

Литература

1. ГОСТ Р 50817-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.
2. Грабовец, А.И. Озимая пшеница: монография / А.И. Грабовец, М.А. Фоменко; под ред. А.И. Грабовеца. – Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «Юг», 2007. – 600 с.
3. Шишлова, Н.П. Миксографический анализ теста из муки озимого тритикале / Н.П. Шишлова // Физиология растений и генетика. – 2016. – Т. 48, № 6. – С. 488-497.
4. Шишлова, Н. П. Технологические и физико-химические показатели озимого тритикале в сравнении с мягкой пшеницей / Н. П. Шишлова, В. Н. Буштевич, В. Н. Безлюдный // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 3 (106). – С. 10-14.
5. Шишлова, Н.П. Характеристика хлебопекарного потенциала озимого тритикале по результатам лабораторной выпечки / Н.П. Шишлова, В.Н. Буштевич [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: Сб. науч. тр. – 2017. – Вып. 53. – С. 181-189.
6. Шишлова, Н.П. Физиолого-биохимические основы продуктивности и качества тритикале: монография / Н.П. Шишлова. – Минск: Беларус. навука, 2018. – 201 с.
7. Klasifikator x Triticale Müntzing. – Praha: [б. и.], 1981. – 33 p.
8. Rudnicki, F. Breeding progress of winter triticale in years 1982-2012: I. Yield and some of grain characteristics / F. Rudnicki // Biuletyn IHAR. – 2014. – N 273. – P. 17-33.
9. Rudnicki, F. Breeding progress of winter triticale in years 1982-2012: II. Resistance to biotic and abiotic stresses / F. Rudnicki // Ibid. – 2014. – N 273. – P. 35-53.

RELATIONSHIP BETWEEN MORPHO-PHYSIOLOGICAL CHARACTERS, BIOMETRICAL PARAMETERS, YIELD AND QUALITY OF WINTER TRITICALE GRAIN

N.P. Shishlova, V.N. Bushtevich, V.N. Bezludny

The paper presents the results of the analysis of morpho-physiological and physical-chemical indicators of 17 varieties and prospective variety accessions of winter triticale for 2017-2018. The assessment of genotypic variance of quantitative characters has identified a great differentiation of accessions in respect of the period of ear formation, type of tuft, awn length, grain form and surface, and crude gluten content. The rate of coherence of indicators and their contribution to the formation of winter triticale yield have been evaluated with the use of correlation analysis.

УДК 581.2+577.21

УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ PR-БЕЛКОВ И УСТОЙЧИВОСТЬ К ПАТОГЕНАМ СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

М.С. Радюк¹, канд. биол. наук, Е.В. Вязов¹, канд. биол. наук, С.И. Гордей², канд. биол. наук, И.В. Сацюк², канд. с.-х. наук, Н.В. Шалыго¹, доктор биол. наук, член-корр. НАН Беларуси

¹Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси

²РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 01.03.2019)

Рецензент: Урбан Э.П., член-корреспондент НАН Беларуси

Аннотация. В проростках селекционных сортов озимой пшеницы с различной устойчивостью к патогенам изучен конститутивный уровень экспрессии генов PR-белков: тауматин-подобного белка (TLP), пероксидазы III (TaPero), хитиназы (Chitin) и β -1,3-глюканазы (Glucan). Выявлен сортотип (CW), который характеризовался повышенной

устойчивостью к мучнистой росе и септориозу листьев, что было обусловлено высокими уровнями экспрессии генов *TLP*, *Glucan*, *TaPero* и *Chitin*. Сортообразец *CW* характеризуется также высокой урожайностью и передан в Госсортоиспытание РБ в качестве нового сорта с названием НППЦ5.

Введение. В климатических условиях Беларуси наиболее проблемными заболеваниями озимой пшеницы все чаще становятся мучнистая роса и септориоз листьев. Известно, что в ответ на грибковую инфекцию в растениях увеличивается экспрессия многих генов, в том числе генов, кодирующих белки, связанные с патогенезом – pathogenesis-related proteins (PR-белки) [1]. Наши исследования, выполненные на ячмене, показали, что существует прямая связь между содержанием PR-белков (тионинов), а также способностью растений к их накоплению и устойчивостью проростков ячменя к заражению патогенами. При этом выявленная зависимость характеризовалась сортоспецифичностью [2].

