

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЫСОТЫ РАСТЕНИЙ И УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА
КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ****Пономарев С. Н., Пономарева М. Л., Фомин С. И., Маннапова Г. С., Гильмуллина Л. Ф.**

Реферат. Цель исследования – выделить из коллекционных образцов озимой тритикале источники короткостебельности и высокой урожайности зерна для дальнейшего вовлечения их в селекционный процесс в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Исследования проводили в 2013–2017 гг. на типичных серых лесных почвах. Материалом для исследования служили 93 образца озимой тритикале российской селекции, полученные из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова. Стандарт – Башкирская короткостебельная. Погодные условия в годы изучения значительно различались. У изучаемого генофонда отмечено широкое генетическое разнообразие по высоте растений (65...136 см) и урожайности (277...579 г/м²). Согласно результатам дисперсионного анализа установлено значительное влияние генотипа и условий года на проявление этих признаков. Высота растений и урожайность зависели от обоих факторов и их взаимодействия, при этом первый признак практически в равной степени определялся как наследственностью сортов (46,1%), так и условиями среды (45,0%), а второй – в большей степени условиями выращивания (61,8%), при относительно небольшой доле фактора «генотип» (15,4%). Отмечена значительная вариация величин изучаемых показателей как по генотипам, так и по годам: коэффициент межсортовой вариации по средним значениям признаков урожайности зерна и высоты растений за 2013–2017 г. составил 15,0 и 17,2 %, с варьированием по годам 15,4...30,7% и 15,1...20,1 % соответственно. По результатам регрессионного анализа установлено, что внутри изучаемого генофонда наибольшую урожайность зерна формировали образцы с высотой растений 86...105 см. Выделены 13 источников короткостебельности с высотой растения ниже 80 см и 17 высокоурожайных образцов с урожайностью 515...579 г/м². У этих генотипов превышение урожайности над стандартом Башкирская короткостебельная было достоверным и составило 33...97 г/м², или 6,8...20,1 %. Наибольшей селекционной ценностью характеризуются сорта Трибун, Скиф, Кентавр, Сотник.

Ключевые слова: озимая тритикале (*xTriticosecale Wittmack*), высота растений, урожайность, генотип, вариация, взаимодействие генотип-год.

Введение. Создание тритикале (*xTriticosecale Wittmack*) – крупный экспериментальный формо- и видообразовательный процесс в эволюции хлебных злаков. Молодая, в сравнении с традиционными культурами, тритикале, обладая рядом ценных качеств, с каждым годом привлекает все большее внимание как селекционеров и генетиков, так и специалистов агропроизводства. Положительные свойства этой культуры – высокий потенциал продуктивности благодаря повышенной засухоустойчивости, а также многоплановость использования (продовольствие, корм, сырье для различных производств) [1, 2, 3]. Тритикале демонстрирует хорошую адаптацию к условиям ограниченного водоснабжения и плодородия почв (засоление, низкая величина рН, минеральная токсичность) [4]. В сравнении с мягкой пшеницей, она более устойчива к ржавчинам, септориозу, стеблевой и твердой головне, мучнистой росе, вирусным заболеваниям, зерновой нематоде и гессенской мухе. Но в то же время культура более восприимчива к корневым гнилям, фузариозу и спорынье [5]. Потенциальная продуктивность современных российских сортов превышает 12 т/га [6].

Одно из отрицательных качеств тритикале – склонность к прорастанию зерна на корню в предуборочный период при провоцирующих погодных условиях (высокая влажность в сочетании с высокой температурой воздуха). Эта проблема усугубляется при полегании растений. Полегаемость не только важный агрономический показатель, который может оказать негативное влияние на урожайность и каче-

ство зерна. Это еще и важная селекционная характеристика, без которой невозможна результативная работа по созданию высокоурожайных сортов [7]. Несмотря на то, что поиск устойчивых к полеганию генотипов тритикале можно осуществлять и среди среднерослых и высокостебельных образцов, всё же селекционеры стремятся создавать короткостебельные сорта [8, 9].

Таким образом, создание высокопродуктивных сортов озимой тритикале, характеризующихся низкорослостью, – актуальный вопрос селекции как в России [10, 11], так и за рубежом [12, 13]. На сегодняшний день короткостебельность – одно из основных требований, предъявляемых к сортам интенсивного типа [14].

Цель исследования – охарактеризовать образцы озимой тритикале из коллекции ВИР по высоте растений и продуктивности и выделить источники короткостебельности и высокой урожайности зерна для дальнейшего вовлечения их в селекционный процесс.

Условия, материал и методы исследования. Экспериментальную работу проводили в Татарском НИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН в 2013–2017 гг. Материалом для исследований служили 93 сортообразца озимой тритикале российской селекции, полученных из коллекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова». Стандарт – Башкирская короткостебельная.

