

УДК 633.16:631.559(581.1)

О.Л. Цандекова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник,
*Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского
отделения Российской академии наук «Институт экологии человека СО РАН»*
(650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10; email: zandekova@bk.ru);

О.А. Неверова, доктор биологических наук, профессор,
*Кемеровский государственный университет «Институт биологии, экологии
и природных ресурсов»*
(650000, г. Кемерово, пр. Советский, 73; email: nev11@yandex.ru)

ОСОБЕННОСТИ ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ В ОЦЕНКЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА (ОБЗОР)

В обзоре представлены результаты сравнительные оценки физиолого-биохимических показателей у голозерных и пленчатых ячменей. Показаны преимущества голозерных линий ячменя по сравнению с пленчатыми сортами в накоплении белка, аминокислотного состава и жира. Отмечены достоинства скороспелых голозерных образцов ячменя в сравнении со среднеспелыми образцами, по более высоким показателям незаменимых аминокислот – лизина, фенилаланина, метионина и треонина; по количеству жирных кислот – линолевой и линоленовой. Рассмотрены различные подходы к решению задач повышения продуктивности и качества зерна голозерного ячменя с помощью биохимических показателей, имеющие теоретическую и практическую ценность. В статье приводятся работы по изучению физиологических особенностей голозерных ячменей и механизмов, лежащих в основе их устойчивости. Авторами обсуждаются перспективы использования физиолого-биохимических показателей – количества фотосинтетических пигментов, интенсивности фотосинтеза, морфометрических характеристик (площади листьев, сухой массы растений) для селекции в оценке исходного материала и отбора высокопродуктивных форм голозерного ячменя в качестве тестовых показателей для повышения продуктивности и улучшения качества зерна.

Ключевые слова: голозерный ячмень, физиолого-биохимические показатели, ростовые процессы, продуктивность, урожайность, качество зерна.

O.L. Tsandekova, Candidate of Agricultural Sciences, research officer,
*Federal Research Center of coal and coal chemistry of the Siberian Department of the
Russian Academy of Science “Institute of Human Ecology of SO RAS”,*
(650065, Kemerovo, Leningradsky Pr., 10; email: zandekova@bk.ru);

O.A. Neverova, Doctor of Biological Sciences, professor,

THE PECULIARITIES OF HULLED BARLEY IN THE EVALUATION OF ITS PRODUCTIVITY AND QUALITY OF GRAIN (REVIEW)

The review presents the results of the comparative evaluation of physical and biological characteristics of hulled and unhulled varieties of barley. The work shows the advantages of the hulled lines of barley in comparison with unhulled varieties in protein accumulation, amino-acid content and oil. The advantages of the hulled early-maturing barley samples compared to the middle-maturing samples have been established as they produce the largest indexes of such essential amino acids as lysine, phenylalanine, methionine and threonine, as well as the largest number of such fatty acids as linoleic and linolenic. The various approaches to improve productivity and quality of hulled barley with the help of biochemical indexes have been considered that is of great theoretical and practical value. The article considers different studies of physiological peculiarities of hulled barley and mechanisms of its stability. The authors discuss the perspectives of the use of such physical and biochemical indexes as the number of photosynthetic pigments, the intensity of photosynthesis, morphometric characteristics (leaf area, mass of dry plant) in plant-breeding to estimate the initial material and to select highly productive forms of hulled barley as the test indexes for the improvement of productivity and quality of grain.

Keywords: *hulled barley, physical and biochemical indexes, processes of growing, productivity, quality of grain.*

В мировой коллекции среди культурных ячменей имеется большое количество голозерных форм. Они характеризуются повышенным содержанием белка и незаменимых аминокислот, высокой стекловидностью и натурой зерна по сравнению с пленчатыми аналогами. Наряду с отмеченными достоинствами распространение голозерного ячменя ограничено из-за низкой урожайности и низкого качества посевного материала. Для Сибирского региона выведено несколько сортов голозерного ячменя, однако они не соответствуют по физиологическим, технологическим и хозяйственным параметрам суровым природно-климатическим условиям региона и не гарантируют стабильного получения зерна. По мнению многих исследователей, большой вклад могут внести голозерные сорта ячменя при условии адаптации их к конкретной почвенно-климатической зоне и более широком внедрении в производство [1-3]. В связи с этим актуальны исследования, направленные на изучение физиолого-биохимических

показателей для получения высокопродуктивных голозерных форм ячменя, имеющие теоретическую и практическую ценность.

