


DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-2-118-128
УДК 633.13:631.559

Научная статья / Research article

Оценка урожайности, пластичности и стабильности образцов ярового ячменя в условиях Европейского Севера РФ

О.Б. Батакова , В.А. Корелина  

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск, Российская Федерация
 19651960@mail.ru

Аннотация. Современные агроклиматические условия окружающей среды Европейского Севера РФ за последние годы определяются постоянными колебаниями биотических и абиотических факторов, что требует от сортов для сельскохозяйственного производства высокого уровня пластичности и стабильности урожайности и количественных признаков. Поэтому определение уровня реакции растений на изменчивые факторы среды с целью отбора наиболее перспективного селекционного материала является важной задачей селекционеров. Исследования проводились на опытном поле ФИЦКИА УрО РАН (г. Котлас). В питомнике конкурсного испытания изучались образцы ячменя ярового местной селекции. Показатели пластичности и стабильности сорта рассчитывали по методу С.А. Эберхарта, В.А. Рассела (1966), показатель генетической гибкости — по методу Р.А. Удачина (1990). Различные погодные условия за период исследований дали возможность разносторонне оценить селекционный материал. Гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянину (ГТК) за годы исследований варьировал от 1,85 до 3,06. Проведен анализ десяти образцов ячменя ярового за период 2017—2019 гг. на выявление пластичного, стабильного генотипа. В результате исследований высокий уровень стабильности показали образцы к-037712 ($\sigma^2=0,01$), к-038404 ($\sigma^2 = 0,02$). Выявлены образцы с нейтральным генотипом: к-039257, к-036982 ($b_i < 1$) и образец слабо реагирующий на изменения условий среды к-038806 ($b_i = 0,23$). Значение b_i близко к 1 у сорта Котласский, что показывает высокую экологическую пластичность сорта. Образец к-038806 с наименьшим коэффициентом линейной регрессии — 0,23 подходит для выращивания на естественном агрофоне. Выделенные генетические источники будут использованы в селекционной работе для создания высокопродуктивных сортов ярового ячменя для условий Европейского Севера РФ.

Ключевые слова: образец, сорт, адаптивность, стабильность, коэффициент регрессии, генотип, ячмень

Заявление о конфликте интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Благодарности. Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБУН ФИЦКИА УрОРАН № 0409-2021-0004.

© Батакова О.Б., Корелина В.А., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

История статьи: Поступила в редакцию: 29 декабря 2020 г. Принята к публикации: 11 мая 2021 г.

Для цитирования: Батакова О.Б., Корелина В.А. Оценка урожайности, пластичности и стабильности образцов ярового ячменя в условиях Европейского Севера РФ // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2021. Т. 16. № 2. С. 118—128. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-2-118-128

Assessment of yield, plasticity and stability of spring barley cultivars grown in the European North of the Russian Federation

Olga B. Batakova , Valentina A. Korelina  

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation

 Corresponding author: 19651960@mail.ru

Abstract. In recent years, modern agroclimatic environmental conditions in the European North of the Russian Federation are determined by constant fluctuations of biotic and abiotic factors, which require a high level of plasticity and stability of crop yield and quantitative characteristics from cultivars used in agricultural production. Therefore, determining the plant response to changing environmental factors in order to select the most promising breeding seeds, is an important task for breeders. The research was conducted on experimental field of N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, in the nursery of competitive variety testing in 2017—2019. Cultivars of spring barley of local selection were studied. Indicators of cultivar plasticity and stability were calculated by the method of S.A. Eberhart, W.A. Russell (1966), the indicator of genetic flexibility — by the method of R.A. Udachin (1990). Various weather conditions during the research period enabled to evaluate the breeding material comprehensively. The hydrothermal coefficient (according to G.T. Selyaninov) varied from 1.85 to 3.06 during the research years. Ten cultivar samples of spring barley were analyzed to identify a plastic stable genotype. As a result, a high level of stability was shown by samples k-037712 ($\sigma^2 = 0.01$), k-038404 ($\sigma^2 = 0.02$). Samples with a neutral genotype were identified: k-039257, k-036982 ($b_i < 1$) and a sample weakly responding to environmental changes — k-038806 ($b_i = 0.23$). The b_i value is very close to 1 in Kotlassky cultivar, which shows a high ecological plasticity. Sample k-038806 has the lowest coefficient of linear regression (0.23), therefore, it is suitable for cultivation on unfertilized soils. The selected genetic sources will be used in breeding to develop highly productive cultivars of spring barley for the conditions of the European North of the Russian Federation.

