

УДК 633.16

ЯЧМЕНЬ ГОЛОЗЕРНЫЙ: ПРОИСХОЖДЕНИЕ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

© 2013 г. А.В. Железнов¹, Т.В. Кукоева², Н.Б. Железнова¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение
Сибирский научно-исследовательский институт кормов Сибирского отделения
Российской академии сельскохозяйственных наук, пос. Краснообск, Новосибирская область,
Россия, e-mail: korma@online.nsk.ru;

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт цитологии и генетики
Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия,
e-mail: kukoeva@bionet.nsk.ru

Поступила в редакцию 27 февраля 2013 г. Принята к публикации 19 апреля 2013 г.

Рассмотрены вопросы происхождения и распространения голозерного ячменя (*Hordeum vulgare* L.), его химический состав и урожайность. Показано, что современные методы молекулярной биологии позволяют получать более глубокие знания по доместикационной истории и разнообразию голозерного ячменя, чем традиционные методы популяционной генетики. Подчеркнуто значение селекции для повышения урожайности голозерного ячменя, а, следовательно, для расширения его посевов. В этой связи рассмотрены методы и направления селекции. Для развития селекции голозерного ячменя большое значение имеет зародышевая плазма из стран Юго-Восточной Азии, Китая, Японии и других регионов. Поэтому сохранению этой зародышевой плазмы необходимо уделять пристальное внимание.

Ключевые слова: ячмень, голозерный ячмень, происхождение, урожайность, белок, селекция, вегетационный период, адаптация, признак, генетика.

Ячмень – одно из старейших хлебных растений, возделывается во всех земледельческих областях земного шара. Широкий ареал ячменя обусловлен многими ценными его качествами. Благодаря высокой адаптивной способности, его выращивают в самых крайних условиях: высоко в горах и на степных просторах, в условиях повышенного увлажнения или сухих степей. Ячмень – самая скороспелая и поэтому самая северная культура. Его посевы встречаются от 70° с.ш. до пустынь Сахары и поднимаются в горные районы Китая, Непала и Индии до 5 тыс. м над уровнем моря. Ячмень – важная продовольственная, кормовая и техническая культура. Ячменная крупа, мука и солод имеют лекарственное значение. Поэтому ячмень был важной зерновой культурой в древнем Египте, Месопотамии и Греции (Жуковский, 1964).

Огромный ареал и тысячелетия возделывания ячменя определили большое межвидовое и

внутривидовое разнообразие рода *Hordeum* L. Наибольший интерес представляют голозерные ячмени. В состав *H. vulgare* L. входят подвиды многорядного голозерного *convar. coeleste* и двурядного *convar. nudum* ячменя. У голозерного ячменя, как у пшеницы и ржи, цветковые чешуи отлетают от зерновок при обмолоте, поэтому зерно этих культур всегда чистое. Различные формы голозерного ячменя отличаются повышенным содержанием белка и незаменимых аминокислот, в первую очередь лизина. Некоторые формы имеют повышенный иммунитет к мучнистой росе (*Erysiphe graminis*). Голозерным ячменям Китая и Японии свойственна низкорослость. Даже в самых хороших условиях выращивания их высота не превышает 40–50 см. Голозерные крупнозерные, крупнокосые ячмени горного Дагестана выделяются своим высоким качеством и продуктивностью (Вавилов, 1965).

В России первым, кто обратил внимание на голозерные ячмени, был агроном Д.В. Федоров. Он пытался привлечь внимание сельскохозяйственной общественности к проблеме возделывания голозерных ячменей. Но она, к сожалению, так и не получила должного развития (Цит. по: Грязнов, 1996).

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ

Проблема происхождения культурных растений представляет большой интерес не только потому, что она является частью общебиологической проблемы видообразования и эволюции, но и потому, что она тесно связана с историей становления человеческой цивилизации. При обсуждении вопроса о происхождении культурных растений рассматриваются, как правило, три основные проблемы: место введения в культуру, время введения в культуру, ближайшие сородичи культурных растений.

Специальные исследования по происхождению голозерного ячменя не проводились. Эта проблема если и обсуждалась, то только в контексте происхождения ячменя в целом. Самые ранние упоминания о голозерном ячмене встречаются в документах, обнаруженных в Хузестане (раскопки Ali Kosh), где наряду с пленчатыми ячменями найдены шестирядные голозерные формы. Полученные с помощью радиоизотопного метода данные указывают на период 7900 лет до нашей эры. Таким образом, голозерный ячмень появился значительно позднее пленчатого ячменя, который произрастал в докерамический неолит (9700–9300 лет до нашей эры) (Helback, 1959).

Что касается вопроса о первичном центре происхождения голозерного ячменя, то наиболее определенно этот вопрос решил Н.И. Вавилов. Разработанный им дифференциально-географический метод позволил установить, что центром формирования голозерных ячменей являются Восточная и Юго-Восточная Азия, Китай и прилегающие к нему страны. В пользу такого заключения говорит тот факт, что Юго-Восточная Азия является центром формирования не только голозерного ячменя, но и крупнозерных голых овсов, метельчатого проса (*Panicum miliacium*) с тонкими, легко обрушивающимися цветочными

пленками (Вавилов, 1965. С. 94). Вместе с тем Н.И. Вавилов не считал вопрос о географической локализации первичного окультуривания дикорастущего ячменя решенным, допуская возможность существования лишь одного такого центра (Ходьков, 1985). Более того, в работах Н.И. Вавилова (1957) можно видеть, какое большое значение он отводит странам Передней Азии (Турция, Сирия, Израиль, Иордания, Месопотамия, Закавказье) в процессах эволюции культурного и дикого ячменя. При использовании ДНК-маркеров было показано, что Гималаи могут рассматриваться как возможный центр доместикиции голозерного ячменя (Badr *et al.*, 2000). Обособленность гималайских голозерных ячменей была подтверждена в работе Dickin с соавт. (2012). Эти авторы провели многомерный анализ агрономических признаков, который позволил сгруппировать изучаемые образцы в соответствии с регионами их происхождения. Гималайские местные линии образовали восточный и западный кластеры, что позволило рассматривать Гималаи как центр происхождения голозерного ячменя. Подтверждением тому также является работа Murphy и Witcombe (1986), в которой показано, что пленчатые и голозерные ячмени из Гималаев отличаются друг от друга по ряду признаков и что они просто сосуществуют в Гималаях. Однако разнообразие пленчатых ячменей гораздо больше, чем голозерных. Низкий уровень разнообразия гималайских голозерных ячменей объясняют влиянием генетического дрейфа или эффектом основателя, а высокий уровень разнообразия пленчатых ячменей – широкомасштабным культивированием для кормления животных и пивоварения (Manjunatha *et al.*, 2007). В отношении места происхождения голозерного ячменя существует еще одно представление, также основанное на данных молекулярного анализа маркеров, сцепленных с геном *nud*. Маркер sKT7, тесно связанный с *nud* локусом, имеет 4 аллеля: I, II, III и IV (Taketa *et al.*, 2004). Все 4 аллеля были найдены у дикого ячменя, тогда как аллель IV был обнаружен только у одного образца из юго-западного Ирана. Все пленчатые образцы имели аллели I, II или III, а все исследуемые образцы голозерного ячменя имели только аллель IV. На основе своих исследований авторы выдвинули предположение о том, что голозерный ячмень

