

АГРОНОМИЯ

УДК 633.16:631.527:631.523:575.174.015.3

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-237-7-5-12

Л.М. Ерошенко, М.М. Ромахин, Н.А. Ерошенко,
И.А. Дедушев, В.В. Ромахина, М.А. Болдырев
L.M. Eroshenko, M.M. Romakhin, N.A. Eroshenko,
I.A. Dedushev, V.V. Romakhina, M.A. Boldyrev

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВЫХ МАРКЕРОВ В СЕЛЕКЦИИ НА ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СОРТОВ ЯЧМЕНЯ

USE OF PROTEIN MARKERS IN PLANT BREEDING TO IMPROVE THE QUALITY OF BARLEY VARIETIES

Ключевые слова: ячмень яровой, сорта, белок, экстрактивность, полиморфизм гордеинов, белковые маркеры.

Исследования проводили методом белковых маркеров с целью повышения основных показателей качества зерна при создании сортов целевого направления использования. Методом электрофореза в крахмальном геле изучен полиморфизм гордеинов 36 гомогенных номеров конкурсного сортоиспытания. Изучение аллельного состава гордеинкодирующих локусов селекционного материала позволило выявить варианты A4, A23, B4, B164 и F3, четко связанные с низкими параметрами содержания белка (10,8-11,5%) и высокими показателями экстрактивных веществ (81,1-82,6%) в зерне ячменя. Для кормовых целей ценными оказались аллели A126, B21, B25, F1, сопряженные с более высоким уровнем белка (12,6-13,3%). Показатели качества зерна универсального использования ассоциированы с аллельными вариантами A2, A23, B28, F2. По частоте встречаемости аллелей установлено, что основное направление отбора у пивоваренных ячменей направлено в сторону вариантов аллелей A23 (11,1%), B45 (8,3%), B164 (11,1%), F3 (22,2%). Кормовые сорта характеризовались высокой частотой встречаемости аллелей A2 (22,2%), B25 (25,0%), F2 (27,8%), а универсальные – аллелями A2 (22,2%), B8 (25,0%), F2 (22,2%). Выявлены формулы гордеина, сочетающие аллели, характерные для лучших сортов пивоваренного (A2 B45 F2; A2 B45 F3; A23 B164 F3; A4 B164 F3), универсального (A2 B8 F2; A18 B8 F2; A23 B8 F2) и кормового ячменя (A2 B25 F1).

Keywords: spring barley, varieties, protein, extract potential, hordein polymorphism, protein markers.

The research was carried out in order to increase the main indices of grain quality by the method of protein markers when developing varieties of the targeted use. Hordein polymorphism of 36 homogeneous accessions of competitive variety testing was studied by electrophoresis in starch gel. The study of the allelic composition of the hordein-coding loci of the breeding material revealed the variants A4, A23, B4, B164 and F3 clearly associated with low protein content parameters (10.8-11.5%) and high extractive substances (81.1-82.6%) in barley grain. The alleles A126, B21, B25, F1, associated with a higher protein level (12.6-13.3%), turned out to be valuable for feed purposes. Grain quality indices of universal use are associated with allelic variants A2, A23, B28, and F2. According to the frequency of allele occurrence, it was found that the main direction of selection in malting barley was in the direction of allele variants A23 (11.1%), B45 (8.3%), B164 (11.1%), F3 (22.2%). The forage varieties were characterized by a high frequency of A2 (22.2%), B25 (25.0%), F2 (27.8%) alleles, and universal varieties - A2 (22.2%), B8 (25.0%), F2 (22.2%) alleles. The formulas of hordein combining alleles characteristic of the best varieties of malting barley (A2 B45 F2; A2 B45 F3; A23 B164 F3; A4 B164 F3), universal barley (A2 B8 F2; A18 B8 F2; A23 B8 F2) and forage barley (A2 B25 F1) were identified.

Ерошенко Любовь Михайловна, к.с.-х.н., зав. лабораторией, ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка», Московская обл., Российская Федерация, e-mail: eroshenko.lm@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8513-6665>.

Eroshenko Lyubov Mikhailovna, Cand. Agr. Sci., Head of Laboratory, Federal Research Center "Nemchinovka", Moscow Region, Russian Federation, e-mail: eroshenko.lm@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8513-6665>.

Ромахин Максим Михайлович, к.с.-х.н., вед. науч. сотр., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка», Московская обл., Российская Федерация, e-mail: rmax1@ya.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5691-1020>.