Keywords: sample, cultivar, adaptability, stability, regression coefficient, genotype, barley

Conflicts of interest. The authors declared that they have no conflict of interest.

Acknowledgments. The research was carried out within the framework of the State Assignment of N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (FECIAR UrB RAS) No. 0409-2021-0004.

Article history:

Received: 29 December 2020. Accepted: 11 May 2021

For citation:

Batakova OB, Korelina VA. Assessment of yield, plasticity and stability of spring barley cultivars grown in the European North of the Russian Federation. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(2):118—128. (In Russ.) doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-2-118-128

Введение

Ячмень яровой — пластичная и высокоадаптивная культура. Благодаря своим биологическим особенностям, ячмень характеризуется коротким вегетационным периодом, что обуславливает широкое распространение культуры до самых северных границ земледелия. Основные успехи мировой селекции ячменя связаны с экологической пластичностью этой культуры и ее высокой адаптивностью к местным условиям. В каждом регионе необходимо подбирать такие сорта, которые соответствовали бы его климатическим условиям. На Европейском Севере РФ урожайность ячменя остается недостаточно высокой и нестабильной по годам, поэтому при создании сорта доминируют прежде всего скороспелость и продуктивность, а также адаптивная способность и экологическая стабильность перспективного селекционного материала. Адаптивная способность — важнейшее свойство, которое определяет наибольшее соответствие между генотипом и условиями окружающей среды. «Адаптивный сорт — это сорт, приспособленный не только к оптимальным условиям, но и к минимуму и максимуму внешних факторов среды. Создание таких агроэкологически адресных сортов является важнейшей задачей селекции», — отмечали исследователи А.А. Жученко, И.Н. Щенникова, Л.П. Кокина, И.Ю. Зайцева и др. [1—6]. Адаптивные сорта должны гарантировать в достаточной степени высокую урожайность в благоприятных условиях и стабильную — в стрессовых. «При любом направлении селекции ярового ячменя урожай с единицы площади, в сочетании со скороспелостью и устойчивостью к неблагоприятным факторам, остается главным критерием оценки нового сорта», — пишет Н.А. Родина в [7]. По данным Л.П. Косяненко доказано, что с ростом потенциальной продуктивности сортов снижается их устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды, а это оказывает влияние на фактическую урожайность данных сортов — она снижается [8]. Для создания сортов необходимо оценивать соответствие сорта экологическим условиям местности, т. е. проводить оценку его экологической пластичности и стабильности [9]. Экологическая пластичность, по определению ряда ученых [10—12], — это реакция генотипа на изменение условий среды, проявляющаяся в фенотипической изменчивости; стабильность — это способность генотипа поддерживать определенный фенотип в различных условиях среды. Существующие методы оценки экологической стабильности сортов основаны на различных критериях оценки изучаемого материала и широко представлены в современной литературе [13, 14].

Важная задача селекционеров — определение уровня реакции растений на изменчивые факторы среды с целью отбора наиболее перспективного селекционного материала. Созданию адаптивных сортов способствует отбор экологически пластичных селекционных линий, приспособленных по минимуму реагировать на изменение гидротермического режима и других экологических стрессоров среды. Немаловажное значение для селекции имеет анализ генотипов (сортов) для выявления образцов, характеризующихся обширными адаптационными свойствами к конкретным почвенно-климатическим условиям региона и соответствующих потребностям современного производства. По мнению В.Н. Пакуль, С.В. Мартыно-

вой, Д.Е. Андросова, лучшими являются генотипы, которые имеют минимальное взаимодействие со средой и высокую стабильность признака [15].