Закладку опытов, наблюдения, анализы, а

Таблица 1 – Характеристика весенне-летнего периода (апрель-июль)

Показатель	Норма	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Дата начала и окончания весенне-летнего периода	-	16.04-22.07	17.04-30.07	13.04-24.07	8.04-19.07	26.04-13.08
Продолжительность вегетационного периода, дни	-	97	104	102	103	110
Средняя температура воздуха, °С	13,4	15,0	13,9	15,6	15,9	12,8
Сумма эффективных температур выше +5 °С, °С	1100	1257	1182	1342	1350	1027
Сумма осадков, мм	190	171	135	224	101	237
ГТК (май–июль)*	1,01	0,88	0,70	1,03	0,40	1,22

* – ГТК рассчитан за период май–июль.

также учет урожая проводили в соответствии с методическими указаниями по изучению коллекции ВИР [15].

Серая лесная почва опытного поля характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 3,1 % (ГОСТ 26213-91); рН солевой вытяжки – 6,2 (ГОСТ 26483-85); содержание щелочно-гидролизуемого азота – 112,0 мг/кг (по Корнфилду); P₂O₅ – 342 мг/кг; K₂O – 56,5 мг/кг (ГОСТ 26207-84); гидролитическая кислотность – 1,6 м-экв./100 г (ГОСТ 26212-91).

Основной обработкой почвы на опытном участке в годы исследования была отвальная вспашка, предшественником выступал чистый пар. Комплексное минеральное удобрение (азофоска 19:19:19) вносили осенью под предпосевную культивацию (КПС-4) из расчета 30 кг д.в./га. Весной вносили аммиачную селитру из расчета 50 кг д.в./га. Посев осуществляли сеялкой ССФК-8М на делянках площадью 2,5 м² нормой высева 5 млн всхожих семян/га в двукратной повторности. Сроки сева были оптимальными: 29 августа – 3 сентября. Высоту растений определяли в полевых условиях в период окончания цветения – начало формирования зерновки (18...27 июня) за исключением 2017 г. (12 июля). Полученные результаты обрабатывали методами дисперсионного и регрессионного анализов с использованием пакета программ Excel.

Самое раннее возобновление весенней вегетации растений отмечали в 2016 г. – 8 апреля, а самое позднее – в 2017 г. (26 апреля). Наступление самой ранней и самой поздней даты полной спелости зерна так же наблюдали в эти же годы – 19 июля и 13 августа соответственно. В 2013–2015 гг. начало активной вегетации растений приходилось на 2 декаду апреля, а наступление фазы полной спелости зерна – на 3 декаду июля, что характерно для

зоны исследований. В итоге продолжительность периода вегетации за 4 года изучения варьировала в небольшом интервале – 97... 104 дня, а в 2017 г. этот период увеличился до 110 дней. Анализ температурного режима и влагообеспеченности позволили выделить 2016 и 2017 гг. как альтернативные годы. Первый стал самым теплым с наибольшей суммой эффективных температур выше +5°С (на 250 °С больше нормы) и наименьшей суммой осадков (53% от среднееголетнего количества), а второй, наоборот, характеризовался прохладной и влажной погодой (сумма эффективных температур была на 73°С меньше нормы, а сумма осадков равнялась 125 % от среднееголетней). В итоге были получены соответствующие значения ГТК, характеризующие по шкале Г. Т. Селянинова 2016 г. как засушливый (0,40), а 2017 г. – как избыточно увлажненный (1,22), 2013 г. и 2015 г. можно отнести к годам с достаточным и нормальным увлажнением (0,88 и 1,03 соответственно), а 2014 г. – с недостаточным увлажнением (0,70) (табл. 1).

Анализ и обсуждение результатов исследований. Одним из немаловажных моментов, сдерживающих селекцию тритикале и широкое внедрение в производство, – отсутствие естественных центров генетического разнообразия и ограниченность генетических ресурсов. Экспериментально проверенный и экологически разнообразный исходный материал позволяет расширить генетическую основу вовлекаемых в скрещивание родительских форм.

Изученный набор отечественных коллекционных образцов озимой тритикале характеризуется значительной изменчивостью, как по высоте растений, так и по урожайности зерна (табл. 2). Размах варьирования между самыми низкорослыми и самыми высокорослыми об-

Таблица 2 – Высота растений и урожайность зерна коллекционных образцов озимой тритикале

Показатель	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Высота растений, см	<u>103,9±2,0*</u> 68...147	<u>82,6±1,7</u> 53...125	<u>71,4±1,5</u> 40...110	<u>110,9±2,1</u> 75...160	<u>111,6±1,8</u> 82...155
Урожайность, г/м ²	<u>455,3±11,0</u> 148...695	<u>287,5±9,0</u> 116...510	<u>422,6±6,7</u> 320...590	<u>369,9±11,8</u> 122...632	<u>683,6±12,6</u> 404...918

* – в числителе среднее значение признака с ошибкой ($X \pm S_x$), в знаменателе лимиты признака (min-max)

Таблица 3 – Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта по высоте растений коллекционных образцов озимой тритикале

