

Урожайность и содержание белка в зерне коллекционных образцов озимой тритикале

© 2021. С. Н. Пономарев, М. Л. Пономарева , Г. С. Маннапова, Л. В. Илалова

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
ФИЦ Казанский научный центр РАН, г. Казань, Российская Федерация

Цель исследования – охарактеризовать образцы озимой тритикале по содержанию белка в зерне и продуктивности, выделить источники высокой белковости и высокой урожайности зерна для вовлечения в селекционный процесс. Экспериментальная работа проводилась в условиях Республики Татарстан в 2013–2017 гг. В полевых испытаниях оценивалась коллекция из 93 сортов озимой тритикале российской селекции, полученная из Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР). Показано широкое генетическое разнообразие изучаемого генофонда по содержанию белка в зерне (11,69...16,15 %) и урожайности зерна (277...579 г/м²). Содержание белка в зерне и урожайность в большей степени определялись условиями выращивания – фактор «год» (58,1 и 61,8 % соответственно) при относительно небольшой доле фактора «генотип» (23,9 и 15,4 % соответственно). Отмечена значительная вариация значений изучаемых показателей как по генотипам, так и по годам. Выделены 19 источников высокого содержания белка в зерне (более 14,5 %) и 17 источников высокой урожайности зерна (более 510 г/м²), показавших достоверное превышение над стандартом Башкирская короткостебельная. Выделена группа образцов с относительно высоким содержанием белка (13,8...14,1 %) и урожайностью выше среднего значения (450...500 г/м²). Наибольшую селекционную ценность среди источников высокой урожайности показали образцы Зимозор, Корнет, Привада, Водолей, 3/9 ohAg 4418, а среди источников высокой белковости – Курская степная, Мир, Студент, Святозар. Перечисленные сортообразцы дополнительно обладали комплексом положительных признаков: высокой продуктивностью колоса, высоконатурным и крупным зерном. У сортов Докучаевский 8 и Привада отмечено благоприятное сочетание достоверно высоких показателей урожайности (542 и 527 г/м² соответственно) и содержания белка в зерне (14,28 и 13,93 %). Выявление достоверной отрицательной корреляции средней силы ($r = -0,682$) между урожайностью и содержанием белка в зерне позволяет рассчитывать на то, что количество белка в зерне можно повысить селекционными методами при относительно высокой или средней урожайности сортов.

Ключевые слова: озимая тритикале (*x Triticosecale* Wittmack), урожайность, белок, генотип, вариация, взаимодействие генотип-год

Благодарность: работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ТатНИИСХ ФИЦ Казанский научный центр РАН (тема №АААА-А18-118031390148-1).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.


Для цитирования: Пономарев С. Н., Пономарева М. Л., Маннапова Г. С., Илалова Л. В. Урожайность и содержание белка в зерне коллекционных образцов озимой тритикале. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(4):495-506. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.495-506>

Поступила: 23.04.2021

Принята к публикации: 24.06.2021

Опубликована онлайн: 26.08.2021

Yield and protein content in grain of winter triticales collection samples

© 2021. Sergey N. Ponomarev, Mira L. Ponomareva , Gulnaz S. Mannapova, Lubov V. Ilalova

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Kazan, Russian Federation

The aim of the study is to characterize winter triticales samples by protein content in grain and productivity, to identify sources of high protein content and high grain yield for use in breeding process. Experimental work was carried out in the conditions of Tatarstan Republic in 2013–2017. The collection of 93 varieties of winter triticales of Russian selection, obtained from the Federal Research Center "All-Russian Institute of Plant Genetic Resources" (VIR) was evaluated in field trials. Wide genetic diversity of the studied gene pool was demonstrated by grain protein content (11.69...16.15 %) and grain yield (277...579 g/m²). Protein content and grain yield were mostly determined by the growing conditions – the factor “year” (58.1 % and 61.8 %, respectively), with a relatively small share of the factor “genotype” (23.9 % and 15.4 %, respectively). Significant variation in the values of the studied indicators, both by genotype and by year, was observed. There were identified 19 sources of high protein content in grain (over 14.5 %) and 17 sources of high grain yield (over 510 g/m²), which showed a

significant excess of the standard Bashkirskaya korotkostebel'naya. A group of samples with a relatively high protein content (13.8 ... 14.1 %) and yield higher than the average value (450...500 g/m²) was identified. The highest breeding value among the sources of high yield was shown by samples Zimogor, Kornet, Privada, Vodoley, 3/9 oh Ag 4418, and among the sources of high protein content - Kurskaya stepnaya, Mir, Student, Svyatozar. The listed variety samples additionally possessed a complex of positive features: high ear productivity, high full-scale weight and large grains. In varieties Dokuchaevsky 8 and Privada there was noted a favorable combination of significantly high levels of yield (542 and 527 g/m², respectively) and protein content in the grain (14.28 and 13.93 %, respectively). The finding of a reliable moderate negative correlation ($r = -0.682$) between yield and grain protein content indicates that grain protein content can be increased by breeding methods at relatively high or medium yields of varieties.

Key words: winter triticale (*x Triticosecale* Wittmack), yield, protein, genotype, variation, genotype-year interaction

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Tatar Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center of RAS (theme No. AAAA-A18-118031390148-1).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Ponomarev S. N., Ponomareva M. L., Mannapova G. S., Ilalova L. V. Yield and protein content in grain of winter triticale collection samples. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021; 22(4): 495-506. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.495-506>

Received: 23.04.2021

Accepted for publication: 24.06.2021

Published online: 26.08.2021

Культура тритикале (*x Triticosecale* Wittmack) стала классическим примером аллополиплоидного гибрида, который содержит два или более различных генома, полученные от близкородственных родов (пшеницы и ржи) [1]. Интенсивная селекционно-генетическая работа привела к значительной инновационной отдаче в виде большого спектра разнообразных сортов этой культуры [2]. Современный генофонд тритикале представлен многочисленными гетероплазматическими представителями трех видов полиплоидного ряда – тетра-, гекса- и октаплоидными формами.

Научные исследования и практический опыт показали высокую эффективность выращивания тритикале для использования на продовольственные, фуражные и сырьевые цели [3, 4, 5]. Современные сорта тритикале, созданные для различных отраслей пищевой промышленности, существенно расширяют ассортимент хлебных и кондитерских изделий, способствуют созданию новых пищевых продуктов. Перспективно применение муки из зерна тритикале в качестве сырья при производстве печенья, бисквитов, кексов, крекеров, а также быстрых завтраков и диетических сортов хлеба. Популярными становятся хлебобулочные изделия, состоящие из нескольких злаков, в том числе с участием зерна тритикале. Еще одна важная сфера использования тритикале – производство комбикормов и

спирта. В Европейском союзе доля тритикале, реализуемая на эти цели, составляет более 80 %¹. Поэтому тритикале имеет все шансы войти в ближайшие годы в перечень ведущих зерновых культур не только в системе интенсивного растениеводства, но и органического земледелия для обеспечения продовольственной безопасности.

