



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-6-2>

УДК: 631.52:633.16

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

АДАПТИВНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Сурин Н.А., (✉)Герасимов С.А., Ляхова Н.Е.

Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Красноярск, Россия

(✉)e-mail: g-s-a2009@yandex.ru

Представлены результаты оценки ярового ячменя в питомнике конкурсного сортоиспытания по параметрам адаптивности и экологической пластичности в условиях Красноярской лесостепи. Объектами исследования, проводившегося в 2020–2022 гг., являлись районированные сорта и линии местной селекции. В качестве стандарта принят сорт Ача. Почва опытного поля – обыкновенный маломощный чернозем. Повторность четырехкратная, метод сравнения парный. Посев проведен в оптимальные сроки – 20–25 мая, норма высева – 5,5 млн всхожих семян/га. По режиму увлажнения 2020 и 2021 гг. были избыточно влажными ($ГТК = 1,84–1,89$), при этом 2021 г. оказался достаточно увлажненным. В 2022 г. наблюдалась майская засуха ($ГТК = 0,27$). По итогам проведенных исследований выделен ценный селекционный материал. Наибольшей продуктивностью (43,2 ц/га) по отношению к стандарту отличалась линия Д-7-7057 (Л-11-38 × Буян). Сорта Ача, Красноярский 80, линия Д-7-7057 по экологической пластичности были отнесены к интенсивному типу ($b_i = 1,17–1,21$), сорт Кедр меньше всего реагировал на улучшение условий выращивания ($b_i = 0,86$). Селекционная линия В-56-6885 (Биом × Сибиряк) оказалась самой стабильной, отличалась повышенными показателями средней урожайности (41,3 ц/га), экологической стабильности ($S_i^2 = 417,1$, $SF = 2,82$), селекционной ценности генотипа ($S_c = 6,73$), имела среднюю экологическую пластичность ($b_i = 1,01$). Среди сортов интенсивного типа наибольший интерес представляет линия Д-7-7057 (Л-11-38 × Буян) с самой высокой урожайностью (43,2 ц/га), средними параметрами стабильности ($S_i^2 = 723,9$, $SF = 4,02$) и повышенной пластичностью ($b_i = 1,17$). В ходе эксперимента установлено, что основной вклад в формирование урожая вносят селекционные признаки, связанные с плотностью посева (число растений перед уборкой, продуктивный стеблестой и кущение) и продуктивностью отдельного растения (масса зерна с одного растения, масса 1 тыс. зерен).

Ключевые слова: ячмень, сорт, селекционная линия, урожайность, экологическая пластичность, стабильность, селекционная ценность

ADAPTABILITY AND ECOLOGICAL PLASTICITY OF BARLEY UNDER FOREST-STEPPE CONDITIONS OF THE KRASNOYARSK TERRITORY

Surin N.A., (✉)Gerasimov S.A., Lyakhova N.E.

Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture - Division of Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS»

Krasnoyarsk, Russia

(✉)e-mail: g-s-a2009@yandex.ru

The results of spring barley assessment by the parameters of adaptability and ecological plasticity in the Krasnoyarsk forest-steppe conditions are presented. The objects of the study, conducted in 2020–2022, were the released varieties and lines of local breeding. The Acha variety was adopted as the

standard. The soil of the experimental field is ordinary low-power chernozem. Repetition is fourfold, and the comparison method is paired. Sowing was carried out in optimal time - May 20-25, the seeding rate - 5.5 million germinated seeds/ha. In terms of moisture regime, 2020 and 2021 were excessively wet ($HTC = 1.84-1.89$), while 2021 was sufficiently wetted. May drought was observed in 2022 ($HTC = 0.27$). As a result of the research, valuable breeding material was selected. The highest productivity (43.2 c/ha) in relation to the standard showed the line D-7-7057 (L-11-38 × Buyan). The varieties Acha, Krasnoyarsk 80, line D-7-7057 on environmental plasticity were attributed to the intensive type ($b_i = 1,17-1,21$), the variety Kedr reacted the least to improvement of the growing conditions ($b_i = 0,86$). The breeding line B-56-6885 (Biom × Sibiryak) was the most stable, characterized by high indices of average yield (41.3 c/ha), environmental stability ($S_i^2 = 417,1$, $SF = 2,82$), breeding value of the genotype ($S_c = 6.73$), and had average environmental plasticity ($b_i = 1.01$). Among the varieties of the intensive type, the line D-7-7057 (L-11-38 × Buyan) with the highest yield (43.2 c/ha), medium stability parameters ($S_i^2 = 723,9$, $SF = 4,02$) and increased plasticity ($b_i = 1.17$) is of greatest interest. During the experiment it was found that the main contribution to the formation of the yield is made by the breeding traits associated with crop density (the number of plants before harvesting, productive stem and tillering) and the productivity of individual plants (grain weight per plant, thousand-kernel weight).

