

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Научная статья
УДК 631.527.16
DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-78-93



Оценка коллекционных образцов ярового ячменя белорусской селекции в условиях Северного Зауралья

М. Н. Фомина¹, Ю. С. Иванова¹, М. В. Брагина¹, О. Н. Ковалева²

¹ Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук, Тюмень, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений
имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Юлия Семеновна Иванова, averyasova-ulyi@mail.ru

Актуальность. Для успешного создания новых сортов, отвечающих требованиям производства, необходим научно обоснованный подбор исходного материала. Важная роль при этом принадлежит генофонду ВИР, на базе которого создается новейший сортимент в научных учреждениях для использования в практической селекции. Изучение коллекционных образцов ячменя в условиях Северного Зауралья позволило оценить их по комплексу и отдельным хозяйственно ценным признакам и выделить новые источники для селекционной практики.

Материалы и методы. Представлены результаты 8-летнего испытания (2016–2023 гг.) 11 коллекционных образцов ярового ячменя белорусского происхождения в зоне северной лесостепи Тюменской области. Провели оценку зерна по технологическим и биохимическим показателям.

Результаты. Большинство изучаемых образцов созревали позднее стандартного среднеспелого сорта 'Абалак'. В Северном Зауралье решающее влияние на формирование урожая, содержание белка и крахмала в зерне оказывали метеорологические условия в период вегетации (соответственно 74,6%, 70,8% и 81,8%). Влияние генотипа на данные показатели было 7,9%, 17,5% и 6,2% соответственно. Содержание крахмала, кроме того, зависело от взаимодействия «генотип × среда» (9,7%). На содержание жира почти равнозначно влияли генотип (25,1%) и среда (26,7%). Более значимым было взаимодействие «генотип × среда» (31,2%).

Заключение. Выделены источники: 'Водар' (высокая урожайность, выносливость к засухе и т. д.); 'Магутны' (высокая урожайность, экологическая пластичность); 'Хаго' (крупное зерно, низкая пленчатость, повышенное содержание белка и крахмала); 'Липень' (высокая натурная масса, повышенное содержание крахмала, экологическая пластичность); 'Фобос' (выносливость к засухе, повышенное содержание белка); 'Дублет' (устойчивость к полеганию, повышенное содержание белка); 'Талер' (пониженное содержание белка, экологическая пластичность); 'Поспех' (пониженное содержание белка).

Ключевые слова: *Hordeum vulgare* L., сорт, урожайность, период вегетации, качество зерна

Благодарности: работа выполнена в рамках государственных заданий по тематическим планам: Научно-исследовательским институтом сельского хозяйства Северного Зауралья – филиалом ТюмНЦ СО РАН, проект № FWRZ-2021-0015); ВИР, проект № FGEM-2022-0009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Фомина М.Н., Иванова Ю.С., Брагина М.В., Ковалева О.Н. Оценка коллекционных образцов ярового ячменя белорусской селекции в условиях Северного Зауралья. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024;185(3):78-93. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-78-93

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-78-93

Evaluation of spring barley cultivars released in Belarus under the environmental conditions of the Northern Trans-Urals

Maria N. Fomina¹, Yulia S. Ivanova¹, Maria V. Bragina¹, Olga N. Kovaleva²

¹ Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Corresponding author: Yulia S. Ivanova, averyasova-ulya@mail.ru

Background. Studying the genetic diversity of *ex situ* barley accessions under contrasting environmental conditions (humid with a lack of heat, favorable, arid, etc.) makes it possible to assess them according to the duration of the growing season, resistance to lodging, potential productivity, drought resistance, grain quality, and environmental plasticity.

Materials and methods. The results of an 8-year trial (2016–2023) of 11 spring barley accessions of Belarusian origin in the northern forest-steppe zone of Tyumen Province are presented. The experiments followed the protocols adopted for the state variety trials. An SKS-6-10 seeder was used for sowing, the plot area was 5 m², and cv. 'Abalak' served as the reference. The seeding rate was 550 viable seeds per 1 m².

Results. A majority of the studied accessions matured later than the medium-ripening reference cultivar. Weather conditions during the growing season in the Northern Trans-Urals had a decisive effect on the harvest formation, protein content and starch content in barley grain (74.6%, 70.8% and 81.8%, respectively). The effect of the genotype on these indicators was 7.9%, 17.5% and 6.2%, respectively. Starch content also depended on the genotype × environment interaction (9.7%). Fat content was almost equally affected by the genotype (25.1%) and the environment (26.7%). The genotype × environment interaction was more significant (31.2%).

Conclusion. The following sources were identified among the tested cultivars: 'Vodar' (high yield, drought tolerance, etc.); 'Magutny' (high yield, and environmental plasticity); 'Khago' (large grain, low hull content, and increased protein and starch content levels); 'Lipen' (high test weight, increased starch content, and environmental plasticity); 'Fobos' (drought tolerance, and increased protein content); 'Dublet' (lodging resistance, and increased protein content); 'Taler' (reduced protein content, and environmental plasticity); 'Pospekh' (reduced protein content).

Keywords: *Hordeum vulgare* L., cultivar, yield, growing season, grain quality

Acknowledgements: the study was carried out within the framework of the state tasks according to the thematic plans: Research Institute of Agriculture for the Northern Trans-Ural Region, a branch of Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Project No. FWRZ-2021-0015; VIR, Project No. FGEM-2022-0009 "Structuring and disclosing the potential of hereditary variation in the global collection of cereal and groat crops at VIR for the development of an optimized genebank and its sustainable utilization in plant breeding and crop production".

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Fomina M.N., Ivanova Yu.S., Bragina M.V., Kovaleva O.N. Evaluation of spring barley cultivars released in Belarus under the environmental conditions of the Northern Trans-Urals. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(3):78-93. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-78-93

Введение

Ячмень является основной зернофуражной культурой Российской Федерации, которая используется для производства кормов, круп, пива, а также в текстильной, кондитерской и кожевенной промышленности (Filipov et al., 2020; Popov et al., 2021). Он имеет большие преимущества в сравнении с пшеницей и овсом по урожайности, скороспелости, засухоустойчивости и солеустойчивости. В Сибири эта культура занимает одно из ведущих мест в производстве зерна (Surin et al., 2018). Перспективность ячменя для Северного Зауралья определяется не только его продуктивностью по сравнению с другими зерновыми культурами, но и высоким сбором протеина с одного гектара: ячмень в этом отношении превосходит пшеницу (Ivanova et al., 2021). Перспективен ячмень и в агротехническом аспекте. Это хорошая покровная культура для многолетних трав (Baykalova et al., 2014).

По удельному весу в структуре посевных площадей Тюменской области ячмень стоит на втором месте после пшеницы. В последние годы он занимает около 150 тысяч гектаров. Высевают ячмень в основном в лесостепной зоне Тюменской области. Однако практика передовых хозяйств и опыт государственных сортоиспытательных участков показывает, что почвенно-климатические условия в большинстве лет благоприятны для возделывания ячменя во всех сельскохозяйственных зонах Тюменской области (Zoning of crop cultivars..., 2021).

Крупные резервы повышения продуктивности и качества зерна ячменя, наряду с совершенствованием технологии возделывания, заложены в создании сортов с высоким потенциалом урожайности, отзывчивых на условия интенсивного земледелия, устойчивых к действию абиотических и биотических стрессов в конкретных природно-климатических условиях (Shchennikova, Kokina 2021).

Для успешного развития селекции и создания новых сортов, отвечающих требованиям производства, необходимо постоянное расширение генетического разнообра-

зия. Для этого требуется выделение новых источников хозяйственно ценных признаков и свойств. Научно обоснованный подбор исходного материала для селекции является обязательным условием ее успеха (Surin et al., 2023). Важная роль при этом принадлежит генофонду Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), на базе которого создается новейший сортимент в научных учреждениях для использования в практической селекции (Maksimov, 2015).

В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, зарегистрировано более 200 сортов ярового ячменя, в том числе 11 сортов белорусской селекции (State Register..., 2023). Белорусские сорта рекомендованы для возделывания главным образом в европейской части РФ. Однако коллекционные образцы белорусского происхождения представляют большой интерес в качестве ценного исходного материала для создания сортов ярового ячменя и в условиях Сибири, включая Северное Зауралье.

