирование урожайности в годы исследований (2023-2025 гг.) оказал фактор «сорт» – 95,2 %. На остальные факторы пришлось незначительное влияние: «год» – 2,9 %, их взаимодействие – 1,9 %. Влияние изучаемых факторов для полученных данных были существенны на 5 %-м уровне значимости (таблица 1).

Таблица 1. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа сортов и линий ярового ячменя по показателю урожайности в КСИ, 2023-2025 гг.

Table 1. Results of a two-way analysis of variance for spring barley varieties and lines according to the trait 'productivity' in the CVT, 2023-2025

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Среднее квадратичное	F фактическое	Доля влияния факторов, %
Общая	24556,5	170	144,4	-	-
Повторений	2,2	2	1,1	-	-
Фактор «сорт»	23423,3	18	1301,3	1255,8	95,2
Фактор «год»	77,9	2	38,9	37,6	2,9
Взаимодействие «сорт x год»	937,1	36	26,0	25,1	1,9
Остаток (ошибки)	116,1	112	1,0	-	-

Для отражения более полной характеристики изучаемых сортов ярового ячменя были рассчитаны параметры экологической пластичности (b) и

стабильности (σ^2d) по показателю урожайности за период 2023-2025 гг. (таблица 2).

Таблица 2. Урожайность, параметры экологической пластичности и стабильности сортов и линий ярового ячменя в КСИ, 2023-2025 гг.

Table 2. Productivity, ecological adaptability, and stability parameters of spring barley varieties and lines in the CVT, 2023-2025

Сорт	Урожайность, т/га				bi	σ^2d
	2023г.	2024г.	2025г.	средняя		
Формат, стандарт	5,8	3,8	6,6	5,4	0,95	4,1
Федос	6,5	3,4	6,1	5,3	1,07	5,2
Азимут	5,5	3,6	6,3	5,1	0,91	3,8
Феникс	6,0	3,6	6,6	5,4	1,05	5,0
Зерноградский 1896	6,0	3,8	7,1	5,6	1,10	5,5
Зерноградский 1900	5,8	3,6	6,7	5,4	1,05	5,0
Зерноградский 1901	5,6	3,7	6,5	5,3	0,94	4,0
Зерноградский 1875	6,1	2,9	5,8	4,9	1,14	5,9
Зерноградский 1763	5,9	3,7	6,5	5,4	0,98	4,3
Зерноградский 1825	5,9	3,9	6,6	5,5	0,93	3,9
Зерноградский 1904	6,0	3,7	6,2	5,3	0,92	3,8
Зерноградский 1908	5,9	3,9	6,1	5,3	0,81	2,9
Зерноградский 1910	6,1	3,6	6,4	5,4	1,02	4,7
Зерноградский 1911	5,6	3,6	6,5	5,2	0,98	4,3
Зерноградский 1912	5,9	3,7	6,4	5,3	0,95	4,1
Зерноградский 1925	6,2	4,0	7,1	5,8	1,05	5,0
Зерноградский 1927	6,1	3,8	6,6	5,5	0,99	4,5
Зерноградский 1921	6,3	3,3	6,2	5,3	1,11	5,6
Зерноградский 1932	6,5	4,0	6,9	5,8	1,04	4,9
НСР05				0,42		

За годы исследований наиболее благоприятные условия выращивания сложились в 2025 и 2023 году ($lj = +1,11$ и $+0,61$, соответственно), а неблагоприятные в 2024 год ($lj = -1,41$). В 2023 году урожайность варьировала от 5,5 т/га (сорт Азимут) до 6,5 (сорт Федос и линия Зерноградский 1932), при 5,8 т/га у стандартного сорта Формат. В 2024 году в среднем минимальная урожайность была получена у образца Зерноградский 1875 – 2,9 т/га, а максимальная у линий Зерноградский 1925 и Зерноградский 1932 – 4,0 т/га, при 3,8 т/га у стандарта. В 2025 году минимальная урожайность получена у линии Зерноградский 1875 – 5,8 т/га, а максимальная – Зерноградский 1896 и Зерноградский 1925 – 7,1 т/га, при 6,6 т/га у стандарта Формат. В среднем за годы исследований 5 перспективных образцов превысили показатель урожайности в сравнении со стандартом: Зерноградский 1927 (+ 0,1 т/га), Зерноградский 1825 (+ 0,1 т/га), Зерноградский 1896 (+ 0,2 т/га), Зерноградский 1925 (+ 0,4 т/га), Зерноградский 1932 (+ 0,4 т/га).

