

УДК 633.16:631.527

DOI: 10.5281/zenodo.7898562

EDN CVBSGG

Юсова О. А., Николаев П. Н.

СЕЛЕКЦИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ЗЕРНА

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»

Реферат. Для производства высококачественного зерна необходимым условием является создание новых сортов с высокими продуктивностью и качеством. Цель исследований – оценка сортообразцов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) коллекционного питомника для выделения наиболее перспективных в селекции на качество зерна. Представлены результаты исследований 48 сортообразцов коллекционного питомника по урожайности, содержанию в зерне белка, крахмала и сырого жира за период 2019–2021 гг. Исследования проведены на делянках площадью 2 м² в четырехкратной повторности, при норме высева 4 млн всхожих зерен/га. Стандартом выступал сорт Омский 95 (селекции Омского АНЦ), который в 2006 г. включен в Госреестр РФ. В коллекционном питомнике доля образцов, превышающих стандарт по урожайности, содержанию в зерне белка и сырого жира составила всего 13–14 %, содержанию крахмала – 60 %. Повышенная изменчивость исследуемых показателей ($C_v > 20$ %) означает широкие возможности для проведения отборов по максимальной выраженности признаков. Основное влияние на формирование признаков оказывали условия года (доля фактора «год» варьировала от 50,5 до 90,7 %). В результате проведенных исследований выделены наиболее перспективные, отличающиеся комплексом показателей качества зерна сортообразцы: *Поспех*, *Tercel*, *Issota* характеризуются повышенной урожайностью (+0,62–1,66 г/м² к St.), содержанием в зерне белка (+0,7–1,9 % к St.), крахмала (+1,5–5,9 % к St.) и сырого жира (+0,6–1,3 % к St.). Сортообразец *Sloop SA* характеризовался прибавкой по урожайности (+0,79 г/м² к St.), повышенным содержанием белка (+0,6 % к St.) и сырого жира (+ 0,5 % к St.). Сортообразец *Соборный*: урожайность – +0,72 г/м² к St., содержание белка – +1,6 % к St., крахмала – +3,3 % к St. Сортообразец *Эвергран*: урожайность – +0,66 г/м² к St., содержание крахмала – +2,7 % к St., сырого жира – +0,7 % к St.

Ключевые слова: ячмень яровой (*Hordeum vulgare* L.), коллекция, качество зерна, продуктивность, пластичность, стабильность.

Для цитирования: Юсова О. А., Николаев П. Н. Селекция ярового ячменя на высокое качество зерна // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 1(33). С. 148–157. DOI: 10.5281/zenodo.7898562. EDN: CVBSGG.

For citation: Yusova O. A., Nikolaev P. N. Spring barley breeding to improve grain quality indicators // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2023. No. 1(33). P. 148–157. DOI: 10.5281/zenodo.7898562. EDN: CVBSGG.

Введение

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» – комплексное научное учреждение, выполняющее исследования по перспективным направлениям в области сельскохозяйственного производства. Одним из структурных подразделений является лаборатория селекции зернофуражных культур.

Значение культуры ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в животноводстве и продовольственной промышленности трудно переоценить [1]. Селекция данной культуры в Омском АНЦ имеет глубокую историю. Первенцы сибирской селекции –

Омский 11464 и Омский 10664 были созданы И. И. Кораблиным путём индивидуального отбора из местных популяций и районированы соответственно в 1936 и 1945 гг. Заслуженную славу институту принёс сорт Омский 13709, созданный И. И. Кораблиным и А. В. Тохтуевым путём отбора из местного образца Славгородского округа Алтайского края и районированный в 1949 г.; сорт занимал основные площади посевов в Сибири и Северном Казахстане.

В дальнейшем, в силу объективных причин того времени последовало более 30 лет бесплодной работы в селекции как ячменя, так и других зерновых культур. И только с приходом в институт в 1960 г. талантливого селекционера Н. М. Федуловой был сделан прорыв в селекции ячменя. Закрепил этот успех Н. И. Аниськов – под его руководством создан набор экологически пластичных сортов, устойчивых к засухе в течение всего периода вегетации, обладающих высокой регенерационной способностью и одновременным созреванием [2].

Особое внимание в селекционной работе с ячменём уделено созданию устойчивых к болезням и вредителям сортов разных групп спелости и различного направления использования зерна (фуражное, пивоваренное, крупяное). На основе местного генофонда и мировой коллекции ВИР, представленной сортами ближнего и дальнего зарубежья, была создана целая серия сортов: Сибирский 2 (1982 г.), Новоомский (1984 г.), Омский 80 (1984 г.), Омский 85 (1984 г.), Омский 86 (1991 г.), Омский 87 (1993 г.), Омский 88 (1995 г.), Омский 90 (1996 г.), Омский 89 (1997 г.), Омский 95 (2003 г.), Омский 91 (2000 г.), Омский голозёрный 1 (2001 г.), Омский голозёрный 2 (2004 г.), Саша (2008 г.), Омский 99 (2011 г.), Сибирский Авангард (2006), Майский (2010 г.), Подарок Сибири (2014 г.), Омский 100 (2018 г.), Омский голозёрный 4 (2020 г.), Омский 101 (2021 г.).

