

ОЦЕНКА БИОХИМИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗЕРНА СОРТОВ ПЛЕНЧАТОГО И ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Е. Н. Шаболкина, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель лаборатории технолого-аналитического сервиса, elenashabolkina@yandex.ru; ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;
С. Н. Шевченко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, директор СамНЦ РАН, samniish@mail.ru; ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;
Н. В. Анисимкина, старший научный сотрудник лаборатории технолого-аналитического сервиса, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797
Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова, 446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; e-mail: samniish@mail.ru

Для эффективного использования сортов ячменя по назначению – продовольственный, кормовой и пивоваренный необходимо объективное и углубленное изучение качества зерна с корректировкой на особенности голозерных сортов. Цель исследований – оценка биохимических и технологических показателей зерна сортов пленчатого и голозерного ячменя, определение взаимосвязи между показателями качества. На экспериментальной базе Самарского НИИСХ в течение 2019–2021 гг. изучали показатели качества зерна сортов пленчатого и голозерного ячменя из конкурсного сортоиспытания. Установлена высокобелковая группа сортов: Орлан, Безенчукский 2, Лунь, Стрелецкий голозерный и Омский голозерный 1 с содержанием белка 14,9–16,8 %. Наибольшая масса 1000 зерен (43,7–44,1 г) и низкая активность α -амилазы в зерне («число падения» 352–421 с) за годы исследований отмечена у пленчатых сортов ячменя данной группы. Сорта ячменя с такими признаками качества могут быть широко востребованы в пищевой промышленности и кормопроизводстве. Отмечено, что голозерные сорта ячменя с высоким содержанием белка (16,8 %), отсутствием пленок и низкой амилолитической активностью (471 с) в случае адаптации к условиям произрастания улучшат не только качество круп, зернофуража, но и могут быть использованы в хлебопекарных целях. При обобщении результатов корреляционного анализа установлено следующее: взаимосвязь показателя белковости зерна с другими признаками качества отмечена лишь в острозасушливых условиях 2021 г.; пленчатость зерна тесно коррелировала обратной зависимостью с натурой зерна (–0,94**, –0,64*, –0,84**) во все годы исследований; «число падения» в 2019 г. несколько слабее было сопряжено с массой 1000 зерен (0,60*) и натурой (0,61*); с пленчатостью зерна отрицательно коррелировало и в 2019 и в 2020 годах (–0,65*, –0,82**).

Ключевые слова: ячмень пленчатый и голозерный, белок, крахмал, пленчатость, натура, масса 1000 зерен, «число падения».

Для цитирования: Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Анисимкина Н. В. Оценка биохимических и технологических показателей зерна сортов пленчатого и голозерного ячменя в условиях Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 1. С. 23–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-23-28.



ESTIMATION OF BIOCHEMICAL AND TECHNOLOGICAL INDICATORS OF GRAIN OF HULLED AND HULLES BARLEY VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

E. N. Shabolkina, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for technical and analytical service, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;
S. N. Shevchenko, Doctor of Agricultural Sciences, professor, academician of RAS, head of the SamRC RAS, samniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;
N. V. Anisimkina, senior researcher of the laboratory for technical and analytical service, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797
Samarsky Federal Research Center RAS,
amarsky Research Institute of Agriculture named after N. M. Tulaykov,
446254, Samara region, V. of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; e-mail: samniish@mail.ru

In order to use efficiently barley varieties for such purposes as food, fodder and brewing, an objective and thorough study of grain quality is of great necessity, with adjustment for the features of hulles varieties. The purpose of the current study was to estimate the biochemical and technological indicators of grain varieties of hulled and hulles barley, to determine the correlation between quality indicators. On the experimental basis of the Samara Research Institute of Agriculture, there were studied grain quality indicators of hulled and hulles barley varieties of the Competitive Variety Testing in 2019–2021. There has been established a high-protein group of varieties, such as 'Orlan', 'Bezenchuksky 2', 'Lun', 'Streletsky golozerny' and 'Omsky golozerny 1' with 14.9–16.8 % of protein. The largest '1000-grain weight' (43.7–44.1 g) and low activity of α -amylase in grain (352–421 c of 'falling number') over the years of study was established among the hulled barley varieties of this group. Barley varieties with such qualitative traits could be widely used in the food industry and feed production. There has been noted that hulles barley varieties with a high protein percentage (16.8 %), the absence of hulls and low amylolytic activity (471 c), when adapting to growing conditions, will improve not only the quality of cereals, grain fodder, but can also be used for baking purposes. When summarizing the correlation analysis results, there was established that the correlation between a grain protein index