Более наглядную информацию о реакции ярового ячменя на влияние условий выращивания показывают коэффициенты линейной регрессии (bi) и среднеквадратическое отклонение (σ^2d).

Неустойчивость погодных условий и

недостаточная адаптация используемых сортов приводят к значительным колебаниям в урожайности. Коэффициент линейной регрессии bi показывает, насколько сорт чувствителен к данным колебаниям. Если значение bi превышает 1, это свидетельствует о высокой отзывчивости сорта, что требует применения интенсивных агротехнологий, так как такие сорта хорошо реагируют на улучшение условий. Если bi меньше 1, сорт менее чувствителен к изменениям окружающей среды.

Линия Зерноградский 1908 ($bi = 0,81$) характеризовалась низкой отзывчивостью на улучшение условий выращивания, но формировала стабильную урожайность при различных погодных условиях. Линии Зерноградский 1875 ($bi = 1,14$) и Зерноградский 1921 ($bi = 1,11$) отмечены как пластичные, изменение показателей у них соответствовало внешним условиям. Среднеквадратическое отклонение урожайности изучаемых образцов (σ^2d) варьировало от 2,9 до 5,9. Наиболее стабильным по урожайности являлся образец Зерноградский 1908 ($\sigma^2d = 2,9$).

Для более точной оценки исследуемых сортов и линий ярового ячменя был выполнен расчет ряда статистических параметров, которые характеризуют их адаптивные качества (таблица 3).

Таблица 3. Параметры адаптивности сортов и линий ярового ячменя в КСИ, 2023-2025 гг.

Table 3. Adaptability parameters of spring barley varieties and lines in the CVT, 2023-2025

Сорт	Min	Max	V,%	Hom	Sc	Пусс
Формат, стандарт	3,8	6,6	37,8	5,11	3,1	100
Федос	3,4	6,5	44,7	3,85	2,8	82,4
Азимут	3,6	6,3	38,2	4,98	2,9	89,3
Феникс	3,6	6,6	41,6	4,33	2,9	90,9
Зерноградский 1896	3,8	7,1	42,2	4,05	3,0	97,4
Зерноградский 1900	3,6	6,7	42,0	4,12	2,9	88,8
Зерноградский 1901	3,7	6,5	38,4	4,90	3,0	93,6
Зерноградский 1875	2,9	6,1	50,7	3,04	2,3	62,2
Зерноградский 1763	3,7	6,5	38,8	4,93	3,1	96,0
Зерноградский 1825	3,9	6,6	36,2	5,59	3,2	106,8
Зерноградский 1904	3,7	6,2	37,1	5,72	3,2	98,2
Зерноградский 1908	3,9	6,1	32,5	7,42	3,4	112,1
Зерноградский 1910	3,6	6,4	40,5	4,73	3,0	92,1
Зерноградский 1911	3,6	6,5	40,1	4,50	2,9	88,4
Зерноградский 1912	3,7	6,4	38,1	5,19	3,1	96,7
Зерноградский 1925	4,0	7,1	39,1	4,76	3,2	110,1
Зерноградский 1927	3,8	6,6	38,4	5,12	3,2	102,0
Зерноградский 1921	3,3	6,3	45,8	3,84	2,8	78,5
Зерноградский 1932	4,0	6,9	38,3	5,22	3,4	113,7

Примечание: Min – показатель минимальной урожайности за годы исследований, Max – показатель максимальной урожайности за годы исследований, V – коэффициент вариации, Hom – показатель гомеостатичности, Sc – показатель селекционной ценности, Пусс – показатель уровня стабильности сорта.