Keywords: barley, variety, line, yield, ecological plasticity, stability, selection value

Для цитирования: Сурин Н.А., Герасимов С.А., Ляхова Н.Е. Адаптивность и экологическая пластичность ячменя в условиях лесостепи Красноярского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 6. С. 15–23. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-6-2>

For citation: Surin N.A., Gerasimov S.A., Lyakhova N.E. Adaptability and ecological plasticity of barley under forest-steppe conditions of the Krasnoyarsk Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 6, pp. 15–23. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-6-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН», тема № 0297-2021-0039 «Изучение, подбор генетического материала для создания новых адаптивных сортов и разработка технологий первичного и промышленного семеноводства новых сортов зерновых культур».

Acknowledgements

The work was carried out in accordance with the state assignment of the Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», topic no. 0297-2021-0039 «Study, selection of genetic material for the creation of new adaptive varieties and the development of technologies for primary and industrial seed production of new varieties of grain crops».

ВВЕДЕНИЕ

Яровой ячмень – наиболее востребованная и распространенная культура в Красноярском крае. В 2020–2022 гг. площадь посевов ярового ячменя в регионе составила около 160 тыс. га. Ячмень широко используется как фуражная и крупяная культура. Он отличается более высокой урожайностью и коротким вегетационным периодом по сравнению с пшеницей и овсом.

В настоящее время все большую актуальность приобретает возделывание сортов, адаптированных к местным условиям

и имеющих высокую урожайность [1–3]. Сложность решения указанной проблемы связана с низким биоклиматическим потенциалом региона. Так, если по России данный показатель составляет 1,0, то по Восточной Сибири – 0,52–0,54, Забайкалью, Хакасии и Тыве – 0,46–0,48¹. В этих условиях выбор того или иного сорта оказывается очень важной задачей. Как считает Н.А. Родина², с сорта начинается любая система земледелия и по своей сути сорт является биологическим фундаментом урожая. По утверждению А.А. Жученко³, П.Л. Гончарова (см. сно-

¹Гончаров П.Л. Методика селекции кормовых трав в Сибири. Новосибирск, 2003. 396 с.

²Родина Н.А. Селекция ячменя на северо-востоке Нечерноземья. Киров, 2006. 486 с.

³Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений и проблемы агрофитосферы. М., 2004. Т. 1. С. 49–63.

ску 1), Н.А. Родиной (см. сноску 2), вклад сорта в повышение урожая составляет 50–70%.

В селекции на продуктивность важно добиться положительного сочетания высокой урожайности, ее стабильности и уровня отзывчивости растений на интенсивный фон [4, 5]. В связи с особенностями климата Красноярского края новые сорта должны одновременно обладать хорошей устойчивостью к стрессовым факторам внешней среды, высокими урожайностью и качеством зерна [6].

В процессе исследований установлено, что потенциальная продуктивность и экологическая устойчивость растений контролируются разными комплексами генов, поэтому возникает реальная возможность сочетания этих признаков в одном сорте. Признано, что селекция является основным способом повышения адаптивности растений и качества урожая [7].

Оценка экологической адаптивности на основе параметров продуктивности позволяет более целенаправленно использовать исходный материал и эффективно подбирать сорта под различные почвенно-климатические условия для максимальной реализации их потенциальной урожайности.

