

# АГРОНОМИЯ

УДК 631.524:633.111«324»  
DOI: 10.53083/1996-4277-2022-207-1-5-12

М.Е. Мухордова  
M.E. Mukhordova

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДОНОРОВ СКОРОСПЕЛОСТИ У ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С ПОМОЩЬЮ ДНК-МАРКЕРОВ И ДИАЛЛЕЛЬНОГО АНАЛИЗА

### IDENTIFICATION OF EARLY MATURITY DONORS IN WINTER WHEAT USING DNA MARKERS AND DIALLEL ANALYSIS

**Ключевые слова:** мягкая озимая пшеница, диаллельные гибриды, изменчивость, наследуемость, комбинационная способность, продолжительность периода всходы-колошение, фотопериод, ген Ppd D1.

Продолжительность дня является одним из важнейших факторов адаптивности генотипа к конкретным экологическим условиям региона выращивания. Молекулярное маркирование аллелей генов Ppd озимой пшеницы дает возможность селекционерам сознательно манипулировать исходным материалом, заранее располагая информацией об адаптационном потенциале растений, вовлеченных в селекционный процесс, а также выбрать сочетания аллелей, оптимальные для конкретных условий возделывания. Цель работы – идентифицировать доноры продолжительности периода всходы-колошение мягкой озимой пшеницы с помощью метода диаллельного анализа и ПЦР-маркера гена Ppd-D1. Исследования проводились в ФГБНУ «Омский Аграрный Научный Центр» в 2018-2019 гг. Опыт заложен в трехкратной повторности. Объект исследования – 3 сорта и 3 линии (ЛГ2, ЛГ3, ЛГ4, Северная Заря, Новосибирская 32, Омская озимая) отечественной и зарубежной селекции, а также 30 гибридов первого поколения, полученных по полной диаллельной схеме. Площадь питания растений 10x20 см. Предшественник – черный пар. При помощи маркера гена Ppd D1a провели тестирование исходных форм. Эксперимент показал, что проявление признака у потомков мягкой озимой пшеницы зависит как от сортовой специфики, так и ядерно-плазменных взаимоотношений. Определен донор по признаку «продолжительность периода всходы-колошение»: ЛГ2. На основании проведенных генетических анализов – статистических и молекулярных (анализ гибридов F1, эффекты ОКС, а также выявив аллели генов, отвечающие за фотопериод) установлены ассоциации «ДНК-маркер – эффект ОКС) для показателя продолжительность периода всходы-колошение: ЛГ2 (ОКС (F1= -0,93 (2018), F1= -1,93 (2019); Ppd D1a (288 п.н.). Линии озимой мяг-

кой пшеницы, несущие в своем генотипе доминантный аллель PpdD1a (288 п.н.), обладают сниженной высотой стебля, ускоряют время цветения растений, уменьшая их жизненный цикл, и могут быть рекомендованы в качестве источников скороспелости для использования в селекционных программах.

**Keywords:** soft winter wheat, diallelic hybrids, variability, inheritance, combining ability, duration of shoots through earing period, photoperiod, Ppd-D1 gene.

The length of the day is one of the most important factors of genotype adaptability to the specific environmental conditions of the region. Molecular marking of Ppd gene alleles in winter wheat allows plant breeders to consciously manipulating the source material having information about the adaptive potential of plants involved in the breeding process in advance as well as to choose combinations of alleles that are optimal for specific cultivation conditions. The research goal is to determine the variability and inheritance of the duration of the period from germination through earing of soft winter wheat and to detect a system of genetic control in the determination of this indicator using classical methods of evaluation and DNA markers. Triplicate experiment was conducted at the Omsk Agricultural Scientific Center in 2018 and 2019. The research targets were 3 wheat varieties and 3 lines (LG2, LG3, LG4, Severnaya Zarya, Novosibirskaya 32, and Omskaya ozimaya) of domestic and foreign breeding along with 30 hybrids of the first generation obtained by the complete diallel scheme. The area of plant nutrition was 10 × 20 cm<sup>2</sup>. The background was bare fallow. The initial forms were tested using the Ppd-D1a gene marker. The experiment showed that the manifestation of the character in the descendants of soft winter wheat depended on both varietal specificity and nuclear-plasma relationship. In term of the character “the duration of the period from germination through earing”, the donor - LG2 was determined. Based on statistical and molecular genetic analysis (analysis of F1 hybrids, general combining ability (GCA) effects as well as identifying alleles

of genes responsible for the photoperiod), the associations "DNA marker - GCA effect" were determined for the character "the duration of the period from germination through earing": LG2 (GCA (F1 = -0.93 (2018), F1 = -1.93 (2019); Ppd-D1a (288 bp). The lines of winter soft wheat bearing

the dominant allele Ppd-D1a (288 bp) in their genotype have a reduced stem height, accelerate the flowering time of plants, reducing their life cycle and may be recommended as sources of early maturity for use in breeding programs.