имеет монофилетическое происхождение и был одоместичирован, вероятно, в юго-западном Иране. Отсюда он мигрировал в Центральную Азию. Это предположение совпадает с данными археологических раскопок, проведенных в Ali Kosh на территории юго-западного Ирана. Второе не менее важное заключение, сделанное этими исследователями, состоит в том, что голозерные формы и пленчатые формы одоместичированного ячменя произошли независимо от различных диких предков.

Наряду с гипотезой монофилетического происхождения существует гипотеза множественного независимого происхождения голозерного ячменя, основанная на морфологических наблюдениях. Она подразумевает появление голозерных ячменей независимо и в Эфиопии, и в Восточной Азии (Орлов, 1929; Helback, 1959).

Наиболее вероятным путем возникновения голозерного ячменя можно рассматривать возникновение мутации по гену, контролирующему пленчатость зерновки ячменя, с последующей дивергенцией пленчатых и голозерных форм. Естественный процесс возникновения голозерного ячменя был подтвержден экспериментально (Nybom, 1954; Киселева, 1977; Киселева, Солоненко, 1981; Murphy, Witcombe, 1986). Однако это не единственный способ возникновения признака голозерности у ячменя. Растения видов рода *Hordeum* могут спонтанно и искусственно скрещиваться с растениями других родов, например *Roegneria* и *Elytrigia* (Ходьков, 1985).

Допустив возможность появления голозерного ячменя мутационным путем, необходимо дать ответ на другой вопрос: появилась ли такая мутация у дикорастущего предка или у одоместичированного пленчатого ячменя? Решить этот вопрос на основе современных данных не представляется возможным. Необходимы дальнейшие исследования в этом направлении. Вместе с тем следует заметить, что Taketa с соавт. (2008) осуществили клонирование гена *Nud* и подтвердили монофилетическое происхождение голозерного ячменя.

В одной из своих работ Д. Харлан (1973) писал, что мы до абсурда мало знаем о сородичах ячменя. Перефразируя Д. Харлана, можно сказать, что мы очень мало знаем о происхождении ячменя. Сегодня это демонстрируют исследования, проведенные с помощью ДНК-

технологий. Расширение этих исследований поможет пролить свет на происхождение ячменя, в том числе и ячменя голозерного. Без познания общей картины эволюции рода *Hordeum* L. невозможно понять происхождение и историю одоместикации отдельных частей этого рода.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ

Согласно обзору Takahashi (1955), голозерный ячмень распространен в мире довольно широко. Но в одних странах его посевы занимают 95 % площадей, отведенных под культуру ячменя, в других – только 50 % и меньше. Так, в странах Юго-Восточной и Центральной Азии выращивают только голозерный ячмень. В Китае, Корее и Японии голозерные и пленчатые ячмени выращиваются в равных пропорциях, т. е. по 50 % каждый. Однако в направлении с востока на запад площади, занимаемые голозерным ячменем, резко сокращаются, и он совсем не высевается в странах Нового Света. Такое распределение голозерного ячменя связано не только с естественными факторами, но и с человеческим фактором. В странах, где голозерный ячмень является важнейшим продуктом питания, он возделывается в широких масштабах. Больше того, он становится предметом селекционного улучшения. Например, в Италии, Нидерландах и Греции голозерный ячмень используется не только в качестве корма животным, но и для производства диетической ячменной муки и крупы и некоторых других продуктов. Поэтому в этих странах, хотя и в небольших масштабах, ведется селекционная работа с голозерным ячменем (Anisrkov, Krolevets, 2008). В России голозерный ячмень практически не выращивается. Однако, по сообщениям Э.Э. Гешеле (1956), в китайских хрониках было указано, что в конце XIII в. предки хакасов сеяли просо, пшеницу и ячмень, в том числе гималайский (голозерный). Интересные исторические данные о посевах гималайского ячменя в Сибири приводит в своей книге Н.А. Сурин (2011): «Сведения о посевах голозерного ячменя в Восточной Сибири относятся к началу XIX в. В эти годы среди посевов ячменя появился так называемый гималайский ячмень, который был впервые заимствован в 1826 г. вице-президентом Императорского Московского сель-

скохозайственного общества С.И. Гагариным у австрийского герцога Иоанна. Автор данного сообщения Т.С. Бурнашов передал небольшое количество семян в Нерчинск и уведомил, что "гималайский ячмень посеялся в первых числах мая, и он оказался рослым и теперь уже колосится, кажется, он должен быть хорош. По снятии его я не премину поделиться им на первый случай в Камчатку, и при разведении в большем виде, хоть и во всю Сибирь". Отмечалось при этом "... Он не боится инеев, и, будучи оставлен мною в нашем крае до октября месяца, в первом году не вызаб; второе – не теряет семена как пшеница; третье – гнездится как рожь; четвертое – не требует для молотбы больше труда, нежели другие хлеба, что доказывает, что он не сыпуч". Как видно, уже в те далекие времена были известны слабые и сильные стороны голозерного ячменя.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕРНА

Белки. Преимущество голозерного ячменя над пленчатым по содержанию белка отмечалось во многих работах (Dziamba, Rachon, 1988; Goldenberg, Kvachadze, 1990; Oscarsson *et al.*, 1996). При изучении 49 образцов голозерного ячменя было установлено, что содержание белка у этих образцов варьировало от 14,6 до 17,0 %. В то же время содержание белка у пленчатых ячменей достигало только 13 % (Atanassov *et al.*, 1999a). Однако еще раньше было показано (Лукьянова и др., 1990), что содержание белка в зерне ячменя обусловлено генотипом, несмотря на большую фенотипическую изменчивость признака. Видимо, поэтому в определении содержания белка в зерне ячменя большое значение имеет происхождение образцов. Эти авторы обобщили огромный материал и дали сравнительную характеристику двурядных и шестирядных пленчатых и голозерных ячменей по содержанию белка и лизина. Они показали, что голозерные ячмени Японии содержат белка на 0,9 % больше, чем пленчатые ячмени, а голозерные ячмени Таджикистана уступали пленчатым на 0,5–1,6 %. Они также показали, что в пределах каждой изученной группы голозерного ячменя различного географического происхождения имеются образцы с повышенным и пониженным содержанием белка. Аналогичные закономерности были отмечены по содержанию лизина и некоторых

других незаменимых аминокислот (Трофимовская, 1972; Грязнов, 1996; Atanassov *et al.*, 1999a). Особенно рельефно превосходство голозерного ячменя по содержанию аминокислот показано в исследованиях ЗАО «Премикс» Тимашевского района Краснодарского края. Здесь содержание лизина в зерне голозерного ячменя составило 0,65 %, а в зерне пленчатого ячменя – 0,44 %. По содержанию аргинина и гистидина превышение показателей в голозерном ячмене больше на 28 %, чем в пленчатом ячмене. По содержанию лейцина и изолейцина голозерный ячмень превосходил пленчатый на 42,8 %. Сумма аминокислот в голозерном ячмене была выше на 52,4 %, чем в пленчатом ячмене и составила соответственно 16,4 и 10,7 % (http://www.agroyug.ru/page/item/_id-637/13.01.2012).

Белки ячменя неоднородны по своему составу и свойствам. Они состоят из белковых фракций, извлекаемых различными растворителями. Было найдено (Сичкар, Иванов, 1958; Трофимовская, 1972), что большую часть белков ячменя составляет фракция гордеинов – от 15,6 до 46,4 % (среднее 34,4 %). Для сравнения скажем, что содержание альбуминов колеблется от 7,5 до 28,8 % (среднее 12,5 %), глобулинов – от 7,0 до 21,9 % (среднее 12,7 %), глютеинов – от 18,0 до 47,5 % (среднее 27,0 %). Методом электрофореза было показано, что фракции ячменя гетерогенны и состоят из компонентов, различающихся по своим физико-химическим свойствам, в том числе по электрофоретической подвижности. В частности, фракция гордеина состоит из 6–19 компонентов (Конарев и др., 1979). Электрофоретические спектры белков специфичны для сортов. Поэтому они использовались как маркеры для идентификации образцов (Doll, Brown, 1979; Shewry *et al.*, 1983), для анализа генетического разнообразия (Shewry, Mifflin, 1982; Heisel *et al.*, 1986; Roininen *et al.*, 1992) и исследования филогенетических связей между образцами различного эколого-географического происхождения (Moralejo *et al.*, 1994). Так, голозерные ячмени, полученные из трех разных генетических банков, значительно различались по гордеиновым спектрам (Atanassov *et al.*, 2001). Различия были установлены по четырем спектрам для D формы гордеинов, по 12 для C формы и по 13 для V формы, что свидетельствует о значительном полиморфизме

изучаемых коллекций. Описанный в статье полиморфизм гордеиновых спектров голозерного ячменя был аналогичен полиморфизму, наблюдаемому у пленчатых ячменей. Авторы считают, что изучение полиморфизма гордеинового локуса может оказать помощь селекционеру в поисках разнообразия источников зародышевой плазмы и оптимизации выбора родителей при скрещивании.

Углеводы. Известно, что углеводный комплекс ячменя включает крахмал (45–65 %), гемицеллюлозу (6–7 %), растворимые сахара (1,2–2,8 %), декстрины (2,7–4,2 %), гумми и слизи (6–8 %), β -D глюкан и пектиновые вещества (1,6–1,9 %) (Иванов, 1939). Все эти вещества оказывают положительное или отрицательное влияние на технологические свойства ячменя. Так, повышенное содержание крахмала увеличивает пивоваренную ценность ячменя, так как экстрактивные вещества солода состоят в основном из сахаров, образуемых из крахмала. В то же время избыточное содержание гемицеллюлозы и β -глюканов отрицательно влияет на пивоваренные свойства ячменя. Поэтому необходимы исследования по содержанию запасных веществ не только у пленчатых, но и голозерных ячменей. К сожалению, данных по химическому составу голозерных ячменей не так уж много. Только в одной работе (Anis'kov, Krolevets, 2008) мы нашли некоторые показатели, характеризующие содержание крахмала и жира у различных форм голозерного ячменя. Авторы этого исследования условно разделили весь экспериментальный материал на четыре группы в зависимости от содержания протеина: с низким (< 12 %), средним (12,1–14,0 %), высоким (14,1–17 %) и очень высоким содержанием протеина (> 17 %). Оказалось, что в трех первых группах разница в содержании крахмала между голозерными и пленчатыми формами была незначительной (0,5–1,5 %). Но в четвертой группе она составила 5,2 %. Это может быть свидетельством единства процессов синтеза запасных питательных веществ у ячменя. В целом указанные авторы пришли к заключению о том, что сорта голозерного ячменя превосходили по содержанию крахмала сорта пленчатого ячменя и что содержание крахмала у ячменя в сильной степени зависит от условий выращивания.

В отличие от пленчатого ячменя, голозер-

ный ячмень существенно богаче β -глюканом. В сухом веществе зерновки пленчатого ячменя содержится 4–8 % β -глюкана, а в зерновке голозерного ячменя содержится около 16 % этого углевода (Newman *et al.*, 1989). β -глюканы ингибируют синтез холестерина, поэтому голозерный ячмень может быть использован как возможный источник β -глюканов для лечения гиперхолестеринемии (Weber *et al.*, 1991; Berglung *et al.*, 1993).

