

Р.С. Ержебаева, А.М. Абекова, Д.И. Бабисекова, Д. Таджибаев*

Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства, Республика Казахстан, Алматинская область, п. Алмалыбак, ул. Ерленесова, 1, raushan_2008@mail.ru, aabekova@mail.ru, janeka_88@mail.ru, daniyar.taj@gmail.com*

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ ПО АЛЛЕЛЬНОМУ СОСТАВУ ГЕНОВ *Vrn* и *PPD* И МЕЖФАЗНЫМ ПЕРИОДАМ РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

Аннотация

Гены яровизации и фотопериодической реакции играют важную роль в географической адаптации, агрономических показателях и потенциале урожайности сельскохозяйственных культур. Следовательно, понимание схемы распределения и аллельного разнообразия генов яровизации и фотопериода важно в любой программе селекции пшеницы и тритикале. В данном исследовании проведен скрининг 86 сортов яровой тритикале по генам яровизации (*Vrn-A1*, *Vrn-B1* и *Vrn-B3*) и чувствительности к фотопериоду (*Ppd-B1*) с использованием диагностических молекулярных маркеров. Процент встречаемости в коллекции яровой тритикале доминантной аллели *Vrn-A1* составил - 50%, а *Vrn-B1* - 53,4%. Доминантная аллель гена *Vrn-B3* не обнаружена, все образцы несли рецессивную аллель. Выделены 25 сортов коллекции, которые имеют доминантные аллели двух локусов *Vrn-A1Vrn-B1*. Идентификация коллекции яровой тритикале по гену *Ppd-B1* показала, что все образцы несут чувствительный к фотопериоду рецессивный аллель *Ppd-B1b*. Установлено, что в условиях юго-востока Казахстана образцы несущие доминантную аллель *Vrn-B1* имели более высокую скорость развития. Выделены из коллекции 3 образца (Cheetah, Whale, Fahad 8-2*2// РТР U 3878) с высокой скоростью развития как источники скороспелости. Информация по аллельной вариации генов яровизации и фотопериода в зародышевой плазме яровой тритикале будет способствовать планированию и внедрению молекулярных маркеров в программах селекции тритикале. Эта информация может быть полезна для разработки элитных сортов тритикале, несущих подходящие аллели генов яровизации и фотопериода с более высоким потенциалом урожайности зерна и лучшим качеством, подходящими для широкого диапазона выращивания.

Ключевые слова: яровая тритикале, сорт, коллекция, вегетационный период, период всходы-колошение, фотопериод, аллели генов *Vrn* и *Ppd*.

Введение

Тритикале – сельскохозяйственная культура, объединяющая в себе ценные свойства пшеницы (продуктивность, хорошие хлебопекарные качества) и ржи (морозостойкость, засухоустойчивость, высокое содержание белка в зерне, способность произрастать на бедных почвах, устойчивость к грибным заболеваниям) [1, 2]. Однако селекционеры тритикале отмечают ее позднеспелость и более медленное прохождение основных фаз развития [2, 3]. У тритикале, как и у всех зерновых культур, генетическая система типа развития (озимость-яровость) и продолжительности вегетационного периода контролируются двумя основными группами генов: гены *Vrn*, ответственные за реакцию на низкие температуры (яровизацию) и гены *Ppd*, ответственные за реакцию на длину дня (фотопериод) [4]. Исследования по функциональным связям генов яровизации и чувствительности к фотопериоду со скоростью развития зерновых культур описаны во многих работах [4 – 8]. Несмотря на значительные достижения сельскохозяйственной науки и селекции вегетационный период до сих пор

является фактором, лимитирующим освоение тех или иных территорий, имеет большое значение для приспособлений (адаптивности) к обитанию в определенных климатических условиях, лежит в основе продуктивности [9]. Для условий Казахстана с ограниченными запасами влаги на большей части территории возделывания зерновых культур вопрос о вегетационном периоде имеет особое значение. Основные зерносеющие регионы РК нуждаются в раннеспелых, скороспелых и среднеспелых сортах, которые, используя зимне-весенние осадки, успешно развиваются, успевают сформировать урожай до наступления засухи, и созревают до наступления заморозков [9].

Различные комбинации аллелей локусов, связанных с реакцией на яровизацию, по-разному влияют на сроки колошения, высоту растений и структуру урожая у пшеницы. Высокая адаптивность сортов пшеницы к разным широтам земного шара создается за счет естественных вариаций этих генов [10]. В связи с этим информация об аллельном составе генов, контролирующих потребность в яровизации, может повысить эффективность селекционных программ, поскольку позволяет оценивать как адаптивный потенциал, так и предполагаемую урожайность растений. Тритикале является гибридом пшеницы и ржи, поэтому в ее геноме присутствует ряд локусов пшеницы и ген *Sp1* (*Vrn-R1*) ржи. Однако информация о генах, контролирующих потребность в яровизации у тритикале крайне ограничена. Исследования по тритикале проводятся на основании наличия у нее геномов пшеницы (A, B) [11, 12, 13].

Целью исследований являлось определение генетического разнообразия рабочей коллекции тритикале по аллельной композиции генов *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-B3* и *PpD-B1* и сопоставление результатов со временем достижения стадии колошения и длительностью вегетационного периода в целом в условиях среды юго-восточного Казахстана, с конечной целью выбора наилучшего материала для разработки раннеспелых сортов.

Методы и материалы

Материалом исследований служила рабочая коллекция яровой тритикале Казахского НИИ земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР) – 86 образцов. Коллекция состояла из сортов и линий, полученных из мировой коллекции Международного центра улучшения кукурузы и пшеницы CIMMYT (Турция, Мексика) и в результате обмена генетическим материалом с Институтом растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН (Украина) и Донской зональный НИИ сельского хозяйства (Россия). В качестве положительных контролей были использованы изогенные линии *Triple Dirk D, B* полученные из генофонда ТОО «КазНИИЗиР»

Методы исследования

Оценка межфазных периодов развития и вегетационного периода растений коллекции яровой тритикале проведены на научном полевом стационаре зерновых культур КазНИИЗиР в период 2018-2020 гг. Стационар расположен в предгорной зоне Заилийского Алатау (43° с.ш., 77° в.д., 740 м над уровнем моря). По данным метеостанции КазНИИЗиР за вегетационный период яровой тритикале (апрель-июль месяцы) выпало в 2018 году 267,5 мм, в 2019 году 320,7 мм, 2020 году – 300,9 мм осадков при среднемноголетнем значении для этого периода 325,4 мм (по данным за 2001-2019 гг.). Максимальное количество осадков пришлось на весенние месяцы - апрель-май (81,6-124,9 мм) в 2018 году, апрель месяц в 2019 (183 мм) и 2020 (146,7 мм) годах.

Почвенный покров опытного участка представлен светло-каштановыми окультуренными почвами.

Фенологические наблюдения проведены по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. В связи с отсутствием сортов яровой тритикале, допущенных к использованию на территории Алматинской области РК ориентиром признака период до колошения (ПДК) и вегетационный период (ВП) служили адаптированные местные сорта – стандарты пшеницы. Для группы ранних – Казахстанская 4, средне-ранних (Казахстанская 3) и средне-поздних форм Казахстанская 10.

Выделение геномной ДНК из 10-12-дневных проростков тритикале проведено с использованием методики *DeLaporta et al.*, 1983.

Для идентификации аллельной вариации генов яровизации и чувствительности к фотопериоду использован метод полимеразной цепной реакции (ПЦР). ПЦР-анализ проводили в амплификаторе «Eppendorf Mastercycler» (Германия). В работе были использованы молекулярные маркеры к *Vrn* и *Ppd*-генам [6, 7, 14,15].

В таблице 1 представлены данные локализации изучаемых *Vrn* и *Ppd*-генов, перечень праймеров и условия проведения ПЦР, которые были использованы для идентификации сортов коллекции тритикале.