Note: Min – minimum yield over the years of research, Max – maximum yield over the years of research, V,% – coefficient of variation, Hom – homeostatic index, Sc – selection value index, Puss – stability index.

Относительный показатель варьирования урожая, коэффициент вариации (V %) по сортам был в пределах 32,5-50,7 %, что свидетельствует о сильной количественной изменчивости урожайности сортов по годам (согласно методике полевого опыта Доспехова Б.А. при $V \geq 20$ % – сильная изменчивость). Самая низкая вариабельность урожая ($V = 32,5$ %) отмечена у линии Зерноградский 1908.

Высокие показатели гомеостатичности отображают способность растений сводить к минимуму последствия воздействия неблагоприятных условий среды. Данный показатель варьировал от 3,04 до 7,42. Относительно высокие значения гомеостатичности зафиксированы у образцов Зерноградский 1825 ($Hom = 5,59$), Зерноградский 1904 ($Hom = 5,72$) и Зерноградский 1908 ($Hom = 7,42$).

Стоит также отметить селекционную ценность генотипа (Sc), объединяющую в себе как высокий показатель крупнозерности, так и адаптивные возможности сорта. Данный показатель варьировал от 2,8 до 3,4. Наибольшее значение отмечено у образцов Зерноградский 1908 и Зерноградский 1932 ($Sc = 3,4$, соответственно).

По мнению Э.Д. Неттевича (2001), хозяйственную ценность сорта при его оценке экологической пластичности по отношению к урожайности более

подробно может характеризовать комплексный показатель, который одновременно учитывает уровень урожайности и стабильность сорта (Пусс). В наших исследованиях показатель уровня стабильности сорта ориентировался на данные стандартного сорта Формат. Показатель Пусс изменялся от 62,2 % (Зерноградский 1875) до 113,7 % (Зерноградский 1932). По данному признаку выделились линии Зерноградский 1925, Зерноградский 1908 и Зерноградский 1932.

Наряду с урожайностью, широкое значение имеют и элементы структуры продуктивности, к которым относятся: масса 1000 зерен, масса зерна с колоса, количество продуктивных стеблей на 1 м^2 и др. Эти признаки непосредственно влияют на общую продуктивность возделываемой культуры и позволяют оценить потенциал сорта в условиях конкретного климата и почвы. Таким образом, анализируя эти элементы, селекционеры могут более точно раскрыть потенциал создаваемых сортов.

Признак массы 1000 зерен варьировал от 42,4 г (Зерноградский 1925) до 48,1 г (Зерноградский 1896), при урожайности стандартного сорта Формат – 44,6 г. Достоверное превышение данного признака отмечено у линии Зерноградский 1896 (+3,5 г), остальные были на уровне стандарта (таблица 4).

Таблица 4. Элементы структуры продуктивности сортов и линий ярового ячменя в среднем за годы исследований в КСИ, 2023-2025 гг.

Table 4. Yield structure elements of spring barley varieties and lines on average over the years of study in the CVT, 2023-2025

