

**Динамика изменения генетического состава гордеинов ярового ячменя красноярской селекции**

**Вячеслав Владимирович Богданов, Андрей Анатольевич Чуслин, Татьяна Васильевна Онуфриенко**  
Красноярский НИИ сельского хозяйства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СОРАН, г. Красноярск, Россия  
bogdanov-v.v@mail.ru

**Аннотация.** Изучен полиморфизм методом электрофореза в крахмальном геле на основе использования белковых маркеров ярового ячменя – гордеинов. Проведен сравнительный анализ аллельного разнообразия и частот встречаемости аллелей гордеинкодирующих локусов за двадцатилетний период исследований у двух выборок в периоде по десять лет, включающих в себя 40 сортов образцов ярового ячменя красноярской селекции. Показано, что за второй период исследования наблюдается тенденция незначительного снижения доли гетерогенных сортов образцов. Число аллелей для локуса Hrd A уменьшилось на два, для локуса Hrd B на четыре, при этом в локусе Hrd A обнаружен один новый аллель A14, а состав локуса HrdB увеличился на четыре новых аллельных варианта B3, B22, B81, B95. Число аллелей локуса Hrd F осталось неизменным и составило три аллельных варианта. Произошло изменение частот встречаемости основных адаптивно значимых аллелей трех гордеинкодирующих локусов. В первом периоде исследований лидирующую позицию по частоте встречаемости занимала формула 2.25.1, а во втором максимальная частота встречаемости сместилась в сторону формулы 12.1.3. Отмечено увеличение доли редко встречающихся формул, количество которых возросло во втором периоде исследований до двенадцати вариантов. Обнаружены девять впервые появившихся формул гордеинов ярового ячменя во втором периоде исследований с 2010 по 2020 г. (2.3.2; 2.95.1; 2.22.1; 12.95.1; 12.13.2; 28.8.2; 28.25.1; 28.1.1; 14.1.3) и произошло увеличение доли двух редко встречающихся вариантов формул, входивших в состав первого периода исследований 2.8.2 (4,5 %), 18.67.1 (2,5 %).

**Ключевые слова:** яровой ячмень; гордеинкодирующие локусы; генетический источник; исходный материал; генетическое разнообразие.

**Для цитирования:** Богданов В. В., Чуслин А. А., Онуфриенко Т. В. Динамика изменения генетического состава гордеинов ярового ячменя красноярской селекции // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 12–16. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i11pp12-16>.

AGRONOMY

Original article

**Dynamics of changes in genetic composition of spring barley gordeins Krasnoyarsk selection**

**Vyacheslav V. Bogdanov, Andrey A. Chuslin, Tatyana V. Onufrienok**  
Krasnoyarsk Research and Development Institute of Agriculture of FRC KRC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia  
bogdanov-v.v@mail.ru

**Abstract.** Polymorphism by electrophoresis in starch gel based on use of protein markers of spring barley - gordeins was studied. Comparative analysis of allele diversity and frequency of gordeincoding loci alleles for twenty years of research in two samples in the period of ten years, including 40 varieties of spring barley krasnoyarsk selection. It is shown that during the second period of the study there is a tendency to decrease slightly proportion of heterogeneous sorters. The number of alleles for Hrd A locus decreased by two, for Hrd B locus by four, with one new allele A14 found in Hrd A locus, and the composition of Hrd B locus increased by five new allele variants B3, B22, B81, B95. The number of Hrd F locus alleles remained unchanged and amounted to three allele variants. There has been a change in the frequency of main adaptively significant alleles of the three gordeincoding loci. In the first period of research, the leading position in the frequency of occurrence was taken by formula 2.25.1, and in the second the maximum frequency of occurrence shifted towards formula 12.1.3. There was an increase in the proportion of rare formulas, the number of which increased in the second period of research to twelve variants. Nine first-appeared spring barley formulas were discovered in the second period of research from 2010 to 2020 (2.3.2; 2.95.1; 2.22.1; 12.95.1; 12.13.2; 28.8.2; 28.25.1; 28.1.1; 14.1.3) and there was increase in the proportion of two rarely seen formulas in the first study period 2.8.2 (4.5 %), 18.67.1 (2.5 %).