За период с 1936 по 2021 гг. создано и внесено в Государственный реестр селекционных достижений РФ 24 сорта ячменя. Отличительными особенностями данных сортов являются повышенные показатели продуктивности, устойчивости к засухе и листовостебельным заболеваниям, а также качество зерна. Благодаря традиционно высоким качествам, омские сорта имеют широкий ареал возделывания – не только по 10 (Западно-Сибирскому) региону, но также по 11 (Восточно-Сибирскому) и 9 (Уральскому) регионам.

Площадь посевов в 2019–2021 гг. под сортами ячменя селекции Омского АНЦ в Западной Сибири и прилегающих к ней районах Северного Казахстана достигала более 850 тыс. га. В Омской области площадь посевов под яровым ячменем составляла: в 2019 и 2020 гг. – 300 тыс. га, в 2021 г. – 183 тыс. га. Сорта селекции Омского АНЦ (СибНИИСХ) занимают около 65 % сортовых посевов данной культуры [3, 4].

Основным компонентом зерна, указывающим на его питательность, является массовая доля белка. Положительное влияние засушливых условий на формирование повышенного содержания белка в зерне неоднократно освещалось в литературе [5]. Также повысить данный компонент возможно путём внесения минеральных удобрений [6]. Зерно ячменя официально признано подходящим для получения функциональных продуктов питания, что связано с высоким содержанием в нем полезного для здоровья человека полисахарида β -глюкана [7]. Основная масса зерна ячменя приходится на крахмал (от 55 до 70 %). Высокая скорость ферментации данного компонента зерна обеспечивает синхронное высвобождение энергии, что улучшает усвоение организмом питательных веществ [1]. Большое значение количество крахмала имеет также в пивоваренной промышленности, а повышение его массовой доли возможно с помощью предпосевной обработки зерна бактериальными препаратами [8]. Ячмень является источником ценного по химическому составу пищевого масла, в состав которого

входят как полиненасыщенные жирные кислоты, так и минорные соединения (токоферолы, токотриенолы, витамин Е), которые играют важную роль в поддержании здоровья человека. По содержанию токотриенолов масло ячменя является абсолютным лидером среди растительных масел [9, 10].

Селекционная работа с культурой ярового ячменя проводится по трем направлениям: крупяное, пивоваренное и фуражное. Создание сорта – весьма длительный процесс (10–15 лет). Сорта, созданные ранее, включают в план гибридизации и они становятся базой для создания следующих. Безусловно, полученный селекционный материал на всех этапах изучения требует всесторонней оценки по множеству показателей продуктивности и качества зерна. На каждом этапе изучения происходит строгий отбор (по показателям продуктивности, адаптивности и качеству зерна) как при сравнении со стандартом, так и родительскими сортами.

Вопрос наследования признаков в селекционном процессе весьма важен. Так, отмечено, что в наследовании признаков качества зерна (содержание белка, крахмала и жира) выявлены все известные типы – от сверхдоминирования до депрессии [10]. Однако, значение каждого отдельного типа наследования зависит от направления селекции. Например, в селекции пивоваренных сортов ячменя с пониженным содержанием белка, для дальнейших исследований выделяются сортообразцы именно с депрессивным типом наследования данного признака [11]. Согласно данным по изучению комбинационной способности, доля вариантов общей комбинационной способности (ОКС) по содержанию в зерне белка варьировала от 61,7 до 54,9 %; крахмала – 38,6–55,0 %; жира – 29,3–59,5 %. В менее благоприятных условиях периода вегетации в изменчивости признаков возрастают эффекты аллельного (доминирования) и неаллельного взаимодействия генов (эпистаз). Доля варианспецифической комбинационной способности (СКС) по содержанию в зерне перечисленных выше компонентов варьировала от 32,5 до 73,9 %. Наибольшее влияние реципрокного эффекта отмечено по признакам масличности зерна (17,9–2,4 %) и крахмалистости (16,4–12,5 %) [11, 12].