К настоящему времени насчитывают 18 семейств PR-белков, различающихся по структуре и функциям [1]. В озимой пшенице обнаружены PR-белки, важнейшими из которых являются: тауматин-подобные белки (PR-5), лизирующие споры грибов [3, 4]; пероксидаза III (PR-9), способствующая укреплению клеточных стенок [5]; хитиназы (PR-3, PR-4, PR-8, PR-11), гидролизующие хитин грибов [6, 7]; β -1-3 глюканаза (PR-2), расщепляющая глюканы грибов [6, 8]; ингибиторы протеиназ (PR-6), способные эффективно подавлять активность протеиназ грибов и насекомых [9]; оксалатоксидаза или гермин (PR-16), который может генерировать пероксид водорода и тем самым участвовать в защите растений от патогенов [10], а также липид-переносающий белок (PR-14), увеличивающий проницаемость плазматических мембран грибов [11].

Устойчивость озимой пшеницы к мучнистой росе в значительной степени определяется экспрессией генов тауматин-подобного белка [4] и пероксидазы III [12]. В пользу этого свидетельствуют также наши данные, представленные в работах [13, 14]. Устойчивость озимой пшеницы к септориозу согласно литературным данным формируется хитиназой и глюконазой [7, 8], что также согласуется с нашими данными [14].

Целью настоящей работы является анализ уровней экспрессии генов PR-белков для выявления перспективных селекционных сортообразцов с повышенной устойчивостью к патогенам (мучнистой росе и септориозу листьев).

Объекты и методы исследования. Объектом исследования были проростки озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта *Элегия* (стандарт) и 11 селекционных сортообразцов (ЭW, KW, CW, ПСИ17№6, ПСИ17№11, ПСИ17№27, ПСИ17№34, ПСИ16№2, ПСИ17№3, ПСИ16№6, ПСИ16№12). Проростки выращивали при температуре 22 °С в режиме 10 ч темноты и 14 ч света, используя люминесцентные лампы ЛД-40, 130 мкМ·м⁻²·с⁻¹. Закладка полевых опытов проводилась на дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхло супесчаной почве с содержанием гумуса 2,02-2,53%, фосфора 153-257 мг/кг почвы, калия 242-289 мг/кг и pH почвы 5,86-6,2. Обеспеченность микроэлементами составила: Са (1282 мг), Mg (272 мг), В (0,51 мг), Cu (1,6 мг), Zn (2,1 мг). Предшественник –

озимый рапс на зерно. Обработка почвы, посев и уход за посевами осуществлялись в соответствии с агротехникой, принятой для возделывания озимой пшеницы в Беларуси.

Для определения уровня экспрессии генов, кодирующих PR-белки, из листьев 7-дневных проростков озимой пшеницы выделяли общую РНК с помощью реагента TRIzolTM (AppliChem, Германия) по протоколу фирмы. Для получения кДНК на матрице РНК использовали реакцию обратной транскрипции. Реакцию проводили по стандартному протоколу фирмы с помощью набора реагентов RevertAidTM H Minus First Strand DNA Synthesis Kit (Thermo Scientific, Литва). Расчет и дизайн праймеров проводили в программе Vector NTI, используя базу данных Nucleotide (NCBI). Праймеры для гена-нормализатора *18SrRNA* взяты из литературного источника [15]. Олигонуклеотидные праймеры (таблица 1) были синтезированы в Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси. Условия амплификации для праймеров были подобраны экспериментально и представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Нуклеотидная последовательность прямых (F) и обратных (R) праймеров и размер специфичных им продуктов амплификации

PR-белок	Гены	Нуклеотидная последовательность, 5'-3'	Продукт, п.н.
Хитиназа	<i>Chitin</i>	F-TAAGACGGCGTTGTGGTTCT	152
		R-GCCACCGTTGATGATGTTG	
β-1-3 глюканаза	<i>Glucan</i>	F-TGCTTCCATGTTTGCCGTTG	151
		R-GTTGATGCCCTTGGACCTGT	
Тауматин-подобный белок	<i>TLP</i>	F-GCACCCAGGACTTCTACGAC	190
		R-GGGCAGAAGGTGATCTGGTA	
Пероксидаза III	<i>TaPero</i>	F-CGTCTGTTTGTCTGTCTGGC	170
		R-GAGGGCTACAACGGAGTCAC	
18S рибосом. РНК	<i>18SrRNA</i>	F-ATGATAACTCGACGGATCGC	149
		R-CTTGGATGTGGTAGCCGTTT	

