

Различия сортов двуручек мягкой пшеницы по генам *Vrn-1* типа развития

В. И. Файт^{1*}, Е. Ю. Губич², Г. А. Зеленина¹

¹Селекционно-генетический институт – Национальный центр семеноведения и сортоизучения, Овидиопольская дорога, 3, г. Одесса, 65036, Украина, *e-mail: faygen@ukr.net

²Одесский национальный аграрный университет, ул. Пантелеймоновская, 13, г. Одесса, 65012, Украина

Цель. Изучить реакцию на яровизацию и идентифицировать *Vrn-1* генотипы современных сортов-двуручек пшеницы мягкой различного происхождения. **Методы.** Темпоральная яровизация, гибридологический анализ развития по системе генов *Vrn-1*, дисперсионный и корреляционный анализ, критерий χ^2 для оценки соответствия фактически полученных результатов расщепления теоретической гипотезе. **Результаты.** Сорта-двуручки существенно различаются по продолжительности периода до колошения в полевых условиях при осеннем посеве и при выращивании растений после яровизации 10–40 суток и без таковой на вегетационной площадке при естественном дне. Сортам 'Шестопаповка' и 'Demir 2000' для перехода к генеративному развитию (колошению) необходимо 30 и 40 суток яровизации зеленых проростков при +2 °С. Сорта 'Соломия' и 'Хуторянка' не реагировали на предварительную яровизацию в оба года изучения. Контрольная линия 'Мироновская 808 *Vrn-B1a*' и сорт 'Зимоярка' реагировали достоверным сокращением продолжительности периода до колошения на яровизацию – 10 суток, 'Афина', 'Ласточка', 'Паллада', 'L897Я23' – 10–20 и 'Яра' – 10–30 суток. Сопоставление расщепления на яровые и озимые потомки F_2 популяций диаллельных и тесткросных скрещиваний позволило выявить пять групп *Vrn-1* генотипов с разным генетическим контролем типа развития. Сорта 'Шестопаповка' и 'Demir 2000' являются носителями только рецессивных аллелей *Vrn-A1b Vrn-B1b Vrn-D1b*. В генотипе сортов 'Зимоярка' и 'Хуторянка' присутствует два доминантных гена *Vrn-A1a* и *Vrn-B1a*. Остальные сорта являются носителями только одного доминантного гена *Vrn-1*: 'Соломия' – гена *Vrn-A1a*, 'Паллада' и 'Яра' – гена *Vrn-B1a*, 'Афина', 'Ласточка' и линия 'L897Я23' – гена *Vrn-D1a*. **Выводы.** Сорта 'Шестопаповка' и 'Demir 2000' являются озимыми генотипами. Сорта 'Афина', 'Ласточка', 'L897Я23', 'Зимоярка', 'Соломия', 'Хуторянка', 'Паллада', 'Яра' являются яровыми и колосятся при посеве весной без яровизации. С точки зрения генетического контроля типа развития сорта 'Паллада' и 'Яра' соответствуют критериям «типичных» двуручек, но окончательный вывод можно сделать после изучения реакции на фотопериод указанных генотипов.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L.; двуручки; яровизация; генотип; колошение; гены *Vrn-1*.

Введение

Потребность в воздействии низкими положительными температурами (яровизация) в начальный период онтогенеза для последующего перехода к генеративному развитию – один из основных признаков, отличающий типично озимые генотипы пшеницы от типично яровых. Озимые сорта пшеницы характеризуются сильной отзывчивостью (от

15–20 до 60 и более суток), в то время как яровые могут быть нечувствительными или лишь частично отзывчивыми на яровизацию [1]. Вместе с тем деление пшеницы на яровую и озимую, в известной мере, условно. Среди F_2 гибридов яровых сортов с озимыми выявлено значительное варьирование по времени колошения, при этом выщепляются и двуручки, или их ещё называют сортами альтернативного, интермедиального или факультативного типа развития. Необходимо сразу отметить, что понятие «двуручка» не генетическое и даже не биологическое, а хозяйственное. Под ним подразумевается генотип, способный успешно зимовать в условиях мягких зим при посеве осенью, выколашиваться при посеве весной и, в обоих случаях,

Victor Fait

<http://orcid.org/0000-0001-9994-341X>

Olena Hubyh

<http://orcid.org/0000-0002-1002-9697>

Galina Zelenina

<http://orcid.org/0000-0002-7692-4117>

формировать достаточный урожай. Вместе с тем отнесение определённого генотипа к двуручкам на основании лишь по принципу «нормально перезимовывать» при осеннем посеве и «нормально выколашиваться» при посеве весной носит относительный характер и ничего не говорит о физиологической или генетической природе типа развития такого рода сортов. К сожалению, в научных публикациях последних лет о двуручках пшеницы [2–5], нет фундаментальных исследований по вопросам физиологии и генетики развития (онтогенеза) двуручек. При этом часто не проводится границы между «типичными» двуручками, типично озимыми сортами с непродолжительной (15–25 дней) потребностью в яровизации, называемых отдельными авторами «условными» двуручками [6, 7] или яровыми холодоустойчивыми генотипами.

В основе деления пшеницы на яровые и озимые генотипы лежат аллельные различия по генам ортологичной серии *Vrn-1*. Наличие в генотипе сорта любого доминантного аллеля *Vrn-A1a*, *Vrn-B1a*, *Vrn-D1a* или их сочетаний обеспечивает типично яровой тип развития [8]. Озимый тип развития определяется наличием только рецессивных аллелей генов ортологичной серии *Vrn-1*: *Vrn-A1b*, *Vrn-B1b*, *Vrn-D1b*. В зонах возделывания мягкой пшеницы со среднемесячной температурой января от -7 до +4 °C распространены озимые сорта. В зонах со среднемесячной температурой января ниже -7 °C или выше +10 °C наиболее часто встречаются яровые генотипы с присутствием гена *Vrn-A1a*. В интервале средней температуры января от +4 до +10 °C встречаются носители других генов *Vrn* [9].

Яровой тип развития двуручек мягкой пшеницы контролируется одним доминантным геном *Vrn-1* [10]. По мнению Б. В. Ригина [11], у большинства сортов-двуручек геном *Vrn-B1a*, а у части образцов или *Vrn-A1a*, или *Vrn-D1a*. В свою очередь А. Ф. Стельмах [12] пришел к выводу, что яровой тип развития «типичных» двуручек обусловлен присутствием в генотипе только гена *Vrn-B1a*. Ген *Vrn-B1a* в большей мере задерживает развитие растений в условиях удлиненного, и, особенно, укороченного дня [13], вследствие чего, в меньшей степени способствует снижению морозостойкости по сравнению с другими генами ортологичной серии *Vrn-1* [14], поэтому при создании пшениц двуручек наиболее рационально использовать ген *Vrn-B1a*.

Цель исследований – изучить реакцию на яровизацию и идентифицировать *Vrn-1* генотипы современных сортов-двуручек пшеницы мягкой различного происхождения.

