

Результаты экологического испытания сортов ярового ячменя в южной лесостепи Южного Урала

Ю. П. Прядун¹✉, Л. П. Шаталина¹

¹ Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Челябинск, Россия

✉ E-mail: yuriy.pryadun@mail.ru

Аннотация. Целью исследований было корректировать направление селекции ячменя в сторону создания сортов полунтенсивного и интенсивного типа для хозяйств с различным уровнем культуры земледелия по хозяйственно ценным признакам, адаптированным к условиям Челябинской области. Проведена оценка экологического испытания сортов ярового ячменя в южной лесостепной зоне Южного Урала при посеве по паровому и зерновому предшественнику. **Методы.** Исследования проводились с 2018 по 2020 гг. в условиях южной лесостепи Челябинской области ОП «Троицкое». Приведен подробный анализ параметров адаптивности: вычислены коэффициенты индекса условий среды (I_j), коэффициенты адаптации, генетической гибкости, пластичности (b_j) и стабильности (σ^2_d). Получен отбор сортов по всем исследуемым параметрам. **Результаты** данного экологического испытания показали, что из всего набора высокая экологическая пластичность за данный период выявлена у сортов Омский 95, Орда, Нутанс 236С158, Нутанс 272F677, Нутанс 193С93, имеющих коэффициент адаптивности больше 1. Максимальную адаптивность за 3 года при посеве по зерновому предшественнику проявляли сорта Нутанс 236С158, Орда, Нутанс 272F677, Нутанс 193С93: они имели стабильно высокую урожайность и коэффициент адаптации больше 1 при любых метеоусловиях. Установлено увеличение генетической гибкости сортов при посеве по пару с 1,61 до 3,09. Для зоны рискованного земледелия выделились наиболее пластичные сорта, обладающие высоким потенциалом урожайности в любые по метеоусловиям годы: Орда, Нутанс 236С158, Нутанс 272F677, Омский 95, Нутанс 193С93 и Нутанс 207С74. Остро реагировали на изменение условий вегетации сорта Паллидум 297С151, Челябинский 99, Челябинский 96 и Нутанс 103Г177. **Научная новизна.** Определены группы изучаемых сортов по параметрам экологической пластичности и стабильности, упрощающие отбор для дальнейшего селекционного процесса. Сорта Омский 99 и Вакула могут быть использованы для селекции на засухоустойчивость.

Ключевые слова: сорта, яровой ячмень, урожайность, коэффициент адаптации, генетическая гибкость, пластичность, стабильность, метеоусловия.

Для цитирования: Прядун Ю. П., Шаталина Л. П. Результаты экологического испытания сортов ярового ячменя в южной лесостепи Южного Урала // Аграрный вестник Урала. 2022. № 05 (220). С. 12–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-12-20.

Дата поступления статьи: 04.04.2022, **дата рецензирования:** 15.04.2022, **дата принятия:** 25.04.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) является востребованной и применяемой во всех отраслях производства культурой не только на Южном Урале, но и во всем мире [1, с. 194–195]. Площадь посева ячменя в структуре посевов зерновых культур в Челябинской области достигала 397 тыс. га [2, с. 13–15]. Многими учеными установлено, что урожайность ячменя зависит от выпавших ежемесячных осадков и атмосферной температуры в течение вегетационного периода [3, с. 55–57; 4; 5]. Ячмень менее требователен к влаге, чем пшеница и овес, отличается хорошим укоренением, интенсивным ростом, а также пластичностью: в засушливые периоды растения

приостанавливают рост, а после дождей быстро отрастают [6, с. 47–56; 7, с. 93–97].

Агрометеорологические условия репродуктивного периода могут оказывать существенное влияние на урожайность ячменя. Под воздействием засухи снижается всхожесть семян, уменьшается рост зародышевых корней, задерживается формирование вторичной корневой системы, ускоряется старение листьев, сокращается период формирования зерна и т. д. [8, с. 84–97; 9, с. 798–803]. Получение высоких урожаев ярового ячменя ограничиваются биологическими и физиологическими требованиями возделываемых сортов в течение всей вегетации растений. Урожайность – наиболее показательный комплексный

признак, отражающий связь генотипа, окружающей среды и их взаимодействия [10, с. 63]. В результате воздействия климатических факторов растения ячменя получают стресс, замедляется их рост и развитие, снижается урожайность сельскохозяйственных культур [11, с. 87–114]. Для сравнения в экологическом испытании требуется выделить сорта, которые можно будет использовать как источники хозяйственно ценных признаков и устойчивости к био- и абиострессорам в условиях Южного Зауралья.

Целью исследований было корректировать направление селекции ячменя в сторону создания сортов полунтенсивного и интенсивного типа для хозяйств с различным уровнем культуры земледелия по хозяйственно ценным признакам, адаптированным к условиям Челябинской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Создание новых сортов, как правило, происходит с упором на высокую и стабильную урожайность, однако при таком одностороннем подходе невозможно реализовать продуктивность растений в полной мере. Потери в сельском хозяйстве США и России от различных абиотических стрессов составляют до 70–80 %. Поэтому многие селекционеры в своих исследованиях делают акцент на важность повышения адаптивности растений к контрастным погодным условиям конкретного региона с целью создания устойчивых и высокопродуктивных сортов [12, с. 31–37; 13, с. 28–31; 14, с. 30–33; 15, с. 6–8; 16, с. 5–19; 17, с. 31–38; 18, с. 16–24; 19, с. 33–36; 20, с. 190–202]. Экологическое испытание проводилось по паровому, а также по зерновому предшественнику в южной лесостепной зоне Челябинской области на опытном поле ОП «Троицкое» в трехкратной повторности, площадь делянки – 18 м², размещение рендомизированное. Чередование культур: пар – ячмень, пшеница – ячмень. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный с содержанием гумуса 6,48 %, фосфора подвижного – 57,6 мг/кг, азота нитратного – 24,4 мг/кг, калия обменного – 17,6 мг/кг абсолютно сухой почвы; рН – 5,5, гидролитическая кислотность Нг – 3,9 мг·экв / 100 г.

