



# Разнообразие яровых гексаплоидных тритикале по времени наступления фаз развития в условиях Приобья Западной Сибири

М.В. Емцева , П.И. Стёпочкин

Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», Новосибирская область, пос. Краснообск, Россия

В условиях открытого грунта, в двух повторностях с интервалом посева в 18 дней, изучено время наступления фаз развития 78 коллекционных образцов яровых гексаплоидных тритикале из мировой коллекции ВИР. Число дней от всходов до колошения образцов тритикале в посевах первого срока составило 31–49 дней, в посевах второго срока – от 30 до 52. Образцы тритикале из Аргентины, Португалии, Восточной Европы, Польши, Беларуси, Украины выколашивались в интервале средних значений (34–40 дней). Тритикале M2A/Cin из Эфиопии была относительно раннеспелой. Позднеспелыми были тритикале из Замбии, Бразилии, Северной Америки. Среди образцов тритикале Мексики, Дагестана и России встречались как ранне-, так и позднеспелые. Большинство тритикале (82 %) в посевах второго срока выколашивалось на 1–9 дней скорее, чем в посевах первого срока, что происходило, вероятно, за счет сокращения у 87 % образцов на 1–7 дней периода «всходы – первый узел». При удлинении периода «всходы – первый узел» у тритикале, изученных в данной работе, так же, как и у пшеницы, увеличивалась продолжительность вегетационного периода. Продолжительность межфазного периода «колошение – созревание» у этих образцов при этом увеличивалась, в то время как у пшеницы наблюдалось ее сокращение. Изученные образцы гексаплоидных тритикале обладали различными временами наступления фаз развития и реакцией на два срока сева, что указывает на их возможное использование в регионах с разной длиной светового дня.

Ключевые слова: образцы гексаплоидной тритикале; фаза развития; межфазный период; срок сева.

## The diversity of spring hexaploid triticales, differing on the time of the onset of developmental phases under conditions of near Ob region of Western Siberia

M.V. Emtseva , P.I. Stepochkin

Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The time of the onset of developmental phases of 78 spring hexaploid triticales samples from the world collection of N.I. Vavilov Institute of Plant Industry is studied under natural conditions, in two replicates with a 18-day interval between two dates of sowing. The number of days from the date of sowing up to the date of heading of triticales samples at the I term sowing was from 31 to 49, and at the II term sowing, from 30 to 52. Samples from Argentina, Portugal, Eastern Europe, Poland, Belarus, and Ukraine headed within the interval of mean values (34–40 days). Triticale M2A/Cin from Ethiopia was relatively early ripening. Late ripening were the samples from Zambia, Brazil, North America. Among triticales from Mexico, Dagestan and Russia both early and late ripening forms occurred. Most samples (82 %) at the II term sowing headed 1–9 days earlier than at the I term sowing, which was probably due to a shortening of the period «shoots – the first node» by 1–7 days in 87 % of samples. After lengthening this period, in the triticales studied in the present work, as in wheat, the length of vegetation period increased. The length of the interphase period «heading – ripening» in these samples increased, while in wheat some authors noticed its shortening. Hexaploid triticales samples studied had different times of the onset of developmental phases and response to different terms of sowing, which means their possible use in regions with different daylength.

Key words: hexaploid triticales samples; developmental phase; interphase period; term of sowing.

### КАК ЦИТИРОВАТЬ ЭТУ СТАТЬЮ:

Емцева М.В., Стёпочкин П.И. Разнообразие яровых гексаплоидных тритикале по времени наступления фаз развития в условиях Приобья Западной Сибири. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016;20(3):295-302. DOI 10.18699/VJ16.129

### HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Emtseva M.V., Stepochkin P.I. The diversity of spring hexaploid triticales, differing on the time of the onset of developmental phases under conditions of near Ob region of Western Siberia. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2016;20(3):295-302. DOI 10.18699/VJ16.129

ORIGINAL ARTICLE

Received 11.03.2015 г.

Accepted for publication 14.04.2015 г.

© AUTHORS, 2016



e-mail: emtseva@bionet.nsc.ru

Тритикале ( $\times$  *Triticosecale* Wittmack), или пшенично-рожаной амфиплоид (ПРА), – культура, полученная путем скрещивания гексаплоидной или тетраплоидной пшеницы (*Triticum* spp.) с рожью (*Secale* spp.) и последующего удвоения числа хромосом. Тритикале – более позднеспелая, чем родительские формы, пшеница и рожь. Одной из причин этого является закономерное увеличение длины вегетационного периода полиплоидов с повышением уровня пloidности (Müntzing, 1936; Бреславец, 1963). Так, октоплоидные тритикале – самые позднеспелые гексаплоидные тритикале по длительности периода до колошения занимают промежуточное положение между пшеницей и октоплоидными тритикале (Rosenstiel, Mittelstenschied, 1943; Каминская и др., 2005; Стёпочкин, 2009 и др.), а гибриды  $F_1$  между пшеницей и рожью характеризуются ускоренным, по сравнению с пшеницей, развитием (Oehler, 1931; Priadencu et al., 1970). Вегетационный период у гибридов  $F_1$  сокращается за счет межфазного периода «всходы – колошение», реже – за счет периода «колошение – созревание» (Сечняк, Сулима, 1984).