and other qualitative traits was identified only under the extremely dry conditions of 2021. Grain husk content closely correlated inversely with grain unit (-0.94^{**} ; -0.64^{*} ; -0.84^{**}) through all years of study. The 'falling number' in 2019 was somewhat less correlated with 1000-grain weight (0.60^{*}) and grain unit (0.61^{*}); negatively correlated with grain husk content both in 2019 and 2020 (-0.65^{*} ; -0.82^{**}).

Keywords: *hulled and hulles barley, protein, starch, husk content, grain unit, 1000-grain weight, 'falling number'.*

Введение. В настоящее время на российском и мировом рынке спрос на одну из основных зерновых культур – ячмень резко повысился. Это связано не только с потребностями комбикормовой промышленности, но и с возрастающей популярностью продуктов из зерна ячменя, которые относятся к категории здорового питания: ячменная крупа (ячневая, перловая), хлебобулочные и кондитерские изделия из пшеничной и ржаной муки с добавлением в разном соотношении ячменной. А также производство специализированного питания для диабетиков в связи с высоким содержанием в зерне ячменя β -глюканов, полноценного белка со сбалансированным аминокислотным составом, превосходящим другие злаки особенно по наличию лимитирующих триптофана и лизина (Полонский и др., 2018; Сумина и Полонский, 2020).

Несмотря на условное разделение по зонам возделывания – продовольственный ячмень, кормовой и пивоваренный, данная культура вне зональности, она универсальна. Ячменная мука в отличие от пшеничной характеризуется меньшим содержанием крахмала, но более высоким количеством клетчатки, что очень полезно для здоровья, богата пентазанами (8,2–12,4 %) и простыми сахарами, минералами и витаминами группы B, PP. В хлебопечении ячменная мука входит в композиционные смеси с пшеничной или ржаной мукой в количестве не более 30 %, так как обладает низким хлебопекарным качеством (Невская и др., 2019).

Кормовой ячмень занимает довольно крупный сегмент (около 75,0 %) от производимого в нашей стране зерна ячменя. Высокобелковое зерно ячменя как составная часть кормосмесей (согласно ГОСТу 53900-2010 кормовой ячмень должен содержать не менее 13,0 % белка) повышает биологическую ценность комбикормов. Отечественные сорта ячменя фуражного направления продуктивны, востребованы, с улучшенными кормовыми качествами (Левакова и Ерошенко, 2019).

Как было ранее отмечено, ячмень – культура универсального использования, однако требования, предъявляемые к продовольственному, кормовому и пивоваренному ячменю, различны. Зерно ячменя пивоваренного характеризуется крупностью, выравненностью, высокой жизнеспособностью (энергия прорастания – 95 %) и качеством: содержание крахмала более 65 %, пониженная пленчатость. Содержание белка в зерне пивоваренного ячменя должно быть не более 12,0 % (согласно Европейским стандартам (ЕВС) оптимальное количество варьирует в пределах 10,7–11,2 %). Однако многочисленными исследованиями установлено, что качество сусла за-

висит не от содержания, а от качества белков: наличие в зерне высокомолекулярных, плохо растворимых в воде белков (глобулинов и проламинов) улучшает вкус и физико-химические показатели пива (Трубачеева и Першина, 2021). Важный показатель, зависящий от устойчивости сорта к прорастанию на корню и влияющий на процесс соложения – амилолитическая активность зерна с «числом падения» не ниже 150 с (Беркутова, 1991).