Полевые испытания проведены по методическим указаниям ВИР (1981), методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). За стандарты взяты реестровые сорта ячменя Челябинской области Челябинский 96, Челябинский 99 и Омский 99.

Для оценки влияния изучаемых факторов использованы методы дисперсионного анализа Б. А. Доспехова (1985). Коэффициент адаптивности рассчитан по методике Л. А. Животкова (1994), индекс экологической пластичности – по А. А. Грязнову (1996). Коэффициент индекса условий среды (I_j), пластичности (b_j) и стабильности (σ_a^2) определяли по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966).

Результаты (Results)

Южный лесостепной агроландшафт характеризуется большим количеством тепла, которым в данной зоне обеспечены не только все сорта зерновых культур, но в значительной степени и более теплолюбивые культуры. Сумма температур за период вегетации более 10 °С составляет 2000–2200 °С. Сумма фотосинтетической активной солнечной радиации (ФАР) в районе г. Троицка составляет 1264 МДж/га. Такое количество энергии дает возможность зерновым культурам сформировать урожай биомассы свыше 130 ц/га. Однако для полной реализации КПД фотосинтетически активной радиации и получения таких высоких урожаев необходимы оптимальные условия увлажнения, сбалансированный пищевой режим, а также высокая потенциальная продуктивность сортов. Что касается продуктивности сортов, то существующие сорта яровой пшеницы и ячменя селекции ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» в оптимальных условиях произрастания способны сформировать урожай на уровне 50–60 ц/га. Несколько сложнее обстоит дело с влагообеспеченностью. В южной лесостепи выпадает от 389 до 454 мм осадков за год, а за вегетационный период – лишь 175–225 мм. Сумма дефицитов влажности в этой зоне составляет 810 мм. 2018-й сельскохозяйственный год характеризовался в основном сравнительно теплой зимой, продолжительной весной с обильными осадками и контрастным летним периодом: холодной погодой в июне (I и II декады) на 2,0–2,5 °С холоднее нормы, жарким июлем и средне-и августом и сентябрем.

В 2018 году ГТК за вегетацию (май – сентябрь) составил 1,4. Погодные условия сентября способствовали созреванию культур и проведению уборочных работ.

Метеоусловия вегетационного периода 2019 года для сельскохозяйственных культур можно охарактеризовать как острозасушливые. Запасы влаги в почве позволили получить (особенно по пару) дружные всходы. От посева до выхода в трубку зерновых культур практически не было осадков, на фоне высоких температур это сильно угнетало растения. Только незначительные осадки июля немного выправили положение. В период созревания и спелости наступило похолодание с сильными ветрами и выпадением осадков. Сельскохозяйственный 2020 год в Челябинской области сложился крайне неблагоприятно для роста и развития сельскохозяйственных культур из-за погодных условий вегетационного периода, который сопровождался острой атмосферной, а потом и почвенной засухой. Засуха проявилась в мае, июне и июле в различной степени интенсивности (до 20.07.2020 г.). В результате на территории 21 сельскохозяйственного района Челябинской области с 24 июля была объявлена чрезвычайная ситуация, в мае установилась

аномально жаркая и сухая погода, осадков выпало 38 % от нормы, температура воздуха варьировала от 25 до 34 °С, на почве > 50 °С. В июне количество осадков составило всего 45 % от нормы, а в более южных районах области – еще меньше. Засушливость отмечалась во все периоды развития полевых культур. Высокие температуры и низкая влажность воздуха привели к низкому кущению, формированию короткого колоса, стерилизации пыльцы при цветении и череззернице в колосе. Избыточное увлажнение второй половины вегетации привело к образованию подгона, а это крайне негативно сказалось на формировании спелости ярового ячменя. Произошла вспышка малолетней засоренности в посевах, что предопределило дальнейшее снижение урожайности культуры и трудности при уборке.

В результате экологического испытания в ОП «Троицкое» при посеве ярового ячменя по зерновому предшественнику установлено, что урожайность сортов существенно зависела от метеоусловий года (таблица 1). За 2018–2020 годы урожайность сортов изменялась от 0,39 до 3,12 т/га. Метеоусловия указанных лет привели к изменениям продуктивности сортов в среднем на 0,67–1,54 т/га. При посеве по зерновому предшественнику изменчивость урожайности сортов по коэффициенту вариации в 2019 году была средняя – 17 %, в 2018 – 28 %, в 2020 году – значительная (41 %).

Урожайность сортов ярового ячменя по зерновому предшественнику изменялась в среднем за 2018–2020 гг. от 0,84 до 2,38 т/га. Выделился по продуктивности в среднем за три года сорт **Нутанс 236С158**. Существенной разницы по фактору «сорт» за три года не установлено. В 2018 и 2019 гг. лидерами по продуктивности были **Нутанс 236С158**, **Нутанс 207С74** и **Нутанс193С93**, **Яик**.

В засушливые 2019 и 2020 гг. высокой урожайностью отличились сорта Орда, **Нутанс 236С158**, **Нутанс 272F677**.

Коэффициент адаптации сортов показал экологическую пластичность каждого сорта в условиях вегетации года. Наименьший коэффициент адаптации (ниже 1) был у сортов Челябинский 99, Челябинский 96, Паллидум 297С151, Нутанс 103G177. У остальных сортов коэффициент менялся в зависимости от условий года. Максимальную адаптивность за 3 года проявляли сорта Нутанс 236С158, Орда, Нутанс 272F677, Нутанс193С93, они имели стабильно высокую урожайность и коэффициент адаптации больше 1 при любых метеоусловиях.