Жировые вещества особого питательного значения не имеют, но они участвуют в сложных адсорбционных процессах, связанных с жизнедеятельностью клеток, и регулировании проницаемости их оболочек. Амплитуда изменчивости содержания жира в зерне ячменя небольшая и составляет 2–4 %. Сорта голозерного ячменя, как правило, содержат жира больше, чем пленчатые (Anis'kov, Krolevets, 2008).

УРОЖАЙНОСТЬ

Сравнительное изучение урожайности голозерного и пленчатого ячменя, проведенное многими исследователями в разных странах, позволило сделать заключение о более низкой урожайности голозерного ячменя. На основе обобщенных данных, полученных от 93 экспериментальных станций Канады, урожайность голозерного ячменя составила только 88 % от урожайности пленчатого (Rossnagel *et al.*, 1981). На линиях пленчатого и голозерного ячменя, полученных в результате восьмикратного прерывистого беккроссирования голозерного образца пленчатым кормовым сортом, было установлено, что голозерные линии уступали пленчатым только на 6–8 % (Кирдогло и др., 1982).

При изучении коллекции голозерного ячменя в условиях Омской области было показано, что урожайность голозерного ячменя сорта Омский голозерный 1 была ниже на 8,4 %, чем урожайность стандартного сорта пленчатого ячменя Омский 88 (Anis'kov, Krolevets, 2008). Этими же авторами показано, что сорт голозерного ячменя Челябинский превысил урожайность стандартного сорта на 0,5 т (5,1 против 5,6 т/га). Многолетние оценки 54 коллекционных образцов голозерного ячменя позволили авторам сделать вывод о значительном разнообразии форм как по урожайности, так и по другим признакам.

По их данным, урожайность варьировала от 1,0 до 5,6 т/га.

В Красноярском НИИ сельского хозяйства также создан сорт голозерного ячменя Оскар, который имеет урожайность, равную урожайности стандартного пленчатого сорта Красноярский 80. В среднем за три года конкурсного испытания оба сорта сформировывали по 3,2 т/га (Сурин, 2011).

При обобщении результатов сравнительного изучения урожайности голозерного и пленчатого ячменей можно согласиться с заключением, что разрыв между урожайностью голозерного и пленчатого ячменя уменьшается (Bhatty, 1986). Причиной тому является повышение интенсивности селекционной работы с голозерными ячменями. Это заключение подтверждается и исследованиями Карабалыкской опытной станции, где получены линии голозерного ячменя, урожайность которых на 12,1–14,8 % выше, чем у пленчатого стандарта Медикум 85 (Грязнов, 1996).

Говоря об урожайности голозерного ячменя, необходимо отметить ее нестабильность и сильную зависимость от условий выращивания. А.Н. Бородин и А.Н. Кадычев (2009) провели оценку голозерных сортов ячменя в степной зоне Хакасии и определили вклад факторов в общую изменчивость урожайности. Оказалось, что фактор «год» почти на 70 % влиял на проявление признака «урожайность», сортовые различия, соответственно, только на 30 % определяли проявление этого признака.

ГЕНЕТИКА ПРИЗНАКА «ГОЛОЕ ЗЕРНО» ЯЧМЕНЯ

Геном ячменя состоит из 7 хромосом и, следовательно, из 7 групп сцепления. Различие между пленчатым и голозерным ячменем контролируется одним локусом. Пленчатая зерновка является доминантным признаком, а голая зерновка – рецессивным. Ген *nud*, контролирующий образование голого зерна, локализован на длинном плече хромосомы 7Н (Fedak *et al.*, 1972). Недавно было уточнено картирование гена *nud* (Kikuchi *et al.*, 2003). Оказалось, что он находится в районе (SCAR) КТ 2 и КТ 4 на расстоянии 0,3 сМ от проксимального и 1,2 сМ от дистального концов.

К настоящему времени выявлено появление полуголых зерновок ячменя. Они появляются под влиянием рецессивных генов полупленчатости (*smn*, *smn 2* и *sbn*). Их взаимодействие между собой и с главным геном пленчатости приводит к образованию полупленчатых зерновок ячменя (Гарис, 2008).

На основе позиционного клонирования сделано заключение, что структурная часть *nud* гена состоит из двух экзонов и одного интрона. Кроме того, был идентифицирован ERF (ethylene response factor) фактор, который регулирует биосинтез липидов. Так как фактор ERF является составляющей частью интрона, то предполагается, что ген *nud* осуществляет контроль биосинтеза липидов. Предполагаемый механизм образования пленчатой или голой зерновки у ячменя заключается в том, что рецессивный аллель *nud* не обеспечивает образования липидов на эпидермисе зерновки и, следовательно, не происходит склеивания цветковых чешуй, которые при обмолоте легко отделяются от зерновки. Доминантный аллель *Nud*, наоборот, контролирует образование липидов, которые принимают участие в склеивании цветковых чешуй и образовании пленчатого ячменя (Taketa *et al.*, 2008).

СЕЛЕКЦИЯ ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ

Целенаправленные исследования по созданию новых сортов голозерного ячменя проводятся в Японии, Китае, Италии, Швеции, Чехии, России, эпизодически – в Республике Беларусь и некоторых других странах. Имеются некоторые достижения в области создания новых сортов. Так, в Канаде выпущены сорта голозерного ячменя Scout и Tupper (1980 г.), Condor (1988 г.), Buck и Richard (1990 г.). В России в Государственный реестр селекционных достижений включены сорта голозерного ячменя Омский голозерный 1 (2004 г.), Омский голозерный 2 (2008 г.), Оскар (2007 г.). В Беларуси создан сорт голозерного ячменя Дублет, который проходит Государственное испытание (Цит. по: <http://innosfera.org/node/380>). В Казахском НИИ земледелия создан сорт Голозерный 20 (1980 г.). Хотя этот сорт не районирован в силу недостаточно высокой урожайности, он отличался повышенным накоплением белка в зерне,

большим сбором белка с 1 га посевов и более полноценным белком по сумме незаменимых аминокислот (Перуанская, Лебедева, 1980). Значительные успехи достигнуты также в Швейцарии, где в конце 1980-х гг. в официальный каталог внесено несколько сортов голозерного ячменя (Цит. по: Грязнов, 1996). Однако почти все сорта голозерного ячменя имеют целый ряд крупных недостатков, которые сдерживают его распространение:

- низкая адаптивная способность к меняющимся условиям среды, что влечет за собой нестабильность урожайности;
- низкая засухоустойчивость и устойчивость к полеганию;
- низкая устойчивость к грибным заболеваниям;
- выпячивание центрального зародышевого корешка за пределы сферы поверхности зерновки, что является причиной повышенного травматизма семян при обмолоте и, как следствие, пониженной их полевой всхожести.