**Мухордова Мария Евгеньевна**, к.с.-х.н., ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Российская Федерация, e-mail: mukhordova@anc55.ru.

**Mukhordova Mariya Evgenevna**, Cand. Agr. Sci., Omsk Agricultural Scientific Center, Omsk, Russian Federation, e-mail: mukhordova@anc55.ru.

### Введение

Пшеница по валовым сборам и посевным площадям лидирует среди остальных культур в мировом земледелии. Она представляет собой одну из главных сельскохозяйственных культур России, обладая свойством высокой адаптации к различным климатическим условиям и ареалам выращивания. Характеризуясь длинным периодом произрастания, озимая пшеница максимально использует осеннюю и зимнюю влагу, потребляя ее значительное количество, вследствие этого формирует высокий урожай сухой массы. Кроме высокой адаптации и урожайности, селекционеры должны учитывать создание более скороспелых сортов [1, 2].

Украинскими учеными установлено [3], что за уменьшение длительности фенофазы всходы-колошения, понижение зимостойкости и морозостойкости в конце зимнего периода, за значительный прирост урожайности и элементов, её составляющих, отвечают доминантные аллели генов Ppd. Порядок расположения аллелей по мере ослабления зимо- и морозостойкости в годы с жесткими условиями перезимовки и возрастания урожая в годы с мягкими зимами является таковым: PpdA1a-PpdB1a-PpdD1a. Определено влияние генов у генотипов с высоким стеблем, которые нацелены на снижение данного показателя, а у среднерослых – на его рост.

В исследованиях ученых Агрофизического института были использованы два метода для выявления образцов, несущих нечувствительный к фотопериоду аллель Ppd-D1a, что необходимо для использования в селекции скороспелых сортов яровой пшеницы. Подбор селекционного материала осуществлялся методом молекулярно-генетического скрининга и на основе оценки величины и степени проявления гетерозиса в F<sub>1</sub>. Использование этих двух методов позволяют отобрать генетический материал для ускоренной селекции новых форм пшеницы, сочетающих высокую скорость развития и повышенную продуктивность [4].

На Белоцерковской опытно-селекционной станции (Украина) определено аллельное состояние генов чувствительности к фотопериоду Ppd-1 у 16 сортов мягкой озимой пшеницы. Генотип Ppd-A1b Ppd-B1b Ppd-D1a, в котором аллель Ppd-D1a определяет нейтральность к фотопериоду и влечет за собой более раннее колошение, характерен для большей части сортов этой станции [5].

В обзорной публикации Калыбековой [6] излагается анализ эксперимента размещения аллелей генов Ppd пшеницы в разных регионах ее произрастания. Для западноевропейских образцов свойственна значительная встречаемость Ppd-D1a.

В результате идентификации Ppd-генотипов методами гибридологического и маркерного ДНК-анализа выявлено преимущественное распространение в наборе сортов озимой пшеницы различных эколого-географических зон доминантного только по гену Ppd-D1a генотипа (77,5-79,6%) [7].

**Цель** работы – идентифицировать доноры продолжительности периода всходы-колошение мягкой озимой пшеницы с помощью метода диаллельного анализа и ПЦР-маркера гена Ppd-D1.

### Условия, материалы и методы

В Омском АНЦ проведен опыт в полевых условиях 2 вегетационных периодов 2017/18 и 2018/19 гг. Родительские формы (P) и гибриды F<sub>1</sub> были высеяны в трехкратном повторении. Предшественник – кулисный пар. Площадь питания растений 10x20 см.

Для проведения исследований нами выбраны 3 сорта и 3 линии местной селекции, отличающихся между собой по ряду хозяйственно-ценных признаков, также 30 рецiproкных комбинаций.

Статистический анализ осуществляли методами дисперсионного и корреляционного анализов [8]. По Гриффингу [9] выполняли расчет общей комбинационной способности по признаку

«продолжительность периода всходы-колошение» – модель I, метод I (данные по родителям, прямым и обратным гибридам) с применением программы AGROS версия 2.13 (С.П. Мартынова). По Акселю и Джонсу [10] выполняли генетический анализ, с использованием программного продукта «ДИАС» Гребенникова, Алейников, Степочкин [11]. Графики Хеймана [12] позволили проанализировать признак «продолжительность периода всходы-колошение» озимой пшеницы.