Цель исследований — оценка продуктивного и адаптивного потенциала сортов и образцов ярового ячменя собственной селекции в контрастные годы по признаку урожайности, в связи с чем, актуально определение генетической гибкости, стабильности B^2 и уровня адаптивного потенциала генотипов ярового ячменя в различных средовых условиях b_i .

Материалы и методы исследования

В питомнике конкурсного испытания с 2017 по 2019 гг. изучались 10 образцов ячменя ярового местной селекции.

Исследования проводились на опытном поле ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН (г. Котлас), предшественник — однолетние культуры. Норма высева — 5,0 млн всхожих семян на 1 га, площадь делянки — 10 м², повторность опыта 4-кратная. Почвы опытного участка представлены дерново-подзолистыми суглинками. Мощность пахотного горизонта — 20...22 см, кислотность рН — 6,0, содержание гумуса — 2,2, содержание подвижного фосфора P_2O_5 — 250, обменного калия K_2O — 100 мг/кг на 100 г почвы.

Различные погодные условия за период исследований дали возможность разносторонне оценить селекционный материал. Гидротермический коэффициент (ГТК) за годы исследований варьировал от 1,85 до 3,06. Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений ячменя сложились в 2017 г. Данные по агрометеорологическим исследованиям предоставлены ФГБУ «Северное УГМС» Гидрометцентра по посту Курцево. Оценка селекционного материала была проведена по основным селекционно-ценным признакам с учетом продолжительности вегетационного периода, устойчивости к полеганию и урожайности зерна. Во время вегетации растений проведены фенологические наблюдения (периоды: всходы, кущение, колошение, молочная спелость, полная спелость).

Показатели пластичности и стабильности сорта рассчитывали по методу С.А. Эберхарта, В.А. Рассела [16], индекс условий среды I_j рассчитывали по формуле

$$I_j = (\sum Y_{ij}/v) - (\sum \sum Y_{ij}/vn),$$

где $\sum Y_{ij}$ — сумма урожайности всех сортов за 1 год; $\sum \sum Y_{ij}$ — сумма урожайности всех сортов за все годы; v — количество образцов; n — число лет.

Коэффициент регрессии $b_i = \sum Y_{ij}I_j / \sum I_j^2$, где $\sum Y_{ij}I_j$ — сумма произведения урожайности i -го сорта за j -й год на соответствующую величину индекса условий среды; $\sum I_j^2$ — сумма квадратов индексов условий среды.

Для определения стабильности урожайности вычисляют теоретические урожаи каждого сорта по формуле $Y_{ij} = y_i + b_i I_j$, где y_i — средняя урожайность сорта за все годы испытаний, т/га; $b_i I_j$ — произведение коэффициента регрессии сорта на индекс условий среды.

Стабильность по формуле $Bd^2 = \sum b_i^2 / (n - 2)$, где $\sum b_i^2$ — сумма квадратов отклонений фактической урожайности от теоретической; n — число лет испытаний.

Гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянинову [17], рассчитывается по формуле $K = R \times 10 / \Sigma t$; где R представляет собой сумму осадков в миллиметрах за период с температурами выше $+10\text{ }^\circ\text{C}$, Σt определяет сумму температур в градусах за то же время.

Результаты исследования и обсуждения

С целью получения объективной оценки об адаптивности и индекса стабильности районированных сортов и образцов ярового ячменя селекции АрхНИИСХ в питомнике конкурсного сортоиспытания в годы, контрастные по уровню урожайности (2017—2019 гг.), были рассмотрены показатели урожайности согласно методическим указаниям по селекции ячменя и овса¹ (рис.).



Питомник конкурсного сортоиспытания ячменя ярового в фазу колосошения, 2019 г.
Nursery of competitive variety testing of spring barley in the earing phase, 2019

Анализируя показатели продуктивности, можно отметить наиболее благоприятный для ярового ячменя 2017 год. Он отличался количеством осадков в пределах нормы (107 %), среднесуточной температурой за период вегетации на $1\text{ }^\circ\text{C}$ ниже нормы, что не помешало сформировать достаточно высокий урожай зерна. ГТК составил 2,34, что в пределах нормы. Увлажнение считается оптимальным, если ГТК = $1 \dots 1,5$, избыточное — ГТК более 1,6, недостаточное — ГТК менее 1, слабое — ГТК менее 0,5. Для условий Архангельской области среднее значение гидротермического коэффициента составляет от 1,5 до 2,5. Сумма активных температур составила — $1468\text{ }^\circ\text{C}$, количество выпавших осадков — 342 мм.

