

Источники ценных признаков для селекции голозерного ячменя

DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-49-55



УДК 633.16:631.527

Поступление/Received: 13.01.2020

Принято/Accepted: 21.09.2020

Н. В. ТЕТЯНИКОВ^{1*}, Н. А. БОМЕ²

¹Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, 115598 Россия, г. Москва, ул. Загорьевская, 4
*✉ tetyannikovnv@ya.ru

²Тюменский государственный университет, 625003 Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 6
✉ bomena@mail.ru

Sources of characters useful for breeding in hulless barley

N. V. TETYANNIKOV^{1*}, N. A. BOME²

¹All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, 4 Zagoryevskaya St., Moscow 115598, Russia
*✉ tetyannikovnv@ya.ru

²University of Tyumen, 6 Volodarskogo St., Tyumen 625003, Russia
✉ bomena@mail.ru

Актуальность. Внутри вида культурного ячменя (*Hordeum vulgare* L.) особое внимание исследователей направлено на изучение голозерных форм. Их зерно характеризуется большей питательной ценностью в сравнении с пленчатыми. Однако ограничивающими факторами возделывания голозерных сортов в нашей стране считаются невысокая урожайность, низкая устойчивость к полеганию и грибным заболеваниям. Выделение перспективного исходного материала является важным условием в селекции ячменя при создании новых высокопродуктивных и адаптивных сортов в Тюменской области. **Материалы и методы.** Объектом исследования послужили 20 коллекционных образцов голозерного ячменя, относящихся к 15 разновидностям. Изучение проведено в 2015–2017 гг. в соответствии с методическими указаниями ВИР и методикой полевого опыта в изложении Б. А. Доспехова. Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена методами корреляционного анализа. **Результаты и заключение.** Между высотой и устойчивостью растений к полеганию установлена обратная корреляция средней силы ($r = -0,37$), между высотой и урожайностью наблюдается прямая связь ($r = 0,37$). Наиболее тесная сопряженность урожайности отмечена с массой зерна с одного растения ($r = 0,61$) и с массой 1000 зерен ($r = 0,54$). Относительно высокой урожайностью в сочетании с другими признаками характеризовались С.И.10975 (к-30624, Эфиопия), 'De printemps' (к-23491, Франция), Liguleless (к-29894, Таджикистан), Schwarze Nackte Kraftborn (к-25788, Германия). Использование выделенного исходного материала в селекционных программах может способствовать созданию новых продуктивных сортов, адаптированных к агроклиматическим условиям Тюменской области.

Ключевые слова: двурядный ячмень, многорядный, селекция, всхожесть семян, исходный материал, устойчивость к полеганию, урожайность.

Background. In the present-day situation, the problems pertaining to the nutritional quality of food and feed are quite pertinent for fodder production and cereal farming. The prospect to exploit hulless barley is regarded as a promising trend of agricultural research, because its grain contains chemical compounds of higher value than those in hulled barley. However, among the limiting factors of hulless barley cultivation, low yield should be mentioned, along with poor lodging resistance and susceptibility to fungal diseases. Therefore, the task of searching for and comprehensive studying of source material for hulless barley breeding is essential as the first step towards the development of high-yielding and adaptable cultivars. **Materials and methods.** Twenty hulless barley accessions, representing 15 botanical varieties, served as the target material for the study. Their genotypes were evaluated in the northern forest steppe environments of Tyumen Province (2015–2017) according to the guidelines developed by the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) and field trial methods by B. A. Dospikhov. Correlation analysis was used for statistical processing of experimental data. **Results and conclusion.** The degree of interactions between the studied characters was measured, and their effect size in the formation of the yield was shown for hulless barley accessions. An inverse correlation of medium strength ($r = -0.37$) was observed between plant height and lodging resistance, and a direct relationship between plant height and yield was recorded ($r = 0.37$). The yield was most closely associated with grain weight per plant ($r = 0.61$) and 1000 grain weight ($r = 0.54$). The research results showed that C.I.10975 (k-30624, Ethiopia), Liguleless (k-29894, Tajikistan), Schwarze Nackte Kraftborn (k-25788, Germany) and 'De printemps' (k-23491, France) had relatively high yield combined with a number of other useful traits.

Key words: two-rowed barley, six-rowed barley, breeding, seed germination, source material, resistance to lodging, yield.

Введение

В структуре производства зерновых культур Тюменской области ячмень занимает одно из главных мест, являясь важнейшей фуражной культурой. Для кормопроизводства и крупяной промышленности су-

ществует необходимость использования качественного и высокопитательного зерна, что является важным требованием, предъявляемым к используемым сортам (Gryaznov et al., 2016). Для дальнейшего прогресса в данном направлении, учитывая современные рыночные условия, необходимо привлекать в селекцию но-

вые источники ценных признаков. В этом отношении несомненный интерес представляют сорта голозерного ячменя.