Селекция голозерного ячменя должна быть направлена, прежде всего, на устранение указанных недостатков и увеличение его положительных свойств. Для достижения этих целей в селекционных центрах создаются программы по селекции голозерного ячменя. В программах описываются модели сортов в зависимости от их хозяйственного использования (пищевое, кормовое или лекарственное), определяются основные требования к создаваемым сортам. Например, известный советский селекционер А.Г. Быковец (1949) определил 24 требования к сортам голозерного ячменя, в том числе такие, как урожайность не ниже районированных сортов пленчатого ячменя; выравнивание урожая по годам; оптимальный вегетационный период; устойчивость к болезням и сельскохозяйственным вредителям; устойчивость к почвенной и атмосферной засухе, устойчивость против осыпания зерна.

Значительное место отведено исходному материалу, его оценке в различных условиях выращивания – на инфекционных и провокационных фонах, определению его разнообразия. Центральное место в программах занимают методы селекции. В большинстве случаев это внутривидовая гибридизация с привлечением пленчатых сортов ячменя. Это объясняется

тем, что пленчатые сорта более продвинуты с селекционной точки зрения и многие гены, контролирующие хозяйственно ценные признаки, находятся в геномах пленчатых сортов. В программах также прописываются схемы отбора и все остальные этапы селекционного процесса, вплоть до экологического, производственного сортоиспытания и передачи нового сорта на Государственное сортоиспытание.

Исходный материал является основой успеха селекции. Поэтому поискам исходного материала, его изучению уделяется особое место в селекционном процессе (Быковец, 1949; Atanassov *et al.*, 1999b, 2001; Manjunatha *et al.*, 2007; Пакуль, 2007; Anis'kov, Krolevets, 2008; Dickin *et al.*, 2012; Кукоева и др., 2012). Изучается большинство хозяйственных и биологических признаков, оцениваются границы их изменчивости, анализируется уровень их генетического разнообразия. Иными словами, проводится большая работа по фенотипированию коллекций.

Следующий этап в селекционном процессе – выбор метода создания селекционного материала, отвечающего в большей степени принятой модели сорта. В селекции ячменя наиболее часто применяется метод внутривидовой гибридизации. Большинство зарубежных и российских селекционеров используют этот метод. Все тонкости работы по созданию сортов голозерного ячменя методом внутривидовой гибридизации хорошо изложены в монографиях Н.И. Аниськова с соавт. (2007) и Н.А. Сурина (2011).

Метод экспериментального получения мутаций широко изучался на ячмене. Так, Ф.Г. Нигматулин с соавт. (1976) получили целый ряд мутантов у голозерного сорта Джау-Кабутак. Некоторые из них могли бы иметь селекционное значение, однако эта работа не была доведена до конца. Интересно отметить, что в этом эксперименте не было получено ни одного пленчатого мутанта. Но на пленчатых формах, наоборот, были получены голозерные формы ячменя под действием химических мутагенов (Горшкова, Кутова, 1976). При анализе литературы по экспериментальному мутагенезу можно сделать вывод о том, что это один из самых эффективных методов, индуцирующих широкую генетическую изменчивость как качественных, так и количественных признаков у многих сельскохозяйственных культур, в том числе и

у ячменя. К сожалению, он недостаточно оценен практическими селекционерами. Поэтому сортов, созданных этим методом, значительно меньше, по сравнению с количеством сортов, созданных традиционными методами.

Межвидовая и межродовая гибридизация как методы создания новых сортов на ячмене не применялись, хотя имеется довольно большое число экспериментальных исследований по отдаленным скрещиваниям представителей рода *Hordeum*. В этой связи уместно вспомнить о работе Г.Д. Карпеченко (1971), который провел скрещивание и получил гибриды между японской разновидностью ячменя *Hordeum vulgare* var. *Dundar-beyi* Zhuk. и афганской формой var. *sublatiglumatum* Vav. В этой работе впервые были показаны на ячмене сложные расщепления в F_2 и последующих поколениях и новообразования в виде растений с различными длиной и плотностью колоса, остистостью колоса и длиной вегетационного периода. Можно также назвать работу «Отдаленная гибридизация ячменя (генетические и биотехнологические аспекты)» (Першина, 1995). Хотя в этой работе не были использованы голозерные формы ячменя, установленные общие закономерности отдаленной гибридизации и методы получения новых форм растений могут быть применены в селекции голозерных ячменей. Не отрицая значения отдаленной гибридизации для изучения процессов видообразования и получения новых форм растений, следует сказать, что не исчерпаны возможности увеличения изменчивости традиционными методами, особенно для голозерного ячменя. Остаются незадействованными сложные трансгрессивные возвратные скрещивания, различные модификации метода педигри, а также различные схемы отбора. Они включены в селекционные программы по селекции голозерного ячменя. Примером таких программ могут служить программы сибирских селекционных центров и некоторых научных учреждений. Для сибирской селекции характерно использование пленчатых сортов в скрещиваниях с голозерными сортами. Так, в Кемеровском НИИ сельского хозяйства голозерные сорта из Австралии, Чехии, Мексики, Китая и Японии скрещивались с сортами пленчатого ячменя в основном сибирской селекции. При этом ставилась задача — получить гибриды с

генами устойчивости к головневым грибам, устойчивости к полеганию, скороспелости и урожайности. К настоящему времени выделены перспективные селекционные номера голозерного ячменя, которые проходят конкурсное, экологическое и производственное испытания.