Очень неблагоприятным для развития ячменя оказался 2018 г., как по сумме эффективных температур, так и по количеству выпавших осадков, резкие перепады дневных ($+18 \dots +22\text{ }^\circ\text{C}$) и низких ночных температур ($0 \dots +3\text{ }^\circ\text{C}$) первой половине

¹ Баталова Г.А., Широких И.Г., Щенникова И.Н. Методические указания по селекции ячменя и овса / Северо-Восточный региональный науч. центр Россельхозакадемии, Зональный науч.-исслед. ин-т сельского хоз-ва им. Н.В. Рудницкого. Киров, 2014. 62 с.

июня отрицательно сказались на развитии ярового ячменя. ГТК года составил 1,85. Растения не получили должного развития, были низкорослые и с очень слабым куцением, как результат — очень низкая урожайность.

За период 2019 г. среднесуточная температура воздуха составила 13,2 °С, что ниже средних многолетних на 0,5 °С, количество выпавших осадков на 57 % выше среднемноголетних показателей. ГТК составил — 3,06, что существенно выше средних многолетних данных (+0,56...+1,56). В результате сложившихся неблагоприятных погодных условий года (температура ниже нормы, большее количество осадков), которые существенно повлияли на рост и развитие зерновых культур в период «колошение — созревание», значительно увеличилась длина вегетационного периода, затянулась уборка урожая. Анализируя метеоусловия за годы исследований, можно сделать вывод, что вегетация ячменя проходила в крайне неблагоприятных и разнообразных климатических условиях, что позволило дать наиболее объективную оценку изучаемого селекционного материала.

Для дальнейшего анализа экологической пластичности образцов определили индексы условий среды I_j , которые могут принимать отрицательные и положительные значения, лучшие условия среды складываются при положительном значении, в нашем случае это 2017 г., когда I_j составил +1,6. Положительное значение индекса условий среды формирует более полную реализацию потенциальных возможностей генотипа. Неблагоприятные условия для развития ярового ячменя сложились в 2018 г. $I_j = -1,38$, в 2019 г. $I_j = -0,22$ (табл. 1). Высокие отрицательные индексы являются следствием низкого адаптивного потенциала изучаемых образцов. Индекс условий среды необходимо определить для вычисления коэффициента линейной регрессии.

Таблица 1

**Показатели урожайности, коэффициента регрессии, стабильности
и генетической гибкости образцов ячменя ярового**

Сорт, образец	Урожайность, т/га				Отношение к стандарту, %	Сумма	b_j	b^2
	2017	2018	2019	Среднее				
Ст. Дина	4,7	1,5	1,9	2,7	100	8,1	1,12	0,29
Таусень	5,2	1,5	2,1	2,9	+107	8,8	1,28	0,34
Котласский	4,9	1,6	3,5	3,3	+122	10,0	1,08	0,21
к-038404	5,7	1,4	3,2	3,4	+125	10,3	1,44	0,02
к-039257	5,6	3,9	3,2	4,2	+155	12,7	0,63	0,42
к-037712	6,4	2,7	4,2	4,4	+163	13,3	1,24	0,01
к-036982	4,1	2	4,2	3,4	+125	10,3	0,62	1,15
к-038338	4,9	1,4	3,4	3,2	+119	9,7	1,15	0,30
к-038623	5,2	1,4	2,5	3	+111	9,1	1,29	0,10
к-038806	3,8	3,3	4,1	3,7	+137	11,2	0,23	0,50
Средняя	5,05	2,07	3,23	3,44				
Сумма	50,5	20,7	32,3	34,4		103,5		
Индекс условий среды	+1,6	-1,38	-0,22	-0,03				
НСР05	0,4	0,35	0,71	0,6				

Table 1

Indicators of yield, regression coefficient, stability and genetic flexibility of spring barley cultivars