Метеоусловия лет исследований значительно различались. Третья декада августа 2017 г. (посев осуществлен 21.08) подходящим образом способствовала формированию осенних фенотипов. Режим температуры и осадков в зимний период 2017/18 гг. находился на уровне средней многолетней, декабрьского снега было достаточно для перезимовки, несмотря на низкую температуру января. Погода 2018 г. была близка к норме по температуре и с сильными осадками в начале и в конце вегетации. За этот период выпало 183,4 мм осадков, ГТК составил 1,52 (переувлажнение).

Опыт 2018 г. заложен 23 августа, последующий период положительно повлиял на появление всходов и период кущения. Описывая погодные условия 2018/19 гг., отмечено, что температура в зимние месяцы была ниже средней многолетней в декабре и феврале, а в январе превысила её. Количество осадков наблюдалось ниже нормального показателя на протяжении всего зимнего периода. Безморозный период вегетации характеризуется погодой, близкой к норме по температуре (с переувлажнением в начале и засухой в конце сезона произрастания). За период вегетации культуры в 2019 г. выпало 152,0 мм осадков, ГТК был равен 1,10 (достаточное увлажнение).

Пробоподготовка образцов осуществлялась при помощи гомогенизатора TissueLyser LT.

Экстракция геномной ДНК производилась из 3-дневных проростков зерен пшеницы с помощью готового набора реактивов «ФитоСорб» («Синтол», Россия).

Для определения аллельного состояния гена Ppd-D1 использованы праймеры, разработанные Beales с соавторами [13]. ПЦР проводилась по разработанным для каждого праймера протоколам. Праймеры синтезированы в ООО «Биоссет» (г. Новосибирск). Для проведения ПЦР использован набор BioMaster HS-Taq ПЦР-Color (2x) объемом 50 мкл. Полимеразно-цепная реакция проведена в амплификаторе фирмы BioRad (Амплификатор T100).

Амплифицированные фрагменты ДНК фракционировали методом горизонтального электрофореза в 1,5%-ном агарозном геле в триацетатном (1×TAE) буфере в течение 60 мин. при напряжении в 140 В. Гель окрашивался с помощью интеркалирующего агента Ethidium bromide для последующей визуализации. В качестве маркера молекулярного веса полученных фрагментов использован «50bp Ladder». Результаты детектированы в системе геледокументации GelDoc XR+ с помощью ПО BioRad Image Lab 5.1.

### Результаты и обсуждение

В наших исследованиях 2018 г. (табл. 1) средняя продолжительность периода всходы-колошение у родителей была 297,7 сут. Самый длинный период оказался у сорта Новосибирская 32 (299 сут.), короткий – у ЛГ2 (295,7 сут.).

В среднем у гибридов F<sub>1</sub> период всходы-колошение составил 298,4 сут., самый продолжительный данный показатель был у гибрида F<sub>1</sub> Новосибирская 32 x ЛГ4 (300,7 сут.).

Таблица 1

*Продолжительность периода всходы-колошение, сут.*

Сорт	2018 г.		2019 г.		Среднее	
	P	F <sub>1</sub>	P	F <sub>1</sub>	P	F <sub>1</sub>
ЛГ2	295,7	297,4	297,0	296,0	296,4	296,7
ЛГ3	298,3	298,7	294,0	297,4	296,2	298,1
ЛГ4	298,0	299,0	300,0	301,0	299,0	300,0
Северная Заря	297,3	298,6	300,0	299,8	298,7	299,2
Новосибирская 32	299,0	300,1	302,0	303,0	300,5	301,6
Омская озимая	297,7	296,9	300,0	300,8	298,9	298,9
Среднее	297,7	298,5	298,8	299,7	298,3	299,1
НСР <sub>05</sub>	2,2	2,2	3,0	2,9	2,6	2,6

Исследование ОКС сортов (табл. 2) выявило преимущество аддитивных эффектов генов в наследовании продолжительности периода всходы-колошение: доля вариансы ОКС составляет 74,12%. Вариансы СКС и реципрокного эффекта не достоверны. При изучении оценок эффектов ОКС (табл. 3) оказалось, что сорт Новосибирская 32 и линия местной селекции ЛГ4 удлиняют изучаемый показатель гибридов F<sub>1</sub>, а укорачивают его ЛГ2 и Омская озимая.

**Таблица 2**  
**Комбинационная способность сортов озимой пшеницы по продолжительности периода всходы-колошение по гибридам F<sub>1</sub>**

Источник изменчивости	2018 г.		2019 г.	
	mS	%	mS	%
ОКС	5,87*	74,12	25,15*	73,28
СКС	0,48	6,06	1,21	3,53
Р.Э.	1,57	19,82	7,96	23,19

Примечание. \*Достоверно при P≤0,05.