Аналогичная программа была разработана в Красноярском НИИ сельского хозяйства. В соответствии с этой программой была изучена большая коллекция голозерных ячменей. В результате изучения выяснилось, что большинство образцов непригодно для производственных посевов и селекционных целей из-за неустойчивости к болезням и низкой продуктивности. Однако был выделен голозерный ячмень Белорусский 76, который имел ряд положительных признаков. От скрещивания этого сорта с сортом пленчатого ячменя Баган была выделена линия Е-34-6565, которая отличалась устойчивостью к некоторым колосовым болезням, к полеганию и довольно высокой урожайностью. Эта линия дала начало голозерному ячменю Оскар. Новый сорт относится к разновидности *nudum*, двурядный, имеет массу 1000 зерен 50–57 г, обладает устойчивостью к полеганию, но имеет слабую устойчивость к твердой и пыльной головне (Сурин, 2011).

В Омском селекционном центре также проведена большая работа по изучению коллекционного материала голозерных ячменей с использованием структурного анализа отдельных элементов урожайности. Эта работа позволила выделить перспективные образцы и сформировать генетический фонд голозерных ячменей для синтетической селекции. Здесь впервые проведены сложные скрещивания, в которых участвовали голозерные и пленчатые формы, и выделены гибриды с повышенной урожайностью, устойчивостью к полеганию и грибным болезням. Лучшие из них дали начало двум сортам: Омский голозерный 1 и Омский голозерный 2. На сегодняшний день они являются стандартами при испытании вновь создаваемых сортов голозерного ячменя. При обобщении опыта работы сибирских селекционеров по созданию сортов голозерного ячменя следует отметить, что в основе их работы лежат широкое привлечение мировой коллекции голозерных ячменей и включение в гибридизацию лучших сортов пленчатого

ячменя как источников высокой адаптивности к условиям выращивания.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ

Вопрос об использовании голозерного ячменя впервые был рассмотрен А.Г. Быковцом (1949). Он предложил 4 направления использования: для производства крупы, кормов, пива и хлеба.

На первый взгляд может показаться, что нет никакой разницы в видах использования голозерных и пленчатых ячменей. На самом деле разница есть и довольно существенная. Она кроется в особенностях той и другой формы ячменя. Из зерна ячменя производят ячневую и перловую крупу. Для получения крупы высокого качества используются наиболее ценные сорта ячменя, которые, согласно ГОСТу, должны иметь желтый цвет зерна, натуру – не менее 630 г/л. По форме зерно должно быть эллиптическим или ромбическим; консистенция эндосперма – мучнистая; выход перловой крупы не менее 44 %; вкус каши не менее 4,5 баллов. Всем этим требованиям в большей степени отвечают сорта голозерного ячменя, прежде всего, потому, что благодаря высокому содержанию белка, каши из голозерного ячменя более питательны и калорийны. Кроме того, голозерные ячмени не требуют затрат на освобождение от цветочных пленок. Поэтому замена хотя бы части пленчатого ячменя на голозерный ячмень может оказаться весьма целесообразной.

Несмотря на большое значение ячменя как продовольственной культуры, он остается прежде всего кормовым растением (Жуковский, 1964). Ячмень используется для кормления сельскохозяйственных животных как зернофуражная, пастбищная и сенажная культура. Ячменная солома может скармливаться скоту и использоваться как подстилочный материал на животноводческих фермах. В ряде работ показано, что при добавлении в рацион животных зерна или зеленой массы голозерных сортов ячменя повышается их продуктивность: у кур повышается яйценоскость на 15–18 % и на 20–25 % повышается продуктивность крупного рогатого скота, повышаются привесы у свиней (Грязнов, 1996; Сурин, 2011; <http://innosfera.org/node/380>).

При кормлении смешанным кормом восстанавливается принцип сбалансированности рационов, что позволяет повысить эффективность использования кормов на 15–30 % (Корнеев, Клейменов, 1985).

Что касается использования голозерного ячменя в пивоварении, то еще в середине прошлого столетия было установлено, что «голозерный ячмень по ряду свойств имеет преимущество по сравнению с пленчатым. Он может быть прекрасно использован как сырье для приготовления пива. Для этого необходимо внести некоторые изменения в технологический процесс, например, заменив естественную фильтрацию через пленки искусственными фильтрами» (Быковец, 1949).

Как хлебное растение голозерный ячмень не имеет никаких перспектив, так как хлеб из ячменной муки обладает низким качеством – он довольно грубый, сладковатый на вкус, быстро черствеет. Поэтому ячменная мука применяется при выпечке хлеба только как добавка к пшеничной муке. Примесь ячменя к пшенице до 30 % не оказывает отрицательного влияния на вкусовые качества и степень черствости хлеба. Выращивание ячменя в качестве хлебного растения – вынужденная мера для высокогорных районов, так как там не растут пшеница и рожь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ литературы, посвященной изучению голозерного ячменя, свидетельствует о все возрастающем внимании к этой культуре. В основе такого внимания лежат некоторые свойства голозерного ячменя, которых нет у пленчатого ячменя. Это более высокое содержание в зерне белка и лизина, более высокое содержание β -глюкана, который ингибирует синтез холестерина и снижение стоимости продуктов после переработки голозерного ячменя. Отмечено, что в иностранной литературе приоритетными для изучения являются проблемы доместикации голозерных ячменей, их разнообразия, устойчивости к болезням и вредителям. Отечественная литература посвящена в основном вопросам практической селекции, изучению химического состава зеленой массы и зерна голозерного ячменя.

Исследования проводятся как классическими методами популяционной генетики (белковый полиморфизм, фенетический полиморфизм), так и современными методами с использованием ДНК-маркеров. Последние более интересны, так как позволяют изучать внутри- и межпопуляционный полиморфизм, пути расселения и микроэволюционные процессы в популяциях голозерного ячменя. Именно этим методом удалось показать, что полиморфизм голозерного ячменя существенно меньше, чем пленчатого. Было также показано, что Юго-Западный Иран является наиболее вероятным местом происхождения голозерного ячменя. Дальше он мигрировал в Афганистан, Пакистан, страны Юго-Восточной Азии, Китай, Корею и Японию. Миграция на Запад, к сожалению, не произошла, вероятно, потому, что голозерный ячмень не смог конкурировать с пшеницей и рожью, которые оказались более приспособленными к мезо- и ксерофитным условиям.

Из обзора литературы можно сделать заключение о том, что пленчатость или голозерность являются ключевыми признаками. Считается, что эти признаки помогут пролить свет на происхождение и доместикационную историю *Hordeum vulgare* в целом и голозерного ячменя в частности.