Cultivar	Yield, t/ha				Ratio to the standard, %	Total	b_i	σ^2
	2017	2018	2019	Mean				
Dina (St.)	4.7	1.5	1.9	2.7	100	8.1	1.12	0.29
Tausen	5.2	1.5	2.1	2.9	+107	8.8	1.28	0.34
Kotlassky	4.9	1.6	3.5	3.3	+122	10.0	1.08	0.21
k-038404	5.7	1.4	3.2	3.4	+125	10.3	1.44	0.02
k-039257	5.6	3.9	3.2	4.2	+155	12.7	0.63	0.42
k-037712	6.4	2.7	4.2	4.4	+163	13.3	1.24	0.01
k-036982	4.1	2	4.2	3.4	+125	10.3	0.62	1.15
k-038338	4.9	1.4	3.4	3.2	+119	9.7	1.15	0.30
k-038623	5.2	1.4	2.5	3	+111	9.1	1.29	0.10
k-038806	3.8	3.3	4.1	3.7	+137	11.2	0.23	0.50
Mean	5.05	2.07	3.23	3.44				
Total	50.5	20.7	32.3	34.4		103.5		
Environmental index	+1.6	-1.38	-0.22	-0.03				
LSD05	0.4	0.35	0.71	0.6				

Отмечен широкий размах варьирования урожайности не только по годам изучения, но и по изучаемым образцам, от 1,4 (2018 г.) и до 6,4 т/га (2017 г.). Многолетняя среднегодовая урожайность всего периода изучения оказалась равной 3,44 т/га. Данная величина является критерием для определения благоприятных и неблагоприятных условий выращивания ячменя, факторов внешней среды.

Определяемый по методике С.А. Эберхарта, В.А. Рассела коэффициент линейной регрессии b_i показывает реакцию изучаемого генотипа на изменение условий выращивания. Значение коэффициента выше 1 показывает отзывчивость сорта на уровень агротехники и соответственно, если $b_i < 1$, то и сорт слабее реагирует на условия внешней среды. По данным Н.И. Аниськова при условии $b_i = 1$ имеется полное соответствие изменения урожайности сорта изменению условий выращивания.

В наших исследованиях b_i варьировал от 0,23 до 1,44. Отмечен $b_i > 1$ у пяти образцов, $b_i < 1$ у трех. Образцы к-037712, к-038404, к-038623, к-038338 и сорт Дина ($b_i > 1$) обладают более высокой отзывчивостью на условия выращивания. Значение b_i очень близкое к 1 у сорта Котласский, что показывает высокую экологическую пластичность сорта. Наименьший коэффициент линейной регрессии — 0,23 у к-038806, что значит при изменении условий среды, на низком агрофоне урожайность незначительно понизится. Это означает, что образец к-038806 слабо реагирует на изменения условий среды, подходит для выращивания на естественном агрофоне. К нейтральному типу относятся образцы: к-039257, к-036982 ($b_i < 1$).

Стабильность (среднеквадратичное отклонение σ^2 по методике С.А. Эберхарта, В.А. Рассела) показывает, насколько сильно фактическая урожайность сорта соответствует ожидаемой, чем меньше среднеквадратичное отклонение фактических показателей от теоретически ожидаемых, тем стабильнее сорт.

В годы с лучшим индексом условий среды наиболее высокие показатели теоретической урожайности у многорядных образцов к-037712 и к-038404, при худших условиях среды высокие показатели теоретической урожайности у к-039257, низкие показатели у образцов Таусень, к-038623, к-038404 (табл. 2). Отмечены наиболее высокие показатели теоретической урожайности в годы с лучшими условиями и значительное ее снижение в годы с худшими условиями у к-038404.