Значительное распространение и доказанную эффективность имеет гибридизация отдаленных эколого-географических форм [13] с последующими повторными скрещиваниями и индивидуальным отбором. По мнению Н. И. Аниськова, в селекции урожайных и адаптивных сортов ячменя для региона Западной Сибири, большой интерес представляют сорта из Канады (благодаря адаптивности к местным условиям, схожим с условиями Сибири) [3, 4]. Представляют также ценность образцы из Швеции, Германии и ряда стран Европы, отличающиеся комплексом признаков продуктивности и качества зерна. Поэтому изучение коллекционных сортообразцов различного эколого-географического происхождения является актуальным.

Цель исследований – оценка сортообразцов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) коллекционного питомника для выделения наиболее перспективных в селекции на качество зерна.

Материалы и методы исследований

Исследования выполнены в коллекционном питомнике на опытных полях Омского АНЦ в южной лесостепи с 2019 по 2021 гг. в следующем севообороте: пар – ячмень – пшеница – пшеница.

Опытные поля представлены среднемощной тяжелосуглинистой лугово-черноземной почвой. Содержание гумуса (по Тюрину) составляло 6,68–6,91 %, подвижного фосфора – 98–112 мг/кг; обменного калия – 240–310 мг/кг почвы (по Смирнову), нитратного азота (по Кочергину) – 5,3 мг/кг, сумма поглощенных

оснований – 30,02 мг-экв./100 г почвы, рН (KCl) почвенного раствора – 6,6–7,0 ед. В составе катионов преобладал кальций (90,1 %), на магний приходилось 12,0 % от общей емкости поглощения, натрия – менее 1 %.

Основная обработка почвы заключалась в послеуборочном лущении стерни и зяблевой вспашке. Обработка зяби состояла из закрытия влаги боронованием и последующей культивации на глубину 6–8 см. Посев осуществляли сеялкой ССФК-7 на делянках площадью 2 м² в четырехкратной повторности при норме высева 4 млн всхожих зерен/га. Срок посева – 18–20 мая.

Наблюдения, оценки и учеты проведены согласно методике Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» [14]. Уход за посевами включал комплекс мероприятий, таких, как уничтожение почвенной корки и борьба с сорняками (путем боронования через пять–шесть суток после посева и в фазе трех–четырёх листьев). Уборку осуществляли селекционным комбайном Nege-125 в фазе полной спелости.

При биохимическом анализе качества зерна использовали традиционные методы и технологии [15]. Проведена математическая обработка данных методом двухфакторного дисперсионного анализа [16] в приложении Excel.

Коллекционный питомник ярового ячменя в течение периода исследований включал 48 сортообразцов. В статье представлены данные наиболее перспективных, выделившихся по комплексу признаков: Поспех, Sloop SA, Красноярский 91, Соборный, Эвергран, Issota и Tercel.

Стандартом выступал сорт Омский 95 селекции Омского АНЦ. Омский 95 включен в Госреестр РФ (2006 г.) и Республики Казахстан, среднеспелый (вегетационный период 79–90 суток), устойчив к болезням и абиотическим факторам (слабо восприимчив к каменной и черной головне и средневосприимчив к пыльной головне, засухоустойчив, устойчив к полеганию), имеет высокий потенциал продуктивности и качества зерна.

Вегетационный период 2019 г. характеризовался как достаточно увлажненный (ГТК = 1,1) (таблица 1). Температура воздуха в основном находилась на уровне среднеголетних значений (–0,3...+1,0 °С к норме). Избыточное увлажнение отмечено в июне и сентябре (167,3 и 165,8 %), а его недостаток отмечен в июле и августе (43,8 и 75,0 %).

Таблица 1 – Метеорологические условия в мае–сентябре 2019–2021 гг.

Месяц	Среднесуточная температура воздуха, °С				Сумма осадков, мм			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средне- многолетняя норма	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средне- многолетняя норма
Май	12,2	17,4	17,4	11,9	37,8	22,3	13,3	35,0
Июнь	15,5	16,2	16,9	13,0	85,3	42,7	44,7	50,9
Июль	20,4	21,2	20,6	21,2	28,9	13,3	32,8	65,9
Август	18	19,4	19,1	19,0	40,5	55,7	42,4	54,0
Сентябрь	10,8	11,4	9,5	11,2	48,2	40,1	34,8	29,1

Засушливыми условиями характеризовались 2020 и 2021 гг. – ГТК = 0,69 и 0,58 соответственно. Недобор температур в данные периоды наблюдали в июне (–2,1 и –1,1 °С к среднеголетним данным). В мае, июле и августе температура воздуха значительно превышала норму (+1,2–4,9 °С). На этом фоне отмечен значительный недостаток увлажнения с мая по июль (20,2–83,7 % к среднеголетним) и его избыток в сентябре (137,9 и 119,7 %).