Ерошенко Николай Анатольевич, к.с.-х.н., ст. науч. сотр., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка», Московская обл., Российская Федерация, e-mail: mosniish@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0002-6701-416X>.

Дедушев Иван Александрович, науч. сотр., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка», Московская обл., Российская Федерация, e-mail: dedushev_95@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5059-9299>.

Ромахина Виктория Валерьевна, науч. сотр., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка», Московская обл., Российская Федерация, e-mail: vikromakhina@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9996-4998>.

Болдырев Михаил Александрович, науч. сотр., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка», Московская обл., Российская Федерация, e-mail: mbold1911@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7421-0321>.

Romakhin Maksim Mikhaylovich, Cand. Agr. Sci., Leading Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", Moscow Region, Russian Federation, e-mail: rmax1@ya.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5691-1020>.

Eroshenko Nikolay Anatolevich, Cand. Agr. Sci., Senior Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", Moscow Region, Russian Federation, e-mail: mosniish@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0002-6701-416X>.

Dedushev Ivan Aleksandrovich, Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", Moscow Region, Russian Federation, e-mail: dedushev_95@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5059-9299>.

Romakhina Viktoriya Valerevna, Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", Moscow Region, Russian Federation, e-mail: vikromakhina@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9996-4998>.

Boldyrev Mikhail Aleksandrovich, Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", Moscow Region, Russian Federation, e-mail: mbold1911@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7421-0321>.

Введение

Ячмень – одна из широко распространенных зерновых культур в Российской Федерации, уступающая по посевным площадям только пшенице. Он является не только главной зернофуражной культурой, но и служит отличным сырьем для приготовления солода в пивоварении, а также производства ячневой и перловой крупы в пищевом производстве.

Создание адаптированных к различным экологическим факторам высококачественных сортов ярового ячменя является важнейшим направлением селекции этой культуры. В связи с этим изучение генетической основы признаков качества ячменя при создании сортов различного направления использования своевременно и актуально [1].

В зависимости от использования ячменя в комбикормовой, пищевой, пивоваренной и солодовенной промышленности к его химическому составу зерна предъявляются специфические требования.

Известно, что важнейшим критерием качества при целевом использовании ячменя является уровень белка и экстрактивных веществ, процентное содержание которых в зерне ячменя регламентируется национальным стандартом или функциональными свойствами, положительно связанными с формированием нужных потребительских характеристик готового продукта. Статистический анализ экспериментальных данных указывает на достаточно сильную взаимозависимость между этими параметрами [2].

Важно подчеркнуть, что селекция пивоваренных, кормовых и крупяных сортов ячменя должна быть целенаправлена на улучшение качества зерна в соответствии с требованиями перерабатывающей индустрии.

Для ячменя это два основных и часто диаметрально противоположных по содержанию важнейших показателей качества направлений селекции – улучшение пивоваренных достоинств и создание ценных зернофуражных и пищевых сортов ячменя.

Согласно национальному стандарту ГОСТ 5060-2021 для солодоращения пригодны сорта с содержанием белка в зерне не более 12,0%, при этом экстрактивность в перерасчете на сухое вещество не нормируется. В то же время, по мнению пивоваров, наиболее подходящими для приготовления пивного солода считаются ячмени с содержанием белка от 10,5 до 11,5% и с содержанием экстрактивных веществ более 80,0% [3].

В кормовом ячмене и крупяных изделиях содержание белка и экстрактивных веществ в зерне ячменя не лимитировано (ГОСТ 28672-2019), однако с их повышением значительно улучшается качество продукции.

В развитии сельскохозяйственной науки и решении научных и практических задач селекции ячменя целевого направления, особенно при отборе селекционного материала по комплексу признаков, контролируемых полигенами, исключительно важную роль играют биометрические способы анализа количественных признаков [4]. Не в меньшей мере для ускорения

процессов селекционного улучшения таких показателей необходимы современные подходы оценки селекционного материала, основанные на анализе генотипа, в том числе применении белковых маркеров [5, 6].

Именно метод электрофореза, основанный на биологической специфичности белка, является малозатратным, информативным и надежным способом целенаправленного улучшения показателей качества [7].