Согласно литературным сведениям, образование голый зерновки у ячменя контролируется геном *nud*, расположенным на длинном плече 7НL-хромосомы. При этом пленчатость зерновки является доминантным признаком (*Nud*), голозерность – рецессивным (*nud*). Предполагается, что аллель *nud* в рецессивном состоянии не обеспечивает биосинтез липидов на эпидермисе зерновки, участвующих в склеивании цветковых чешуй, вследствие чего образуется голая зерновка (Taketa et al., 2008; Yu et al., 2016).

Установлено, что зерно голозерного ячменя характеризуется высокой питательной ценностью за счет повышенного накопления белка, более высокого содержания β-глюкоанов, токоферолов, антиоксидантов в сравнении с пленчатыми сортами (Madakemogekar et al. 2018; Liu et al., 2018; Kaur et al., 2019). Однако, несмотря на преимущества химического состава, голозерный ячмень имеет ряд недостатков, вследствие которых он до сих пор не находит широкого распространения в нашей стране. К их числу относят невысокую урожайность, низкую устойчивость к полеганию и грибным заболеваниям (Filiprov, Doroshenko, 2015; Gubanova et al., 2018). В связи с этим вопросы поиска и изучения исходного материала, адаптированного к определенным почвенно-климатическим условиям среды, являются первоочередными и не теряют своей актуальности.

Цель настоящего исследования – на основании комплексной оценки выделить ценного исходного материала голозерного ячменя, адаптированного к условиям Северного Зуралья.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено в период 2015–2017 гг. на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» Тюменского государственного университета, расположенной в Нижнетавдинском районе Тюменской области. Почва участка окультуренная дерново-подзолистая, супесчаная, кислотность (рН) – 6,6, содержание гумуса – 3,67%. Закладка опытов, проведение биометрических учетов и фенологических наблюдений за растениями выполнены в соответствии с «Методическими указаниями по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса» (Loskutov et al., 2012), методикой полевого опыта Б. А. Доспехова (Dospikhov, 2014). Описание морфологических признаков выполнено согласно «Международному классификатору СЭВ рода *Hordeum* L.» (Lekeš et al., 1983). Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методами корреляционного анализа, с использованием программного обеспечения Statistica 7. Для средних величин были рассчитаны ошибка среднего (*Sx*) и коэффициент вариации (*CV*). Достоверность различий определена по критерию *t* Стьюдента.

Объектом исследования послужили 20 образцов голозерного ячменя из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР, Санкт-Петербург), относящиеся к двум подвидам и 15 разновидностям: *Hordeum vulgare* L. subsp. *distichon* L. convar. *nudum* (L.) A. Trof. – ячмень двурядный: var. *colonicum*, *dupliatrum*, *griseinudininerme*, *neogenes*, *nigrinudum*, *nudum*; *Hordeum vulgare* L. subsp. *vulgare*. convar. *coeleste* (L.) A. Trof. – ячмень многорядный: var. *acachicum*, *coeleste*, *cornutiforme*, *duplinigrum*, *himalayense*, *revelatum*, *tibetanum*, *trifurcatum*, *violaceum* (табл. 1).

Таблица 1. Образцы голозерного ячменя, включенные в исследование

Table 1. Hulless barley accessions included in the study

№ по каталогу ВИР	Образец	Разновидность	Происхождение
subsp. <i>vulgare</i> – многорядный			
30624	C.I.10975	<i>coeleste</i> L.	Перу
30664	C.I.11074	<i>trifurcatum</i> (Schlecht.) Wender.	Перу
30663	C.I.11073	<i>himalaeynse</i> (Ritt.) Körn.	Перу
25666	C.I.2253	<i>revelatum</i> Körn.	США
24648	Himalaya	<i>coeleste</i> , <i>himalayense</i>	США
24656	Nepal b14-7	<i>trifurcatum</i>	США
25788	Schwarze Nackte Kraftborn	<i>violaceum</i> Körn.	Германия
22306	H 3949 Sulo Coll.	<i>cornutiforme</i> Aoberg	Германия
25804	Abyssinian 1139	<i>duplinigrum</i> Körn.	Германия
23444	H 3786 Jimma7	<i>acachicum</i> Giess. et al.	Эфиопия
24817	H 3869 Gidole 2	<i>tibetanum</i> Vav. et Orl.	Ботсвана
29894	Liguleless	<i>himalaeynse</i>	Таджикистан