Результаты и их обсуждение

В коллекционном питомнике изучали 48 сортообразцов ярового ячменя; данные рисунка 1 позволяют сделать заключение о значительной дифференциации данного материала по исследуемым признакам. Так, доля образцов, превышающих стандарт по урожайности, содержанию в зерне белка и сырого жира составила всего 13–14 %; основная масса образцов по данным показателям на уровне (27–53 %) или ниже стандарта (33–60 %). Прямо противоположную картину наблюдали по содержанию в зерне крахмала: превышают стандарт 60 % сортообразцов, 33 % – на уровне стандарта.

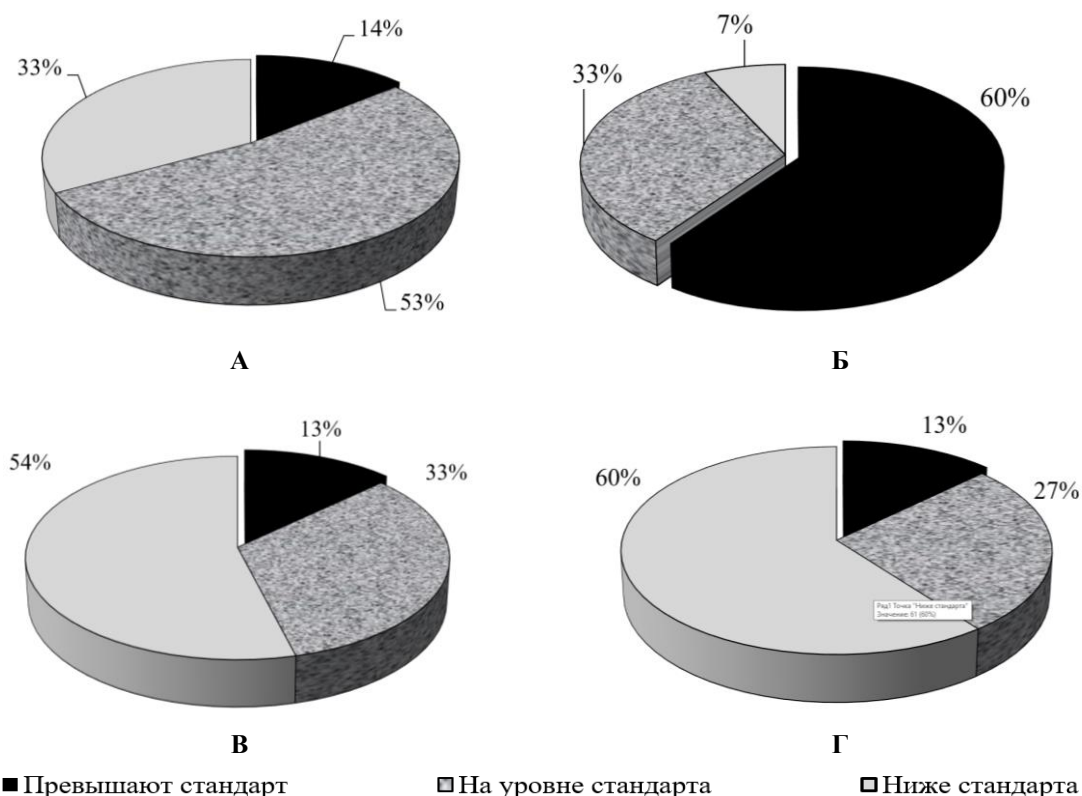


Рисунок 1 – Дифференциация сортообразцов коллекционного питомника по отношению к стандарту урожайности (Г) по основным показателям и качества зерна (А – содержание белка, Б – крахмала, В – сырого жира).

В течение анализируемого периода (2019–2021 гг.) наблюдали значительное влияние условий выращивания на формирование белка в зерне (90,7%) (таблица 2).

Таблица 2 – Вклад факторов в изменчивость основных показателей продуктивности и качества зерна ячменя, % (среднее за 2019–2021 гг.)

Источник варьирования	Массовая доля			Масса 1000 зерен	Урожайность
	белка	крахмала	сырого жира		
Фактор А (год)	90,7	50,5	60,3	70,6	60,5
Фактор В (сорт)	8,0	46,6	23,1	27,9	35,9
Взаимодействие (А × В)	1,0	2,5	15,6	1,0	2,6
Остаточное	0,3	0,4	1,0	0,5	01,0

По прочим показателям качества зерна (содержание крахмала и масличность) отмечена высокая доля генотипа (соответственно 50,5 и 60,3 %).

Аналогичную картину наблюдали по крупности зерна (доля генотипа в формировании признака массы 1000 зерен составила 70,6 %). Отмечено, что по признаку массы 1000 зерен доля фактора «год» может варьировать в разные периоды от 15 до 59 % [17].

Согласно литературным данным, дисперсия по фактору генотип признака урожайность зерна может составлять 1,2 % [18], что значительно ниже данных наших исследований – 35,9 % (см. таблица 2).