В пользу такого утверждения свидетельствует то, что электрофоретические блоки компонентов, контролируемые полиморфными локусами, не зависят от условий и места выращивания зерна. Более того аллели (варианты блоков компонентов) и сцепленные с ними локусы по-разному влияют на адаптивные свойства и показатели качества ячменя и могут быть эффективной маркерной оценкой генетических систем, определяющих выраженность количественных признаков качества [8].

Таким образом, идентификация блоков компонентов и их аллельных вариантов, являющихся белковыми маркерами полезных признаков, наравне с другими средствами генетического анализа рассматривается нами как элемент так называемой маркеропосредованной селекции, позволяющей выделять ценные ассоциации генов и проводить отбор по качеству зерна уже на ранних этапах селекции [10].

Дифференциация генотипов по показателям содержания белка и экстрактивных веществ с использованием белковых маркеров, соответствующих генам, аллели которых имеют отличия на уровне белкового продукта, способствует упрощению и значительному повышению вероятности создания сортов с запланированными характеристиками при использовании для пищевых, пивоваренных или кормовых целей (Зобова). Наибольший интерес представляют белковые маркеры локусов *Hrd A*, *Hrd B* и *Hrd F* со значительным количеством аллельных вариантов, которые с наибольшей результативностью могут быть использованы в практической селекции для маркерконтролирующего отбора генотипов различного целевого использования [8].

Цель и задачи – изучение генетического разнообразия номеров конкурсного сортоиспытания селекции ФИЦ «Немчиновка» по белковым маркерам с целью использования этих сведений в селекции на повышение качественных параметров ячменя.

Материал и методы

Исходным материалом для исследований послужили сорта и линии ячменя конкурсного сортоиспытания селекции ФИЦ «Немчиновка». Изучение полиморфизма гордеина для выявления маркеров, сопряженных с количественными признаками, характеризующими качество зерна ячменя, проанализирован у 36 номеров, отличающихся однородностью компонентного состава гордеина. Погодные условия в годы исследования (2022-2023 гг.) были различными по температурному режиму и количеству выпавших осадков. Согласно классификации гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова, как показателя, влияющего на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур, вегетационный период ярового ячменя в 2022 г. по температурному режиму и влагообеспеченности характеризовался как относительно сухой (ГТК=0,9), а условия вегетации ячменя в 2023 г. отмечены как относительно оптимальные для развития растений (ГТК=1,33).

Биохимические показатели качества зерна ячменя (содержание белка, экстрактивность) определены следующими методами: ГОСТ 10846-91 Зерно. Метод определения белка; ГОСТ 12136-77 Зерно. Метод определения экстрактивности ячменя.

Электрофорез гордеинов (*Hrd*) выполнен в 13%-ном крахмальном геле в присутствии 3 М мочевины в алюминий-лактатном буфере с pH 3,1 по методике, утвержденной НТС Министерства сельского хозяйства.

Результаты и обсуждение

В результате проведенного электрофоретического анализа гордеина у 36 гомогенных селекционных форм было выявлено восемь вариантов блоков компонентов, контролируемых аллелями локуса *Hrd A* (*A2*, *A4*, *A12*, *A18*, *A21*, *A23*, *A28*, *A126*), десять вариантов – аллелями локуса *Hrd B* (*B1*, *B6*, *B8*, *B19*, *B2*; *B25*, *B45*, *B67*, *B164*, *B129*) и три варианта – аллелями локуса *Hrd F* (*F1*, *F2*, *F3*), способными внести свой определенный вклад в формирование признака качества.

Исследование вариантов блоков компонентов локусов *Hrd A*, *Hrd B*, *Hrd F* по их воздействию на степень проявления количественных признаков позволило установить причинно-следственную связь между генотипом и фенотипом, являющуюся основой геномной технологии для раннего прогнозирования биохимических

показателей качества методом электрофореза (Чесноков, Косолапов). В свою очередь, фенотип количественных признаков, считающийся результатом соотношения доминирующих аллелей и окружающей среды, predeterminedil использование показателей качества, полученных в различных по влагообеспеченности условиях вегетации.

Корреляционный анализ обнаружил наличие существенной отрицательной связи между уровнем белка и экстрактивных веществ в зерне сортообразцов как в отдельные годы ($r=-0,75\pm 0,04$; $r=-0,84\pm 0,05$), так и между их средними значениями ($r=-0,86\pm 0,07$), источник которой определенно кроется в генетической программе сортов ячменя. Выявление взаимозависимости параметров обусловило возможность использования маркеров, тесно связанных с обоими показателями качества.