В современном производстве на долю растительного белка приходится около 80%, поэтому при использовании ячменя на крупяные и кормовые цели повышенное содержание белка в зерне является приоритетным. Преимущество голозерного ячменя над пленчатыми сортами по содержанию белка отмечено во многих работах [4-6]. Содержание белковых веществ в зерне голозерного ячменя зависит от генетических особенностей сорта и влияния почвенно-климатических условий [7]. В зерне сортов ячменя кормового направления, выращиваемых в степной зоне, в среднем содержится белка 12–16% [8]. Рядом исследователей отмечено, что в Сибири в засушливые годы наблюдалось повышение белка в зерне ячменя до 14-19%, а во влажные и прохладные годы – понижение, содержание белка находилось в пределах 9-13% [9]. По сведениям М.В. Губанова [10], в условиях северной лесостепи Тюменской области содержание белка у голозерных форм составляло 19-20,1%. Питательная ценность белка зависит от его сбалансированности по аминокислотному составу, который определяется генетическими факторами и постоянен для данного вида и сорта. Установлено, что основным качественным показателем зерна ячменя является его аминокислотный состав, в котором преобладают валин (21,1%), изолейцин (19,3%), фенилаланин (18,3%), пролин (26,4%) и глутаминовая кислота (18,3%) [11]. Голозерные сорта по сравнению с зерном плёчатого ячменя являются более полноценными носителями незаменимых аминокислот – лизина, фенилаланина, метионина и треонина [12]. В отличие от пленчатых сортов, у голозерного ячменя выявлено преимущество в накоплении белка (14-14,4 против 12,6-13,3%), причем у скороспелых образцов более высокие показатели, чем у среднеспелых [13].

Кроме белка в состав семян голозерного ячменя входят жиры, которые также характеризуют питательную ценность зерна. Они оказывают значительное влияние на эффективность продуктивного использования протеина в корме животных [14]. Накопление жира в зерне зависит от генетических особенностей сорта и климатических условий. Амплитуда изменчивости содержания жира в зерне ячменя составляет 2-4%, причем сорта голозерного ячменя содержат жира больше, чем пленчатые. Выявлено, что скороспелые голозерные ячмени характеризуются повышенным содержанием линолевой кислоты, а среднеспелые – линоленовой кислоты [13].

Немаловажное значение имеет и состав углеводного комплекса, особенно глюканов. В отличие от пленчатого ячменя голозерные образцы существенно богаче β-глюканом. В сухом веществе зерновки пленчатого ячменя содержится от 4 до 8% β-глюкана, а в зерновке голозерного ячменя – около 16% [15, 16]. Избыточное содержание

этого углевода отрицательно влияет на пивоваренные свойства ячменя, однако зерно голозерного ячменя с высоким содержанием глюканов можно использовать в производстве муки, круп и хлопьев.

Исследования, направленные на выяснение физиологических особенностей растений и механизмов, лежащих в основе их устойчивости, адаптационной способности и экологической пластичности, имеют актуальное значение. Содержание и количество фотосинтетических пигментов, их динамика в течение вегетации служат важнейшей характеристикой продукционного процесса ячменей. Сорта ячменя, которые накапливают в листьях много пигментов, обладают большими потенциальными возможностями биологической продуктивности и способны сформировать более высокий урожай. Установлены количественные изменения содержания хлорофиллов в листьях ярового ячменя по фазам развития. По данным Н.Н. Анисимовой и Е.В. Ионовой [17], наиболее высокая величина накопления хлорофиллов в листьях ячменя отмечена в период цветения и молочной спелости зерна. Голозерные ячмени уступают пленчатым сортам по интенсивности фотосинтеза и содержанию пигментов [13].

По сведениям некоторых исследователей, продуктивность растений во многом зависит от эффективной деятельности фотосинтетического аппарата, которая в основном определяется площадью листовой поверхности [18]. Выявлено, чем больше фотосинтезирующая поверхность у растений, тем, как правило, выше урожайность сельскохозяйственных культур [19, 20]. Другие авторы отмечают, что увеличение ассимиляционной поверхности часто приводит к снижению интенсивности и продуктивности фотосинтеза [21]. Отмечено, что среднеспелые голозерные ячмени более высокорослы, характеризуются хорошим продуктивным стеблестоем, крупнозерностью и продуктивностью, являются наиболее продуктивными, в сравнении со скороспелыми формами [22]. Пониженная фотосинтетическая способность и интенсивность ростовых процессов у голозерных ячменей способствуют формированию более низкой продуктивности (на 4,5-6% ниже продуктивная кустистость, на 21-31% – масса 1000 зерен) и урожайности зерна (1,68-2,24 т/га, что ниже на 15-36%), в сравнении с пленчатыми сортами. Наиболее сильная корреляционная связь у голозерных ячменей выявлена между урожайностью зерна и площадью листьев ($r=0,85$, $p<0,05$), накоплением сухой массы ($r=0,84$, $p<0,05$), интенсивностью фотосинтеза ($r=0,82$, $p<0,05$) [23]. Основной недостаток голозерного ячменя – низкая по сравнению с пленчатыми ячменями устойчивость к неблагоприятным факторам среды, что и обуславливает их невысокую урожайность, но низкое содержание клетчатки, в связи с отсутствием пленок, обеспечивает более высокую питательную ценность зерна. При решении задачи