Таблица 1. Окончание
Table 1. The end

№ по каталогу ВИР	Образец	Разновидность	Происхождение
subsp. <i>distichon</i> L. – двурядный			
23450	H 2866 Coll.Halle EP 80	<i>griseinudiinerme</i> Giess. et al.	Эфиопия
25529	Nackte aus Erytrea	<i>colonicum</i> Orł.	Эфиопия
26595	Местный	<i>neogenes</i> Körn.	Эфиопия
22308	H 2198 Ubamer Vaco	<i>griseinudiinerme</i>	Эфиопия
25008	Местный	<i>dupliatrum</i> Körn.	Эфиопия
23491	De printemps	<i>nudum</i> L.	Франция
25855	Ra 6	<i>nigrinudum</i> Vav.	Франция
21985	Athiopien-AB. 1105	<i>nigrinudum</i>	Германия

Согласно Государственному реестру селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, сорт 'Омский голозерный 1' (var. *nudum*) на момент проведения исследования был исключен из списка сортов, рекомендованных к возделыванию, в связи с чем в качестве стандартов взяты допущенные к использованию в Тюменской области сорта пленчатого ячменя – 'Ача' (St1), 'Абалак', *nutans* (St2).

Посев проведен на делянках с учетной площадью 1 м², междурядье – 15 см, глубина заделки семян – 5–6 см, норма высева – 500 всхожих семян.

Результаты и обсуждение

В годы исследования влияние климатических факторов окружающей среды было разнообразно, что позволило оценить генотипы в контрастных по теплоту и влагообеспеченности условиях (табл. 2).

Таблица 2. Метеорологические условия вегетационных периодов 2015–2017 гг. (Тюмень)
Table 2. Weather conditions during the growing seasons of 2015–2017 (Tyumen)

Месяц	Среднесуточная температура воздуха, °С				Сумма осадков, мм			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средняя многолетняя	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средняя многолетняя
Май	13,4	12,2	10,2	11,3	49,3	5,8	65,2	45,0
Июнь	20,0	17,2	16,9	17,1	85,8	57,7	107,0	55,0
Июль	16,4	19,8	17,7	18,8	81,1	72,5	64,4	89,0
Август	13,1	21,2	17,0	15,8	65,6	13,8	45,0	60,0

По гидротермическому коэффициенту (ГТК) вегетационные периоды 2015 и 2017 годов были влажные (ГТК = 1,5; 1,6), условия 2016 года можно характеризовать как засушливые (ГТК = 0,7).

В условиях резко континентального климата Тюменской области особое внимание уделяется получению полноценных, дружных всходов. В одной из наших предыдущих работ в качестве критерия адаптивной способности ячменя рассматривались показатели по-

левой всхожести семян и выживаемости растений в течение вегетационного периода (Bome et al., 2015).

По результатам трех лет изучения полевая всхожесть семян двурядного голозерного ячменя в среднем составила 49,2%, многорядного – 52,9%, при всхожести у стандартных сортов 67,6% ('Ача') и 63,5% ('Абалак') (табл. 3). Среди двурядных образцов максимальное значение всхожести семян отмечено у H 2866 Coll.Halle EP 80 (к-23450, Эфиопия, var. *griseinudininerme*) – 58,7% (CV = 61,37%). У многорядных всхожесть изменялась от 30,5% (Nepal b14-7, к-24656, США, var. *trifurcatum*) до 72,1% (Schwarze Nackte Kraftborn, к-25788, Германия, var. *violaceum*). Хорошие адаптивные свойства продемонстрировал Schwarze Nackte Kraftborn, который, несмотря на засушливые условия вегетационного периода 2016 года, характеризовался максимальным значением всхожести семян среди изучаемых образцов – 78,8%. Большей стабильностью признака в меняющихся условиях окружающей среды харак-

теризовались образцы Liguleless (к-29894, var. *himalyense*) со всхожестью 66,2% (CV = 10,90%); Schwarze Nackte Kraftborn, к-25788 – 72,1% (CV = 11,91%); 'Himalaya', к-24648 – 60,7% (CV = 14,51%); Abyssinian 1139, к-25804 – 64,5% (CV = 18,39%), о чем свидетельствуют невысокие значения коэффициента вариации.