Материалы и методика исследований

В качестве исходного материала использовали сорта разного географического происхождения, охарактеризованные их авторами как двуручки. Сорта ‘Афина’, ‘Ласточка’, ‘Паллада’, ‘Яра’, ‘L897Я23’ селекции Краснодарского НИИСХ им. П. П. Лукьяненко [15], ‘Хуторянка’, ‘Зимоярка’ – Института физиологии и генетики НАН Украины [16], ‘Соломия’ – Херсонского государственного аграрного университета [17], ‘Шестопаловка’ – Частного селекционно-семеноводческого предприятия «БОР» [18], а также сорт ‘Demir 2000’, который, согласно описанию Национального центра генетических ресурсов растений Украины, является двуручкой. Как контроль использовали двуручку – почти изогенную линию ‘Мироновская 808-*Vrn-B1a*’ и озимый сорт ‘Борвий’.

Семена выше указанных сортов, а также рекуррентных родителей почти изогенных линий по генам *Vrn-1* сорта ‘Скороспелка 36’ и ‘Мироновская 808’, контрольные образцы: озимый сорт ‘Борвий’ и двуручку ‘Мироновская 808 *Vrn-B1a*’ высевали осенью 03.10.2011 г. по черному пару ручной сеялкой на двух рядковых делянках длиной 1 м по 20 зерен на рядок с площадью питания растений 30×5 см. Весной в три срока подсеивали яровые почти изогенные линии по генам *Vrn-A1a* (*Vrn1*), *Vrn-B1a* (*Vrn2*) или *Vrn-D1a* (*Vrn3*) сортов ‘Мироновская 808’ и ‘Скороспелка 36’.

Сорта-двуручки скрещивали между собой в полевых условиях по полудиаллельной схеме (без реципроков), а также каждый из них с почти изогенными моногенно доминантными по генам *Vrn-1* линиями сортов ‘Мироновская 808’ или ‘Скороспелка 36’ и указанными озимыми сортами в качестве рецессивного тестера (*Vrn-A1b*, *Vrn-B1b*, *Vrn-D1b*). В скрещивании использовали изогенные линии того сорта, сроки цветения которого совпадали с таковыми анализируемого образца. Семена F_1 как от полудиаллельных, так и тестерных скрещиваний по каждому сорту высевали осенью в поле для получения семян F_2 . Семена F_2 популяций, анализируемых сортов и изогенных линий тестеров проращивали при комнатной температуре, а пятидневные проростки, во избежание возможной яровизации, высаживали во второй половине апреля (22.04.2013, 23.04.2014 и 20.04.2015 гг.) в 5-литровые сосуды (по 10 растений на каждый) и выращивали при естественной продолжительности дня на вегетационной площадке. Гибридологический

анализ сортов двуручек по типу развития и разделение F_2 популяций на фенотипические классы яровых и озимых растений проводили по методике Стельмаха с соавторами [19].

Для оценки реакции на яровизацию конкретных образцов использовали метод темпоральной (дробной) яровизации с интервалом в 10 суток. Семена сортов проращивали при комнатной температуре. Пятидневные проростки подвергали яровизации 40, 30, 20, 10 суток в камере КНТ-1 при +2 °С и 12-часовом освещении. После окончания яровизации проростки высаживали (20.04.2012 и 25.04.2013 гг.) в сосуды объемом 5 л (по 10 растений на каждый) и выращивали на вегетационной площадке при естественной продолжительности дня и температуре. Одновременно высаживали и пятидневные проростки сортов, не подвергавшихся яровизации. Во время вегетации отмечали дату колошения индивидуальных растений. В качестве степени яровизационной отзывчивости (d) использовали разницу между средними значениями продолжительности периода до колошения сорта в каждом конкретном варианте яровизации.

Статистическую обработку полученных данных проводили по общепринятым методикам дисперсионного и корреляционного анализа, соответствия фактически полученных результатов расщепления теоретической гипотезе [20].

Результаты исследований

Сорта-двуручки существенно различаются по продолжительности периода до колошения при осеннем посеве (рисунок). Более

рано на 10,3 суток (отсчет от 1 мая) колосился сорт 'Яра', а более поздно – на 15,6 суток сорт 'Хуторянка'. По продолжительности периода до колошения сорта 'Шестоपालовка', 'Demir 2000', 'L897Я23' и 'Афина' достоверно не отличались от сорта 'Яра', 'Соломия' и 'Ласточка' – от сорта 'Хуторянка' и все трое от контрольной двуручки 'Мироновская 808 *Vrn-B1a*', колошение которой отмечали на 15,9 суток. Сорта 'Паллада' и 'Зимоярка' занимали промежуточное положение и достоверно отличались как от сорта 'Яра', так и сорта 'Хуторянка'. Вместе с тем все изученные сорта колосились достоверно позже контрольного озимого сорта 'Борвий', колошение которого отмечали на 7,9 суток. Необходимо отметить, что сорт 'Борвий' – один из самых скороспелых озимых сортов СГИ – НЦСС озимого типа развития [21]. В то же время большинство сортов-двуручек являются неоднородными по изучаемому признаку. Так, у сортов 'Шестоपालовка', 'Паллада', 'Соломия', 'L897Я23', 'Зимоярка', 'Афина', 'Яра' значения коэффициента вариации (CV) по продолжительности периода до колошения соответствовали среднему уровню (13,9–25,0%), а у сортов 'Ласточка' и 'Demir 2000' – высокому (30,7–40,6%). Лишь у сорта 'Хуторянка' он был слабым (7,9%), что указывает на существенную выровненность данного сорта по указанному признаку.

Существенные различия по продолжительности периода до колошения сортов-двуручек выявлены и при выращивании растений на протяжении двух лет на вегетационной площадке при весенней посадке проростков после яровизации разной продолжи-

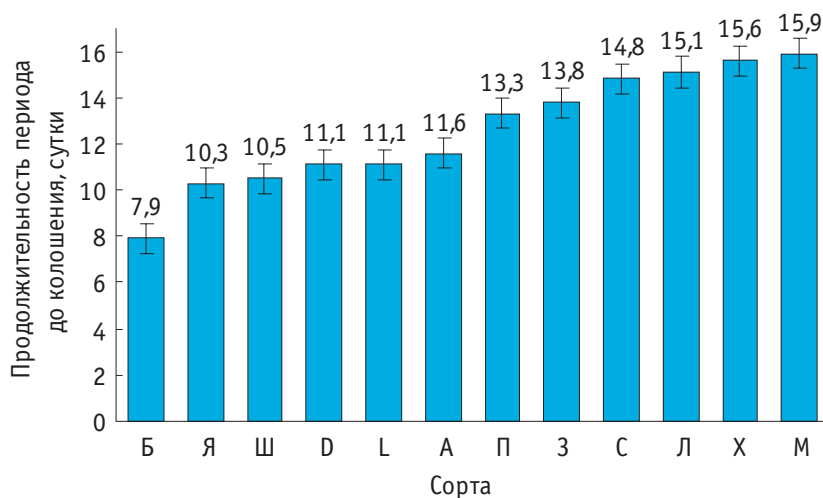


Рис. Продолжительность периода до колошения (от 1 мая) сортов-двуручек при озимом посеве (2011/2012 гг.):

Б – 'Борвий', Я – 'Яра', Ш – 'Шестоपालовка', Д – 'Demir 2000', Л – 'L 897 Я 23', А – 'Афина', П – 'Паллада', З – 'Зимоярка', С – 'Соломия', Л – 'Ласточка', Х – 'Хуторянка', М – 'Мироновская 808 *Vrn-B1a*'

тельности или без таковой (табл. 1). Сорты изученного набора колосились в оба года в варианте без яровизации практически в одно и тоже время на 47,6–71,2 и 47,8–71,0 суток в 2012 и 2013 гг., соответственно. Размах варьирования по продолжительности периода до колошения в данном варианте опыта в первый год изучения составлял 23,6, а во второй – 23,2 суток.