Источник вариации	SS	df	MS	F _{факт.}	F _{крит.}	Доля, %
Общая	542549	929	-	-	-	-
Повторности	4735	1	-	-	-	-
Варианты	529291	464	-	-	-	-
Генотип	249850	92	2715,8	147,9*	1,30	46,1
Год	244500	4	61125,1	3327,9*	2,40	45,0
Взаимодействие	34940	368	94,9	5,2*	1,00	6,4
Ошибка	8522	464	18,4	-	-	-

* – различия достоверны при $p \leq 0,05$, здесь и далее

разцами в зависимости от года составлял от 40...82 см (min) до 110...160 см (max). Коэффициент межсортовой вариации в годы исследований колебался в пределах 15,1...20,1 %. Средняя высота растений изменялась по годам от 71,4±1,5 см (2015 г.) до 111,6±1,8 см (2017 г.).

Средние значения признака значительно изменялись в зависимости от года исследования, что свидетельствует о значительном влиянии погодных условий на формирование продуктивности. Так, средняя урожайность варьировала в пределах 287,5±9,0 г/м² (2014 г.) до 683,6±12,6 г/м² (2017 г.). Относительно низкий коэффициент межсортовой вариации был отмечен в 2015 и 2017 гг. (15,4 % и 17,8 % соответственно). В остальные годы он составлял 23...31 %.

Проведённый дисперсионный анализ двухфакторного опыта по высоте растений (табл. 3) и урожайности зерна (табл. 4) подтверждает наличие существенных частных различий по факторам «генотип», «год» и их взаимодействия на изменчивость этих признаков. Влияние генотипа и года на изменчивость высоты растений было примерно одинаковым – 46,1 % и 45,0 %, в то время как изменчивость урожайности зерна в значительно большей степени зависело от фактора «год» – 61,8 %, при относительно небольшой доле фактора «генотип» – 15,4 %. Высокая доля влияния генотипа на изменчивость высоты растений свидетельствует о генетической обусловленности этого признака, и делает надежным выделение источников короткостебельности в изученной выборке образцов.

Необходимо учитывать, что варьирование урожайности генотипов по средам во многом определяется взаимодействием генотип-год.

Этот параметр указывает на наличие в опыте разнонаправленных реакций сортов на условия среды и чем более они различаются, тем выше его величина. Для селекции этот показатель несет в себе ценную информацию, указывающую на возможность отбора уникальных генотипов со специфическими характеристиками адаптивных свойств растений. Доля влияния взаимодействия «генотип×год» достигла относительно большей величины по урожайности (20,0 %), чем по высоте растений (6,4 %) (см. табл. 4). С одной стороны, важно снижать величину генотип-средового взаимодействия и увеличивать эффект генотипа, обеспечивающий устойчивое формирование урожайности в разных средах. С другой стороны, взаимодействие генотип-год позволяет отбирать генотипы, адаптированные к конкретному месту и преобладающим условиям окружающей среды этого региона [16, 17, 18]. Следовательно, по урожайности есть шанс выбрать среди изученных генотипов более интенсивно реагирующие на улучшение условия возделывания, чем остальные. Также можно говорить и о том, что по высоте растений изученный набор коллекционных образцов озимой тритикале обладает низкой нормой реакции генотипов на изменения среды, устойчиво и предсказуемо проявляя свойственные каждому сорту значения признака за ряд лет.

Средняя высота растений варьировала от 65,2 до 135,6 см, а урожайность – от 277 до 579 г/м². Из 93 коллекционных образцов 29 генотипов (29,0 %) характеризовались высотой растений в пределах 65...85 см, 42 образца (45,2 %) – 86...105 см, 24 генотипа (25,8 %) – 106...135 см. Распределение образцов по урожайности было следующим: 22 сорта (23,6 %)

Таблица 4 – Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта по урожайности зерна коллекционных образцов озимой тритикале

Источник вариации	SS	df	MS	F _{факт.}	F _{крит.}	Доля, %
Общая	26486291	929	-	-	-	-
Повторности	261197	1	-	-	-	-
Варианты	25728820	464	-	-	-	-
Генотип	4070099	92	44240,2	41,4*	1,30	15,4
Год	16367768	4	4091942,9	3825,8*	2,40	61,8
Взаимодействие	5290953	368	14378,6	13,4*	1,00	20,0
Ошибка	496274	464	1069,6	-	-	-