Наибольшую генетическую гибкость (более 2) среди изучаемых сортов проявили Нутанс 236С158, Нутанс 194С21, Нутанс 193С93. Коэффициент регрессии b_i (пластичность) показывает, что отклик генотипа сорта на условия выращивания слабее у сортов Омский 99 и Вакула, такие сорта лучше ис-

Таблица 1
Результаты экологического сортоиспытания ярового ячменя в ОП «Троицкое» по зерновому предшественнику за 2018–2020 гг.

Сорт (фактор А)	Годы (фактор В)			Коэффициент адаптации			Генетическая гибкость $Y_{\max} + Y_{\min}/2$	b_i	σ^2_d
	2018	2019	2020	2018	2019	2020			
Челябинский 99 (стандарт)	2,21	1,47	0,70	0,93	0,86	0,83	1,45	0,98	0,00
Челябинец 1	2,40	1,59	0,59	1,01	0,93	0,70	1,50	1,17	0,00
Челябинский 96	2,21	1,24	0,62	0,93	0,72	0,74	1,41	1,02	0,05
Максимус	2,55	1,83	0,80	1,07	1,07	0,95	1,67	1,14	0,00
Яик	2,80	2,01	0,69	1,18	1,18	0,82	1,74	1,38	0,01
Уреньга	2,45	1,82	0,45	1,03	1,06	0,54	1,45	1,31	0,04
Нургуш	2,48	1,82	0,56	1,04	1,06	0,67	1,52	1,26	0,02
Омский 95	2,08	1,99	0,87	0,87	1,16	1,04	1,48	0,81	0,13
Омский 99	0,74	0,93	1,22	0,31	0,54	1,45	0,98	-0,31	0,00
Вакула	1,21	1,32	1,65	0,88	0,77	1,96	1,43	-0,29	0,00
Орда	2,47	1,97	1,08	1,04	1,15	1,28	1,78	0,91	0,01
Нутанс 236С158	3,07	1,90	1,44	1,29	1,11	1,71	2,25	1,03	0,14
Нутанс 272F677	2,71	1,97	1,19	1,14	1,15	1,42	1,95	0,98	0,00
Паллидум 297С151	2,05	1,69	0,43	0,86	0,92	0,51	1,24	1,07	0,08
Рикотензе230 G 469	2,51	1,81	0,39	1,05	1,06	0,46	1,45	1,39	0,03
Нутанс 207С74	2,89	2,04	0,82	1,21	1,19	0,98	1,85	1,35	0,00
Нутанс 238С204	2,60	1,63	0,77	1,09	0,95	0,92	1,68	1,18	0,02
Нутанс194С21	3,12	1,58	1,08	1,31	0,92	1,20	2,1	1,29	0,29
Нутанс193С93	3,08	2,06	0,93	1,29	1,20	1,11	2,00	1,39	0,01
Нутанс103G177	2,01	1,63	0,58	0,84	0,95	0,69	1,30	0,94	0,04
Среднее по сортам $X_{\text{ср}}$, т/га	2,38	1,71	0,84						
Коэффициент вариации V, %	28,4	17,4	40,7	21,8	17,7	40,5			
НСР ₀₅ А = 0,66 т/га (несущественная) НСР ₀₅ В = 0,25 т/га									
I_j – индекс изменчивости условий среды	7,35	0,68	-8,04						

Table 1

Results of ecological variety testing of spring barley in the GP "Troitskoe" on the grain predecessor for the period 2018–2020

Variety (factor A)	Years (factor B)			Coefficient of adaptation			Genetic flexibility $Y_{max} + Y_{min}/2$	b_i	σ^2_d
	2018	2019	2020	2018	2019	2020			
Chelyabinsk 99 (standard)	2.21	1.47	0.70	0.93	0.86	0.83	1.45	0.98	0.00
Chelyabinsk 1	2.40	1.59	0.59	1.01	0.93	0.70	1.50	1.17	0.00
Chelyabinsk 96	2.21	1.24	0.62	0.93	0.72	0.74	1.41	1.02	0.05
Maksimus	2.55	1.83	0.80	1.07	1.07	0.95	1.67	1.14	0.00
Yaik	2.80	2.01	0.69	1.18	1.18	0.82	1.74	1.38	0.01
Uren'ga	2.45	1.82	0.45	1.03	1.06	0.54	1.45	1.31	0.04
Nurgush	2.48	1.82	0.56	1.04	1.06	0.67	1.52	1.26	0.02
Omsk 95	2.08	1.99	0.87	0.87	1.16	1.04	1.48	0.81	0.13
Omsk 99	0.74	0.93	1.22	0.31	0.54	1.45	0.98	-0.31	0.00
Vakula	1.21	1.32	1.65	0.88	0.77	1.96	1.43	-0.29	0.00
Orda	2.47	1.97	1.08	1.04	1.15	1.28	1.78	0.91	0.01
Nutans 236C158	3.07	1.90	1.44	1.29	1.11	1.71	2.25	1.03	0.14
Nutans 272F677	2.71	1.97	1.19	1.14	1.15	1.42	1.95	0.98	0.00
Pallidum 297C151	2.05	1.69	0.43	0.86	0.92	0.51	1.24	1.07	0.08
Rikotenze 230 G 469	2.51	1.81	0.39	1.05	1.06	0.46	1.45	1.39	0.03
Nutans 207C74	2.89	2.04	0.82	1.21	1.19	0.98	1.85	1.35	0.00
Nutans 238C204	2.60	1.63	0.77	1.09	0.95	0.92	1.68	1.18	0.02
Nutans 194C21	3.12	1.58	1.08	1.31	0.92	1.20	2.1	1.29	0.29
Nutans 193C93	3.08	2.06	0.93	1.29	1.20	1.11	2.00	1.39	0.01
Nutans 103 G 177	2.01	1.63	0.58	0.84	0.95	0.69	1.30	0.94	0.04
Average by grade, $X_{average}$, t/ha	2.38	1.71	0.84						
Coefficient of variation V , %	28.4	17.4	40.7	21.8	17.7	40.5			
$HCP_{05}A = 0,66$ t/ha (non essential) $HCP_{05}B = 0,25$ t/ha									
Ij – index of variability of environmental conditions	7,35	0,68	-8,04						

пользовать для экстенсивного фона выращивания, они дадут наибольшую отдачу при минимуме затрат.