Цель – оценить селекционное значение коллекционных образцов ярового ячменя белорусской селекции для условий Северного Зауралья.

Материалы и методы

Полевые исследования проводили на опытном поле Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья (НИИСХ СЗ) – филиала Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук (ТюмНЦ СО РАН) в 2016–2023 гг. в зоне северной лесостепи Тюменской области. Всего изучено 11 сортов белорусской селекции, в том числе 8 образцов ('Магутны', 'Водар', 'Липень', 'Хаго', 'Талер', 'Дуплет', 'Фобос') оценивали с 2016 по 2023 г., сорт 'Поспех' – с 2018 по 2023 г., сорт 'Шляхціч' – в 2022–2023 гг., 'Фест' и 'Радимич' – в 2023 г. Стандартный сорт (ст.) – 'Абалак', возделываемый в регионе (табл. 1).

Таблица 1. Коллекционные образцы ярового ячменя белорусской селекции, изучаемые в условиях Северного Зауралья

Table 1. Spring barley cultivars of Belarusian origin tested under the environmental conditions of the Northern Trans-Urals

№ по каталогу ВИР	Сорт	Продолжительность периода вегетации, сут.		Коэффициент вариации
		Среднее	Размах варьирования	
	'Абалак' (ст.)	69	66–74	4,5
Пленчатые сорта				
31149	'Магутны'	71	64–77	6,9
31146	'Водар'	73	67–81	6,4
31171	'Липень'	73	65–80	7,0
31147	'Хаго'	74	67–81	6,0
31173	'Талер'	72	67–81	7,1
31122	'Поспех'*	69	66–73	3,8
Голозерные сорта				
31148	'Фобос'	71	66–76	4,9
31172	'Дуплет'	71	65–78	6,2

Примечание: * – данные за 2018–2023 гг.

Note: * – the data of 2018–2023

Опыты закладывали в соответствии с методиками государственного сортоиспытания и ВИР (Loskutov et al., 2012).. Технологическую и биохимическую оценку зерна проводили в аналитической лаборатории НИИСХ СЗ. Технологические показатели зерна (масса 1000 зерен и пленчатость) определяли в соответствии с Государственными стандартами (GOST 10842-89..., 2009; GOST 10843-76..., 2009). Определение природы зерна проводили на микропурке, г/10 см³ (в связи с малым количеством зерна). Содержание сырого протеина определяли фотоколориметрическим методом (Kurkaev et al., 1977), содержание жира – на установке ЭЖ-101 методом экстрагирования (Rushkovsky, 1975), крахмал – поляриметрическим методом Эверса (Bukharina, Lyubimova, 2009).

Индекс экологической пластичности рассчитывали по формуле:

$$\text{ИЭП} = \frac{\text{УС}}{\text{СУО}}, \text{ где}$$

УС – урожайность сорта;

СУО – средняя урожайность всех сортов в опыте (Gryuznov, 1996).

Коллекционный питомник закладывали на серой лесной тяжелосуглинистой оподзоленной почве. Мощность пахотного горизонта – 18–30 см; содержание гумуса в почве (по Тюрину) – 1,50–4,75%; кислотность солевой вытяжки (по Алямовскому) – 5,5–6,8 Ед рН; содержание нитратного азота (по Градндвалю – Ляжу) – 6,6–7,9 мг/кг почвы; подвижных форм (по Чирикову) фосфора и калия – 19,8–24,5 и 19,0–20,6 мг/100 г почвы соответственно (GOST 23740-79..., 1987). Предшественник – чистый пар, горох.

Посев проводили сеялкой СКС-6-10, учетная площадь делянки – 5 м², стандарт 'Абалак' высевался через 20 номеров. Норма посева – 550 всхожих семян на 1 м². Почву обрабатывали в соответствии с агротехническими рекомендациями, принятыми для данной почвенно-климатической зоны. Уборку проводили комбайном «Сампо 130» в фазу полной спелости.

Математическую обработку результатов осуществляли методом дисперсионного анализа (Dospikhov, 1985) с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel и Snedecor (Sorokin, 2004).

Метеорологические условия вегетационного периода в годы исследований отличались по обеспеченности растений теплом и влагой. Увлажненными были 2017, 2018, 2019 и 2022 г. – гидротермический коэффициент (ГТК)

составил 1,36–1,68. Недостаточной влагообеспеченностью и высокой температурой характеризовались 2016, 2020, 2021 и 2023 г. (ГТК соответственно составил 0,69; 0,89; 0,42; 0,74). Недобор тепла (99,0% к норме) при достаточно высоком увлажнении (126,3% к норме) отмечен в 2018 г. Дефицит тепла отмечали также в отдельные месяцы 2017 г. (май, июль), 2019 г. (июнь) и 2023 г. (вторая и третья декады июня), однако высокие среднесуточные температуры в течение остального периода вегетации компенсировали этот недостаток. Сумма положительных температур в целом за вегетационный период в 2017, 2018, 2019 и 2022 г. была близка к норме; в 2016, 2020, 2021 и 2023 г. превысила среднее многолетнее значение на 14,2–22,9% (рис. 1, 2, 3, 4).

Результаты и их обсуждение

Сорта белорусской селекции отличаются высокой продуктивностью и являются исходным материалом по этому признаку для многих регионов РФ. Кроме того, они способны формировать зерно высокого качества, которое можно использовать для производства кормов, круп и в пивоварении.

Продолжительность вегетационного периода – один из ведущих факторов получения устойчивого урожая. Особенно остро этот вопрос стоит в северных районах РФ с ограниченными тепловыми ресурсами (Surin, Lyakhova, 2017; Surin et al., 2023). Для сельскохозяйственных регионов Северного Зауралья характерно позднее прекращение весенних и раннее наступление осенних заморозков, что определяет необходимость оценки исходного материала по продолжительности вегетационного периода. Стандартный сорт 'Абалак' относится к группе среднеспелых и созревал в среднем за 69 суток с амплитудой колебания 66–74 сут. Продолжительность вегетационного периода коллекционных образцов белорусского происхождения в среднем составила 69–74 сут. с амплитудой изменчивости по годам от 64 до 81 суток (табл. 2).

Различия существовали и в продолжительности отдельных этапов вегетационного периода. Продолжительность основных межфазных периодов («всходы – колошение», «колошение – восковая спелость») изменялась в широких пределах в зависимости от сорта и условий выращивания. Продолжительность периода от всходов до колошения у стандартного сорта 'Абалак' в среднем составила 36 суток (с колебаниями 31–41 сут.), а периода «колошение – восковая спелость» –



Рис. 1. Количество осадков за вегетационный период, май – август (Тюмень, 2016–2023 гг.)

Fig. 1. Precipitation amounts during the growing seasons, May – August (Tyumen, 2016–2023)



Рис. 2. Среднесуточная температура за вегетационный период, май - август (Тюмень, 2016–2023 гг.)

Fig. 2. Mean daily temperatures during the growing seasons, May - August (Tyumen, 2016–2023)



Рис. 3. Сумма положительных температур, май - август (Тюмень, 2016–2023 гг.)

Fig. 3. Sums of positive temperatures, May - August (Tyumen, 2016–2023)

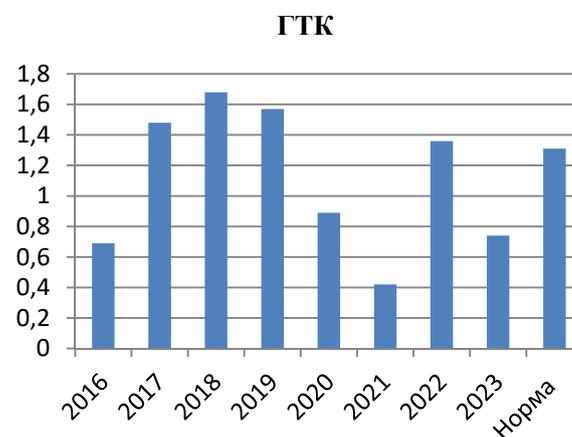


Рис. 4. Гидротермический коэффициент, май - август (Тюмень, 2016–2023 гг.)