Одним из основных показателей качества является массовая доля белка, абсолютное содержание белка в крупных и мелких зернах в пределах колоса или отдельного ряда в колосе остается примерно одинаковым [19]. Селекционеры находятся в постоянном поиске источников с повышенным содержанием белка в зерне, которые можно включить в селекционный процесс. Для этого ежегодно проводят широкомасштабные исследования как новинок селекции, так и старых сортов.

В основном содержание белка в зерне ячменя варьирует от 10 до 17 % [19]. В наших исследованиях массовая доля белка в среднем составила 12,9 %, у стандартного сорта Омский 95 – 11,9 %. Анализ коллекционного питомника по данному признаку позволил выделить сортообразцы, характеризующиеся достоверной прибавкой к стандарту по содержанию белка: Tercel (+1,9 %), Соборный (+1,6 %), Issota (+1,0 %), Поспех (+2,0 %) и Sloop SA (+1,9 %) (таблица 3). Важно отметить, что данные сортообразцы превышали стандарт также по минимальным (от 12,2 до 13,5 %) и максимальным (от 14,2 до 14,3 %) значениям данного признака. На уровне стандарта находились сортообразцы Поспех и Sloop SA.

Таблица 3 – Характеристика сортов ячменя по качеству зерна, коллекционный питомник (среднее за 2019–2021 гг.)

Сорт, сортообразец	Урожайность, г/м ²		Массовая доля					
			белка, %		крахмала, %		сырого жира, %	
	max-min	\bar{x}	max-min	\bar{x}	max-min	\bar{x}	max-min	\bar{x}
Омский 95 (St.)	2,70–4,04	3,64	10,5–13,5	11,9	50,1–56,1	53,2	1,2–3,9	2,3
Поспех	4,35–5,57	5,30	13,5–14,2	13,9	53,8–55,1	54,7	2,2–3,6	2,9
Sloop SA	3,42–4,67	4,43	13,3–14,2	13,8	51,9–53,8	52,8	2,2–3,3	2,8
Красноярский 91	3,36–4,56	4,43	10,6–11,7	11,1	54,5–58,4	56,4	1,7–2,3	2,0
Соборный	3,85–4,99	4,36	12,7–14,3	13,5	55,1–57,8	56,5	2,5–3,0	2,7
Эвергран	3,04–4,83	4,30	10,1–12,0	11,0	55,1–59,1	57,1	2,9–3,0	3,0
Issota	3,36–5,06	4,26	12,2–13,1	12,9	56,5–58,4	57,4	2,8–4,5	3,6
Tercel	2,54–4,77	3,64	14,2–16,1	15,1	58,4–60,4	59,4	3,3–3,3	3,3
HCP ₀₅	-	0,5	-	0,7	-	1,4	-	0,3
Cv, %	-	19,3	-	26,1	-	28,9	-	27,8

Содержание крахмала в зерне ячменя может варьировать от 50 до 60 %, при этом отмечено увеличение массовой доли данного компонента при проращивании семян благодаря его природной модификации под действием α -амилазы [20]. В среднем по питомнику содержание крахмала в зерне ячменя составило 55,9 %. Крахмалистость стандарта отмечена на уровне 53,2 %, превышали данное значение сортообразцы: Красноярский 91 (+3,2 % к St.), Соборный (+3,3 % к St.), Эвергран (+2,7 % к St.), Tercel (+5,9 % к St.), Поспех (+1,5 % к St.) и Issota (+4,2 % к St.). Перечисленные образцы превышают стандарт также и по лимитам (min = 55,1–58,4; max = 55,1–60,4).

Отмечено, что образцы ячменя с повышенным содержанием масла в зерне характеризуются более высокими значениями параметров стабильности по данному признаку [9]. Массовая доля сырого жира в зерне стандарта в среднем за период

исследований составила 2,3 %. Достоверно превышали стандарт по масличности зерна сортообразцы: Пospех (+0,6 %), Sloop SA (+0,5 %), Эвергран (+0,7 %), Issota (+1,3 %) и Tercel (+1,0 %).

Урожайность – интегральный показатель, который зависит от многочисленных факторов, складывающихся в течение периода вегетации. Так, основными из них являются: биопрепараты и удобрения [21], срок сева [22], приемы защиты и др. Согласно проведенным нами ранее исследованиям, на урожайность также оказывают влияние погодные условия в период роста и развития растений [23]. Так, учитывая обратную корреляционную зависимость урожайности зерна как со средними температурами воздуха ($r = -0,606 \dots -0,994$), так и с суммой осадков ($r = -0,240 \dots -0,869$), можно предположить, что чрезмерно высокие значения данных климатических показателей способствовали снижению урожайности. Очевидно, что для формирования урожайности необходимо их оптимальное соотношение.