Таблица 2 – Условия ПЦР-анализа с праймерами для PR-белков и гена-нормализатора *18SrRNA*

Гены	Температура отжига праймеров	Количество циклов ПЦР	Концентрация праймеров
<i>Tlp</i>	62,0	40	10 пмоль
<i>TaPero</i>	56,0	40	10 пмоль
<i>Chitin</i>	56,5	40	10 пмоль
<i>Glucan</i>	59,7	40	10 пмоль
<i>18SrRNA</i>	55,0	30	5 пмоль

ПЦР проводили в режиме реального времени с использованием термоциклера C1000 Touch Thermal Cycler с оптическим реакционным модулем CFX96, Bio-Rad Laboratories. Реакционная смесь ПЦР содержала 5,0 мкл SsoAdvancedTM

Universal SYBR Green Supermix (BioRad), 10 пмоль праймеров, 0,7 мкл кДНК и воду свободную от нуклеаз до суммарного объема 10 мкл. Реакцию проводили согласно протоколу: предварительная денатурация – при 98 °C, 30 с; плавление – при 98 °C, 15 с; отжиг – при 55-65 °C, 30-40 циклов. Уровни экспрессии генов PR-белков нормализовали по экспрессии гена-нормализатора *18SrRNA*. В качестве стандарта (1,0) брали экспрессию PR-белков в проростках сорта *Элегия*.

В работе представлены данные трех независимых опытов со статистической обработкой результатов в программе SigmaPlot 12.5.

Результаты и их обсуждение. В проростках селекционных сортообразцов озимой пшеницы проведен сопоставительный анализ уровней экспрессии генов *Tlp*, *TaPero*, *Glucan*, *Chitin* и устойчивости растений к мучнистой росе и септориозу листьев. Используемые в работе селекционные сортообразцы делили на несколько групп. В первую группу вошли проростки образцов, которые при выращивании в полевых условиях имели признаки поражения мучнистой росой: ПСИ16№2 и ПСИ17№3 с баллом пораженности мучнистой росой равным 3 по шкале Саари и Прескотта (чем меньше балл, тем больше устойчивость растений к заболеванию). В эту группу входил и сорт *Элегия* (стандарт), пораженность которого мучнистой росой составила 3 балла. Ко второй группе были отнесены сортообразцы с баллом пораженности мучнистой росой 0 и 1: CW, ПСИ17№6, ПСИ17№11, ПСИ17№27, ПСИ17№34, ПСИ16№6, ПСИ16№12. Результаты анализа представлены в таблице 3.

Как видно из представленных данных, практически все изученные сортообразцы отличались от контроля (сорт *Элегия*) повышенным конститутивным уровнем экспрессии как генов *Tlp* и *TaPero*, формирующих устойчивость растений к мучнистой росе [4, 12], так и генов *Glucan* и *Chitin*, формирующих устойчивость растений к септориозу листьев [7, 8]. Наиболее высокие конститутивные уровни экспрессии генов *Tlp*, *TaPero* зарегистрированы для сортообразцов CW и ПСИ16№6, которые имели низкие баллы пораженности мучнистой росой – 0 и 1 соответственно. Так, конститутивный уровень экспрессии генов *Tlp* и *TaPero* превышал стандарт в 26 и 8 раз (CW) и в 40 и 82 раза (ПСИ16№6) соответственно. При этом сортообразец CW, наряду с отсутствием признаков заболевания мучнистой росой имел более высокую урожайность при использовании как обычной, так и интенсивной технологий выращивания по сравнению с сортообразцом ПСИ16№6. Обращают на себя внимание также образцы ПСИ17№11 и ПСИ17№34. Они не поражались в полевых условиях мучнистой росой. Конститутивный уровень экспрессии гена *Tlp* в них превышал стандарт в 14 и 10 раз, возрастание экспрессии гена *TaPero* было менее выражено и превышало стандарт только в 4 и 6 раз соответственно. Кроме того, по урожайности сортообразцы ПСИ17№11 и ПСИ17№34 уступали образцу CW (см. таблицу 3). Следует отметить, что сортообразцы с поражением в полевых условиях мучнистой росой, равным 3 балла, имели практически на порядок более низкий конститутивный уровень экспрессии гена *Tlp* и *TaPero*.