Таблица 2

Теоретические урожайности образцов ярового ячменя в условиях Европейского Севера РФ

Сорт, образец	Теоретическая урожайность и отклонение ее от фактической, т/га							б ²	Генетическая гибкость, т/га
	2017	Отклонение	2018	Отклонение	2019	Отклонение	Средняя		
Ст. Дина	4,5	-0,2	1,5	-0,4	2,5	+0,3	2,8	0,29	3,10
Таусень	5,0	+0,3	1,1	-0,4	2,6	+0,3	2,9	0,34	3,35
Котласский	5,0	+0,1	1,8	+0,2	3,1	-0,4	3,3	0,21	3,25
к-038404	5,7	0	1,3	+0,1	3,1	+0,1	3,4	0,02	3,55
к-039257	5,2	+0,4	3,4	+0,5	3,3	-0,1	4,0	0,42	4,75
к-037712	6,4	0	2,7	0	4,1	+0,1	4,4	0,01	4,55
к-036982	4,4	-0,3	2,5	-0,5	3,3	+0,9	3,4	1,15	3,10
к-038338	5,0	-0,1	1,6	-0,2	2,9	+0,2	3,2	0,30	3,15
к-038623	5,1	-0,1	1,2	+0,2	2,7	-0,2	2,9	0,10	3,30
к-038806	4,1	-0,3	2,9	+0,4	3,7	+0,5	3,6	0,50	3,70

Table 2

Theoretical yields of spring barley cultivars in the Far North of the Russian Federation

Cultivar	Theoretical yield and its deviation from the actual yield, t/ha							б ²	Genetic flexibility, t/ha
	2017	Deviation	2018	Deviation	2019	Deviation	Mean		
Dina (St.)	4.5	-0.2	1.5	-0.4	2.5	+0.3	2.8	0.29	3.10
Tausen	5.0	+0.3	1.1	-0.4	2.6	+0.3	2.9	0.34	3.35
Kotlassky	5.0	+0.1	1.8	+0.2	3.1	-0.4	3.3	0.21	3.25
k-038404	5.7	0	1.3	+0.1	3.1	+0.1	3.4	0.02	3.55
k-039257	5.2	+0.4	3.4	+0.5	3.3	-0.1	4.0	0.42	4.75
k-037712	6.4	0	2.7	0	4.1	+0.1	4.4	0.01	4.55
k-036982	4.4	-0.3	2.5	-0.5	3.3	+0.9	3.4	1.15	3.10
k-038338	5.0	-0.1	1.6	-0.2	2.9	+0.2	3.2	0.30	3.15
k-038623	5.1	-0.1	1.2	+0.2	2.7	-0.2	2.9	0.10	3.30
k-038806	4.1	-0.3	2.9	+0.4	3.7	+0.5	3.6	0.50	3.70

Теоретический показатель стабильности имеет небольшой диапазон изменчивости (0,01...1,15). Наименьшими значениями среднеквадратичного отклонения характеризовались образцы к-037712 (0,01), к-038404 (0,02), к-038623 (0,1) как наиболее стабильные в питомнике конкурсного сортоиспытания. Самым нестабильным оказался образец к-036982 (1,15).

Показатель генетической гибкости рассчитали по методике, предложенной Р.А. Удачным [18], он показывает степень соответствия между генотипом и раз-

ными факторами внешней среды (сумма минимальной и максимальной урожайности, разделенная на два), при среднем значении 3,44 т/га изменялся в пределах от 3,10 до 4,75 т/га. Наибольшую степень соответствия условиям внешней среды (4,55...4,75 т/га) показали образцы к-037712 и к-039257, остальные образцы близки к среднему значению урожайности.

Заключение

Оценка экологической пластичности позволила выделить отзывчивые и стабильные сортообразцы ярового ячменя к условиям внешней среды. Таким образом, анализ экологической пластичности и стабильности ячменя ярового в условиях Европейского Севера РФ позволил выделить наиболее адаптивные образцы для использования в практической селекции в условиях северного региона. Высокий уровень стабильности показали образцы к-037712 (разновидности *ricotense*) и к-038404 (*nutans*). Образец к-037712 показал наибольшую степень соответствия условиям внешней среды. Значение b_1 очень близкое к 1 у сорта Котласский, что показывает высокую экологическую пластичность сорта. Образец к-038806 с наименьшим коэффициентом линейной регрессии — 0,23 подходит для выращивания на естественном агрофоне. Выделенные нами генетические источники будут использованы в селекционных программах, направленных на создание высокопродуктивных сортов ярового ячменя для условий Европейского Севера РФ.

