

# СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.161:631.52

DOI 10.31367/2079-8725-2019-63-3-19-25

## ПОИСК АССОЦИАЦИИ АЛЛЕЛЬНОГО ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ PPD И VRN С ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ ОСНОВНЫХ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ

**А.В. Алабушев**<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, директор, ORCID ID: 0000-0001-5675-1021;

**А.А. Донцова**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией селекции и семеноводства озимого ячменя, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

**Е.Г. Филиппов**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент по специальности, зав. отделом селекции и семеноводства ячменя, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

**Д.П. Донцов**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства ярового ячменя, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

**И.Н. Перчук**<sup>2</sup>, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии, ORCID ID: 0000-0001-6568-5248;

**С.Б. Теплякова**<sup>2</sup>, младший научный сотрудник лаборатории мониторинга генетической эрозии растительных ресурсов, ORCID ID: 0000-0002-5624-4245;

**Е.К. Потокина**<sup>2</sup>, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории мониторинга генетической эрозии растительных ресурсов, ORCID ID: 0000-0002-2578-6279

<sup>1</sup>ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,  
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

<sup>2</sup>ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова,  
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42-44

Озимый ячмень является важной сельскохозяйственной культурой, зерно которой используется на фуражные и пищевые цели. Основное преимущество озимого ячменя над яровым заключается в более раннем сроке созревания, в возможности использовать зимние и ранневесенние запасы влаги, благодаря чему озимый ячмень формирует урожайность в 1,5–2 раза выше по сравнению с яровым. В связи с усилением аридности климата на юге страны актуальным является создание раннеспелых сортов озимого ячменя, а также сортов с альтернативным типом развития (двуручек). Длина вегетационного периода (в частности период «всходы-колошение») и отзывчивость на яровизацию у ячменя контролируются генетическими системами Ppd и Vrn. При этом известно, что гены Ppd и Vrn обладают плейотропным эффектом, то есть влияют на многие признаки, в том числе на общую адаптивность и семенную продуктивность растений. Поэтому среди анализируемых признаков, зависимость которых от аллельного разнообразия генов-кандидатов требуется установить, должны присутствовать не только сроки начала колошения и отзывчивость на яровизацию, но и другие хозяйственно-ценные признаки (параметры урожайности, степень полегания и др.). Целью исследования являлось установление влияния аллельного полиморфизма изучаемых генов на изменчивость основных хозяйственно-ценных признаков. Объектом исследований являлись 94 сорта местной (Зерноград, Ростовская обл., РФ) и инрайонной селекции. Установлено, что из пяти тестируемых маркерных систем исследовательские испытания прошли успешно лишь для одной – системы маркеров для гена Vrn-H2, определяющего тип развития ячменя (озимый, яровой, двуручка). Полиморфизм гена Vrn-H2 достоверно влияет на содержание белка в зерне и устойчивость сортов к полеганию.

**Ключевые слова:** озимый ячмень, вегетационный период, маркер, аллельный полиморфизм.



## SEARCH FOR THE CORRELATION BETWEEN ALLELIC POLYMORPHISM OF THE PPD AND VRN GENES WITH THE VARIABILITY OF THE MAIN ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS OF WINTER BARLEY

**A.V. Alabushev**<sup>1</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, professor, academician of RAS, director, ORCID ID: 0000-0001-5675-1021;

**A.A. Dontsova**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory of winter barley breeding and seed production, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

**E.G. Filippov**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, professor associate, head of the department for barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

**D.P. Dontsov**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory of spring barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

**I.N. Pechuk**<sup>2</sup>, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the department for biochemistry and molecular biology, ORCID ID: 0000-0001-6568-5248;

**S.B. Teplyakova**<sup>2</sup>, junior researcher of the laboratory of monitoring of plant genetic erosion, ORCID ID: 0000-0002-5624-4245;

**E.K. Potokina**<sup>2</sup>, Doctor of Biological Sciences, main researcher of the laboratory of monitoring of plant genetic erosion, ORCID ID: 0000-0002-2578-6279

<sup>1</sup>FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",  
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