Выживаемость растений за весь период исследования отмечалась в пределах от 62,4% (H 3949 Sulo Coll., к-22306, Германия, var. *cornutiforme*) до 97,4% (Abyssini-

ан 1139, к-25804, Германия, var. *duplinigrum*). У сорта 'Ача' процент сохранившихся к уборке растений составил 92,8%, у сорта 'Абалак' – 93,1%. Достоверные различия со стандартами зарегистрированы у трех образцов из США (С.1.2253, к-25666, var. *revelatum* – 54,2%; Nepal b14-7, к-24656, var. *trifurcatum* – 56,4%; 'Himalaya', к-24648, var. *coeleste* – 64,2%). Обобщение и сопоставление данных по полевой всхожести семян и выживаемости растений в течение вегетационного периода позволяет заключить, что у большинства изученных образцов ячменя ответная реакция на факторы окружающей среды была более выражена в раннем онтогенезе.

Одним из основных требований, предъявляемых к сортам зерновых культур, является высокая устойчивость растений к полеганию (Repko et al., 2017). Ценным признаком в селекции ячменя является высота растений. Установлены и описаны аллели генов короткостебельности (*Brh1*, *uzu1.a*, *sdw1.c*, *ert-k.32*), использование которых является одним из потенциальных подходов в получении генотипов устойчивых к полеганию (Kristensen et al., 2016; Braumann et al., 2018).

В соответствии с Международным классификатором (Lekeš et al., 1983), изученные коллекционные образцы по высоте растений были распределены на следующие группы:

- 1 – карликовые (< 41 см);
- 2 – очень низкие (41–60 см);
- 3 – низкорослые (61–70 см);
- 4 – средненизкие (71–80 см);
- 5 – среднерослые (81–95 см);
- 6 – средневысокие (96–110 см);
- 7 – высокорослые (111–125 см);
- 8 – очень высокие (126–140 см);
- 9 – крайне высокие (> 140 см).

За годы исследования (2015–2017) по морфотипу преобладали средненизкие растения. Среди двурядных форм наблюдалась широкая вариабельность высоты растений: к среднерослым отнесено 4 образца (Nackte aus Erytraea, к-25529, var. *colonicum*; Местный, к-26595, var. *neogenes* из Эфиопии; 'De printemps', к-23491, var. *nudum*; Ra 6, к-25855, var. *nigrinudum* из Франции), к низкорослым – 3 (Н 2198 Ubamer Vaco, к-22308 и Н 2866 Coll. Halle EP 80, к-23450, var. *griseinudininerme* из Эфиопии; Athiopien-AB. 1105, к-21985, var. *nigrinudum*, Германия), к средненизким – только Местный из Эфиопии (к-25008, var. *dupliatrum*). Относительно стабильным проявлением данного признака в различных по климатическим условиям вегетационных периодах характеризовались Н.2198 Ubamer Vaco (CV = 0,97%) и Н 2866 Coll. Halle EP 80 (CV = 8,16%) с высотой растений 64,1 ± 0,4 и 62,7 ± 3,0 см соответственно.

Высота растений большинства многорядных образцов (к-30663; к-30624; к-30664; к-29894; к-24648; к-24656; к-22306; к-25788; к-25804; к-23444; к-24817) была на уровне стандартов ('Ача' – 72,6 ± 6,3, 'Абалак' – 77,9 ± 6,0 см), что характеризовало их как средненизкие. Достоверное различие отмечено только у С.1.2253 (к-25666, var. *revelatum*) с высотой 58,4 ± 6,8 см.

Признаки полегания (3–5 баллов) были отмечены во второй год исследования в фазу колошения и формирования зерна. Стабильно высокую устойчивость (9 баллов) продемонстрировали низкорослые генотипы из Эфиопии (к-22308, Н 2198 Ubamer Vaco; к-23450, Н 2866 Coll. Halle EP 80 var. *griseinudininerme*), Местный (к-25008, var. *dupliatrum*) – 70,8 ± 13,78 см, Ra 6 (к-25855, var. *nigrinudum* из Франции) – 87,0 ± 7,68 см. Среди мно-

горядных форм выделились С.1.11073 (к-30663, var. *himalayense*) и С.1.10975 (к-30624, var. *coeleste*) из Перу. Согласно балловому ранжированию, устойчивость к полеганию у сорта 'Ача' составила 8,8 балла, у сорта 'Абалак' – 8,4.

Корреляционный анализ полученных данных показал, что сопряженность высоты растений с устойчивостью к полеганию (2015–2017 гг.) была обратная ($r = -0,37$), при этом она более выражена у двурядных образцов ($r = -0,50$) в сравнении с многорядными ($r = -0,27$). Связь высоты растений с урожайностью была прямой, средней силы ($r = 0,37$).