В оба года изучения в варианте выращивания без яровизации не колосились сорта ‘Шестопаловка’ и ‘Demir 2000’, а также озимый сорт ‘Борвий’. Постепенное увеличение продолжительности яровизации до 10, 20, 30 и 40 суток, как правило, способствовало сокращению продолжительности периода до колошения у всех изученных образцов и увеличению различий между сортами по изучаемому признаку. Так, в варианте 40-суточной яровизации размах варьирования по продолжительности периода до колошения составлял 27,3 и 32,3 суток в 2012 и 2013 гг. соответственно, а продолжительность периода до колошения отдельных сортов составляла в первый год 42,7–70,0 суток, а во второй – 39,4–71,7 суток. При этом в оба года изучения более раннее колошение отмечали у ли-

нии ‘L897Я23’, а более позднее – у сорта ‘Demir 2000’.

В целом ранги сортов и линий по продолжительности периода до колошения в разные годы в значительной мере совпадают ($r = +0,79 - +0,98$ для разных вариантов яровизации). Уровень связи оценок сортов и линий по продолжительности периода до колошения при сопоставлении двух смежных вариантов яровизации оказался высоким ($r = +0,76 - +0,98$ и $r = +0,63 - +0,96$ в 2012 и 2013 гг. соответственно). В тоже время сопряженность оценок по данному признаку для вариантов с разницей 20 ($r = +0,67 - +0,87$; $r = +0,53 - +0,76$) или 30 ($r = +0,65 - +0,69$; $r = +0,30 - +0,75$), а тем более 40 суток ($r = +0,46$; $r = +0,26$) оказалась несколько ниже, особенно в условиях 2013 года.

Проанализируем результаты оценки продолжительности периода до колошения контрольных образцов (табл. 1). Колошение почти изогенной линии-двуручки ‘Мироновская 808 Vrn-Bla’ отмечали как после яровизации различной продолжительности на 55,0–59,9 суток, так и в варианте без яровизации на 61,6 суток в 2012 году, а в 2013 году от 58,3–63,5 и 68,2 суток, соответственно. Колоше-

Таблица 1

Продолжительность периода до колошения сортов-двуручек после яровизации различной продолжительности (40, 30, 20, 10 суток) и без яровизации (б/яр) на вегетационной площадке (2012–2013 гг.)

Сорт, линия	Год	Продолжительность яровизации, сутки					
		40	30	20	10	б/яр	НСР _{0,05}
Мироновская 808 Vrn-Bla	2012	55,0	56,9	59,9	59,0	61,6	3,3
	2013	58,3	58,5	59,3	61,0	68,2	2,1
Афина	2012	44,7	46,8	47,6	47,3	71,2	6,6
	2013	43,1	46,9	49,5	58,1	65,8	2,6
Ласточка	2012	47,2	48,4	50,4	57,3	58,0	2,4
	2013	45,8	47,4	55,3	76,6	71,0	3,5
Паллада	2012	47,3	48,3	55,5	58,5	61,1	1,7
	2013	45,5	49,8	59,7	57,5	63,3	3,2
Яра	2012	45,5	45,1	52,5	54,7	57,6	1,5
	2013	39,7	46,8	52,0	54,9	62,2	1,2
L897Я23	2012	42,7	45,1	48,9	47,6	56,2	2,4
	2013	39,4	44,4	48,3	60,0	61,2	2,5
Зимоярка	2012	51,1	52,2	52,5	52,0	51,5	2,8
	2013	51,4	53,7	50,2	51,8	55,5	1,5
Соломия	2012	46,1	43,2	45,2	47,8	50,7	5,0
	2013	44,0	41,1	44,5	46,0	49,6	2,0
Хуторянка	2012	44,4	45,8	48,3	49,8	47,6	1,5
	2013	46,6	43,2	47,2	45,2	47,8	1,9
Борвий	2012	49,3	н/к*	н/к	н/к	н/к	–
	2013	61,5	н/к	н/к	н/к	н/к	–
Demir 2000	2012	70,0	н/к	н/к	н/к	н/к	–
	2013	71,7	н/к	н/к	н/к	н/к	–
Шестопаловка	2012	51,9	66,0	н/к	н/к	н/к	6,7
	2013	47,6	81,5	н/к	н/к	н/к	17,5
НСР _{0,05}	2012	5,8	3,1	1,9	5,8	4,4	–
	2013	4,7	2,5	2,7	2,2	3,2	–

*н/к – растения в данном варианте опыта не колосились.

ние сорта 'Борвий' озимого типа развития отмечали только после 40-суточной яровизации на 49,3 в 2012 и на 61,5 суток в 2013 г. В других вариантах опыта указанный сорт не колосился, т. е. для перехода к генеративному развитию сорту 'Борвий' необходима, как минимум, 40-суточная яровизация зелёных проростков при используемых условиях яровизации. Для большинства современных сортов СГИ – НЦСС характерна 30–40-суточная потребность в яровизации [22].

Если в качестве критерия оценки реакции на яровизацию использовать данные выколашивания или не выколашивания конкретного генотипа после предварительной яровизации определённой продолжительности, то изученные сорта можно разделить на две группы. Сорта первой группы 'Шестопаловка' и 'Demir 2000' реагировали на яровизацию подобно контрольному озимому сорту 'Борвий'. Потребность в яровизации последнего, как было показано выше, составляла 40 суток. После 40-суточной яровизации колосился и сорт 'Demir 2000' на 70,0 и 71,7 суток в 2012 и 2013 гг. соответственно. После 30-суточной яровизации, в оба года колосился сорт 'Шестопаловка', хотя в обоих случаях 40-суточная яровизация ещё достоверно ускоряла колошение данного сорта. Следовательно, сорта 'Шестопаловка' и 'Demir 2000' являются сортами озимого типа развития и, вероятно, рецессивными по генам ортологичной серии *Vrn-1* генотипами.