Наиболее высоким конститутивным уровнем экспрессии гена *Glucan* характеризовались сортообразцы CW, ПСИ17№11, ПСИ17№34 и особенно ПСИ16№6 (превышение над стандартом составило 22, 17 и 150 раз соответ-

Таблица 3 – Относительные уровни экспрессии генов *Tlr*, *TaPero*, *Glucan* и *Chitin* в 7-дневных проростках селекционных сортов озимой пшеницы, балл пораженности мучнистой росой и урожайность селекционных сортов-разнов озимой пшеницы, выращенных по обычной и интенсивной технологиям

Сортообразец	Уровни экспрессии генов, отн. ед.				Балл пораженности мучнистой росой	Урожайность, ц/г	
	<i>Tlr</i>	<i>TaPero</i>	<i>Glucan</i>	<i>Chitin</i>		Обычная технология	Интенсивная технология
Элегия	1,0±0,1	1,0±0,5	1,0±0,6	1,0±0,5	3	56,9	60,6
ПСИ16№2	5,5±0,4	4,5±2,2	10,9±2,6	1,7±0,3	3	64,1	71,9
ПСИ16№3	3,3±0,2	3,6±1,5	4,7±1,9	0,1±0,2	3	62,0	70,2
СВ	26,1±7,3	8,0±2,6	21,5±8,0	4,5±2,1	0	73,5	77,9
ПСИ17№6	3,4±0,1	3,5±0,2	3,5±0,3	4,1±0,4	1	76,1	81,6
ПСИ17№11	13,7±2,7	4,3±0,8	16,7±3,8	3,5±1,4	0	70,1	74,5
ПСИ17№27	4,2±0,3	2,0±0,4	7,8±2,3	1,9±0,6	1	80,1	74,0
ПСИ17№34	10,4±1,5	6,0±0,8	17,5±7,0	1,9±0,6	0	79,7	76,8
ПСИ16№6	39,9±9,2	81,5±26	149,7±48,0	6,4±1,9	1	64,5	75,3
ПСИ16№12	0,5±0,9	2,0±0,9	11,7±7,2	1,4±0,7	0	54,7	70,1

За 1,0 принят уровень экспрессии генов в проростках сорта Элегия

венно). Различия в конститутивных уровнях экспрессии гена *Chitin* между сортообразцами было менее выражено. В этом случае превышение над стандартом составило 5, 4, 2 и 6 раз для сортообразцов CW, ПСИ17№11, ПСИ17№34 и ПСИ16№6 соответственно. Изученные в этих группах сортообразцы не были ранжированы по устойчивости к септориозу листьев. Основываясь на полученных нами результатах и литературных данных, мы могли предположить, что образцы CW, ПСИ17№11, ПСИ17№34 и ПСИ16№6 будут иметь повышенную устойчивость к септориозу листьев, а для сопоставительного анализа устойчивости растений к септориозу и конститутивных уровней экспрессии генов, кодирующих PR-белки (*Tlp*, *TaPero*, *Glucan* и *Chitin*), мы изучили группу сортообразцов озимой пшеницы с различной устойчивостью к септориозу. В эту группу вошли сорт *Элегия* (контроль, балл пораженности септориозом 4) и 3 сортообразца – KW, ЭW и CW с баллом пораженности септориозом листьев 6, 2 и 0 соответственно (таблица 4).

Таблица 4 – Экспрессии генов *Tlp*, *TaPero*, *Glucan*, *Chitin* и балл пораженности септориозом сортообразцов озимой пшеницы

Сорто-образец	Конститутивные уровни экспрессии генов, отн. ед.				Балл пораженности септориозом
	<i>Tlp</i>	<i>TaPero</i>	<i>Glucan</i>	<i>Chitin</i>	
Элегия	1,0±0,1	1,0±0,5	1,0±0,6	1,0±0,5	4
KW	6,1±2,2	2,3±1,1	3,0±1,6	2,3±1,4	6
ЭW	9,9±2,7	3,0±1,1	9,3±4,0	0,7±0,2	2
CW	26,1±7,3	8,0±2,6	21,5±8,0	4,5±2,1	0