Fig. 4. Hydrothermal coefficients, May - August (Tyumen, 2016–2023)

Таблица 2. Продолжительность вегетационного периода
(Тюмень, 2016–2023 гг.)**Table 2. Duration of the growing season** (Tyumen, 2016–2023)

№ по каталогу ВИР	Сорт	Продолжительность периода вегетации, сут.		Коэффициент вариации
		Среднее	Размах варьирования	
	‘Абалак’ (ст.)	69	66–74	4,5
Пленчатые сорта				
31149	‘Магутны’	71	64–77	6,9
31146	‘Водар’	73	67–81	6,4
31171	‘Липень’	73	65–80	7,0
31147	‘Хаго’	74	67–81	6,0
31173	‘Талер’	72	67–81	7,1
31122	‘Поспех’*	69	66–73	3,8
Голозерные сорта				
31148	‘Фобос’	71	66–76	4,9
31172	‘Дублет’	71	65–78	6,2

Примечание: * – данные за 2018–2023 гг.

Note: * – the data of 2018–2023

33 сут. (с колебаниями 28–41 сут.). У коллекционных образцов белорусского происхождения первый этап был длиннее на 3–6 сут. по сравнению со стандартом, а второй у большинства сортов был короче на 1–4 сут. (табл. 3).

Учитывая периодически повторяющиеся в сельскохозяйственных районах Северного Зауралья весенне-летние засухи, предпочтение отдается сортам с более продолжительным первым и коротким вторым межфазными периодами. В этом плане изучаемый сортимент представляет интерес для создания сортов, приспособленных к неблагоприятным условиям региона.

Интегрированным показателем сорта является урожайность, которая определяет его востребованность в производстве (Kozubovskaya et al., 2017). Проведенный анализ показал влияние отдельных факторов на урожайность коллекционных образцов ярового ячменя в зоне северной лесостепи Тюменской области. Решающее значение на формирование урожая оказывали метеорологические условия в период вегетации (рис. 5).

В изученной группе образцов урожайность также значительно варьировала в зависимости от сорта и погодных условий. Средняя урожайность изучаемых образцов колебалась от 401,4 г/м² (‘Поспех’) до 611,2 г/м² (‘Водар’). Влияние погодных условий было значительным, но не однозначным (V = 25,5–44,4%). Меньше других сортов на изменение условий среды реагировали сорта ‘Поспех’ (V = 25,5%) и ‘Водар’ (V = 28,2%). Наибольшей изменчивостью отличился сорт ‘Хаго’ (V = 44,4%) (табл. 4).

Высокий урожай зерна в течение восьми лет изучения формировали сорта ‘Магутны’ и ‘Водар’. Они почти ежегодно по урожайности превышали стандарт (‘Абалак’) на 5,2–26,1%. Средняя прибавка урожая за годы изучения (2016–2023 гг.) составила по сорту ‘Магутны’ 44,6 г/м² (7,9%), по сорту ‘Водар’ – 47,7 г/м² (8,5%). Не уступали стандарту по урожайности также сорта ‘Липень’ и ‘Талер’ (табл. 5).

Основным препятствием на пути повышения урожайности ячменя является несоответствие между потребностью растений во влаге и ее наличием в почве и воздухе. Ячмень, в отличие от других хлебных злаков, более экономно расходует влагу на образование единицы сухого вещества. Он отличается высокой засухоустойчивостью и жаровыносливостью. Ускоренный рост этой культуры на ранних фазах развития позволяет ей с наибольшей полнотой использовать запасы осенней, зимней и ранневесенней влаги, что ослабляет воздействие последующей засухи. Скороспелость ячменя дает возможность «уходить» от губительных поздних засух и суровеев. Однако эта его особенность ограничивает использование поздно выпадающих осадков (Trofimovskaya, 1972). Длительные весенне-летние засухи, характерные для Северного Зауралья, как и для Сибири в целом, наносят ощутимый вред формированию урожая ячменя, так как осадки, выпадающие во второй половине вегетации, ячмень эффективно использовать не может. Недостаток воды в период «всходы – колошение» ограничивает рост, снижает кустистость, число колосков и зерен в колосе. Возрастает количество стерильных колосков. Засуха в период от колошения до созревания снижает выполненность, массу и абсолютный вес зерна. Все это влечет за собой резкое снижение урожайности. Степень снижения количества и качества урожая под воздействием засухи во многом зависит от засухоустойчивости сортов (Surin et al., 2003).

За годы изучения коллекции (2016–2023 гг.) засуха особенно сильно проявилась в 2021 и 2023 г. Среднесуточная температура в мае 2021 г. превышала среднюю многолетнюю на 6,7°C, осадки этого периода составили 11,8% от нормы, ГТК = 0,08. Дефицит влаги сохранялся на протяжении всего вегетационного периода (ГТК июня = 0,44; ГТК июля = 0,84; ГТК августа = 0,33). Сухой и жаркой погодой в 2023 г. характеризовались май (ГТК = 0,03) и первая половина июня (ГТК = 0,12). Существен-

Таблица 3. Продолжительность межфазных периодов
(Тюмень, 2016–2023 гг.)

Table 3. Duration of interphase periods (Tyumen, 2016–2023)

№ по каталогу ВИР	Сорт	Период «всходы – колошение», сут.		Период «колошение – восковая спелость», сут.	
		Среднее	Размах варьирования	Среднее	Размах варьирования
	‘Абалак’ (ст.)	36	31–41	33	28–41
Пленчатые сорта					
31149	‘Магутны’	39	34–43	32	28–44
31146	‘Водар’	42	38–45	31	25–41
31171	‘Липень’	40	37–44	33	26–41
31147	‘Хаго’	42	37–46	32	23–42
31173	‘Талер’	40	36–44	32	28–42
31122	‘Поспех’*	40	36–46	29	24–32
Голозерные сорта					
31148	‘Фобос’	41	36–46	30	25–38
31172	‘Дублет’	40	34–45	31	29–33

Примечание: * – данные за 2018–2023 гг.

Note: * – the data of 2018–2023

ные осадки выпали лишь в конце второй и начале третьей декады этого месяца. Растения находились уже в межфазном периоде «выход в трубку – начало колошения» и использовать выпавшие осадки в полной мере не могли. Сухими и жаркими были июль и август (ГТК соответственно составил 0,79 и 0,38). Сложившиеся экстремальные условия сильно угнетали растения, они слабо кустились, высота снизилась до 40–60 см, резко упала урожайность.

В качестве основного показателя оценки на засухоустойчивость была взята урожайность испытываемых образцов в благоприятных и засушливых условиях. Наиболее благоприятными для роста и развития растений ячменя были погодные условия 2017 г. (ГТК = 1,48) и 2022 г. (ГТК = 1,36). Достаточное количе-

ство тепла и влаги за вегетационный период обеспечило формирование максимального урожая коллекционных образцов. В условиях засухи урожайность снизилась в два и более раза (с 539,5–807,2 г/м² до 166,6–358,5 г/м²). Реакция сортов на дефицит влаги и высокие температуры была неоднозначной. Стандартный сорт ‘Абалак’, характеризующийся средней засухоустойчивостью, снизил урожайность при недостатке влаги на 57,9%. Более выносливыми были сорта ‘Фобос’ и ‘Водар’ (снижение урожайности составило соответственно 48,9 и 55,6%). Все остальные сорта уступали стандарту по засухоустойчивости. Сильнее других сортов на засушливые условия реагировал сорт ‘Хаго’. Потеря урожая в условиях засухи у него составила более 70% (табл. 6).