Недооцененным в полной мере свойством тритикале является более высокое, чем у пшеницы, содержание белка в зерне и его сбор с единицы площади [6]. Зерно тритикале является ценным высокобелковым кормом с лучшей перевариваемостью, чем зерно пшеницы и ячменя. Содержание белка в зерне обратно коррелирует с его выполненностью, из-за чего селекция на выполненность зерна приводит к уменьшению содержания в нем белка, и наоборот [7].

Новизна исследований состоит в поиске ценного для селекции исходного материала озимой тритикале, сочетающего показатели продуктивности и повышенного содержания белка, среди коллекционных образцов этой культуры различного эколого-географического происхождения.

Цель исследования – охарактеризовать образцы озимой тритикале по содержанию белка в зерне и продуктивности, выделить источники высокой белковости и высокой урожайности зерна для дальнейшего вовлечения в селекционный процесс.

¹EU Cereals Supply & Demand. URL: <https://data.europa.eu/data/datasets/cereals-supply-and-demand?locale=en> (дата обращения 20.04.2021).

Материал и методы. Коллекция из 93 сортов озимой тритикале российской селекции, полученная из Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), оценивалась в полевых испытаниях в 2013-2017 гг. Экспериментальную работу проводили в Татарском НИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН (Республика Татарстан), расположенном на стыке лесной, лесостепной и частично степной физико-географических зон. Посевы размещались на серых лесных почвах в селекционном севообороте по чистому пару. Пахотный горизонт имел следующую агрохимическую характеристику: содержание гумуса – 3,0-3,4 % (ГОСТ 26213-91); pH солевой вытяжки – 6,1-6,5 ед. (ГОСТ 26483-85); содержание щелочно-гидролизующего азота – 106-118 мг/кг (по Корнфилду); P_2O_5 – 326-357 мг/кг; K_2O – 50,9-92,1 мг/кг (ГОСТ 26207-84); гидролитическая кислотность – 1,5-1,8 ммоль/100 г (ГОСТ 26212-91). При закладке опытов и уходе за ними применяли общепринятую в зоне агротехнику для озимой тритикале.

Анализ высоты растений и массы зерна с колоса проводили у 30 растений каждого образца в сравнении со стандартом Башкирская короткостебельная. Посев осуществляли сеялкой ССФК-8М на делянках площадью 2,5 м² с нормой высева 5 млн всхожих семян/га в двукратной повторности. Сроки сева – оптимальные (29 августа - 3 сентября). Урожайность определяли путем взвешивания зерна с делянки после прямого комбайнирования. Зимостойкость оценивали полевым методом по 5-балльной шкале в соответствии с методикой Госкомиссии по сортоиспытанию (0 баллов – гибель, 5 баллов – отлично). Массу 1000 зерен и натуру зерна устанавливали соответственно ГОСТ 10842-89 и ГОСТ 10840-2017. Содержание белка определяли на инфракрасном анализаторе Инфратек-1275FOSS. Результаты исследований обрабатывали методами дисперсионного и регрессионного анализов с использованием пакета программ Excel.

В годы проведения исследований продолжительность вегетации и ее отдельных фаз значительно различались. В 2013...2016 гг. вегетационный период составил 319-335 дней, в 2017 г. – 349 дней. Самое раннее возобновление весенней вегетации растений отмечено

в 2016 г. – 8 апреля, а самое позднее в 2017 г. – 26 апреля. В 2013...2015 гг. начало активной вегетации озимой тритикале приходилось на 2 декаду апреля. Наступление полной спелости зерна в 2013 и 2016 гг. отмечали в конце 2-й декады июля, в 2014 и 2015 гг. – в 3-й декаде июля, а в 2017 г. – в начале 2-й декады августа. Общая продолжительность созревания зерна достаточно сильно варьировала по годам в пределах 21-40 суток.

Анализ температурного режима и влагообеспеченности весенне-летних месяцев вегетационного периода (табл. 1) позволил выделить 2016 и 2017 годы как альтернативные по метеорологическим условиям. Первый стал самым теплым с наибольшей суммой эффективных температур выше +5 °C (на 122 °C больше нормы) и наименьшей суммой осадков (41 % от среднееголетнего количества). Условия 2017 г. характеризовались прохладной погодой в июне и жаркой в июле (сумма эффективных температур за 2 месяца почти достигла нормы – 813 °C) и большим количеством осадков (сумма осадков за 2 месяца составила 133 % от среднееголетней). В итоге, согласно оценке ГТК по Г. Т. Селянину, 2016 г. охарактеризован как засушливый (0,43), а 2017 – избыточно увлажненный (1,44).

Результаты и их обсуждение. Изученный набор отечественных коллекционных образцов озимой тритикале характеризовался большой изменчивостью как по содержанию белка в зерне (СБЗ), так и по урожайности зерна (УЗ) (табл. 2). Содержание белка в зерне было наименьшим в 2016 г. (11,65 %), а наибольшим в 2015 г. (15,84 %). Среднее за 2013-2017 гг. СБЗ составило 13,46 %. Коэффициент межсортовой вариации в годы исследований колебался в небольших пределах 7,4...11,0 %.

Средние показатели урожайности значительно изменялись в зависимости от года исследования, что свидетельствует о существенном влиянии погодных условий на формирование продуктивности. Так, средняя урожайность по всем коллекционным образцам варьировала в пределах от 287,5 (2014 г.) до 683,6 г/м² (2017 г.), при этом среднее значение признака за 2013-2017 гг. составило 443,8 г/м² (табл. 2). 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 %.