В среднем за период исследований с 2019 по 2021 гг. урожайность сортообразцов коллекционного питомника составила 4,3 т/га, стандарта – 3,64 т/га. Все исследуемые образцы достоверно превышали стандарт по урожайности (от + 0,62 г/м² (Issota) до +1,66 г/м² (Пospех)).

Анализ полученных результатов показал повышенную изменчивость урожайности и показателей качества зерна, что подтверждает значительный коэффициент вариации ($C_v > 20$ %). Это означает широкие возможности для проведения отборов по максимальной выраженности признаков.

Выводы

Для дальнейших исследований рекомендованы следующие сорта коллекционного питомника, характеризующиеся комплексом повышенных показателей качества зерна:

- Пospех, Tercel, Issota с повышенной урожайностью (+0,62–1,66 г/м² к St.), содержанием в зерне белка (+0,7–1,9 % к St.), крахмала (+1,5–5,9 % к St.) и сырого жира (+0,6–1,3 % к St.).
- Sloop SA – прибавка по урожайности (+0,79 г/м² к St.), содержание белка (+0,6 % к St.) и сырого жира (+ 0,5 % к St.).
- Соборный – урожайный сортообразец (+0,72 г/м² к St.) с повышенным содержанием белка (+1,6 % к St.) и крахмала (+3,3 % к St.).
- Эвергран, урожайность (+0,66 г/м² к St.), содержание крахмала (+2,7 % к St.) и сырого жира (+0,7 % к St.).

Литература

1. Сумина А. В., Полонский В. И., Количенко А. А. Кормовая ценность зерна ячменя, выращенного в условиях юга Сибири // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2020. № 3 (33). С. 36–39.
2. Чекусов М.С. История и перспективы развития селекционно-семеноводческого центра ФГБНУ «Омский АНЦ» в юбилейной ретроспективе // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 10. С. 5–8.
3. Николаев П.Н., Юсова О.А., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Агробиологическая характеристика многорядных голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180 (1). С. 37–43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43.
4. Николаев П. Н., Юсова О. А., Аниськов Н. И., Сафонова И. В., Ряполова Я. В. Новый среднеспелый сорт ярового ячменя Омский 101 // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180 (2). С. 83–88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88.
5. Лихенко И. Е., Советов В. В., Аносов С. И., Лихенко Н. Н. Формирование урожая зерна сибирских сортов яровой мягкой пшеницы в условиях континентального климата Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 1. С. 27–30.
6. Федюшкин А.В. Влияние минеральных удобрений на урожайность и содержание белка в зерне ярового ячменя // Аллея науки. 2018. Т. 1. № 9 (25). С. 238–242.

7. Harland J. Authorised EU health claims for barley and oat beta-glucans // In book: Foods, Nutrients and Food Ingredients with Authorised EU Health Claims. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2014. P. 25–45. DOI: 10.1533/9780857098481.2.25.
8. Гамзаева Р.С., Ходжаев Р.С. Содержание крахмала и активность амилолитических ферментов в зерне ярового ячменя при инокуляции семян бактериальными препаратами // Вестник Студенческого научного общества. 2018. Т. 9. № 1. С. 18–20.
9. Полонский В. И., Сумина А. В., Герасимов С. А. Оценка образцов ячменя на адаптивность по содержанию масла в зерне в условиях Хакасии // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6 (183). С. 148–155. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-148-155.
10. Аниськов Н.И. Селекционно-генетические аспекты в наследовании признаков ячменя в условиях Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2010. № 6 (45). С. 51–55.
11. Николаев П. Н., Юсова О. А., Кремпа А. Е. Новые перспективные линии ячменя пивоваренного направления селекции Омского аграрного научного центра // Земледелие. 2022. № 1. С. 39–43. DOI: 10.24412/0044-39132022-1-39-43.
12. Moreau R. A. Barley Oil // In book: Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils // Ed. by R.A. Moreau, A. Kamal-Eldin. AOCS-Press, Urbana-Illinois, 2009. P. 455–478
13. Вакула С. И., Орловская О. А., Хотылева Л. В., Леонова И. Н. Оценка признаков продуктивности у интрогрессивных линий *Triticum aestivum* / *T. timopheevii* в различных экологических условиях // Сельскохозяйственная биология. 2018. № 53(5). С. 916–926. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.916rus.
14. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса // Сост. Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В. Изд. 4-е, доп. и перераб. Санкт-Петербург: Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова», 2012. 63 с.
15. Плешков Б.В. Практикум по биохимии растений. М.: "Колос", 1985. 256 с.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
17. Опанасюк И.В., Белкина Р.И. Качество зерна сортов ячменя и факторы, определяющие его в условиях Северного Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2012. № 3 (66). С. 63–66.
18. Максимов Р.А., Киселев Ю.А., Шадрина Е.А. Адаптивная реакция коллекционных сортообразцов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в условиях Среднего Урала // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 4. С. 35–40. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_35.
19. Полонский В.И., Сумина А.В., Шалдаева Т.М. Содержание белков и углеводов в зерне ячменя и овса сибирской селекции // Успехи современного естествознания. 2018. № 1. С. 49–55.
20. Андреев Н.Р., Гольдштейн В.Г., Вассерман Л.А., Носовская Л.П., Адикаева Л.В. Исследование модификации крахмала при проращивании зерна гороха, нута и голозерного ячменя // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 12. С. 90–94. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11215.
21. Козлова М. Ю. Урожайность ячменя и многолетних трав в зависимости от применения биопрепаратов и удобрений // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 3 (35). С. 41–45.
22. Ашаева О. В., Кошишова М. Н. Влияние сроков посева на урожайность зерна озимого ячменя // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4 (16). С. 4–7.
23. Юсова О. А. Источники повышенного качества зерна ячменя, овса, сои, люцерны и кострца для создания новых высокопродуктивных сортов с хорошим качеством: руководство. Омск: Литера, 2017. 60 с.