Сорт	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с колоса, г	Кол-во продуктивных стеблей 1 м^2 , шт	Кол-во зерен в колосе, шт	Высота растений, см
Формат, стандарт	44,6	1,00	714,7	23,0	87,9
Федос	44,2	0,90	708,0	20,3	88,0
Азимут	47,0	0,90	727,3	20,3	85,8
Феникс	43,6	0,90	737,7	21,0	85,6
Зерноградский 1896	48,1	0,97	769,3	20,0	85,4
Зерноградский 1900	42,6	0,86	642,3	20,7	90,7
Зерноградский 1901	45,0	0,86	642,3	19,7	85,1
Зерноградский 1875	46,8	0,94	662,7	21,0	95,1
Зерноградский 1763	44,7	0,86	661,3	20,0	85,8
Зерноградский 1825	42,9	0,86	657,3	20,0	84,6
Зерноградский 1904	42,6	0,87	683,7	20,0	86,2
Зерноградский 1908	43,4	1,31	690,7	22,3	90,3
Зерноградский 1910	46,6	1,37	762,3	20,3	89,9
Зерноградский 1911	46,4	1,26	689,0	19,3	86,5
Зерноградский 1912	44,4	1,29	705,3	20,7	88,5
Зерноградский 1925	42,4	1,11	722,0	22,7	85,5
Зерноградский 1927	42,5	1,25	718,0	23,0	92,6
Зерноградский 1921	44,6	1,29	732,3	19,7	87,2
Зерноградский 1932	43,0	1,23	683,3	21,7	89,6
НСР05	2,53	0,54	96,6	1,4	6,3

По признаку массы зерна с колоса наблюдался разбег варьирования от 0,86 г (Зерноградский 1900 и Зерноградский 1901) до 1,37 г (Зерноградский 1910), все линии были на уровне стандартного сорта Формат (1,00 г).

Рассматривая показатели элементов структуры ярового ячменя, следует также отметить количество продуктивных стеблей 1 м², показатель которого варьировал от 642,3 шт. (Зерноградский 1900 и Зерноградский 1901) до 737,7 шт. (Феникс). Все изучаемые сорта и линии были на уровне стандарта Формат – 714,7 шт.

Количество зерен в колосе – важный показатель при отборе на продуктивность, его значения могут служить предпосылкой высокого урожая. Значения данного признака были в диапазоне от 19,3 шт. у линии Зерноградский 1911 до 23,0 шт. у сорта Формат и линии Зерноградский 1927. По данному признаку все сорта и линии были ниже или на уровне стандартного сорта Формат.

Высота растений – как признак, тесно связанный с устойчивостью к полеганию, может повлиять на итоговую урожайность и качество зерна ячменя. Интенсивный рост растений во влажные годы или низкий в засушливые годы, влияет на оптимальную ассимиляционную поверхность, а это, в свою очередь, может сказаться на процессе уборки и сохранности зерна. Показатель высоты растений варьировал от 84,6 см (Зерноградский 1825) до 95,1 см (Зерноградский

1875). При значении стандартного сорта Формат – 87,9 см, все сорта и линии были на уровне стандарта и относились к категории среднерослых.

Стоит отметить, что в селекции зерновых культур для определения потенциальных высокоурожайных сортов используется метод, который основывается на выделении продуктивных генотипов с помощью селекционных индексов. Считается, что такой подход помогает выявить физиолого-генетические системы, влияющие на рост урожайности зерна, и может оказаться более действенным, чем отбор по абсолютным характеристикам. Для анализа использовались следующие индексы: мексиканский (Mx) – отношение массы зерна с колоса (г) к высоте растения (см) и финно-скандинавский (FSI) – отношение количества зерен в колосе (г) к длине стебля (см), индекс перспективности (J.P.) – отношение массы 1000 зерен (г) к длине стебля (см), индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе (j) – отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе.

Мексиканский индекс (Mx) отражает способность соломины выдерживать вес колоса и сопротивляться полеганию. Более высокий показатель индекса отмечен у линий Зерноградский 1910 (Mx = 0,0153), Зерноградский 1921 (Mx = 0,0148), Зерноградский 1912 (Mx = 0,0146), Зерноградский 1908 (Mx = 0,0145) и Зерноградский 1911 (Mx = 0,0145), получивших ранг с 1 по 5 (таблица 5).