По некоторым данным, тритикале обладает более быстрыми, чем пшеница, ростом и накоплением сухого вещества в первые 30 дней (Жилкина, 1968; Ригин, Орлова, 1977). Сообщается также, что рожь характеризуется самой высокой скоростью роста и формирования апекса, а тритикале по этому показателю ближе к ржи, чем к пшенице (Petr, Hradecká, 2005). Однако некоторые биологические процессы у растений ПРА более продолжительны, что объясняется влиянием генома ржи (Куркиев, 1975), а также их гибридной природой (Махалин, 1992). В частности, у тритикале, по сравнению с пшеницей, замедлены такие эмбриологические процессы, как прорастание пыльцы (Махалин, 1992), оплодотворение яйцеклетки, центральной клетки зародышевого мешка, клеткообразование в эндосперме, рост зародыша (Фёдорова, 1964; Батыгина, 1974). Характерным для тритикале является то, что фазы колошения, цветения и созревания у нее наступают позднее и длятся дольше, чем у пшеницы. Фазы колошения и цветения (VIII и IX этапы органогенеза) у тритикале наступают на 3–16 дней позднее, чем у пшеницы и ржи (Стёпочкин, 2008; Алфёрова, Нагирняк, 2012), и длятся 5–8 дней, в то время как у пшеницы – 2–3 дня (Шулындин, 1981). Созревание у тритикале наступает на 3–20 дней позже, чем у родительских видов (Махалин, 1992; Стёпочкин, 2008), и длится в среднем на 1–5 дней дольше, чем у пшеницы (Куркиев, 1975). По данным Т.Н. Фёдоровой (1983), фаза тестообразной спелости у тритикале может быть до 3 нед, в то время как у пшеницы эта фаза длится 4–8 дней (Растениеводство, 2001).

Позднеспелость тритикале является одним из недостатков: из-за позднего выколашивания в северных районах полноценный налив и созревание зерна у этой культуры не успевают завершиться до начала осенних холодов, а в южных районах проходят в условиях жаркой и сухой погоды, вследствие чего зерно тритикале, и без того щуплое, становится еще более щуплым (Сечняк, Сулима, 1994). Однако позднеспелость тритикале может иметь применение у кормовых сортов: благодаря более позднему, чем у ржи, выколашиванию, ПРА удобно использовать

в зеленом конвейере до поспевания многолетних трав (Ригин, Орлова, 1977).

Некоторые авторы считают, что тритикале с коротким периодом от всходов до колошения характеризуются высокой фертильностью колоса и большой массой 1000 зерен (Ukalska, Kosiuba, 2013), по мнению других, у раннеспелых тритикале увеличивается количество белка, но это происходит за счет сморщенности зерна (Kosiuba, Kramek, 2014). Различия по продолжительности периода от всходов до колошения у озимых сортов тритикале больше (до 40 дней), чем у яровых (до 30 дней) (Kosiuba, 1992). Признаки «число дней от всходов до колошения» и «число дней от всходов до цветения» у тритикале имеют очень высокую наследуемость ( $> 0,8$ ), как и «число дней от всходов до уборки» ( $> 0,5$ ) (Lamadji et al., 1995).

Решить проблему позднеспелости тритикале можно с использованием коллекционного материала, содержащего гены раннеспелости. Кроме того, известно, что раннеспелость тритикале зависит от наличия этого признака у пшеницы: тритикале, созданные с использованием раннеспелого сорта пшеницы, также обладают более коротким периодом вегетации (Ригин, Орлова, 1977).

Изучение и создание яровых тритикале может быть перспективным в тех районах Сибири, где суровые зимние условия не позволяют возделывать озимые культуры.

Цель работы – исследовать разнообразие образцов яровой гексаплоидной тритикале из разных стран мира по времени наступления фаз развития. Были поставлены следующие задачи:

1. Изучить распределение образцов тритикале различного происхождения по продолжительности периода «всходы – колошение» в зависимости от срока посева и эколого-географической принадлежности.
2. Изучить динамику изменений продолжительности периода «всходы – колошение» образцов тритикале в зависимости от срока посева.
3. Провести сравнительный анализ изменения продолжительности межфазных периодов образцов тритикале в зависимости от срока посева.
4. Проанализировать зависимость изменения продолжительности межфазных периодов и вегетационного периода образцов тритикале от продолжительности периода «всходы – первый узел».

## Материалы и методы

Материалом исследования служили 78 яровых гексаплоидных тритикале из коллекционных образцов ВИР (Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова, г. Санкт-Петербург) (табл. 1).

Семена образцов тритикале высевали в два срока с интервалом в 18 дней: посев первого срока – 16.05.2014 г., посев второго – 2.06.2014 г., на участке в открытом грунте с искусственным поливом. Почва на местах посева была торфяная с примесью выщелоченного чернозема в соотношении 50 : 50 %. В рядах площадью 0,2 м<sup>2</sup> высевали по 80 семян каждого образца. Расположение делянок было рандомизировано. Растения, взшедшие из семян, выращивали с мая до начала октября 2014 г. Температура воздуха в течение вегетационного периода была равна средней для данной местности за 2014 г. или превышала ее на 1–2 °С.