Скрещивания пленчатых ячменей с локальными местными сортами голозерного ячменя являются успешной стратегией их селекции. Поэтому местные сорта голозерного ячменя из Японии, Китая, стран Юго-Восточной Азии, Гималаев и Эфиопии представляют большую селекционную ценность. К сожалению, разнообразие этих форм постоянно сокращается. Необходимо предпринять меры для сохранения местных сортов и дикорастущих форм голозерного ячменя *in situ* и *ex situ*.

ЛИТЕРАТУРА

- Анисков Н.И., Калашник Н.А., Козлова Г.Я., Поползухин П.В. Голозерный ячмень в Западной Сибири. Омск: Сфера, 2007. 155 с.
- Бородыня А.Н., Кадычегев А.Н. Изменчивость признаков голозерного овса и ячменя в степных условиях Хакасии // Вестн. КрасГАУ. 2009. № 4. С. 51–55.
- Быковец А.Г. Голозерный ячмень, его разнообразие и пути селекции. М.: Сельхозгиз, 1949. 87 с.
- Вавилов Н.И. Мировые ресурсы сортов хлебных злаков зерновых, бобовых, льна и их использование в селекции. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. 462 с.
- Вавилов Н.И. Центры происхождения культурных растений. Избр. тр. М.; Л.: Наука, 1965. С. 94.
- Гарис Д.В. Селекционно-генетическая оценка сортов и гибридов голозерного и пленчатого ячменя в условиях Среднего Прииртышья: Дис. ... канд. с.-х. наук. Омск, 2008. 28 с.
- Гешеле Э.Э. Возникновение земледелия в Сибири // Сельское хозяйство Сибири. 1956. № 6. С. 95–96.
- Горшкова В.А., Кутова А.А. Изучение биохимических мутантов ярового ячменя // Эффективность химических мутагенов в селекции. М.: Наука, 1976. С. 194–197.
- Грязнов А.А. Ячмень Карабалыкский (корм, крупа, пиво). Кустанай: Кустанайский печатный двор, 1996. 446 с.
- Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи. Л.: Колос, 1964. С. 157–171.
- Иванов Н.Н. Биохимические показатели качества пивоваренного ячменя // Изв. АН СССР. 1939. Сер. биол. № 6. С. 887–897.
- Карпеченко Г.Д. Теория отдаленной гибридизации. Избр. тр. М.: Наука, 1971. С. 147–209.
- Кирдогло Е.К., Левицкий А.П., Гаркавый О.П. Влияние признака голозерности у ячменя на урожайность и кормовые достоинства зерна // Науч.-техн. бюл. ВСГИ. Одесса, 1982. С. 28–34.
- Киселева Г.Н. Специфичность мутагенеза при воздействии ЭМС с фитогормонами на разные стадии развития ячменя: Дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1977. 16 с.
- Киселева Г.Н., Солоненко Л.П. Изучение голозерного мутанта ячменя сорта Винер // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1981. № 5. Вып. 1. С. 82–88.
- Конарев В.Г., Дягилова Г.Е., Гаврилюк И.П., Трофимовская А.Я. Сортная идентификация ячменя по электрофоретическим спектрам гордеина // Бюл. ВИР. 1979. Вып. 92. С. 30–40.
- Корнеев П.Л., Клейменов Н. Оптимизация кормления сельскохозяйственных животных при экономном расходовании кормов // Междунар. с.-х. журнал. 1985. № 4. С. 52–56.
- Кукоева Т.В., Железнова Н.Б., Железнов А.В. Изучение исходного материала голозерных форм ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в условиях Новосибирской области // Тр. V Междунар. науч.-практ. конф. «Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых». Новосибирск, 2012. С. 314–317.
- Лукиянова М.В., Трофимовская А.Я., Гудкова Г.Н. и др. Ячмень // Культурная флора СССР. Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. Т. II. Ч. 2. С. 267–294.
- Нигматулин Ф.Г., Ошуров Н., Муминшоева З. Характеристика мутантов, индуцированных мутагенами у сорта голозерного ячменя Джау-Кабутак // Эффективность химических мутагенов в селекции. М.: Наука, 1976. С. 189–193.
- Орлов А.А. Ячмени Абиссинии и Эритреи // Тр. по прикл. ботан., генет. и селекции. 1929. Т. 20. С. 283–345.
- Пакуль В.Н. Результаты селекционной работы Кемеровского НИИСХ за период 1995–2005 гг. // Результаты и перспективы селекции сельскохозяйственных культур в селекцентрах Сибирского отделения Россельхозакадемии и их сети. Новосибирск, 2007. С. 20–24.
- Перуанская О.Н., Лебедева В.С. Аминокислотный состав