Таблица 5. Селекционные индексы сортов и линий ярового ячменя в КСИ, 2023-2025 гг
Table 5. Selection indices of spring barley varieties and lines in the CVT, 2023-2025

Сорт	Мексиканский индекс		Финно-скандинавский индекс		Индекс перспективности		Индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе	
	Mx	ранг	FSI	ранг	J.P.	ранг	j	ранг
Формат, стандарт	0,0114	9	0,295	2	0,572	10	1,94	17
Федос	0,0102	13	0,261	14	0,567	11	2,17	9
Азимут	0,0105	11	0,268	7	0,621	2	2,31	3
Феникс	0,0105	12	0,278	5	0,577	8	2,08	13
Зерноградский 1896	0,0113	10	0,265	9	0,638	1	2,41	1
Зерноградский 1900	0,0095	19	0,256	15	0,528	18	2,06	14
Зерноградский 1901	0,0101	15	0,262	13	0,600	4	2,29	5
Зерноградский 1875	0,0099	18	0,247	19	0,550	15	2,23	8
Зерноградский 1763	0,0101	16	0,264	10	0,589	5	2,24	7
Зерноградский 1825	0,0102	14	0,268	8	0,576	9	2,15	11
Зерноградский 1904	0,0101	17	0,262	12	0,559	14	2,13	12
Зерноградский 1908	0,0145	4	0,278	4	0,540	17	1,94	16
Зерноградский 1910	0,0153	1	0,254	17	0,583	6	2,29	4
Зерноградский 1911	0,0145	5	0,253	18	0,606	3	2,40	2
Зерноградский 1912	0,0146	3	0,263	11	0,566	12	2,15	10
Зерноградский 1925	0,0129	8	0,300	1	0,561	13	1,87	18
Зерноградский 1927	0,0135	7	0,278	3	0,515	19	1,85	19
Зерноградский 1921	0,0148	2	0,255	16	0,578	7	2,27	6
Зерноградский 1932	0,0137	6	0,272	6	0,541	16	1,99	15

Финно-скандинавский индекс (FSI) демонстрирует взаимосвязь между числом зёрен в колосе и длиной стебля. Повышение числа зёрен в колосе и уменьшение высоты растений, что отражается в высоком финно-скандинавском индексе, является одним из ключевых направлений для увеличения урожайности. Высокие значения FSI отмечены у сортов и линий: Зерноградский 1925 (FSI = 0,300), Формат (FSI = 0,295), Зерноградский 1927 (FSI = 0,278), Зерноградский 1908 (FSI = 0,278) и Феникс (FSI = 0,278).

Индекс перспективности (J.P.), как один из селекционных индексов, учитывает возможности стебля преобразовывать пластические вещества в зерно. Высокие показатели в этом отношении определяют селекционную значимость образцов. По данному индексу высокие значения получены у сортов и линий: Зерноградский 1896 (J.P. = 0,638), Азимут (J.P. = 0,621),

Зерноградский 1911 (J.P. = 0,606), Зерноградский 1927 (J.P. = 0,600) и Зерноградский 1763 (J.P. = 0,589).

Высокий индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе (j), является одним из показателей селекционной ценности сорта. Высокий уровень j отмечен у сортов и линий: Зерноградский 1896 (j = 2,41), Зерноградский 1911 (j = 2,40), Азимут (j = 2,31), Зерноградский 1910 (j = 2,29) и Зерноградский 1901 (j = 2,29).

По сумме рангов используемых селекционных индексов были выделены сорта и линии с высокой устойчивостью к варьирующим условиям среды и высокой адаптивностью: Зерноградский 1896 (Σ рангов = 21), Азимут (Σ рангов = 23), Зерноградский 1910 (Σ рангов = 28), Зерноградский 1911 (Σ рангов = 28) и Зерноградский 1921 (Σ рангов = 31) (рисунок 3).



Рис. 3. Ранжирование сортов и линий ярового ячменя по селекционным индексам в КСИ, 2023-2025 гг

Fig. 3. Ranking of spring barley varieties and lines according to selection indices in the CVT, 2023-2025

Выводы. Наибольшая урожайность за годы исследований получена у линий Зерноградский 1825, Зерноградский 1896, Зерноградский 1925, Зерноградский 1927, Зерноградский 1932.