References

1. Sumina A. V., Polonsky V. I., Kolichenko A. A. The fodder value of barley grown in the south of Siberia // Bulletin of the Khakass State University named after N.F. Katanov. 2020. No. 3 (33). P. 36–39.
2. Chekusov M. S. History and prospects for the development of the breeding and seed center of the FSBSI “Omsk Agrarian Scientific Center” in the anniversary retrospective // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2020. Vol. 34. No. 10. P. 5–8.
3. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Aniskov N. I., Safonova I. V. Agrobiological characteristics of hullless barley cultivars developed at Omsk Agrarian Scientific Center // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. No. 180 (1). P. 37–43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43.
4. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Aniskov N. I., Safonova I. V., Ryapolova Ya. V. New mid-season spring barley cultivar Omsky 101 // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. No. 180 (2). P. 83–88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88.
5. Likhenko I. E., Sovetov V. V., Anosov S. I., Likhenko N. N. Siberian spring wheat varieties grain yield formation under continental climate of Western Siberia // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2014. No. 1. P. 27–30.

6. Fedyushkin A. V. Influence of mineral fertilizers on productivity and protein content in grain of spring barley // *Alley of Science*. 2018. Vol. 1. No. 9 (25). P. 238–242.
7. Harland J. Authorised EU health claims for barley and oat beta-glucans // In book: *Foods, Nutrients and Food Ingredients with Authorised EU Health Claims*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2014. P. 25–45. DOI: 10.1533/9780857098481.2.25.
8. Gamzaeva R. S., Khodzhaev R. S. The content of starch and the activity of amylolytic enzymes in the grain of spring barley during seed inoculation with bacterial preparations // *Bulletin of the Student Scientific Society*. 2018. Vol. 9. No. 1. P. 18–20.
9. Polonsky V. I., Sumina A. V., Gerasimov S. A. Barley samples evaluation for adaptability in grain oil content under the Khakassia conditions // *Bulletin of KSAU*. 2022. No. 6 (183). P. 148–155. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-148-155.
10. Aniskov N. I. Selective and genetic aspects in barley feature inheritance in the Western Siberia conditions // *Bulletin of KSAU*. 2010. No. 6 (45). P. 51–55.
11. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Krempe A. E. New promising lines of brewing barley bred at Omsk Agricultural Scientific Center // *Zemledelie*. 2022. No. 1. P. 39–43. DOI: 10.24412/0044-39132022-1-39-43.
12. Moreau R.A. Barley Oil // In book: *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils* // Ed. by R.A. Moreau, A. Kamal-Eldin. AOCS-Press, Urbana-Illinois, 2009. P. 455–478
13. Vakula S. I., Orlovskaya O. A., Khotyleva L. V., Leonova I. N. Manifestation of productivity traits in *Triticum aestivum* / *T. timopheevii* introgression lines in different environmental conditions // *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2018. No. 53(5). P. 916–926. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.916eng.
14. Guidelines for the study and conservation of the world collection of barley and oats // Compiler I. G. Loskutov, O. N. Kovaleva, E. V. Blinova. 4th ed., added and revised. St. Petersburg: State Scientific Institution N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 2012. 63 p.
15. Pleshkov B. V. Workshop on plant biochemistry. Moscow: "Kolos", 1985. 256 p.
16. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
17. Opanasyuk I. V., Belkina R. I. Barley cultivars grain quality and the factors which determine it in the Northern Zauralye conditions // *Bulletin of KSAU*. 2012. No. 3 (66). P. 63–66.
18. Maksimov R.A., Kiselev Yu.A., Shadrina E.A. Adaptive response of collection varieties of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) under the conditions of the Middle Urals // *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2022. Vol. 36. No. 4. P. 35–40. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_35.
19. Polonsky V.I., Sumina A.V., Shaldaeva T.M. Proteins and carbohydrates content in barley and oats seeds at Siberian breeding // *Advances in Current Natural Sciences*. 2018. No. 1. P. 49–55.
20. Andreev N. R., Goldstein V. G., Wasserman L. A., Nosovskaya L. P., Adikaeva L. V. Study of starch modification during germination of pea, chickpea, and huskless barley grain // *Achievements of science and technology in Agro-Industrial Complex*. 2020. Vol. 34. No. 12. P. 90–94. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11215.
21. Kozlova M. Yu. Barley and perennial grasses yield depending on the application of biological products and fertilizers // *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2020. No. 3 (35). P. 41–45.
22. Ashaeva O. V., Koshishova M. N. Influence sowing times on the yield of the grain of winter barley // *Vestnik of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy*. 2017. No. 4 (16). P. 4–7.
23. Yusova O. A. Sources of high quality grains of barley, oats, soybeans, alfalfa and rump to create new high-yielding varieties with good quality: a guide. Department of agricultural sciences of the Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Agriculture. Omsk: Litera, 2017. 60 p.