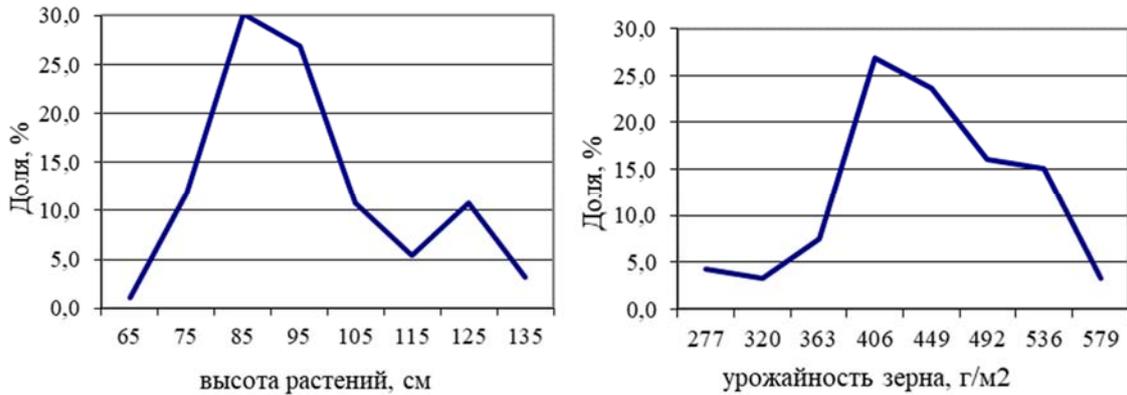


Рисунок 1 – Распределение коллекционных образцов озимой тритикале по высоте растений и урожайности зерна, % (среднее за 2013–2017 гг.)

сформировали низкую урожайность 277...400 г/м², 51 сорт (54,8 %) – среднюю 401...500 г/м² и 20 сортов (21,6 %) – высокую 501...579 г/м². Кривая распределения образцов по высоте растений сильно смещена влево относительно центральной точки оси ординат 100 см, а по урожайности график немного смещен вправо, относительно соответствующей центральной точки 428 г/м². Таким образом, почти 70 % сортов находятся в зоне короткостебельности и больше половины (58,1 %) в зоне высокой урожайности – это положительный фактор с точки зрения подбора родительских пар для скрещивания (рисунок 1).

Принимая во внимание высокую генетическую обусловленность признака «высота растения», важно выяснить ее взаимосвязь с урожайностью зерна. По форме линии регрессии (рисунок 2) можно говорить о том, что в исследуемом генофонде наибольшую среднюю урожайность за 5 лет в условиях лесостепи Среднего Поволжья формировали образцы, высота растений которых находилась в пределах 86...105 см. В этой группе образцов отмечено наибольшее количество сортов (16 шт., или 17,2 %) с урожайностью выше 500 г/м². При снижении или повышении высоты растений относительно этого интервала проявлялась тенденция к снижению урожайности образцов. Дальнейший анализ графика позволил выделить высокоурожайные образцы и за границами, так называемого центрального ядра. В группе низкорослых генотипов (ниже 85 см)

выделены 3 с урожайностью выше 500 г/м² и 8 с урожайностью 450...500 г/м². В группе высокорослых генотипов (выше 105 см) только 1 образец превысил урожайность 500 г/м² и только 3 характеризовались урожайностью на уровне 450...500 г/м².

Проведенный анализ позволяет утверждать, что между высотой растений и урожайностью имеется сложная нелинейная корреляционная связь, на силу и направленность которой косвенным образом влияют также и другие признаки и свойства. Наличие в изучаемом наборе генотипов сочетающих в себе низкорослость и высокую урожайность, позволяет рассчитывать на успех селекции в направлении создания интенсивных сортов. Полученные данные согласуются с результатами исследований других ученых. Так, А.М. Медведев и Л.М. Медведева отмечают, что относительно короткостебельные образцы (длина стебля менее 90 см) не всегда формируют высокий урожай зерна [19]. В то же время В. Я. Ковтуненко и др. сообщают о возможности отбора короткостебельных форм с продуктивностью на уровне высокорослых образцов [20].

В качестве критерия короткостебельности нами выбрана высота растений менее 80 см (табл. 5). Такому критерию соответствовали 13 образцов-источников. По средней урожайности зерна за годы исследования 17 образцов имели значительное превышение над стандартным сортом Башкирская короткостебель-

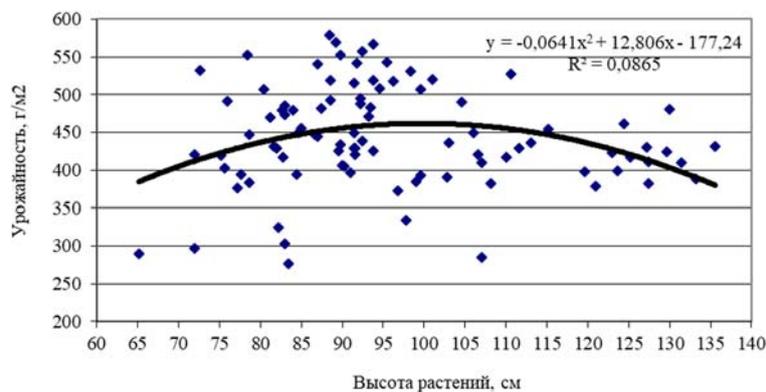


Рисунок 2 – Взаимосвязь признаков высоты растений и урожайности зерна коллекционных образцов озимой тритикале (среднее за 2013–2017 гг.)