Таблица 1 – Характеристика весенне-летних месяцев вегетационного периода (апрель-август) /
Table 1 – Characteristics of spring-summer months of the growing season (April-August)

Показатель / Indicator	Норма / Norma	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Средняя температура воздуха, °C / Average air temperature, °C:						
Апрель / April	4,1	5,5	3,1	4,3	7,8	4,5
Май / May	12,9	14,2	16,3	17,8	15,1	10,2
Июнь / June	17,1	20,1	17,5	20,9	18,7	15,1
Июль / July	19,5	20,0	18,8	19,2	21,9	21,4
Август / August	17,3	19,6	18,6	16,8	23,7	18,9
Сумма эффективных температур выше +5 °C (июнь-июль) / Sum of effective temperatures above +5 °C (June-July).	814	920	803	918	936	813
Сумма осадков (июнь-июль), мм / Amount of precipitation (June-July), mm	121	118	89	155	50	161
ГТК (июнь-июль) / Hydrothermal coefficient (June-July)	1,09	0,95	0,82	1,28	0,43	1,44

Таблица 2 – Урожайность и содержание белка в зерне коллекционных образцов озимой тритикале (n = 93) /
Table 2 – Yield and protein content in grain of collection samples of winter triticale (n = 93)

Признак / Trait	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее / Average
Содержание белка в зерне, % / Grain protein content, %	13,09	14,17	15,84	11,65	12,55	13,46
Коэффициент вариации содержания белка, % / Coefficient of variation of protein content, %	11,0	9,4	7,4	8,5	10,0	7,5
Урожайность, г/м ² / Yield, g/m ²	455,3	287,5	422,6	369,9	683,6	443,8
Коэффициент вариации урожайности, % / Coefficient of variation of yield, %	23,3	30,3	15,4	30,7	17,8	15,0

Проведённый дисперсионный анализ двухфакторного опыта по содержанию белка в зерне (табл. 3) и урожайности зерна (табл. 4) подтверждает наличие значимых частных различий по факторам «генотип», «год» и их взаимодействия на изменчивость этих признаков. Наибольшее влияние на изменчивость обоих

признаков оказывал фактор «год» – 58,1 и 61,8 % соответственно. Влияние генотипа на изменчивость СБЗ составило 23,9 %, на УЗ – 15,4 %. Существенная доля влияния генотипа на изменчивость признаков делает возможным выделение источников высокой белковости и урожайности в изученном генофонде.

Таблица 3 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа содержания белка в зерне коллекционных образцов озимой тритикале /
Table 3 – Results of two-way ANOVA analysis of grain protein content of winter triticale collection samples

Источник вариации / Source of variability	SS	df	MS	F _{факт.} / F _{fact.}	F _{крит.} / F _{tab.}	Доля, % / Share, %
Общая / General	4051,69	-	-	-	-	-
Повторности / Repetitions	121,82	-	-	-	-	-
Варианты / Variants	3828,35	-	-	-	-	-
Генотип / Genotype	966,71	92	10,508	48,03*	2,69	23,9
Год / Year	2353,40	4	588,351	2689,12*	2,53	58,1
Взаимодействие / Interaction	508,24	368	1,381	6,31*	1,93	12,5
Ошибка / Error	101,52	464	0,219	-	-	-

* различия достоверны при p≤0,05, / * differences are significant at p≤0.05

Таблица 4 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа урожайности коллекционных образцов озимой тритикале /

Table 4 – Results of two-way ANOVA analysis of the yield of winter triticale collection samples

<i>Источник вариации /</i> <i>Source of variability</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F_{факт.} /</i> <i>F_{факт.}</i>	<i>F_{крит.} /</i> <i>F_{таб.}</i>	<i>Доля, % /</i> <i>Share, %.</i>
Общая / General	26486291	929	-	-	-	-
Повторности / Repetitions	261197	1	-	-	-	-
Варианты / Variants	25728820	464		-	-	-
Генотип / Genotype	4070099	92	44240,2	41,4*	1,30	15,4
Год / Year	16367768	4	4091942,9	3825,8*	2,40	61,8
Взаимодействие / Interaction	5290953	368	14378,6	13,4*	1,00	20,0
Ошибка / Error	496274	464	1069,6	-	-	-

* различия достоверны при $p \leq 0,05$, / * differences are significant at $p \leq 0.05$

Урожайность зерна и содержание белка в зерне озимой тритикале – это признаки, определяемые множеством генов, которые вызывают изменение характеристик генотипа в зависимости от условий культивирования. Именно поэтому в программах селекции тритикале в центре внимания находятся генотип-средовые взаимодействия [8, 9]. Многолетние испытания генотипов тритикале в нескольких средах (при различных погодных условиях или разных экологических точках) позволяют идентифицировать лучшие сорта как исходный материал для селекции [10].

В наших исследованиях доля влияния взаимодействия «генотип×год» по урожайности зерна составила 20,0 %, а по содержанию белка в зерне – 12,5 % (см. табл. 3 и 4). Следовательно, по урожайности есть шанс выбрать среди изученных генотипов более интенсивно реагирующие на улучшение условий возделывания, чем остальные. Также можно говорить и о том, что по СБЗ изученные коллекционные образцы, обладая более низкой нормой реакции генотипов на изменения среды, не будут сильно отличаться своими рангами в разные годы изучения.

Гистограммы распределения коллекционных образцов по изучаемым признакам на 7 классов представлены на рисунке 1. По содержанию белка в зерне низкими значениями характеризовались 24 генотипа – 11,65...12,95 %, 43 образца сгруппировались вокруг среднего значения по опыту в интервале 12,95...14,25 %, 16 образцов имели повышенное содержание белка в зерне – 14,25...14,90 %, а 10 образцов – высокое (14,90...16,20 %). Распределение по урожайности было следующим: 7 сортов сформировали низкую урожайность в ин-

тервале 250...350 г/м², 15 сортов – пониженную 350...400 г/м², 51 сорт – среднюю 400...500 г/м² и 20 сортов – высокую урожайность 500...600 г/м².

Содержание белка в зерне тритикале является одним из важных критериев качества, так как с ним связаны питательные и кормовые достоинства культуры [11, 12, 13]. Сорта первого периода селекции этой культуры имели значительные дефекты зерновки, в связи с чем количество белка варьировало в широких пределах 11,7...22,5 % [14]. Однако по мере повышения выполненности зерна содержание белка снижалось, особенно, если речь шла о сортах тритикале с урожайностью 10 т/га и более [15, 16]. В литературе признается очевидным тот факт, что повышение УЗ тритикале, равно как и у других злаков, как правило, сопровождается значимым снижением СБЗ [17, 18]. Принимая во внимание важное значение обоих признаков как в селекционном плане, так и в хозяйственном применении, важно выяснить характер их сопряженности. Проведенные корреляционный и регрессионный анализы показали между двумя признаками достоверную отрицательную зависимость средней силы $r = -0,682$ ($s_r = 0,077$, $t_r = 8,86$, $t_{05} = 1,99$). Согласно уравнению регрессии $y = -0,0105x + 18,327$ (рис. 2), можно говорить, что в исследуемом генофонде проявляется общая тенденция снижения содержания белка в зерне на 1,05 % при увеличении урожайности образцов на 100 г/м². Коэффициент детерминации ($R^2 = 0,4656$) указывает на то, что примерно 47 % межсортовой изменчивости содержания белка в зерне обусловлено изменениями урожайности образцов. В связи с этим возникает вопрос о направлениях

генетического улучшения сортов тритикале либо путем преодоления отрицательной взаимосвязи между УЗ и СБЗ, либо за счет повышения сбора белка с единицы площади

[19, 20]. На рисунке 2 показано наличие значительного разброса точек, характеризующих положение сортов на графике относительно общего тренда.