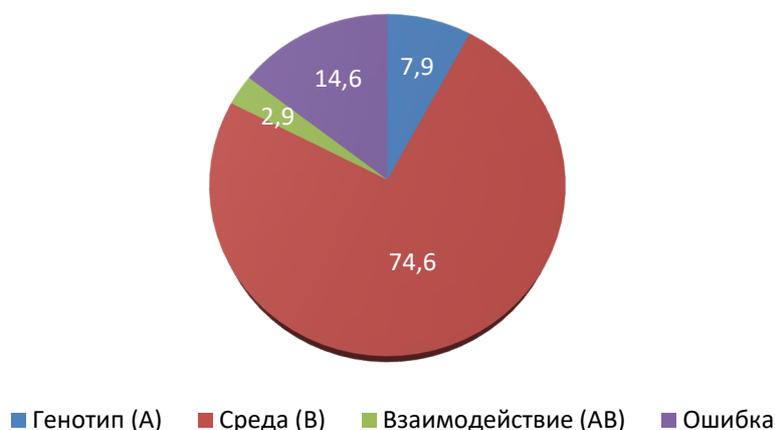


Рис. 5. Влияние факторов на урожайность коллекционных образцов ярового ячменя белорусской селекции
Fig. 5. The effect of the factors on the yield of spring barley cultivars of Belarusian origin

Таблица 4. Варьирование урожайности коллекционных образцов ярового ячменя белорусской селекции (Тюмень, 2016–2023 гг.)**Table 4.** Yield variation in spring barley cultivars of Belarusian origin (Tyumen, 2016–2023)

№ по каталогу ВИР	Сорт	Урожайность, г/м ²		Коэффициент вариации
		Среднее	Размах варьирования	
	‘Абалак’ (ст.)	563,5	290,0–760,2	31,0
Пленчатые сорта				
31149	‘Магутны’	608,0	252,2–808,6	32,7
31146	‘Водар’	611,2	315,0–814,4	28,2
31171	‘Липень’	562,0	204,0–833,3	38,5
31147	‘Хаго’	493,6	148,0–773,6	44,4
31173	‘Талер’	567,5	267,5–881,7	37,6
31122	‘Поспех’*	401,4	234,0–612,0	25,5
Голозерные сорта				
31148	‘Фобос’	407,9	211,2–669,0	33,1
31172	‘Дублет’	411,5	130,0–683,6	39,5

Примечание: * – данные за 2018–2023 гг.

Note: * – the data of 2018–2023

Таблица 5. Урожайность коллекционных образцов ярового ячменя белорусской селекции (Тюмень, 2016–2023 гг.)**Table 5.** Yield of spring barley cultivars of Belarusian origin (Tyumen, 2016–2023)

№ по каталогу ВИР	Сорт	Урожайность, г/м ²								
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Среднее
	‘Абалак’ (ст.)	675	760,2	578,9	494,7	644,0	290,0	726,2	339,0	563,5
Пленчатые сорта										
31149	‘Магутны’	792,5	765,0	630,0	624,0	610,0	252,5	808,6	382,0	608,1
31146	‘Водар’	670,0	800,0	678,0	616,0	568,0	315,0	814,4	428,0	611,2
31171	‘Липень’	740,0	833,3	496,0	624,0	614,0	300,0	685,1	204,0	562,0
31147	‘Хаго’	585,0	623,3	460,0	578,0	596,0	185,0	773,6	148,0	493,6
31173	‘Талер’	685,0	881,7	732,0	475,0	556,0	267,5	646,6	296,0	567,5
31122	‘Поспех’*			428,0	372,0	512,0	365,0	497,2	234,0	401,4
31225	‘Шляхтціч’***							514,8	164,0	339,4
31327	‘Фест’***								240,0	
31326	‘Радимич’***								288,0	
Голозерные сорта										
31148	‘Фобос’	305,0	480,0	424,0	414,0	420,0	211,2	669,0	340,0	407,9
31172	‘Дублет’	390,0	536,7	484,0	376,0	356,0	130,0	683,6	336,0	411,5
	НСР₀₅	26,7	26,4	23,3	21,0	20,2	15,3	25,3	27,6	

Примечание: * – 2018–2023 гг.; ** – 2022–2023 гг.; *** – 2023 г.

Note: * – 2018–2023; ** – 2022–2023; *** – 2023

Таблица 6. Урожайность ярового ячменя белорусской селекции в контрастных условиях среды
(Тюмень, 2016–2023 гг.)

Table 6. Yields of spring barley accessions of Belarusian origin under contrasting environmental conditions
(Tyumen, 2016–2023)

№ по каталогу ВИР	Сорт	Урожайность в контрастных условиях среды, г/м ²						Снижение урожайности, %
		Благоприятные			Засушливые			
		2017	2022	среднее	2021	2023	среднее	
	‘Абалак’ (ст.)	760,2	726,2	748,2	290,0	339,0	314,7	57,9
Пленчатые сорта								
31149	‘Магутны’	765,0	808,6	786,8	252,5	382,0	317,2	59,7
31146	‘Водар’	800,0	814,4	807,2	315,0	402,0	358,5	55,6
31171	‘Липень’	833,3	685,1	759,2	300,0	204,0	252,0	66,8
31147	‘Хаго’	623,3	773,6	698,4	185,0	148,0	166,5	76,2
31173	‘Талер’	881,7	646,6	764,1	267,5	296,0	281,8	63,1
31122	‘Поспех’		497,2		365,0	234,0	299,5	60,2
31225	‘Шляхціч’		514,8			164,0		68,2
Голозерные сорта								
31148	‘Фобос’	480,0	669,0	539,5	211,2	340,0	275,6	48,9
31172	‘Дублет’	536,7	683,6	610,2	130,0	336,0	233,0	61,8
	НСР₀₅	26,4	25,3		15,3	27,6		

Одним из сдерживающих факторов в получении устойчивых высоких урожаев зерна является полегание. Недобор зерна в результате полегания у зерновых культур может достигать 15–40% (Tretyakov, Yakovlev, 1984). Оценка коллекционных образцов белорусского происхождения по устойчивости к полеганию показала, что большинство из них превосходили стандарт (‘Абалак’) по данному показателю на 0,6–1,3 балла. Исключение составил сорт ‘Поспех’. На степень полегания существенное влияние оказывали погодные условия в период вегетации. Значительное полегание отмечалось в 2018, 2019 и 2022 г. В условиях жесткой засухи 2021 г. полегание практически не проявлялось. Устойчивость к полеганию сильно варьировала у всех изучаемых образцов ($V = 38,7\text{--}64,2\%$), однако белорусские сорта отличались меньшей изменчивостью данного показателя по сравнению со стандартом (‘Абалак’). Меньше других полегали сорта ‘Водар’ и ‘Дублет’.

Полегание сельскохозяйственных культур – сложное явление, которое определяется не только влиянием факторов среды, но и комплексом биологических и морфологических особенностей растений. Полегание в значительной мере зависит от таких показателей, как мощность развития корневой системы и силы сцепления ее с почвой, степень развития надземных органов, в том числе высота, прочность и гибкость соломины (Kovrigina, 2002; Koftun V.I., Koftun L.N., 2014).

В условиях Северного Зауралья устойчивость к полеганию у изучаемых образцов ячменя достаточно тесно была связана с высотой соломины ($r = -0,61 \pm 0,27$). Высота растений в зависимости от сорта в среднем варьировала от 71,1 см (‘Водар’) до 81,7 см (‘Фобос’, ‘Липень’), но в значительной степени зависела от условий

выращивания. При благоприятных погодных условиях (2017, 2022 г.) высота растений составляла 89,5–105,4 см, в условиях засухи (2021 г.) – 44,0–70,0 см. Значительная изменчивость высоты стеблестоя ($V > 20\%$) была отмечена у сортов ‘Липень’, ‘Талер’ и ‘Дублет’. Меньшей изменчивостью ($V < 20\%$) характеризовались сорта ‘Фобос’, ‘Водар’, ‘Хаго’ и ‘Поспех’ (табл. 7).