Реакционная среда для ПЦР-амплификации: 2 мкл (50 ng) исследуемой ДНК, 2 мкл реакционный буфер (10x*TaqBuffer*), 1 мкл dNTP (4 mM) смесь четырех dNTP (Thermo Scientific), 250 μM каждого из двух праймеров (Sigma *Life Science*, Австралия, ООО «Биосан», Россия, г. Новосибирск), 1,5 мкл (25 mM) MgCl₂, 0,2 мкл (5u/μl) *Taq*-полимеразы (ООО «Биосан», Россия, г.Новосибирск).

Разделение продуктов амплификации проводили в 1,5-2% агарозных гелях (Sigma *Life Science*, США), окрашенных бромистым этидием, а так же в 8% акриладмидном геле (Sigma *Life Science*, Китай). Для определения длины фрагментов использовали ДНК маркер «Step50» plus (ООО «Биолабмикс», г. Новосибирск).

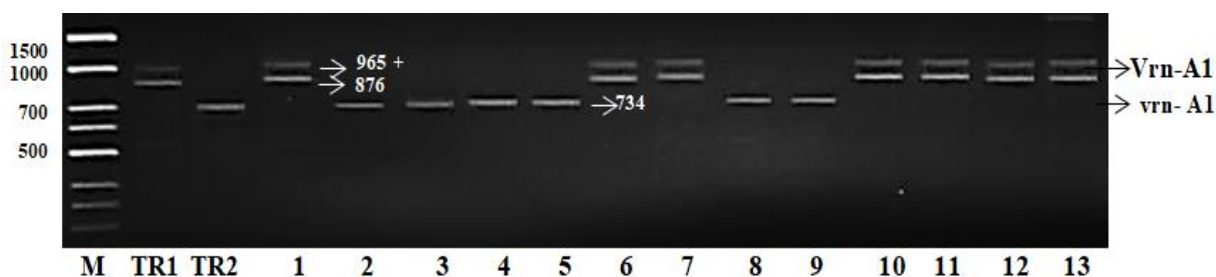
Документирование полученных электрофореграмм проводили с помощью гель документирующей системы Quantum ST4.

Результаты и обсуждение

В целях идентификации у 86 коллекционных образцов яровой тритикале аллельной вариации генов яровизации проведен ПЦР – анализ по генам *Vrn-A*, *Vrn-B*.

Аллели гена *Vrn-A1* изучались с использованием праймеров VRN1AF и VRN1-INT1R [6] (таблица 1). Ожидаемый размер амплифицированного фрагмента с использованием этих праймеров для рецессивного аллеля *vrn-A1* составляет 734 п.н., для самого распространенного доминантного аллеля *Vrn-A1a* – 965 и 876 п.н. В качестве положительных контролей были использованы изогенные линии *Triple Dirk D* с доминантным аллелем *Vrn-A1* и *Triple Dirk B* с рецессивным аллелем *vrn-A1*.

Среди проанализированных 86 генотипов доминантная аллель *Vrn-A1* была зафиксирована у половины образцов коллекции (43 образца) яровой тритикале. У второй половины (43 образца) идентифицирована рецессивная аллель *vrn-A1* (рисунок 1, таблица 2).



М – маркер Step 50, TR1 – положительный контроль *Vrn-A1*, TR2 - положительный контроль *vrn-A1*, 1. Dahbi /3/ Fahad 8-2 U-3886, 2. MX 30, 3. MX 31, 4. MX 58, 5. MX 72, 6. MX 107, 7. Dakold 97, 8. MX 101 Caniero/Zilo, 9. Ardi 1/Топо 1419// Erizo, 10. Passi 4/NIMIR, 11. Caborca 79, 12. Tiga, 13. WANAD

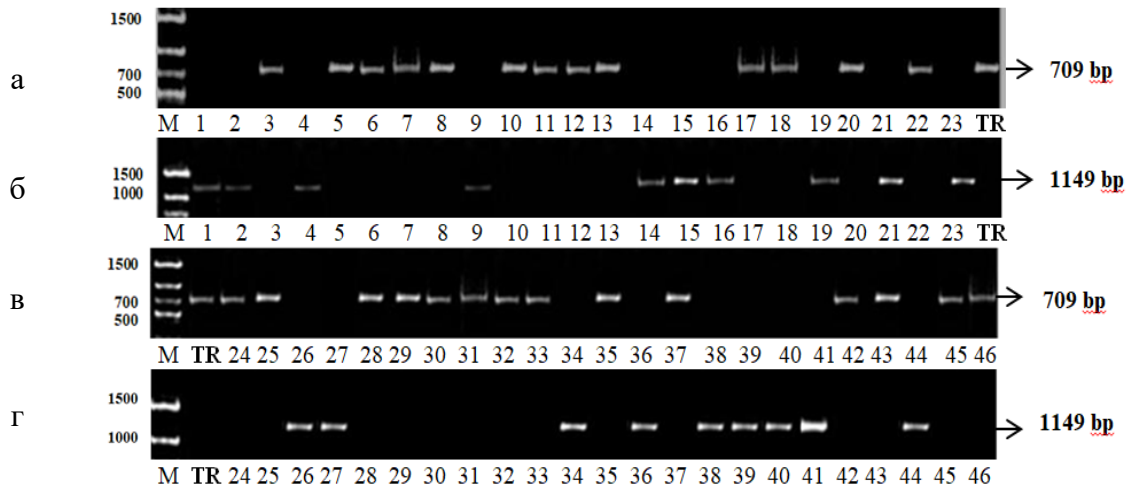
Рисунок 1 – Результаты идентификации аллельной вариации гена *Vrn-A1* у коллекционных образцов яровой тритикале

Аллели локуса *Vrn-B1* изучали с использованием Intr1/B/F и Intr1/B/R3 праймеров для идентификации доминантного аллеля *Vrn-B1* и Intr1/B/F и Intr1/B/R4 для идентификации

рецессивного аллеля *vrn-B1* [14]. В качестве положительного контроля была использована изогенная линия *Triple Dirk B* с доминантным аллелем *Vrn-B1*. Ожидаемый размер амплификационного фрагмента с использованием указанных праймеров для доминантного аллеля составляет 709 п.н., для рецессивного аллеля 1149 п.н. Проведенный ПЦР-анализ 86 коллекционных сортообразцов показал, что доминантная аллель *Vrn-B1* зафиксирована у 46 сортообразцов яровой тритикале, рецессивная аллель у 40 сортообразцов (рисунок 2, таблица 2).

Таблица 1 - Перечень маркеров и условия ПЦР используемых для идентификации аллельной вариации генов *VRN* и *PPD*