Анализ аллельного состава гордеинкодирующих локусов селекционного материала позволил выявить аллельные варианты, сопряженные с важнейшими характеристиками зерна ячменя. Было отмечено, что надежными ориентирами в селекции на повышение пивоваренных свойств могут быть аллели *A4* и *A23*, играющие существенную роль в формировании относительно низких средних значений содержания белка (10,8-11,5%) и повышенных средних показателей содержания экстрактивных веществ в зерне изучаемых генотипов (81,1-82,6%). Для кормовых целей более ценным оказался аллель *A126*, обнаруженный в новой селекционной линии 16/1-16 h 1234, которая сформировала в оба года зерно с содержанием белка на уровне 12,7-13,3%, при этом доля экстрактивных веществ в нем составляла 79,6-80,5%.

В результате электрофореза гордеина выявлены аллели *B45* и *B164* локуса *Hrd B*, на наш взгляд, имеющие определяющее значение в селекции на повышение пивоваренных качеств сортов ячменя. Сорты и линии, несущие в локусе *Hrd B* эти аллели, в различных условиях возделывания формировали зерно с оптимально низким содержанием белка в зерне (10,4-11,5%) и характеризовались довольно высокими параметрами экстрактивности (81,7-82,6 %).

Проведенные исследования выделили две группы ячменей, отличающиеся относительно других селекционных номеров наибольшим количеством белковых веществ в зерне. Также установлено, что улучшенная кормовая цен-

ность по содержанию протеина (12,5-13,4%) и экстрактивных веществ в зерне (78,8-80,0%) у них имела отношение к аллельным вариантам *B21* и *B25* гордеинкодирующего локуса *Hrd B*.

Три варианта блоков компонентов горденина *F* по-разному оказывали воздействие на уровень показателей качества. Так, аллель *F3* локуса *Hrd F* оказался четко связанным с низкими параметрами содержания белка (10,8-11,5%) и высокими показателями экстрактивных веществ (81,2-82,1%) в зерне, рекомендуемыми при использовании ячменя на пивоваренные цели. Наряду с этим аллельный вариант *F1* обеспечивал формирование фуражного ячменя с содержанием протеина в пределах 12,1-12,9%, а вариант *F2* контролировал белок на уровне 11,3-12,5% (табл. 1).

Для сравнительного анализа частоты встречаемости идентифицированных аллелей локусов *Hrd A*, *Hrd B* и *Hrd F* в сортообразцах различного направления использования показатели качества изучаемых генотипов были разбиты на три группы.

В результате идентификации аллелей локуса *Hrd A* в номерах конкурсного сортоиспытания селекции ФИЦ «Немчиновка» было установлено, что доминирующим аллелем был вариант *A2*, обнаруженный в спектрах 19 селекционных форм ячменя (52,8%). На втором месте по встречаемости был аллель *A23* (25,0%), отмеченный в сорте Рафаэль и 8 селекционных линиях. Частота встречаемости других аллелей этого локуса находилась в пределах 2,8-5,6%.

Группа сортообразцов пивоваренного направления включала 11 номеров, у которых в годы исследования доля белковых веществ в зерне находилась на уровне 10,4-11,5%, а экстрактивность превышала 81,0%. В локусе *Hrd A* таких ячменей выделились варианты аллелей *A4*, *A2* и *A23*, частота встречаемости которых, соответственно, составляла 5,6; 8,3 и 11,1%.

В наборе ячменей универсального и кормового направления использования, куда вошли 13 сортообразцов, пригодных для пивоварения и производства крупы с содержанием белка в зерне от 11,6 до 12,5% и экстрактивных веществ – от 79,6 до 80,9%, и 12 селекционных номеров фуражного использования с высоким уровнем обменной энергии за счет повышенного содержания протеина (12,6-13,5%) самым распространенным был аллель *A2*, выявленный с высокой частотой встречаемости (44,4%) в спек-

трах образцов этих групп. Среди универсальных форм ячменя по частоте встречаемости проявил себя аллель *A23* (13,9%).

Наиболее популярным вариантом по локусу *Hrd B* в группе универсальных ячменей был аллель *B8* (25,0%), в группе кормовых – аллель *B25* (25,0%). Среди пивоваренных ячменей этого локуса по частоте встречаемости выделились варианты аллелей *B45* (8,3%) и *B164* (11,1%), а частоты аллелей *B19*, *B21* и *B67* находились в пределах 2,8-5,6%.