Одним из актуальных и перспективных направлений в селекции ячменя является создание сортов, обеспечивающих получение продукции высокого качества (Batalova, 2017). Качество зерна в первую очередь определяется технологическими свойствами, которые при переработке обеспечивают выход готовой продукции и формируются под воздействием большой группы факторов в процессе вегетации, послеуборочной обработки и хранения (Andreev et al., 2016). Основными технологическими показателями качества зерна ячменя являются его натуральный вес и пленчатость. Натура зерна зависит от крупности, формы и однородности (Surin et al., 2023). Высокая натурная масса характеризует возможность использования зерна на продовольственные цели и в пивоварении. Натурный вес стандартного сорта (‘Абалак’) в среднем составил 5,97 г/10 см³ с колебаниями 5,71–6,21 г/10 см³. Его превосходили голозерные образцы, а также пленчатые сорта ‘Водар’ и ‘Липень’. В плане формирования высококачественного зерна большой интерес представляет сорт ‘Водар’, который отличался меньшей изменчивостью данного показателя ($V = 1,56$). Сильнее других на изменение условий среды при формировании натурной массы реагировал сорт ‘Магутны’ ($V = 7,29$) (табл. 8).

Доля цветковой чешуи в составе зерновки (пленчатость) существенно отражается на качестве получаемой

Таблица 7. Устойчивость к полеганию и высота растений коллекционных образцов ярового ячменя белорусской селекции (Тюмень, 2017–2023 гг.)**Table 7. Lodging resistance and plant height of spring barley cultivars of Belarusian origin (Tyumen, 2017–2023)**

№ по каталогу ВИР	Сорт	Устойчивость к полеганию, балл		V	Высота растений, см		V
		Х̄	R		Х̄	R	
	'Абалак' (ст.)	5,2	1,7–9,0	64,2	77,4	57,9–92,8	15,2
Пленчатые сорта							
31149	'Магутны'	5,9	3,0–9,0	42,7	71,1	50,0–89,5	20,0
31146	'Водар'	6,1	3,5–9,0	38,7	77,0	57,5–96,4	16,9
31171	'Липень'	5,8	3,0–9,0	43,9	81,7	52,5–105,4	23,0
31147	'Хаго'	6,2	2,0–9,0	47,5	81,4	61,0–93,3	17,5
31173	'Талер'	5,4	2,5–9,0	53,6	77,2	44,0–99,4	24,2
31122	'Поспех'*	4,2	1,0–9,0	47,2	76,8	70,0–92,0	13,0
Голозерные сорта							
31148	'Фобос'	6,5	2,0–9,0	45,4	81,7	59,0–100,0	17,7
31172	'Дублет'	6,0	4,0–9,0	39,4	75,1	50,0–90,5	20,4

Примечание: * – данные за 2018–2023 гг.; Х̄ – среднее; R – размах варьирования; V – коэффициент вариации

Note: * – the data of 2018–2023; X̄ is the mean; R is the range of variation; V is the coefficient of variation

Таблица 8. Натурный вес и пленчатость зерна коллекционных образцов ярового ячменя белорусской селекции (Тюмень, 2019–2022 гг.)**Table 8. Test weight and hull content in the grain of spring barley cultivars of Belarusian origin (Tyumen, 2019–2022)**

№ по каталогу ВИР	Сорт	Натура зерна, г/10 см ³		V	Пленчатость, %		V
		Среднее	Размах варьирования		Среднее	Размах варьирования	
	'Абалак' (ст.)	5,97	5,71–6,21	3,74	8,62	8,40–8,83	3,52
Пленчатые сорта							
31149	'Магутны'	5,94	5,50–6,40	7,29	8,11	7,03–9,18	18,83
31146	'Водар'	6,14	6,04–6,26	1,56	7,88	7,82–7,94	1,07
31171	'Липень'	6,01	5,70–6,25	4,63	8,07	7,50–8,64	9,98
31147	'Хаго'	5,88	5,63–6,05	3,20	7,70	7,60–7,80	1,83
31173	'Талер'	5,93	5,60–6,26	4,86	8,60	8,21–9,00	6,49
31122	'Поспех'	5,94	5,65–6,38	5,26	8,04	8,00–8,09	0,79
Голозерные сорта							
31148	'Фобос'	6,02	5,75–6,42	4,78			
31172	'Дублет'	6,60	6,23–7,08	5,37			

Примечание: V – коэффициент вариации

Note: V is the coefficient of variation

продукции. Для получения высококачественных продуктов питания из ячменя пленчатость является одним из основных его недостатков. В пивоварении наличие цветочных пленок необходимо, так как они играют роль фильтра для сула (Gruaznov, 1996). Поэтому подбор сортов в производственных условиях производится с учетом получения конечного продукта. Пленчатость изучаемых образцов варьировала в пределах 7,03–9,18%. Доля цветковых чешуй в составе зерновки стандартного сорта

влияние на варьирование массы 1000 зерен. Максимальные значения данного показателя у большинства испытываемых образцов отмечались в 2017 и 2022 г. (благоприятный гидротермический режим), а минимальные его значения – в 2020 и 2021 г. (дефицит влаги во второй половине вегетации; в июле ГТК составил соответственно 0,28 и 0,84; в августе – 0,95 и 0,33). Установлена слабая изменчивость ($V < 10\%$) массы 1000 зерен у всех оцениваемых образцов. Максимальное варьирование признака

Таблица 9. Масса 1000 зерен у коллекционных образцов ярового ячменя белорусской селекции (Тюмень, 2016–2023 гг.)

Table 9. Thousand-grain weight of spring barley cultivars of Belarusian origin (Tyumen, 2016–2023)

№ по каталогу ВИР	Сорт	Масса 1000 зерен, г		Коэффициент вариации
		Среднее	Размах варьирования	
	‘Абалак’ (ст.)	52,1	49,9–56,9	4,74
Пленчатые сорта				
31149	‘Магутны’	52,1	45,9–56,6	6,46
31146	‘Водар’	52,9	48,2–55,5	4,83
31171	‘Липень’	44,9	41,1–47,0	4,61
31147	‘Хаго’	59,1	51,8–65,0	8,62
31173	‘Талер’	47,1	44,0–50,5	6,04
31122	‘Поспех’*	52,3	49,4–56,5	5,70
Голозерные сорта				
31148	‘Фобос’	51,6	49,5–54,3	3,21
31172	‘Дублет’	49,2	44,5–53,0	6,06

Примечание: * – данные за 2018–2023 гг.

Note: * – the data of 2018–2023

‘Абалак’) в среднем составила 8,62% с колебаниями 8,40–8,83%. На уровне стандарта пленчатость формировал сорт ‘Талер’. Низкой пленчатостью характеризовались сорта ‘Водар’ и ‘Хаго’. Следует отметить неоднозначную реакцию сортов на условия выращивания при формировании цветковой чешуи. Большая изменчивость данного показателя отмечена у сорта ‘Магутны’ ($V = 18,83\%$). Меньшей изменчивостью характеризовались сорта: ‘Водар’ ($V = 1,07\%$), ‘Хаго’ ($V = 1,83\%$) и ‘Поспех’ ($V = 0,79\%$).

Масса 1000 зерен – не только элемент структуры урожайности, но и один из показателей технологической оценки зерна, которая тесно связана с его крупностью. Масса 1000 зерен – сортовой признак, но он в значительной степени зависит и от условий выращивания. На ее величину решающее значение оказывает гидротермический режим в период формирования и налива зерна. У стандартного сорта ‘Абалак’ за годы изучения (2016–2023 гг.) этот показатель в среднем составил 52,1 г с колебаниями 49,9–56,9 г. У изучаемых образцов среднее значение массы 1000 зерен варьировало от 45,3 г (‘Липень’) до 59,1 г (‘Хаго’). Влагообеспеченность и температурный режим, наряду с генотипом, также оказывали

зафиксировали у сорта ‘Хаго’ ($V = 8,62\%$), меньше других на условия среды реагировал сорт ‘Фобос’ ($V = 3,21\%$) (табл. 9).