Таблица 5 – Источники короткостебельности и высокой урожайности зерна коллекционных образцов озимой тритикале (2013–2017 гг.)

Признак	Источник
Высота растений, менее 80 см	5 oh Ag 3484, 3 oh Ag 3690, Прорыв, Скиф, Пушкинский 84/1, АД-3753, Легион, Пушкинский 74/1, 1 oh Ag 5498, Трибун, Сотник, Мамучар, Кентавр.
Урожайность зерна более 514 г/м ²	Топаз, Зимогор, Вокализ, 3/9 oh Ag 4418, Докучаевский 12, Трибун, Корнет, Докучаевский 8, Бард, Скиф, Капрал, Привада, Водолей, Консул, Каприз, Цекад 90, Алмаз.

Таблица 6 – Характеристика лучших источников короткостебельности и урожайности по хозяйственным и биологическим признакам (среднее за 2013–2017 гг.)

Название	Урожайность зерна, г/м ²	Зимостойкость, балл	Дата колошения	Высота растений, см	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Натурная масса зерна, г/л	Белок, %
Башкирская короткостебельная (St.)	482	4,40	13.06	87,4	2,19	38,7	683	13,3
Кентавр	507	4,04*	6.06	80,4*	2,63*	46,0*	662*	12,8*
Трибун	552*	3,93*	7.06	78,4*	2,73*	45,4*	647*	12,2*
Скиф	532*	3,92*	8.06	72,6*	2,54*	39,9	674	12,1*
Сотник	447	3,53*	8.06	78,6*	2,51*	46,2*	661*	13,1
НСР ₀₅	29	0,14	-	3,8	0,21	2,4	12	0,4

ная (482 г/м²). Их средняя урожайность зерна была свыше 514 г/м², что позволяет нам рассматривать их в качестве источников высокой продуктивности.

Выделенные нами источники короткостебельности в основном уступают по урожайности зерна стандарту, что согласуется с данными регрессионного анализа (см. рисунок 2). Однако, среди короткостебельных генотипов можно выделить два – Трибун и Скиф, которые, наряду с низким стеблем, выступают источниками высокой урожайности зерна – 552 г/м² и 532 г/м² соответственно, при НСР₀₅ = 29 г/м² (табл. 6). Также можно отметить сорта Кентавр и Сотник, урожайность которых были на уровне стандарта (507 г/м² и 447 г/м² соответственно). Вышеназванные 4 образца также положительно отличаются более ранним наступлением фазы колошения, что указывает на их скороспелость, и массой 1000 зерен (45,4...46,2 г), кроме сорта Скиф – 39,9 г, у которого величина этого показателя находилась на уровне стандарта. Отрицательное их качество – значительно более низкое, чем у стандарта содержание белка в зерне (12,1...12,8 %, НСР₀₅ = 0,4 %). Только у сорта Сотник величина этого показателя была на уровне Башкирской короткостебельной (табл. 6).

Нельзя не отметить тот факт, что стандартный сорт Башкирская короткостебельная за годы исследований показал хорошие результаты. Так, будучи относительно низкорослым (87,4 см), данный сорт формирует хорошую урожайность зерна (482 г/м²) в сочетании со средним уровнем белковости (13,3 %). По признаку зимостойкости все выделенные нами источники короткостебельности достоверно уступали Башкирской короткостебельной. Таким образом, мы считаем, что высокие значения основных хозяйственно-ценных признаков стандартного сорта Башкирская короткостебельная позволили нам выбрать из всей совокупности исследуемых генотипов наибо-

лее ценные образцы.

Выводы. Пятилетнее исследование коллекционных образцов различного эколого-географического происхождения в контрастные годы, позволило объективно и всесторонне оценить исходный материал. Показано широкое генетическое разнообразие изучаемого генофонда озимой тритикале, состоящего из 93 образцов отечественного происхождения, по высоте растений (65...136 см) и урожайности (277...579 г/м²). Дисперсионный анализ степени влияния генотипа и условий года на проявление этих признаков коллекционных образцов показал зависимость результатов от контрастности изучаемых образцов и погоды. Высота растений и урожайность зависели от обоих факторов и их взаимодействия, при этом первый признак практически в равной степени определялся как наследственностью сортов (46,1%), так и условиями среды (45,0%), а второй – в большей степени условиями выращивания (61,8%), при относительно небольшой доле фактора «генотип» (15,4%). Отмечена значительная вариация значений изучаемых показателей как по генотипам, так и по годам. Выделены 13 источников короткостебельности (высота растений 80 см и менее) и 17 источников высокой урожайности зерна (урожайность зерна более 514 г/м²), показавших достоверное превышение над стандартом Башкирская короткостебельная (НСР₀₅ = 3,8 см, НСР₀₅ = 29 г/м² соответственно). Наибольшую селекционную ценность показали сорта Трибун, Скиф, Кентавр, Сотник.