<sup>2</sup>FRC All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov  
190000, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya Str., 42-44

Winter barley is an important agricultural crop whose grain is used for fodder and food purposes. The main advantage of winter barley over spring barley is in an earlier ripening period, the ability to use winter and early spring moisture reserves, due to which winter barley produces a yield in 1.5–2 times higher than spring barley. Because of increasing climate aridity in the south of the country, the

development of early ripening winter barley varieties, as well as varieties with an alternative type of development (facultative wheat) is of great importance. The length of the growing period (especially 'sprouts-earring' phase) and responsiveness to barley vernalization is controlled by the Ppd and Vrn genetic systems. It is known that the Ppd and Vrn genes have a pleiotropic effect, that is, they affect many traits, including the general adaptability and seed productivity of plants. Therefore, among the analyzed traits, the dependence of which on the allelic diversity of the genes is required to be established, there should be present not only the starting time of earing and responsiveness to vernalization, but also other economically valuable traits (productivity parameters, lodging degree, etc.). The purpose of the study was to establish the influence of allelic polymorphism of the studied genes on the variability of the main economically valuable traits. The object of the research was 94 varieties of local (Zernograd, Rostov region, Russia) and other district breeding. It has been identified that the research tests were successful for only one of the five tested marker systems. It was the marker system for the Vrn-H2 gene, which determines the type of barley development (winter, spring, facultative). The polymorphism of the Vrn-H2 gene significantly influences on the protein percentage in the kernels and on the resistance of varieties to lodging.

**Keywords:** winter barley, vegetation period, marker, allelic polymorphism.

**Введение.** Основные площади посева озимого ячменя в РФ расположены в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения. В связи с этим урожайность данной культуры значительно варьирует по годам. Одним из лимитирующих факторов для этой зоны является устойчивость растений к различным видам засух в период вегетации (Алабушев, 2012). Наибольший ущерб приносит длительные засухи, когда с момента посева и фактически до самой уборки осадки в виде продуктивных отсутствуют, а среднесуточная температура воздуха достигает 37 °С и более (Румянцев и Глуховцев, 2011).

У раннеспелых сортов озимого ячменя налив зерна проходит в более комфортных погодных условиях по сравнению со средне- и позднеспелыми сортами.

Кроме того, в последние годы осенью складываются остросушливые условия, в связи с чем всходы озимого ячменя появляются лишь в октябре–ноябре, при этом может наблюдаться изреженность посевов. Это может стать причиной гибели ослабленных растений в зимний период. Поэтому использование в производстве сортов-двуручек является особенно актуальным в настоящее время. При изреживании посевов ячменя весной можно произвести подсев участка семенами того же сорта, в связи с чем семеноводческая ценность посева будет сохранена.

Известно, что локус Ppd контролирует фотопериодическую чувствительность ячменя (Сократ et al, 2007). Присутствие доминантного аллеля Ppd-H1 ассоциировано с ранним колошением в условиях длинного дня. Увеличение срока вегетации связано с наличием рецессивного аллеля. При коротком дне сроки колошения контролируются геном Ppd-H2 (Laurie et al, 1995). Использование молекулярного маркирования гена Ppd-H1 также позволяет контролировать перенос желательного доминантного аллеля Ppd-H1 в скрещиваниях при выведении новых раннеспелых сортов.

Гены Vrn контролируют отзывчивость на яровизацию. Озимые генотипы ячменя (Vrn-H1, Vrn-H2, Vrn-H3) чувствительны к яровизации, яровые и сорта с альтернативным типом развития могут в разной степени реагировать на воздействие холода, но в целом яровизация не является для них необходимым условием для начала цветения.

С практической точки зрения в селекции идентификация аллелей гена Vrn-H2 является очень важной, поскольку позволит в лабораторных условиях быстро идентифицировать тип развития сортов.

Испытуемые гены-кандидаты обладают pleiotropic эффектом, то есть влияют на многие признаки, в том числе на общую адаптивность и семенную продуктивность растений. Поэтому среди анализируемых агробиологических признаков, зависимость которых от аллельного разнообразия генов-кандидатов требуется установить, должны присутствовать не только сроки начала колошения, но и другие хозяйственно-ценные признаки (параметры урожайности, продуктивности, степень полегаемости).