**Keywords:** spring barley; hordein-coding loci; genetic source; initial material; genetic diversity.

**For citation** Bogdanov V. V., Chuslin A. A., Onufrienok T. V. Dynamics of changes in genetic composition of spring barley gordeins Krasnoyarsk selection. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(11):12–16. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i11pp12-16>.

**Введение.** Ячмень является одной из важнейших универсальных культур в Российской Федерации и используется для продовольственных, кормовых и технических целей. Высокие адаптивные свойства и пластичность ячменя позволяют выращивать его во многих географических зонах [5, 13, 14]. Адаптация к условиям произрастания сельскохозяйственных культур – один из эффективных приемов повышения их урожайности. В этой связи актуальны исследования по разработке методов адаптивной селекции в растениеводстве, которые основаны на современных достижениях генетики, позволяющих за короткие сроки создать генотипы с новыми признаками и свойствами [4].

Генетическое разнообразие, ценность исходного материала и использование образцов различного эколого-географического происхождения, сочетающего в себе высокую урожайность, качество зерна и устойчивость к факторам окружающей среды оказывают значительное влияние на эффективность селекционного процесса и уменьшение временного периода при создании новых сортов с высоким качеством зерна [1, 2]. Определение генотипов ячменя,



характеризующихся комплексом полезных агрономических признаков, значительно ускоряет селекционную работу по созданию новых адаптивных сортов [3].

В одном генотипе могут сочетаться потенциальная продуктивность и экологическая устойчивость, которая основывается на независимом наследовании разных признаков, определяющих характерную устойчивость растений к действию экологических стрессов [18].

Устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды, таким как засуха, кислые почвы, болезни и некоторые другие факторы служит критерием оценки их адаптивной способности [16, 19].

В отслеживании изменений генетической структуры искусственных гибридных и естественных популяций важную роль играют гордеины, являющиеся удобными маркерами, наследующиеся группами (блоками) по кодоминантному типу, контролируемые в основном тремя сцеплено наследуемыми локусами, расположенными на коротком плече хромосомы 5 – HrdA, HrdB и HrdF ячменя и сочетающиеся с традиционными методами отбора в селекции [8, 9, 10, 11].

Современные сорта имеют узкую генетическую основу, базирующуюся на ограниченном количестве исходного материала, в результате возникает проблема потери генетического разнообразия возделываемых культур [17].

Электрофоретические варианты запасных белков имеют особое значение при изучении наследования генотипов, а также в оценке исходного и селекционного материала, проводимой селекционером с целью включения необходимых признаков от родительских форм в создаваемые сорта [15].

Цель исследования – проведение генетического мониторинга сортообразцов ярового ячменя за длительный период исследований и изучение динамики изменения аллельного состава гордеинов.

**Методика исследований.** Лабораторные исследования выполняли на собственной экспериментальной базе, включающей установки для очистки и гидролиза крахмала, приборы для проведения геля электрофореза и приготовления гелей. Электрофорез запасных белков ячменя – гордеинов (Hrd) выполняли в 13 %-м крахмальном геле в присутствии 3М мочевины в алюминий-лактатном буфере при силе тока 1,5 мА и напряжении 300 В. Белки фиксировались в 5 %-м растворе ТХУ 20 мин, белок окрашивался 2 %-м раствором водорастворимого нигрозина в течение 30 мин [12].

Идентификацию спектров гордеинов проводили согласно каталогу блоков компонентов гордеинов [6] и записывали в виде генетических формул (HRDA.B.F.).

**Результаты исследований.** В результате многолетней работы по изучению аллельного состава сортообразцов ярового ячменя для выявления генотипов, отвечающих разнообразным требованиям селекции по важным хозяйственно ценным признакам, исследовано порядка 400 линий и сортов, из которых подобрана выборка, включающая в себя 80 сортообразцов ярового ячменя за двадцатилетний период исследований, по 40 для каждого десятилетия. У представленных образцов идентифицированы спектры гордеинов и определены генетические формулы (HrdABF), характеристика которых представлена в табл. 1, 2.

В результате изучения аллельного состава обнаружены варианты блоков компонентов, контролируемые локусами Hrd A, Hrd B и Hrd F. Локусы Hrd A и Hrd B являются полиморфными, выявлено 5 вариантов блоков компонентов гордеина A, 9 и 10 вариантов блоков компонентов гордеина B и 3 варианта – гордеина F соответственно. Отмечены изменения по числу, составу и частотам встречаемости аллелей гордеинкодирующих локусов (табл. 3).