Сведения об источнике финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания: Мобилизация генетических ресурсов растений и животных, создание новаций, обеспечивающих производство биологически ценных продуктов питания с максимальной безопасностью для здоровья человека и окружающей среды. Номер регистрации: АААА-А18-118031390148-1.

Литература

1. Оценка коллекционных образцов озимой тритикале по зимостойкости и хозяйственно-биологическим показателям / С. И. Фомин, С. Н. Пономарев, М. Л. Пономарева и др. // Земледелие. 2019. № 3. С. 44–47.
2. Meale S. J., McAllister T. A. Grain for Feed and Energy // *Triticale* / ed. F. Eudes. Canada, Lethbridge: Springer, 2015. Pp. 167–188.
3. Wos H., Brzezinski W. Triticale for Food–The Quality Driver // *Triticale* / ed. F. Eudes. Canada, Lethbridge: Springer, 2015. P. 189–212.
4. Blum A. The abiotic stress response and adaptation of triticale (a review) // *Cereal research communications*. 2014. Vol. 42. No. 3. Pp. 359–375.
5. Аблова И. Б., Грицай Т. И. Исходный материал для селекции озимой тритикале на устойчивость к фузариозу колоса в Краснодарском крае // Пшеница и тритикале. Краснодар: Изд. «Советская Кубань», 2001. С. 337–351.
6. Об устойчивости озимой тритикале к полеганию в связи с высотой стебля, устойчивостью к стрессовым факторам и продуктивностью / А. М. Медведев, Н. Г. Пома, В. В. Осипов и др. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2016. № 2 (18). С. 40–47.
7. Ковтуненко В. Я., Панченко В. В., Калмыш А. П. Короткостебельность линии ПРАГ 530 в селекции тритикале озимой // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2018. № 72. С. 184–189.
8. Evaluation of genomic approaches for marker-based improvement of lodging tolerance in triticale / W. Liu, W. L. Leiser, H. P. Maurer, et al. // *Plant Breeding*. 2015. Vol. 134. Pp. 416–422.
9. Phenotypic and genotypic analyses of diversity and breeding progress in European triticale (× *Triticosecale* Wittmack) / D. Losert, H. P. Maurer, J. J. Marulanda, et al. // *Plant Breeding*. 2017. Vol. 136. Pp. 18–27.
10. Куркиев К. У., Куркиев У. К. Новый исходный материал для селекции яровой гексаплоидной тритикале // *Тритикале*. Ростов-на-Дону: Изд. «Агентство Артель», 2008. С. 85–88.
11. Перспективные линии в селекции тритикале для условий Поволжья / Т. И. Дьячук, И. А. Кибкало, А. В. Поминов и др. // *Зерновое хозяйство России*. 2018. № 5 (59). С. 39–43.
12. Effect of a rye dwarfing gene on plant height, heading stage, and Fusarium head blight in triticale (× *Triticosecale* Wittmack) / R. Kalih, H. P. Maurer, B. Hackauf, et al. // *Theoretical and Applied Genetic*. 2014. Vol. 127. Pp. 1527–1536.
13. Triticale: A “New” Crop with Old Challenges / M. Mergoum, P. K. SinghR, J. Pena, et al. // *Handbook of Plant Breeding*. 2009. Vol. 3. Pp. 267–287.
14. Результаты изучения коллекции озимого тритикале в условиях Беларуси / С. И. Гриб, В. Н. Буштевич, Е. И. Позняк и др. // *Земледелие и селекция в Беларуси*. 2016. № 52. С. 245–251.
15. Мережко А. Ф. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания. СПб.: ГНЦ РФ ВИР, 1999. 81 с.
16. Lin C. S., Binns M. R. A method for analyzing cultivar×location×year experiments: a new stability parameter // *Theor. Appl. Genet.* 1988. Vol. 76. Pp. 425–430. doi 10.1007/BF00265344.
17. Ceccarelli S., Cooper M., Hammer G. L. Positive interpretation of genotype by environment interactions in relation to sustainability and biodiversity // *Plant Adaptation and Crop Improvement*. Wallingford: CAB INTERNATIONAL, 1996. Pp. 467–486.
18. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана / П. Н. Мальчиков, М. А. Розова, А. И. Моргунов и др. // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019. Т. 22. № 8. С. 939–950.
19. Медведев А. М., Медведева Л. М. Селекционно-генетический потенциал зерновых культур и его использование в современных условиях / Московское отделение ВИР им. Н.И. Вавилова. М.: Изд. «Тип Россельхозакадемии», 2007. 483 с.
20. Ковтуненко В. Я., Панченко В. В., Калмыш А. П. Селекционно-ценные признаки озимой тритикале с разным проявлением высоты растений // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2016. № 60. С. 108–112.