Сорта второй группы 'Ласточка', 'Афина', 'Паллада', 'Яра', 'L897Я23', 'Хуторянка', 'Зимоярка', 'Соломия' колосились, как и контрольная двуручка 'Мироновская 808 *Vrn-B1a*', после яровизации различной продолжитель-

ности (10, 20, 30, 40 суток) на 42,7–58,5 в 2012 и 39,7–60,0 сутки в 2013 г., а в варианте без яровизации на 47,6–71,2 и 47,8–71,0 сутки соответственно. Вместе с тем, данные генотипы различаются по реакции на яровизацию. Так, в оба года изучения только два сорта 'Соломия' и 'Хуторянка' не реагировали на яровизацию ускорением развития (сокращением продолжительности периода до колошения). Отсутствие реакции на яровизацию наблюдали у контрольной линии 'Мироновская 808 *Vrn-B1a*' и сорта 'Зимоярка' в условиях 2012 года, а в условиях 2013 года 10-суточная яровизация способствовала достоверному сокращению продолжительности периода до колошения обоих сортов. Сорта 'Афина', 'Ласточка', 'Паллада', 'L897Я23' достоверно ускоряли развитие после яровизации 10–20 суток в зависимости от года изучения. Из всех сортов несколько выделяется сорт 'Яра', который реагировал в оба года изучения и на 10-, и на 20-, и на 30-суточную яровизацию. Факт выколашивания сортов 'Афина', 'Зимоярка', 'Ласточка', 'Паллада', 'Соломия', 'Хуторянка', 'Яра', 'L897Я23' в варианте опыта без предварительной яровизации позволяет охарактеризовать их как возможных генотипов носителей доминантных аллелей генов ортологичной серии *Vrn-1*.

Гибридологический анализ полудиаллельных гибридов F_2 по типу развития (яровые: озимые растения) в условиях умеренно укороченного естественного дня при посеве не-яровизированных семян позволил установить генетические различия сортов двуручек по типу развития. Так, в F_2 популяции от скрещивания сортов 'Шестопаловка' и 'Де-

Таблица 2

Соотношение расщепления по типу развития на яровые и озимые растения популяций F_2 от скрещивания сортов-двуручек по полудиаллельной схеме (г. Одесса, 2014 г.)

Отец Мать	М	Л	С	Х	З	Л	П	Я	А	Ш
Л	62:3*	–	–	–	–	–	–	–	–	–
С	71:14	76:6**	–	–	–	–	–	–	–	–
Х	74:0	97:2***	71:0	–	–	–	–	–	–	–
З	78:0	74:3***	74:0	72:0	–	–	–	–	–	–
Л	79:4**	64:0	55:18	84:2***	90:2***	–	–	–	–	–
П	78:0	73:7**	70:6**	77:0	67:0	72:5**	–	–	–	–
Я	74:0	72:3**	61:4**	85:0	60:0	57:18	71:0	–	–	–
А	59:5**	79:0	43:11	76:1***	78:2***	75:0	72:4**	66:3**	–	–
Ш	16:6*	–	27:11*	66:4**	69:5**	62:19*	–	63:18*	–	–
D	69:32*	47:16*	55:19*	73:6**	67:4**	13:5*	29:9*	55:21*	48:13*	0:74

* – $\chi^2_{3:1} < 3,84$; ** – $\chi^2_{15:1} < 3,84$; *** – $\chi^2_{63:1} < 3,84$ при $P = 0,05$ для $df = 1$.

Примечание. М – 'Мироновская 808-*Vrn-B1a*', Л – 'Ласточка', С – 'Соломия', Х – 'Хуторянка', З – 'Зимоярка', Л – 'L897Я23', П – 'Паллада', Я – 'Яра', А – 'Афина', D – 'Demir 2000', Ш – 'Шестопаловка'.

mir 2000' расщепление по темпам колошения отсутствовало (табл. 2).

Все растения F_2 данной комбинации скрещивания не колосились до окончания эксперимента и находились в фазе кущения, как и 28 растений контрольного озимого сорта 'Борвий'. В то же время в F_2 популяциях от скрещивания сортов 'Шестопаловка', 'Demir 2000', с одной стороны, и сортами 'Зимоярка', 'Хуторянка', с другой стороны, наблюдали расщепление по типу развития на яровые и озимые генотипы, которое соответствовало таковому при различиях родительских сортов по двум генам (15:1) типа развития.

Различия по типу развития в F_2 популяциях от скрещивания сортов 'Шестопаловка' и 'Demir 2000' с сортами 'Афина', 'Ласточка', 'Паллада', 'Соломия', 'Яра', 'L897Я23' и контрольной линией двуручкой 'Мироновская 808 *Vrn-B1a*', обусловлены различиями по одному гену (3:1). При этом в F_2 популяциях от скрещивания контрольной линии 'Мироновская 808 *Vrn-B1a*' с сортами 'Паллада', 'Яра', 'Зимоярка', 'Хуторянка' и четырех последних между собой расщепление по типу развития отсутствовало. Все растения в указанных популяциях были яровыми. Следовательно, ген *Vrn* ярового типа развития сортов 'Паллада', 'Яра' и один из двух генов, контролирующих яровой тип развития сортов 'Зимоярка' и 'Хуторянка', аллелен гену *Vrn-B1a* линии 'Мироновская 808 *Vrn-B1a*'. Параллельно не выявлено озимых растений в F_2 популяциях от скрещивания сортов 'Афина', 'Ласточка' и линии 'L897Я23'. При скрещивании же сортов 'Паллада', 'Яра', контрольной линии 'Мироновская 808 *Vrn-B1a*', с одной стороны, с сортом 'Афина', 'Ласточка' или линией 'L897Я23', с другой стороны, расщепление по типу развития, за исключением комбинации скрещивания 'Яра'/'L897Я23', достоверно соответствовало отношению 15/16 яровых к 1/16 озимых генотипов, что указывает на неаллельный генетический контроль типа развития двух выше указанных групп сортов. Следовательно, яровой тип развития сортов 'Афина', 'Ласточка' и линии 'L897Я23' контролируется одним геном, назовем его условно *Vrn-x*, который не аллелен гену *Vrn-B1a*.

Яровой тип развития сорта 'Соломия', по видимому, обусловлен геном, назовем его условно *Vrn-y*, который не аллелен гену *Vrn-x*, присутствующему в генотипе сортов 'Афина', 'Ласточка' и линии 'L897Я23' и гену *Vrn-B1a* сортов 'Паллада', 'Яра' и контрольной линии 'Мироновская 808 *Vrn-B1a*'. В F_2 популяциях от скрещивания сорта 'Соломия' с шестью

вышеуказанными генотипами расщепление соответствовало дигенной гипотезе. Вместе с тем в F_2 популяциях 'Соломия'/'Мироновская 808 *Vrn-B1a*', 'L897Я23'/'Соломия', 'Афина'/'Соломия' расщепление по типу развития не соответствовало ожидаемому при различиях по двум генам, главным образом, за счет увеличения доли озимых потомков. Вместе с тем наличие расщепления в конкретной комбинации скрещивания можно рассматривать как доказательство генетических различий родительских сортов.