Библиографический список

1. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. М., 2008.
2. Жученко А.А. За адаптивной системой селекции и семеноводства — будущее // Картофель и овощи. 2012. № 8. С. 5.
3. Жученко А.А. Стратегия адаптивного растениеводства и ресурсосбережения // АПК: Экономика, управление. 2017. № 6. С. 11—19.
4. Щенникова И.Н., Кокина Л.П., Зайцева И.Ю. Экологическая стабильность сортов и селекционных линий ярового ячменя // Вестник Марийского государственного университета. Серия Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2018. Т. 4. № 3. С. 85—90. doi:10.30914/2411-9687-2018-4-3-85-90
5. Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш., Сапега С.В. Урожайность и параметры стабильности сортов зерновых культур // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 10. С. 22—26.
6. Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Урожайность и адаптивность сортов озимой ржи в Северном Зауралье // Земледелие. 2015. № 2. С. 45—46.
7. Родина Н.А. Селекция ячменя на Северо-Востоке Нечерноземья. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. 488 с.
8. Косяненко Л.П. Серые хлеба в Восточной Сибири. Красноярск: Изд-во Красноярского государственного аграрного университета, 2008. 300 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19511292>
9. Пакуль В.Н., Мартынова С.В., Андросов Д.Е. Оценка адаптивной способности и стабильности ярового ячменя в условиях северной лесостепи Кузнецкой котловины // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 1. С. 32—34. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10106
10. Гребенникова И.Г., Алейников А.Ф., Степочкин П.И. Диаллельный анализ числа колосков вколосе яровой тритикале // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2011. № 7—8 (221). С. 77—85.
11. Pereira H.S., Alvares R.C., Silva F.C., de Faria L.C., Melo L.C. Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality // Semina: Ciências Agrárias. 2017. Vol. 38. № 3. Pp. 1241—1250. doi: 10.5433/1679-0359.2017v38n3p1241

12. Admas S., Tesfaye K. Genotype-by-environment interaction and yield stability analysis in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes in North Shewa, Ethiopia // *Acta Universitatis Sapientiae. Agriculture and Environment*. 2017. Vol. 9. № 1. Pp. 82—94. doi: 10.1515/ausae-2017-0008
13. Gedif M., Yigzaw D., Tsige G. Genotype-environment interaction and correlation of some stability parameters of total starch yield in potato in Amhara region, Ethiopia // *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2014. Vol. 6. № 3. Pp. 31—40. doi: 10.5897/JPBCS2013.0426
14. Куркова И.В., Кузнецова А.С., Терехин М.В. Параметры экологической пластичности сортов сортообразцов ярового ячменя Амурской селекции // *Вестник Новосибирского аграрного университета*. 2015. № 3 (36). С. 19—24.
15. Куркова И.В., Рукосуев Р.В. Оценка параметров стабильности сортов ярового ячменя дальневосточной селекции // *Вестник Алтайского государственного университета*. 2013. № 1(99). С. 13—14.
16. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties // *Crop Sci.* 1966. № 6 (1). Pp. 36—40. doi: 10.2135/CROPSCI1966.0011183X000600010011X
17. Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // *Труды по сельскохозяйственной метеорологии*. 1928. Вып. 20. С. 165—177.
18. Удачин Р.А., Головченко А.П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы // *Селекция и семеноводство*. 1990. № 5. С. 2—6.