Идентифицированы аллели, лидирующие по частоте встречаемости в каждом локусе и временном периоде. В локусе Hrd A преобладали аллели A2 и A12, при этом частота встречаемости аллеля A2 (42,0 %) во втором периоде исследований уменьшается, а A12 (45,5 %) сместилась в сторону увеличения.

Локус Hrd B характеризуется наличием трех лидирующих аллелей, отличающихся составом и частотой встречаемости в зависимости от временного периода. Частота встречаемости аллелей B1 (37,7 %), B8 (17,5 %) в период исследований 2010–2020 гг. возрастает, а B17 (5,5 %), B25 (20,2 %) уменьшается.

В локусе Hrd F во втором временном периоде наблюдается снижение доли аллеля F1 (29,5 %), но при этом увеличивается частота встречаемости F3 (45,7 %).

Все вышеперечисленные аллели являются адаптивно значимыми.

Климатические факторы, такие как количество осадков в год, сумма эффективных температур, средняя температура июля, континентальность климата оказывают влияние на географическое распределение аллелей гордеинкодирующих локусов на определенной территории [7].

В локусах гордеинов A.B.F выявлены и редкие аллельные варианты, такие как A18, A28, B67, F2, частота встречаемости которых изменилась незначительно, кроме аллеля F2 его увеличение произошло почти в 2,5 раза. В ходе изучения аллельного состава выявлено вымывание ряда аллелей, таких как A23, A24, B21, B29, B37, что, вероятно, является результатом их неадаптивности к условиям окружающей среды. Отмечено появление новых аллельных вариантов A14 (2,5 %), B3 (2,2 %), B22 (2,5 %), B81 (5,0 %), B95 (1,7 %) вследствие использования в селекционной работе родительских форм из разных регионов и стран.

В ходе проведенного электрофоретического анализа спектров гордеинов у изученных сортообразцов выявлено разнообразие формул гордеинов, которое за 2000–2010 гг. составило 14 вариантов, за второй период исследований с 2010 по 2020 г. произошло увеличение до 19 вариантов формул (см. рисунок).

С наибольшей частотой встречались по четыре варианта формул 2.25.1 (25,0 %), 2.17.3 (22,7 %), 2.1.3 (13,5 %), 12.1.3 (10,2 %) и 12.1.3 (24,5 %), 2.25.1 (10,5 %), 12.8.2 (10,5 %), 2.1.3 (8,2 %) для каждого временного периода соответственно. Отмечено, что доля процентного соотношения по частоте встречаемости преобладающих формул гордеинов изменилась. Уменьшилась частота встречаемости формул 2.25.1, 2.1.3, 2.17.3. При этом произошло увеличение частоты встречаемости в сторону формул 12.1.3, 12.8.2. Наблюдается увеличение доли редко встречающихся формул, если в первом периоде исследований их количество составляло



Характеристика генетических формул гордеинов селекционных линий и сортов ячменя за 2000–2010 гг.