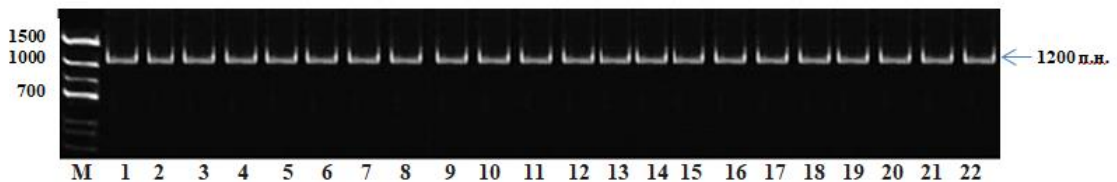
Локус	Определяемая аллель	Локализация, ген	Молекулярный маркер		Размер продукта ПЦР, п.н.	Условия ПЦР	Литературный источник
			название праймера	Нуклеотидная последовательность			
<i>Vrn-A1</i>	<i>Vrn-A1a</i>	5A	VRN1AF	GAAAGGAAAAATTCTGCTC G	965+876	94 ⁰ C - 5 мин, 38 циклов (94 ⁰ C - 45 сек., 50 ⁰ C – 45 сек., 72 ⁰ C- 1 мин), 72 ⁰ C – 5 мин.	Yan <i>et al.</i> , 2004 [6]
	<i>Vrn - A1b</i>		VRN1-INT1R	GCAGGAAATCGAAATCGA AG	714		
	<i>vrn - A1</i>				734		
<i>Vrn - B1</i>	<i>Vrn - B1</i>	5B	Intr1/B/F	CAAGTGGAACGGTTAGGAC A	709	94 ⁰ C-5 мин, 38 циклов (94 ⁰ C - 45 сек., 58 ⁰ C – 45 сек., 72 ⁰ C- 1 мин), 72 ⁰ C – 5 мин.	Fu <i>et al.</i> , 2005 [14]
			Intr1/B/R3	CTCATGCCAAAAATTGAAG ATGA			
	<i>vrn - B1</i>	5B	Intr1/B/F	CAAGTGGAACGGTTAGGAC A	1149	94 ⁰ C-5 мин, 38 циклов (94 ⁰ C - 45 сек., 63 ⁰ C – 45 сек., 72 ⁰ C- 1 мин), 72 ⁰ C – 5 мин.	Fu <i>et al.</i> , 2005 [14]
			Intr1/B/R4	CAAATGAAAAGGAATGAG AGCA			
<i>Vrn-B3</i>	<i>Vrn-B3</i>	7BS	VRN4-B-INS-F	CATAATGCCAAGCCGGTGA GTAC	1140	94 ⁰ C-5 мин, 38 циклов (94 ⁰ C - 45 сек., 65 ⁰ C – 45 сек., 72 ⁰ C- 70 секунд), 72 ⁰ C – 5 мин.	Yan <i>et al.</i> , 2006 [7]
			VRN4-B-INS-R	ATGTCTGCCAATTAGCTAG C			
	<i>vrn-B3</i>	7BS	VRN4-B-NOINS-F	ATGCTTTCGCTTGCCATCC	1200	94 ⁰ C-5 мин, 38 циклов (94 ⁰ C - 45 сек., 61 ⁰ C – 45 сек., 72 ⁰ C- 70 секунд), 72 ⁰ C – 5 мин.	Yan <i>et al.</i> , 2006 [7]
			VRN4-BNOINS-R	СТАТССТАССГГССАТТА G			
<i>Ppd-B1</i>	<i>Ppd-B1a</i>		TaPpd-B1proF1	АСАСТАГГГСТГГТССААГ А	1600	94 ⁰ C-5 мин, 38 циклов (94 ⁰ C - 45 сек., 60 ⁰ C – 45 сек., 72 ⁰ C- 1 мин.), 72 ⁰ C – 5 мин.	Seki <i>et al.</i> , 2011 [15]
	<i>Ppd-B1b</i>		TaPpd-B1int1R1	ССГАССАГТССААТТАА С	1292		



а, в – электрофореграмма по аллели *Vrn-B1*, б, г - электрофореграмма по аллели *vrn-B1*
 М-маркер Step50, TR – положительный контроль *Vrn-B1*, 1. Укро, 2. Dahbi /3/ Fahad 8-2, 3. MX 107, 4. Дуплет, 5. Хайкар, 6. Лэгинь Харьковский, 7.№20, 8. Passi 4/NIMIR, 9. Рубик, 10. Русло, 11. Праг 501, 12. Золотой гребешок, 13. Саур, 14. Микола, 15. Коровай Харківський, 16.№7, 17. Виктория, 18. Muiz, 19. Л2226, 20. Л-105/08, 21. Ульяна, 22. MX 58, 23. Dakold 97, 24. AC Certa, 25. Saborca 79, 26. Праг 499, 27. MX 72, 28. Инесса, 29. Л2118, 30. Праг 503, 31. Parion, 32. Л5635, 33. Tiga, 34. MX 30, 35. Немига 2, 36. Peura 5-1, 37.№15, 38.№11, 39. Полесье, 40. Примэвара 5, 41. MX 31, 42. Coorong 44, 43. Fahad 8-2 U 3878, 44. ЭС 1008, 45. Соловей Харьковский, 46. Лотос

Рисунок 2 – Результаты идентификации аллельной вариации гена *Vrn-B1* у коллекционных образцов яровой тритикале

Для идентификации аллельной вариации гена *Vrn-B3* в сортах коллекции яровой тритикале были использованы праймеры VRN4-B-INS-F и VRN4-B-INS-R для идентификации доминантного аллеля *Vrn-B3* и праймеры VRN4-B-NOINS-F и VRN4-B-NOINS-R для идентификации рецессивного аллеля *vrn-B3* [7]. При использовании праймеров VRN4-B-INS-F и VRN4-B-INS-R амплификация продуктов ПЦР не происходила. Использование праймеров VRN4-B-NOINS-F и VRN4-B-NOINS-R позволила детектировать ПЦР продукт длиной 1200 п.н. во всех изучаемых образцах, что подтвердило наличие рецессивной аллели *vrnB-3* (рисунок 3).

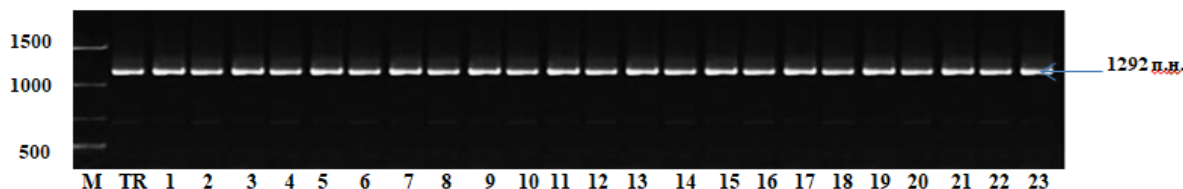


М-маркер Step50, TR – положительный контроль *Vrn-B1*, 1. Укро, 2. Dahbi /3/ Fahad 8-2, 3. MX 107, 4. Дуплет, 5. Хайкар, 6. Лэгинь Харьковский, 7.№20, 8. Passi 4/NIMIR, 9. Рубик, 10. Русло, 11. Праг 501, 12. Золотой гребешок, 13. Саур, 14. Микола, 15. Коровай Харківський, 16.№7, 17. Виктория, 18. Muiz, 19. Л2226, 20. Л-105/08, 21. Ульяна, 22. MX 58

Рисунок 3 – Результаты идентификации рецессивной аллели *vrn-B3* у коллекционных образцов яровой тритикале

Для идентификации аллельной вариации гена *Ppd-B1* в работе были использованы праймеры TaPpd-B1proF1 и TaPpd-B1int1R1 [15]. Согласно опубликованной работе, фрагмент длиной 1600 п.н., амплифицированный с использованием указанных праймеров, соответствует доминантной аллели гена *Ppd-B1*, обуславливающий нечувствительность к фотопериоду, а фрагмент длиной 1292 п.н. – соответствует рецессивной аллели *Ppd-B1b*.

Проведенный ПЦР-анализ показал, что у всех 86 образцов амплифицировался фрагмент длиной 1292 п.н., что позволило идентифицировать все образцы как несущие рецессивную аллель *Ppd-B1b*, обуславливающую чувствительность к фотопериоду (рисунок 4, таблица 2).