**Table 1.** The studied triticale samples, their origin, and duration of the “shoots – heading” interval depending on sowing time

Accession No.	Sample name	Origination	Days from shooting to heading		Difference in the age of heading between first - and second-term plants
			First sowing term	Second sowing term	
k-3745	Skoryi	Leningrad region	33	30	3
k-3745	Skoryi	Leningrad region	31	32	–1
k-3112	SPTG1-2	Leningrad region	42	43	–1
k-3907	ZG-186	Leningrad region	37	34	3
	F <sub>6</sub> , Sears 57 × Sokol	Novosibirsk	44	44	0
	F <sub>3</sub> , C <sub>1</sub> <sup>1</sup> 8x Vrn-A1 × S <sub>2</sub> <sup>2</sup> Sears 57/2/4	Siberia	43	44	–1
	S <sub>5</sub> , Sears 57/3	Siberia	49	42	7
	F <sub>5</sub> , Sears 57 × Ukro	Siberia	43	52	–9
k-3644	Ukro	Russia, Ukraine	36	33	3
	PRAG 333	Dagestan	37	35	2
	PRAG 502	Dagestan	46	46	0
k-3827	PRAG 503	Dagestan	35	33	2
	PRAG 506	Dagestan	39	46	–7
k-3820	PRAG 511	Dagestan	43	34	9
k-3834	PRAG D525	Dagestan	42	42	0
k-3871	Zhaivoronok Khar'kivskiy	Ukraine	37	36	1
k-3895	Yarilo	Ukraine	38	36	2
k-3872	Khlibodar Khar'kivskiy	Ukraine	39	34	5
k-3873	Solovei Khar'kivskiy	Ukraine	37	35	2
k-3874	Arsenal	Ukraine	34	34	0
k-3890	Mykola	Ukraine	36	34	2
	Khar'kiv ABIAC	Ukraine	37	37	0
	YaTH 42	Ukraine	38	35	3
k-3887	Ul'yana	Belarus	39	35	4
k-3888	Uzor	Belarus	37	35	2
k-3889	Lotas	Belarus	39	37	2
k-3722	Gabo	Poland	37	34	3
k-3723	Wanad	Poland	36	32	4
k-3724	Kargo	Poland	37	33	4
k-3725	Miesrka	Poland	39	35	4
	Jago	Eastern Europe	39	36	3
	Maja	Eastern Europe	39	37	2
	Ac Certa	North America	40	35	5
k-3634	Ac Frank	North America (Canada)	43	37	6
k-1072	M2A/Cin	Ethiopia	34	33	1
k-3276	M2A - Cnl	Zambia	41	40	1
k-3537	EMBRARA 18	Brazil	43	36	7
k-3335	Arriado	Portugal	37	37	0
k-3744	279 A/01	Portugal	38	39	–1
k-3532	Sandro	Argentina	40	37	3

**Table 1 (Continued)**

Accession No.	Sample name	Origination	Days from shooting to heading		Difference in the age of heading between first - and second-term plants
			First sowing term	Second sowing term	
k-3533	Sh1/Senst × Hurlan	Argentina	37	34	3
k-3535	SuSi2	Argentina	38	36	2
k-2321	Panda "S" Octo Bulk Bush	Mexico	39	38	1
k-3498	PCHa Trl 216	Mexico	39	33	6
k-3499	PCHa Trl 238	Mexico	34	33	1
k-3500	PCHa Trl 170	Mexico	37	37	0
k-3683	Faca	Mexico	37	34	3
k-3720	Fahad 5	Mexico	37	33	4
k-3721	Kissa	Mexico	38	36	2
k-3878	Fahad 8-2*2//PTR...	Mexico	34	32	2
k-3880	Eriso 12/2*Nimir 3//Rondo	Mexico	38	30	8
k-3881	Dahbi 6/3 Ardi 1/Topo 1419/...	Mexico	39	36	3
k-3882	POP-WG	Mexico	33	32	1
k-3883	Presto//2*Tesmo 1...	Mexico	31	30	1
k-3884	Anoas 5/Faras 1...	Mexico	36	33	3
k-3885	Fahad 4/ Faras 1...	Mexico	38	34	4
k-3886	Dahbi/3/Fahad8-2...	Mexico	38	35	3
k-3879	Ardi/Topo 1419	Mexico	37	34	3
k-3877	Pollmer_2.1.1.	Mexico (CIMMYT)	39	36	3
k-3877	Pollmer_2.1.1.	Mexico (CIMMYT)	37	33	4
	Rhino 1Rs.1DI 3384/2*Vicuna-4	Mexico (CIMMYT)	40	36	4
	Anoas_3Tatu_4//Susi_2	Mexico (CIMMYT)	39	38	1
	Buf_4//Jlo97/Civet/3/Lamb_1//Ren/Yogui_1/4/...	Mexico (CIMMYT)	40	39	1
	Chd 33385/Vicuna_4/3/Arde_1/Topo 1419//...	Mexico (CIMMYT)	39	36	3
	Erizo_11*2/Bau//2*Walrus_1_1	Mexico (CIMMYT)	39	35	4
	Pollmer_3/3/Rondo/Bant5//Anoas_2	Mexico (CIMMYT)	38	35	3
	Vicuna_4/3/Z9/Zebra 31//Asad	Mexico (CIMMYT)	42	41	1
	Chd 3385/Vicuna_4/3/Ardi 1/Topo 1419//...	Mexico (CIMMYT)	39	36	3
	Cmh 77A.1024/2*Yogui_1//Civet#2/3/Jlo97/...	Mexico (CIMMYT)	40	37	3
	Jle 83T 12/5/Tapir/Yogui_1//2*Musx/3/...	Mexico (CIMMYT)	38	35	3
	Passi_8/Eriso_8//Pollmer_4	Mexico (CIMMYT)	37	35	2
	Musk/Lynx//Stier_12_3/3/Peura_3/4/Asno/3/...	Mexico (CIMMYT)	39	39	0
	Bull_10/Manati_1/3/Elk 54/Buf_2//Nimir_3	Mexico (CIMMYT)	38	35	3
	Faras_2//Sika 26/Hare_337/3/Fahad_8_2*2//...	Mexico (CIMMYT)	39	35	4
	Fahad_1//Rhino_3/Bull_1_1/3/Erizo_6/Nimir_4	Mexico (CIMMYT)	37	34	3
	Aist	?	35	34	1
k-3502		?	37	33	4
k-688		?	32	30	2

<sup>1</sup> C<sub>1</sub>, the first gene ation obtained by colchicine treatment; <sup>2</sup> S<sub>2</sub>, the second spring mutant generation.