Цель исследования – оценить сорта и селекционные линии ячменя по урожайности и показателям адаптивности в условиях Красноярской лесостепи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 гг. в открытой лесостепи Красноярского края. Почва опытного участка – обыкновенный маломощный чернозем. Предшественник – чистый пар. Содержание гумуса в пахотном горизонте от 4,2 до 7,0%. Содержание ни-

тратного азота ($N-NO_3$) 6,8–13,4 мг/кг почвы, фосфора – 17,5–22,2 мг/100 г почвы, калия – 12,3–19,0 мг/100 г почвы. Реакция почвенного раствора ($pH_{водн}$) 6,1–6,6.

Погодные условия вегетационного периода ячменя отличались по среднесуточной температуре воздуха и количеству выпавших осадков от среднееголетних значений (см. табл. 1). В мае и августе 2020 г. при повышенной среднесуточной температуре воздуха было зафиксировано избыточное увлажнение, что спровоцировало полегание посевов к уборке. В 2021 г. июль оказался избыточно влажным, август – теплым и умеренно влажным. В 2020 и 2021 гг. величина гидротермического коэффициента (ГТК) составила 1,84–1,89, при этом 2021 г. характеризовался как достаточно увлажненный. В 2022 г. май и июнь были теплыми, в июне наблюдалось обильное выпадение осадков.

Учетная площадь делянок в конкурсном сортоиспытании составила 37–40 м². Повторность четырехкратная, метод сравнения парный. Стандартный сорт – Ача. Посев провели в оптимальные сроки – 20–25 мая. Норму высева 5,5 млн всхожих семян/га.

Статистическую обработку данных выполняли по Б.А. Доспехову [8]. Для характеристики адаптивного потенциала проводили расчет индекса экологической пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) по S.A. Eberhart, W.A. Russel в изложении В.З. Пакудина⁴, генетическую гибкость сорта (ГГ) определяли по А.А. Гончаренко⁵, гомеостатичность (Hom) – по методике В.В. Хангильдина и С.В. Бирюкова⁶, показатель фенотипической изменчивости (SF) – по D. Lewis⁷, селекционную ценность генотипов (S_c) – по А.В. Кильчевскому и Л.В. Хотылевой⁸.

⁴Пакудин В.З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов: теория отбора в популяциях растений. Новосибирск, 1976. 189 с.

⁵Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 6. С. 49–53.

⁶Хангильдин В.В., Бирюков С.В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. 1984. № 1. С. 67–76.

⁷Lewis D. Gene-environment interaction: a relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability // Heredity. 1954. Vol. 8. P. 333–356.

⁸Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Генотип и среда в селекции растений. Минск: Наука и техника, 1989. 191 с.

Табл. 1. Агрометеорологические условия в период проведения опыта
Table 1. Agrometeorological conditions during the experiment

Показатель	2020 г.					2021 г.					2022 г.					Среднемесячные значения				
	Май	Июнь	Июль	Август	За вегетацию	Май	Июнь	Июль	Август	За вегетацию	Май	Июнь	Июль	Август	За вегетацию	Май	Июнь	Июль	Август	За вегетацию
Средняя температура воздуха, °С	14,0	15,7	18,9	17,4	16,5	9,8	15,5	19,7	17,4	15,6	13,8	17,0	17,6	14,9	15,8	10,1	15,0	19,3	16,2	15,2
Количество осадков, мм	44,9	96,0	109,0	79,0	328,9	30,3	121,8	48,0	63,0	263,1	15,1	75,0	49,0	65,1	204,2	29,0	44,0	65,0	61,0	199,0
ГТК	1,30	2,80	1,83	1,63	1,89	2,77	2,63	0,80	1,17	1,84	0,27	1,80	0,90	1,57	1,14	1,47	1,07	1,37	1,20	1,28

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность сортов, как правило, складывается из отдельных элементов продуктивности, которые оказывают взаимное влияние друг на друга [9].

Одним из важных факторов, связанных с высокой урожайностью, является продолжительность вегетации. По данному показателю все сорта и линии, рассматриваемые в статье, не отличались от стандарта и были отнесены к числу среднеспелых, за исключением сорта Такмак, практически созревшего на 1–4 дня позднее остальных сортов (см. табл. 2).