Пленчатые сорта ячменя при технологической обработке теряют часть полезных для здоровья веществ, которые уходят вместе с оболочкой, зародышем и алейроновым слоем зерна. Еще с середины XX столетия внимание селекционеров направлено на ячмень голозерный, который более технологичен, и процесс переработки зерна не требует энергетических затрат на снятие пленок. Этот ячмень востребован в пищевой промышленности (различные крупы, ячменная мука), пивоваренной, а также в животноводстве как ценный корм (Лукина и др., 2022). Но наряду с достоинствами (химический состав голозерного ячменя имеет преимущества по содержанию белка, входящих в него незаменимых аминокислот, β -глюканов, жирных кислот) у голозерных линий ячменя отмечены низкие урожайность и посевные свойства (Филиппов и Дорошенко, 2015; Шевченко и др., 2021). В настоящее время исследования направлены на создание сортов, адаптированных к условиям произрастания, устойчивых к полеганию, болезням и вредителям.

Нарушение технологий возделывания, неправильный выбор сорта в зоне произрастания, высокие требования к качеству зерна ячменя разной категории использования – все эти причины приводят к недобору зерна для продовольственных целей и пивоварения. Ситуация осложняется тем, что регламентированные документы (ГОСТы, нормативы, методики) разработаны для пленчатых сортов ячменя, а к оценке качества зерна голозерных сортов требуется иной подход. Для решения данных проблем и эффективного использования сортов ячменя по назначению – продовольственный, кормовой» и пивоваренный необходимо объективное и углубленное изучение качества зерна с корректировкой на особенности голозерных сортов.

Цель исследований – оценка биохимических и технологических показателей зерна сортов пленчатого и голозерного ячменя, определение взаимосвязи между показателями качества.

Материалы и методы исследований. На экспериментальной базе Самарского НИИСХ в течение 2019–2021 гг. изучались биохимические и технологические показатели

зерна сортов пленчатого и голозерного ячменя из конкурсного сортоиспытания. Размол зерна проводили на мельнице Mill-3100. В цельносмолотом зерне определяли азот белковый по ГОСТ 10846-91, крахмал по ГОСТ 10845-98, пленчатость по ГОСТ 10843-76, натуру зерна по ГОСТ 10840-2017, массу 1000 зерен по ГОСТ 10842-89, показатель «число падения» по Хагбергу – Пертену (ГОСТ 30498-97). Статистическая обработка экспериментальных данных проведена по Б. А. Доспехову.

Погодные условия в 2019 и 2020 гг. характеризовались низкими температурами (ниже среднегодовыми на 1,5–8,0 °C) в начале вегетации и засухами в фазу налива и созревания зерна; в 2021 г. период роста и развития растений отмечен как острозасушливый (гидротермический коэффициент составил 0,39), хотя количество осадков в весенний период превышало среднегодовое значения на 14 мм – данные погодные обстоятельства не могли не отразиться на химико-технологических показателях зерна.

Результаты и их обсуждение. Погодные условия в вегетационный период развития растений в условиях Среднего Поволжья влияют на показатели качества зерна пленчатого и голозерного ячменя. Белковость зерна ячменя

является одним из главных показателей (критерий), который учитывают при использовании зерна ячменя по назначению: продовольственный, кормовой и пивоваренный. Для каждой категории ячменя характерен свой диапазон белковости, от уровня которого зависит качество того или иного конечного продукта. Результаты исследований (2019–2021 гг.) свидетельствуют о влиянии температурного режима и неравномерного выпадения осадков на накопление белка в зерне. Несмотря на то что погода в вегетационный период в 2019 и 2020 гг. характеризовалась и низкими температурами, и небольшими засухами, условия содействовали формированию белка у пленчатого ячменя на уровне 12,6–13,1 % (сорт Беркут, st.) и 14,4–15,3 % (сорт Безенчукский 2); у сортов голозерного ячменя – 12,8–15,3 %. Воздушная засуха и отсутствие почвенной влаги в 2021 г. способствовали значительному накоплению белковых веществ в зерне – от 13,8 до 20,0 %. Максимальное содержание белка отмечено у сортов Стрелецкий голозерный и Омский голозерный 1 – 19,5–20,0 %. В среднем за годы исследований выделилась высокобелковая группа сортов ячменя: Орлан, Безенчукский 2, Лунь, Стрелецкий голозерный и Омский голозерный 1 – 14,9–16,8 % (табл. 1).