В генотипе сортов 'Зимоярка' и 'Хуторянка' дополнительно к гену *Vrn-B1a* присутствует и ген *Vrn-y*, поскольку расщепление по типу развития в F_2 популяциях 'Зимоярка'/'Соломия' и 'Хуторянка'/'Соломия' отсутствовало (не выявлено озимых потомков). Данный факт подтверждается достоверными различиями по типу развития в отношении 63 яровых к 1 озимому сегреганту F_2 в комбинациях скрещивания сортов 'Зимоярка', 'Хуторянка' с сортами 'Ласточка' или 'Афина', или с линией 'L897Я23'.

Таким образом, сопоставление расщепления на яровые и озимые потомки F_2 популяций от полудиаллельных скрещиваний позволило выявить пять групп генотипов с разным генетическим контролем типа развития. В генотипе сортов 'Хуторянка' и 'Зимоярка' присутствуют два гена *Vrn-x* *Vrn-B1a*, 'Соломия' – только ген *Vrn-y*, 'Паллада', 'Яра' – только ген *Vrn-B1a*, 'Ласточка', 'Афина', 'L897Я23' – только *Vrn-x*, а сорта 'Шестопаловка' и 'Demir 2000', вероятно, являются носителями только рецессивных аллелей трех генов *Vrn-1*.

Для идентификации генотипа сортов-двуручек проводили гибридологический анализ по типу развития F_2 популяций от скрещивания изучаемых сортов с тестерами – носителями генов ортологической серии *Vrn-1*: *Vrn-A1a* или *Vrn-B1a*, или *Vrn-D1a* и рецессивным по данной системе генов озимым тестером (табл. 3). Прежде всего, необходимо отметить, что все растения F_2 популяций от скрещивания сортов 'Шестопаловка', 'Demir 2000' и контрольного озимого сорта 'Борвий' с рецессивным тестером при выращивании на вегетационной площадке в условиях умеренно укороченного естественного дня на протяжении 100 суток не перешли к генеративному развитию и находились в фазе кущения. В то же время в F_2 популяциях комбинаций скрещивания указанных сортов с тестерами – носителями гена *Vrn-A1a* или *Vrn-B1a*, или *Vrn-D1a* выявлено соотношение яровых и озимых растений достоверно

соответствующее теоретически ожидаемому при различиях по одному гену. Следовательно, сорта 'Шестопаловка', 'Demir 2000', 'Бор-

вий' являются рецессивными генотипами (озимыми) и их генотип можно обозначить как *Vrn-A1b Vrn-B1b Vrn-D1b*.

Таблица 3

Соотношение расщепления по типу развития (яровые:озимые) F_2 популяций от скрещивания сортов-двуручек озимой пшеницы с тестерами генов *Vrn-1* в разные годы (г. Одесса, 2013–2015 гг.)

Сорт, линия	Год	Тестеры				<i>Vrn</i> -генотип
		Озимый	<i>Vrn-A1a</i>	<i>Vrn-B1a</i>	<i>Vrn-D1a</i>	
Борвий	2014	0:83	68:15*	74:16*	59:14*	рецессив
Шестопаловка	2013	0:60	43:17*	37:18*	54:12*	рецессив
	2014	0:91	63:22*	59:18*	72:24*	
Demir 2000	2013	0:53	46:23*	52:17*	57:13*	рецессив
	2014	0:28	51:12*	58:17*	56:16*	
Соломия	2014	45:11*	127:0	75:14	113:6**	<i>Vrn-A1a</i>
	2015	45:12*	71:0	81:4**	73:4**	
Мироновская 808- <i>Vrn-B1a</i>	2014	35:15*	54:6**	62:0	83:8**	<i>Vrn-B1a</i>
Паллада	2013	59:18*	127:4**	114:0	138:5**	<i>Vrn-B1a</i>
	2015	54:14*	75:10	133:0	80:5**	
Яра	2013	55:28*	84:7**	121:0	102:11**	<i>Vrn-B1a</i>
	2015	59:14*	52:3**	143:0	86:3**	
Афина	2013	37:20*	133:14**	68:6**	101:0	<i>Vrn-D1a</i>
	2015	38:11*	141:12**	136:11**	99:0	
L897Я23	2013	44:15*	80:5**	131:9**	121:0	<i>Vrn-D1a</i>
	2015	73:17*	–	84:6**	96:0	
Ласточка	2013	43:17*	–	119:6**	83:0	<i>Vrn-D1a</i>
	2014	62:18*	91:8**	99:4**	–	
Зимоярка	2013	51:5**	66:0	70:0	67:3***	<i>Vrn-A1a Vrn-B1a</i>
	2015	55:7**	83:0	–	103:4***	
Хуторянка	2014	86:10**	95:0	126:0	129:3***	<i>Vrn-A1a Vrn-B1a</i>
	2015	77:8**	78:0	72:0	88:2***	

* – $\chi^2_{3:1} < 3,84$; ** – $\chi^2_{15:1} < 3,84$; *** – $\chi^2_{63:1} < 3,84$ при $P = 0,05$ для $df = 1$.

У сортов 'Афина', 'Ласточка', 'Паллада', 'Соломия', 'Яра' и линий 'Мироновская 808-*Vrn-B1a*', 'L897Я23' при скрещивании с рецессивным тестером (*Vrn-A1b Vrn-B1b Vrn-D1b*) в F_2 популяциях выявлено соотношение 3 яровых к 1 озимому растению, что подтверждает присутствие в генотипе сортов данной группы одного доминантного гена *Vrn-1*. Вместе с тем указанные сорта различаются по генетическому контролю типа развития, как это было уже отмечено выше при анализе полудиаллельных гибридов. Так, сорта 'Паллада', 'Яра' и контрольная линия 'Мироновская 808 *Vrn-B1a*' являются моногенно доминантными по гену *Vrn-B1a* генотипами.

Об этом свидетельствовало отсутствие расщепления (все растения яровые) в комбинациях скрещивания с тестером-носителем гена *Vrn1-B1a* и наличие дигенных различий в комбинациях скрещивания с тестерами-носителями гена *Vrn-A1a* или *Vrn-D1a*. У сортов 'Афина', 'Ласточка' и линии 'L897Я23' моногенный контроль типа развития обусловлен присутствием в генотипе доминантного аллеля

Vrn-D1a. Дигенные различия в комбинациях скрещивания выше приведенных трех генотипов с моногенно доминантными по гену *Vrn-A1a* или *Vrn-B1a* тестерами, что соответствовало отношению 15/16 яровых к 1/16 озимых растений F_2 , и отсутствие расщепления (все растения яровые) в комбинации скрещивания с тестером-носителем гена *Vrn-D1a* подтверждает факт аллельности доминантного гена *Vrn* указанных трех образцов таковому присутствующему у последнего тестера. Наличие дигенных различий в комбинациях скрещивания с тестером-носителем гена *Vrn-B1a* или *Vrn-D1a* и отсутствие такового (все растения яровые) в комбинации скрещивания с тестером-носителем гена *Vrn-A1a* указывали на то, что яровой тип развития сорта 'Соломия' обусловлен присутствием в генотипе указанного сорта гена *Vrn-A1a*.