Количество растений перед уборкой у изучаемых сортов было таким же, как у стандартного сорта Ача, либо ниже. Максимальную продуктивную кустистость (1,63–1,67 шт.) имели сорт Оленек и линия Д-7-7057, созданные по программе адаптивной селекции, а также селекционная линия Д-39-7318. Наибольшее число продуктивных стеблей (на 39–48 шт./м² больше стандарта) выявлено у селекционных линий Д-7-7057 и Д-39-7318. По количеству зерен в колосе на 1,3–3,8 шт. имел преимущество сорт Буян, выявленный нами в качестве донора в диаллельных скрещиваниях, а также сорта Оленек и Такмак, селекционные линии В-56-6885 и Д-39-7318.

Масса 1 тыс. зерен является ведущим селекционным признаком, особенно при возделывании в засушливых условиях, что, как правило, характерно для скороспелых сортов [10]. По массе 1 тыс. зерен имели преимущество сорта Кедр, Абалак и селекционные линии Д-7-7057, Д-55-7455 (+3,3–4,8 г).

В селекции на увеличение продуктивности зерновых культур важная роль отводится повышению продуктивности и выходу зерна с одного растения [11]. По массе зерна с одного растения превышение по сравнению со стандартом показали сорт Буян и селекционные линии Д-7-7057, Д-39-7318 (+0,15–0,20 г). Более высокие показатели продуктивного стеблестоя перспективных линий Д-7-7057 и Д-39-7318 оказали положительное влияние на величину урожая.

Табл. 2. Вегетационный период и элементы продуктивности сортов и селекционных линий ячменя, участвовавших в конкурсном сортоиспытании (среднее за 2020–2022 гг.)

Table 2. Growing season and productivity elements of barley varieties and breeding lines that participated in competitive variety trials (average for 2020–2022)

Сорт, линия	Вегетационный период, дни		Количество растений перед уборкой, шт./м ²		Продуктивное кущение, шт.		Продуктивный стеблестой, шт./м ²		Число зерен в колосе, шт.		Масса 1 тыс. зерен, г		Масса зерна с одного растения, г	
	$\bar{X}$	$CV, \%$	$\bar{X}$	$CV, \%$	$\bar{X}$	$CV, \%$	$\bar{X}$	$CV, \%$	$\bar{X}$	$CV, \%$	$\bar{X}$	$CV, \%$	$\bar{X}$	$CV, \%$
Ача	77	9,8	419	11,5	1,40	7,1	585	15,9	18,4	17,4	39,9	9,3	1,05	70,5
К-80	78	9,2	343	18,2	1,57	18,4	542	12,2	18,8	16,9	42,7	10,4	1,09	64,0
Кедр	79	8,7	320	12,8	1,60	12,5	510	7,6	18,0	24,4	43,9	7,2	0,97	69,8
Бахус	78	10,0	348	9,1	1,60	25,0	547	22,8	18,0	23,3	42,9	7,5	0,95	65,3
Буян	78	9,4	319	10,8	1,43	22,4	450	14,7	22,2	20,8	39,3	17,4	1,20	83,6
Оленек	79	9,6	306	20,8	1,67	25,0	479	10,2	19,7	23,3	39,5	7,4	0,91	69,3
Абалак	77	10,5	396	25,1	1,43	14,5	569	31,5	18,7	21,5	44,1	12,2	0,97	63,1
Такмак	80	10,5	367	10,0	1,40	7,1	551	10,8	21,0	18,1	40,6	8,4	1,03	53,1
В-56-6885	78	9,0	394	13,5	1,37	15,2	524	4,1	20,6	23,2	41,9	13,3	1,00	61,2
Д-7-7057	77	9,4	395	24,9	1,63	27,6	633	21,1	17,9	16,6	44,7	10,1	1,25	86,5
Д-39-7318	77	11,5	394	31,9	1,63	19,7	624	20,3	20,5	18,4	38,9	17,8	1,23	95,2
Д-55-7455	76	9,8	404	11,7	1,50	13,3	596	3,3	18,2	19,4	43,2	10,3	1,04	68,5
НСР ₀₅	1		46		0,20		47		0,5		3,0		0,10	