получения высокоурожайных образцов голозерного ячменя следует иметь в виду, что величина урожая зависит также от длительности периода формирования колоса и налива зерна, величины листовой поверхности и продолжительности ее функционирования [24].

Таким образом, голозерный ячмень является перспективным источником белка растительного происхождения, ценность которого обусловлена повышенным содержанием белка и незаменимых аминокислот. В оценке исходного материала и отбора высокопродуктивных форм голозерного ячменя в качестве тестовых показателей для повышения продуктивности и улучшения качества зерна рекомендуется использовать такие показатели, как количество пигментов, интенсивность фотосинтеза, площадь листьев, сухая масса растений.

Литература

1. Грязнов, А.А. Голозерный ячмень – ценная фуражная культура / А.А. Грязнов, А.В. Лойкова // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2011. – № 6. – С. 62-65.
2. Сурин, Н.А. Создание высокопродуктивных сортов ячменя Восточно-Сибирской селекции в условиях глобального изменения климата / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова, С.А. Герасимов, А.Г. Липшин // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 6. – С. 3-6.
3. Dickin, E. Agronomic diversity of naked barley (*Hordeum vulgare* L.): a potential resource for breeding new food barley for Europe / E. Dickin, K. Steele, G. Edwards-Jones, D. Wright // Euphytica. – 2012. – V. 184, Iss. 1. – PP. 85-89.
4. Bekes, F. The protein chemistry of cereal grains / F. Bekes, C. Wrigley // Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). – 2016. V. 2. – PP. 98-108.
5. Грязнов, А.А. К вопросу о повышении качества семян голозерного ячменя / А.А. Грязнов, А.В. Лойкова, В.А. Бидянов // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. – 2013. – № 65. – С. 118.
6. Oscarsson, M. Chemical composition of barley samples focusing on dietary fibre components / M. Oscarsson, R. Andersson, A.C. Salomonsson, P. Aman // Journal of Cereal Science. – 1996. – V. 24. – PP. 161-170.
7. Pejcz, E. Effect of technological process on the nutritional quality of naked barley enriched rye bread / E. Pejcz, Z. Gil, A. Wojciechowicz-Budzisz, M. Póltorak, A. Romanowska // Journal of Cereal Science. – 2015. – V. 65. – PP. 215-219.
8. Крючков, А.Г. Ячмень в степной зоне южного Урала / А.Г. Крючков, И.Н. Бесалиева, О.В. Литвинов // Зерновое хозяйство. – 2004. – № 2. – С. 19.