Образцы Зерноградский 1875 ($bi = 1,14$) и Зерноградский 1921 ($bi = 1,11$) выделились как пластичные, а Зерноградский 1908 как стабильный и устойчивый к внешним факторам. По коэффициенту вариации наименее изменчивой оказалась линия Зерноградский 1908 ($V = 32,5\%$). Высокие значения гомеостатичности отмечены у образцов Зерноградский 1825 ($Hom = 5,59$), Зерноградский 1904 ($Hom = 5,72$) и Зерноградский 1908 ($Hom = 7,42$). Высокий показатель селекционной ценности зафиксирован у линий Зерноградский 1908 и Зерноградский 1932 ($Sc = 3,4$). По показателю Пусс выделились Зерноградский 1925, Зерноградский 1908 и Зерноградский 1932, превысив стандарт на +10,1 ...13,7 %.

По сумме рангов используемых селекционных индексов (мексиканский (Mx), финно-скандинавский (FSI), перспективности (J.P.), отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе (j)) были выделены сорта и линии с высокой устойчивостью к варьирующим условиям среды и высокой адаптивностью: Зерноградский 1896 (Σ рангов = 21), Азимут (Σ рангов = 23), Зерноградский 1910 (Σ рангов = 28), Зерноградский 1911 (Σ рангов = 28) и Зерноградский 1921 (Σ рангов = 31).

По совокупности признаков высоких показателей адаптивности урожайности, селекционным индексам и элементам структуры продуктивности выделены перспективные селекционные образцы Зерноградский 1896, Зерноградский 1908 и Зерноградский 1921.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания № FNFN-2025-0006.

Библиографический список

- Новикова А.А., Гречишкина О.С., Емельянова А.А., Пустовалова А.А., Замерзляк М.В. Параметры адаптивности и гомеостатичности сортов ярового ячменя в условиях Оренбургской области // Земледелие. 2022. № 8. С. 35-38. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-8-35-38
- Вертий Н.С., Титаренко А.В., Титаренко Л.П., Козлов А.А. Селекционные индексы в оценке ячменно-пшеничных гибридов // Нива Поволжья. 2016. № 2 (39). С. 9-15. <https://www.elibrary.ru/ypsmlt>
- Тальшкіна А.Е., Шляхов В.А., Ткачук О.А. Изучение экологической пластичности сортов ярового ячменя в условиях северного Прикаспия // Нива Поволжья. 2025. № 2(74). С. 1010. DOI: 10.36461/NP.2025.74.2.019

4. Сапега В.А. Урожайность, сортовое районирование ярового ячменя в тюменской области и оценка экологической пластичности и стабильности его сортов // Вестник НГАУ. 2024. № 3(72). С. 84-95. DOI: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-84-95

5. Ермолаева Т.Я., Нуждина Н.Н., Говердов Д.В., Салманова Н.А., Федотова Н.М. Сравнительная оценка сортов озимой ржи по хозяйственно-биологическим показателям // Успехи современного естествознания. 2019. № 7. С. 14-20. DOI: <https://doi.org/10.17513/use.37153>

6. Лящева С.В., Кулеватова Т.Б., Злобина Л.Н., Заворотина А.Д. Оптимизация отбора высокопродуктивных генотипов озимой мягкой пшеницы с использованием селекционных индексов // Зерновое хозяйство России. 2025. № 17(5). С. 20-26. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-100-5-20-26

7. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений // Уфа: БашГАУ, 2005. 100 с.

8. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1981. № 1. С. 8-14

9. Неттевич Э.Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в центральном регионе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады РАСХН. 2001; 3: 3-6

10. Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Значимость комплексной оценки селекционных индексов и параметров стрессоустойчивости сортов озимой ржи // Аграрный вестник Урала. 2021. № 6(221). С. 16-26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-16-26.