На основе оценки адаптивного потенциала установлено, что сорт Такмак и линия Д-7-7057 имеют наибольшую генетическую гибкость ($ГГ = 40,4–42,2$), что указывает на их способность противостоять неблагоприятным факторам и в то же время положительно отзываться на улучшение условий. В оптимальных и лимитированных условиях данные образцы показали наибольшую урожайность (41,5–43,2 ц/га). Сопряженность высокой генетической гибкости и более низкого коэффициента вариации (CV) свидетельствует о реальной способности сорта Такмак, селекционных линий Д-7-7057 и Д-39-7318 формировать более высокий урожай (см. табл. 3).

По экологической пластичности сорта Ача, Красноярский 80, линия Д-7-7057 отнесены нами к интенсивному типу. Это означает, что в благоприятные годы указанные сорта способны давать максимальный урожай, однако в стрессовых условиях при их возделывании можно будет получить более низкие урожаи по сравнению с другими сортами. Сорт Кедр слабо реагировал на различные условия выращивания, на что указывают низкое значение экологической пластично-

сти ($b_i = 0,86$), коэффициента варьирования урожайности ($CV = 52,3\%$) и самая высокая фенотипическая стабильность ($S_i^2 = 285,8$). Сорта Бахус, Буян, Оленек, Абалак, линии Д-39-7318 и Д-55-7455 имели средний уровень экологической пластичности ($b_i = 0,92–1,10$), отличались лучшей приспособленностью к факторам внешней среды и урожайностью на уровне стандарта.

В селекции стабильных по продуктивности сортов наибольший практический интерес представляет линия В-56-6885, сочетающая более высокую среднюю урожайность (41,3 ц/га), экологическую стабильность ($S_i^2 = 417,1$, $SF = 2,82$), полунинтенсивную реакцию на оптимальный фон ($b_i = 1,01$) с повышенной селекционной ценностью генотипа ($S_c = 6,73$). В случае создания сортов интенсивного типа необходимо, чтобы они обладали прежде всего высокой урожайностью, средним уровнем экологической стабильности и высоким уровнем реакции на интенсивный фон. По указанным критериям можно выделить линию Д-7-7057, которая совмещает в себе высокую урожайность (43,2 ц/га) и среднюю стабильность ($S_i^2 = 723,9$, $SF = 4,02$). Указанная линия явля-

Табл. 3. Показатели адаптивности перспективных сортов и линий ярового ячменя в условиях Красноярской лесостепи
Table 3. Indicators of adaptability of the promising varieties and lines of spring barley in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe

Сорт, линия	Происхождение	Урожайность, ц/га				Показатели адаптивности						
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	$\bar{X}$	CV, %	ГТ	b_i	S_i^2	Hom	SF	S_c
Ача	(Паратон × Кристина) × (Джет × Обской) × (Новосибирский 1 × Винер)	41,3	14,2	60,2	38,6	60,0	37,2	1,21	908,9	1,7	4,24	5,45
К-80	С-80 × Una	32,8	14,7	58,6	35,4	62,4	36,7	1,17	693,1	1,6	3,99	5,53
Кедр	Винер × Birgitta	34,6	13,9	46,7	31,7	52,3	30,3	0,86	285,8	1,9	3,36	4,94
Бахус	(Винер × Донецкий 650) × (Винер × Красноуфимский 95)	43,6	19,9	55,5	39,7	45,7	37,7	1,02	398,0	2,2	2,79	6,50
Буян	Кедр × Jo 1345	33,9	16,7	56,7	35,8	56,1	36,7	1,10	581,8	1,8	3,40	5,91
Оленек	[(Винер × Красноуфимский 95) × (Винер × Донецкий 650)] × Ача	34,0	18,9	49,0	34,0	44,3	34,0	0,98	558,1	2,3	2,59	5,81
Абалак	(Красноярский 80 × Drop (Франция)) × Са 46925 (Дания)	38,7	19,9	52,2	36,9	43,9	36,1	0,96	540,7	2,3	2,62	6,18
Такмак	Приазовский 9 × У-20-706	40,2	24,2	60,1	41,5	43,3	42,2	1,05	681,8	2,3	2,48	7,24
В-56-6885	Биом × Сибиряк	47,2	20,1	56,6	41,3	45,9	38,4	1,01	417,1	2,2	2,82	6,73
Д-7-7057	Л-11-38 × Буян	48,8	16,1	64,7	43,2	57,4	40,4	1,17	723,9	1,7	4,02	6,17
Д-39-7318	Sv.66905 × Буян	40,1	20,7	53,3	38,0	43,1	37,0	0,92	578,3	2,3	2,57	6,37
Д-55-7455	Абалак × К-22092	40,9	20,6	55,7	39,1	45,1	38,2	0,93	619,9	2,2	2,70	6,52
НСР ₀₅		5,0	2,7	2,4	3,5							