По локусу *Hrd F* максимальную встречаемость в группе пивоваренных образцов имел аллель *F3* (22,2%), в группе универсальных – аллель *F2* (25,0%), в группе кормовых – аллель *F1* (27,8%).

Таким образом, выявлены наиболее характерные варианты аллелей для групп ячменей различного направления использования (табл. 2).

В связи с тем, что определенные аллельные варианты блоков компонентов гордеинов ассоциированы с высоким или низким значением показателей качества, то в процессе отбора может происходить дифференциация селекционного материала по определенному сочетанию

маркирующих аллелей гордеинкодирующих локусов *Hrd A*, *Hrd B* и *Hrd F*. В результате проявляются различные варианты формул гордеинов, оценивающие использование районированных и перспективных сортов на пивоваренные, пищевые или кормовые цели.

Анализ 9 лучших сортообразцов пивоваренного ячменя выявил четыре группы селекционных форм, отмеченных двумя одинаковыми формулам гордеина. Сорт Надежный и линия 61/1-18 h 1340 характеризовались формулой *Hrd A2 B45 F2*, а сорт Рафаэль и линия 61/1-18 h 1340 отличались вариантом *Hrd A23 B19 F1*. Формула *Hrd A23 B 164 F3* принадлежала селекционным линиям 58/4-15 h 1156 и 88/3-16 h 1156, а формула *Hrd A4 B164 F3* – сорту Добродей и селекционной линии 72/1-19 h 1324. Формула сорта Эрудит имела уникальную формулу *Hrd A2 B 45 F3*. Сорта пивоваренной группы ячменей на 0,18-1,26 т/га превосходили среднесортную урожайность и на 1,0-2,0% средний уровень экстрактивности самых лучших селекционных номеров конкурсного сортоиспытания, а по среднему содержанию белка в зерне соответствовали не только национальному стандарту, но и требованиям пивоваров (10,5-11,4%).

Таблица 1

Сравнительная оценка аллельных вариантов блоков компонентов *Hrd A*, *Hrd B* и *Hrd F* по степени влияния на накопление белка и экстрактивных веществ в зерне ячменя, 2021-2023 гг.

Варианты аллелей	Содержание белка, %			Экстрактивность, %		
	\bar{x}	Ymin	Ymax	\bar{x}	Ymin	Ymax
<i>Hrd A 2</i>	12,2	11,6	12,8	80,3	79,9	80,6
<i>Hrd A 4</i>	10,8	10,6	10,9	82,6	82,3	82,8
<i>Hrd A 12</i>	12,5	12,7	12,6	79,4	79,3	79,5
<i>Hrd A 18</i>	11,7	11,4	12,0	79,7	79,5	80,0
<i>Hrd A 21</i>	12,2	11,3	13,2	79,8	79,1	80,5
<i>Hrd A 23</i>	11,5	11,0	12,0	81,1	80,9	81,3
<i>Hrd A 28</i>	11,6	10,8	12,4	80,9	80,2	81,6
<i>Hrd A 126</i>	13,0	12,7	13,3	80,0	79,6	80,5
<i>HrdB 1</i>	11,8	11,7	11,9	81,2	80,8	81,0
<i>HrdB 6</i>	12,1	11,4	12,8	80,6	80,4	80,8
<i>HrdB 8</i>	12,2	11,6	12,8	80,2	79,8	80,4
<i>HrdB 19</i>	11,6	11,1	12,1	79,4	79,3	79,5
<i>HrdB 21</i>	12,6	12,5	12,7	79,4	79,5	79,4
<i>HrdB 25</i>	12,8	12,1	13,4	79,5	78,9	80,0
<i>HrdB 45</i>	11,1	10,6	11,5	82,0	81,7	82,2
<i>HrdB 67</i>	11,6	10,6	12,5	80,0	79,3	80,7
<i>HrdB 164</i>	10,8	10,4	11,1	82,2	81,8	82,6
<i>HrdB 209</i>	12,2	11,6	12,7	80,4	79,8	81,0
<i>HrdF 1</i>	12,5	12,1	12,9	79,7	79,2	80,2
<i>HrdF 2</i>	11,9	11,3	12,5	80,0	79,4	80,6
<i>HrdF3</i>	11,2	10,8	11,5	81,6	81,2	82,1

Таблица 2

Распределение частот встречаемости аллелей у сортообразцов ярового ячменя, различающихся по уровню содержания белка и экстрактивных веществ в зерне, 2021-2023 гг.