Обсуждая дисперсионный анализ (табл. 4), выяснилось, что генотип оказывает большее влияние на признак «продолжительность периода всходы-колошение», что составляет 83,27%. Взаимодействие факторов генотип x год также является достоверным.

**Таблица 3**  
**Оценки эффектов ОКС озимой пшеницы (P) по признаку «продолжительность периода всходы-колошение» по гибридам F<sub>1</sub>**

Родительская форма	2018 г.	2019 г.
ЛГ2	-0,93	-1,93
ЛГ3	0,07	-1,54
ЛГ4	0,49	0,71
Северная Заря	0,10	0,02
Новосибирская 32	0,94	1,66
Омская озимая	-0,68	1,07
Ст. откл.	0,39	1,15

В исследованиях 2019 г. средняя продолжительность периода всходы-колошение у родителей (табл. 1) была 298,8 сут. Самый длинный период оказался у сорта Новосибирская 32 (302 сут.), короткий – у ЛГ3 (294,0 сут.). В среднем у гибридов F<sub>1</sub> период всходы-колошение составил 299,6 сут., самый продолжительный данный показатель был у гибрида F<sub>1</sub> Новосибирская 32 x Омская озимая (305 сут.), короткий – ЛГ2 x Северная Заря и ЛГ2 x Омская озимая (295 сут.).

**Таблица 4**  
**Факторы изменчивости признака «продолжительность периода всходы-колошение»**

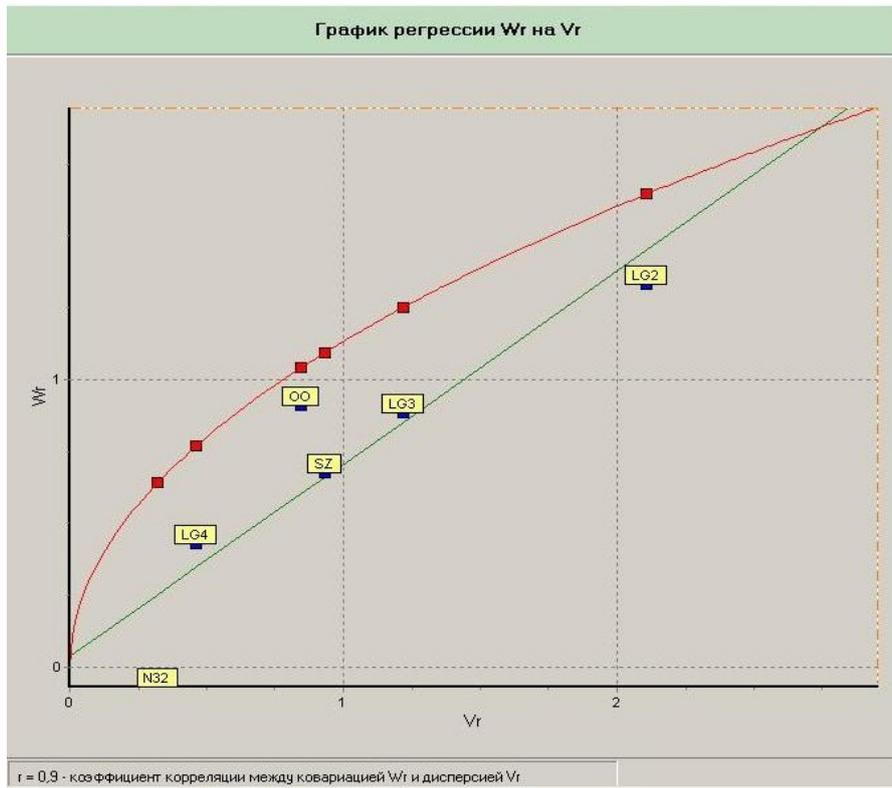
Фактор	mS	F <sub>ф</sub>	F <sub>05</sub>	%
Генотип	750,67*	11,26	1,50	83,27
Условия года	-0,09	-0,04	3,92	-0,29
Взаимодействие	153,42*	5,29	1,5	17,02
Ошибка	271,20	-	-	-

Примечание. \*Достоверно при P≤0,05.