ется перспективной и планируется для дальнейшего изучения и размножения.

Для определения влияния отдельных селекционных признаков на формирование урожайности изучаемых сортов и селекционных линий был использован метод вращения варимакс (varimax) на базе программы Statistica⁹. В результате проведенного анализа, учитывающего взаимное влияние отдельных признаков, по вегетационному периоду и шести элементам структуры урожая было получено по два фактора в каждый год исследования, в которые вошли преимущественно продуктивное кущение, продуктивный стеблестой, число зерен в главном колосе и масса зерна с одного растения. Доля их влияния составила значимую величину – 32,62 и 31,18% в 2020 г., 32,21 и 31,34% в 2021 г., 42,80 и 30,16% в 2022 г. (см. табл. 4).

В 2020 г. в первый фактор вошли такие положительно связанные с урожайностью признаки, как число зерен в главном колосе ($r = 0,880$) и масса зерна с одного растения ($r = 0,724$), при этом продуктивное кущение имело обратную зависимость ($r = -0,896$). Второй фактор включал число растений перед уборкой ($r = 0,818$) и продуктивный стеблестой ($r = 0,813$), определяющие плотность посева. В 2021 г. в неблагоприятных условиях положительное влияние на продуктивность оказывали признаки первого фактора – продуктивное кущение ($r = 0,726$), число зерен в главном колосе ($r = 0,742$), масса зерна с одного растения ($r = 0,922$). Второй фактор включал число растений перед уборкой ($r = 0,874$) и продуктивный стеблестой ($r = 0,837$). Отмеченные взаимосвязи отдельных элементов продуктивности заметно отличались в 2022 г. Первый фактор составляли продуктивный стеблестой ($r = 0,813$), масса 1 тыс. зерен ($r = 0,719$), у вегетационного периода отмечено отрицательное влияние ($r = -0,891$). Во втором факторе преобладали продуктивное кущение ($r = 0,896$) и масса зерна с одного растения ($r = 0,738$).

⁹Хижняк С.В., Пучкова Е.П. Математические методы в агроэкологии и биологии: учебное пособие. Красноярск: Издательство Красноярского государственного аграрного университета, 2019. 240 с.

Табл. 4. Матрица факторных нагрузок (вращение варимакс) для изученных переменных у сортов и линий ячменя

Table 4. Factor load matrix (varimax rotation) for the studied variables in barley varieties and lines

Селекционный признак	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2
Продолжительность вегетационного периода	–0,035	–0,622	0,400	–0,677	–0,891*	0,087
Число растений перед уборкой	0,324	0,818*	–0,034	0,874*	0,401	–0,854
Продуктивное кущение	–0,896*	0,0001	0,726*	0,170	0,142	0,896*
Продуктивный стеблестой	–0,020	0,813*	0,375	0,837*	0,813*	0,064
Число зерен в главном колосе	0,880*	0,011	0,742*	0,243	–0,907*	0,095
Масса 1 тыс. зерен	–0,276	0,583	–0,155	–0,418	0,719*	0,117
Масса зерна с одного растения	0,724*	0,352	0,922*	–0,084	0,147	0,738*
Вклад фактора, %	32,62	31,18	32,21	31,34	42,80	30,16

* $p > 0,700$.