9. Логинов, Ю.П. Сортовые ресурсы ячменя в Западной Сибири / Ю.П. Логинов, А.А. Казак, Л.И. Якубышина // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 7(99). – С. 8-10.
10. Губанов, М.В. Продуктивность и качество зерна сортообразцов голозерного ячменя в северной лесостепи Тюменской области / М.В. Губанов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1. – С. 146-148.
11. Lin, Ch. Determination of grain protein content by near-infrared spectrometry and multivariate calibration in barley / Ch. Lin, X. Chen, L. Jian, Ch. Shi, X. Jin, G. Zhang // Food Chemistry. – 2014. – V. 162. – PP. 10-15.
12. Аниськов, Н.И. Агробιοлогическая ценность сортов ярового ячменя Омский голозерный 1 и Омский голозерный 2 / Н.И. Аниськов, П.В. Поползухин, П.Н. Николаев, И.В. Сафонова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 6. – С. 24-31.
13. Цандекова, О.Л. Сравнительная характеристика некоторых показателей питательной ценности зерна скороспелых ячменей / О.Л. Цандекова, О.А. Неверова, А.В. Заушинцева // Зерновое хозяйство. – 2002. – № 7. – С. 18-19.
14. Грязнов, А.А. Голозерный ячмень в кормлении свиней / А.А. Грязнов, О.В. Кущева // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 2. – С. 289-291.
15. Wirkijowska, A. Distribution of (1-3) (1-4)- β -d-glucans in kernels of selected cultivars of naked and hulled barley / A. Wirkijowska, Z. Rzedzicki, M. Kasprzak, W. Błaszczak // Journal of Cereal Science. – 2012. – V. 56, Iss. 2. – PP. 496-503.
16. Gajdosova, A. The content of water-soluble and water-insoluble β -d-glucans in selected oats and barley varieties / A. Gajdosova, Z. Petrulakova, M. Havrlentova, V. Cervena, B. Hozova, E. Sturdík, G. Kogan // Carbohydrate Polymers. – 2007. – V. 70, Iss. 1. – PP. 46-52.
17. Анисимова, Н.Н. Морфологические критерии оценки продуктивности и засухоустойчивости ярового ячменя / Н.Н. Анисимова, Е.В. Ионова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 4(12). – С. 39-42.
18. Бесалиев, И.Н. Параметры высокопродуктивных агроценозов, увлажнения и температурного режима воздуха для формирования урожайности ярового ячменя разного уровня в степной зоне южного Урала / И.Н. Бесалиев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2008. – 4(85). – С. 114-118.

19. Заушинцена, А.В. Формирование продуктивности у голозерных сортов ячменя в Сибири / А.В. Заушинцена, Е.В. Чернова // Агро XXI. – 2008. – № 10-12. – С. 15-17.
20. Юшкевич, Л.В. Резервы повышения урожайности ячменя в южной лесостепи Западной Сибири / Л.В. Юшкевич, А.Г. Щитов, Н.И. Егорова, Е.В. Штро // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 9. – С. 15-19.
21. Аниськов, Н.И. Урожайность и качество голозерных сортов ячменя в Западной Сибири / Н.И. Аниськов // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2010. – № 2(5). – С. 6-9.
22. Баташева, Б.А. Скороспелость ячменя в связи с другими селекционно-ценными признаками / Б.А. Баташева, Е.Е. Радченко, Р.А. Абдуллаев, О.Н. Ковалева, И.А. Звейнек // Проблемы развития АПК региона. – 2014. – Т. 20, № 4(20). – С. 10-14.
23. Цандекова, О.Л. Биохимические показатели качества зерна у голозерных и пленчатых ячменей / О.Л. Цандекова // Зерновое хозяйство. – 2007. – № 2. – С. 1.
24. Полонский, В.И. Повышенная продуктивность колоса новых линий ячменя определяется экстенсивными показателями / В.И. Полонский, С.А. Герасимов // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 4. – С. 58-65.

Literature

1. Gryaznov, A.A. Hulled barley is a valuable forage crop / A.A. Gryaznov, A.V. Loykova // The feeding of agricultural animals and forage production. – 2011. – № 6. – PP. 62-65.
2. Surin, N.A. Creation of highly productive barley varieties of the East Siberian selection in conditions of global climate change / N.A. Surin, N.E. Lyakhova, S.A. Gerasimov, A.G. Lipshin // Achievements of science and technique in AIC. – 2014. – № 6. – PP. 3-6.
3. Dickin, E. Agronomic diversity of naked barley (*Hordeum vulgare* L.): a potential resource for breeding new food barley for Europe / E. Dickin, K. Steele, G. Edwards-Jones, D. Wright // Euphytica. – 2012. – V. 184, Iss. 1. – PP. 85-89.
4. Bekes, F. The protein chemistry of cereal grains / F. Bekes, C. Wrigley // Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). – 2016. – V. 2. – PP. 98-108.
5. Gryaznov A.A. Method to improve quality of seed quality of hulled barley / A.A. Gryaznov, A.V. Loykova, V.A. Bidyanov // Vestnik of the Chelyabinsk state agroengineering university. – 2013. – № 65. – PP. 118.