Оказалось, что у устойчивого к септориозу листьев сортообразца CW конститутивный уровень экспрессии генов *Glucan* и *Chitin* значительно превышал данный показатель, зарегистрированный у подверженных этому заболеванию сортообразцов. Полученные результаты указывают на то, что одновременный анализ 4-х генов – *Tlp*, *TaPero*, *Glucan* и *Chitin* может выявить селекционный материал с повышенной устойчивостью к мучнистой росе и септориозу. При этом у устойчивых сортообразцов конститутивный уровень экспрессии гена *Tlp* должен превышать стандарт не менее чем в 10 раз, гена *TaPero* – в 8 раз, гена *Glucan* – в 16 раз и гена *Chitin* – в 4 раза.

Выводы

1. Среди изученных сортообразцов, представленных в таблицах 3 и 4, образец CW (селекционный номер 1363) имеет высокий уровень экспрессии генов *Tlp*, *TaPero*, *Chitin* и *Glucan*, что сочетается с его повышенной устойчивостью к мучнистой росе и септориозу листьев, а также высокой урожайностью (на 16,6-17,3 ц/га выше контрольного сорта *Элегия*). Этот сортообразец передан в Госсортоиспытание РБ в качестве сорта под названием НПЦ 5.

2. Полученные результаты указывают на то, что конститутивные уровни экспрессии генов *Tlp*, *TaPero*, *Chitin* и *Glucan*, кодирующих PR-белки – тауматин-подобный белок, пероксидазу III, хитиназу и глюконазу, могут быть ис-

пользованы в селекционном процессе для выявления сортообразцов, устойчивых к мучнистой росе и септориозу листьев соответственно. В принципе для выявления селекционного материала с повышенной устойчивостью к указанным выше патогенам достаточно провести анализ конститутивных уровней экспрессии только 2-х генов – *Tlr* и *Glucan*, экспрессия которых у устойчивых растений значительно выше по сравнению с неустойчивыми к мучнистой росе и септориозу образцами.

Литература

1. Van Loon, L.C. Significance of inducible defense-related proteins in infected plants / L.C. van Loon, M. Rep, C.M. Pieterse // *Annual Review of Phytopathology*. – 2006. – V. 44. – P. 135–162.
2. Влияние неблагоприятных факторов внешней среды на содержание антимикробного белка тионина в проростках ячменя (*Hordeum vulgare*) / М.С. Радюк [и др.] // *Весті НАН Беларусі. Сер.біял. навук.* – 2014. – № 4. – С. 50–53.
3. Absciscic acid- and cold-induced thaumatin-like protein in winter wheat has an antifungal activity against snow mould, *Microdochium nivale* / C. Kuwabara[et al.] // *Physiologia Plantarum*. – 2002. – V. 115, N. 1. – P. 101–110.
4. Transformation of wheat thaumatin-like protein gene and analysis of reactions to powdery mildew and fusarium head blight in transgenic plants / L. P. Xing [et al.] // *ActaAgronomicaSinica*. – 2008. – V. 34, N 3. – P. 349–354.
5. Simonetti, E. Chromosomal location of four genes encoding Class III peroxidases in wheat. / E.Simonetti, E. Alba, A. Delibes // *FYTON*. – 2012. – V. 81. – P. 139–142.
6. Disease development and PR-protein activity in wheat (*Triticum aestivum*) seedlings treated with plant extracts prior to leaf rust (*Puccinia tritica*) infection. /M.E. Cawood [et al.] // *Crop Protection*. – 2010. – V. 29, N 11. – P. 1311–1319.
7. Structural and functional analysis of chitinase gene family in wheat (*Triticum aestivum*) /A.K. Mishra [et al] // *Indian Journal of Biochemistry & Biophysics*. – 2015. – V. 52, №2. – P. 169–78.
8. Effects of β -1,3-glucan from *Septoria tritici* on structural defence responses in wheat / N. P. Shetty [et al] // *Journal Experimental Botany*. – 2009. – V. 60, N. 15. – P. 4287–4300.
9. Валуева, Т.А. Роль ингибиторов протеаз в защите растений / Т.А. Валуева, В.В.Мосолов // *Успехи биологической химии*. – 2002. – Т. 42. – С. 193–216.
10. Schweizer, P. Transient expression of members of the germin-like gene family in epidermal cells of wheat confers disease resistance / P. Schweizer, A. Christoffel, R. Dudler // *Plant Journal*. – 1999. – V. 20. – N 5. – P. 541–552.
11. Assessment of lipid transfer Protein (LTP1) gene in wheat *Powdery mildew* resistance /C.-S. Meng [et al]// *Agricultural Sciences in China*. – 2006. – V. 5, N 4. – P. 241–249.
12. Profiling of wheat class III peroxidase genes derived from powdery mildew-attacked epidermis reveals distinct sequence-associated expression patterns/ G. Liu [et al]// *Mol Plant Microbe Interact*. – 2005– V. 18, N 7. – P. 730–741.
13. Радюк, М.С. Тауматин-подобный белок и оксалактоксидаза как маркеры устойчивости озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к мучнистой росе (*Erysiphe graminis*) / М.С. Радюк [и др.] // *Доклады НАН Беларуси*. – 2017. – Т. 61. № 6. – С. 73–79.
14. Радюк, М.С. Особенности экспрессии генов PR-белков в проростках озимой пшеницы с различной устойчивостью к патогенам / М.С. Радюк [и др.] // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: тез. докл. Межд. науч.конф.; 27–29 июня 2018 г., г. Минск. – Минск, 2018. – С. 36.
15. Expression analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) during salinity stress / H. Walia [et al]// *Functional & Integrative Genomics*. – 2006. – V. 6, N 2. – P. 143–156.