В зерне зрелого ячменя содержится 80–90% сухого вещества и 10–20% воды. В состав сухого вещества входят органические и неорганические элементы. Органические соединения включают в себя азотистые вещества (главным образом в форме белков), безазотистые вещества (главным образом углеводы), липиды (сырой жир) и витамины (Трофимовская, 1972). Изменчивость химического состава в большой степени связана с биологической пластичностью сорта и его приспособленностью к условиям среды. Проведенные исследования показали неоднозначное влияние генотипа и среды на формирование биохимических показателей (содержание белка, жира и крахмала). Формирование белка и крахмала в большей степени зависело от условий выращивания (доля влияния среды составила соответственно 70,8% и 81,8%). На содержании белка также существенно отражались сортовые особенности (влияние генотипа – 17,5%). Влияние генотипа при формировании крахмала было незначительным (6,2%), большую роль играло взаимодействие «генотип × среда» (9,7%). Содержание

жира почти равнозначно зависело как от сорта (25,1%), так и от условий выращивания (26,7%). Более значимым было взаимодействие «генотип × среда».

Из всех питательных веществ наибольшую ценность представляют белки, которые не могут быть заменены никакими другими пищевыми веществами (Gruaznov, 1996). Климатические условия Северного Зауралья, как и Сибири в целом, более пригодны для выращивания кормового ячменя с повышенным содержанием протеина. Повышенное содержание белка в зерне (> 14%) наблюдалось у пленчатого сорта 'Хаго' и голозерных образцов 'Фобос' и 'Дублет' при показателе стандарта ('Абалак') 13,52%. Не уступали стандарту по белковости также сорта 'Магутны' и 'Водар'. Меньшим содержанием белка характеризовались образцы 'Талер' и 'Поспех'. Зерно ячменя содержит масла в небольшом количестве. Они не имеют большого питательного значения при использовании зерна на корм скоту, но очень важны для поддержания жизни зародыша (Trofimovskaya, 1972). Содержание жира у изучаемых образцов варьировало в среднем от 1,50% ('Водар') до 2,08% ('Фобос') при показателе стандартного сорта 'Абалак' 1,87% (табл. 10). Крахмал является основным компонентом углеводного комплекса и сосредоточен главным образом в паренхимных тканях зерновки в виде крахмальных зерен (Trofimovskaya, 1972). От содержания крахмала в зерне напрямую зависит величина экстрактивности и в конечном итоге – качество пива и экономическая эффективность производства (Gruaznov, 1996). Стандартный сорт 'Абалак' накапливал в зерне 55,22–63,17% крахмала. Уровень крахмалистости зерна коллекционных образцов ячменя белорусского происхождения в зоне северной лесостепи Тюменской

области находился в пределах 55,45–63,57%. Высоким содержанием крахмала отличались образцы 'Липень' и 'Хаго' (см. табл. 10).

Химический состав зерна по всем его компонентам подвержен значительной изменчивости в зависимости от генетических свойств сорта и условий выращивания. Большинство изучаемых образцов характеризовались средней изменчивостью ($10\% < V < 20\%$) по содержанию белка и жира. Амплитуда изменчивости по белку у них составила 3,03–5,19%, по жиру – 0,24–0,63%. Значительной изменчивостью этих показателей отличался сорт 'Хаго'. Он имел максимальную амплитуду изменчивости по белку (5,26%) и достаточно высокую по жиру (0,96%), коэффициент вариации (V) составил соответственно 20,37 и 26,62%. Значительную изменчивость по содержанию жира отмечали у сорта 'Дублет' (амплитуда изменчивости – 1,15; $V = 36,39\%$). Незначительная изменчивость ($V < 10\%$) у изучаемых образцов была отмечена по содержанию крахмала (табл. 11).

Возможность сочетания в одном генотипе высокой продуктивности и устойчивости к воздействию экологических стрессов требует наличия адаптивного исходного материала. Для оценки экологической пластичности коллекционных образцов использовали индекс экологической пластичности (ИЭП). Стандартный сорт 'Абалак' достаточно приспособлен к различным условиям возделывания. Его средний показатель ИЭП составил 1,07. На уровне стандарта этот показатель был у сортов 'Водар', 'Липень' и 'Талер'. Наиболее выраженный средний показатель индекса экологической пластичности (1,14) имел сорт 'Магутны'. Все остальные образцы достаточно сильно реагировали на изменение условий среды и имели средний показатель ИЭП меньше 1 (табл. 12).

Таблица 10. Содержание белка, жира и крахмала в зерне коллекционных образцов ярового ячменя белорусской селекции (Тюмень, 2019–2021 гг.)

Table 10. Protein, fat and starch content in the grain of spring barley cultivars of Belarusian origin (Tyumen, 2019–2021)

№ по каталогу ВИР	Сорт	Содержание, %					
		белка		жира		крахмала	
		среднее	размах варьирования	среднее	размах варьирования	среднее	размах варьирования
	'Абалак' (ст.)	13,52	11,97–15,74	1,87	1,50–2,23	59,23	55,22–63,17
Пленчатые сорта							
31149	'Магутны'	13,64	12,11–15,14	1,62	1,48–1,72	58,89	56,30–62,93
31146	'Водар'	13,62	11,11–16,30	1,50	1,23–1,82	59,68	57,09–62,74
31171	'Липень'	13,08	11,97–15,16	1,87	1,65–2,26	60,16	56,76–62,95
31147	'Хаго'	14,09	12,08–17,34	1,86	1,45–2,41	60,86	57,73–63,57
31173	'Талер'	12,64	10,70–15,54	1,75	1,52–1,94	59,30	55,90–61,16
31122	'Поспех'	12,49	10,83–14,25	1,93	1,77–2,21	58,64	55,45–61,03
Голозерные сорта							
31148	'Фобос'	15,01	12,83–16,25	2,08	1,69–2,32	58,99	55,68–62,91
31172	'Дублет'	14,77	13,24–17,38	1,64	1,10–2,25	58,29	51,96–61,52

Таблица 11. Изменчивость компонентов химического состава зерна у коллекционных образцов ярового ячменя белорусской селекции (Тюмень, 2019–2021 гг.)**Table 11. Variability of the chemical composition in the grain of spring barley cultivars of Belarusian origin (Tyumen, 2019–2021)**

№ по каталогу ВИР	Сорт	Содержание белка, %		Содержание жира, %		Содержание крахмала, %	
		амплитуда изменчивости	V	амплитуда изменчивости	V	амплитуда изменчивости	V
	‘Абалак’ (ст.)	3,77	14,58	0,73	19,51	6,87	6,71
Пленчатые сорта							
31149	‘Магутны’	3,03	11,11	0,24	7,80	6,63	6,01
31146	‘Водар’	5,19	19,08	0,59	19,93	5,65	4,78
31171	‘Липень’	3,19	13,76	0,61	18,11	6,19	4,94
31147	‘Хаго’	5,26	20,37	0,96	26,62	5,84	4,84
31173	‘Талер’	4,84	20,24	0,42	12,22	5,26	4,97
31122	‘Поспех’	3,42	13,71	0,44	12,73	5,58	9,40
Голозерные сорта							
31148	‘Фобос’	3,42	13,61	0,63	16,38	7,23	6,42
31172	‘Дублет’	4,14	15,39	1,15	36,39	9,56	4,89

Примечание: V – коэффициент вариации

Note: V is the coefficient of variation

Таблица 12. Показатели индекса экологической пластичности (ИЭП) коллекционных образцов ячменя белорусской селекции (Тюмень, 2016–2023 гг.)**Table 12. Values of the environmental plasticity index (EPI) in spring barley cultivars of Belarusian origin (Tyumen, 2016–2023)**

№ по каталогу ВИР	Сорт	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Среднее
	‘Абалак’ (ст.)	1,11	1,12	1,03	0,99	1,08	1,07	1,00	1,14	1,07
31148	‘Фобос’	0,50	0,71	0,75	0,83	0,68	0,78	0,92	1,14	0,79
31149	‘Магутны’	1,30	1,12	1,12	1,25	0,99	0,93	1,11	1,28	1,14
31146	‘Водар’	1,10	1,18	1,10	1,23	0,92	0,76	1,12	1,34	1,09
31171	‘Липень’	1,22	1,22	0,88	1,25	1,00	1,10	0,94	0,68	1,04
31147	‘Хаго’	0,96	0,92	0,82	1,15	0,97	0,68	1,06	0,50	0,88
31173	‘Талер’	1,12	1,30	1,31	1,00	0,91	0,98	0,89	1,00	1,06
31172	‘Дублет’	0,64	0,79	0,86	0,75	0,58	0,48	0,94	1,12	0,77
31122	‘Поспех’			0,77	0,74	0,64	1,34	0,68	0,78	0,82
31225	‘Шляхтціч’							0,71	0,55	0,63
31327	‘Фест’								0,80	
31326	‘Радимич’								0,96	

Заключение

В условиях Северного Зауралья в течение 8 лет (2016–2023 гг.) проводили испытание 11 коллекционных образцов ярового ячменя белорусской селекции.