Цель исследования – установить влияние аллельного полиморфизма изучаемых генов на изменчивость основных хозяйственно-ценных признаков.

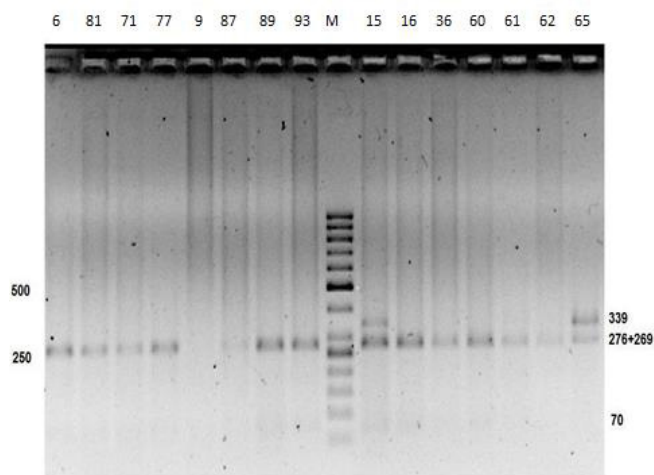
**Материалы и методы исследований.** Объектом исследований являлись 94 сорта местной (Зерноград, Ростовская обл., РФ) и инорайонной селекции. Оценку изучаемых сортов проводились в отделе селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» в 2015–2017 гг. Изучаемые сорта высевали на делянках площадью 10 м<sup>2</sup>. Посев без повторений. Стандартом являлся сорт местной селекции Мастер.

Коллекционные образцы были проанализированы по основным хозяйственно-ценным признакам, представляющим наибольший интерес для практической селекции: урожайность, масса 1000 зерен, содержание белка в зерне, устойчивость к полеганию и длительность периода «всходы–колошение». Массу 1000 зерен определяли согласно ГОСТу 10842-89. Содержание белка в зерне – по ГОСТу 10846-91. Оценку по устойчивости к полеганию проводили согласно Международному классификатору СЭВ рода *Hordeum* L. (1983) по 5-балльной шкале: 1 – очень низкая, 2 – низкая, 3 – средняя, 4 – высокая, 5 – очень высокая. Длительностью периода «всходы–колошение» является сумма дней от фазы «полные всходы» до фазы «полное колошение», включая зимний период.

Для проведения молекулярно-генетического скрининга изучаемых образцов семена озимого ячменя обеззараживали 2 минуты в 5% растворе KMnO<sub>4</sub>, затем тщательно промывали дистиллированной водой и проращивали на влажной фильтровальной бумаге в чашках Петри в течение 4–5 дней при 25 °С. Геномную ДНК выделяли из листьев ячменя по стандартной методике с использованием СТАВ-буфера (Saghai-Maroo et al, 1984). Качество и количество выделенной ДНК проверяли с помощью спектрофотометра Shimadzu UV mini-1240. ПЦР проводили в амплификаторе GeneAmp PCR system 9700. Визуализацию продуктов ПЦР проводили с помощью электрофореза в 1,3% агарозном геле с добавлением 1% раствора бромистого этидия в 0,5×TBE буфере (90V на 14,5 см).

Для статистической оценки достоверного (недостоверного) различия по показателям полевой оценки между сортами-носителями альтернативных аллелей генов Ppd и Vrn использовали непараметрический U-критерий Манна–Уитни. Достоверность различий подтверждается на 5% уровне значимости.

**Результаты и их обсуждение.** Аллели Ppd-H1 выявляли с помощью ПЦР и последующего рестрикционного анализа (Злотина и др., 2013). В результате проведения анализа был получен продукт ожидаемого размера 620 п.н., содержащий функциональный SNP15. После обработки ПЦР-продукта рестриктазой MspI размеры ДНК фрагментов рецессивной аллели Ppd-H1 составили 276 + 339 п.н., для доминантной аллели Ppd-H1 – 276 + 269 + 70 п.н. (рис. 1).