Таблица 1. Биохимический состав зерна пленчатого и голозерного ячменя, 2019–2021 гг.
Table 1. Biochemical composition of hulled and hulls barley grain, 2019–2021

№ п/п	Сорт	Белок, %	Крахмал, %	Пленчатость, %	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Число, падения, с
1	Беркут, st	13,2	55,9	10,9	40,0	676	365
2	Прерия	14,5	53,7	11,9	41,4	663	417
3	Медикум 157	14,4	52,8	10,9	43,0	664	384
4	Орлан	14,9	52,5	11,9	44,1	661	421
5	Финист	14,7	51,9	11,3	38,9	661	409
6	Пересвет	14,2	52,1	11,5	41,6	668	371
7	Ястреб	14,4	54,2	12,3	41,5	672	373
8	Лунь	15,5	51,9	11,7	43,9	645	396
9	Безенчукский 2	14,9	53,5	11,5	43,7	654	378
10	Волгодон	13,5	53,9	13,3	40,7	603	352
11	Стрелецкий голозерный	16,8	56,7	–	39,7	733	471
12	Омский голозерный 1	15,5	53,5	–	40,4	742	416
НСР _{0,05}		1,5	–	1,2	4,5	37	47

Сорт ячменя Стрелецкий голозерный за данный период сформировал наибольшее количество белка в зерне (16,8 %). При условии адаптации голозерных сортов к условиям произрастания возможно решить задачу, которая стоит перед ячменем кормового назначения – повышение питательности и биологической ценности комбикормов. Оценка коэффициентов вариации (Cv) показала, что содержание белка в 2019 и 2020 гг. варьировало незначительно – в пределах 5,3–5,5 %. В 2021 г. изменчивость признака увеличилась до 12,8 %, что свидетельствует о возможности ведения селекции сортов ячменя на содержание белка (табл. 2).

«Энергетический» углевод – крахмал характеризовался стабильностью, на него практически не влияли условия произрастания,

при оценке вариабильности за годы исследований признак показал малую изменчивость (Cv = 2,9–6,5 %). По содержанию крахмала выделялись сорта пленчатого ячменя Беркут (st) – 55,9 % и Стрелецкий голозерный – 56,7 %. Данный показатель качества наиболее ценен в пивоварении, поэтому в этой отрасли переработки используется более богатый крахмалом мучнистый ячмень. Крахмалистость колеблется в значительных пределах в зависимости от сорта (в течение 2019, 2020 и 2021 гг. от 45,2 до 61,7 %), места произрастания (в северных районах страны возделывают сорта ячменя с высоким количеством крахмала), условий уборки: перестой культуры из-за усиленного дыхания растения ведет к снижению данного параметра (Вавилов и др., 1986).

Таблица 2. Матрица коэффициентов корреляции и коэффициентов вариации показателей качества зерна сортов пленчатого и голозерного ячменя (2019, 2020, 2021 гг.)
Table 2. Matrix of correlation and variation coefficients of grain quality indicators of hulled and hulless barley varieties (2019, 2020, 2021)

№ п/п	Год	Признак	Белок, %	Крахмал, %	Пленчатость, %	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Число падения, с	К вариации, %
1	2019	Белок, %	1,00	—	—	—	—	—	5,5
2		Крахмал, %	0,09	1,00	—	—	—	—	2,9
3		Пленчатость, %	–0,43	–0,41	1,00	—	—	—	47,3
4		Масса 1000 зерен, г	0,46	0,41	–0,63*	1,00	—	—	6,2
5		Натура, г/л	0,29	0,48	–0,94**	0,60*	1,00	—	8,0
6		Число падения, с	0,32	0,75**	–0,65*	0,60*	0,61*	1,00	7,4
1	2020	Белок, %	1,00	—	—	—	—	—	5,3
2		Крахмал, %	–0,01	1,00	—	—	—	—	4,1
3		Пленчатость, %	0,05	0,12	1,00	—	—	—	47,7
4		Масса 1000 зерен, г	0,00	–0,17	0,27	1,00	—	—	4,8
5		Натура, г/л	–0,40	–0,02	–0,64*	0,13	1,00	—	4,6
6		Число падения, с	0,24	–0,24	–0,82**	–0,33	0,36	1,00	11,7
1	2021	Белок, %	1,00	—	—	—	—	—	12,8
2		Крахмал, %	0,13	1,00	—	—	—	—	6,5
3		Пленчатость, %	–0,85**	–0,56	1,00	—	—	—	47,5
4		Масса 1000 зерен, г	–0,64**	–0,42	0,76**	1,00	—	—	9,2
5		Натура, г/л	0,83**	0,29	–0,84**	–0,67*	1,00	—	5,2
6		Число падения, с	0,64*	–0,16	–0,34	–0,21	0,39	1,00	10,7