Сведения об авторах:

Пономарев Сергей Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела селекции озимых культур, e-mail: smponomarev@yandex.ru
 Пономарева Мира Леонидовна – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом селекции озимых культур, e-mail: smponomarev@yandex.ru
 Фомин Сергей Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции озимых культур, e-mail: sergey86asp@mail.ru
 Маннапова Гульназ Сулеймановна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции озимых культур, e-mail: mgs1980@mail.ru
 Гильмуллина Лилия Фирдавиевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции озимых культур, e-mail: lilya-muslima@mail.ru.
 Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», г. Казань, Россия.

VARIABILITY OF PLANT HEIGHT AND GRAIN YIELD OF COLLECTED SAMPLES OF WINTER TRITICALE

Ponomarev S.N., Ponomareva M.L., Fomin S.I., Mannapova G.S., Gilmullina L.F.

Abstract. The aim of the study is to isolate from collection samples of winter triticale the sources of short-stemming and high grain yield for their further involvement in the selection process in the forest-steppe conditions of middle Volga region. The studies were carried out in 2013–2017 on typical gray forest soils. 93 samples of winter triticale of Russian selection, obtained from the collection of All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov. Standard is Bashkir short-stemmed. Weather conditions during the years of study varied significantly. The studied gene pool has a wide genetic diversity in plant height (65 ... 136 cm) and yield (277 ... 579 g/m²). According to the results of analysis of variance, a significant influence of the genotype and year conditions on the manifestation of these characters was established. Plant height and yield depended on both factors and their interaction, but the first trait is determined mainly by the heredity of the varieties (46.1%), and the second - by the growing conditions (61.8%). There was a significant variation in the values of the studied

indicators, both by genotypes and by years: the coefficient of intervarietal variation in the average values of the traits of grain yield and plant height for 2013–2017 amounted to 15.0 and 17.2%, respectively, with variation by years 15.4 ... 30.7% and 15.1 ... 20.1%, respectively. According to the results of regression analysis, it was found that within the studied gene pool the highest grain yield was formed by samples with a plant height of 86 ... 105 cm. 13 sources of short-stemmed with a plant height below 80 cm and 17 high-yielding samples with a yield of 515 ... 579 g/m² were identified. In these genotypes, the yield excess over Bashkirskaya short-stemmed standard was significant and amounted to 33 ... 97 g/m², or 6.8 ... 20.1%. The varieties Tribun, Skif, Kentavr, Sotnik are characterized by the highest breeding value.

Key words: winter triticale (*xTriticosecale Wittmack*), plant height, yield, genotype, variation, genotype-year interaction.