**Рис. 1.** Выявление доминантного (276 + 269 + 70 п.н.) и рецессивного (276 + 339 п.н.) аллелей гена Ppd-H1 с помощью CAPS маркера у сортов озимого ячменя

**Fig. 1.** Identification of dominant (276 + 269 + 70 p.n.) and recessive (276 + 339 p.n.) alleles of Ppd-H1 gene with CAPS marker in winter barley varieties

Удовлетворительные результаты были получены для 91 из 94 сортов. У всех проанализированных образцов (за исключением четырех) был идентифицирован доминантный аллель Ppd-H1.

Для статистической оценки достоверного (недостаточного) различия по показателям полевой оценки

между сортами-носителями альтернативных аллелей генов были использованы параметрические (дисперсионный анализ) или непараметрические критерии. Влияния аллельного полиморфизма гена Ppd-H1 на изменчивость хозяйственно-ценных признаков озимого ячменя не выявлено (табл. 1).

### 1. Влияние доминантного (D) и рецессивного аллеля (R) гена фотопериодической чувствительности Ppd-H1 на изменчивость пяти хозяйственно-ценных признаков у озимых сортов ячменя по результатам U-критерия Манна-Уитни

#### 1. The effect of dominant (D) and recessive (R) allele of photoperiodic sensitivity gene Ppd-H1 on variability of five economically valuable traits of winter barley varieties based on the results of Mann-Whitney U-test

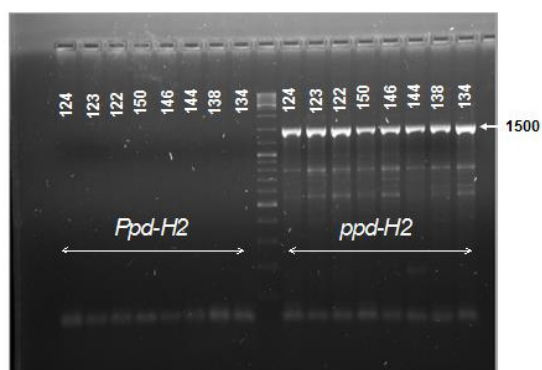
Аллели гена Ppd-H1	p-level
Урожайность, т/га	0,52
Масса 1000 зерен, г	0,25
Содержание белка, %	0,85
Устойчивость к полеганию, балл	0,32
Период «всходы-колошение», дни	0,37

В результате молекулярного скрининга сортов озимого ячменя было установлено, что аллели Ppd-H1 при осеннем посеве не оказывают достоверного влияния на хозяйственно-ценные признаки.

Так как среди испытуемых сортов селекции АНЦ «Донской» были представлены как озимые формы, так и сорта-двуручки, вся выборка была проанализирована на предмет аллельного разнообразия гена Ppd-H2. По результатам проведения ПЦР с аллель-специфичными праймерами для рецессивной аллели был получен ПЦР-фрагмент ожидаемого размера (1500 п.н.). Тестирование тех же образцов на доминантный аллель не выявило ПЦР-продукта (рис. 2).

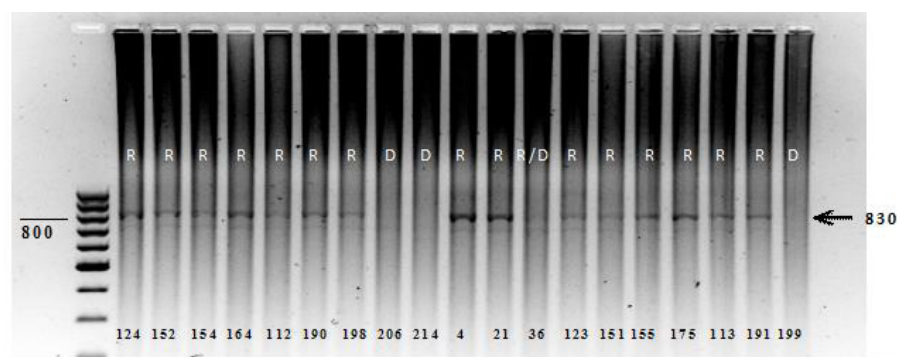
Было установлено, что в пределах изучаемой выборки отсутствует аллельный полиморфизм изучаемого гена Ppd-H2, так как все сорта несут рецессивный аллель. Таким образом, изучить влияние аллелей этого гена на изменчивость хозяйственно-ценных признаков не представляется возможным.