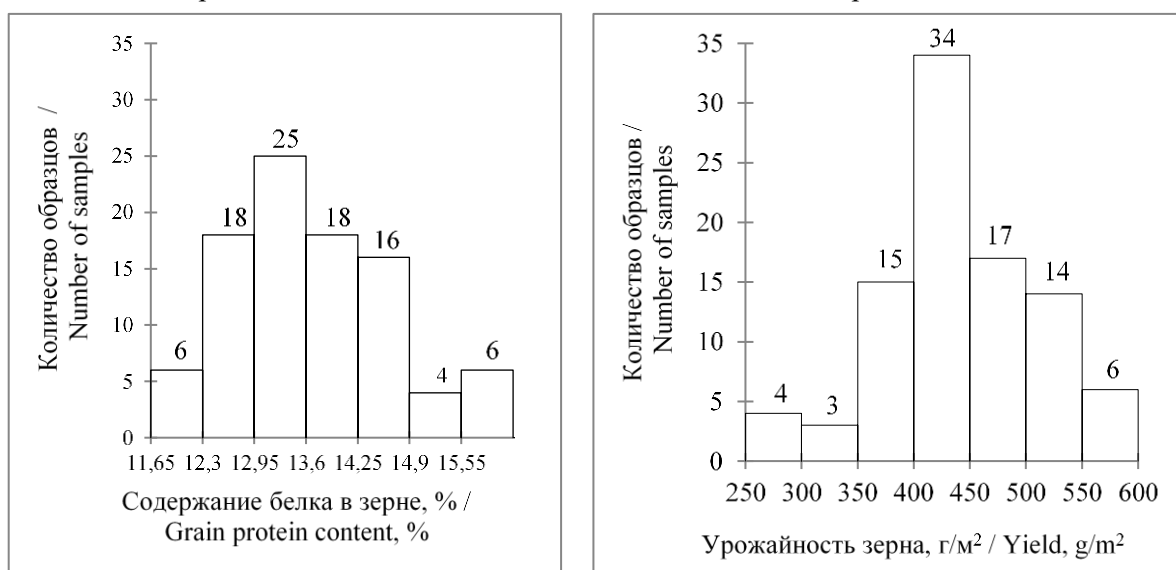


Рис. 1. Распределение коллекционных образцов озимой тритикале по содержанию белка в зерне и урожайности (среднее за 2013-2017 гг.) /

Fig. 1. Distribution of winter triticale collection samples by grain protein content and yield (average for 2013-2017)

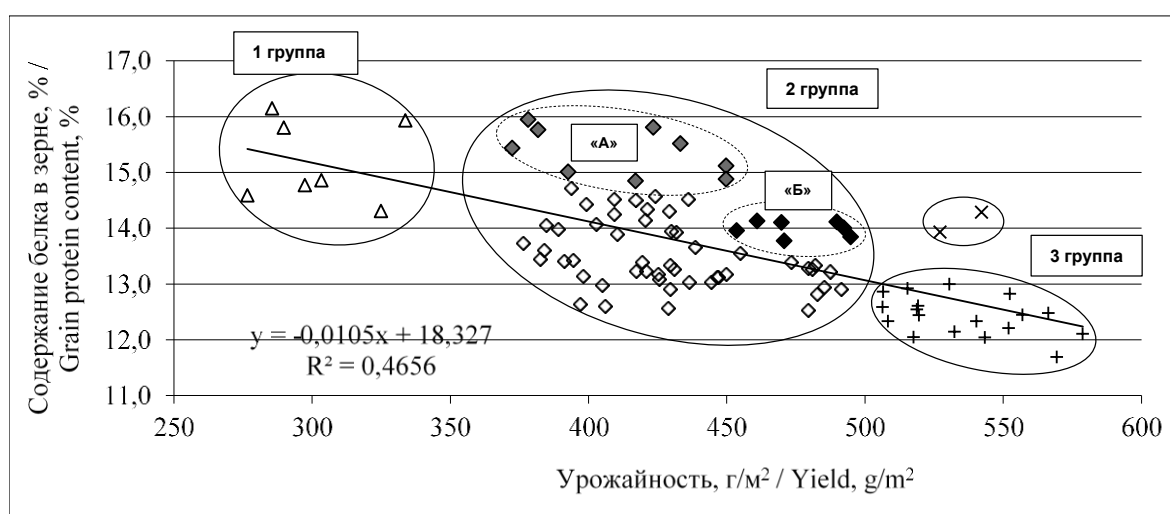


Рис. 2 – Взаимосвязь признаков «содержание белка в зерне» и «урожайность» коллекционных образцов озимой тритикале (среднее за 2013-2017 гг.) /

Fig. 2 – Relationship of grain protein content and yield of winter triticale collection samples (average for 2013-2017)

В первую очередь заметно выделяется группа из 7 сортов, находящихся в верхнем левом углу графика (1 группа). Они обладают очень высоким содержанием белка в зерне (14,31...16,15 %), но крайне низкой урожайностью (277...334 г/м²). Далее следует обширная группа образцов, которая характеризуется значительной амплитудой изучаемых показате-

телей относительно центральной тенденции (2 группа). Границы данной области размещения сортов обозначены следующими значениями признаков: содержание белка 12,53...15,94 %, урожайность 372...495 г/м². В этой группе сортов имеются 9 высокобелковых образцов подгруппы «А» (14,85...15,94 %), однако урожайность у них также, как и у первой

группы, остается либо ниже средней по опыту, либо приближается к среднему уровню (372...450 г/м²). Тем не менее и среди второй группы можно выделить 7 образцов (подгруппа «Б»), обладающих показателями признаков выше среднего значения как по содержанию белка (13,77...14,13 %), так и по урожайности (454...495 г/м²). Третья группа, размещившаяся в нижнем правом углу графика, состоит из 20 образцов. В целом они характеризуются очень высокой урожайностью (506...579 г/м²), но крайне низким содержанием белка (11,69...13,0 %). Исключение составляют 2 образца (Привада и Докучаевский 8), примыкающие к 3 группе. Их уникальность заключается в том, что они сочетают в себе высокую урожайность (527 и 542 г/м² соответственно) и относительно высокую белковость зерна (13,93 и 14,28 %).