| № п/п | Название  | Происхождение  | Формула HrdABF         |
|-------|-----------|--|------------------------|
| 1.    | Бахус     | (Винер × Донецкий-650) × (Винер × Красноуфимский 95) | 2.25.1                 |
| 2.    | Буян      | Кедр × Жо 1345                                       | 2.17.3                 |
| 3.    | Е-19-6411 | У-101-1112 × Ача                                     | 12.1.3                 |
| 4.    | Г-84-5651 | С-69-9083 × Triumph                                  | 2.1.3                  |
| 5.    | Д-93-6252 | С-69-9083 × Не 3988                                  | 23.29.3                |
| 6/    | Е-18-6396 | У-101-1112 × Тан 1                                   | 2.25.1                 |
| 7.    | Е-27-6493 | С-69-9088 × Triumph                                  | 2.1.3                  |
| 8.    | Е-30-6535 | С-69-9088 × Са 46925                                 | 2.1.3                  |
| 9.    | Е-34-6566 | Белорусский 76 × Баган                               | 12.8.2                 |
| 10.   | Е-62-6831 | Кедр × Са 46925                                      | 2.17.3                 |
| 11.   | Е-76-6970 | Баган × Белорусский 76                               | 24.8.2                 |
| 12.   | Ж-18-7197 | У-101-1112 × Тан 1                                   | 2.25.1                 |
| 13.   | З-18-7685 | У-101-1112 × Ача                                     | 2.25.1, 2.1.3          |
| 14.   | Ж-18-7191 | У-101-1112 × Тан 1                                   | 2.8.2                  |
| 15.   | З-7-7592  | Лазурит × Не 3988                                    | 2.17.3                 |
| 16.   | И-27-8500 | Белорусский 76 × Г 15910                             | 23.29.3                |
| 17.   | К-12-8952 | У-101-1112 × Г-15910                                 | 12.1.3, 2.25.1         |
| 18.   | К-12-8961 | У-101-1112 × Г-15910                                 | 12.1.3, 2.25.1, 2.1.3. |
| 19.   | К-57-9311 | Кедр × Жо 1345                                       | 2.17.3                 |
| 20.   | Л-68-299  | Кедр × Жо 1345                                       | 2.37.1, 2.17.3         |
| 21.   | Л-75-323  | От гибрида Г-209                                     | 2.1.3, 28.21.1         |
| 22.   | М-48-623  | Кедр × Са 220702                                     | 2.13.2                 |
| 23.   | Н-59-1190 | Ф-24-1483 × Прилуцкий                                | 2.25.1                 |
| 24.   | Н-67-1220 | Бахус × Ача  | 12.1.3, 2.25.1, 2.1.3  |
| 25.   | П-25-1406 | Тан 1 × Вулкан                                       | 18.67.1, 23.29.3       |
| 26.   | П-37-1503 | У-20-704 × Эльф                                      | 2.17.3                 |
| 27.   | П-64-1692 | Оскар × Ерофей                                       | 12.1.3                 |
| 28.   | П-66-1701 | У-20-704 × Белогорец                                 | 2.17.3                 |
| 29.   | Р-37-2213 | В-96-5105 × Имула                                    | 2.1.3                  |
| 30.   | Р-38-2221 | Красноярский 80 × Кедр                               | 2.17.3                 |
| 31.   | Р-45-2269 | Combrinus × Красноярский 80                          | 28.25.1                |
| 32.   | Р-70-2478 | Бахус × Ача  | 2.1.3, 2.25.1          |
| 33.   | Р-70-2481 | Бахус × Ача  | 12.1.3                 |
| 34.   | Р-71-2491 | Ача × Бахус  | 2.25.1, 2.17.3         |
| 35.   | Р-71-2495 | Ача × Бахус  | 12.25.1                |
| 36.   | Р-71-2503 | Ача × Бахус  | 2.25.1                 |
| 37.   | Р-72-2508 | Приазовский × У-20-706                               | 28.25.1                |
| 38.   | У-20-704  | [(Винер × Омский 13709) × (Винер × Донецкий 650)]    | 2.17.3                 |
| 39.   | У-20-706  | [(Винер × Омский 13709) × (Винер × Донецкий 650)]    | 2.25.1                 |
| 40.   | Ф-24-1483 | (Винер × Омский 13709) × (Винер × Донецкий 650)      | 2.25.1                 |

8 вариантов (2.8.2, 2.13.2, 2.37.1, 12.8.2, 12.25.1, 24.8.2, 28.21.1, 18.67.1), то во втором периоде исследований их доля увеличилась до 12 вариантов (2.8.2, 2.3.2, 2.13.2, 2.95.1, 2.22.1, 12.95.1, 12.13.2, 28.8.2, 28.25.1, 28.1.1, 18.67.1, 14.1.3). В 2010–2020 гг. выявлены девять впервые появившихся формул гордеинов ярового ячменя (2.3.2; 2.95.1; 2.22.1; 12.95.1; 12.13.2; 28.8.2; 28.25.1; 28.1.1; 14.1.3), а также увеличилась доля двух редко встречающихся вариантов формул, входивших в состав первого периода исследований и составила 2.8.2 (4,5 %); 18.67.1 (2,5 %).

Отмечено, что часть сортообразцов ярового ячменя являются гетерогенными по запасным белкам. Проведенный анализ у таких сортообразцов обнаружил более одного спектра гордеина, что обусловлено особенностями выведения сорта, при этом с 2010 по 2020 г. наблюдается снижение доли гетерогенности сортообразцов по гордеинкодирующим локусам.