«Озимый» рецессивный аллель Vrn-H1 выявляет амплификацию фрагмента последовательности гена с парой праймеров № 1 размером 830 п.н. Отсутствие амплификации свидетельствует о наличии доминантного аллеля Vrn-H1 (рис. 3).



**Рис. 2.** Выявление доминантного (праймеры HvFT3-F и HvFT3-R) и рецессивного (праймеры HvFT3-F4 и HvFT3-R1) аллелей гена Ppd-H2 с помощью аллель-специфичной ПЦР у сортов озимого ячменя

**Fig. 2.** Identification of dominant (primers HvFT3-F and HvFT3-R) and recessive (primers HvFT3-F4 and HvFT3-R1) alleles of Ppd-H2 gene with allele specific PCR in winter barley varieties



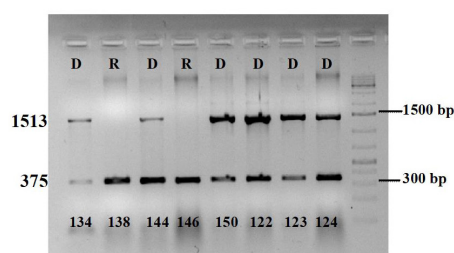
**Рис. 3.** Выявление рецессивного (830 п.н.) и доминантного (отсутствие амплификации) аллелей гена VRN-H1 с помощью аллель-специфичной ПЦР у озимых сортов ячменя и сортов-двуручек

**Fig. 3.** Identification of recessive (830 p.n.) and dominant (no amplification) alleles of VRN-H1 gene with allele specific PCR in winter barley varieties and facultative varieties

Испытание маркера на выборке 94 сортов позволило провести успешную амплификацию для 90 сортов (96%), 68 сортов имели характерный для озимых форм рецессивный аллель, у 12 сортов встречаются генотипы с доминантным аллелем *Vrn-H1*. Статистический анализ ассоциации между полиморфизмом гена *Vrn-H1* и изменчивостью хозяйственно-ценных признаков сортов озимого ячменя показал, что аллели *Vrn-H1*, рассматриваемые вне комбинации с аллелями других генов *Vrn*, достоверно не влияют ни на один из изученных хозяйственно-ценных признаков.

В случае доминантной аллели *Vrn-H2* синтезируется продукт размером 1500 bp. В случае рецессивной аллели ПЦР-продукт отсутствует. Для того чтобы различить рецессивную аллель и неутраченную ПЦР, были подобраны условия для мультиплексной ПЦР со второй парой праймеров *HvSnf2.01F* (5'-cctgaagcagatcatcatatgc) и *HvSnf2.03R* (5'-gctgattgtttgtggccagg-3'), амплифицирующей фрагмент *HvSnf2* размером 400 bp, который располагается в том же локусе *Vrn-H2* (Zitzewitz et al, 2005).

На рисунке 4 представлены результаты молекулярно-генетического скрининга испытуемой выборки сортов ячменя с аллель-специфичными праймерами для рецессивного и доминантного аллеля гена *Vrn-H2*.



**Рис. 4.** Выявление рецессивного (375 п.н.) и доминантного (1513 п.н. + 375 п.н.) аллелей гена *Vrn-H2* с помощью аллель-специфичной ПЦР у озимых сортов ячменя и сортов-двуручек

**Fig. 4.** Identification of recessive (375 p.n.) and dominant (1513 p.n. + 375 p.n.) alleles of VRN-H2 gene with allele specific PCR in winter barley varieties and facultative varieties

Статистический анализ ассоциации между полиморфизмом гена *Vrn-H2* и изменчивостью хозяйственно-ценных признаков сортов ячменя представлен в таблице 2.