References

1. Novikova A.A., Grechishkina O.S., Emel'yanova A.A., Pustovalova A.A., Zamerzlyak M.V. Parametry adaptivnosti i gomeostatichnosti sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Orenburgskoi oblasti [Adaptability and homeostatic parameters of spring barley varieties in the Orenburg region] // Zemledelie. 2022. № 8. S. 35-38. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-8-35-38

2. Vertii N.S., Titarenko A.V., Titarenko L.P., Kozlov A.A. Seleksionnye indeksy v otsenke yachmenno-pshenichnykh gibridov [Breeding indices in the evaluation of barley-wheat hybrids] // Niva Povolzh'ya. 2016. № 2 (39). S. 9-15. <https://www.elibrary.ru/ypsmlt>

3. Talyshkina A.E., Shlyakhov V.A., Tkachuk O.A. Izuchenie ekologicheskoi plastichnosti sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh severnogo Prikaspiya [Study of the ecological adaptability of spring barley varieties in the northern Pre-Caspian region] // Niva Povolzh'ya. 2025. № 2(74). S. 1010. DOI: 10.36461/NP.2025.74.2.019

4. Sapaga V.A. Urozhainost', sortovoe raionirovanie yarovogo yachmenya i otsenka ekologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti ego sortov [Productivity, varietal zoning of spring barley in the Tyumen region, and estimation of the ecological adaptability and stability of its varieties] // Vestnik NGAU. 2024. № 3(72). S. 84-95. DOI: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-84-95

5. Ermolaeva T.Ya., Nuzhdina N.N., Goverdov D.V., Salmanova N.A., Fedotova N.M. Sravnitel'naya otsenka sortov ozimoi rzi po khozyaistvenno-biologicheskim pokazatelyam [Comparative assessment of winter rye varieties based on economic and biological indicators] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2019. № 7. S. 14-20. DOI: <https://doi.org/10.17513/use.37153>

6. Lyashcheva S.V., Kulevatova T.B., Zlobina L.N., Zavorotina A.D. Optimizatsiya otbora vysokoproduktivnykh genotipov ozimoi myagkoi pshenitsy s ispol'zovaniem seleksionnykh indeksov [Optimization of the selection of high-yielding genotypes of winter common wheat using breeding indices]// Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2025. № 17(5). S. 20-26. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-100-5-20-26

7. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S. Metodika rascheta i otsenki parametrov ekologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii [Methodology for calculating and estimating the ecological adaptability parameters of agricultural plants]// Ufa: BashGAU, 2005. 100 s.

8. Khangil'din V. V., Litvinenko N. A. Gomeostatichnost' i adaptivnost' sortov ozimoi pshenitsy [Homeostasis and adaptability of winter wheat varieties] // Nauchno-tekhnicheskii byulleten' VSGI. 1981. № 1. S. 8-14

9. Nettevich E.D. Potentsial urozhainosti rekomendovannykh dlya vzdelyvaniya v tsentral'nom regione RF sortov yarovoi pshenitsy i yachmenya i ego realizatsiya v usloviyakh proizvodstva [Productivity potential of spring wheat and barley varieties recommended for cultivation in the Central Region of the Russian Federation and its implementation in production]// Doklady RASKhN. 2001; 3: 3-6

10. Safonova I.V., Anis'kov N.I. Znachimost' kompleksnoi otsenki seleksionnykh indeksov i parametrov stressoustoichivosti sortov ozimoi rzi [The importance of a comprehensive assessment of breeding indices and stress resistance parameters in winter rye varieties] // Agrarnyi vestnik Urala. 2021. № 6(221). S. 16-26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-16-26.

Поступила: 23.12.25; доработана после рецензирования: 24.02.26; принята к публикации: 24.02.26.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Донцова А.А. – концептуализация и ресурсное обеспечение исследования; визуализация, обработка и анализ данных и их интерпретация; подготовка рукописи; Брагин Р.Н. – подготовка и выполнение экспериментальных лабораторных работ и сбор данных; визуализация, обработка и анализ данных и их интерпретация; подготовка рукописи; Донцов Д.П., Дорошенко Э.С., Засыпкина И.М. – подготовка и выполнение экспериментальных лабораторных работ и сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.