Проведенный анализ свидетельствует, что в наших исследованиях между содержанием белка в зерне и урожайностью имеется

средняя отрицательная корреляционная связь, на силу и направленность которой косвенным образом влияют также и другие признаки и свойства образцов. Отсутствие высокой сопряженности между УЗ и СБЗ позволяет рассчитывать на то, что содержание белка в зерне можно повысить селекционными методами при относительно высокой или средней урожайности сортов.

При поиске источников высокой белковости в качестве нижнего порога СБЗ нами выбрано значение 14,5 %. Такому критерию соответствовали 19 образцов, или 1/5 часть изученного генофонда (табл. 5). За годы исследования 17 образцов тритикале со средней урожайностью более 510 г/м² имели достоверное превышение над стандартным сортом Башкирская короткостебельная (482 г/м²), что позволяет нам рассматривать их в качестве источников высокой продуктивности.

Таблица 5 – Источники высокого содержания белка в зерне и высокой урожайности коллекционных образцов озимой тритикале (2013-2017 гг.) /

Table 5 – Sources of high grain protein content and high yield of winter triticale collection samples (2013-2017)

<i>Признак / Trait</i>	<i>Источник / Source</i>
Содержание белка в зерне более 14,5 % / Grain protein content more than 14.5 %	ПРАГ Д 426, Алтайская 4, 9 АД 1102, Ставропольский 5, 5 ohAg 3484, Алтайская 3, Конвейер, Курская степная, Мир, Сибирский, Студент, ПРАГ Д454, Аграф, 3 ohAg 3690, ПРАГ 456, Аккорд, Торнадо, Святозар, Союз / PRAG D 426, Altajskaya 4, 9 AD 1102, Stavropol'skij 5, 5 ohAg 3484, Altajskaya 3, Konvejer, Kurskaya stepnaya, Mir, Sibirskij, Student, PRAG D454, Agraf, 3 ohAg 3690, PRAG 456, Akkord, Tornado, Svyatozar, Soyuz
Урожайность зерна более 510 г/м ² / Grain yield more than 510 g/m ²	Топаз, Зимогор, Вокализ, 3/9 ohAg 4418, Докучаевский 12, Трибун, Корнет, Докучаевский 8, Бард, Скиф, Капрал, Привада, Водолей, Консул, Каприз, Цекад 90, Алмаз / Topaz, Zimogor, Vokaliz, 3/9 ohAg 4418, Dokuchaevskij 12, Tribun, Kornet, Dokuchaevskij 8, Bard, Skif, Kapral, Privada, Vodolej, Konsul, Kapriz, Cekad 90, Almaz
Содержание белка в зерне 13,8-14,1 % / Grain protein content 13.8-14.1%	СНТ 13/94, Саргау, Авангард, Линия 14, Устинья, ТИ-17, Доктрина 110 /
Урожайность зерна 450-500 г/м ² / Grain yield 450-500 g/m ² .	SNT 13/94, Sargau, Avangard, Liniya 14, Ustin'ya, TI-17, Doctrina 110

К сожалению, среди выделенных источников не обнаружены образцы, сочетающие одновременно как высокую УЗ, так и высокое СБЗ. Это усложняет селекционный процесс, так как для достижения поставленной цели требуется проведение сложных и ступенчатых скрещиваний, а также длительное изучение и отбор генотипов среди гибридного потомства. В связи с этим, нами дополнительно

выделена группа образцов с относительно высоким содержанием белка (13,8...14,1 %) и урожайностью выше среднего значения (450...500 г/м²).

В таблице 6 приведена хозяйственно-биологическая характеристика источников высокого содержания белка в зерне. Все источники достоверно уступили стандарту по урожайности зерна на 32...205 г/м² (или на

6,6...42,5 %) и по зимостойкости на 0,19...1,12 балла (или на 4,3...25,5 %). По высоте растений также преобладают достоверно более высокие, чем стандарт, образцы, относящиеся к среднерослой (97...113 см) и высокорослой группам (121...131 см) – 12 генотипов. Исключение составили 6 источников с ультракоротким и коротким стеблем (5 ohAg 3484, 3 ohAg 3690, ПРАГ Д454, ПРАГ 456, Мир, Союз). По признаку «масса зерна с колоса» 9 источников были существенно меньше, чем стандарт, на 0,27...1,01 г, а 6 источников достоверно превысили его на 0,23...1,08 г

(Мир, Сибирский, Студент, Торнадо, Святозар, Союз). По признаку «масса 1000 зерен» подавляющее большинство образцов отличались более крупным зерном по сравнению со стандартом (42,6...52,4 г), по признаку «натура зерна», наоборот, преобладали образцы с низкими значениями (614...666 г/л). Только у сортов Ставропольский 5 и Святозар натура зерна была значимо больше, чем у стандарта (709 и 696 г/л соответственно). Содержание белка в зерне у всех источников высокой белковости было существенно выше, чем у стандарта, на 1,15...2,80 %.

Таблица 6 – Характеристика источников высокого содержания белка в зерне по хозяйственным и биологическим признакам (среднее за 2013-2017 гг.) /

Table 6 – Characteristics of sources of high protein content in grain by economic and biological traits (average for 2013-2017)