## 2. Влияние доминантного (D) и рецессивного аллеля (R) гена *Vrn-H2* на изменчивость пяти хозяйственно-ценных признаков у озимых сортов ячменя по результатам U-критерия Манна-Уитни

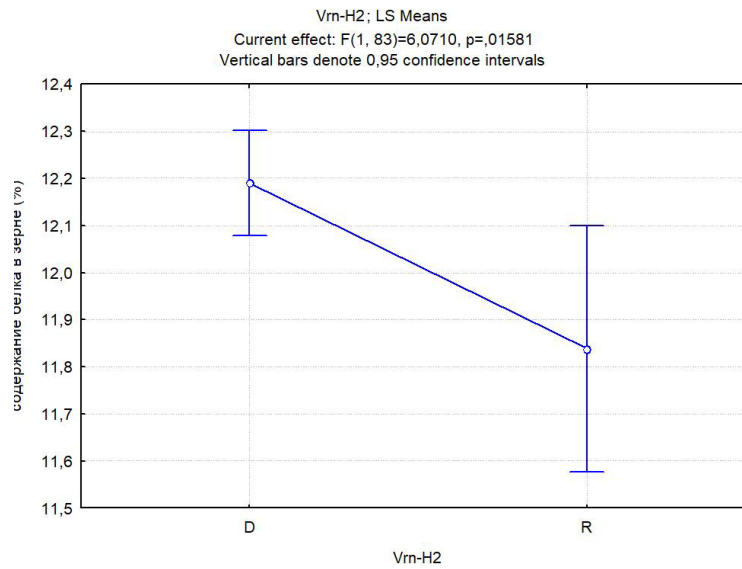
### 2. The effect of dominant (D) and recessive (R) allele of VRN-H2 gene on variability of five economically valuable traits of winter barley varieties based on the results of Mann-Whitney U-test

Аллели гена VRN-H2	p-level
Урожайность, т/г	0,3206
Масса 1000 зерен, г	0,3868
Содержание белка, %	0,0159
Устойчивость к полеганию, балл	0,0121
Период «всходы-колошение», дни	0,8983

Установлено, что аллельное состояние гена *Vrn-H2* достоверно ( $p < 0,5$ ) влияет на изменчивость признаков «содержание белка в зерне» и «устойчивость к полеганию». В селекционной практике для создания пивоваренных сортов необходимо использовать в гибридизации носители рецессивной аллели, так как для них характерно меньшее накопление белка в зерне. Для создания фуражных сортов ячменя рекомендуется вовлекать в селекцион-

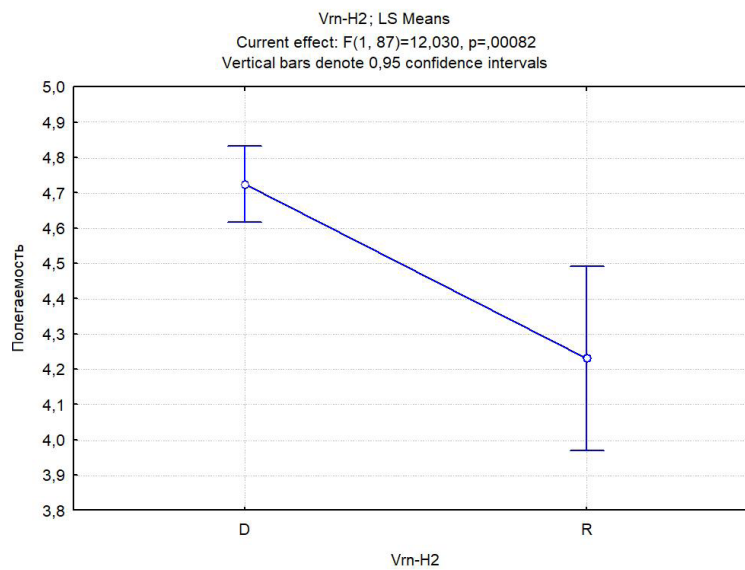
ный процесс сорта-носители доминантной аллели (рис. 5, 6).