М – Маркер молекулярных весов (Step 50), TR – положительный контроль, 1. Укро, 2. Dahbi /3/ Fahad 8-2 U-3886, 3. MX 107, 4. Дуплет, 5. Хайкар, 6. Лэгинь Харьковский, 7. №20, 8. Passi 4/NIMIR, 9. Рубин, 10. Русло, 11. Праг 501, 12. Золотой гребешок, 13. Саур, 14. Микола, 15. Коровай Харьковский, 16. №7, 17. Виктория, 18. Muiz, 19. L2226, 20. Л-105/08, 21. Ульяна, 22. MX 58, 23. Dakold 97

Рисунок 4 – Результаты идентификации аллельной вариации гена *Ppd-B1* у коллекционных образцов ярового тритикале

Вегетационный период и период всходы-колошение. Изучена общая продолжительность вегетационного периода и период всходы-колошение яровой тритикале в условиях Алматинской области. Данные представлены в таблице 2. Продолжительность периода всходы-колошение варьировала в пределах 49-59 дней, а вегетационного периода 97 - 108 дней. Наиболее высокую скорость развития до колошения показали такие образцы как Cheetah (49 дней), Camel (50 дней), Whale (50 дней), Tarasca 87_1/YOGUI_1 (50 дней), Fahad 8-2 U 3878 (50 дней), BURA (50 дней), Peuga 5-1 (50 дней).

Более короткий вегетационный период на уровне стандартного раннеспелого сорта яровой пшеницы Казахстанская 4 - 95 дней показали образцы коллекции Cheetah (97 дней), Whale (97 дней), Fahad 8-2 U 3878 (97 дней). Иерархический агломеративный кластерный анализ по значениям продолжительности вегетационных периодов выделил данные три сорта коллекции в отдельный кластер (рисунок 5). Среди всех сортов коллекции, сорта Tiga и L2226 в условиях юго-востока РК показали наиболее поздний срок созревания – 107,3 дней, которые так же были вынесены в отдельный кластер. В целом, коллекция была разделена алгоритмом на три различных кластера схожего размера. Первый кластер содержал 37% сортов коллекции со средней продолжительностью вегетативного периода от 96,6 до 101,3 дней; второй кластер содержал 26% сортов с вегетативным периодом от 101 до 108 дней; третий - 37% сортов с вегетативным периодом 102-107,6 дней.

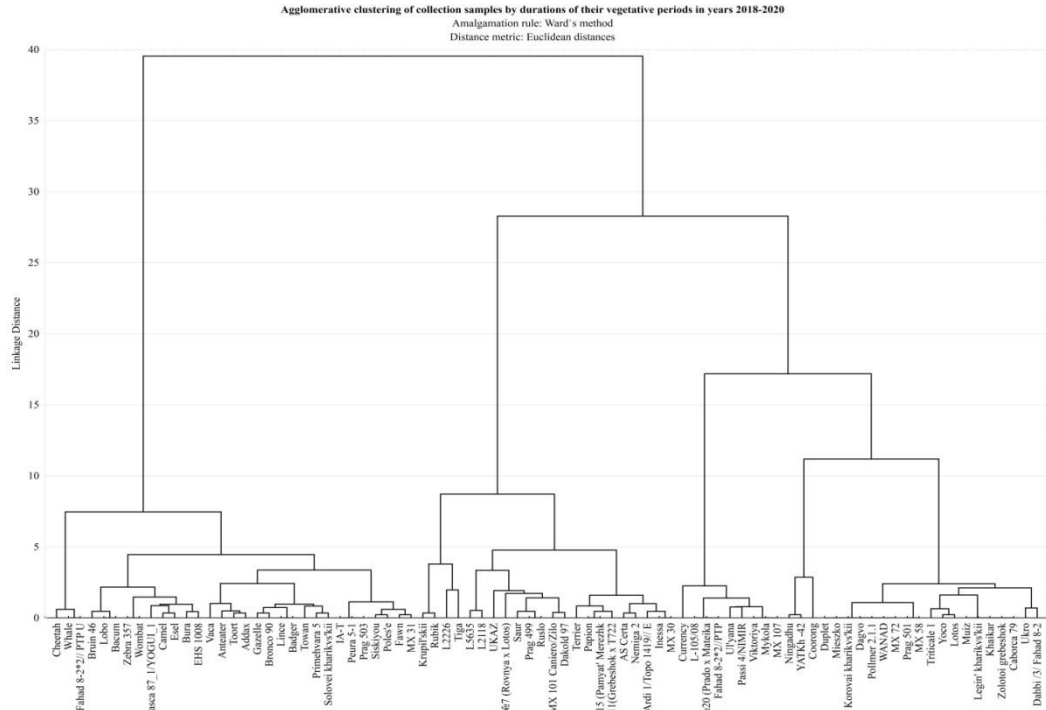
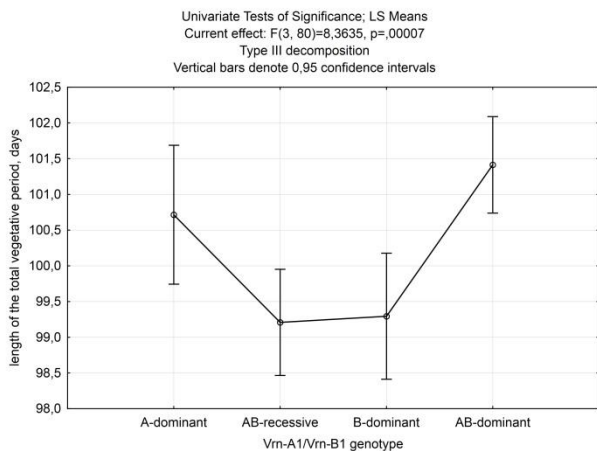
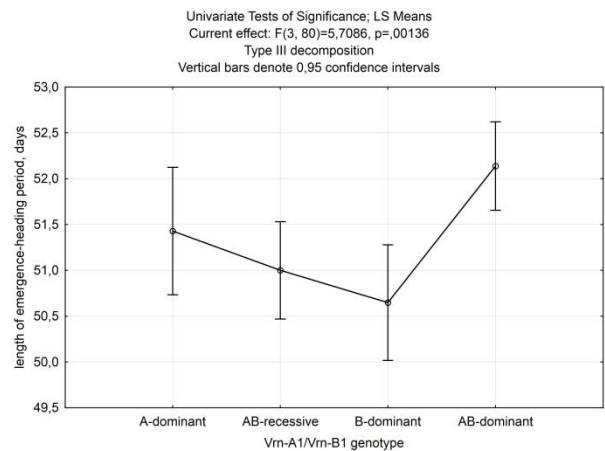


Рисунок 5 – Кластерный анализ значений вегетационного периода коллекционных образцов яровой тритикале

Исследования значимости влияния аллелей *Vrn-A1*, *Vrn-B1* на скорость развития растений яровой тритикале оценивали с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Были определены четыре уровня фактора, на основе ПЦР исследования образцов: несущие только доминантную аллель *Vrn-A1*, только доминантную аллель *Vrn-B1*, обе аллели доминантные *Vrn-A1/Vrn-B1* и обе аллели рецессивные *vrn-A1/vrn-B1*. Анализ значений вегетационного периода и сроков периода всходы-колошение показал достоверно значимую разницу между группами на уровне $p=0,00007$ и $p=0,00136$ соответственно. Анализ и визуализация данных позволили установить, что образцы несущие только доминантную аллель *Vrn-B1* имели более высокую скорость развития (рисунок б). Интересно отметить, что образцы несущие две доминантные аллели показали в условиях юго-востока РК более поздние сроки созревания.