Высокой пластичностью (1,38–1,39), отзывчивостью из испытываемых сортов генотипа обладали сорта Яик, Рикотензе 230G469, Нутанс 193C93. Стабильность сортов σ^2_d в большинстве случаев достоверно различна ($F_{\phi} > F_{05}$ при $F_{05} = 4,41$), за исключением сортов Омский 99, Челябинец 1.

По параметрам экологической пластичности и стабильности все изучаемые сорта ярового ячменя при посеве по зерновому предшественнику в южной лесостепной зоне можно сгруппировать в 4 группы:

1) высокоинтенсивные сорта: высокопластичные и стабильные, обладающие свойством большой отзывчивости, требовательные к высокому уровню агротехники (Челябинский 99, Челябинец 1, Максимум, Яик, Уреньга, Нургущ, Нутанс 272F677, Рикотензе 230G469, Нутанс 207C74, Нутанс 238C204, Нутанс 193C93);

2) сорта полунинтенсивного типа: низкопластичные и стабильные, слабее реагируют на изменение условий среды, чем весь набор изучаемых сортов (Омский 99, Вакула, Орда, Нутанс 103G177);

3) сорта, имеющие полное соответствие изменению урожайности и условий выращивания (Челябинский 96, Нутанс 236C158);

4) менее ценные сорта, так как их отзывчивость сочетается с низкой стабильностью (сорта Омский 95, Паллидум 297C151, Нутанс 194C21).

В результате экологического испытания сортов ярового ячменя южной лесостепной зоне при посеве по пару установлено, что высокий уровень урожайности проявился в благоприятный 2018 год в среднем по сортам – 5,36 т/га (таблица 2).

Максимальную урожайность имели сорта Нургущ, Орда, Рикотензе 230G469. Различия по сортам достигали 1,8 т/га. В 2019 и 2020 гг. в среднем урожайность сортов снизилась на 1,17–4,56 т/га за счет изменения метеоусловий вегетационного периода. В условиях засухи наибольшую урожайность показали сорта Вакула, Нутанс 236C158, Нутанс 272F677 по сравнению с другими сортами. Многорядные селекционные линии в условиях засухи первой половины вегетации культуры значительно уступили по продуктивности двурядным формам.

Наиболее значительный коэффициент вариации урожайности сортов был отмечен в 2020 г. – 37,9 %.

Экологическая пластичность за три года по коэффициенту адаптации наиболее сильно проявилась у сортов Омский 95, Орда, Нутанс 236C158, Нутанс 272F677 (более 1) при стабильно высокой урожайности. Меньшая экологическая пластичность выявлена у многорядного ячменя Паллидум 297C151, у остальных сортов она изменялась в зависимости от климатических условий. Максимальная генетическая гибкость установлена у сортов Орда, Нутанс 236C158, Нутанс 272F677 и составила 3,48–3,61.

Коэффициент регрессии показал, что реакция сортов Вакула, Омский 99, Челябинский 99 на изменение условий среды слабее, чем у всего набора, следовательно, их лучше использовать на экстенсивных фонах при минимуме затрат.

По параметрам экологической пластичности и стабильности при посеве ярового ячменя по паровому предшественнику сорта разделились на группы.

1. Высокоинтенсивные сорта: высокопластичные и стабильные, с большой отзывчивостью, требовательные к высокому уровню агротехники (Максимус, Яик, Уреньга, Нургуш, Орда).

2. Полуинтенсивные сорта: низкопластичные и стабильные, слабее реагируют на изменение условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых сортов (Челябинский 99, Челябинец 1, Омский 99, Вакула, Нутанс 236С158, Паллидум 297С151, Нутанс 207С74, Нутанс 238С204, Нутанс 194С21).

3. Сорта, имеющие полное соответствие изменений урожайности изменению условий выращивания (Челябинский 96, Омский 95, Нутанс 272F677, Нутанс 193С93, Нутанс 103G177).

4. Сорт Рикотензе 230G469 в условиях 2018–2020 гг. по параметрам экологической пластично-

сти и устойчивости имел высокую отзывчивость в сочетании с меньшей стабильностью и несколько уступал другим из этого набора.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. В условиях южной лесостепи Челябинской области на почвах чернозема выщелоченного большое значение для роста и развития растений ярового ячменя имеют условия увлажнения и высокий температурный режим в период созревания.

2. При дефиците влагообеспеченности растений в этой зоне урожайность зерна ярового ячменя в экологическом испытании была максимальной в 2018 и 2019 гг. по паровому предшественнику. У сортов Нургуш, Орда, Рикотензе 230G469 в 2018 г. урожайность достигала 6,08–6,13 т/га. Наименее благоприятным для роста и развития растений был 2020 г.: различия по предшественникам были незначимы, урожайность зерна составляла 0,80–0,84 т/га.