Образец / Sample	Урожайность зерна, г/м ² / Grain yield, g/m ²	Зимостойкость, балл / Winter hardness, score	Высота растений, см / Plant height, cm	Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	Натура зерна, г/л / Full-scale weight of grain, g/l	Содержание белка, % / Protein content, %
Башкирская короткостебельная (ст.) / Bashkirskaya korotkostebel'naya (st.)	482	4,40	87	2,19	38,7	683	13,35
ПРАГ Д 426/ PRAG D 426	286*	3,81*	107*	1,18*	36,8	655*	16,15*
Алтайская 4 / Altajskaya 4	378*	4,03*	121*	2,14	37,3	656*	15,94*
9 АД 1102	334*	3,79*	98*	1,50*	44,6*	678	15,93*
5 ohAg 3484	290*	3,40*	65*	1,56*	45,3*	614*	15,80*
Ставропольский 5/ Stavropol'skij 5	423*	3,97*	123*	1,74*	37,1	709*	15,80*
Алтайская 3 / Altajskaya 3	382*	4,12*	127*	1,92*	45,5*	665*	15,76*
Конвейер / Konvejer	433*	4,09*	90	2,14	46,6*	655*	15,51*
Курская степная / Kurskaya stepnaya	372*	3,81*	97*	1,89*	46,4*	688	15,43*
Мир / Mir	450*	3,95*	85	2,82*	49,0*	664*	15,12*
Сибирский / Sibirskij	393*	4,08*	100*	2,62*	43,7*	648*	15,01*
Студент/ Student	450*	3,95*	106*	2,42*	44,7*	665*	14,88*
ПРАГ Д 454 / PRAG D 454	303*	3,55*	83*	1,69*	37,6	673	14,86*
Аграф / Agraf	417*	4,21*	125*	2,08	39,5	652*	14,85*
3 ohAg 3690	297*	3,53*	72*	1,70*	42,9*	619*	14,77*
ПРАГ 456 / PRAG 456	277*	3,28*	83*	1,89*	35,8*	673	14,59*
Аккорд / Akkord	424*	4,01*	130*	2,34	42,6*	666*	14,58*
Торнадо / Tornado	409*	4,08*	131*	2,46*	42,8*	672	14,53*
Святозар / Svyatozar	436*	3,88*	113*	3,27*	52,4*	696*	14,53*
Союз / Soyuz	417*	3,72*	83*	2,62*	46,3*	655*	14,50*
HCP ₀₅ /LSD ₀₅	29	0,14	4	0,21	2,4	12	0,41

* различия достоверны в сравнении со стандартом при $p \leq 0,05$ / * differences are significant in comparison with the standard at $p \leq 0.05$

Характеристика источников высокой УЗ представлена в таблице 7. Все они значимо превышают стандарт по урожайности зерна на 33...97 г/м² (или на 6,8...20,1 %), а по зимостойкости большая часть достоверно уступает ему на 0,17...0,48 балла (или на 3,9...10,9 %). Исключение составили 5 источников (Цекад 90, Докучаевский 8, Докучаевский 12, Корнет и Капрал), которые по зимостойкости достигли уровня стандарта (4,29...4,46 балла). По высоте растений большая часть образцов относится к группе короткостебельных сортов (78-98 см). По признакам «масса зерна с колоса», «масса 1000 зерен» и «натура зерна» достоверно более

высокие значения по сравнению со стандартом отмечены у 15, 14 и 7 источников (2,48...3,09 г, 42,3...48,0 г и 696...719 г/л, у стандарта – 2,19 г, 38,7 г и 683 г/л соответственно). Наилучшими показателями характеризовались Топаз, Зимогор, 3/9 ohAg 4418, Докучаевский 12, Корнет, Привада, Водолей. Содержание белка в зерне у большинства источников высокой урожайности было существенно ниже стандарта на 0,43...1,66 %. Исключение составили 3 образца, у которых этот ценный показатель качества был значимо больше или на уровне стандарта: Докучаевский 8 – 14,28 %, Привада – 13,93 % и Капрал – 13,00 %.

Таблица 7 – Характеристика источников высокой урожайности по хозяйственным и биологическим признакам (среднее за 2013-2017 гг.) /

Table 7 – Characteristics of sources of high yield by economic and biological traits (average for 2013-2017)

Образец / Sample	Урожайность зерна, г/м ² / Grain yield, g/m	Зимостойкость, балл / Winter hardness, score	Высота растений, см / Plant height, cm	Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	Натура зерна, г/л / Full-scale weight of grain, g/l	Белок, % / Protein, %
Башкирская короткостебельная (ст) / Bashkirskaya korotkostebel'naya (st)	482	4,40	87	2,19	38,7	683	13,35
Топаз / Topaz	579*	4,04*	88	3,04*	47,7*	672	12,11*
Зимогор / Zimogor	569*	4,09*	89	2,97*	43,3*	705*	11,69*
Вокализ / Vokaliz	566*	4,22*	94*	2,59*	44,6*	696*	12,48*
3/9 ohAg 4418	557*	4,13*	92*	3,09*	48,0*	688	12,45*
Трибун / Tribun	552*	3,93*	78*	2,73*	45,4*	647*	12,21*
Докучаевский 12/ Dokuchaevskij 12	552*	4,30	90	2,55*	45,5*	696*	12,82*
Корнет / Kornet	543*	4,29	95*	2,98*	46,9*	688	12,04*
Докучаевский 8 / Dokuchaevskij 8	542*	4,45	92*	2,37	39,1	677	14,28*
Бард / Bard	540*	4,23*	87	2,64*	42,3*	697*	12,33*
Скиф / Skif	532*	3,92*	73*	2,54*	39,9	674	12,14*
Капрал / Kapral	531*	4,28	98*	2,71*	43,6*	686	13,00
Привада / Privada	527*	4,20*	111*	2,70*	48,0*	719*	13,93*
Водолей / Vodolej	520*	4,07*	101*	2,48*	46,9*	715*	12,44*
Каприз / Kapriz	519*	4,18*	89	2,60*	43,6*	703*	12,54*
Консул / Konsul	519*	4,06*	94*	2,54*	45,8*	684	12,61*
Цекад 90 / Cekad 90	518*	4,46	96*	2,15	35,9	693	12,05*
Алмаз / Almaz	515*	3,96*	91	2,74*	42,5*	692	12,92*
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	29	0,14	4	0,21	2,4	12	0,41

* различия достоверны в сравнении со стандартом при $p \leq 0,05$ / * differences are significant in comparison with the standard at $p \leq 0.05$

Выводы. Пятилетнее исследование коллекционных образцов различного эколого-географического происхождения в контрастные по метеоусловиям годы позволило объективно и всесторонне оценить исходный материал, вовлекаемый в селекционную работу. Показано широкое генетическое разнообразие изучаемого генофонда озимой тритикале, состоящего из 93 образцов отечественного происхождения, по содержанию белка в зерне (11,69...16,15 %) и урожайности (277...579 г/м²). Дисперсионный анализ степени влияния генотипа и условий года на проявление этих признаков показал зависимость результатов от разнообразия изучаемых образцов и контрастности погодных условий. Содержание белка в зерне и урожайность в большей степени определялись условиями выращивания – фактор «год» (58,1 и 61,8 % соответственно) при относительно небольшой доле фактора «генотип» (23,9 и 15,4 % соответственно). Отмечена значительная вариация значений изучаемых показателей как по генотипам, так и по годам.