а



б

а – вегетационный период; б – период всходы-колошение

Рисунок 6 – Дисперсионный анализ значений вегетационного периода, периода всходы-колошение коллекционных образцов яровой тритикале в соответствии с их аллельной вариацией по генам *Vrn-A1Vrn-B1*

Таблица 2 – Результаты фенологической оценки и ПЦР-анализа коллекции яровой тритикале по аллельной вариации генов *Vrn* и *Ppd*

№ каталога	Наименование	Вегетационный период	Период всходы - колошение	Vrn -A1	Vrn -B1	Vrn -B3	Ppd -B1
3886	Dahbi /3/ Fahad 8-2	104±10,1	55±8,1	D	R	R	R
-	MX 30	103±7	56±6,2	R	R	R	R
-	MX 31	100±8,7	52±2,9	R	R	R	R
-	MX 58	102±9,6	53±5,2	R	D	R	R
-	MX 72	102±10	55±7,4	R	R	R	R
-	MX 107	105±12,3	55±7,1	D	D	R	R
-	Dakold 97	104±6,2	54±4	D	R	R	R
-	MX 101 Caniero/Zilo	104±6,8	54±4,4	R	D	R	R
3879	Ardi 1/Topo 1419// Erizo	103±6,7	53±5	R	D	R	R
-	Passi 4/NIMIR	105±11,5	55±6,1	D	D	R	R
737	Caborca 79	103±10,4	54±6,4	D	D	R	R
1704	Tiga	107±3,8	56±6,4	D	D	R	R
3723	WANAD	102±10	53±5,2	D	R	R	R
3877	Pollmer 2.1.1	102±10	54±5,9	D	D	R	R
3878-2	Fahad 8-2*2//PTP	105±12,5	55±5,9	D	D	R	R
3878-1	Fahad 8-2*2// PTP U 3878	97±6,4	51±5,1	R	D	R	R
827	Coorong	108±14,6	55±6,7	D	D	R	R
-	Rubik	106±10	54±5,9	D	R	R	R
3928	Ruslo	104±7,8	55±5,1	D	D	R	R
3887	Ul'yana	104±12,7	52±6,1	R	R	R	R
-	Inessa	103±7	56±6,2	D	D	R	R
-	Poles'e	100±8,1	53±4	R	R	R	R
3889	Lotos	102±9,2	55±6,6	D	D	R	R
567	Nemiga 2	102±6,7	56±6,2	D	D	R	R
3644	Ukro	104±10,8	57±7,5	D	R	R	R
-	№7 (Rovnya x Lotos)	105±7	56±5,6	D	R	R	R
-	№11 (Grebeshok x T722)	102±5,9	53±3,2	R	R	R	R
-	№15 (Pamyat' Merezhko x Amigo)	102±6,2	52±5,5	R	D	R	R
-	№20 (Prado x Mateika)	105±12,5	55±5,9	R	D	R	R
3645	Dagvo	102±10	54±7,6	D	D	R	R
3677	Zolotoi grebeshok	103±10,4	54±5,9	D	D	R	R
-	Khaikar	103±10,4	56±6,7	D	D	R	R
-	Saur	104±8,2	56±5,9	D	D	R	R
3606	Prag 499	104±7,8	56±6,8	R	R	R	R
3608	Prag 501	102±9,6	54±6,2	D	D	R	R
3827	Prag 503	101±8,5	55±6,7	D	D	R	R
-	L2118	103±4	52±3,8	D	D	R	R

-	L2226	108±7,9	55±8,9	D	R	R	R
-	L5635	103±5	56±5,7	D	D	R	R
3898	Mykola	105±12,3	53±7,4	D	R	R	R
3892	Korovai kharikvs'kii	102±10	54±6,7	R	R	R	R
3873	Solovei kharikvs'kii	101±8,3	56±6,1	D	D	R	R
3891	Legin' kharikvs'kii	103±10,4	55±6,1	D	D	R	R
3922	Viktoriya	105±12,3	55±7,1	D	D	R	R
3894	YATKh -42	104±13,5	55±7,2	D	R	R	R
-	Krupil'skii	106±9,8	53±5,2	D	D	R	R
-	Muiz	103±10,4	56±7,2	R	D	R	R
3725	Mieszko	102±10	55±6,1	R	R	R	R
-	Duplet	102±10	54±6,2	D	R	R	R
-	L-105/08	105±12,5	55±7,4	D	D	R	R
-	AS Certa	103±7,1	54±6,2	D	D	R	R
3529	Papion	102±6,2	55±5,7	D	D	R	R
3531	Peura 5-1	101±8,5	51±5,8	D	R	R	R
3631	Primehvara 5	101±7,9	53±4,6	R	R	R	R
-	EHS 1008	99±7,6	52±4,6	D	R	R	R
-	UKAZ	103±9	58±7,6	D	D	R	R
8750	Addax	100±6,8	53±4,9	R	R	R	R
1538	Anteater	100±6,7	53±4,9	R	R	R	R
95843	Bacum	99±8	52±3,8	D	D	R	R
10974	Lobo	99±8	52±4,7	R	R	R	R
1966	Badger	100±7,6	53±4	R	R	R	R
160622	Bronco 90	100±8,6	53±5,2	R	D	R	R
4928	Bruin 46	99±7,5	52±4,6	D	R	R	R
3101	Bura	99±8,3	51±5,3	R	D	R	R
176515	Cheetah	97±6,8	49±5,5	R	D	R	R
96016	Currency	104±11,7	52±3,5	R	D	R	R
398542	Ningadhu	105±13,5	55±7,2	R	R	R	R
117536	Esel	99±8,9	51±5,5	R	D	R	R
101744	Fawn	100±9	54±7,6	R	R	R	R
95821	Gazelle	100±8,2	52±3,8	R	D	R	R
649	Tarasca 87_1/YOGUI_1	98±8,5	50±4,6	R	R	R	R
9893	Siskiyou	101±8,4	54±7	R	R	R	R
101235	Terrier	101±6,6	54±5,5	R	R	R	R
405555	Toort	100±7,2	53±5,2	R	R	R	R
2740	IA-T	101±8,5	54±6,4	D	R	R	R
117425	Yoco	102±9,3	53±6,7	R	R	R	R
5033	Camel	99±9,3	50±5,3	R	D	R	R
7483	Lince	100±7,6	52±4,7	D	D	R	R
96145	Towan	101±8,5	52±4,6	R	D	R	R
1963	Triticale 1	102±10,1	59±11,4	D	D	R	R
407007	Vaca	99±6	52±5,3	R	D	R	R
407110	Whale	97±6,4	50±4,7	R	R	R	R
407202	Wombat	100±9,2	53±5,9	R	R	R	R

524053 4	Zebra 357	100±9,2	53±6,7	R	R	R	R
-------------	-----------	---------	--------	---	---	---	---

Три основных гена яровизации пшеницы *Vrn-A1*, *Vrn-B1* и *Vrn-D1* расположены на гомологичных хромосомах 5A, 5B и 5D пшеницы, соответственно [5, 16], а *Vrn-B3* расположен на коротком плече хромосомы 7BS [7]. В наших исследованиях по изучению аллельной вариации генов *Vrn* тритикале из перечисленных локусов выбраны, только те, которые могут присутствовать у тритикале *Vrn-A1*, *Vrn-B1* и *Vrn-B3*.

Аллель *Vrn-A1a* является наиболее мощной аллелью ярового типа развития, обеспечивающая полную нечувствительность к яровизации, тогда как *Vrn-B1*, *Vrn-D1*, и *Vrn4* приводит к частичной ликвидации требования яровизации [16]. Это самая распространенная аллель этого гена. В исследованиях ученых по идентификации аллельной вариации коммерческих сортов присутствие данной аллели составило для сортов яровой мягкой пшеницы Сибири 95% [18], Пакистана - 39% [19], Китая – 24% [20]. В изучаемой коллекции яровой тритикале у 50% отмечено присутствие доминантной аллели *Vrn-A1a*. У остальных 50% сортообразцов коллекции идентифицирована рецессивная аллель *vrn-A1a*. Аллель *Vrn-A1b* не была обнаружена. Отсутствие аллели *Vrn-A1b* в коллекциях пшеницы было зафиксировано и другими исследователями [12].

Многие сорта Сибири [18], Пакистана [19] имеют доминантную аллель гена *Vrn-B1a*. В коллекционных образцах яровой тритикале доминантная аллель *Vrn-B1* зафиксирована у 46 сортообразцов яровой тритикале (53%), а рецессивная аллель у 40 сортообразцов (47%).