Всего два сорта 'Зимоярка' и 'Хуторянка' оказались носителями доминантных аллелей двух генов *Vrn-A1a* и *Vrn-B1a* одновременно. Данный вывод статистически с высокой достоверностью подтверждается наличием различий по трем генам (63:1) по типу

развития в F_2 популяции от скрещивания указанных сортов с моногенно доминантным по гену *Vrn-D1a* тестером и отсутствием расщепления (1:0, все растения яровые) в комбинациях скрещивания с тестером-носителем *Vrn-A1a* или *Vrn-B1a* гена.

Подводя итоги идентификации *Vrn*-генотипов сортов, охарактеризованных их авторами как двуручки, можно констатировать, что только два сорта 'Паллада' и 'Яра' соответствуют критериям «типичных» двуручек, поскольку в их генотипе присутствует ген *Vrn-B1a*. Вместе с тем главной и неотъемлемой особенностью двуручек является сильная реакция на сокращение продолжительности дня [11], которая обусловлена наличием в их генотипе рецессивных аллелей трех генов ортологичной серии *Ppd-1* [12]. Именно взаимодействие генов двух систем *Vrn-1* и *Ppd-1*, а конкретно доминантного гена *Vrn-B1a* с рецессивными аллелями *Ppd-A1b*, *Ppd-B1b* и *Ppd-D1b*, обуславливает при постоянно сокращающемся укороченном естественном дне осени и зимы значительную задержку в развитии, что способствует хорошей зимо-, морозостойкости двуручек.

Выводы

Таким образом, сорта 'Шестопаловка' и 'Demir 2000' являются озимыми генотипами *Vrn-A1b Vrn-B1b Vrn-D1b* с минимальной потребностью в яровизации (30 и 40 суток, соответственно).

Колошение сортов 'Ласточка', 'Афина', 'Паллада', 'Яра', 'L897Я23', 'Хуторянка', 'Зимоярка', 'Соломия', как и контрольной линии-двуручки 'Мироновская 808 *Vrn-B1a*' при выращивании на вегетационной площадке в условиях естественной продолжительности дня и температуры отмечали, как после яровизации 40–10 суток, так и в варианте без яровизации. Яровой тип развития сортов 'Зимоярка' и 'Хуторянка' обусловлен двумя генами *Vrn-A1a Vrn-B1a*, сортов 'Афина', 'Ласточка' и линии 'L897Я23' – геном *Vrn-D1a*, сорта 'Соломия' – геном *Vrn-A1a*. Лишь два сорта 'Паллада' и 'Яра' являются моногенно доминантными по гену *Vrn-B1a* генотипами и, по данному показателю, соответствуют критерию «типичных» двуручек.

Использованная литература

- Pugsley A. T. A genetic analysis of the spring-winter habit of growth in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 1971. Vol. 22, Iss. 1. P. 21–31. doi: 10.1071/AR9710021
- Василюк П. М., Улич Л. І. Агробіологічні особливості сортів двуручок пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.). *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин.* 2012. № 2. С. 4–7. doi: 10.21498/2518-1017.2(16).2012.58891
- Кнігніцька Л. П. Продуктивність пшениці м'якої дворучки Зимоярка в умовах Прикарпаття. *Вісн. ЦНЗ АПВ Харківської області.* 2014. Вип. 17. С. 35–42.
- Радченко Л. А., Женченко К. Г. Можливість використання пшениці дворучки при весняних строках сівби в умовах Криму. *Вісн. ЦНЗ АПВ Харківської області.* 2010. Вип. 7. С. 94–100.
- Хахула В. С., Улич Л. І., Гринів С. М. та ін. Господарсько-цінні та морфоагробіологічні властивості сорту дворучки пшениці м'якої Хуторянка. *Агробіологія.* 2012. № 7. С. 11–15.
- Базалій В. В., Бойчук І. В., Бабенко Д. В., Базалій Г. Г. Характер формування та прояв зимостійкості гібридів і сортів пшениці м'якої озимої за умов Південного Степу. *Таврійський науковий вісник.* 2016. Вип. 95. С. 9–15.
- Bespalova L. A., Koshkin V. A., Potokina E. K. et al. Photoperiod sensitivity and molecular marking of genes *Ppd* and *Vrn* in connection with breeding alternative-habit wheat varieties. *Russian Agricultural Sciences.* 2010. Т. 36, № 6. С. 389–392. doi: 10.3103/S1068367410060017.
- Stelmakh A. F. Growth habit in common wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). *Euphytica.* 1987. Vol. 36, Iss. 2. P. 513–519. doi: 10.1007/BF00041495.
- Iwaki K., Haruna S., Niwa T., Kato K. Adaptation and ecological differentiation in wheat with special reference to geographical variation of growth habit and *Vrn* genotype. *Plant Breed.* 2001. Vol. 120, Iss. 2. P. 107–114. doi: 10.1046/j.1439-0523.2001.00574.x.
- Березкин А. Н. О генетической природе двуручек у мягкой пшеницы. *Методы и приемы повышения зимостойкости озимых зерновых культур* : сб. науч. тр. Москва : Колос, 1975. С. 150–154.
- Ригин Б. В. Яровой тип развития мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.): фенологический и генетический аспекты. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 2012. Т. 170. С. 17–33.
- Стельмах А. Ф. О генетической природе типичных двуручек мягкой пшеницы. *Сельскохозяйственная биология.* 1986. № 2. С. 22–29.
- Жмурко В. В., Авксентьева О. А., Хань Бин. Влияние разных фотопериодических условий на развитие и элементы продуктивности изогенных по генам *Vrn* линий пшеницы (*Triticum aestivum* L.). *Вісн. Харківського нац. ун-ту ім. В. Н. Каразіна. Сер.: біологія.* 2012. Вип. 15, № 1008. С. 226–232.
- Koemel J. E. Jr., Guenzi A. C., Anderson J. A., Smith E. L. Cold hardness of wheat near-isogenic lines differing in vernalization alleles. *Theor. Appl. Genet.* 2004. Vol. 109, Iss. 4. P. 839–846. doi: 10.1007/s00122-004-1686-9
- Филобок В. А., Гуенкова Е. А., Беспалова Л. А. и др. Создание адаптированного генофонда альтернативного образа жизни мягкой пшеницы. *Зерновое хозяйство России.* 2016. № 1. С. 38–42.
- Моргун В. В., Швартау В. В., Киризий Д. А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков. *Физиология и биохимия культ. растений.* 2010. Т. 42, № 5. С. 371–392.
- Базалій В. В., Плоткін С. Я., Бабенко С. М., Денчич С. Вивчення і використання в селекції озимої пшениці вихідного матеріалу сербської селекції в умовах посушливого Степу Півдня України. *Бюл. Никит. ботан. сада.* 2009. Вип. 99. С. 52–56.
- Каталог сортов озимой мягкой пшеницы селекции фермерского хозяйства «Бор» / отв. за выпуск П. Н. Артюшенко. 4-е изд., перераб. и доп. Одесса, 2016. 40 с.
- Стельмах А. Ф., Авсенин В. И., Воронин А. Н. Каталог сортов яровой мягкой пшеницы по генам системы локусов *Vrn* (чувствительность к яровизации). 3-е изд., доп. Одесса, 1987. 111 с.
- Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. 3-е изд., испр. Минск : Высшая школа, 1973. 320 с.
- Бушуля О. В., Литвиненко М. А., Лифенко С. П. та ін. Каталог сортів селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення (І частина) / за ред. В. М. Соколова. Одеса : Астропринт, 2014. 106 с.