HrdA	Количество, шт.	%	HrdB	Количество, шт.	%	HrdF	Количество, шт.	%
Пивоваренное направление, белок 10,4-11,5%, экстрактивность 81,1-82,6%								
A2	3	8,3	B19	2	5,6	F2	3	8,3
A4	2	5,6	B21	1	2,8	F3	8	22,2
A23	4	11,1	B45	3	8,3			
A28	1	2,8	B67	1	2,8			
A18	1	2,8	B164	4	11,1			
Универсальное направление, белок 11,6-12,5%, экстрактивность 79,6-80,9%								
A2	8	22,2	B8	9	25,0	F1	2	5,6
A23	5	13,9	B19	3	8,3	F2	9	25,0
			B21	1	2,8	F3	2	5,6
Кормовое направление, белок 12,6-13,3%, экстрактивность 78,2-79,5%								
A2	8	22,2	B1	1	2,8	F1	10	27,8
A12	1	2,8	B6	1	2,8	F2	2	5,6
A21	2	5,6	B25	9	25,0	F3		
A126	1	2,8	B209	1	2,8			

Таблица 3

Характеристика высокоурожайных сортов и селекционных линий ярового ячменя разностороннего использования, 2021-2023 гг.

Сорт, линия	Hrd ABF	Белок, %		Экстрактивность, %		Урожайность, т/га	
		\bar{x}	lim	\bar{x}	lim	\bar{x}	lim
Знатный	2.8.2	12,0	11,8/12,1	81,2	81,1/81,2	6,12	6,09/6,15
31/3-19 h 1433	2.8.2	12,4	12,4/12,5	78,4	78,0/78,9	6,44	6,11/6,78
Нур	2.25.1	12,8	12,6/12,9	78,8	78,5/79,0	5,78	4,99/6,58
Златояр	2.25.1	13,1	12,8/13,4	78,2	77,0/79,3	5,56	5,05/5,97
Любаяр	2.25.1	13,2	12,9/13,5	79,8	79,3/80,3	6,60	5,96/7,25
Зоран	2.25.1	13,1	12,3/13,9	79,6	79,4/79,7	6,54	6,17/6,92
85/3-16 h1149	2.25.1	12,8	12,4/13,3	79,7	79,5/79,9	6,38	5,37/7,38
119/9-16 h 283	2.25.1	13,2	12,6/13,8	79,0	78,0/80,0	6,20	5,64/6,76
Надежный	2.45.2	11,2	10,9/11,4	81,6	80,7/82,6	6,76	6,43/7,10
61/1-18 h 1340	2.45.2	10,9	10,4/11,3	81,6	81,5/81,7	7,58	7,56/7,60
Эрудит	2.45.3	11,3	11,1/11,5	82,0	81,6/82,4	7,48	6,99/7,98
Милан	18.8.2	12,0	11,8/12,1	79,7	79,5/79,9	6,46	6,11/6,82
Белозар	18.8.2	12,2	11,9/12,4	79,5	79,3/79,7	6,78	6,58/6,93
94/1-17 h 1359	23.8.2.	12,0	11,9/12,2	79,1	78,9/79,3	6,46	6,34/6,57
89/5-19 h 1413	23.8.2	11,8	11,6/12,1	79,5	79,1/79,9	6,42	6,30/6,55
Рафаэль	23.19.1	10,8	10,1/11,5	81,4	80,5/82,3	6,61	6,64/7,18
60/3-16 h 1176	23.19.1	11,4	11,3/11,4	81,6	81,0/82,1	7,15	6,56/7,72
88/3-16 h 1156	23.164.3	11,0	10,6/11,5	82,1	81,9/82,3	7,04	6,58/7,51
58/4-15 h1156	23.164.3	10,5	10,3/10,7	81,8	80,0/82,7	7,14	5,92/8,36
Добродей	4.164.3	10,9	11,6/10,2	82,3	81,8/82,8	7,50	6,63/8,38
72/1-19 h 1324	4.164.3	10,7	10,6/10,8	82,4	82,3/82,5	7,99	7,02/8,96

Сорта Нур, Златояр, Любаяр, Зоран и селекционные линии 85/3-16 h 1149, 119/9-16 h 283 с одинаковой формулой гордеина *Hrd A2 B25 F1* вошли в группу сортообразцов фуражного

направления. По среднегрупповым значениям экстрактивности и показателю урожайности они уступали номерам пивоваренного ячменя, соответственно, на 2,5 и 15,1%, однако по доле бел-

ковых веществ в зерне (12,8-13,2%) имели преимущество.