В период исследования на растениях ячменя наблюдалось поражение темно-бурой листовой пятнистостью, возбудитель – *Bipolaris sorociniana* (Saac) Shoem, syn. *Helminthosporium sativum* Pammel., Kinget Bakke. В условиях 2016 года отмечалось сильное поражение растений данным заболеванием, что обусловлено благоприятными условиями для развития гриба. Слабой устойчивостью обладали 85,0% образцов, в том числе сорта-стандарты. Средней устойчивостью во все годы исследования характеризовались образцы 'Himalaya' (к-24648, США, var. *coeleste*); Н 2198 Ubamer Vaco (к-22308, Эфиопия, var. *griseinudininerme*); Н 2866 Coll. Halle EP 80 (к-23450, Эфиопия, var. *griseinudininerme*).

Генотипов со стабильно высокой устойчивостью к гельминтоспориозу не выявлено.

Структура урожая состоит из ряда элементов, которые в той или иной степени определяют общую продуктивность растений. Одним из них является масса зерна с одного растения (Markova Ruzdik et al., 2015). У сортов-стандартов среднее значение массы зерна с растения составило 1,0 ± 0,3 г при колебаниях по годам от 0,5 до 1,6 г ('Ача') и от 0,5 до 1,5 г ('Абалак'). Минимальное значение отмечено у двурядного образца к-25008 из Эфиопии – 0,3 ± 0,0 г. По данному признаку выделились образцы 'De printemps' (к-23491) – 1,8 ± 0,9 г; С.1.10975 (к-30624) – 1,5 ± 0,5 г; С.1.11074 (к-30664) – 1,5 ± 0,6 г; С.1.2253, (к-25666) – 1,2 ± 0,9 г, у которых масса зерна с растения превысила стандарты на 17,9–80,2%. О вкладе данного признака в урожайность свидетельствует высокое значение парного коэффициента корреляции ($r = 0,61$). Следует отметить, что у голозерных образцов двурядного ячменя взаимосвязь была выше ($r = 0,91$), чем у многорядного ($r = 0,44$).

Одним из значимых показателей технологических свойств зерна является масса 1000 зерен, тесно связанная с крупностью семян и косвенно отражающая их всхожесть и жизнеспособность (Sumina, 2017; Dekić et al., 2017). В условиях исследуемых вегетационных периодов масса 1000 зерен у двурядных образцов изменялась от 31,2 ± 2,1 г (к-22308, Н 2198 Ubamer Vaco) до 39,5 ± 4,2 г (к-21985, Athiopien-AB. 1105) (CV = 5,88–18,40%), у многорядных – от 21,8 ± 1,1 г (к-22306, Н 3949 Sulo Coll.) до 39,8 ± 0,6 г (к-30624, С.1.10975) (CV = 2,77–22,96%), при средней массе стандартов 40,6 ± 0,7 ('Ача') и 42,1 ± 0,8 г ('Абалак').

В вегетационные периоды 2016 и 2017 г. у образцов Athiopien-AB. 1105 (к-21985, var. *nigrinudum*, Германия), Местный (к-26595, var. *neogenes*, Эфиопия), 'De printemps' (к-23491, var. *nigrinudum*, Франция), Ra 6 (к-25855, var. *nudum*, Франция), Liguleless (к-29894, var. *himalayense*, Таджикистан) масса семян достигала 41,0–46,7 г, что было выше или на уровне стандартов.

Корреляция (r) массы 1000 зерен с урожайностью составила 0,54. Наибольшее значение было отмечено

в первый год исследования ($r = 0,77$), в более засушливых климатических условиях вегетационного периода 2016 года данная связь ослабевала ($r = 0,25$). При этом большая сопряженность отмечена у многорядных образцов ($r = 0,88$).

Существенным фактором, ограничивающим селекцию голозерного ячменя в нашей стране, считается невысокая урожайность в сравнении с пленчатыми сортами (Tsandekova, Neverova, 2017). Поиск и использование высокопродуктивного исходного материала явля-

ется важной и актуальной задачей при создании новых сортов для конкретных почвенно-климатических условий (Belkina et al., 2017).

По усредненным данным (2015–2017 гг.), урожайность сорта 'Ача' составила 268,8 г/м², сорта 'Абалак' – 257,6 г/м². Масса зерна с единицы площади большинства голозерных форм находилась в пределе от 54,6 (к-22306, Н 3949 Sulo Coll., Германия) до 187,2 г/м² (к-25804, Abyssinian 1139, Германия); только у четырех образцов она составила более 200 г/м² (см. табл. 3).