3. Средняя урожайность сортов при посеве по паровому предшественнику в сравнении с благоприятным 2018 г. снижалась в 2019 г. с 5,36 до 4,19 т/га, в 2020 г. – до 0,80 т/га. По зерновому предшественнику средняя урожайность изменялась с 2,38 т/га в 2018 г. до 1,71 т/га 2019 г. и до 0,84 т/га в 2020 г.

Таблица 2
Результаты экологического сортоиспытания ярового ячменя в ОП «Троицкое» по паровому предшественнику за период 2018–2020 гг.

Сорт (фактор А)	Годы (фактор В)			Коэффициент адаптации			Генетическая гибкость $Y_{\max} + Y_{\min} / 2$	Пластич- ность, отклик генотипа b_j	Стабильность σ_d^2
	2018	2019	2020	2018	2019	2020			
Челябинский 99 (стандарт)	5,15	3,50	1,08	0,96	0,84	1,35	3,11	0,85	0,23
Челябинец 1	5,37	3,75	0,76	1,0	0,89	0,95	3,06	0,98	0,12
Челябинский 96	5,49	3,79	0,67	1,02	0,90	0,84	3,08	1,03	0,13
Максимус	5,36	4,15	0,74	1,0	0,99	0,92	3,05	1,01	0,00
Яик	5,69	4,33	0,70	1,06	1,03	0,88	3,19	1,09	0,00
Уреньга	5,34	4,05	0,45	1,0	0,97	0,56	2,89	1,07	0,00
Нургуш	6,13	4,38	0,47	1,14	1,04	0,59	3,30	1,22	0,06
Омский 95	5,40	5,10	0,90	1,01	1,22	1,12	3,15	1,04	0,45
Омский 99	4,33	3,94	0,86	0,81	0,94	1,08	2,59	0,80	0,15
Вакула	4,78	4,68	1,44	0,89	1,12	1,8	3,11	0,78	0,35
Орда	6,10	4,26	0,94	1,14	1,02	1,18	3,52	1,10	0,17
Нутанс 236С158	5,63	4,92	1,33	1,05	1,17	1,66	3,48	0,97	0,09
Нутанс 272F677	5,94	4,56	1,28	1,11	1,09	1,6	3,61	1,01	0,02
Паллидум 297С151	4,65	3,18	0,49	0,87	0,76	0,61	2,57	0,89	0,10
Рикотензе 230 G 469	6,08	4,05	0,37	1,13	0,97	0,54	3,22	1,22	0,20
Нутанс 207С74	5,19	4,14	0,87	0,97	0,99	1,09	3,03	0,95	0,00
Нутанс 238С204	4,88	4,51	0,68	0,91	1,08	0,85	2,78	0,97	0,31
Нутанс 194С21	5,00	4,38	0,91	0,93	1,04	1,14	2,95	0,93	0,11
Нутанс 193С93	5,26	4,40	0,74	0,98	1,05	0,92	3,00	1,01	0,05
Нутанс 103 G 177	5,38	3,76	0,41	1,0	0,9	0,51	2,89	1,07	0,07
$X_{\text{ср.}}$ т/га	5,36	4,19	8,0						
Коэффициент вариации V , %	9,12	11,10	37,9						
НСР ₀₅ А = 0,63 т/га (несущественная) НСР ₀₅ В = 0,24 т/га									
I_j – индекс изменчивости условий среды	19,06	7,40	26,47						

The results of ecological varietal testing of spring barley in the GP "Troitskoye" for the steam predecessor for the period 2018–2020

Variety (factor A)	Years (factor B)			Coefficient of adaptation			Genetic flexibility $Y_{\min}^+ + Y_{\min}^{\max}/2$	Plasticity, genotype response b_i	Stability σ^2_d
	2018	2019	2020	2018	2019	2020			
Chelyabinsk 99 (standard)	5.15	3.50	1.08	0.96	0.84	1.35	3.11	0.85	0.23
Chelyabinsk 1	5.37	3.75	0.76	1.0	0.89	0.95	3.06	0.98	0.12
Chelyabinsk 96	5.49	3.79	0.67	1.02	0.90	0.84	3.08	1.03	0.13
Maksim	5.36	4.15	0.74	1.0	0.99	0.92	3.05	1.01	0.00
Yaik	5.69	4.33	0.70	1.06	1.03	0.88	3.19	1.09	0.00
Uren'ga	5.34	4.05	0.45	1.0	0.97	0.56	2.89	1.07	0.00
Nurgush	6.13	4.38	0.47	1.14	1.04	0.59	3.30	1.22	0.06
Omsk 95	5.40	5.10	0.90	1.01	1.22	1.12	3.15	1.04	0.45
Omsk 99	4.33	3.94	0.86	0.81	0.94	1.08	2.59	0.80	0.15
Vakula	4.78	4.68	1.44	0.89	1.12	1.8	3.11	0.78	0.35
Orda	6.10	4.26	0.94	1.14	1.02	1.18	3.52	1.10	0.17
Nutans 236C158	5.63	4.92	1.33	1.05	1.17	1.66	3.48	0.97	0.09
Nutans 272F677	5.94	4.56	1.28	1.11	1.09	1.6	3.61	1.01	0.02
Pallidum 297C151	4.65	3.18	0.49	0.87	0.76	0.61	2.57	0.89	0.10
Rikotenze 230 G 469	6.08	4.05	0.37	1.13	0.97	0.54	3.22	1.22	0.20
Nutans 207C74	5.19	4.14	0.87	0.97	0.99	1.09	3.03	0.95	0.00
Nutans 238C204	4.88	4.51	0.68	0.91	1.08	0.85	2.78	0.97	0.31
Nutans 194C21	5.00	4.38	0.91	0.93	1.04	1.14	2.95	0.93	0.11
Nutans 193C93	5.26	4.40	0.74	0.98	1.05	0.92	3.00	1.01	0.05
Nutans 103 G 177	5.38	3.76	0.41	1.0	0.9	0.51	2.89	1.07	0.07
Average by grade, X_{average} t/ha	5.36	4.19	8.0						
Coefficient of variation V, %	9.12	11.10	37.9						
$HCP_{05}A = 0.63$ t/ha (non essential) $HCP_{05}B = 0.24$ t/ha									
Ij – Index of variability of environmental conditions	19,06	7,40	26,47						

4. Анализ за 2018–2020 гг. показал, что для зоны рискованного земледелия подходят наиболее пластичные сорта, обладающие высоким потенциалом урожайности в любые по метеословиям годы: Орда, Нутанс 236C158, Нутанс 272F677, Омский 95 при посеве по пару, по зерновому предшественнику к этим сортам добавляются Нутанс 193C93 и Нутанс 207C74.