У растений отмечали фазы развития: всходы, формирование первого узла, выход в трубку, колошение, цветение, созревание (Куперман, 1982). Число дней до каждой из фаз отсчитывали, начиная с момента появления всходов. Статистическая обработка проводилась по общепринятой методике (Доспехов, 1985).

## Результаты и обсуждение

### Распределение образцов тритикале по продолжительности периода «всходы – колошение» в зависимости от срока сева и их эколого-географической принадлежности

Период «всходы – колошение» растений тритикале первого срока посева варьировал в зависимости от образца в интервале 31–49 дней, при этом большая часть образцов выколосилась через 35–41 день после посева. У растений второго срока посева этот период был несколько короче – 30–52 дня, у большинства образцов он составил 31–38 дней (рис. 1). Самыми скороспелыми были образцы тритикале Скорый (Ленинградская область), Presto//2\*Tesmo 1..., POP-WG (Мексика), k-688 (?), выколосившиеся на 31–33-й день. Самыми позднеспелыми были тритикале ПРАГ 502 (Дагестан) и Сирс 57/3 (Сибирь), выколосившиеся на 46- и 49-й день соответственно.

Колошение растений тритикале в посеве первого срока происходило со 2-го по 20-е июля, в посеве второго срока – с 7-го по 29-е июля, т. е. большинство образцов выколашивалось примерно в одно время с яровой мягкой пшеницей.

Самая ранняя форма октоплоидной тритикале с доминантным геном *Vrn-A1* в таких же условиях выращивания выколашивалась на 60-й день (Емцева, Стёпочкин, 2014), в то время как самые поздние формы гексаплоидных тритикале, изученные в данной работе, – на 52-й день (рис. 1). Это подтверждает то, что гексаплоидные тритикале – более раннеспелые, чем октоплоидные (Каминская и др., 2005; Стёпочкин, 2009).

Число дней до колошения у образцов тритикале из Мексики составляло от 31 до 42, из них большая часть форм выколашивалась в интервале

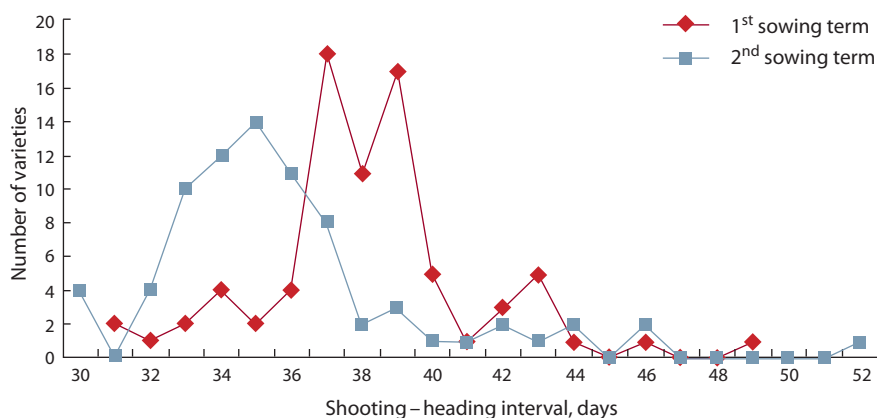


Fig. 1. The shooting – heading interval in the studied spring hexaploid triticales samples of the 1<sup>st</sup> sowing term (red line) and of the 2<sup>nd</sup> sowing term (gray line).