Примечание. * – значимость на 5 %-м уровне; ** – значимость на 1 %-м уровне.

Пленчатость зерна ячменя – важный показатель для пивоварения, зависящий как от сорта, так и от условий возделывания. В исследуемых образцах пленчатость зерна за 2019–2021 гг. была на уровне 10,9 % (сорт Беркут, ст.) и 13,3 % (сорт Волгодон) с колебаниями по годам от 10,0 до 14,8 %. Установлено, что в условиях 2021 г. (количество осадков в весенний период превышало среднееголетние значения) пленчатость зерна характеризовалась более высокими значениями (выше на 1,4–2,4 %), чем в 2019 и 2021 годах. Особо выделился сорт ячменя Волгодон, который имел максимальные значения во все годы исследований.

К параметрам, характеризующим продовольственные качества ячменя, а именно крупяные достоинства, относятся масса 1000 зерен и натура зерна. Данные показатели влияют на процесс выработки, выход крупы (Иунихина и Вайтанис, 2018). Наибольшая масса 1000 зерен за годы исследований отмечена у пленчатых сортов ячменя Безенчукский 2, Лунь, Орлан (43,7–44,1 г). По абсолютной массе исследуемые сорта ячменя можно отнести к категории средних по весу. Острый дефицит влаги в период налива зерна в 2021 г. заметно повлиял, по сравнению с другими годами исследований, на снижение массы 1000 зерен (36,0–40,0 г). У голозерных сортов отмечена минимальная масса 1000 зерен – 30,2–30,4 г. В 2020 г. фаза налива зерновок характеризовалась средним уровнем влагообеспеченности, и данный показатель качества у всех сортов ячменя был наибольшим – 43,0–49,0 г.

По натуре зерна голозерные сорта ячменя имели большое превосходство над пленчатыми во все годы исследований (превышение в сред-

нем за 2019–2021 гг. составило на 57–139 г/л), максимальные показатели – 752–776 г/л. Данный параметр важен для зерна, поставляемого для выработки крупы (нормируется ГОСТом не ниже 630 г/л). Голозерный ячмень в этой области использования имеет ряд преимуществ: ненужность проведения процесса шелушения, отделение от зерна более тонкого поверхностного слоя и в конечном итоге улучшение цвета крупы. При оценке вариативности установлено, что масса 1000 зерен ($C_v = 6,2; 4,8; 9,2$ %) и натура зерна ($C_v = 8,0; 4,6; 5,2$ %) относятся к слабо варьирующим признакам.

Важный показатель у сортов ячменя пивоваренного назначения, зависящий от устойчивости сорта к прорастанию на корню, – амилазная активность зерна. Результаты исследований показали высокое «число падения», определяемое в зерне у пленчатых сортов 352–421 с, у голозерных – 416–471 с, что говорит о низкой активности α -амилазы у сортов ячменя, особенно голозерных. Среди пленчатых форм выделились сорта ячменя Орлан и Прерия (461–486 с), среди голозерных – Стрелецкий голозерный (488 с) с максимальными значениями «числа падения» во все годы исследований. Расчеты коэффициентов вариации (C_v) показали: «число падения» в 2019, 2020 и 2021 гг. было относительно стабильным и варьировало в средних пределах – 7,4–11,7 %.