Группу высокоадаптивных универсальных сортов характеризовали три варианта формул гордеинов с одинаковым сочетанием аллелей локусов *Hrd A* и *Hrd B*. Генетическая формула гордеина *Hrd A2 B8 F2* идентифицирована у сорта Знатный и линии 31/3-19 h 1433. Новые сорта Милан и Белозар отмечены вариантом формулы *Hrd A18 B8 F2*, а селекционные линии 94/1-17 h 1359 и 89/5-19 h 1413 – вариантом *Hrd A23 B8 F2* (табл. 3).

Заключение

В результате анализа электрофоретических спектров гордеина выявлены различия по блокам компонентов у 36 гомогенных номеров конкурсного сортоиспытания селекции ФИЦ «Немчиновка».

При изучении состава гордеина сортообразцов, распределенных на группы пивоваренных, универсальных и кормовых ячменей, установлены характерные и преобладающие в каждой группе сортов аллели гордеинкодирующих локусов.

Установлено, что основные показатели качества пивоваренных, универсальных и кормовых сортов обусловлены комбинацией определенного рода аллельных вариантов гордеинкодирующих локусов. Исходя из этого, выявление генетических формул, ассоциированных с взаимосвязанными признаками качества, позволит более целенаправленно создавать новые сорта ячменя, обладающие оптимальным для направлений использования комплексом лучших аллелей, сокращая при этом сроки селекционной работы.

Библиографический список

1. Рыбалка, А. И. Современные направления улучшения качества зерна ячменя / А. И. Рыбалка, М. М. Копусь, Д. П. Донцов. – Текст: непосредственный // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – № 3 (3). – С. 18-19.
2. Донцов, Е. Г. Анализ зависимости пивоваренных показателей у сортов ярового ячменя различных по экологическому происхождению / Е. Г. Донцов, Е. Г. Филиппов, А. А. Донцова. – Текст: непосредственный // Владимирский земледелец. – 2012. – № 12 (59). – С. 22-24.
3. Гамзаева, Р. С. Динамика активности амилалитических ферментов в прорастающих зерновках ярового ячменя, выращенного на воз-

растающих дозах азотных удобрений / Р. С. Гамзаева. – Текст: непосредственный // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 9-11.

4. Михкельман, В. А. Совершенствование методов селекции ярового ячменя в РГАУ-ММСХА имени К. А. Тимирязева / В. А. Михкельман, Р. К. Кадиков, А. В. Мельников. – Текст: непосредственный // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – Вып. 6. – С. 26-47.

5. Новикова, А. А. Возможности маркер-ориентированной селекции для создания сортов ячменя, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам / А. А. Новикова, О. В. Богданова. – Текст: непосредственный // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104, № 1. – С. 138-148.

6. Источники ценных признаков в селекции ячменя на адаптивность / Н. А. Сурин, Н. В. Зобова, Н. Е. Ляхова [и др.]. – Текст: непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 6. – С. 36-40.

7. Чесноков, Ю. В. Биохимические маркеры в генетических исследованиях культурных растений: применимость и ограничения / Ю. В. Чесноков. – Текст: непосредственный // Сельскохозяйственная биология. 2019. – Т. 54, № 5. – С. 863-874.

8. Генетические маркеры в лабораторном сортовом контроле ячменя / А. А. Поморцев, Е. В. Лялина, Н. А. Терещенко [и др.]. – Текст: непосредственный // Генетика. – 2021. – Т. 57, № 9. – С. 1054-1061.

9. Cai, Guolin, You, Lihua, Li, Xiaomin, et al. (2016). Cultivar discrimination/segregation of representative Australian malting barley by quantitative real-time PCR using seed hordein marker. *Journal of the Institute of Brewing*. 122. DOI: 10.1002/jib.367.

10. Кудрявцев, А. М. Маркер – опосредованная селекция растений / А. М. Кудрявцев. – Текст: непосредственный // Молекулярная и прикладная генетика. – 2009. – Т. 9. – С. 28-31.

11. Спектры проламинов в агроэкологической оценке коллекционного материала ячменя / Н. В. Зобова, Н. А. Сурин, С. А. Герасимов [и др.]. – Текст: непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 5. – С. 45-47.