**Заключение.** Генетический мониторинг по аллелям гордеинкодирующих локусов селекционных сортообразцов ярового ячменя красноярской селекции показал несущественное снижение доли гетерогенных сортообразцов и вымывания пяти аллелей А23, А24, В21, В29, В37 неадаптивных к условиям окружающей среды. Обнаружено появление новых аллельных вариантов А14, В3, В22, В81, В95. Изменилась и суммарная частота основных адаптивно значимых аллелей трех гордеинкодирующих локусов.

Идентифицированы девять впервые появившихся формул гордеинов ярового ячменя (2.3.2; 2.95.1; 2.22.1; 12.95.1; 12.13.2; 28.8.2; 28.25.1; 28.1.1; 14.1.3). Произошла смена лидирующей формулы по частоте встречаемости, в первом периоде исследований выделялась формула 2.25.1 (25,0 %), а во втором 12.1.3 (24,5 %), эта формула характеризует гордеины сорта-стандарта для Красноярского края Ача, долгое время занимавшего основные площади посевов ярового ячменя в крае.

Выявленный аллельный состав гордеинов у сортообразцов красноярской селекции сформировался, вероятно, под влиянием климатических условий в результате маркирования аллелями ассоциаций генов обуславливающих адаптивность генотипа к специфическим условиям окружающей среды, а так же искусственного отбора проводимого селекционером для создания сортов с определенными хозяйственно-ценными признаками. Аллельное разнообразие и появление новых генетических формул гордеинов является следствием правильного подбора родительских форм и использования разнообразного исходного материала сортообразцов ярового ячменя из селекционных центров других регионов, а также стран.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилов Н. И. Теоретические основы селекции. Москва, 1987. 511 с.

© Богданов В. В., Чуслин А. А., Онуфриенко Т. В., 2021



## Характеристика генетических формул горденинов селекционных линий и сортов ячменя за период 2010–2020 гг.

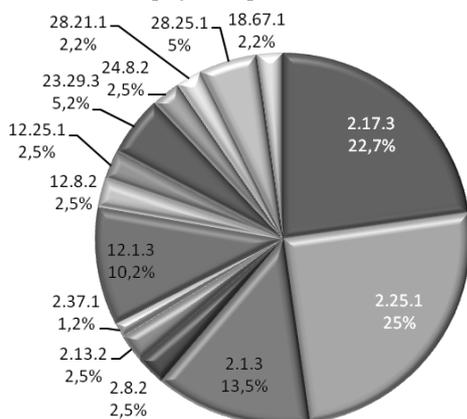
| № п/п | Название  | Происхождение  | Формула HrdABF          |
|-------|-----------|--|-------------------------|
| 1.    | Такмак    | Приазовский 9 × У-20-704                             | 12.1.3                  |
| 2.    | Емеля     | Ц-1 × Бархатный, где Ц-1 это и.о. от сорта Luther    | 2.81.3                  |
| 3.    | Оленек    | У-101-1112 × Ача                                     | 12.1.3                  |
| 4.    | Бахус     | (Винер × Донецкий-650) × (Винер × Красноуфимский 95) | 2.25.1                  |
| 5.    | Б-31-6300 | Миг 16 × К-8-2                                       | 12.8.2                  |
| 6.    | Б-63-6532 | Ц-1 × Бархатный                                      | 2.1.3                   |
| 7.    | Б-72-6606 | Н-29-926 × Л-11-38                                   | 2.22.1                  |
| 8.    | В-33-6779 | Омский 90 × Оленек                                   | 28.8.2                  |
| 9.    | В-46-6850 | Оленек × Г 20696                                     | 2.8.2, 2.1.3            |
| 10.   | В-53-6872 | Р-71-2495 × 363-2-2                                  | 12.25.1, 12.1.3         |
| 11.   | В-57-6888 | Биом × Петр  | 12.8.2                  |
| 12.   | Р-5-1847  | (К-28058 × Ershabet) × Черноградский 385             | 2.3.2, 2.17.3           |
| 13.   | Р-71-2491 | Ача × Бахус  | 2.25.1, 2.17.3          |
| 14.   | Р-72-2508 | Приазовский × У-20-706                               | 28.25.1                 |
| 15.   | С-35-2868 | Русь × Красноярский 80                               | 12.1.3                  |
| 16.   | С-39-2880 | У-20-704 × Раушан                                    | 12.25.1                 |
| 17.   | Т-15-2992 | Баган × Scout  | 2.8.2                   |
| 18.   | Т-25-3016 | Ф-24-1483 × Юбилянт                                  | 12.25.1                 |
| 19.   | Т-39-3096 | Ранний 1 × Combrinus                                 | 2.1.3                   |
| 20.   | У-28-3605 | Ф-24-1483 × Асем                                     | 2.25.1                  |
| 21.   | У-3-3373  | Белорусский 76 × Kogu                                | 2.17.3                  |
| 22.   | У-49-3795 | Ача × Жайлау   | 12.1.3                  |
| 23.   | Ф-41-4399 | Бахус × Ача  | 18.67.1                 |
| 24.   | Ф-59-4613 | Дина × Миг 16  | 2.95.1, 12.8.2, 12.95.1 |
| 25.   | Ц-10-4886 | Т-136-368 × 176/1                                    | 2.25.1                  |
| 26.   | Ц-23-4988 | Ранний 1 × Кедр                                      | 14.1.3                  |
| 27.   | Ц-24-4995 | Combrinus × Кедр                                     | 12.1.3                  |
| 28.   | У-49-3795 | Ача × Жайлау   | 12.1.3                  |
| 29.   | Ц-29-5047 | Оскар × У-20-706                                     | 12.1.3                  |
| 30.   | Э-19-5201 | У-20-704 × Ирерия                                    | 2.17.3                  |
| 31.   | Э-20-5208 | У-20-706 × Белгородец                                | 12.1.3                  |
| 32.   | Э-37-5333 | Миг 16 × К-8-2                                       | 12.8.2, 2.8.2           |
| 33.   | Э-41-5387 | Миг 16 × Вулкан                                      | 12.8.2                  |
| 34.   | Э-76-5695 | Омский 95 × Оленек                                   | 28.1.1                  |
| 35.   | Э-79-5743 | Бархатный × Соболек                                  | 12.13.2                 |
| 36.   | Э-85-5857 | Н-23-912 × Г1649                                     | 12.1.3                  |
| 37.   | Э-87-5871 | Бархатный × Ц-1                                      | 2.81.3                  |
| 38.   | Э-88-5907 | Ц-1 × Бархатный                                      | 2.1.3                   |
| 39.   | Ц-25-4999 | Бахус × Омский 90                                    | 12.1.3, 2.25.1          |
| 40.   | Ц-20-4975 | Красноярский 80 × Кедр                               | 2.13.2                  |