Изучение в ходе научных исследований показателей (белок, крахмал, пленчатость, масса 1000 зерен, натура, число падения) необходимо для оценки технологических свойств ячменя с целью определения той или иной области его переработки. Очень важно установить значимую взаимосвязь между

показателями (* – значимость на 5%-м уровне, ** – значимость на 1%-м уровне), так как полученные результаты можно использовать в целях селекционного улучшения биохимических и технологических параметров зерна ячменя. Согласно данным (табл. 2) взаимосвязь показателя белковости зерна с другими признаками качества отмечена лишь в острозасушливых условиях 2021 г.: положительная с натурой зерна (0,83**) и числом падения (0,64*) и обратная корреляционная с пленчатостью (–0,85**) и массой 1000 зерен (–0,64**). Повышение белковости под влиянием комплекса факторов (условия, среда плюс различия между сортами) является результатом уменьшения пленчатости зерна и массы 1000 зерен. Во все годы исследований пленчатость зерна тесно коррелировала обратной зависимостью с натурой зерна (–0,94**, –0,64*, –0,84**). В условиях 2019 г. масса 1000 зерен отмечена положительной корреляцией с натурой зерна 0,60*, а в 2021 г. (ГТК = 0,39) – с отрицательной –0,67*. Показатель «число падения», характеризующий амилолитическую активность зерна, в 2019 г. имел положительные корреляции с содержанием крахмала (0,75**) и несколько слабее был сопряжен с массой 1000 зерен (0,60*) и натурой (0,61*); с пленчатостью зерна отрицательно коррелировал и в 2019 и в 2020 гг. (–0,65*, –0,82**). Обобщенные результаты корреляционного анализа показали взаимосвязи более сильные и несколько слабее между признаками, что дает возможность вести отбор селекционного материала на качество зерна.

Выводы. Оценка биохимических и технологических показателей зерна сортов пленчатого и голозерного ячменя позволила установить высокобелковую группу сортов: Орлан, Безенчукский 2, Лунь, Стрелецкий голозерный и Омский голозерный 1 (14,9–16,8%). Пленчатые сорта данной группы имели наибольшую массу 1000 зерен (43,7–44,1 г), характеризовались низкой активностью α -амилазы в зерне («число падения» 352–421 с). Сорта ячменя с такими признаками качества могут быть широко востребованы в пищевой промышленности (крупы, ячменная мука) и кормопроизводстве. Отмечено, что голозерные сорта ячменя с высоким содержанием белка (16,8%), отсутствием пленок и низкой амилолитической активностью (471 с) при адаптации к условиям произрастания улучшат не только качество круп, зернофуража, но и могут быть использованы в хлебопекарных целях. При обобщении результатов корреляционного анализа установлено: взаимосвязь показателя белковости зерна с другими признаками качества отмечена лишь в острозасушливых условиях 2021 г.; пленчатость зерна тесно коррелировала обратной зависимостью с натурой зерна (–0,94**, –0,64*, –0,84**) во все годы исследований; «число падения» в 2019 г. несколько слабее было сопряжено с массой 1000 зерен (0,60*) и натурой (0,61*); с пленчатостью зерна отрицательно коррелировало и в 2019, и в 2020 гг. (–0,65*, –0,82**).

Библиографические ссылки

1. Беркутова Н. С. Методы оценки и формирования качества зерна. М.: Росагропромиздат, 1991. 205 с.
2. Вавилов П. П., Гриценко В. В., Кузнецов В. С. и др. Растениеводство. М.: Агропромиздат, 1986. 512 с.
3. Левакова О. В., Ерошенко Л. М. Высокобелковые сорта и перспективные линии ярового ячменя // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 6. С. 23–25. DOI: 10.30850/vrsn/2019/6/23-25.
4. Лукина К. А., Ковалева О. Н., Лоскутов И. Г. Голозерный ячмень: систематика, селекция и перспективы использования // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2022. Т. 26, № 6. С. 524–536. DOI: 10.18699/VJGB-22-64.
5. Невская Е. В., Тюрина И. А., Тюрина О. Е., Шулбаева М. Т., Потапова М. Н., Головачева Я. С. Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49, № 4. С. 531–544. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544>.
6. Полонский В. И., Лоскутов И. Г., Сумина А. В. Селекция на содержание антиоксидантов в зерне как перспективное направление для получения продуктов здорового питания // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22, № 3. С. 343–352. DOI: 10.18699/VJ18.370.
7. Сумина А. В., Полонский В. И. Содержание ценных веществ в зерне ячменя, выращенного в контрастных климатических условиях // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50, № 1. С. 23–31. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-1-3>
8. Трубочеева Н. В., Першина Л. А. Проблемы и возможности изучения пивоваренных признаков ячменя с использованием молекулярно-генетических подходов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 2. С. 171–177. <https://doi.org/10.18699/VJ21.021>.
9. Филиппов Е. Г., Дорошенко Э. С. Голозерный ячмень: состояние изученности и перспективы использования // Зерновое хозяйство России. 2015. № 4. С. 8–12.
10. Шевченко С. Н., Долженко Д. О., Калякулина И. А. Результаты селекции голозерного ячменя в Среднем Поволжье // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 2 (38). С. 15–27. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-15-27