Таким образом, доминирующими селекционными признаками, влияющими на урожайность ячменя в условиях Красноярской лесостепи, являются элементы продуктивности, связанные с плотностью посева и продуктивностью отдельных растений.

ВЫВОДЫ

1. Проведенная оценка изучаемых сортов и линий ячменя в конкурсном сортоиспытании по параметрам продуктивности и адаптивности позволила выделить ценный селекционный материал.

2. В ходе испытаний в условиях Красноярской лесостепи самая высокая средняя урожайность (41,3–43,2 ц/га) получена у сорта Такмак, селекционных линий В-56-6885 и Д-7-7057. В результате к сортам интенсивного типа ($b_i = 1,17$ – $1,21$) отнесены также сорта Ача, Красноярский 80, линия Д-7-7057, экстенсивного ($b_i = 0,86$) – сорт Кедр ранней селекции.

3. В селекции стабильных по продуктивности сортов наибольший практический интерес представляет линия В-56-6885 полуинтенсивного типа, сочетающая более высокую среднюю урожайность (41,3 ц/га), экологическую стабильность ($S_i^2 = 417,1$, $SF = 2,82$), среднюю реакцию на оптимальный фон ($b_i = 1,01$) с повышенной селекционной ценностью генотипа ($S_c = 6,73$).

4. В селекции сортов на отзывчивость к улучшенным условиям перспективна линия Д-7-7057 с высокой урожайностью (43,2 ц/га) и средними параметрами стабильности ($S_i^2 = 723,9$, $SF = 4,02$).

5. Ведущими селекционными признаками в годы исследования являлись элементы структуры урожая, отвечающие за формирование плотности посева и продуктивности отдельных растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юсова О.А., Николаев П.Н., Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Изменение урожайности и качества зерна овса с повышением адаптивности сортов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181 (2). С. 42–49. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49.
2. Левакова О.В., Ерошенко Л.М., Ромашин М.М., Ерошенко А.Н., Ерошенко Н.А., Дедушев И.А., Болдырев М.А. Оценка зерновой продуктивности и адаптивности отечественных и зарубежных сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны РФ // Аграрный научный журнал. 2021. № 3. С. 30–33. DOI: 10.28983/asj.y2021i3pp30-33.
3. Сурин Н.А., Бутковская Л.К., Сурина Е.А. Влияние удобрений и сроков посева на качество семян ярового ячменя в Красноярской лесостепи // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 2. С. 12–21. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-2-2.
4. Демина Е.А., Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю., Чекмасова К.Ю. Оценка адаптивности сортов яровой мягкой пшеницы в лесостепных условиях Среднего Поволжья // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 8–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-8-19.
5. Питоня В.Н., Питоня А.А. Оценка адаптивности и стрессоустойчивости сортов яро-