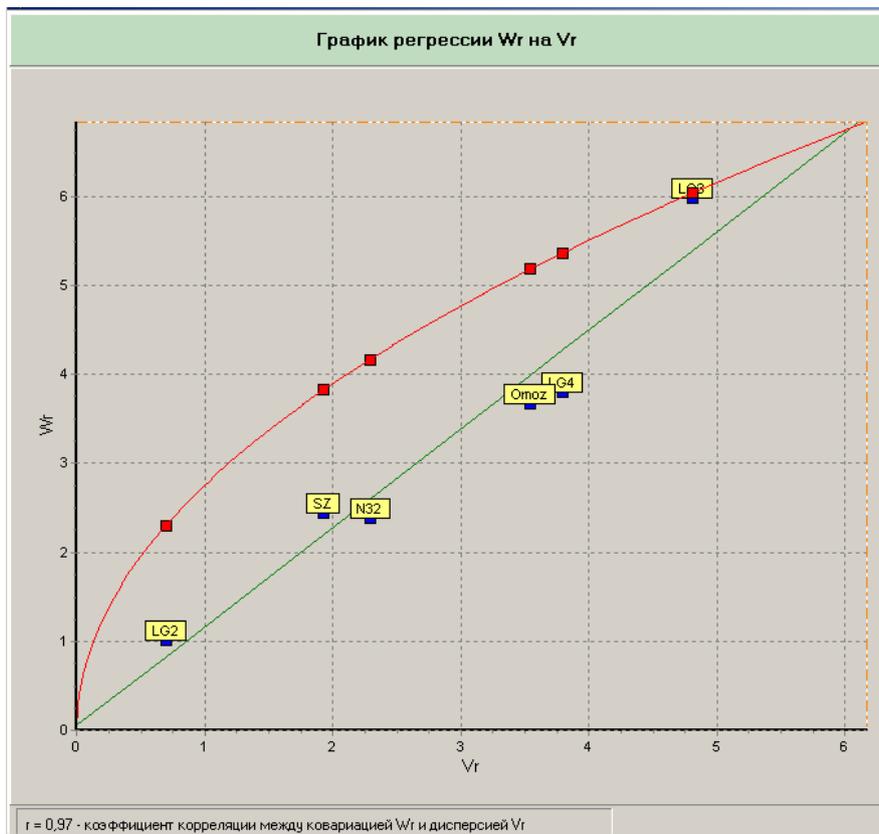
Анализ комбинационной способности сортов (табл. 2) показал преимущество аддитивных эффектов генов в наследовании продолжительности периода всходы-колошение: доля вариансы ОКС составляет 73,28%. Вариансы СКС и реципрокного эффекта не достоверны. При изучении оценок эффектов ОКС (табл. 3) оказалось, что сорт Новосибирская 32 удлиняет изучаемый показатель гибридов F<sub>1</sub>, а укорачивают его ЛГ2 и ЛГ3.

Графики Хеймана и генетические параметры показаны на рисунке 1. Обсуждаемый показатель увеличивают доминантные гены как в 2018 г., так и в 2019 г., что подтверждает отрицательный параметр ПЗ. Линия регрессии в 2018 г., пересекая положительную часть оси W<sub>r</sub>, указывает на неполную среднюю степень доминирования по всем локусам, из чего выясняется, что при наследовании признака у этих сортов преобладают аддитивные эффекты, что чаще всего отмечают в относительно благоприятных условиях года. Линия регрессии W<sub>r</sub>/V<sub>r</sub> в 2019 г. пересекает ось ординат близко к нулю, указывая на ведущую роль доминирования в генетическом контроле периода всходы-колошения.

Это же подтверждается величиной средней степени доминирования (П<sub>б</sub>=0,87). В локусах, проявляющих доминирование, произведение частот плюс и минус аллелей симметрично (П<sub>9</sub>=0,25) в 2018 г., это говорит об их примерном равенстве. В 2019 г. данное произведение асимметрично, что означает преобладание доминантных аллелей с положительными эффектами. Соотношение общего числа доминантных генов к общему числу рецессивных в 2018 г., исходя из параметра 13, который меньше 1, говорит о превалировании последних. Значение этого параметра в 2019 г. выше 1, это свидетельствует о том, что число доминантных генов превосходит число рецессивных.