Таблица 3

## Частота встречаемости аллелей в локусах горденинов в разные периоды исследований

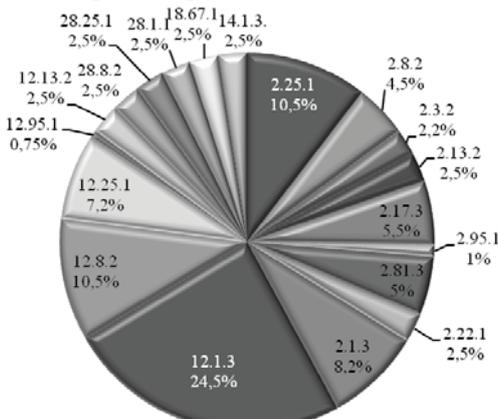
| 2000–2010 гг. |      | 2010–2020 гг. |      | 2000–2010 гг. |      | 2010–2020 гг. |      | 2000–2010 гг. |      | 2010–2020 гг. |      |
|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|
| Hrd A         | %    | Hrd A         | %    | Hrd B         | %    | Hrd B         | %    | Hrd F         | %    | Hrd F         | %    |
| A2            | 67,5 | A2            | 42,0 | B1            | 23,7 | B1            | 37,7 | F1            | 38,2 | F1            | 29,5 |
| A12           | 15,3 | A12           | 45,5 | B8            | 7,5  | B8            | 17,5 | F2            | 10,0 | F2            | 24,7 |
| A18           | 5,25 | A18           | 7,5  | B13           | 2,5  | B13           | 5,0  | F3            | 51,7 | F3            | 45,7 |
| A28           | 7,25 | A28           | 2,5  | B17           | 22,7 | B17           | 5,5  |               |      |               |      |
| A23           | 2,5  | A14           | 2,5  | B25           | 32,5 | B25           | 20,2 |               |      |               |      |
| A24           | 2,25 |               |      | B67           | 2,2  | B67           | 2,5  |               |      |               |      |
|               |      |               |      | B21           | 2,2  | B3            | 2,2  |               |      |               |      |
|               |      |               |      | B29           | 5,2  | B22           | 2,5  |               |      |               |      |
|               |      |               |      | B37           | 1,2  | B81           | 5,0  |               |      |               |      |
|               |      |               |      |               |      | B95           | 1,7  |               |      |               |      |

Формулы периода 2000 - 2010 гг.