12. Чесноков, Ю. В. Генетические ресурсы растений и ускорение селекционного процесса / Ю. В. Чесноков, В. М. Косолапов. – Москва: ООО «Угрешская типография», 2016. – 172 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Rybalka A.I., Kopus M.M., Dontsov D.P. Sovremennye napravleniia uluchsheniia kachestva zerna iachmenia // Agrarnyi vestnik Iugo Vostoka. 2009. No. 3 (3). S.18-19.

2. Dontsov E.G., Filippov E.G., Dontsova A.A. Analiz zavisimosti pivovarenykh pokazatelei u sortov iarovogo iachmenia razlichnykh po ekologicheskomu proiskhozhdeniiu // Vladimirskii zemledelets. 2012. No.12. (59). S. 22-24.

3. Gamzaeva R.S. Dinamika aktivnosti amiloliticheskikh fermentov v prorstaiushchikh zernovkakh iarovogo iachmenia, vyrashchennogo na vozrastaiushchikh dozakh azotnykh udobrenii // Nauchnoe obespechenie razvitiia APK v usloviakh importozameshcheniia: sb. tr. nauchn.konf. – Sankt-Peterburg. 2018. S. 9.-11.

4. Mikhkelman V.A., Kadikov R.K., Melnikov A.V. Sovershenstvovanie metodov selektsii iarovogo iachmenia v RGAU-MSKhA imeni K.A. Timiriazeva // Izvestiia TSKhA. 2018. Vyp. 6. S. 26-47.

5. Novikova A.A., Bogdanova O.V. Vozmozhnosti marker-orientirovannoi selektsii dlia sozdaniia sortov iachmenia, ustoichivykh k bioticheskim i abioticheskim faktoram // Zhivotnovodstvo i kormoproduktivnost. 2021. T. 104. No. 1. S. 138-148.

6. Surin N.A., Zobova N.V., Liakhova N.E., Neshumaeva N.V., Plekhanova L.V., Chuslin A.A., Onufrienok T.V., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. Istochniki tsennykh priznakov v selektsii iachmenia na adaptivnost // Dostizheniia nauki i tekhniki APK. 2016. T. 30. No. 6. S. 36-40.

7. Chesnokov Iu.V. Biokhimicheskie markery v geneticheskikh issledovaniiax kulturnykh rastenii: primenimost i ogranicheniia // Selskokhoziaistvennaia biologii. 2019. T. 54. No. 5. S. 863-874.

8. Pomortsev A.A., Lialina E.V., Tereshchenko N.A., Boldyrev S.V., Iakovleva E.Iu., Berezkin A.N., Malko A.M., Androsova O.V. Geneticheskie markery v laboratornom sortovom kontrole iachmenia // Genetika. 2021. T. 57. No. 9. S. 1054-1061.

9. Cai, Guolin, You, Lihua, Li, Xiaomin, et al. (2016). Cultivar discrimination/segregation of representative Australian malting barley by quantitative real-time PCR using seed hordein marker. *Journal of the Institute of Brewing*. 122. DOI: 10.1002/jib.367.

10. Kudriavtsev A.M. Marker – oposredovannaiia selektsiia rastenii // Molekuliarnaia i prikladnaia genetika. 2009. T. 9. S. 28-31.

11. Zobova N.V., Surin N.A., Gerasimov S.A., Chuslin A.A., Onufrienok T.V. Spektry prolaminov v agroekologicheskoi otsenke kolleksiionnogo materiala iachmenia // Dostizheniia nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32. No. 5. S. 45-47.

12. Chesnokov Iu.V., Kosolapov V.M. Geneticheskie resursy rastenii i uskorenie selektsionnogo protsesssa. – Moskva: ООО «Ugrshskaia tipografiia», 2016. – 172 s.



УДК 633.491

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-237-7-12-18

Д.В. Виноградов, И.С. Питюрина

D.V. Vinogradov, I.S. Pityurina

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ РЯЗАНСКОГО РАЙОНА

SUBSTANTIATION OF USING GROWTH PROMOTERS IN POTATO GROWING IN THE RYAZAN REGION

Ключевые слова: картофель, регулятор роста, вегетационный период, выращивание, показатели, урожайность, фаза развития, качество, обработка, механизм действия.

Keywords: potatoes, growth promoter, growing season, growing, indices, yielding capacity, development stage, quality, treatment, mechanism of action.