References

1. Berkutova N. S. Metody otsenki i formirovaniye kachestva zerna [Methods for estimation and formation of grain quality]. M.: Rosagropromizdat, 1991. 205 s.

2. Vavilov P.P., Griksenko V.V., Kuznetsov V.S. i dr. Rastenievodstvo [Plant production]. M.: Agropromizdat, 1986. 512 s.
3. Levakova O.V., Eroshenko L.M. Vysokobelkovye sorta i perspektivnye linii yarovogo yachmenya [High-protein spring barley varieties and promising lines] // Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2019. № 6. S. 23–25. DOI: 10.30850/vrsn/2019/6/23-25.
4. Lukina K.A., Kovaleva O.N., Loskutov I.G. Golozernyi yachmen': sistematika, selektsiya i perspektivy ispol'zovaniya [Hulles barley: systematization, breeding and prospects for use] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2022. T. 26, № 6. S. 524–536. DOI: 10.18699/VJGB-22-64.
5. Nevskaya E.V., Tyurina I.A., Tyurina O.E., Shulbaeva M.T., Potapova M.N., Golovacheva Ya.S. Razrabotka khlebopekarnykh kompozitnykh smesei dlya zdorovogo pitaniya [Development of baking mixtures for a healthy diet] // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. 2019. T. 49, № 4. S. 531–544. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544>.
6. Polonskii V.I., Loskutov I.G., Sumina A.V. Selektsiya na sodержание antioksidantov v zerne kak perspektivnoe napravlenie dlya polucheniya produktov zdorovogo pitaniya [Breeding for antioxidants' content in grain as a promising direction for obtaining healthy foods] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2018. T. 22, № 3. S. 343–352. DOI: 10.18699/VJ18.370.
7. Sumina A.V., Polonskii V.I. Soderzhanie tsennykh veshchestv v zerne yachmenya, vyrashchennogo v kontrastnykh klimaticheskikh usloviyakh [The content of valuable substances in grain of barley grown in contrasting climatic conditions] // Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2020. T. 50, № 1. S. 23–31. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-1-3>
8. Trubacheeva N.V., Pershina L.A. Problemy i vozmozhnosti izucheniya pivovarennykh priznakov yachmenya s ispol'zovaniem molekulyarno-geneticheskikh podkhodov [Problems and opportunities for studying brewing traits of barley using molecular-genetic approaches] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2021. T. 25, № 2. S. 171–177. <https://doi.org/10.18699/VJ21.021>.
9. Filippov E.G., Doroshenko E.S. Golozernyi yachmen': sostoyanie izuchennosti i perspektivy ispol'zovaniya [Hulles barley state of knowledge and prospects for use] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2015. № 4. S. 8–12.
10. Shevchenko S.N., Dolzhenko D.O., Kalyakulina I.A. Rezul'taty selektsii golozernogo yachmenya v Srednem Povolzh'e [Results of hulles barley breeding in the Middle Volga region] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2021. № 2 (38). S. 15–27. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-15-27

Поступила: 23.12.22; доработана после рецензирования: 26.01.23; принята к публикации: 26.01.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Шаболкина Е.Н. – концептуализация исследования, сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Шевченко С.Н. – концептуализация исследования; Анисимкина Н.В. – выполнение лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.