References

1. Zhuchenko AA. *Adaptivnoe rastenievodstvo (ekologo-geneticheskie osnovy). Teoriya i praktika* [Adaptive plant growing (ecological-genetic principles). Theory and practice]. Moscow: Agrorus publ.; 2008. (In Russ).
2. Zhuchenko AA. Adaptive breeding and seed production system as the future. *Potato and vegetables*. 2012; (8):5. (In Russ).
3. Zhuchenko A.A. Strategy of adaptive crop production and resource saving. *AIC: economics, management*. 2017; (6):11—19. (In Russ).
4. Schennikova IN, Kokina LP, Zaitseva IY. Ecological stability of varieties and breeding lines of spring barley. *Vestnik of Mari State University. Chapter: Agriculture. Economics*. 2018; 4(3):85—91. (In Russ). doi:10.30914/2411-9687-2018-4-3-85-90
5. Sapega VA, Tursumbekova GS, Sapega SV. Productivity and parameters of stability of grades of grain crops. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2012; (10):22—26. (In Russ).
6. Sapega VA, Tursumbekova GS. Productivity and adaptability of the winter rye variety in North Transurals. *Zemledelie*. 2015; 2:45—46. (In Russ).
7. Rodina NA. *Selektsiya yachmenya na Severo-Vostoke Nechernozem'ya* [Barley breeding in the North-East of Nonblack Soil Zone]. Kirov: Zonal ARI of the North-East publ.; 2006. (In Russ).
8. Kosyanenko LP. *Serye khleba v Vostochnoi Sibiri* [Gray bread in Eastern Siberia]. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University publ.; 2008. 300 p. (In Russ).
9. Pakul VN, Martynova SV, Androsov DE. Estimation of adaptive ability and stability of spring barley under conditions of the northern forest-steppe of the kuznetsk depression. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2018; 32(1):32—34. (In Russ). doi: 10.24411/0235-2451-2018-10106.
10. Grebennikova IG, Aleynikov AF, Stepochkin PI. Diallel analysis of the number of spikelets per spike in spring triticale. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2011; (7—8):77—85. (In Russ).
11. Pereira HS, Alvares RC, Silva FC, de Faria LC, Melo LC. Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality. *Semina: Ciencias Agrarias*. 2017; 38(3):1241—1250. doi: 10.5433/1679-0359.2017v38n3p1241.
12. Admas S, Tesfaye K. Genotype-by-environment interaction and yield stability analysis in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes in North Shewa, Ethiopia. *Acta Universitatis Sapientiae. Agriculture and Environment*. 2017; 9(1):82—94. doi: 10.1515/ausae-2017-0008.
13. Gedif M, Yigzaw D, Tsige G. Genotype-environment interaction and correlation of some stability parameters of total starch yield in potato in Amhara region, Ethiopia. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2014; 6(3):31—40. doi: 10.5897/JPBCS2013.0426.
14. Kurkova IV, Kuznetsova AS, Terekhin MV. Parameters of ecological plasticity of spring barley cultivars of Amur selection. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2015; (3):19—24. (In Russ).
15. Kurkova IV, Rukosuiev RV. Estimation of stability parameters of spring barley varieties of Far Eastern selection. *Izvestiya of Altai State University*. 2013; (1):13—14. (In Russ).

16. Eberhart SA, Russel WA. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966; 6(1):36—40. doi: 10.2135/CROPSCI1966.0011183X000600010011X
17. Selyaninov GT. Agricultural climate assessment. In: *Trudy po sel'skokhozyaistvennoi meteorologii. Вып. 20* [Proceedings on agricultural meteorology. Issue 20]. 1928. p.165—177. (In Russ).
18. Udachin RA, Golovchenko AP. Methodology for assessing the ecological plasticity of wheat varieties. *Selektsiya i semenovodstvo*. 1990; (5):2—6. (In Russ).

Об авторах:

Батакова Ольга Борисовна — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории растениеводства, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 163032, Архангельская обл., Приморский район, п. Луговой, д. 10; e-mail: obb05@bk.ru

ORCID: 0000-0002-9883-6054

Корелина Валентина Александровна — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией растениеводства, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 163032, Архангельская обл., Приморский район, п. Луговой, д. 10; e-mail: 19651960@mail.ru

ORCID: 0000-0001-6052-7574

About authors:

Batakova Olga Borisovna — Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Plant Growing, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 10, Lugovoy vill., Primorskiy district, Arkhangelsk region, 163032, Russian Federation; e-mail: obb05@bk.ru

ORCID: 0000-0002-9883-6054

Korelina Valentina Aleksandrovna — Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Plant Growing, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 10, Lugovoy vill., Primorskiy district, Arkhangelsk region, 163032, Russian Federation; e-mail: 19651960@mail.ru

ORCID: 0000-0001-6052-7574