22. Стельмах А. Ф., Файт В. И. Возможность улучшения адаптивности озимой пшеницы путем усиления фотопериодизма и потребности в яровизации. *Збірник наук. праць СГІ – НЦНС*. 2016. Вип. 27. С. 103–108.

References

- Pugsley, A. T. (1971). A genetic analysis of the spring-winter habit of growth in wheat. *Aust. J. Agric. Res.*, 22(1), 21–31. doi: 10.1071/AR9710021.
- Vasyliuk, P. M., & Ulych, L. I. (2012). Agrobiological features of alternate soft wheat varieties (*Triticum aestivum* L.). *Plant Varieties Studying and Protection*, 2, 4–7. doi: 10.21498/2518-1017.2(16).2012.58891. [in Ukrainian]
- Knihnitska, L. P. (2014). Productivity of alternate soft wheat Zymoyarka under natural conditions of Prykarpatty. *Visnyk centru naukovoogo zabezpechennja APV Harkivs'koi' oblasti* [Bulletin of the Center for Science Provision of Agribusiness in Kharkiv region], 17, 35–42. [in Ukrainian]
- Radchenko, L. A., & Zhenchenko, K. H. (2010). Ability to use alternate wheat in spring sowings under natural conditions of Crimea. *Visnyk centru naukovoogo zabezpechennja APV Harkivs'koi' oblasti* [Bulletin of the Center for Science Provision of Agribusiness in Kharkiv region], 7, 94–100. [in Ukrainian]
- Khakhula, V., Ulich, L., Hryniv, S., Ulich, A., & Kryvyi, M. (2012). Economic valuable and morphoagrobiological properties of 'Khutorianka' alternate soft wheat. *Agrobiologija* [Agrobiology], 7, 11–15. [in Ukrainian]
- Bazalii, V. V., Boichuk, I. V., Babenko, D. V., & Bazalii, G. G. (2016). The character of formation and manifestation of winter hardiness in hybrids and varieties of winter soft wheat under the conditions of Southern Ukraine. *Tavrijskyi naukovyi visnyk* [Tavria Scientific Bulletin], 95, 9–15. [in Ukrainian]
- Bespalova, L. A., Koshkin, V. A., Potokina, E. K., Filobok, V. A., Matvienko, I. I., Mitrofanova, O. P., & Guenkova, E. A. (2010). Photoperiod sensitivity and molecular marking of genes *Ppd* and *Vrn* in connection with breeding alternate-habit wheat varieties. *Russ. Agr. Sci.*, 36(6), 389–392. doi: 10.3103/S1068367410060017. [in Russian]
- Stelmakh, A. F. (1987). Growth habit in common wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). *Euphytica*, 36(2), 513–519. doi: 10.1007/BF00041495.
- Iwaki, K., Haruna, S., Niwa, T., & Kato, K. (2001). Adaptation and ecological differentiation in wheat with special reference to geographical variation of growth habit and *Vrn* genotype. *Plant Breed.*, 120(2), 107–114. doi: 10.1046/j.1439-0523.2001.00574.x.
- Berezkin, A. N. (1975). About the genetic nature of alternate soft wheat. In *Metody i priemy povysheniya zimostoykosti ozimyykh zernovykh kul'tur* [Methods and techniques for increasing the winter hardiness of winter cereals] (pp. 150–154). Moscow: Kolos. [in Russian]
- Rigin, B. V. (2012). Spring type of soft wheat (*Triticum aestivum* L.) development: phenological and genetical aspects. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* [Writings on Applied Botany, Genetics and Breeding], 170, 17–34. [in Russian]
- Stelmakh, A. F. (1986). Typical alternate soft wheat varieties and their genetic nature. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2, 22–29. [in Russian]
- Zhmurko, V. V., Avksentyeva, O. A., & Bing, Han. (2012). Effect of different photoperiodic conditions on the development and productivity of isogenic for *VRN* genes wheat lines (*Triticum aestivum* L.). *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Serii: Biologiya* [The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Ser. Biology], 15(1008), 226–232. [in Russian]
- Koemel, J. E. Jr., Guenzi, A. C., Anderson, J. A., & Smith, E. L. (2004). Cold hardiness of wheat near-isogenic lines differing in vernalization alleles. *Theor. Appl. Genet.*, 109(4), 839–846. doi: 10.1007/s00122-004-1686-9
- Filobok, V. A., Guenkova, E. A., Koshkin, V. A., & Potokina, E. K. (2016). Development of the adapted gene pool under alternative living way for soft wheat. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* [Grain Economy of Russia], 1, 38–42. [in Russian]
- Morgun, V. V., Schwartau, V. V., & Kiriziy, D. A. (2010). Physiological fundamentals of grain cereals high productivity forming. *Fiziol. Biokhim. Kul't. Rast.* [Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants], 42(5), 371–392. [in Russian]
- Bazalii, V. V., Plotkin, S. Ya., Babenko, S. M., & Denchich, S. (2009). The studying and using of source material of Serbian selection in winter wheat breeding in the dry steppe conditions of Ukrainian South. *Byuleten Nikitskogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens], 99, 52–56. [in Ukrainian]
- Artyushenko, P. N. (2016). *Katalog sortov ozimoy myagkoy pshenitsy selektsii fermerskogo khozyaystva «Bor»* [Catalog of winter soft wheat varieties of the farm "Bor" breeding]. (4th ed., rev.). Odessa: N.p. [in Russian]
- Stelmakh, A. F., Avsenin, V. I., & Voronin, A. N. (1987). *Katalog sortov yarovoy myagkoy pshenitsy po genam sistemy lokusov Vrn (chuvstvitel'nost' k yarovizatsii)* [Catalog of soft wheat spring varieties according to the genes of the *Vrn* locus system (sensitivity to vernalization)]. (3rd ed., rev.). Odessa: N.p. [in Russian]
- Rokitskiy, P. F. (1973). *Biologicheskaya statistika* [Biological statistics] (3rd ed., rev.). Minsk: Vysheyshaya shkola. [in Russian]
- Bushulian, O. V., Lytvynenko, M. A., Lufenko, S. P., Linchevskyi, A. A., Nakonechnyi, M. Yu., Palamarchuk, A. I., & Sichkar, V. I. (2014). *Kataloh sortiv Seleksiino-henetychnoho instytutu – Natsionalnoho tsentru nasinnieznavstva ta sortovyvchennia (I chastyna)* [Catalog of varieties of the Plant Breeding & Genetics Institute – National Center of Seed and Variety Studies (Part I)]. V. M. Sokolov (Ed.). Odessa: Astroprint. [in Ukrainian]
- Stelmakh, A. F., & Fait, V. I. (2016). Winter soft wheat adaptivity may be improved by increasing photosensitivity and need in vernalization. *Zbirnyk naukovykh prats SHI – NTsNS* [Collected Scientific Articles of PBGI – NCSCI], 27, 103–108. [in Russian]