5. Остро реагировали на изменение условий вегетации сорта Паллидум 297C151, Челябинский 99, Челябинский 96 и Нутанс 103G177.

6. Сорта Омский 99 и Вакула могут быть использованы для селекции на засухоустойчивость.

Для обеспечения высокой урожайности ярового ячменя в условиях южной лесостепной зоны Южного Урала при различных агротехнологиях возделывания рекомендуются сорта высокоинтенсивного и полунинтенсивного типов.

Библиографический список

- Miralles D. J., Abeledo G. L., Prado S. A., Chenu K., Serrago R. A., Savin R. Barley // V. O. Sadras, D. F. Calderini (eds.). Crop Physiology Case Histories for Major Crops. Cambridge, MA: Academic Press; 2021. Pp. 164–195. DOI: 10.1016/B978-0-12-819194-1.00004-9.
- Прядун Ю. П. Моделирование интенсивных идиотипов сортов ярового ячменя для Уральского региона // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 57–63. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-84-4-57-63.
- Иваненко А. С., Логинов Ю. П., Белкина Р. И., Казак А. А., Тоболова Г. В., Якубышина Л. И. Растениеводство Северного Зауралья. Тюмень, 2017. 308 с.
- Елисеев И. П., Елисеева Л. В., Степанов А. В. Динамика продуктивности ячменя и стоимости зерна в зависимости от погодных условий в Чувашской республике // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 13–20.
- Wiegmann M., Maurer A., Pham A., March T. J., Al-Abdallat A., Thomas W. T. B., Bull H. J., Shahid M., Eglinton J., Baum M., Flavell A. J., Tester M., Pillen K.. [e-resource]. Barley yield formation under abiotic stress depends on the interplay between flowering time genes and environmental cues // Scientific Reports. 2019. Vol. 9. Article number. 6397. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-42673-1> (date of reference: 02.04.2022).

6. Грязнов А. А., Романова О. В., Грязнова О. А. Нетрадиционные сорта ячменя в животноводстве (обзор) // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2018. № 7. С. 47–56.
7. Скороходов В. Ю. Урожайность ячменя в шестипольных севооборотах на чернозёмах южных степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 93–97.
8. Митрофанов Д. В., Ткачева Т. А. Воздействие агрометеорологических условий, минеральных удобрений, предшественников и влажности почвы на урожайность зерна ярового ячменя в степной зоне Южного Урала // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 84–97.
9. Якубышина Л. И. Селекция ячменя в Тюменской области // Современные научно-практические решения в АПК: сборник статей всероссийской научно-практической конференции. Тюмень, 2017. С. 798–803.
10. Vaezi B., Pour-Aboughadareh A., Mohammadi R., Meh raban A., Hossein-Pour T., Koohkan. E. et al. Integrating different stability models to investigate genotype × environment interactions and identify stable and high yielding barley genotypes // Euphytica. 2019. No. 215 (4). Article number 63. DOI: 10.1007/s10681-019-2386-5. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-019-2386-5> (date of reference: 02.04.2022).
11. Kendal E. Effects of ecological factors on spring barley genotypes // N. Eslem (ed.). *Hordeum vulgare: Production, Cultivation and Uses*. New-York, NY: Nova Science Publishers, 2021. Pp. 87–114.
12. Юсова О. А., Николаев П. Н. Изменение урожайности и качества зерна ячменя с повышением адаптивности сортов // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2 (74). С. 75–80. DOI: 10/31367/2079-8725-2021-74-2-75-80.
13. Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Герасимов С. А., Липшин А. Г. Адаптивный потенциал ячменя Восточно-Сибирской селекции // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 5. С. 28–31.
14. Левакова О. В., Ерошенко Л. М., Ерошенко А. Н., Ромахин М. М., Ерошенко Н. А., Дедушев И. А., Болдырев М. А. Оценка зерновой продуктивности и адаптивности отечественных и зарубежных сортов ярового ячменя в условиях Нечернозёмной зоны РФ // Аграрный научный журнал. 2021. № 3. С. 30–33. DOI: 10.28983/asj.y2021i3pp30-33.
15. Creissen H. E., Jorgensen T. H., Brown J. K. M. Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes // *Crop Protection*. 2016. Vol. 85. Pp. 6–8.
16. Бакулина А. В., Широких И. Г. Подходы к повышению продуктивности и адаптивности ячменя с помощью технологий генетической модификации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 1. С. 5–19. DOI: 10.30766/2072-9081.20.1.05-19.
17. 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.
18. Герасимов С. А. Селекционно-ценные образцы ячменя коллекции ВИР по параметрам адаптивности, продуктивности и качества зерна // Вестник НГАУ. 2020. № 4 (57). С. 16–24. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-16-24.
19. Максимов Р. А., Киселев Ю. А. Сравнительная оценка адаптивности и стабильности нового сорта ячменя Памяти Чепелева // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 6. С. 33–36. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10608.
20. Гудзенко В. Н., Полищук Т. П., Бабий О. О., Худойлий Л. В. Урожайность и адаптивность мироновских сортов ярового ячменя разных периодов селекционной работы // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14. № 2. С. 190–202. DOI: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134766.