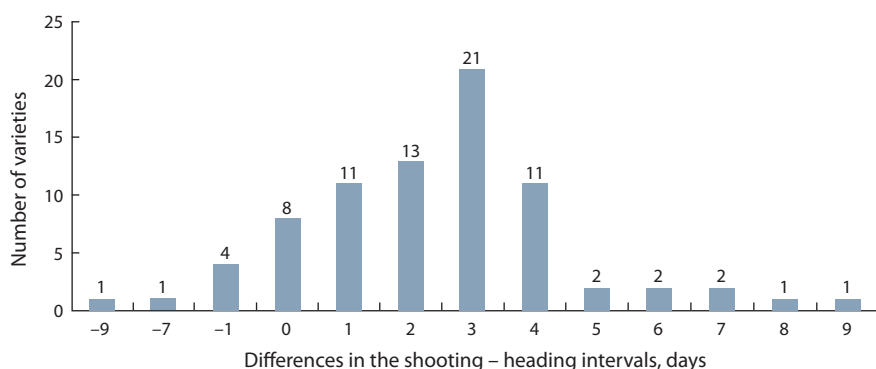


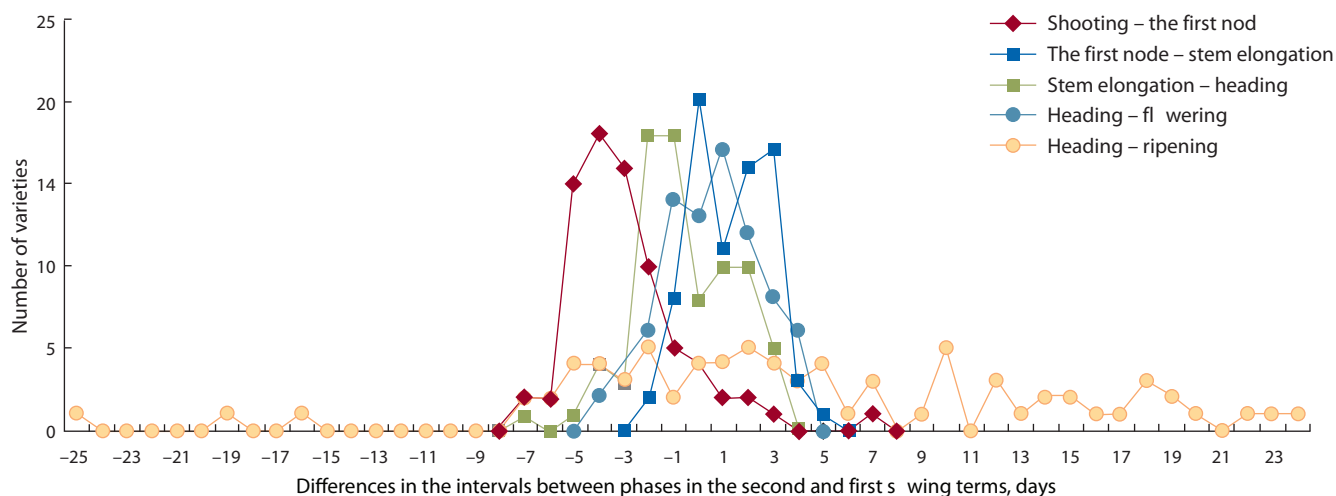
Fig. 2. Differences in the shooting – heading intervals between plants of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> sowing terms of studied spring hexaploid triticales accessions.

The minus sign indicates that plants of the 2<sup>nd</sup> sowing term headed later.

37–40 дней. Такая же продолжительность периода до колошения у образцов тритикале из Аргентины (37–40 дней), Португалии (37, 38 дней), Восточной Европы (39 дней), Польши (36–39 дней), Беларуси (37–39 дней). Относительно позднеспелыми были тритикале из Замбии и Бразилии (41 и 43 дня до колошения соответственно) и Северной Америки (40, 43 дня). Образец тритикале M2A/Cin из Эфиопии был относительно раннеспелым (34 дня). Среди форм ПРА из Дагестана были как ранние, так и поздние (35–46 дней). Среди образцов тритикале Украины не было позднеспелых, они выколашивались в интервале 34–39 дней. Сорт Укро, создателями которого являются Россия и Украина, выколосился в этом же интервале – на 36-й день. Среди тритикале из Ленинградской области встречались как ранние, так и относительно поздние (31, 33, 37, 42 дня), в то время как образцы тритикале из Сибири были одними из самых позднеспелых (43, 44, 49 дней).

### Динамика изменений продолжительности периода «всходы – колошение» образцов тритикале в зависимости от срока посева

В посеве второго срока через 18 дней после посева первого срока у всех форм тритикале по-разному изменялась продолжительность периода «всходы – колошение». Большинство образцов тритикале (82 %) в посеве второго срока выколашивалось на 1–9 дней раньше, чем в посеве первого срока (рис. 2). У восьми образцов (10 %) длительность периода «всходы – колошение» в посевах первого и второго сроков не различалась (тритикале из Сибири, Украи-



**Fig. 3.** Change in the intervals between phases in studied spring hexaploid triticale accessions in 2<sup>nd</sup> sowing term plants as compared to the 1<sup>st</sup> sowing term ones.

The minus sign indicates that the interval shortened.

ны, Дагестана, Португалии, Мексики). Шесть образцов (8 %) в посеве второго срока выколашивались на 1–9 дней позже, чем в посеве первого срока (тритикале из России, Дагестана, Португалии) (рис. 2).

Больше всего в посеве второго срока период от всходов до колошения сокращался у тритикале Ас Frank (Северная Америка) и РСН $\alpha$  Tr1 216 (Мексика) (на шесть дней), EMBRARA 18 (Бразилия) и Сирс 57/3 (Сибирь) (на семь дней), Eriso 12/2\*Nimir 3/Rondo (Мексика) (на восемь дней) и ПРАГ 511 (Дагестан) (на девять дней). Число дней до колошения этих образцов в посеве первого срока составляло 38–49.

Наибольшее удлинение этого периода в посеве второго срока было у тритикале ПРАГ 506 (Дагестан) (на семь дней) и Сирс 57 $\times$  Укро (Сибирь) (на девять дней). Эти формы в посеве первого срока выколашивались на 39- и 43-й день соответственно.

#### Сравнительный анализ изменения продолжительности межфазных периодов образцов тритикале в зависимости от срока посева

У образцов тритикале продолжительность межфазных периодов в посеве второго срока, по сравнению с первым, изменялась по-разному. Период «всходы – первый узел» во втором сроке сева у большинства форм тритикале (87 %) сокращался на 1–7 дней (рис. 3). Как указано выше, 82 % образцов тритикале в посеве второго срока выколашивались на 1–9 дней раньше, чем в посеве первого срока (см. рис. 2). Возможно, это происходило за счет сокращения межфазного периода «всходы – первый узел». У всех октоплоидных тритикале с доминантными генами *Vrn* во втором сроке сева также происходило сокращение на несколько дней периода «всходы – первый узел» (Емцева, Стёпочкин, 2014).