References

1. Evaluation of collection samples of winter triticale for winter hardiness and economic and biological indicators. [Otsenka kollektсионnykh obraztsov ozimoy tritikale po zimostoykosti i khozyaystvenno-biologicheskim pokazatelyam]. / S.I. Fomin, S.N. Ponomarev, M. L. Ponomareva and others. // *Zemledelie. – Agriculture*. 2019. № 3. P. 44–47.
2. Meale S. J., McAllister T. A. Grain for Feed and Energy // *Triticale* / ed. F. Eudes. Canada, Lethbridge: Springer, 2015. P. 167–188.
3. Wos H., Brzezinski W. Triticale for Food–The Quality Driver // *Triticale* / ed. F. Eudes. Canada, Lethbridge: Springer, 2015. P. 189–212.
4. Blum A. The abiotic stress response and adaptation of triticale (a review) // *Cereal research communications*. 2014. Vol. 42. No. 3. P. 359–375.
5. Ablova I.B., Gritsay T.I. *Iskhodnyy material dlya seleksii ozimoy tritikale na ustoychivost k fuzariozu kolosa v Krasnodarskom krae*. // *Pshenitsa i tritikale*. [Initial material for breeding winter triticale for resistance to fusarium spike in Krasnodar Territory. // Wheat and triticale]. Krasnodar: Izd. “Sovetskaya Kuban”, 2001. P. 337–351.
6. On the resistance of winter triticale to lodging in connection with the height of the stem, resistance to stress factors and productivity. [Ob ustoychivosti ozimoy tritikale k poleganiyu v svyazi s vysotoy steblya, ustoychivostyu k stressovym faktoram i produktivnostyu]. / A.M. Medvedev, N.G. Poma, V.V. Osipov and others. // *Zernobobovye i krupyanye kultury. – Legumes and cereals*. 2016. № 2 (18). P. 40–47.
7. Kovtunen V.Ya., Panchenko V.V., Kalmysh A. P. *Korotkostebelnost linii PRAG 530 v seleksii tritikale ozimoy*. // *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. [Short-stemmed peculiarity of PRAG 530 line in winter triticale selection. // Proceedings of Kuban State Agrarian University]. 2018. № 72. P. 184–189.
8. Evaluation of genomic approaches for marker-based improvement of lodging tolerance in triticale / W. Liu, W. L. Leiser, H. P. Maurer, et al. // *Plant Breeding*. 2015. Vol. 134. P. 416–422.
9. Phenotypic and genotypic analyses of diversity and breeding progress in European triticale (*xTriticosecale Wittmack*) / D. Losert, H. P. Maurer, J. J. Marulanda, et al. // *Plant Breeding*. 2017. Vol. 136. P. 18–27.
10. Kurkiv K.U., Kurkiv U.K. *Novyy iskhodnyy material dlya seleksii yarovoy geksaploidnoy tritikale*. // *Tritikale*. [New source material for the selection of spring hexaploid triticale. // *Triticale*]. Rostov-na-Donu: Izd. “Agentstvo Artel”, 2008. P. 85–88.
11. Promising lines in triticale selection for the conditions of the Volga region. [Perspektivnye linii v seleksii tritikale dlya usloviy Povolzhya]. / T.I. Dyachuk, I.A. Kibkalo, A.V. Pominov and others. // *Zernovoe khozyaystvo Rossii. – Grain economy of Russia*. 2018. № 5 (59). P. 39–43.
12. Effect of a rye dwarfing gene on plant height, heading stage, and Fusarium head blight in triticale (*xTriticosecale Wittmack*) / R. Kalih, H. P. Maurer, B. Hackauf, et al. // *Theoretical and Applied Genetic*. 2014. Vol. 127. P. 1527–1536.
13. Triticale: A “New” Crop with Old Challenges / M. Mergoum, P. K. SinghR, J. Pena, et al. // *Handbook of Plant Breeding*. 2009. Vol. 3. P. 267–287.
14. The results of the study of winter triticale collection in the conditions of Belarus. [Rezultaty izucheniya kollektсии ozimogo tritikale v usloviyakh Belarusi]. / S.I. Grib, V.N. Bushkevich, E.I. Poznyak and others. // *Zemledelie i selektsiya v Belarusi. – Agriculture and breeding in Belarus*. 2016. № 52. P. 245–251.
15. Merezko A.F. *Popolnenie, sokhranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoy kollektсии pshenitsy, egilopsa i tritikale: metodicheskie ukazaniya*. [Replenishment, preservation in a living form and study of the world collection of wheat, egilops and triticale: guidelines]. SPb.: GNTS RF VIR, 1999. P. 81.
16. Lin C. S., Binns M. R. A method for analyzing cultivar \times location \times year experiments: a new stability parameter // *Theor. Appl. Genet.* 1988. Vol. 76. P. 425–430. doi 10.1007/BF00265344.
17. Ceccarelli S., Cooper M., Hammer G. L. Positive interpretation of genotype by environment interactions in relation to sustainability and biodiversity // *Plant Adaptation and Crop Improvement*. Wallingford: CAB INTERNATIONAL, 1996. P. 467–486.
18. *The value and stability of the yield of modern breeding material of spring durum wheat (Triticum durum Desf.) from Russia and Kazakhstan*. [Velichina i stabilnost urozhaynosti sovremennogo selektsionnogo materiala yarovoy tvrdoy pshe-nitsy (*Triticum durum Desf.*) iz Rossii i Kazakhstana / P.N. Malchikov, M.A. Rozova, A. I. Morgunov and others. // *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii. – Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019. Vol. 22. № 8. P. 939–950.
29. Medvedev A.M., Medvedeva L.M. *Selektsionno-geneticheskiy potentsial zernovykh kultur i ego ispolzovanie v sovremennykh usloviyakh*. [Selection and genetic potential of grain crops and its use in modern conditions]. / Moskovskoe otdelenie VIR im. N.I. Vavilova. M.: Izd. “Tip Rosselkhozakademii”, 2007. P. 483.
20. Kovtunen V.Ya., Panchenko V.V., Kalmysh A.P. *Selection-valuable traits of winter triticale with different manifestation of plant height*. // *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. [Selektsionno-tsennyye priznaki ozimoy tritikale s raznyim proyavleniem vysoty rasteniy. // Proceedings of Kuban State Agrarian University]. 2016. № 60. P. 108–112.

Authors:

- Ponomarev Sergey Nikolaevich - Doctor of Agricultural sciences, chief researcher of Winter crops breeding Department, e-mail: smponomarev@yandex.ru
 Ponomareva Mira Leonidovna - Doctor of Biological sciences, Professor, chief researcher, Head of Winter crops selection Department, e-mail: smponomarev@yandex.ru
 Fomin Sergey Ivanovich – Ph.D. of Agricultural sciences, senior researcher of Winter crops breeding Department, e-mail: sergey86asp@mail.ru
 Mannapova Gulnaz Suleymanovna - Ph.D. of Agricultural sciences, leading researcher of Winter crops breeding Department, e-mail: mgs1980@mail.ru
 Gilmullina Liliya Firdavisovna - Ph.D. of Agricultural sciences, senior researcher of Winter crops breeding Department, e-mail: lilya-muslima@mail.ru
 Tatar Scientific Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science «Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences», Kazan, Russia

Acknowledgements.

This research was supported by the FASO Russia project : «Mobilization of genetic resources of plants and animals, creation of innovations that ensure the production of biologically valuable food products with maximum safety for human health and the environment». Registration №: AAAA-A18-118031390148-1.