Об авторах:

Юрий Петрович Прыдун¹ кандидат сельскохозяйственных наук, и. о. заведующего лабораторией селекции ячменя, ORCID 0000-0003-3623-1110, AuthorID 966322; yuriy.pryadun@mail.ru

Любовь Петровна Шаталина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-8651-5288, AuthorID 618148; lubashatalina@mail.ru

¹ Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Челябинск, Россия

Results of ecological testing of spring barley varieties in the southern forest-steppe of the Southern Urals

Yu. P. Pryadun^{1✉}, L. P. Shatalina¹

¹Chelyabinsk Research Institute of Agriculture, Chelyabinsk, Russia

✉E-mail: yuriy.pryadun@mail.ru

Abstract. The aim of the research was to adjust the direction of barley breeding towards the creation of semi-intensive and intensive varieties, for farms with different levels of agricultural culture, according to economically valuable characteristics adapted to the conditions of the Chelyabinsk region. An assessment of the ecological testing of spring barley varieties in the southern forest-steppe zone of the Southern Urals during sowing according to the fallow and grain predecessor for 2018 – 2020 of the parameters of ecological adaptability in yield was carried out. **Methods.** The studies were conducted from 2018 to 2020. In the conditions of the southern forest-steppe of the Chelyabinsk region, GP “Troitskoe”. A detailed analysis of the adaptability parameters is given: the coefficients of the environmental conditions index (I_j), the coefficients of adaptation, genetic flexibility, plasticity (b_i) and stability (σ^2_d) are calculated. The selection of varieties for all studied parameters was obtained. **Results.** The results of this environmental test showed that of the whole set, the varieties have high ecological plasticity for this period: Omsk 95, Orda, Nutans 236C158, Nutans 272F677, Nutans 193C93 with an adaptability coefficient greater than 1. Nutans 236C158, Orda, Nutans 272F677, Nutans 193C93 showed the maximum adaptability for 3 years when sowing according to the grain predecessor, they had a consistently high yield and an adaptation coefficient greater than 1 under any weather conditions. An increase in the genetic flexibility of varieties was found when sowing in pairs from 1.61 to 3.09. For the zone of risky farming, the most plastic varieties with a high yield potential in any weather conditions were distinguished: Orda, Nutans 236C158, Nutans 272F677, Omsk 95, Nutans 193C93 and Nutans 207C74. Pallidum 297C151, Chelyabinsk 99, Chelyabinsk 96 and Nutans 103G177 varieties reacted sharply to changes in vegetation conditions. **Scientific novelty.** Groups of the studied varieties have been identified according to the parameters of ecological plasticity and stability, simplifying selection for further breeding process. Varieties Omsk 99 and Vakula can be used for breeding for drought resistance.

Keywords: varieties, spring barley, yield, adaptation coefficient, genetic flexibility, plasticity, weather conditions.

For citation: Pryadun Yu. P., Shatalina L. P. Rezultaty ekologicheskogo ispytaniya sortov yarovogo yachmenya v yuzhnoy lesostepi Yuzhnogo Urala [Results of ecological testing of spring barley varieties in the southern forest-steppe of the Southern Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 05 (220). Pp. 12–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-12-20. (In Russian.)

Date of paper submission: 04.04.2022, **date of review:** 15.04.2022, **date of acceptance:** 25.04.2022.

References

1. Miralles D. J., Abeledo G. L., Prado S. A., Chenu K., Serrano R. A., Savin R. Barley // V. O. Sadras, D. F. Calderini (eds.). Crop Physiology Case Histories for Major Crops. Cambridge, MA: Academic Press; 2021. Pp. 164–195. DOI: 10.1016/B978-0-12-819194-1.00004-9.
2. Pryadun Yu. P. Modelirovaniye intensivnykh idiotipov sortov yarovogo yachmenya dlya Ural'skogo regiona [Modeling of intensive idiotypes of spring barley varieties for the Ural region] // IZVESTIA Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 4 (84). Pp. 57–63. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-84-4-57-63. (In Russian.)
3. Ivanenko A. S., Loginov Yu. P., Belkina R. I., Kazak A. A., Tobolova G. V., Yakubshina L. I. Rasteniyevodstvo Severnogo Zaural'ya [Crop production of the Northern Trans-Urals]. Tyumen, 2017. 308 p. (In Russian.)
4. Eliseev I. P., Eliseeva L. V., Stepanov A. V. Dinamika produktivnosti yachmenya i stoimosti zerna v zavisimosti ot pogodnykh usloviy v Chuvashskoy respublike [Dynamics of barley productivity and grain cost depending on weather conditions in the Chuvash Republic] // Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2020. No. 2. Pp. 13–20. (In Russian.)
5. Wiegmann M., Maurer A., Pham A., March T. J., Al-Abdallat A., Thomas W. T. B., Bull H. J., Shahid M., Eglinton J., Baum M., Flavell A. J., Tester M., Pillen K.. [e-resource]. Barley yield formation under abiotic stress depends on the interplay between flowering time genes and environmental cues // Scientific Reports. 2019. Vol. 9. Article number. 6397. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-42673-1> (date of reference: 02.04.2022).
6. Gryaznov A. A., Romanova O. V., Gryaznova O. A. Netraditsionnyye sorta yachmenya v zhivotnovodstve (obzor) [Non-traditional varieties of barley in animal husbandry (review)] // Kormleniye sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. 2018. No. 7. Pp. 47–56. (In Russian.)