Доминантная аллель *Vrn-B3* редко встречается в коммерческих сортах пшеницы. Исследователи отмечают в коллекциях пшеницы и линиях тритикале низкий процент наличия данной аллели или только наличие рецессивной аллели *vrn-B3* [13, 19, 20]. По результатам наших исследований изучение аллельной вариации гена *Vrn-B3* в рабочей коллекции яровой тритикале так же показало отсутствие носителей доминантной аллели *Vrn-B3*.

Растительный материал классифицируется как чувствительный или нечувствительный к фотопериоду, в зависимости от того, требует ли он длинного дня для перехода к цветению. Гены *Ppd-D1*, *Ppd-B1* и *Ppd-A1*, расположенные на гомологичных хромосомах 2-й группы, контролируют реакцию на фотопериод у мягкой пшеницы (2n = 42, ВВААDD) (Scarth et al., 1984). По силе влияния на чувствительность к фотопериоду *Ppd-1* гены находятся в следующем порядке: *Ppd-D1* > *Ppd-B1* > *Ppd-A1*, хотя в отдельных случаях эффект аллеля *Ppd-B1* сопоставим с *Ppd-D1* [21]. В связи с тем, что у гексаплоидного тритикале отсутствует геном D, в коллекционных образцах тритикале была изучена аллельная вариация гена *Ppd-B1*. Результаты показали, что все коллекционные образцы несли рецессивную аллель *Ppd-B1b*, обуславливающую чувствительность к фотопериоду.

Статистический анализ данных результатов наших исследований позволил установить достоверно значимое влияние аллельной комбинации генов *Vrn* на скорость развития в условиях юго-востока Казахстана. Установлено, что образцы несущие аллель доминантную аллель *Vrn-B1* имели более высокую скорость развития. И хотя прошлые исследования злаковых доказали влияние генов *Vrn* на скорость развития организмов, работы, фокусом которых является тритикале, всё ещё остаются малочисленными [3,11, 12, 13] и не позволяют сделать сравнительный анализ по влиянию аллели *Vrn-B1* на скорость развития.

Зафиксировано, что образцы несущие две доминантные аллели показали в условиях юго-востока РК (северная широта 43°14') более поздние сроки созревания. На более позднее созревание образцов тритикале, несущих две доминантные аллели *Vrn-A1Vrn-B1* могли оказать влияние гены *Vrn-R1*, а также чувствительность к фотопериоду, обусловленная рецессивным геном *Ppd-B1b*.

Выводы

Таким образом, идентифицирована аллельная вариация 86 коллекционных образцов яровой тритикале по генам *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-B3*, *Ppd-B*. Выделено 25 сортообразцов имеющих две доминантные аллели *Vrn-A1 Vrn-B1*. Установлено, что все 86 сортообразцов несут рецессивную аллель *Ppd-B1b*, обуславливающую чувствительность к фотопериоду.

Выделены из коллекции 3 образца (Cheetah, Whale, Fahad 8-2*2// РТР U 3878) с высокой скоростью развития как источники скороспелости.

Информация по аллельной вариации генов яровизации и фотопериода в зародышевой плазме яровой тритикале будет способствовать планированию и внедрению молекулярных маркеров в программах селекции тритикале.

Благодарности. Работа выполнена в рамках финансирования программы ПЦФ МСХ РК ИРН BR22885418 «Научное обеспечение технологического развития органического производства сельскохозяйственной продукции в Республике Казахстан» и бюджетной программе 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований» проекту № AP05132430.

Список источников

1. Blum A. The Abiotic Stress Response and Adaptation of Triticale — A Review [Text] / A.Blum // Cereal Research Communications. - 2014. – Vol. 42. – P. 359–375 Doi.org/10.1556/CRC.42.2014.3.1
2. Mergoum M. Triticale Improvement and Production [Text] / M. Mergoum, H. Gómez-Macpherson // Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2004, 155 pp.
3. Kaminskaya L.N. Development of triticale lines tagged with *Vrn* genes and their molecular-genetic study [Text] / L.N. Kaminskaya, L.V.Koren, I.N. Leonova, I.G. Adonina, L.V. Khotyleva, E.A.Salina // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii – Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2005. - Vol 9. - № 4. - P.481-489.
4. Distelfeld A.. Regulation of flowering in temperate cereals [Text] / A. Distelfeld, C Li., J. Dubcovsky // Curr. Opin. Plant Biol. - 2009. - Vol. 12. - P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2008.12.010>.
5. Yan L. Positional cloning of the wheat vernalization gene *VRN1* [Text] / L.Yan, A. Loukoianov, G. Tranquilli, M. Helguera, T. Fahima, J. Dubcovsky // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 2003. - Vol 100. - Issue 10. – P. 6263–6268. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0937399100>.
6. Yan L. Allelic variation at the *VRN-1* promoter region in polyploid wheat [Text] / L.Yan, M. Helguera, K. Kato, S. Fukuyama, J. Sherman, J. Dubcovsky // Theor. Appl. Genet. - 2004. – Vol.109. – P.1677–1686. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-004-1796-4>
7. Yan L. The wheat and barley vernalization gene *VRN3* is an orthologue of *FT* [Text] / Yan L., D. Fu, C. Li, A. Blechl, G. Tranquilli, M. Bonafede, A. Sanchez, M. Valarik, S. Yasuda, and J. Dubcovsky // Proc. Natl. Acad. Sci. - 2006. – Vol.103. –P.19581–19586. DOI [_10.1073_pnas.0607142103](https://doi.org/10.1073_pnas.0607142103).
8. Trevaskis B. The molecular basis of vernalization-induced flowering in cereals [Text] / B. Trevaskis M.N. Hemming, E.S. Dennis, W.J. Peacock // Trends Plant Sci. – 2007. – Vol.12(8). – P.352-7. DOI:[10.1016/j.tplants.2007.06.010](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2007.06.010).
9. Есимбекова М.А. Генетическое разнообразие генофонда яровой мягкой пшеницы по скорости развития дл колошения – Казахстанско-Сибирский питомник улучшения яровой пшеницы (КАСИБ) [Text] / М.А. Есимбекова // Известия НАН РК, серия биологическая. – 2010. - №1. - С. 34-37.