Таблица 3. Результаты комплексной оценки коллекционных образцов голозерного ячменя (среднее 2015–2017 гг.; Тюмень)

Table 3. Results of an integrated assessment of hulless barley accessions (mean for 2015–2017; Tyumen)

№ по кат. ВИР	Образец	ПВ, %	ВР, см	УП, балл	МР, г	МЗ, г	УР, г/м ²
<i>subsp. vulgare</i> – многорядный							
30624	C.I.10975	45,6±10,13	70,3±5,20	9,0	1,5±0,51	39,8±0,63•	254,2±61,57
25788	Schwarze Nackte Kraftborn	72,1±4,95	77,4±7,13	5,0	0,9±0,31	33,8±2,32•*	247,0±76,81
29894	Liguleless	66,2±4,16	72,7±4,87	7,7	0,7±0,20	37,4±2,25•	216,2±70,96
25804	Abyssinian 1139	64,5±6,85	80,0±6,35	6,3	0,7±0,28	34,1±1,78•*	187,2±71,64
30664	C.I.11074	37,5±11,63•	79,6±9,10	7,0	1,5±0,61	30,7±0,57•*	178,2±57,24
24648	Himalaya	60,7±5,08	74,4±10,70	7,0	0,7±0,26	29,1±2,69•*	130,4±52,82
24817	H 3869 Gidole 2	57,5±6,75	71,4±5,63	6,3	0,5±0,17	25,1±2,68•*	100,3±31,80•*
30663	C.I.11073	44,2±17,54	78,0±4,47	9,0	0,8±0,38	23,9±0,72•*	91,8±25,67•*
23444	H 3786 Jimma7	54,5±11,48	77,0±5,16	7,7	0,5±0,23	32,5±3,16•*	77,3±26,76•*
25666	C.I.2253	60,4±6,84	58,4±6,83*	8,3	1,2±0,89	22,8±3,02•*	65,9±27,70•*
24656	Nepal b14-7	30,5±3,98•*	75,8±14,13	5,7	0,5±0,22	23,4±1,54•*	61,6±31,94•*
22306	H 3949 Sulo Coll.	41,7±14,66	80,5±11,88	8,3	0,8±0,51	21,8±1,12•*	54,6±25,63•*
<i>subsp. distichon</i> L. – двурядный							
23491	De printemps	38,6±11,99*	86,6±7,68	9,0	1,8±0,86	38,4±1,43•	206,6±60,02
25855	Ra 6	48,6±8,10	87,0±4,93	7,0	0,9±0,22	39,2±1,47	173,5±28,64
23450	H 2866 Coll. Halle EP 80	58,7±20,79	62,7±2,95*	9,0	0,5±0,18	32,2±1,89•*	104,4±21,64•*
25529	Nackte aus Erytrea	50,5±8,64	83,3±6,24	5,0	0,5±0,27	35,6±1,20•*	102,6±40,70•*
26595	Местный	35,2±9,15	81,1±7,54	7,0	0,6±0,27	38,1±3,31	98,5±45,29•*
22308	H 2198 Ubamer Baco	57,1±16,67	64,1±0,36*	9,0	0,5±0,20	31,2±2,10•*	90,8±8,39•*
25008	Местный	58,5±13,04	70,8±13,78	9,0	0,3±0,02•*	32,4±1,42•*	59,3±7,84•*
21985	Athiopien-AB. 1105	46,1±13,88	69,9±8,27	7,0	0,4±0,16	39,5±4,19	54,8±13,50•*
St1, Ача		67,6±7,64	72,6±6,33	8,8	1,0±0,33	40,6±0,70	268,8±69,83
St2, Абалак		63,5±7,25	77,9±5,98	8,4	1,0±0,29	42,1±0,80	257,6±60,87

Примечание: различия достоверны при $p < 0,05$ * – со St1, • – со St2;

ПВ – полевая всхожесть, ВР – высота растений, УП – устойчивость к полеганию, МР – масса зерна с одного растения, МЗ – масса 1000 зерен, УР – урожайность

Note: differences are significant at $p < 0,05$ * – with St1, • – with St2; ПВ – field germination, ВР – plant height, УП – lodging resistance, МР – mass of grain per one plant, МЗ – mass of 1000 grains, УР – yield

Наибольшим потенциалом урожайности характеризовались многорядные голозерные образцы. У выделенных генотипов высокая урожайность наблюдалась в 2017 году: С.І.10975 (к-30624, var. *coeleste*, Перу) – 329,9 г/м², Schwarze Nackte Kraftborn (к-25788, var. *violaceum*, Германия) – 337,4 г/м², Liguleless (к-29894, var. *himalayense*, Таджикистан) – 339,1 г/м². У двурядного образца 'De printemps' (к-23491, var. *nudum*, Франция) максимальное значение зарегистрировано в 2016 году – 323,6 г/м². Установлены высокие значения коэффициента вариации (CV = 22,90–89,80%), свидетельствующие о подверженности урожайности влиянию условий вегетационных периодов.