- вого ячменя для Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. № 1 (116). С. 15–18. DOI: 10.34736/FNC.2022.116.1.003.15-18.
6. *Сурин Н.А., Ляхова Н.Е., Герасимов С.А., Липшин А.Г.* Селекционная оценка и отбор генотипов ячменя восточно-сибирской селекции // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2018. Вып. 3 (48). С. 70–77. DOI: 10.31677/2072-6724-2018-48-3-70-77.
 7. *Клыков А.Г., Муругова Г.А., Тимошинова О.А., Коновалова И.В., Самагина Ю.В.* Адаптивный потенциал сортов и линий зерновых и крупяных культур приморской селекции // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2022. № 3. С. 18–32. DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_2.
 8. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): монография. М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
 9. *Борисов Б.Б., Исламова Ч.М., Фатыхов И.Ш., Мазунина Н.И.* Экологическая пластичность и адаптивность сортов ярового ячменя в абиотических условиях Среднего Предуралья // Пермский аграрный вестник. 2020. № 2 (30). С. 31–38. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10031.
 10. *Морозов Н.А., Самсонов И.В., Панкратова Н.А.* Оценка адаптивности ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» к засушливым условиям Ставропольского края // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 4. С. 16–21. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-16-21.
 11. *Долженко Д.О., Шевченко С.Н.* Наследование и генетический контроль массы зерна с колоса у ячменя // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 2 (62). С. 16–22. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-16-22.
 1. *Yusova O.A., Nikolaev P.N., Safonova I.V., Anis'kov N.I.* Changes in oat grain yield and quality with increased adaptability of cultivars. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selek-tsii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2020, vol. 181 (2), pp. 42–49. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49.
 2. *Levakova O.V., Eroshenko L.M., Romakhin M.M., Eroshenko A.N., Eroshenko N.A., Dedushev I.A., Boldyrev M.A.* Assessment of grain productivity and adaptability of domestic and foreign varieties of spring barley in the Non-Chernozem Zone of the Russian Federation. *Agrarniy nauchniy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2021, no. 3, pp. 30–33. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2021i3pp30-33.
 3. *Surin N.A., Butkovskaya L.K., Surina E.A.* Influence of fertilizers and sowing dates on the quality of spring barley seeds in the Krasnoyarsk forest-steppe. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 2, pp. 12–21. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2022-2-2.
 4. *Demina E.A., Kincharov A.I., Taranova T.Yu., Chekmasova K.Yu.* Assessment of adaptability of spring soft wheat varieties in forest-steppe conditions of the Middle Volga region. *Agrarniy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2021, no. 11 (214), pp. 8–19. (In Russian). DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-8-19.
 5. *Pitonya V.N., Pitonya A.A.* Adaptability and stress resistance assessment of spring barley varieties for the Volgograd region. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal = Scientific Agronomy Journal*, 2022, no. 1 (116), pp. 15–18. (In Russian). DOI: 10.34736/FNC.2022.116.1.003.15-18.
 6. *Surin N.A., Lyakhova N.E., Gerasimov S.A., Lipshin A.G.* Selection and assessment of barley genotypes of Eastern-Siberian selection. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of NSAU*, 2018, is. 3 (48), pp. 70–77. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2018-48-3-70-77.
 7. *Klykov A.G., Murugova G.A., Timoshinova O.A., Konovalova I.V., Samagina Yu.V.* Adaptive potential of varieties and lines of grain and cereal crops of coastal breeding. *Vestnik DVO RAN = Vestnik of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2022, no. 3, pp. 18–32. (In Russian). DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_2.
 8. *Dospekhov B.A.* *Field experience methodology (with the basics of statistical processing of study results)*. Moscow: Workbook on demand Publ., 2012, 352 p. (In Russian).
 9. *Borisov B.B., Islamova Ch.M., Fatykhov I.Sh., Mazunina N.I.* Ecological plasticity and adaptability of spring barley varieties in abiotic conditions of the Middle Urals. *Permskiy*

REFERENCES

- agrarnyy vestnik* = *Perm Agrarian Journal*, 2020, no. 2 (20), pp. 31–38. (In Russian). DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10031.
10. Morozov N.A., Samsonov I.V., Pankratova N.A. Estimation of spring barley adaptability to the aridity of the Stavropol Territory according to the trait '1000-grain weight'. *Zernovoye khoziaystvo Rossii* = *Grain Economy of Russia*, 2022, vol. 14, no. 4, pp. 16–21. (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-16-21.
11. Dolzhenko D.O., Shevchenko S.N. Inheritance and genetic analysis of grain weight per spike in barley. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Kazan State Agrarian University*, 2021, vol. 16, no. 2 (62), pp. 16–22. (In Russian). DOI: 10.12737/2073-0462-2021-16-22.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сурин Н.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник

✉ **Герасимов С.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 66; e-mail: g-s-a2009@yandex.ru

Ляхова Н.Е., заслуженный агроном РФ, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Nikolai A. Surin, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Academician of the RAS, Head Researcher

✉ **Sergei A. Gerasimov**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, Laboratory Head; **address:** 66, Svobodny Avenue, Krasnoyarsk, 660041, Russia; e-mail: g-s-a2009@yandex.ru

Nadezhda E. Lyakhova, Honored Agronomist of the Russian Federation, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 27.03.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 13.04.2023
Дата публикации / Published 20.07.2023