10. Kamran A. The effect of VRN1 genes on important agronomic traits in high-yielding Canadian soft white spring wheat [Text] / A. Kamran, H.S. Randhawa, R.C. Yang, D. Spaner // Plant breeding. – 2014. – Vol.133 (3). – P. 321-326, DOI: 10.1111/pbr.12149.
11. Stepankin P.I. Study of the interphase period “shoots – earing” of the initial parental forms and hybrids of triticale with different Vrn genes [Text] / P.I. Stepankin, M.V. Emtseva // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. -2017. – Vol.21(5). – P.530-533. DOI 10.18699/VJ17.22-o
12. Nowak M. Analysis of VRN1 gene in triticale and common wheat genetic background [Text] / M. Nowak, J. Leśniowska-Nowak, M. Zapalska, Z. Banaszak, K. Kondracka, K. Dudziak // Scientia Agrícola. - 2014. - Vol.71, No 5. - P. 380-386. Doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0254.
13. Zaitseva O.I. Allelic composition in the Vrn-A1, Vrn-B1, and Vrn-B3 genes of double haploid lines of hexaploid triticale [Text] / O.I. Zaitseva, V.A. Lemesh // Russian journal of genetics. – 2015. - Vol.51 (7). – P.653-660 DOI: 10.1134/S1022795415070145
14. Fu D. Large deletions within the first intron in VRN-1 are associated with spring growth habit in barley and wheat [Text] / D. Fu, P. Szűcs, L.Yan, M. Helguera, J.S.Skinner, J. Zitzewitz, P.M. Hayes, J. Dubcovsky // Molecular Genetics and Genomics. - 2005. – Vol. 273. – P. 54-65. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00438-004-1095-4>
15. Seki M. Distribution of photoperiod-insensitive alleles Ppd-B1a and Ppd-D1a and their effect on heading time in Japanese wheat cultivars [Text] / M. Seki, M. Chono, H. Matsunaka, M. Fujita, Sh. Oda, K. Kubo, Ch. Kiribuchi-Otobe, H. Kojima, H. Nishida, K. Kato // Breeding Science.- 2011. - Vol.61. –P. 405–412 DOI: <https://doi.org/10.1270/jsbbs.61.405>
16. Pugsley A.T. A genetic analysis of the spring-winter habit of growth in wheat [Text] / A.T. Pugsley // Aust. J. Agric. Res. – 1971 . – Vol.22. – P.21-31.
17. Likhenko I.E Analysis of the allelic variation of the VRN-1 and PPD-1 genes in Siberian early and medium early varieties of spring wheat [Text] / I.E. Likhenko, A.I. Stasyuk, A.B. Shcherban, A.F. Zyryanova, N.I. Likhenko, E.A. Salina // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii – Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2014. – Vol.18, № 4/1. – P. 691-703.
18. Iqbal M. Allelic variation at the Vrn-A1, Vrn-B1, Vrn-D1, Vrn-B3 and Ppd-D1a loci of Pakistani spring wheat cultivars [Text] / M. Iqbal, A. Shahzad, I Ahmed. // Electron. J. Biotechnol. - 2011. - Vol. 14. No 1 .- P. 1–8. DOI: 10.2225/vol14-issue1-fulltext-6
19. Zhang X.K. Allelic variation at the vernalization genes Vrn-A1, Vrn-B1, Vrn-D1, and Vrn-B3 in Chinese wheat cultivars and their association with growth habit [Text] / Zhang X.K., Xiao Y.G., Zhang Y., Xia X.C., Dubcovsky J., He Z.H. // Crop Sci. – 2008. - 48(2):458–470 DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.06.0355>
20. Worland A.J. The influence of photoperiod genes on the adaptability of European winter wheat [Text] / A.J. Worland, A. Börner A., V. Korzun, M.W. Li, S. Petrovic, E.J. Sayers // Euphytica. - 1998. - Vol. 100. - P. 385–394. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1018327700985>

References

1. Blum A. The Abiotic Stress Response and Adaptation of Triticale — A Review [Text] / A.Blum // Cereal Research Communications. - 2014. – Vol. 42. – P. 359–375 Doi.org/10.1556/CRC.42.2014.3.1
2. Mergoum M. Triticale Improvement and Production [Text] / M. Mergoum, H. Gómez-Macpherson // Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2004, 155 pp.
3. Kaminskaya L.N. Development of triticale lines tagged with Vrn genes and their molecular-genetic study [Text] / L.N. Kaminskaya, L.V.Koren, I.N. Leonova, I.G. Adonina, L.V. Khotyleva, E.A.Salina // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii – Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2005. - Vol 9. - № 4. - P.481-489.

4. Distelfeld A.. Regulation of flowering in temperate cereals [Text] / A. Distelfeld, C Li., J. Dubcovsky // *Curr. Opin. Plant Biol.* - 2009. - Vol. 12. - P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2008.12.010>.
5. Yan L. Positional cloning of the wheat vernalization gene *VRN1* [Text] / L.Yan, A. Loukoianov, G. Tranquilli, M. Helguera, T. Fahima, J. Dubcovsky // *Proceedings of the National Academy of Sciences.* - 2003. - Vol 100. - Issue 10. – P. 6263–6268. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0937399100>.
6. Yan L. Allelic variation at the *VRN-1* promoter region in polyploid wheat [Text] / L.Yan, M. Helguera, K. Kato, S. Fukuyama, J. Sherman, J. Dubcovsky // *Theor. Appl. Genet.* - 2004. – Vol.109. – P.1677–1686. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-004-1796-4>
7. Yan L. The wheat and barley vernalization gene *VRN3* is an orthologue of *FT* [Text] / Yan L., D. Fu, C. Li, A. Blechl, G. Tranquilli, M. Bonafede, A. Sanchez, M. Valarik, S. Yasuda, and J. Dubcovsky // *Proc. Natl. Acad. Sci.* - 2006. – Vol.103. –P.19581–19586. DOI [10.1073_pnas.0607142103](https://doi.org/10.1073_pnas.0607142103).
8. Trevaskis B. The molecular basis of vernalization-induced flowering in cereals [Text] / B. Trevaskis M.N. Hemming, E.S. Dennis, W.J. Peacock // *Trends Plant Sci.* – 2007. – Vol.12(8). – P.352-7. DOI:[10.1016/j.tplants.2007.06.010](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2007.06.010).
9. Esimbekova M.A. Geneticheskoe raznoobrazie genofonda yarovoj myagkoj pshenitsy po skorosti razvitiya dl kolosheniya – Kazakhstansko-Sibirskij pitomnik uluchsheniya yarovoj pshenitsy (KASIB) [Text] / M.A. Esimbekova // *Izvestiya NAN RK, seriya biologicheskaya.* – 2010. - №1. - S. 34-37.
10. Kamran A. The effect of *VRN1* genes on important agronomic traits in high-yielding Canadian soft white spring wheat [Text] / A. Kamran, H.S. Randhawa, R.C. Yang, D. Spaner // *Plant breeding.* – 2014. – Vol.133 (3). – P. 321-326, DOI: [10.1111/pbr.12149](https://doi.org/10.1111/pbr.12149).
11. Stepochkin P.I. Study of the interphase period “shoots – earing” of the initial parental forms and hybrids of triticale with different *Vrn* genes [Text] / P.I. Stepochkin, M.V. Emtseva // *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* -2017. – Vol.21(5). – P.530-533. DOI [10.18699/VJ17.22-o](https://doi.org/10.18699/VJ17.22-o)
12. Nowak M. Analysis of *VRN1* gene in triticale and common wheat genetic background [Text] / M. Nowak, J. Leśniowska-Nowak, M. Zapalska, Z. Banaszak, K. Kondracka, K. Dudziak // *Scientia Agricola.* - 2014. - Vol.71, No 5. - P. 380-386. Doi.org/[10.1590/0103-9016-2013-0254](https://doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0254).
13. Zaitseva O.I. Allelic composition in the *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, and *Vrn-B3* genes of double haploid lines of hexaploid triticale [Text] / O.I. Zaitseva, V.A. Lemesh // *Russian journal of genetics.* – 2015. - Vol.51 (7). – P.653-660 DOI: [10.1134/S1022795415070145](https://doi.org/10.1134/S1022795415070145)
14. Fu D. Large deletions within the first intron in *VRN-1* are associated with spring growth habit in barley and wheat [Text] / D. Fu, P. Szűcs, L.Yan, M. Helguera, J.S.Skinner, J. Zitzewitz, P.M. Hayes, J. Dubcovsky // *Molecular Genetics and Genomics.* - 2005. – Vol. 273. – P. 54-65. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00438-004-1095-4>
15. Seki M. Distribution of photoperiod-insensitive alleles *Ppd-B1a* and *Ppd-D1a* and their effect on heading time in Japanese wheat cultivars [Text] / M. Seki, M. Chono, H. Matsunaka, M. Fujita, Sh. Oda, K. Kubo, Ch. Kiribuchi-Otobe, H. Kojima, H. Nishida, K. Kato // *Breeding Science.*- 2011. - Vol.61. –P. 405–412 DOI: <https://doi.org/10.1270/jsbbs.61.405>
16. Pugsley A.T. A genetic analysis of the spring-winter habit of growth in wheat [Text] / A.T. Pugsley // *Aust. J. Agric. Res.* – 1971 . – Vol.22. – P.21-31.
17. Likhenko I.E Analysis of the allelic variation of the *VRN-1* and *PPD-1* genes in Siberian early and medium early varieties of spring wheat [Text] / I.E. Likhenko, A.I. Stasyuk, A.B. Shcherban, A.F. Zyryanova, N.I. Likhenko, E.A. Salina // *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii – Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* – 2014. – Vol.18, № 4/1. – P. 691-703.