А



Б

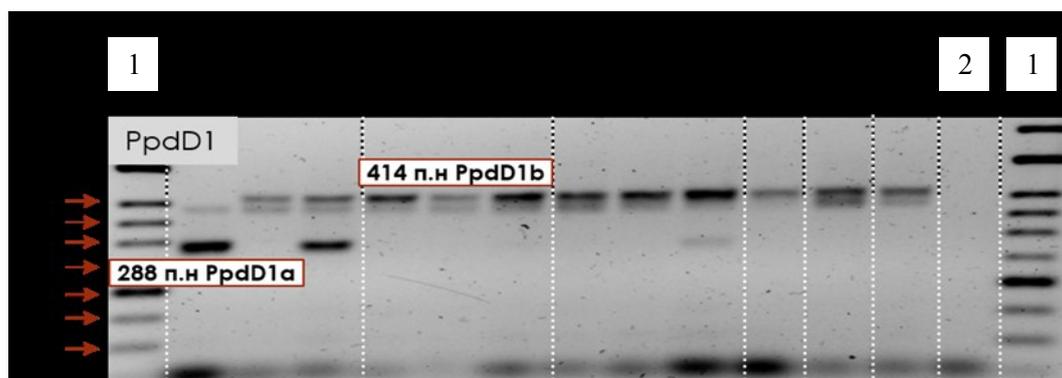
**Рис. 1.** График зависимости  $W_r$  от  $V_r$  для признака «продолжительность периода всходы-колошение». LG2-ЛГ2, LG3-ЛГ3, LG4-ЛГ4; SZ – Северная Заря; N32 – Новосибирская 32; OO – Омская озимая; А – 2018 г.:  $P_3 = -0,87$ ,  $P_6 = 0,88$ ,  $P_9 = 0,25$ ,  $P_{13} = -0,12$ ; Б – 2019 г.:  $P_3 = -0,44$ ,  $P_6 = 0,69$ ,  $P_9 = 0,12$ ,  $P_{13} = 1,20$

Расположение точек сортов вдоль линии регрессии показывает их перемещение. Так, в 2018 г. сорт Новосибирская 32 находился в доминантной зоне, а ЛГ2 – в рецессивной. В 2019 г. произошло перемещение сортов. Таким образом, линия ЛГ2 оказалась в доминантной зоне, линия ЛГ3 – в рецессивной, а сорт Северная Заря сохранил свое положение в доминантной зоне.

**Определение аллелей генов нейтральности к фотопериоду Ppd D1 у сортообразцов озимой мягкой пшеницы.** Для выявления гене-

тических носителей полезных признаков был проведен ПЦР анализ для гена Ppd D1 с последующим разделением продуктов амплификации при помощи гель-электрофореза (рис. 2).

Для гена PpdD1 наличие бэнда 288 п.н. указывает на доминантный аллель PpdD1a, который соответствует нечувствительности к фотопериоду в отличие от рецессивного PpdD1b. За исключением ЛГ2 все исследованные линии и сорта имеют генотип PpdD1b. Интересно, что в линии ЛГ2 были обнаружены 3 различных генотипа по гену PpdD1.



**Рис. 2. Продукты амплификации образцов озимой мягкой пшеницы с использованием праймеров PpdD1-F/ PpdD1-R1/ PpdD1-R2: 1 – маркер молекулярного веса (M) 50 bp (50-1500 п.н.); 2 – H<sub>2</sub>O деионизированная (отрицательный контроль)**

Пшеница является растением длинного дня. Снижение высоты на 10 см и ускорение времени цветения растений, уменьшая их жизненный цикл в среднем на неделю, определяются присутствием доминантного аллеля PpdD1a. Описанные изменения в зависимости от климатических условий в различной степени повлияют на вызревание колоса и, как следствие, урожайность, поэтому разлинейвание ЛГ2 по генотипам PpdD1aa, PpdD1bb, PpdD1a/b позволит определить, как проявляется нечувствительность к фотопериоду, и установить целесообразность отбора по этому признаку в условиях Западной Сибири.

### Выводы

Проводимые исследования показали, что на проявление признаков у потомков мягкой озимой пшеницы отмечен как вклад сортовой специфики, так и ядерно-плазменных взаимоотношений.

Определен донор по признаку «продолжительность периода всходы-колошение», таковым является ЛГ2.

На основании проведенных генетических анализов как статистических, так и молекулярных (анализ гибридов F<sub>1</sub>, эффекты ОКС, а также аллелей генов, отвечающих за фотопериод) были установлены ассоциации маркер-признака для показателя продолжительность периода всходы-колошение: ЛГ2 (ОКС (F<sub>1</sub>=-0,93 (2018), F<sub>1</sub>=-1,93 (2019); Ppd D1a (288 п.н.).

Линии озимой мягкой пшеницы, несущие в своем генотипе доминантный аллель PpdD1a (288 п.н.), обладают сниженной высотой стебля, ускоряют время цветения растений, уменьшая их жизненный цикл, и могут быть рекомендованы в качестве источников нейтральности к фотопериоду для использования в селекционных программах.

### Библиографический список

1. Молекулярно-генетическая характеристика коллекции сортов пшеницы (*Triticum Aestivum* L.) по аллельному составу гена чувствительности к фотопериоду Ppd-D1 и генов, кодирующих СВФ-факторы fr-b2 локуса /

Е. А. Фомина, Т. М. Дмитриева, С. В. Малышев, О. Ю. Урбанович. – Текст: непосредственный // Молекулярная и прикладная генетика. – 2018. – Т. 25. – С. 7-14.