В результате ПЦР с праймерами *HvFT1-F* и *HvFT1-R* гена *Vrn-H3* амплифицируется продукт, ожидаемый размер которого составляет 350 п.н. После обработки ПЦР-продукта рестриктазой *Ksp221* размеры фрагментов для рецессивного аллеля составляют 211 и 138 п.н. Для доминантного аллеля размеры разрезанных фрагментов составляют 138, 142 и 69 п.н. (рис. 7).



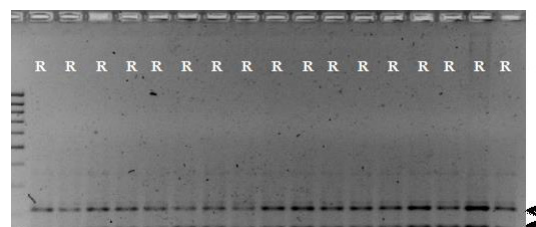
**Рис. 5.** Сравнение средних показателей признака «содержание белка в зерне» (%) у сортов ячменя носителей доминантной (D) и рецессивной (R) аллели гена Vrn-H2

**Fig. 5.** Comparison of average indicators of the trait 'protein content in kernels' (%) in barley varieties with dominant (D) and recessive (R) allele of Vrn-H2 gene



**Рис. 6.** Сравнение средних показателей признака «устойчивость к полеганию» у сортов ячменя носителей доминантной (D) и рецессивной (R) аллели гена Vrn-H2

**Fig. 6.** Comparison of average indicators of the trait 'resistance to lodging' in barley varieties with dominant (D) and recessive (R) allele of Vrn-H2 gene



**Рис. 7.** Выявление рецессивной (211 п.н. + 138 п.н.) аллели гена Vrn-H3 с помощью CAPS-маркера у сортов озимого ячменя

**Fig. 7.** Identification of recessive (211 p.n. + 138 p.n.) alleles of Vrn-H3 gene with CAPS marker in winter barley varieties

Молекулярно-генетический скрининг всей испытуемой выборки сортов показал, что у всех сортов присутствует рецессивный аллель *Vrn-H3*, носителей доминантной аллели не выявлено.

В результате проведенных исследовательских испытаний тест-систем функциональных молекулярных маркеров генов-кандидатов выявлено, что

полиморфизм гена *Vrn-H2* достоверно влияет на содержание белка в зерне и устойчивость сортов к полеганию.

Результаты проведенных исследовательских испытаний тест-систем функциональных молекулярных маркеров генов-кандидатов приведены в итоговой таблице 3.

**3. Карта исследовательских испытаний тест-систем функциональных молекулярных маркеров генов-кандидатов**  
**3. The research map of test-systems of functional molecular markers of candidate genes**

Маркируемые гены	Технические критерии				Критерий ассоциации с агрономическими признаками (p-value)				
	чувствительность	воспроизводимость	специфичность	уровень полиморфизма	урожайность, т/га	масса 1000 зерен, г	содержание белка, %	устойчивость к полеганию, балл	период «всходы–колошение», дни
Ppd-H1	95%	100%	100%	20%	0,52	0,26	0,85	0,32	0,37
Ppd-H2	100%	100%	100%	0	nd	nd	nd	nd	nd
<i>Vrn-H1</i>	96%	100%	100%	15%	0,99	0,60	0,13	0,31	0,19
<i>Vrn-H2</i>	95%	100%	100%	25%	0,32	0,39	<u>0,02</u>	<u>0,01</u>	0,90
<i>Vrn-H3</i>	100%	100%	100%	0	nd	nd	nd	nd	nd

**Выводы.** Установлено, что из пяти тестируемых маркерных систем исследовательские испытания прошли успешно лишь для одной – системы маркеров для гена *Vrn-H2*, определяющего тип развития яч-

меня (озимый, яровой, двуручка). Полиморфизм гена *Vrn-H2* достоверно влияет на содержание белка в зерне и устойчивость сортов к полеганию.

#### Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В. Состояние и пути повышения эффективности растениеводства. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2012. 384 с.
2. Злотина М.М., Ковалева О.Н., Лоскутов И.Г., Потокина Е.К. Использование аллель-специфичных маркеров генов *Ppd* и *Vrn* для прогнозирования продолжительности вегетационного периода сортов ячменя // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. № 17 (1). С. 50–62.
3. Международный классификатор СЭВ рода *Hordeum* L. Ленинград, 1983. 55 с.
4. Румянцев А.В., Глуховцев В.В. Сорты зерновых и кормовых культур как основа инновационных технологий в растениеводстве и экономической устойчивости сельскохозяйственного производства. Новые сорта сельскохозяйственных культур – составная часть инновационных технологий в растениеводстве. Орел: Картуш, 2011. 40 с.
5. Cockram J., Norris C., O'Sullivan D.M. PCR-based markers diagnostic for spring and winter seasonal growth habit in barley // Crop Science. 2007. V. 49. pp. 403–410.
6. Laurie D.A., Pratchett N., Snape J.W. and Bezant J.H. RFLP mapping of five major genes and eight quantitative trait loci controlling flowering time in a winter × spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cross. Genome, 1995. V. 38 (3). pp. 575–585.
7. Saghai-Marooif M.A., Soliman K.M., Jorgensen R.A. and Allard R.W. Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. Proc. Natl Acad. Sci. USA. 1984. V. 81. pp. 8014–8018.
8. Zitzewitz J., Szucs P., Dubcovsky J., Yan L., Francia E., Pecchioni N., Casas A., Chen T.H.H., Hayes P.M., Skinner J.S. Molecular and structural characterization of barley vernalization genes. Plant Molecular Biology. 2005. V. 59. pp. 449–467.

#### References

1. Alabushev A.V. Sostoyaniye i puti povysheniya effektivnosti rasteniyevodstva [The state and ways to improve the efficiency of plant production]. Rostov-na-Donu: ZAO «Kniga», 2012. 384 s.
2. Zlotina M.M., Kovaleva O.N., Loskutov I.G., Potokina E.K. Ispol'zovanie al-lel'-specifichnykh markerov genov *Ppd* i *Vrn* dlya prognozirovaniya prodolzhitel'nosti vegetacionnogo perioda sortov yachmenya [Use of allele-specific markers of the *Ppd* and *Vrn* genes to predict the length of barley growing period] // Vavilovskiy zhurnal genetik i selektsii. 2013. № 17 (1). S. 50–62.
3. Mezhdunarodnyj klassifikator SEV roda *Hordeum* L. [The international classifier of the COMECON of the genus *Hordeum* L.] Leningrad, 1983. 55 s.

4. Romyancev A.V., Gluhovcev V.V. Sorta zemovyh i kormovyh kul'tur kak osnova innovacionnyh tekhnologij v rastenievodstve i ekonomicheskoj ustojchivosti sel'sko-hozyajstvennogo proizvodstva. Novye sorta sel'skohozyajstvennyh kul'tur – sostavnaya chast' innovacionnyh tekhnologij v rastenievodstve [Varieties of grain and forage crops as the basis of innovative technologies in plant production and economic sustainability of agricultural production. New grain crop varieties are an integral part of innovative technologies in plant production]. Orel: Kartush, 2011. 40 s.
5. Cockram J., Norris C., O'Sullivan D.M. PCR-based markers diagnostic for spring and winter seasonal growth habit in barley // Crop Science. 2007. V. 49. pp. 403–410.
6. Laurie D.A., Pratchett N., Snape J.W. and Bezant J.H. RFLP mapping of five major genes and eight quantitative trait loci controlling flowering time in a winter × spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cross. *Genome*, 1995. V. 38 (3). pp. 575–585.
7. Saghai-Maroo M.A., Soliman K.M., Jorgensen R.A. and Allard R.W. Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 1984. V. 81. pp. 8014–8018.
8. Zitzewitz J., Szucs P., Dubcovsky J., Yan L., Francia E., Pecchioni N., Casas A., Chen T.H.H., Hayes P.M., Skinner J.S. Molecular and structural characterization of barley vernalization genes. *Plant Molecular Biology*. 2005. V. 59. pp. 449–467.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.