а

Формулы периода 2010-2020 гг.



б

Разнообразие формул горденинов периодов исследований: а – 2000–2010 гг.; б – 2010–2020 гг.



2. Зобова Н. В., Шевцова Л. Н., Сурин Н. А. Сортовая идентификация и семенной контроль ячменя по запасным белкам семян гордеинам // Вестник Крас ГАУ. 2004. № 6. С. 77–80.
3. Конарев А. В., Конарев В. Г., Губарева Н. К., Пенева Т. И. Белки семян как маркеры в решении проблем генетических ресурсов растений, селекции и семеноводства // Цитология и генетика. 2000. Т. 34. № 2. С. 91–104.
4. Конарев В. Г. Адаптивный характер молекулярного полиморфизма и его использование в решении проблем генетических ресурсов растений и селекции // Аграрная Россия. 2002. № 3. С. 4–11.
5. Павловская Н. Е., Сидоренко В. С., Костромичева Е. В. Характеристика генотипов ячменя по хозяйственно-ценным признакам и электрофоретическим спектрам проламинов семян // Вестник Орел ГАУ. 2011. № 4 (31). С. 1–3.
6. Поморцев А. А., Нецветаев В. П., Созинов А. А. Полиморфизм культурного ячменя (*H. Vulgare*) по гордеинам // Генетика. 1985. Т. 21. № 4. С. 629–639.
7. Поморцев А. А., Калабушкин Б. А., Лялина Е. В. Закономерности распределения аллельных вариантов трех гордеинкодирующих локусов ячменя на территории Российской Федерации // Генетика. 2001. Т. 37. № 11. С. 1524–1530.
8. Поморцев А. А., Лялина Е. В. Оценка сортовой принадлежности и сортовой чистоты семян ячменя методом электрофоретического анализа запасных белков. М., 2011. 86 с.
9. Поморцев А. А., Лялина Е. В. Аллельное разнообразие гордеин кодирующих локусов Hrd A и Hrd B у культурного (*Hordeum vulgare* L.) и дикого (*H. Spontaneum* C. Koch) ячменя в Иране (как части Дуги Плодородия) // Генетика. 2016. Т. 52. № 10. С. 1146–1158.
10. Созинов А. А., Нецветаев В. П., Григорян Э. М., Образцов И. С. Картирование локусов Hrd (*Hordeum vulgare* L. emed. Vav. et Bach.) // Генетика. 1978. Т. 14. № 9. С. 1610–1619.
11. Сенченко В. Г., Гриб С. И. Использование метода электрофореза запасных белков (гордеинов) в селекционно-семеноводческом изучении и улучшении сортов ячменя // Земледелие и растениеводство в БССР. 1991. Вып. 35. С. 128–135.
12. Созинов А. А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции. М., 1985. 272 с.
13. Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Герасимов С. А., Липшин А. Г. Адаптивный потенциал ячменя Восточно-сибирской селекции // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 5. С. 28–31.
14. Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Герасимов С. А., Липшин А. Г. Оценка коллекционных образцов ячменя в селекции на продуктивность и качество зерна в условиях Восточной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 5. С. 41–44.
15. Чесноков Ю. В. Молекулярно-генетические маркеры и их использование в предселекционных исследованиях. – СПб., 2013. 116 с.
16. Anjum S. A., Xie X., Wang L. et al. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress // Afr. J. Agr. Res. 2011. Vol. 6. P. 2026–2032.
17. Bome N. A., Tetyannikov N. V., Bome A. Ya, Kovaleva O. N. Ecological and Biological Studies of Collection of the Genus *Hordeum* L. // Temperate Crop Science and Breeding. Ecological and Genetic Studies. 2016. P. 305–322.
18. Creissen H. E., Jorgensen T. H., Brown J. K. M. Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes // Crop Protection. 2016. Vol. 85. P. 1–8.
19. Cuesta-Marcos A., Kling J. G. Barley: Genetics and Breeding // Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). 2016. Vol. 4. P. 287–295.