2. Мухордова, М. Е. Влияние формообразовательного процесса на продуктивность растений у гибридов озимой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири / М. Е. Мухордова. – Текст: непосредственный // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 72-77. – DOI 10.18286/1816-4501-2019-3-72-77.

3. Файт, В. И. Влияние различий генов Ppd на агрономические признаки озимой мягкой пшеницы / В. И. Файт, В. Р. Федорова. – Текст: непосредственный // Цитология и генетика. – 2007. – № 6. – С. 26-32.

4. Рушина, Н. А. Использование аллель-специфичных маркеров гена Ppd-D1 для отбора скороспелых форм пшеницы на начальных этапах селекции / Н.А. Рушина, Г.В. Мирская. – Текст: непосредственный // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2020. – № 3 (60). – С. 45-54. – DOI 10.34655/bgsha.2020.60.3.007.

5. ПЦР-анализ генов фотопериодической чувствительности у сортов мягкой озимой пшеницы селекции Белоцерковской опытно-селекционной станции / В. М. Филимонов, А. А. Бакума, Г. А. Чеботарь [и др.]. – Текст: непосредственный // Вісн. Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів. – 2018. – Т. 16, № 2. – С. 217-226.

6. Калыбекова, Ж. Т. Аллельное разнообразие генов, контролирующих реакцию на яровизацию и чувствительность к фотопериоду среди сортов яровой мягкой пшеницы различного географического происхождения / Ж. Т. Калыбекова. – Текст: непосредственный // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – № 180 (4). – С. 177-185. – DOI 10.30901/2227-8834-2019-4-177-185.

7. Идентификация генотипов Ppd-1 сортов мягкой пшеницы методами генетического и STS-ПЦР анализа / В. И. Файт, И. А. Балашова, В. Р. Федорова, М. С. Бальвинская – Текст: непосредственный // Физиология растений и генетика. – 2014. – Т. 46, № 4. – С. 325-336.

8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б. А. Доспехов. – Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – Москва:

Альянс, 2011. – 350, [1] с.: ил., табл.; 22 см. – ISBN 978-5-903034-96-3 (в пер.) – Текст: непосредственный.

9. Griffing, B. (1956) Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. *Australian Journal of Biological Sciences*. 9, 463-493.

10. Aksel R., Johnson L.P.V. (1959). Analysis of diallel cross: a work example. *Advancing Frontiers of Plant Sciences*. 2: 37-53.

11. Алейников, А. Ф. Диаллельный анализ селекции сельскохозяйственных культур / А. Ф. Алейников, П. И. Стёпочкин, И. Г. Гребеникова. – Текст: непосредственный // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2011613440; № 2011610357 заявл. 11.01. 2011 г., зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ от 25.04.2011 г.

12. Hayman, B I. (1954). The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics*. 10, 235-244.

13. Beales, J., Turner, A., Griffiths, S., et al. (2007). A pseudo-response regulator is misexpressed in the photoperiod insensitive Ppd-D1a mutant of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 115: 721-733. DOI: 10.1007/s00122-007-0603-4.

## References

1. Molekuliarno-geneticheskaia kharakteristika kollektcii sortov pshenitsy (*Triticum Aestivum* L.) po allelnomu sostavu gena chuvstvitelnosti k fotoperiodu Ppd-D1 i genov, kodiruiushchikh CBF-factory fr-b2 lokusa / E.A. Fomina, T.M. Dmitrieva, S.V. Malyshev, O.Iu. Urbanovich // Molekuliarnaia i prikladnaia genetika. – 2018. – Т. 25. – С. 7-14.

2. Mukhordova M.E. Vliianie formoobrazovatel'nogo protsessa na produktivnost rastenii u gibridov ozimoi miagkoi pshenitsy v usloviakh Zapadnoi Sibiri / M.E. Mukhordova // Vestnik Ulianovskoi GSKhA. – 2019. – No. 3. – S. 72-77. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-72-77.

3. Fait V.I. Vliianie razlichii genov Ppd na agronomicheskie priznaki ozimoi miagkoi pshenitsy / V.I. Fait, V.R. Fedorova // Tsitologiya i genetika. – 2007. – No. 6. – S. 26-32.

4. Rushina N.A. Ispolzovanie allel-spetsifichnykh markerov gena Ppd-D1 dlia otbora skorospelykh form pshenitsy na nachalnykh etapakh selektcii / N.A. Rushina, G.V. Mirskaia // Vestnik Buriatskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii im. V.R. Filippova. – 2020. – No. 3 (60). – S. 45-54. DOI: 10.34655/bgsha.2020.60.3.007.