Период «первый узел – выход в трубку» у 61 % форм ПРА в посеве второго срока удлинился на 1–5 дней, у 26 % форм его длительность не изменилась. Следующие межфазные периоды, «выход в трубку – колошение» и «колошение – цветение», как удлинялись, так и сокращались

на несколько дней практически у равного количества образцов (рис. 3). У большинства октоплоидных тритикале с разными доминантными генами *Vrn* в посеве второго срока период «выход в трубку – колошение» удлинялся, и это было выражено сильнее, чем у гексаплоидных тритикале, изученных в данной работе (Емцева, Стёпочкин, 2014). Период «колошение – созревание» у 63 % образцов в посеве второго срока удлинился на 1–24 дня, у 32 % образцов сократился на 1–25 дней, у 5 % образцов его длительность не изменилась (рис. 3).

#### Зависимость продолжительности межфазных периодов и вегетационного периода образцов тритикале от продолжительности периода «всходы – первый узел»

В некоторых работах показано, что продолжительность вегетативного периода развития, а также фазы «кущение» пшеницы коррелируют с продолжительностью вегетационного периода (Куперман, 1982; Воронин, Стельмах, 1985; Košner, Pánková, 2004). Кроме этого, некоторыми авторами установлено, что чем продолжительнее вегетативный период развития, тем короче длительность периода «колошение – созревание» и наоборот (Halloran, Pennell, 1982; Košner, Pánková, 2004; Тищенко и др., [http://agromage.com/stat\\_id.php?id=409](http://agromage.com/stat_id.php?id=409)). При группировке коллекционных образцов тритикале по продолжительности периода «всходы – первый узел» (вегетативный период развития) и подсчете в каждой группе средней продолжительности остальных межфазных периодов можно заметить, что при увеличении продолжительности периода «всходы – первый узел» продолжительность периодов «первый узел – выход в трубку», «выход в трубку – колошение» и «колошение – цветение» почти не изменялась (табл. 2). Так, длительность периода «первый узел – выход в трубку» в посеве первого срока колебалась от 3 до 5 дней, в посеве второго срока – от 3 до 6 дней; длительность периода «выход в трубку – колошение» в посеве первого срока колебалась от 8 до 12 дней, в посеве второго срока – от 7 до 17 дней; длительность периода «колоше-

**Table 2.** Intervals between phases in 78 spring hexaploid triticales forms studied in the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> sowing term plants

Intervals between phases					Shooting – ripening	Number of samples
Shooting – the first nod	The first nod – stem elongation	Stem elongation – heading	Heading – fl. wering	Heading – ripening		
First-term sowing						
19	4	8	8	61	92	1
20	4 ± 0.58	11 ± 2.16	6 ± 1.29	49 ± 3.3	83.75 ± 3.5	4
21	3 ± 0.74	10 ± 1.64	6 ± 1.06	59 ± 10.33	93.38 ± 8.98	8
22	3 ± 0.49	12 ± 1.9	5 ± 1.63	57 ± 9.43	93.43 ± 9.09	7
23	3 ± 0.33	11 ± 0.71	5 ± 1.05	61 ± 9.24	97.44 ± 8.88	9
24	3 ± 0.46	11 ± 1.39	5 ± 1	65 ± 10.21	103.27 ± 10.57	15
25	3 ± 0.54	11 ± 1.62	6 ± 0.94	68 ± 7.96	107.5 ± 7.72	18
26	3 ± 1.09	12 ± 2.29	7 ± 1.8	70 ± 5.7	111.11 ± 5.84	9
27	5 ± 1.21	11 ± 4.07	5 ± 1.94	75 ± 4.8	117.17 ± 3.13	6
29	4	9	7	79	121	1
Second-term sowing						
17	3 ± 0.58	11 ± 1.73	6 ± 0.58	61 ± 9.24	92.67 ± 11.55	3
18	3 ± 0.41	12 ± 1.21	5 ± 1.36	64 ± 11.6	97.36 ± 11.55	11
19	3 ± 0.81	11 ± 1.94	6 ± 1.24	63 ± 9.99	96 ± 10.7	16
20	5 ± 1.16	10 ± 1.69	7 ± 1.35	73 ± 7.57	107.73 ± 7.66	15
21	6 ± 0.3	9 ± 1.3	7 ± 0.91	72 ± 9.14	108.09 ± 8.87	11
22	5 ± 0.89	9 ± 1.23	7 ± 1.3	73 ± 3	109.4 ± 2.61	5
23	5 ± 0.96	10 ± 1.5	7 ± 1.16	72 ± 2.94	109.5 ± 2.89	4
24	6 ± 0	12 ± 3.54	6 ± 2.12	72 ± 5.66	113.5 ± 2.12	2
25	6 ± 0.58	10 ± 2.38	7 ± 1.29	73 ± 2.5	112.75 ± 1.71	4
26	3	17	3	69	115	1
27	5	7	8	76	115	1
28	5 ± 1.41	10 ± 2.63	5 ± 2.08	72 ± 2.22	115	4
34	6	12	7	63	115	1

ние – цветение» в посеве первого срока колебалась от 5 до 8 дней (это подтверждает данные А.Ф. Шулындина (1981) о том, что фазы «колошение» и «цветение» у тритикале длятся 5–8 дней), в посеве второго срока – от 3 до 8 дней (табл. 2).