## REFERENCES

1. Vavilov N. I. Theoretical Foundations of Breeding. Moscow; 1987. 511 p.
2. Zobova N. V., Shevtsova L. N., Surin N. A. Varietal identification and seed control of barley by spare seed proteins gordein. Vestnik Kras GAU. 2004; 6: P. 77–80.
3. Konarev A. V., Knarev V. G., Gubareva N. K., Peneva T. I. Seed proteins as markers in solving problems of plant genetic resources, breeding and seed production. Cytology and genetics. 2000; 34; 2: 91–104.
4. Knarev V. G. Adaptive nature of molecular polymorphism and its use in solving problems of plant genetic resources and breeding. Agrarian Russia. 2002; 3: 4–11.
5. Pavlovskaya N. E. Sidorenko V. S., Kostromicheva E. V. Characteristics of barley geno-types by economically valuable features and electrophoretic spectra of seed prolamins. Vestnik Orel GAU. 2011; 4 (31): 1–3.
6. Pomortsev A. A., Netsvetaev V. P., Sozinov A. A. Polymorphism of cultivated barley (*H. Vulgare*) by hordeins. Genetics. 1985; 21 (4): 629–639
7. Pomortsev A. A., Kalabushkin B. A., Lyalina E. V. Regularities of distribution of allelic variants of three proudly incoding loci of spring barley on the territory of the Russian Federation. Genetics. 2001; 37; 11: 1524–1530.
8. Pomortsev A. A., Lyalina E. V. Estimation of varietal affiliation and varietal purity of barley seeds by electrophoretic analysis of spare proteins. Moscow; 2011. 86 p.
9. Pomortsev A. A., Lyalina E. V. Allelic diversity of gordein coding loci Hrd A and Hrd B in cultured (*Hordeum vulgare* L.) and wild (*H. Spontaneum* C. Koch) barley in Iran (as part of the Fertility Arc). Genetics. 2016; 52; 10: 1146–1158.
10. Sozinov A. A., Netsvetaev V. P., Grigoryan E. M., Obratsov I. S. Hrd loci mappin (*Hordeum vulgare* L. emed. Vav. Et Bach.). Genetics. 1978; 14; 9: 1610–1619.
11. Senchenko V. G., Grib S. I. The use of the method of electrophoresis of spare proteins (gordeins) in the selection and seed study and improvement of varieties of spring barley. Agriculture and crop production in the BSSR. 1991; 35: 128–135.
12. Sozinov A. A. Polymorphism of proteins and its significance in genetics and breeding. Moscow; 1985. 272 p.
13. Surin N. A., Lyakhova N. E., Gerasimov S. A., Lipshin A. G. Adaptive potential of barley of East Siberian selection. Achievements of science and technology AIC. 2017; 31; 5: 28–31.
14. Surin N. A., Lyakhova N. E., Gerasimov S. A., Lipshin A. G. Assessment of collection samples of spring barley in breeding for productivity and quality of grain in the conditions of Eastern Siberia. Achievements of science and technology AIC. 2018; 5: 41–44.
15. Chesnokov Yu. V. Molecular genetic markers and their use in pre-selection studies. St. Petersburg; 2013. 116 p.
16. Anjum S. A., Xie X., Wang L. et al. Morphological, physiological and biochemical re-sponses of plants to drought stress. Afr. J. Agr. Res. 2011; 6: 2026–2032.
17. Bome N. A., Tetyannikov N. V., Bome A. Ya, Kovaleva O. N. Ecological and Biological Studies of Collection of the Genus *Hordeum* L. Temperate Crop Science and Breeding. Ecologica-land Genetic Studies. 2016: 305–322.
18. Creissen H. E., Jorgensen T. H., Brown J. K. M. Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes. Crop Protection. 2016; 85: 1–8.
19. Cuesta-Marcos A., Kling J. G. et al. Barley: Genetics and Breeding. Encyclo-pedia of Food Grains. 2016; 4: 287–295.

*Статья поступила в редакцию 12.04.2021; одобрена после рецензирования 16.04.2021; принята к публикации 20.04.2021.  
The article was submitted 12.04.2021; approved after reviewing 16.04.2021; accepted for publication 20.04.2021.*