5. PTsR-analiz genov fotoperiodicheskoj chuvstvitelnosti u sortov miagkoi ozimoi pshenitsy seleksii Belotserkovskoi opytно-seleksionnoi stantsii / V.M. Filimonov, A.A. Bakuma, G.A. Chebotar i dr. // *Visn. Ukr. tov-va genetikiv i seleksioneriv.* – 2018. – Т. 16, No. 2. – S. 217-226.

6. Kalybekova Zh.T. Allelnoe raznoobrazie genov, kontroliruiushchikh reaktsiiu na iarovizatsiiu i chuvstvitelnost k fotoperiodu sredi sortov iarovoi miagkoi pshenitsy razlichnogo geograficheskogo proiskhozhdeniia / Zh.T. Kalybekova // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii.* – 2019. – No. 180 (4). – S. 177-185. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-177-185.

7. Identifikatsiia genotipov Ppd-1 sortov miagkoi pshenitsy metodami geneticheskogo i STS-PTsR analiza / V.I. Fait, I.A. Balashova, V.R. Fedorova, M.S. Balvinskaia // *Fiziologiya rastenii i genetika.* – 2014. – Т. 46, No. 4. – S. 325-336.

8. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta: uchebnik dlia studentov vysshikh selskokhoziaistvennykh uchebnykh zavedenii po agromicheskim spetsialnostiam / B.A. Dospikhov. – Izd. 6-e, ster., perepech. s 5-go izd. 1985 g. – Moskva: Alians, 2011. – 350 s.

9. Griffing, B. (1956) Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. *Australian Journal of Biological Sciences.* 9, 463-493.

10. Aksel R., Johnson L.P.V. (1959). Analysis of diallel cross: a work example. *Advancing Frontiers of Plant Sciences.* 2: 37-53.

11. Aleinikov A.F. Diallelnyi analiz seleksii selskokhoziaistvennykh kultur / A.F. Aleinikov, P.I. Stepochkin, I.G. Grebenikova // *Svidetelstvo o registratsii programmy dlia EVM No. 2011613440; No. 2011610357 zaiavl. 11.01. 2011 g., zaregistrirovano v Reestre programm dlia EVM ot 25.04.2011 g.*

12. Hayman, B I. (1954). The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics.* 10, 235-244.

13. Beales, J., Turner, A., Griffiths, S., et al. (2007). A pseudo-response regulator is misexpressed in the photoperiod insensitive Ppd-D1a mutant of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 115: 721-733. DOI: 10.1007/s00122-007-0603-4.



УДК 632.93:631.53.02 (633.16)

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-207-1-12-18

Ю.А. Хахулина, Е.К. Кувшинова,  
В.Б. Хронюк, Е.В. Хронюк  
Yu.A. Khakhulina, E.K. Kuvshinova,  
V.B. Khronyuk, E.V. Khronyuk

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ

### EFFECTIVENESS OF APPLYING VARIOUS PREPARATIONS FOR PRE-SOWING TREATMENT OF WINTER BARLEY SEEDS

**Ключевые слова:** предпосевная обработка семян, озимый ячмень, протравитель, препараты, удобрения, стимуляторы, энергия прорастания, всхожесть, длина ростков, длина корешков, сила роста, масса проростков.

Протравливание семян способствует обезвреживанию большинства возбудителей грибковых и инфекционных заболеваний, а также вредителей, которые распространяются через посевной материал и почву. Сочетание биопрепаратов и протравителей семян в сельскохозяйственной практике положительно влияет на энергию прорастания и всхожесть семян. С одной стороны, это обусловлено стимулированием развития корневой системы и физиологических процессов в се-

менах и проростках растений за счет биопрепаратов, а с другой, – снижением инфицирования семян за счет протравителя, особенно в полевых условиях. В статье приведены данные по влиянию фунгицидного протравителя семян Редиго Про и его сочетаний с биоорганическим удобрением proRostim, микроудобрением Оракул, стимуляторами роста ВЛ-77 и Альфастим на всхожесть и прорастание семян озимого ячменя Академик и Ерёма в лабораторных условиях. Сорт Ерёма положительно реагировал на применение стимуляторов роста ВЛ-77 и Альфастим в сочетании с протравителем Редиго Про увеличением всхожести семян до 94%. Для увеличения всхожести семян у сорта Академик до 89% целесообразно применение обработки семян Редиго Про + Оракул. Установлена сортовая отзывчивость на