6. Oscarsson, M. Chemical composition of barley samples focusing on dietary fibre components / M. Oscarsson, R. Andersson, A.C. Salomonsson, P. Aman // *Journal of Cereal Science*. – 1996. – V. 24. – PP. 161-170.
7. Pejcz, E. Effect of technological process on the nutritional quality of naked barley enriched rye bread / E. Pejcz, Z. Gil, A. Wojciechowicz-Budzisz, M. Półtorak, A. Romanowska // *Journal of Cereal Science*. – 2015. – V. 65. – PP. 215-219.
8. Kryuchkov, A.G. Barley in the steppe zone of the south Urals / A.G. Kryuchkov, I.N. Besalieva, O.V. Litvinov // *Grain Economy*. – 2004. – № 2. – PP. 19.
9. Loginov, Yu.P. Varietal resources of barley in the West Siberia / Yu.P. Loginov, A.A. Kazak, L.I. Yakubyshina // *Agricultural Vestnik of Urals*. – 2012. – № 7(99). – PP. 8-10.
10. Gubanov, M.V. Grain productivity and quality of hulled barley in the northern forest-steppe area of the Tyumen region / M.V. Gubanov // *Vestnik of the Krasnoyarsk state agricultural university*. – 2015. – № 1. – PP. 146-148.
11. Lin, Ch. Determination of grain protein content by near-infrared spectrometry and multivariate calibration in barley / Ch. Lin, X. Chen, L. Jian, Ch. Shi, X. Jin, G. Zhang // *Food Chemistry*. – 2014. – V. 162. – PP. 10-15.
12. Aniskov, N.I. Agrobiological value of spring barley varieties ‘Omsky golozerny 1’ and ‘Omsky golozerny 2’ / N.I. Aniskov, P.V. Popolzukhin, P.N. Nikolaev, I.V. Safonova // *Siberian Vestnik of agricultural science*. – 2015. – № 6. – PP. 24-31.
13. Tsandekova, O.L. Comparative characteristics of some indexes of the nutritional value of grains of early ripening barley / O.L. Tsandekova, O.A. Neverova, A.V. Zaushintsena // *Grain Economy*. – 2002. – № 7. – PP. 18-19.
14. Gryaznov, A.A. Hulled barley as food for swine / A.A. Gryaznov, O.V. Kushcheva // *The questions of legal regulation in veterinary*. – 2015. – № 2. – PP. 289-291.
15. Wirkijowska, A. Distribution of (1-3) (1-4)- β -d-glucans in kernels of selected cultivars of naked and hulled barley / A. Wirkijowska, Z. Rzedzicki, M. Kasprzak, W. Błaszczak // *Journal of Cereal Science*. – 2012. – V. 56, Iss. 2. – PP. 496-503.
16. Gajdosova, A. The content of water-soluble and water-insoluble β -d-glucans in selected oats and barley varieties / A. Gajdosova, Z. Petrulakova, M. Havrlentova, V. Cervena, B. Hozova, E. Sturdik, G. Kogan // *Carbohydrate Polymers*. – 2007. – V. 70, Iss. 1. – PP. 46-52.
17. Anisimova, N.N. Morphological criteria for assessing the productivity and drought resistance of spring barley / N.N. Anisimova, E.V. Ionova // *Legumes and groats*. – 2014. – № 4(12). – PP. 39-42.
18. Besaliev I.N. Parameters of highly productive agroecosystems, humidification and temperature regime of air for the formation of spring barley yields at different levels in the

steppe zone of the southern Urals / I.N. Besaliev // Vestnik of Orenburg state university. – 2008. – 4(85). – PP. 114-118.

19. Zaushintsena, A.V. Formation of hulled barley productivity in Siberia / A.V. Zaushintsena, E.V. Chernova // Agro XXI. – 2008. – № 10-12. – PP. 15-17.

20. Yushkevich, L.V. Reserves for increasing the yield of barley in the southern forest-steppe of Western Siberia / L.V. Yushkevich, A.G. Shchitov, N.I. Egorova, E.V. Shtro // Vestnik of the Altay state agricultural university. – 2012. – № 9. – PP. 15-19.

21. Aniskov, N.I. Productivity and quality of hulled barley varieties in the Western Siberia / N.I. Aniskov // Agricultural Vestnik of South-East. – 2010. – № 2(5). – PP. 6-9.

22. Batasheva, B.A. Early maturity of barley connected with other selection-valuable traits / B.A. Batasheva, E.E. Radchenko, R.A. Abdullaev, O.N. Kovaleva, I.A. Zveynek // The problems of AIC development in the region. – 2014. – V. 20. – № 4(20). – PP. 10-14.

23. Tsandekova, O.L. Biochemical traits of grain quality of hulled and unhulled barley / O.L. Tsandekova // Grain Economy. – 2007. – № 2. – P. 1.

24. Polonsky, V.I. The increased productivity of new lines of barley is estimated by extensive indexes / V.I. Polonsky, S.A. Gerasimov // Vestnik of KrasSAU. – 2009. – № 4. – PP. 58-65.