18. Iqbal M. Allelic variation at the *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1*, *Vrn-B3* and *Ppd-D1a* loci of Pakistani spring wheat cultivars [Text] / M. Iqbal, A. Shahzad, I Ahmed. // Electron. J. Biotechnol. - 2011. - Vol. 14. No 1. - P. 1–8. DOI: 10.2225/vol14-issue1-fulltext-6
19. Zhang X.K. Allelic variation at the vernalization genes *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1*, and *Vrn-B3* in Chinese wheat cultivars and their association with growth habit [Text] / Zhang X.K., Xiao Y.G., Zhang Y., Xia X.C., Dubcovsky J., He Z.H. // Crop Sci. – 2008. - 48(2):458–470 DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.06.0355>
20. Worland A.J. The influence of photoperiod genes on the adaptability of European winter wheat [Text] / A.J. Worland, A. Börner A., V. Korzun, M.W. Li, S. Petrovic, E.J. Sayers // Euphytica. - 1998. - Vol. 100. - P. 385–394. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1018327700985>

Р.С. Ержебаева*, А.М. Абекова, Д.И. Бабисекова, Д. Таджибаев

Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан Республикасы, Алматы облысы, Алмалыбақ аул., Ерленесов көш.1, raushan_2008@mail.ru, aabekova@mail.ru, janeka__88@mail.ru, daniyar.taj@gmail.com

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫСЫ ЖАҒДАЙЫНДА ЖАЗДЫҚ ТРИТИКАЛЕНІҢ КОЛЛЕКЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛЫН ДАМУДЫҢ ФАЗААРАЛЫҚ КЕЗЕҢДЕРІ ЖӘНЕ *VRN*, *PPD* ГЕНДЕРІНІҢ АЛЛЕЛЬДІК ҚҰРАМЫ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Ауыл шаруашылық дақылдарының яровизация және фотопериодтық реакция гендері географиялық бейімделуде, агрономиялық көрсеткіштерде және өнімділік әлеуетінде маңызды рөл атқарады. Демек, яровизация және фотопериод гендерінің таралу схемасы мен аллельдік әртүрлілігін түсіну бидай мен тритикаленің кез келген селекциялық бағдарламасында маңызды. Зерттеу жұмысында диагностикалық молекулярлық маркерлерді пайдалана отырып, яровизация (*Vrn-A1*, *Vrn-B1* және *Vrn-B3*) және фотопериодқа сезімталдық (*Ppd-B1*) гендері бойынша 86 жаздық тритикале сорттарына скрининг жүргізілді. Жаздық тритикале коллекциясындағы *Vrn-A1* доминантты аллелінің болу көрсеткіші - 50%, ал *Vrn-B1* - 53,4% құрады. *Vrn-B3* генінің доминантты аллелі болмады, барлық үлгілерде рецессивті аллель болды. Зерттелінген коллекцияда *Vrn-A1 Vrn-B1* екі локусының доминантты аллельдері бар 25 сорт анықталды. *Ppd-B1* гені бойынша жаздық тритикале коллекциясын сәйкестендіру нәтижелері бойынша барлық үлгілердің фотопериодқа сезімтал рецессивті *Ppd-B1b* аллелді екенін көрсетті. Қазақстанның оңтүстік-шығысында *Vrn-B1* доминантты аллелі бар үлгілердің даму жылдамдығы жоғары екені анықталды. Коллекциядан 3 үлгі (Cheetah, Whale, Fahad 8-2*2// РТР U 3878) ерте жетілу көзі ретінде жоғары даму жылдамдығымен іріктелді. Жаздық тритикаленің ұрық плазмасындағы яровизация және фотопериод гендерінің аллельдік вариациясы туралы ақпаратты білу тритикаленің селекциялық бағдарламаларында молекулярлық маркерлерді жоспарлауға және енгізуге ықпал етеді. Бұл ақпаратты білу нәтижесі жаздық тритикаленің яровизация және фотопериод гендерінің қолайлы аллельдері бар, астық өнімділігінің әлеуеті жоғары және өсірудің кең ауқымына сәйкес келетін сапасы жақсырақ элиталық сорттарын алу үшін пайдалы болуы мүмкін.

Кілт сөздер: жаздық тритикале, сорт, коллекция, вегетациялық кезең, өну-масақтану кезеңдері, фотопериод, *Vrn* және *Ppd* гендерінің аллельдері.

R. S. Yerzhebayeva, A.M. Abekova, D.I. Babissekova, D. Tajibayev

Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant growing, Yerlepesov 1, Almalybaq village, 040909 Almaty Region, Republic of Kazakhstan, raushan_2008@mail.ru, aabekova@mail.ru, janeka_88@mail.ru, daniyar.taj@gmail.com

THE SPRING TRITICALE COLLECTION MATERIAL ON ITS VRN AND PPD GENE ALLELIC COMPOSITION AND THE LENGTHS OF ITS DEVELOPMENT STAGES IN CONDITIONS OF SOUTHEAST OF KAZAKHSTAN

Abstract

Vernalization and photoperiod sensitivity genes play an important role in geographical adaptation, affect cultivar's agronomical traits and yield potential. Therefore, understanding the distribution and allelic variation of these genes in the germplasm is crucial for any wheat and triticale selection program. Our laboratory has conducted survey of 86 spring triticale cultivars for the photoperiod sensitivity (*Ppd-B1*) and vernalization (*Vrn-A1*, *Vrn-B1* and *Vrn-B3*) genes using molecular markers. Dominant *Vrn-A1* allele was found in 50% of the spring triticale cultivars, and the dominant *Vrn-B1* allele in 53.4% of the cultivars. Dominant allele of the *Vrn-B3* gene has not been found among the collection cultivars, every sample contained only the recessive allele of the gene. A total of 25 cultivars carrying dominant alleles of both the *Vrn-A1* and the *Vrn-B1* loci were identified in the collection. Identification of the collection cultivars by *Ppd-B1* gene showed that all samples are carrying the photoperiod-sensitive recessive allele *Ppd-B1b*. It was established that in conditions of the southeast of Kazakhstan samples that carried the dominant *Vrn-B1* and the recessive *Vrn-A1* alleles had a higher rate of development. Three cultivars (Cheetah, Whale, Fahad 8-2*2// PTP U 3878) with the highest rate of development were selected for breeding as sources of early ripening. Data on the allelic variation of vernalization and photoperiod sensitivity genes in collection germplasm will enable proper planning and integration of molecular markers into the triticale selection programs. This data would be useful for development of elite triticale cultivars, carrying desirable alleles of vernalization and photoperiod sensitivity genes, with higher yield potential and better grain quality, suitable for a wide range of growing conditions.

Key words: spring triticale (*x Triticosecale*), cultivar, collection, vegetative period, emergence-heading interstage period, photoperiod, alleles of *Vrn* and *Ppd* genes.

МРНТИ 68.29.15

DOI <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/557>

Г.Т Құныпияева, Р.Қ. Жапаев, Ш.О. Бастаубаева,
Ж. Оспанбаев, А.С. Сембаева, Е.К. Жусупбеков*

*Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты,
Алмалыбақ ауылы, Алматы облысы, Қазақстан, 040909, Алматы облысы, Қарасай ауданы,
Алмалыбақ, Қазақстан*

*(E-mail: kunypiyeva_gulya@mail.ru, r.zharayev@mail.ru, sh.bastaubaeva@mail.ru,
zhumagali@mail.ru, sembaeva.a84@mail.ru, erbol.zhusupbekov@mail.ru)*

**ОҢТҮСТІК ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТӘЛІМІ ЖАҒДАЙЫНДА ӨСІРІЛГЕН
ДАҚЫЛДАРДЫҢ ҚОР САҚТАУШЫ ТЕХНОЛОГИЯСЫ**