Заключение

Таким образом, по результатам комплексной оценки были выделены и предложены для селекции голозерного ячменя источники ценных признаков:

- полевая всхожесть семян – к-25788, к-25804 (Германия); к-29894 (Таджикистан); к-24648 (США);
- устойчивость к полеганию – к-22308, к-23450, к-25008 (Эфиопия); к-23491 (Франция); к-30663, к-30624 (Перу);
- масса зерна с растения – к-23491 (Франция); к-30624, к-30664 (Перу); к-25666 (США);
- масса 1000 зерен – к-21985 (Германия); к-25855 (Франция); к-26595 (Эфиопия);
- урожайность – к-30624 (Перу); к-25788 (Германия); к-29894 (Таджикистан); к-23491 (Франция).

Относительно высокой урожайностью в сочетании с другими признаками характеризовались многорядные образцы: С.І.10975 (к-30624, var. *coeleste*) из Перу, Liguleless (к-29894, var. *himalayense* Таджикистан) и Schwarze Nackte Kraftbor' (к-25788, var. *violaceum*, Германия), а также и двурядный образец 'De printemps' (к-23491, var. *nudum*, Франция).

Корреляционный анализ исследуемых признаков в среднем за 2015–2017 гг. показал, что в формирование урожайности голозерного ячменя большой вклад вносят признаки «масса зерна с одного растения» ($r = 0,61$) и «масса 1000 зерен» ($r = 0,54$). У двурядных голозерных образцов наиболее тесная связь урожайности отмечена с массой зерна с растения ($r = 0,91$), у многорядных – с массой 1000 зерен ($r = 0,88$).

Отрицательная сопряженность наблюдалась между высотой и устойчивостью растений к полеганию ($r = -0,37$), при этом более выражена взаимосвязь у двурядных образцов ($r = -0,50$) в сравнении с многорядными ($r = -0,27$).

Климатические условия Тюменской области вполне благоприятны для обеспечения потенциально высокой урожайности голозерного ячменя. Выделенные образцы рассматриваем как ценный исходный материал, вовлечение которого в селекционный процесс может способствовать созданию новых адаптивных и продуктивных сортов для условий Северного Урала.

References/Литература

Belkina R.I., Gubanov M.V., Gubanova V.M. Yields of husked and hullless barley varieties in the northern forest-steppe of Tyumen region. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017;5(67):54-55. [in Russian] (Белкина Р.И., Губанов М.В., Губанова В.М. Продуктивность сор-

тов пленчатого и голозерного ячменя в северной лесостепи Тюменской области. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017;5(67):54-55.

- Bome N.A., Bome A.Y., Tetyannikov N.V. Seed germination and survival of barley plants in the field as an indicator of adaptation to changing environmental conditions. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015;4(134):15-18. [in Russian] (Боме Н.А. Боме А.Я. Тетянкиков Н.В. Полевая всхожесть семян и выживаемость растений ячменя как показатели адаптации к меняющимся условиям среды. *Аграрный вестник Урала*. 2015;4(134):15-18).
- Braumann I., Dockter C., Beier S., Himmelbach A., Lok F., Lundqvist U. et al. Mutations in the gene of the $G\alpha$ subunit of the heterotrimeric G protein are the cause for the *brachytic1* semi-dwarf phenotype in barley and applicable for practical breeding. *Hereditas*. 2018;155:10. DOI: 10.1186/s41065-017-0045-1
- Dekić V., Popović V., Branković S., Terzić D., Durić N. Grain yield and yield components of winter barley. *Agriculture & Forestry*. 2017;63(1):179-185. DOI: 10.17707/AgricultForest.63.1.21
- 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: Alyans; 2014 [in Russian] (Доспихов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. Москва: Альянс; 2014).
- Filippov E.G., Doroshenko E.S. Hull-less barley: the state of study and prospects of use. *Grain Economy of Russia*. 2015;(4):12-23. [in Russian] (Филиппов Е.Г., Дорошенко Э.С. Голозерный ячмень: состояние изученности и перспективы использования (обзор литературы). *Зерновое хозяйство России*. 2015;(4):12-23).
- Gryaznov A.A., Chetina O.I., Kushcheva O.V. The role of hullless barley variety in the efficient fodder base formation in Chelyabinsk region. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2016;23(5):918-924. [in Russian] (Грязнов А.А., Четина О.И., Кущева О.В. Роль голозерного сорта ячменя в формировании эффективной кормовой базы Челябинской области. *АПК России*. 2016;23(5):918-924).
- Gubanov V.M., Gubanov M.V., Gryaznov A.A. Agronomic characters of hullless barley collection. *Advances in Engineering Research*. 2018;(151):257-261. DOI: 10.2991/agrosmart-18.2018.50
- Kaur H., Shaveta S., Kaur S., Sharma V., Kaur K. Hullless barley: A new era of research for food purposes. *Journal of Cereal Research*. 2019;11(2):114-124. DOI: 10.25174/2249-4065/2019/83719
- Kristensen P.S., Dockter C., Lundqvist U., Lu Q., Gregersen Per L., Thordal-Christensen H., Hansson M. Genetic mapping of the barley lodging resistance locus *Erectoides-k*. *Plant Breeding*. 2016;135(4):420-428. DOI: 10.1111/pbr.12377
- Lekeš J., Bareš I., Foral A., Odignal V., Ružička F., Bobek M. et al. International COMECON list of descriptors for the genus *Hordeum* L. (subgen. *Hordeum*). Leningrad: VIR; 1983. [in Russian; in English] (Лекеш Я., Бареш И., Форал А., Одигнал И., Ружичка Ф., Бобек М. и др. Международный классификатор СЭВ рода *Hordeum* L. Ленинград: ВИР; 1983).