С увеличением длительности периода «всходы – первый узел» длительность периода «колошение – созревание» у изученных нами форм тритикале увеличивалась: в посеве первого срока – с 49 до 79 дней, за исключением образца Скорый (табл. 2), во втором сроке сева – с 61 до 72 дней, за исключением образца Сирс 57 × Укро (табл. 2). Таким образом, в то время как у пшеницы при удлинении вегетативного периода развития некоторыми авторами наблюдалось сокращение периода «колошение – созревание» (Halloran, Pennell, 1982; Košner, Pánková, 2004; Тищенко и др., [http://agromage.com/stat\\_id.php?id=409](http://agromage.com/stat_id.php?id=409)), у тритикале, изученных в нашей работе, при удлинении периода «всходы – первый узел» период «колошение – созревание», в отличие от пшеницы, удлинялся.

Продолжительность вегетационного периода («всходы – созревание») при увеличении периода «всходы – первый

узел» у гексаплоидных тритикале, изученных нами, как и у пшеницы (Куперман, 1982), увеличивалась: в посеве первого срока – с 84 до 121 дня, за исключением образца Скорый (табл. 2), в посеве второго срока – с 93 до 115 дней (табл. 2).

Самые ранние формы гексаплоидных тритикале, изученные в нашей работе, начинали созревать в 20-х числах августа – начале сентября, самые поздние созревали в конце сентября – начале октября.

У разных семей самой ранней октоплоидной тритикале с доминантным геном *Vrn-A1* период «всходы – первый узел» длился 42–53 дня, период «первый узел – выход в трубку» – 4–5 дней, период «выход в трубку – колошение» – 14–19 дней (Емцева, Стёпочкин, 2014). Таким образом, у гексаплоидных тритикале, изученных в нашей работе, периоды «всходы – первый узел» и «выход в трубку – колошение» в целом короче (табл. 2), чем у октоплоидных тритикале с доминантными генами *Vrn*, что, возможно, обеспечивает более раннее выколашивание гексаплоидных тритикале по сравнению с октоплоидными.

Исходя из полученных результатов, можно сформулировать следующие выводы.

1. В посеве первого срока коллекционные образцы яровых гексаплоидных тритикале выколашивались в интервале 31–49 дней, в посеве второго срока – 30–52 дней – и были в целом более раннеспелыми, чем октоплоидные тритикале.

Тритикале из Аргентины, Португалии, Восточной Европы, Польши, Беларуси, Украины выколашивались в интервале средних значений: 34–40 дней до колошения. Образец тритикале из Эфиопии был относительно раннеспелым, тритикале из Замбии, Бразилии, Северной Америки – позднеспелыми. Среди тритикале Мексики, Дагестана и России встречались как раннеспелые, так и позднеспелые формы.

2. В посеве второго срока большинство образцов тритикале (82 %) выколашивалось на 1–9 дней раньше, чем в посеве первого срока.

3. У большинства форм тритикале (87 %) в посеве второго срока на 1–7 дней сокращался межфазный период «всходы – первый узел».

4. При удлинении периода «всходы – первый узел» у образцов тритикале увеличивалась продолжительность вегетационного периода («всходы – созревание») и, в отличие от пшеницы, увеличивалась продолжительность периода «колошение – созревание».

Среди образцов яровых гексаплоидных тритикале из мировой коллекции ВИР, изученных в настоящей работе, были как ранне-, так и позднеспелые формы, имеющие разные продолжительность межфазных периодов и реакцию на два срока сева, что говорит о том, что данный материал может иметь разные гены, определяющие продолжительность вегетационного периода. Это позволяет проводить отбор форм, подходящих для выращивания в регионах с той или иной длиной светового дня.

## Acknowledgments

This work was supported by State Budgeted Project 0324-2015-0005.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## References

Alferova P.A., Nagirnyak I.N. Seed productivity of spring triticale in Eastern Transbaikalia. *Sibirskiy Vestnik Selskokhozyaystvennoy Nauki* = Siberian Herald of Agricultural Sciences. 2012;6:17-19.

Batygina T.B. *Embriologiya pshenitsy* [Wheat Embryology]. Leningrad, Kolos, 1974.

Breslavets L.P. *Poliploidiya v prirode i opyte* [Polyploidy in the Nature and in Experiment]. Moscow, 1963.

Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy)* [Technique of the Field Experiment (with Fundamentals of the Statistical Processing of Results)]. Moscow, Agropromisdat, 1985.

Emtseva M.V., Stepochkin P.I. The time of the onset of developmental phases in octoploid triticales with dominant genes Vrn-A1–Vrn-D4 and in spontaneous spring mutants of hexaploid triticales. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov «Energo- i resursoeffektivnye tekhnologii proizvodstva i khraneniye selskokhozyaystvennoy produkttsii»* [Proc. of the Int. Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Postgraduate Students and Students «Energy and resource-saving technologies of the production and storage of agricultural products»]. Kharkov, 2014.

Fedorova T.N. Embryogenesis in wheat-rye amphidiploids. *Sbornik trudov aspirantov i molodykh nauchnykh sotrudnikov VIR* [Proc. of Postgraduate Students and Young Researchers of the Vavilov Research Institute of Plant Industry]. 1964;4(8):137-142.

Fedorova T.N. Problems of plant breeding and cytogenetics of triticale. *Selskokhozyaystvennaya Biologiya* = Agricultural Biology. 1983;10:95-101.

Halloran G.M., Pennell A.L. Duration and rate of developmental phases in wheat in two environments. *Ann. Bot.* 1982;49(1):115-121.

Kaminskaya L.N., Koren L.V., Leonova I.N., Adonina I.G., Khotyleva L.V., Salina E.A. Development of triticale lines tagged with Vrn genes and their molecular-genetic study. *Informatsionnyy Vestnik VOGiS* = The Herald of Vavilov Society for Geneticists and Breeders. 2005;9(4):481-489.