EXPRESSION LEVEL OF PR-PROTEIN GENES AND RESISTANCE TO PATHOGENS OF SELECTION VARIETIES OF WINTER WHEAT

M.S. Radyuk, Y.V. Viazau, S.I. Hardzei, I.V. Satsyuk, N.V. Shalygo

Studied is the constitutive level of PR-protein genes expression of winter wheat selection varieties with different resistance to pathogens: thaumatin-like protein (TLP), class III peroxidase (TaPero), chitinase (Chitin) and β -1,3-glucanase (Glucan). Identified is the variety CW with a high resistance to powdery mildew and speckled leaf blotch, what is caused by high expression levels of TLP, Glucan, TaPero and Chitin genes. The variety CW is also characterized by high yield and has been submitted to the State Variety Trial of Belarus as a new variety called NPC 5.

УДК 633.112.9«321»:631[526.32+527]

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЛЛЕКЦИИ СОРТОВ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО

С.И. Гриб, доктор с.-х. наук, В.Н. Бушневич, Е.И. Позняк,

кандидаты с.-х. наук, Н.М. Петренко, В.А. Бандарчук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила в печать 19.02.2019)

Рецензент: Урбан Э.П., член-корреспондент НАН Беларуси

Аннотация. Приведены результаты изучения 39 сортов коллекции тритикале озимого различного эколого-географического происхождения по основным хозяйственно полезным признакам, с целью определения критериев отбора источников в селекции на высокую продуктивность при помощи кластерного анализа данных посредством метода Варда с использованием программы Statistica 10.

Введение. Отличительной особенностью тритикале является то, что по сравнению с другими зерновыми культурами оно наиболее полно проявляет свои преимущества на широко распространенных в Беларуси, характеризующихся относительно невысоким плодородием, легких дерново-подзолистых почвах [1].

В связи с тем, что тритикале занимает определенную нишу в структуре посевных площадей, перед селекционерами стоит важнейшая задача: стабилизация высокого генетического потенциала урожайности, повышение экологической адаптивности и устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды, а также улучшение качества зерна и хлебопекарных свойств культуры [1, 2].

В настоящее время селекционеры в своей работе для комплексной оценки гибридного материала стали применять методы многомерной статистики [3]. Наиболее перспективным из них является кластерный анализ, который уже нашел свое широкое применение во многих отраслях науки и техники. Главной целью данного метода является нахождение групп схожих объектов в выборке для содержательного описания различий между ними [4].

Методика и условия проведения исследований. Оценку 39 наиболее продуктивных сортов коллекции тритикале озимого из Беларуси, России, Украины и Польши проводили в 2016-2018 гг. в РУП «Научно-практический