УДК 633.11: 575.16

Файт В. І.^{1*}, Губич О. Ю.², Зеленіна Г. А.¹ Відмінності сортів дворучок м'якої пшениці за генами *Vrn-1* типу розвитку. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14, № 2. С. 160–169. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134762>

¹Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннізнавства та сортівивчення, Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна, *e-mail: faugen@ukr.net

²Одеський національний аграрний університет, вул. Пантелеймонівська, 13, м. Одеса, 65012, Україна

Мета. Вивчити реакцію на яровизацію та ідентифікувати *Vrn-1* генотипи сучасних сортів дворучок пшениці м'якої різного походження. **Методи.** Темпоральна яровизація, гібридологічний аналіз типу розвитку за системою генів

Vrn-1, дисперсійний і кореляційний аналіз, критерій χ^2 для оцінювання відповідності фактично одержаних результатів розщеплення теоретичній гіпотезі. **Результати.** Сорти дворучки суттєво розрізняються за тривалістю

періоду до колосіння в польових умовах у разі осінньої сівби та за вирощування рослин після яровизації 10–40 діб і без такої на вегетаційному майданчику за природнього дня. Сорти 'Шестопаповка' і 'Demir 2000' для переходу до генеративного розвитку (колосіння) потребують 30 і 40 діб яровизації зелених паростків за +2 °С. Сорти 'Соломія' і 'Хуторянка' не реагували на попередню яровизацію протягом обох років вивчення. Контрольна лінія 'Мионовская 808 *Vrn-B1a*' і сорт 'Зимоярка' реагували достовірним скороченням тривалості періоду до колосіння на попередню яровизацію – 10 діб, 'Афіна', 'Ласточка', 'Паллада', 'L897Y23' – 10–20 та 'Яра' – 10–30 діб. Зіставлення розщеплення на ярі та озимі нащадки F₂ популяцій діалельних і тесткросних схрещувань дало змогу виявити п'ять груп *Vrn-1* генотипів із різним генетичним контролем типу розвитку. Сорти 'Шестопаповка' і

'Demir 2000' є носіями тільки рецесивних алелів *Vrn-A1b*, *Vrn-B1b*, *Vrn-D1b*. У генотипі сортів 'Зимоярка' та 'Хуторянка' присутні два домінуючі гени *Vrn-A1a* і *Vrn-B1a*. Інші сорти є носіями тільки одного домінуючого гена *Vrn-1*: 'Соломія' – гена *Vrn-A1a*, 'Паллада' і 'Яра' – гена *Vrn-B1a*, 'Афіна', 'Ласточка' та лінія 'L897Y23' – гена *Vrn-D1a*. **Висновки.** Сорти 'Шестопаповка' і 'Demir 2000' є озими ми генотипами. Сорти 'Афіна', 'Ласточка', 'L897Y23', 'Зимоярка', 'Соломія', 'Хуторянка', 'Паллада', 'Яра' є ярими і колосяться за весняної сівби без яровизації. З погляду генетичного контролю типу розвитку сорти 'Паллада' та 'Яра' відповідають критеріям «типових» дворучок, але остаточний висновок можна зробити лише після вивчення реакції на фотоперіод вказаних генотипів.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L.; дворучки; яровизація; генотип; колосіння; гени *Vrn-1*.

UDC 633.11: 575.16

Fait, V. I.¹, Hubich, O. Yu.², & Zelenina, H. A.¹ (2018). Differences in the alternate varieties of soft wheat for *Vrn-1* genes of development type. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(2), 160–169. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134762>

¹Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivars Investigation, 3 Ovidiopska doroha St., Odesa, 65036, Ukraine, e-mail: faygen@ukr.net

²Odesa State Agrarian University, 13 Panteleimonivska St., Odesa, 65012, Ukraine

Purpose. To study the response to vernalization and to identify *Vrn-1* genotypes of modern alternate soft wheat varieties of various origins. **Methods.** Temporal vernalization, hybridological analysis of the development type according to the *Vrn-1* gene system, dispersion and correlation analyses, criterion c^2 for assessing the correspondence of the actual splitting results to the theoretical hypothesis. **Results.** Alternate varieties vary considerably in the length of the period before earing under field conditions of autumn sowing and under plants cultivation after 10–40 days vernalization and without it on the growing area under the natural day. The varieties 'Shestopalovka' and 'Demir 2000' for the transition to generative development (earring) require 30 and 40 days vernalization of green sprouts at +2 °C. The varieties 'Solomiia' and 'Khutorianka' did not react to a prior vernalization during both years of study. The control line 'Mironovskaya 808 *Vrn-B1a*' and the 'Zimoiarka' variety responded with a reliable reduction of the duration period before earing on the vernalization – 10, 'Afina', 'Lastochka', 'Pallada', 'L897Y23' – 10–20 and 'Yara' – 10–30 days. Comparison of split in spring

and winter genotypes of the F₂ populations of diallele and test-cross interbreeding allowed identifying of five groups of *Vrn-1* genotypes with different genetic control type of development. The varieties 'Shestopalovka' and 'Demir 2000' are carriers of only the recessive alleles *Vrn-A1b*, *Vrn-B1b*, *Vrn-D1b*. In the genotype of the varieties 'Zimoiarka' and 'Khutorianka' there are two dominant genes *Vrn-A1a* and *Vrn-B1a*. Other varieties carriers of only one gene *Vrn-1*: 'Solomiia' – *Vrn-A1a* gene, 'Pallada' and 'Yara' – *Vrn-B1a*, 'Afina', 'Lastochka' and 'L897Y23' – the *Vrn-D1a* gene. **Conclusions.** The varieties 'Shestopalovka' and 'Demir 2000' are of winter genotypes. Varieties 'Afina', 'Lastochka', 'L897Y23', 'Zimoiarka', 'Solomiia', 'Khutorianka', 'Pallada', 'Yara' are spring and they achieve earing under spring sowing without vernalization. From the view point of genetic control of development type the varieties 'Pallada' and 'Yara' correspond to the "typical" alternate criteria, but the final conclusion can be made after studying the photoperiod reaction of these genotypes.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; alternate varieties; vernalization; genotype; earing; *Vrn-1* genes.

Надійшла / Received 24.04.2018
Погоджено до друку / Accepted 17.05.2018