Kociuba W. Assessment of agriculturally important features of winter and spring triticale collections (× *Triticosecale* Wittmack). *Hereditas*. 1992;116:323-328. DOI 10.1111/j.1601-5223.1992.tb00163.x

Kociuba W., Kramek A. Variability of yield traits and disease resistance in winter triticale genetic resources accessions. *Acta Agrobotanica*. 2014;67(2): 67-76. DOI 10.5586/aa.2014.027

Košner J., Pánková K. Chromosome substitutions with dominant loci *Vrn-1* and their effect on developmental stages of wheat. *Czech J. Genet. Plant Breed*. 2004;40(2):37-44.

Kuperman F.M., Rzhanova E.I., Murashov V.V., L'vova I.N., Sedova E.A., Ahundova V.A., Shcherbina I.P. *Biologiya razvitiya kulturnykh rasteniy* [Biology of the Development of Cultivated Plants]. Moscow, Vysshaya shkola, 1982.

Kurkiev U.K. *Tritikale i problemy ego selektsii* [Triticale and Problems of Its Breeding]. Leningrad, 1975.

Lamadij S., Fautrie A.G., McNeil D.L., Sedcole J.R. Proposed breeding strategy for yield improvement of hexaploid triticale (× *Triticosecale* Wittmack) 1. Genetic variability and phenotypic stability. *New Zealand J. Crop Horticult. Sci.* 1995;23:1-11. DOI 10.1080/01140671.1995.9513862

Mahalin M.A. *Mezhrodovaya gibridizatsiya zernovykh kolosovykh kultur* [Intergeneric Hybridization of Grain Spike Cultures]. Moscow, Nauka, 1992.

Müntzing A. Über die Entstehungsweise 56-chromosoniger Weizen-Roggen-Bastarde. *Der Züchter*. 1936;8:188-191.

Oehler E. Untersuchungen über ansatzverhältnisse, morphologie und fertilität bei weizen-roggengasterden. *Z. f. Pflanzenzüchtung*. 1931; 16:357-393.

Petr J., Hradecká D.H. Peculiarities of the growth and development of triticale in comparison with wheat and rye. *Czech. J. Genet. Plant Breed. Proc.* 5<sup>th</sup> Intern. Triticeae Symp., Prague, June 6–10, 2005:41. (Special issue.)

Priadcencu A.L., Miclea C.L., Catelley-Moisesescu L. Hibridul grâu-secară. 1. Hibridarea simplă. *Probl. Genet. Teor. Aplic.* 1970;2(6):423-467.

Rastenevodstvo [Plant growing]. Ed. V.A. Alabushev. Rostov-on-Don, «MarT» Publ., 2001.

Rigin B.V., Orlova N.I. *Pshenichno-rzhanye amfidiploidy* [Wheat-Rye Amphidiploids]. Leningrad, Kolos, 1977.

Rosenstiel K., Mittelstentscheid L. Über die Erzeugung amphidiploider Roggen-Weizen-Bastarde (Secalotricum). *Der Züchter*. 1943;15(10-12):173-183.

Sechnyak L.K., Sulima Yu.G. *Tritikale* [Triticale]. Moscow, Kolos, 1984.

Shulyndin A.F. *Tritikale – novaya zernovaya i kormovaya kultura* [Triticale, a New Grain and Fodder Crop]. Kiev, Urozhai, 1981.

Stepochkin P.I. *Formoobrazovatelnye protsessy v populyatsiyakh tritikale*: [Morphogenetic Processes in Triticale Populations]. Novosibirsk, Siberian Research Institute of Plant Breeding and Selection, 2008.

Stepochkin P.I. Development and study of a set of triticale forms for Vrn genes. *Sibirskiy Vestnik Selskokhozyaystvennoy Nauki* = Siberian Herald of Agricultural Sciences. 2009;11:26-32.

Tishchenko V.N., Chekalin N.M., Panchenko I.A., Usova Z.V. *Prodolzhitelnost vegetatsionnogo i mezhfaznykh periodov i ikh korrelyatsii s urozhaynostyu v zavisimosti ot usloviy goda i genotipa ozimoy myagkoy pshenitsy* [Duration of vegetative and interphase periods and their correlations with productivity depending on conditions of the year and the genotype of winter common wheat]. Available at: [http://agromage.com/stat\\_id.php?id=409](http://agromage.com/stat_id.php?id=409).

Ukalska J., Kociuba W. Phenotypical diversity of winter triticale genotypes collected in the Polish gene bank between 1982 and 2008 with regard to major quantitative traits. *Field Crops Res.* 2013;49:203-212. DOI 10.1016/j.fcr.2013.05.010

Voronin A.N., Stelmakh A.F. Stages of organogenesis in common wheat lines near-isogenic for Vrn1-3 loci. *Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten Vsesoyuznogo selektsionno-geneticheskogo instituta* = Scientific and Technological Bulletin of the All-Union Plant Breeding and Genetics Institute. 1985;1(55):19-23.

Zhilkina M.D. The study of the method of rising of wheat-rye amphidiploid productivity by crossing 56-chromosome and 42-chromosome amphidiploids. *Nauchnye trudy NIISKH tsentral'nykh rayonov Nечernozemnoy zony*. Nemchinovka [Proc. of the Research Institute of Agriculture of central regions of the Non-Black-Earth Zone. Nemchinovka]. 1968;22:30-37.