Выделены 19 источников высокого содержания белка в зерне (более 14,5 %) и 17 источников высокой урожайности зерна (более 510 г/м²), показавших достоверное превышение над стандартом Башкирская короткостебельная. Наряду с этим дополнительно выделена группа образцов с относительно высоким содержанием белка (13,8...14,1 %) и урожайностью выше среднего значения (450...500 г/м²).

Наибольшую селекционную ценность среди источников высокой урожайности показали образцы Зимогор, Корнет, Привада, Водолей, 3/9 ohAg 4418, а среди источников высокой белковости – Курская степная, Мир, Студент, Святозар. Наряду с вышеперечисленными ценными свойствами, они дополнительно обладали комплексом положительных признаков: высокой продуктивностью колоса, высоконатурным и крупным зерном. У сортов Докучаевский 8 и Привада отмечено благоприятное сочетание достоверно высоких показателей урожайности (542 и 527 г/м² соответственно) и содержания белка в зерне (14,28 и 13,93 %).

Список литературы

1. Mergoum M., Singh P. K., Peña R. J., Lozano-del Río A. J., Cooper K. V., Salmon D. F., Gómez Macpherson H. Triticale: a «new» crop with old challenges. Cereals. Springer, New York, NY, 2009. Vol. 3. pp. 267-287. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9_9
2. Грабовец А. И. Тритикале – итоги селекции и проблемы использования. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019;(1):32-36. DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/1/32-36>
3. Крохмаль А. В., Грабовец А. И., Гординская Е. А., Фомичева А. А. Результаты селекции озимого тритикале на продуктивность и адаптивность на Дону. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019;(2(76)):67-69. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38195029>
4. Ториков В. Е., Шпилев Н. С., Мамеев В. В., Яценков И. Н. Сравнительная характеристика качества зерна сортов озимой тритикале, выращиваемых на юго-западе России. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019;(2 (172)):49-56. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38246133>
5. Salmon D. F., Mergoum M., Gomez-Macpherson H. Triticale production and management. Triticale improvement and production. 2004;179:27-32. URL: <http://www.fao.org/3/y5553e/y5553e.pdf>
6. Грабовец А. И., Бирюков К. Н., Фоменко М. А. Сравнительная характеристика урожайности и количества белка в зерне сортов озимой пшеницы и тритикале на Дону. Земледелие. 2020;7:25-29. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10705>
7. Пучкова Л. И., Поландова Р. Д., Матвеева И. В. Технология хлеба. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Ч. 1. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2005. С. 23-52.
8. Motzo R., Giunta F., Deidda M. Factors affecting the genotype – environment interaction in spring triticale grown in a Mediterranean environment. Euphytica. 2001;121:317-324. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1012077701206>
9. Purchase J. L., Hatting H., van Deventer C. S. Genotype – environment interaction of winter wheat (Triticum aestivum L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. S Afr J Plant Soil 2000;17(3):101-107. DOI: <https://doi.org/10.1080/02571862.2000.10634878>
10. Goyal A., Beres B. L., Randhawa H. S., Navabi A., Salmon D. F., Eudes F. Yield stability analysis of broadly adaptive triticale germplasm in southern and central Alberta, Canada, for industrial end-use suitability. Can J Plant Sci. 2011;91:125-135. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps10063>
11. Rachwał A. Triticale in poultry feed. Poultry Breeding. 2010;5:6-11
12. Kokoszyński D., Bernacki Z., Korytkowska H., Wilkanowska A. Effect of different feeding regimens for game pheasants on carcass composition, fatty acid profile and mineral content of meat. Europ Poult Sci. 2014;78:1-11. URL: https://www.researchgate.net/publication/286644524_Effect_of_different_feeding_regimens_for_game_pheasants_on_carcass_composition_fatty_acid_profile_and_mineral_content_of_meat

13. Djekic V., Mitrovic S., Milovanovic M., Djuric N., Kresovic B., Tapanarova A., Djermanovic V., Mitrovic M. Implementation of triticale in nutrition of non-ruminant animals. *Afr J Biotechnol.* 2011;10(30):5697-5704. URL: https://www.researchgate.net/publication/258540904_Implementation_of_triticale_in_nutrition_of_non-ruminant_animals
14. Виллегас У., Бауер Р. Содержание белка и лизина у улучшенных форм тритикале. В сб.: Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком М.: Колос, 1978. С. 162-167.
15. Grabovets A. I., Krokhmal A. V., Dremucheva G. F., Karchevskaya O. E. Breeding triticale for the baking purpose. *Russian agricultural sciences.* 2013;39(3):197-202. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068367413030087>
16. Щипак Г. В. Тритикале і пшениця: селекція на адаптивність, урожайність, якість. Київ: АТОПОЛ, 2019. 467 с.
17. Крупнова О. В. О взаимосвязи урожайности с содержанием белка в зерне у зерновых и бобовых культур (обзор литературы). *Сельскохозяйственная биология.* 2009;44(3):13-23.
18. Gebre Mariam H., Larter E. N. Genetic response to index selection for grain yield, kernel weight and per cent protein in four wheat crosses. *Plant Breed.* 1996;115(6):459-464. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1439-0523.1996.tb00957.x>
19. Fowler D. B. Crop nitrogen demand and grain protein concentration of spring and winter wheat. *Agr. J.* 2003;95(2):260-265. URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2134/agronj2003.2600>
20. Asseng S., Milroy S. P. Simulation of environmental and genetic effects on grain protein concentration in wheat. *Eur. J. Agronomy.* 2006;25(2):119-128. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030106000438>