UDC 633.16:631.527

Yusova O. A., Nikolaev P. N.

SPRING BARLEY BREEDING TO IMPROVE GRAIN QUALITY INDICATORS

Summary. *Creation of new varieties that combine both increased yield capacity and improved grain quality is one of the necessary conditions for obtaining high-quality grain. The purpose of the current research was to evaluate varieties of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) from the collection nursery in order to identify the most promising in breeding for grain quality. The results of studies of 48 varieties of the collection nursery in terms of yield, content of protein, starch and crude fat in grain for the period 2019–2021 were presented. Square of experimental plots – 2 m², 4-fold replication. Seeding rate – 4 million germinating grains per hectare. Standard – variety 'Omskiy 95' (breeder –*

Omsk Agrarian Scientific Center), included in the State Register of the Russian Federation in 2006. In the collection nursery, the share of samples exceeding standard variety in terms of yield, protein and crude fat content in the grain was only 13–14 %; starch content – 60 %. The increased variability of the studied parameters (coefficient of variation exceeds 20 %) provides a rich ground for selection for the maximum presence of certain features. The formation of features was chiefly influenced by the conditions of the year (the share of the factor “year” varied from 50.5 to 90.7 %). The studies have shown that the most promising varieties, which differed in the complex of grain quality parameters, were ‘Pospekh’, ‘Tercel’ and ‘Issota’; they were characterized by increased productivity (+0.62–1.66 g/m² compared to standard (St.)), protein content in grain (+0.7–1.9 % compared to St.), starch (+1.5–5.9 % compared to St.) and crude fat (+0.6–1.3 % compared to St.). Variety sample ‘Sloop SA’ exceeded standard in terms of yield, protein and crude fat content by 0.79 g/m², 0.6 % and 0.5 %, respectively. Variety sample ‘Soborniy’ was distinguished by increased yield (+0.72 g/m² compared to St.), protein (+1.6 % compared to St.) and starch (+3.3 compared to St.) content. Variety sample ‘Evergran’ had the following advantages compared to standard: yield +0.66 g/m², starch content +2.7 %, crude fat +0.7 %.

Keywords: *spring barley (*Hordeum vulgare* L.), collection, grain quality, productivity, plasticity, stability.*

Юсова Оксана Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией биохимии и физиологии растений ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»; 644012, г. Омск, пр. Королева, 26; e-mail: yusova@anc55.ru.

Николаев Петр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции зернофуражных культур ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»; 644012, г. Омск, пр. Королева, 26; e-mail: nikolaev@anc55.ru.

Yusova Oksana Aleksandrovna, Cand. Sc. (Agr.), head of the Laboratory of genetics, biochemistry and plant physiology, FSBSI “Omsk Agrarian Scientific Center”; 26, Koroleva Avenue, Omsk, 644012, Russian Federation; e-mail: yusova@anc55.ru.

Nikolaev Petr Nikolaevich, Cand. Sc. (Agr.), head of the Laboratory for the selection of grain crops, FSBSI “Omsk Agrarian Scientific Center”; 26, Koroleva Avenue, Omsk, 644012, Russian Federation; e-mail: nikolaev@anc55.ru.

Дата поступления в редакцию – 07.02.2023.

Дата принятия к печати – 23.02.2023.