7. Skorokhodov V. Yu. Urozhaynost' yachmenya v shestopol'nykh sevooborotakh na chernozemakh yuzhnykh stepnoy zony Yuzhnogo Urала [Barley yield in six-field crop rotations on southern chernozems of the steppe zone of the Southern Urals] // IZVESTIA Orenburg State Agrarian University. 2019. No. 5 (79). Pp. 93–97. (In Russian.)
8. Mitrofanov D. V., Tkacheva T. A. Vozdeystviye agrometereologicheskikh usloviy, mineral'nykh udobreniy, predshestvennikov i vlazhnosti pochvy na urozhaynost' zerna yarovogo yachmenya v stepnoy zone Yuzhnogo Urала [The impact of agrometereological conditions, mineral fertilizers, precursors and soil moisture on the yield of spring barley grain in the steppe zone of the Southern Urals] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. No. 4 (64). Pp. 84–97. (In Russian.)
9. Yakubyshina L. I. Seleksiya yachmenya v Tyumenskoй oblasti [Barley breeding in the Tyumen region] // Sovremennyye nauchno-prakticheskiye resheniya v APK: sbornik statey vserossiyskoй nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tyumen, 2017. Pp. 798–803. (In Russian.)
10. Vaezi B., Pour-Aboughadareh A., Mohammadi R., Meh raban A., Hossein-Pour T., Koohkan. E. et al. Integrating different stability models to investigate genotype × environment interactions and identify stable and high yielding barley genotypes [e-resource] // Euphytica. 2019. No. 215 (4). Article number 63. DOI: 10.1007/s10681-019-2386-5. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-019-2386-5> (date of reference: 02.04.2022).
11. Kendal E. Effects of ecological factors on spring barley genotypes // N. Eslem (ed.). *Hordeum vulgare: Production, Cultivation and Uses*. New-York, NY: Nova Science Publishers, 2021. Pp. 87–114.
12. Yusova O. A., Nikolayev P. N. Izmeneniye urozhaynosti i kachestva zerna yachmenya s povysheniyem adaptivnosti sortov [Changes in the yield and quality of barley grain with an increase in the adaptability of varieties] // Grain Economy of Russia 2021. No. 2 (74). Pp. 75–80. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-75-80. (In Russian.)
13. Surin N. A., Lyakhova N. E., Gerasimov S. A., Lipshin A. G. Adaptivnyy potentsial yachmenya Vostochno-Sibirskoy seleksii [Adaptive potential of East Siberian barley breeding] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2017. Vol. 31. No. 5. Pp. 28–31. (In Russian.)
14. Levakova O. V., Eroshenko L. M., Eroshenko A. N., Romakhin M. M., Eroshenko N. A., Dedushev I. A., Boldyrev M. A. Otsenka zernovoy produktivnosti i adaptivnosti otechestvennykh i zarubezhnykh sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Nechernozemnoy zony RF [Evaluation of grain productivity and adaptability of domestic and foreign varieties of spring barley in the conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation] // The Agrarian Scientific Journal. 2021. No. 3. Pp. 30–33. DOI: 10.28983/asj.y2021i3pp30-33. (In Russian.)
15. Creissen H. E., Jorgensen T. H., Brown J. K. M. Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes // Crop Protection. 2016. Vol. 85. Pp. 6–8.
16. Bakulina A. V., Shirokikh I. G. Podkhody k povysheniyu produktivnosti i adaptivnosti yachmenya s pomoshch'yu tekhnologiy geneticheskoy modifikatsii [Approaches to increasing the productivity and adaptability of barley using genetic modification technologies] // Agricultural Science Euro-North-East. 2019. Vol. 20. No. 1. Pp. 5–19. DOI: 10.30766/2072-9081.20.1.05-19. (In Russian.)
17. Borisov B. B., Islamova Ch. M., Fatykhov I. Sh., Mazunina N. I. Ekologicheskaya plastichnost' i adaptivnost' sortov yarovogo yachmenya v abioticheskikh usloviyakh Srednego Predural'ya [Ecological plasticity and adaptability of spring barley varieties in abiotic conditions of the Middle Urals] // Perm Agrarian Journal. 2020. No. 2 (30). Pp. 31–38. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10031. (In Russian.)
18. Gerasimov S. A. Seleksionno-tsennyye obraztsy yachmenya kolleksii VIR po parametram adaptivnosti, produktivnosti i kachestva zerna [Selection-valuable samples of barley from the VIR collection according to the parameters of adaptability, productivity and grain quality] // Bulletin of NSAU. 2020. No. 4 (57). Pp. 16–24. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-16-24. (In Russian.)
19. Maksimov R. A., Kiselev Yu. A. Sravnitel'naya otsenka adaptivnosti i stabil'nosti novogo sorta yachmenya Pamyati Chepeleva [Comparative assessment of adaptability and stability of a new variety of barley in memory of Chepelev] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2019. Vol. 33. No. 6. Pp. 33–36. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10608. (In Russian.)
20. Gudzenko V. N., Polishchuk T. P., Babiy O. O., Khudoliy L. V. Urozhaynost' i adaptivnost' mironovskikh sortov yarovogo yachmenya raznykh periodov seleksionnoy raboty [Productivity and adaptability of Mironov varieties of spring barley of different periods of breeding work] // Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Vol. 14. No. 2. Pp. 190–202. DOI: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134766. (In Russian.)

Authors' information:

Yuriy P. Pryadun¹, candidate of agricultural sciences, acting head of the barley breeding laboratory, ORCID 0000-0003-3623-1110, AuthorID 966322; yuriy.pryadun@mail.ru

Lyubov P. Shatalina¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-8651-5288, AuthorID 618148; lubashatalina@mail.ru

¹Chelyabinsk Research Institute of Agriculture, Chelyabinsk, Russia