References

1. Mergoum M., Singh P. K., Peña R. J., Lozano-del Río A. J., Cooper K. V., Salmon D. F., Gómez Macpherson H. Triticale: a «new» crop with old challenges. *Cereals.* Springer, New York, NY, 2009. Vol. 3. pp. 267-287. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9_9
2. Grabovets A. I. *Tritikale – itogi selektsii i problemy ispol'zovaniya.* [Triticale - results of selection and issues of use]. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Vestnik of the Russian agricultural science. 2019;(1):32-36. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/1/32-36>
3. Krokhmal A. V., Grabovets A. I., Gordinskaya E. A., Fomicheva A. A. *Rezultaty selektsii ozimogo tritikale na produktivnost' i adaptivnost' na Donu.* [Effect of the results of winter durum wheat selection on the crop yields and adaptability in the Don region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2019;(2(76)):67-69. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38195029>
4. Torikov V. E., Shpilev N. S., Mameev V. V., Yatsenkov I. N. *Sravnitel'naya kharakteristika kachestva zerna sortov ozimoy tritikale, vyrashchivaemykh na yugo-zapade Rossii.* [Comparative characteristics of grain quality of winter triticale varieties grown in the south-west of Russia]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agricultural University. 2019;(2 (172)):49-56. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38246133>
5. Salmon D. F., Mergoum M., Gomez-Macpherson H. Triticale production and management. *Triticale improvement and production.* 2004;179:27-32. URL: <http://www.fao.org/3/y5553e/y5553e.pdf>
6. Grabovets A. I., Biryukov K. N., Fomenko M. A. *Sravnitel'naya kharakteristika urozhaynosti i kolichestva belka v zerne sortov ozimoy pshenitsy i tritikale na Donu.* [Comparative characteristics of yield and protein content in winter wheat and triticale grain in the Don region]. *Zemledelie.* 2020;7:25-29. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10705>
7. Puchkova L. I., Polandova R. D., Matveeva I. V. *Tekhnologiya khleba. Tekhnologiya khleba, konditerskikh i makaronnykh izdeliy.* [Bread technology. Technology of bread, confectionery and pasta products]. Part. 1. Saint-Petersburg: *GIORD*, 2005. pp. 23-52.
8. Motzo R., Giunta F., Deidda M. Factors affecting the genotype – environment interaction in spring triticale grown in a Mediterranean environment. *Euphytica.* 2001;121:317-324. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1012077701206>
9. Purchase J. L., Hatting H., van Deventer C. S. Genotype – environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. *S Afr J Plant Soil* 2000;17(3):101-107. DOI: <https://doi.org/10.1080/02571862.2000.10634878>
10. Goyal A., Beres B. L., Randhawa H. S., Navabi A., Salmon D. F., Eudes F. Yield stability analysis of broadly adaptive triticale germplasm in southern and central Alberta, Canada, for industrial end-use suitability. *Can J Plant Sci.* 2011;91:125-135. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps10063>
11. Rachwał A. Triticale in poultry feed. *Poultry Breeding.* 2010;5:6-11.
12. Kokoszyński D., Bernacki Z., Korytkowska H., Wilkanowska A. Effect of different feeding regimens for game pheasants on carcass composition, fatty acid profile and mineral content of meat. *Europ Poult Sci.* 2014;78:1-11. URL: https://www.researchgate.net/publication/286644524_Effect_of_different_feeding_regimens_for_game_pheasants_on_carcass_composition_fatty_acid_profile_and_mineral_content_of_meat

13. Djekic V., Mitrovic S., Milovanovic M., Djuric N., Kresovic B., Tapanarova A., Djermanovic V., Mitrovic M. Implementation of triticale in nutrition of non-ruminant animals. *Afr J Biotechnol.* 2011;10(30):5697-5704. URL: https://www.researchgate.net/publication/258540904_Implementation_of_triticale_in_nutrition_of_non-ruminant_animals
14. Villegas U., Bauer R. *Soderzhanie belka i lizina u uluchshennykh form tritikale*. [Protein and lysin content in improved triticale forms]. *V sb.: Triticale – pervaya zernovaya kul'tura, sozdannaya chelovekom*. [In collection: Triticale is the first grain crop developed by a man]. Moscow: Kolos, 1978. pp. 162-167.
15. Grabovets A. I., Krokmal A. V., Dremucheva G. F., Karchevskaya O. E. Breeding triticale for the baking purpose. *Russian agricultural sciences.* 2013;39(3):197-202. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068367413030087>
16. Shchipak G. V. *Tritikalei pshenitsya: selektsiya na adaptivnost', urozhaynost', yakist'*. [Triticalei pshenitsya: breeding for adaptability, yield, yakist']. Kiiv: ATOPOL, 2019. 467 p.
17. Krupnova O. V. *O vzaimosvyazi urozhaynosti s soderzhaniiem belka v zerne u zernovykh i bobovykh kul'tur (obzor literatury)*. [About relationships between the grain yield and grain protein in cereals and legumes (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology.* 2009;44(3):13-23. (In Russ.).
18. Gebre Mariam H., Larter E. N. Genetic response to index selection for grain yield, kernel weight and per cent protein in four wheat crosses. *Plant Breed.* 1996;115(6):459-464. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1439-0523.1996.tb00957.x>
19. Fowler D. B. Crop nitrogen demand and grain protein concentration of spring and winter wheat. *Agr. J.* 2003;95(2):260-265. URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2134/agronj2003.2600>
20. Asseng S., Milroy S. P. Simulation of environmental and genetic effects on grain protein concentration in wheat. *Eur. J. Agronomy.* 2006;25(2):119-128. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030106000438>

Сведения об авторах

Сергей Николаевич Пономарев, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, ТатНИИСХ ФИЦ Казанский научный центр РАН, ул. Оренбургский тракт, д. 48, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация, 420059, e-mail: tatniva@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8898-4435>

✉ **Мира Леонидовна Пономарева**, профессор, доктор биол. наук, главный научный сотрудник, ТатНИИСХ ФИЦ Казанский научный центр РАН, ул. Оренбургский тракт, д. 48, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация, 420059, e-mail: tatniva@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1648-3938>, e-mail: smponomarev@yandex.ru

Гульназ Сулеймановна Маннапова, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ТатНИИСХ ФИЦ Казанский научный центр РАН, ул. Оренбургский тракт, д. 48, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация, 420059, e-mail: tatniva@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9097-783X>

Любовь Валентиновна Илалова, научный сотрудник, ТатНИИСХ ФИЦ Казанский научный центр РАН, ул. Оренбургский тракт, д. 48, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация, 420059, e-mail: tatniva@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7654-7676>

Information about the authors

Sergey N. Ponomarev, Doctor of Agricultural Science, chief researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 48, Orenburgsky Trakt St., Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation, 420059, e-mail: tatniva@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8898-4435>

✉ **Mira L. Ponomareva**, Professor, Doctor of Biological Science, chief researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 48, Orenburgsky Trakt St., Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation, 420059, e-mail: tatniva@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1648-3938>, e-mail: smponomarev@yandex.ru

Gulnaz S. Mannapova, Ph.D. in Agricultural Science, leading researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 48, Orenburgsky Trakt St., Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation, 420059, e-mail: tatniva@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9097-783X>

Lyubov V. Ilalova, researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 48 Orenburgsky Trakt St., Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation, 420059, e-mail: tatniva@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7654-7676>

✉ – Для контактов / Corresponding author