- Liu J., Li Q., Zhang Y., Deng X., Deng G., Tang Y. et al. Nutritional components, textural properties, and in vitro starch hydrolysis of steamed hullless barley bread. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*. 2018;24(5):1073-1080. DOI: 10.19675/j.cnki.1006-687x.2017.09005
- Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. Guidelines for study and conservation of the world collection of barley and oats (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoy kolleksii yachmenya i ovsa). I.G. Loskutov (ed.). 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 / под ред. И.Г. Лоскутова. Санкт-Петербург: ВИР; 2012].
- Madakemogekar A.H., Talekar N.S., Kamboj A.D., Thakur G. Scope of hullless barley (*Hordeum vulgare* L.) as a nutritious and medicinal food: A review. *Acta Scientific Agriculture*. 2018;2(12):11-13.
- Markova Ruzdik N., Valcheva D., Valchev D., Mihajlov L., Karov I., Ilieva V. Correlation between grain yield and yield components in winter barley varieties. *Agricultural Science and Technology*. 2015;7(1):40-44.
- Репко N.V., Koblyanskiy A.S., Khronyuk E.V. Plant height and lodging resistance of collection varieties of winter barley. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2017;(133):160-172. [in Russian] [Репко Н.В., Коблянский А.С., Хронюк Е.В. Высота растений и устойчивость к полеганию коллекционных сортов озимого ячменя. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2017;(133):160-172]. DOI: 10.21515/1990-4665-133-015
- Sumina A.V. Influence of environmental factors on the mass of 1000 grain varieties varied in cotton conditions of Siberia. *Juvenis Scientia*. 2017;(10):4-6. [in Russian] [Сумина А.В. Влияние факторов среды на массу 1000 зерен сортов ячменя, выращенных в котловинных условиях Сибири. *Juvenis Scientia*. 2017;(10):4-6].
- Taketa S., Amano S., Tsujino Y., Tomohiko S., Saisho D., Kakeda K. et al. Barley grain with adhering hulls is controlled by an ERF family transcription factor gene regulating a lipid biosynthesis pathway. *PNAS*. 2008;105(10):4062-4067. DOI: 10.1073/pnas.0711034105
- Tsandekova O.L., Neverova O.A. The peculiarities of hulled barley in the evaluation of its productivity and quality of grain (review). *Grain Economy of Russia*. 2017;5(53):12-15. [in Russian] [Цандекова О.Л., Неверова О.А. Особенности голозерного ячменя в оценке продуктивности и качества зерна (обзор). *Зерновое хозяйство России*. 2017;5(53):12-15].
- Yu S., Long H., Deng G., Pan Z., Liang J., Zeng X. et al. A single nucleotide polymorphism of *Nud* converts the caryopsis type of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Molecular Biology Reporter*. 2016;34(1):242-248. DOI: 10.1007/s11105-015-0911-9

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Тетьяников Н.В., Боме Н.А. Источники ценных признаков для селекции голозерного ячменя. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020;181(3):49-55. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-49-55

Tetyannikov N.V., Bome N.A. Sources of characters useful for breeding in hullless barley. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(3):49-55. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-49-55

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-49-55>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Авторы одобрили рукопись / The authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Tetyannikov N.V. <https://orcid.org/0000-0002-8496-5365>

Bome N.A. <https://orcid.org/0000-0002-5467-6538>