Изучение коллекционных образцов в контрастных условиях среды (влажные с недобором тепла, благоприятные, засушливые) позволило оценить их по продолжительности вегетационного периода, высоте растений и устойчивости к полеганию, потенциальной продуктивности, засухоустойчивости, качеству зерна и экологической пластичности. Большинство изучаемых образцов созревали на 2–5 суток позднее стандартного среднеспелого сорта 'Абалак' (период вегетации – 66–74 сут.). Продолжительность вегетационного периода возрастала главным образом за счет удлинения первого этапа («всходы – колошение»). Представленный сортимент важен для создания сортов с более продолжительным первым («всходы – колошение») и коротким вторым («колошение – восковая спелость») межфазными периодами, способных «уходить» от весенне-летних засух, характерных для данного региона.

В Северном Зауралье решающее влияние на формирование урожая, содержание белка и крахмала в зерне оказывали метеорологические условия в период вегетации (доля их влияния составила соответственно 74,6%, 70,8% и 81,8%). Влияние генотипа на данные показатели было соответственно 7,9%, 17,5% и 6,2%. Содержание крахмала, кроме того, зависело от взаимодействия «генотип × среда» (9,7%). На содержание жира почти равнозначно влияли генотип (25,1%) и среда (26,7%). Более значимым было взаимодействие «генотип × среда» (31,2%).

Оценка технологических показателей зерна (натура, пленчатость, масса 1000 зерен) позволила выделить перспективные образцы для пищевой промышленности: пленчатые сорта 'Водар' и 'Липень'; голозерные – 'Фобос' и 'Дублет'.

Для оценки экологической пластичности коллекционных образцов использовали индекс экологической пластичности (ИЭП). Наиболее выраженный средний показатель ИЭП (1,04–1,14) имели сорта 'Абалак' (стандарт), 'Водар', 'Липень', 'Талер' и 'Магутны', что свидетельствует об их устойчивости к экологическим стрессам.

Выделены источники по комплексу и отдельным хозяйственно ценным признакам: 'Водар' (высокая урожайность, выносливость к засухе, устойчивость к полеганию, формирование зерна с высокой натурой и низкой пленчатостью, экологическая пластичность); 'Магутны' (высокая урожайность, экологическая пластичность); 'Хаго' (крупное зерно, низкая пленчатость, повышенное содержание белка и крахмала); 'Липень' (высокая натурная масса, повышенное содержание крахмала, экологическая пластичность); 'Фобос' (выносливость к засухе, повышенное содержание белка); 'Дублет' (устойчивость к полеганию, повышенное содержание белка); 'Талер' (пониженное содержание белка, экологическая пластичность); 'Поспех' (пониженное содержание белка).

Выделенные образцы перспективны для использования в селекционных программах по созданию новых сортов ячменя для условий Северного Зауралья. Ряд из них ('Водар', 'Фобос' и др.) уже включены в скрещивания, и получен гибридный материал. В 2023 г. проведены первые отборы из гибридных популяций с данными образцами, которые в 2024 г. будут оцениваться в селекционном питомнике первого года (СП-1).

References / Литература

- Andreev N.R., Batalova G.A., Nosovskaya L.P., Adikaeva L.V., Gol'dshtejn V.G., Shevchenko S.N. Evaluation of technological properties of some varieties of naked oats, as raw materials for the manufacture of starch. *Legumes and Groat Crops*. 2016;1(17):83-89. [in Russian] (Андреев Н.Р., Баталова Г.А., Носовская Л.П., Адикаева Л.В., Гольдштейн В.Г., Шевченко С.Н. Оценка технологических свойств некоторых сортов голозерного овса, как сырья для производства крахмала. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2016;1(17):83-89).
- Batalova G.A. Oat breeding in Volga-Vyatka region for grain quality. *Legumes and Groat Crops*. 2018;3(27):81-87. [in Russian] (Баталова Г.А. Селекция овса на качество зерна в Волго-Вятском регионе. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018;3(27):81-87). DOI: 1024411/2309-348X-2018-11038
- Baykalova L.P., Serebrennikov Yu.I., Yanova M.A. Spring barley in Eastern Siberia (Yarovoy yachmen v Vostochnoy Sibiri). Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University; 2014. [in Russian] (Байкалова Л.П., Серебренников Ю.И., Янова М.А. Яровой ячмень в Восточной Сибири. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет; 2014).
- Bukharina I.L., Lyubimova O.V. Plant biochemistry: a manual for agronomists of university specialties (Biokhimiya rasteniy: uchebnoye posobiye dlya agronomov spetsialnostey vuza). Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy; 2009. [in Russian] (Бухарина И.Л., Любимова О.В. Биохимия растений: учебное пособие для агрономов специальностей вуза. Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия; 2009).
- Dospikhov B.A. Methodology of field trial (with fundamentals of statistical processing of research results) (Metodika polevogo opyta [s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy]). 5th ed. Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. Москва: Агропромиздат; 1985).
- Filippov E.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Nesterenko V.V., Serkin N.V., Kuznetsova T.E. The results of cooperation between FSBSI "ARC "Donskoy" and FSBSI "NCG named after P.P. Lukiyanyenko" in winter barley breeding. *Grain Economy of Russia*. 2020;(4):50-55. [in Russian] (Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Нестеренко В.В., Серкин Н.В., Кузнецова Т.Е. Итоги сотрудничества ФГБНУ «АНЦ «Донской» и ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» по селекции озимого ячменя. *Зерновое хозяйство России*. 2020;(4):50-55). DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-50-55
- GOST 10842-89. Interstate standard. Cereals, pulses and oilseeds. Method for determination of 1000 kernels or seeds weight. Moscow: Standartinform; 2009. [in Russian] (ГОСТ 10842-89. Межгосударственный стандарт. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. Москва: Стандартинформ; 2009). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023854> [дата обращения: 06.10.2023].
- GOST 10843-76. Interstate standard. Grain. Method for determination of filmness. Moscow: Standartinform; 2009. [in Russian] (ГОСТ 10843-76. Межгосударственный стандарт. Зерно. Метод определения пленчатости. Москва: Стандартинформ; 2009). URL: <https://>