- зерна ячменя // Вестн. сельскохозяйственной науки Казахстана. 1980. № 7. С. 98.
- Першина Л.А. Отдаленная гибридизация ячменя: (генетические и биотехнологические аспекты): Дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 1995. 35 с.
- Сичкарь Н.М., Иванов Н.Н. Биохимия ячменя // Биохимия культурных растений М.; Л., 1958. Т. 1. С. 234–330.
- Сурина Н.А. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур Сибирской селекции и пути его совершенствования (пшеница, ячмень, овес). Новосибирск, 2011. 707 с.
- Трофимовская А.Я. Ячмень (эволюция, классификация, селекция). Л.: Колос, 1972. С. 145–160.
- Харлан Д.Р. Происхождение ячменя // Ячмень. М.: Колос, 1973. С. 9–60.
- Ходьков Л.Е. Голозерные и безостые ячмени. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1985. 133 с.
- Anis'kov N.I., Krolevets S.S. Study of naked barley cultivars of the VIR World collection under conditions of the Siberian Irtysh river region // Rus. Agricultural Sci. 2008. V. 34. P. 293–295.
- Atanassov P., Zaharieva M., Merah O., Monneveux P. Genetic and environmental variation useful traits in a collection of naked barley. II. Yield components and water efficiency // Cereal Res. Communications. 1999a. V. 27. No. 3. P. 315–322.
- Atanassov P., Zaharieva M., Perez Vendrell A.M., Monneveux P. Genetic and environmental variation of useful traits in a collection of naked barley II. Quality related traits // Cereal Res. Communications. 1999b. V. 27. No. 3. P. 323–330.
- Atanassov P., Borries Ch., Zaharieva M., Monneveux Ph. Hordein polymorphism and variation of agromorphological traits in a collection of naked barley // Genetic Res. and Crop Evol. 2001. V. 48. P. 353–360.
- Badr A., Muller K., Schafer-Pregl R. *et al.* On the origin and domestication history of Barley (*Hordeum vulgare* L.) // Mol. Biol. Evol. 2000. V. 17. No. 4. P. 499–510.
- Berglung P.T., Holm E.T., Factnaught C.E. Hulless barley: alternative uses // Barley Newsletter. 1993. V. 36. P. 130–131.
- Bhatty R.S. The potential of hull-less barley, a Review // Cereal Chemistry. 1986. V. 63. P. 97–103.
- Dickin E., Steele K., Edwards-Jones G., Wright D. Agronomic diversity of naked barley (*Hordeum vulgare* L.): a potential resource for breeding new food barley for Europe // Euphitica. 2012. V. 184. No. 1. P. 85–99.
- Doll H., Brown A.H.D. Hordein variation in wild (*Hordeum spontaneum*) and cultivated (*Hordeum vulgare*) barley // Canad. J. Genet. Cytol. 1979. V. 21. P. 391–404.
- Dziamba S., Rachon L. Differentiation of yield component in naked-grained and husked spring barley varieties grown in pure and mixed // Biuletyn Instytutu Hodowli Aklimatyzacji Roslin. 1988. V. 167. P. 79–85.
- Fedak G., Tsuchya T., Helgason S.B. Use of monotelotrisomics for linkage mapping in barley // Canad. J. Genet. Cytol. 1972. V. 14. P. 949–957.
- Goldenberg Z.V., Kvachadze M.V. Content of protein and amino acid tryptophan in a grain of some forms of barley // Soobshcheniya Akademii Nauk Gruzinskoi SSR. 1990. V. 139. P. 397–400.
- Helback H. Domestication of food plants in the old world // Science. 1959. V. 153. P. 365–372.
- Heisel S.E., Peterson D.M., Jones B.L. Identification of US barley cultivars by SDS – PAGE of hordeins // Cereal Chemistry. 1986. V. 63. P. 500–505.
- Kikuchi S., Taketa S., Ichii M., Kawasaki S. Efficient fine mapping of naked caryopsis gene (*nud*) by HEGS (High Efficiency Genome Scanning)/AFLP in barley // Theor. and Appl. Genet. 2003. V. 108. P. 73–78.
- Manjunatha T., Bisht I.S., Bhat K.V., Singh B.P. Genetic diversity in barley (*Hordeum vulgare* L., ssp. *vulgare*) landraces from Uttarakhand Himalaya of India // Genetic Res. Evol. 2007. V. 54. P. 55–65.
- Maralejo M., Romagosa I., Salcedo G. *et al.* On the origin of Spanish two-rowed barleys // Theor. Appl. Genet. 1994. V. 87. P. 829–836.
- Murphy P.J., Witcombe J.R. Covered and naked barleys from the Himalaya. 1. Evidence of multivariate differences between two types // Theor. Appl. Genet. 1986. V. 71. P. 730–735.
- Newman R.K., Levis S.E., Newman C.V. *et al.* Hypocholesterolemic effect of barley food on healthy men // Nutr. Rep. Inst. 1989. V. 39. P. 749–760.
- Nybohm N. Mutation types in barley // Acta Agric. Scand. 1954. V. 4. P. 430–450.
- Oscarsson M., Anderson R., Solomonsson A., Aman P. Chemical composition of barley samples on dietary fibre components // J. Cereal Sci. 1996 V. 24. P. 161–170.
- Roininen J., Nissila E., Puolimatka M., Pulli S. Identification of barley cultivars using SDS-PAGE // Agric. Sci. Finl. 1992. No. 1. P. 73–82.
- Rosnagel B.G. Developing high energy hulless feed barley for Western Canada // Proc. 4th Intern. Barley Symp. 1981. Edinburgh, UK, 1981. P. 293.
- Shewry P.R., Mifflin B.J. Genes for storage proteins of barley // Quality of Plant Foods for Human Nutriment. 1982. V. 31. P. 251–257.
- Shewry P.R., Finch R.A., Palmer S. *et al.* Chromosomal location of *Hor-3* new locus governing storage proteins in barley // Heredity. 1983. V. 50. P. 179–190.
- Takahashi R. The origin and evolution of cultivated barley // Adv. Genet. 1955. Issue 7. P. 227–266.
- Taketa S., Kikuchi S., Awayama T. *et al.* Monophyletic origin of naked barley inferred from molecular analyses of a marker closely linked to the naked caryopsis gene (*nud*) // Theor. Appl. Genet. 2004. V. 108. P. 1236–1242.
- Taketa S., Amano S., Tsujino Y. *et al.* Barley grain with adhering hulls is controlled by ERF family transcription factor gene regulating a lipid biosynthesis pathway // Proc. Natl Acad. Sci. USA. 2008. V. 105. No. 10. P. 4062–4067.
- Weber F.E., Qureshi A.A., Lupton J.R., Chaudhary V. Suppression of cholesterol biosynthesis by tocotrienol of barley bran and barley oil in hypercholesterolemic man and women // Sixth International Barley Symposium / Ed. L. Munck. Helsingborg, Sweden, 1991. 469 p.

NAKED BARLEY: ORIGIN, DISTRIBUTION, AND PROSPECTS OF UTILISATION

A.V. Zhelesnov¹, T.V. Kukoeva², N.B. Zheleznova¹

¹ Siberian Research Forage Institute, Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia
e-mail: korma@online.nsc.ru

² Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia
e-mail: kukoeva@bionet.nsk.ru

Summary

This article presents one of the most interesting forms of barley (*Hordeum vulgare* L.) and characterizes its chemical composition and productivity. It is shown that modern methods of molecular biology provide much deeper insight into the domestication history and diversity of naked barley than common methods of population genetics. The importance of selection for increasing naked barley yield and, as a consequence, for expanding its cultivation area is emphasized. Methods and directions of breeding are considered in this respect. Germplasm from South-East Asia, China, Japan, and other regions is of special significance for naked barley selection. That is why great attention should be paid to its preservation.

Key words: barley, naked barley, productivity, protein, breeding, vegetation period, adaptation, character, genetics.