- docs.cntd.ru/document/1200023859 [дата обращения: 22.10.2023].
- GOST 23740-79. USSR State Standard. Soils. Methods of laboratory determination of organic composition. Moscow: Publishers of Standards; 1987. [in Russian] (ГОСТ 23740-79. Государственный стандарт. Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ. Москва: Издательство стандартов; 1987). URL: <https://megainorm.ru/Data2/1/4294853/4294853425.pdf> [дата обращения: 05.07.2023].
- Gryaznov A.A. Karabalyk barley (Karabalykskiy yachmen). Kostanay; 1996. [in Russian] (Грязнов А.А. Карабалькский ячмень. Кустанай; 1996).
- Ivanova J., Fomina M., Belousov S., Sharapova N. Comprehensive assessment of *Hordeum vulgare* in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *BIO Web of Conferences*. 2021;36:01020. DOI: 10.1051/bioconf/20213601020
- Koftun V.I., Koftun L.N. Yielding capacity, height and lodging resistance of new variety samples of soft winter wheat grown in the south of Russia. *IZVESTIA Orenburg State Agrarian University*. 2014;4(48):45-47. [in Russian] (Ковтун В.И., Ковтун Л.Н. Урожайность, высота растений и устойчивость к полеганию новых сортообразцов озимой мягкой пшеницы на юге России *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014;4(48):45-47).
- Kovrigina L.N. Morphological indicators of barley resistance to stem lodging (Morfologicheskiye pokazateli ustoychivosti yachmenya k steblevomu poleganiyu). *Bulletin of Kemerovo State University*. 2002;2(10):53-60. [in Russian] (Ковригина Л.Н. Морфологические показатели устойчивости ячменя к стеблевому полеганию. *Вестник Кемеровского государственного университета*. 2002;2(10):53-60).
- Kozubovskaya G.V., Kozubovskaya O.Y., Balakshina V.I. The forming of productivity in spring barley varieties in the dry steppe zone of Volgograd Province. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2017;178(3):21-27. [in Russian] (Козубовская Г.В., Козубовская О.Ю., Балакшина В.И. Формирование продуктивности сортов ярового ячменя в сухостепной зоне Волгоградской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017;178(3):21-27). DOI: 10.30901/2227-8834-2017-3-21-27
- Kurkaev V.T., Eroshkina S.M., Ponomarev A.A. Agricultural analysis and fundamentals of plant biochemistry (Selskokhozyaystvennyy analiz i osnovy biokhimii rasteniy). Moscow: Kolos; 1977. [in Russian] (Куркаев В.Т., Ерошкина С.М., Понамарев А.А. Сельскохозяйственный анализ и основы биохимии растений. Москва: Колос; 1977).
- Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoy kolleksii yachmenya i ovsa). St. Petersburg: VIR; 2012. [in Russian] (Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. Санкт-Петербург: ВИР; 2012).
- Maksimov R.A. Studying the barley varieties of VIR world collection in the conditions of the Middle Urals. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2015;74:141-144. [in Russian] (Максимов Р.А. Изучение сортообразцов ячменя мировой коллекции ВИР в условиях Среднего Урала. *АПК России*. 2015;74:141-144).
- Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Sukharev A.A., Dontsova A.A., Zelenskaya G.M., Lesnykh O.S. Grain productivity and quality of the facultative barley variety 'Marusya' when sowing in winter and spring. *Grain Economy of Russia*. 2021;3(75):69-74. [in Russian] (Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А., Донцова А.А., Зеленская Г.М., Лесных О.С. Урожайность и качество зерна ячменя-двуручки сорта Маруся в озимом и яровом посевах. *Зерновое хозяйство России*. 2021;3(75):69-74). DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-69-74
- Rushkovsky S.V. Guidelines for determining the quality of plant products for zonal agrochemical laboratories (Metodicheskiye ukazaniya po opredeleniyu kachestva rastitelnoy produktsii dlya zonalnykh agrokhimicheskikh laboratoriy). Moscow: TsINAO; 1975. [in Russian] (Рушковский С.В. Методические указания по определению качества растительной продукции для зональных агрохимических лабораторий. Москва: ЦИНАО; 1975).
- Shchennikova I.N., Kokina L.P. Perspectives of barley breeding for the conditions of the Volgo-Vyatka region (analytical review). *Agricultural Science Euro-North-East*. 2021;22(1):21-31. [in Russian] (Щенникова И.Н., Кокина Л.П. Перспективы селекции ячменя для условий Волго-Вятского региона (аналитический обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021;22(1):21-31). DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.1.21-31
- Sorokin O.D. Applied statistics on the computer. (Prikladnaya statistika na kompyutere). Novosibirsk; 2004. [in Russian] (Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск; 2004).
- State Register for Selection Achievements Admitted for Usage (National List). Vol. 1 "Plant varieties" (official publication). Moscow; Rosinformagrotech; 2023. [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: Росинформагротех; 2023). URL: <https://gossortrf.ru/publication/reestry.php> [дата обращения: 15.02.2024].
- Surin N.A., Lyakhova N.E. Culture of barley in Eastern Siberia. *The Bulletin of KrasGAU*. 2017;4(127):52-65. [in Russian] (Сурин Н.А., Ляхова Н.Е. Культура ячменя в Восточной Сибири. *Вестник КрасГАУ*. 2017;4(127):52-65).
- Surin N.A., Lyakhova N.E., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. Ecological breeding of barley in Central Siberia: monograph (Ekologicheskaya selektsiya yachmenya v Sredney Sibiri). Krasnoyarsk; 2023. [in Russian] (Сурин Н.А., Ляхова Н.Е., Герасимов С.А., Липшин А.Г. Экологическая селекция ячменя в Средней Сибири: монография. Красноярск; 2023).
- Surin N.A., Lyakhova N.E., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. Realization of ideas N. I. Vavilov's ideas in the barley breeding in Siberia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2018;179(1):78-88. [in Russian] (Сурин Н.А., Ляхова Н.Е., Герасимов С.А., Липшин А.Г. Реализация идей Н. И. Вавилова в селекции ячменя в Сибири. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018;179(1):78-88). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-1-78-88
- Surin N.A., Lyakhova N.E., Zobova N.V. Drought resistance potential of spring barley varieties bred in Krasnoyarsk. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2003;2(148):7-11. [in Russian] (Сурин Н.А., Ляхова Н.Е., Зобова Н.В. Потенциал засухоустойчивости сортов ярового ячменя красноярской селекции. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2003;2(148):7-11).
- Tretyakov N.N., Yakovlev A.F. The effect of different lodging intensities on harvest formation sowing qualities of spring barley seeds. Biological fundamentals of a crop productiv-

ity increase (Vliyaniye razlichnoy intensivnosti poleganiya na formirovaniye urozhasya i posevnykh kachestv semyan yarovogo yachmenya. Biologicheskiye osnovy povysheniya produktivnosti selskokhozyaystvennykh kultur). Moscow: Timiryazev Agricultural Academy; 1984. [in Russian] (Третьяков Н.Н., Яковлев А.Ф. Влияние различной интенсивности полегания на формирование урожая и посевных качеств семян ярового ячменя. Биологические основы повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Москва: Тимирязевская сельскохозяйственная академия; 1984).

Trofimovskaya A.Ya. Barley (evolution, classification and breeding) (Yachmen [evolyutsiya, klassifikatsiya, selektsiya]). Leningrad: Kolos, 1972. [in Russian] (Трофимовская А.Я. Ячмень (эволюция, классификация, селекция). Ленинград: Колос, 1972).

Zhilin N.A., Zaytseva I.Yu., Shchennikova I.N., Emelev S.A. Effectiveness of the barley cultivar 'Bios 1' as source material for breeding. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(2):96-100. [in Russian] (Жилин Н.А., Зайцева И.Ю., Щенникова И.Н., Емелев С.А. Сорт 'Биос 1' как исходный материал для селекции ячменя. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(2):96-100). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-96-100

Zoning of crop cultivars and variety testing results for Tyumen Province in 2021 (Sortovoye rayonirovaniye selskokhozyaystvennykh kultur i rezultaty sortoispytaniya po Tyumenskooy oblasti za 2021 god). Tyumen: Akita; 2021. [in Russian] (Сортное районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2021 год. Тюмень: Акита; 2021).

Информация об авторах

Мария Николаевна Фомина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 625026 Россия, Тюмень ул. Малыгина, 86, maria_f72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2923-9448>

Юлия Семеновна Иванова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 625026 Россия, Тюмень ул. Малыгина, 86, averyasova-ulyiy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3376-490X>

Мария Владимировна Брагина, младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 625026 Россия, Тюмень ул. Малыгина, 86, masha.bragina22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3156-8574>

Ольга Николаевна Ковалева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, o.kovaleva@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3990-6526>

Information about the authors

Maria N. Fomina, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 86 Malygina St., Tyumen 625026, Russia, maria_f72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2923-9448>

Yulia S. Ivanova, Cand. Sci. (Agriculture), Researcher, Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 86 Malygina St., Tyumen 625026, Russia, averyasova-ulyiy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3376-490X>

Maria V. Bragina, Associate Researcher, Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 86 Malygina St., Tyumen 625026, Russia, masha.bragina22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3156-8574>

Olga N. Kovaleva, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, o.kovaleva@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3990-6526>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 26.03.2024; одобрена после рецензирования 13.06.2024; принята к публикации 04.09.2024. The article was submitted on 26.03.2024; approved after reviewing on 13.06.2024; accepted for publication on 04.09.2024.