

ВЫЯВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К СЕПТОРИОЗУ У ГЕНОТИПОВ ОЗИМЫХ ТРИТИКАЛЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВЫ

IDENTIFICATION OF SOURCES OF RESISTANCE TO SEPTORIA IN GENOTYPES OF WINTER TRITICALE IN NATURAL FIELD CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Сашко Е.Ф., Веверицэ Е.К., Лятамборг С.И.

Институт генетики, физиологии и защиты растений, Республика Молдова

МД-2002, г. Кишинёв, ул. Пэдурий 20

тел. (373-22)77-04-77, факс (373-22)55-61-80

E-mail: elenasasco5@gmail.com

Приведены результаты изучения наследования фенотипической реакции у реципрокных F_1 и F_2 гибридов озимых тритикале (*x Triticosecale* Wittm.) на естественном инфекционном фоне на септориоз в климатических условиях Республики Молдова. Целью данной работы было выявление источников устойчивости к септориозу среди хорошо адаптированных генотипов местных тритикале и изучение генетического контроля признака. Реакция реципрокных F_1 и F_2 гибридов на поражаемость септориозом варьировала соответственно в пределах 0,1–3,1 балла и 0–2,8 балла. Установлено, что устойчивость тритикале к *Septoria tritici* может быть как доминантной, так и рецессивной, в зависимости от реакции родительских генотипов и направленности скрещивания. Сверхдоминирование резистентности к *S. tritici* проявилось у гибридов F_1 от реципрокного скрещивания устойчивых генотипов (Podoima/Talovscaia 12 и Ingen 40). В менее благоприятных для развития болезни климатических условиях (2017 г.) у гибридов F_2 , полученных от скрещиваний генотипов Podoima/Talovscaia 12, Ingen 40 и Ingen 93, наблюдалась толерантность. Достоверная положительная корреляция ($r = 0,52$, $p < 0,05$) установлена между степенями поражаемости, проявленной у F_1 и F_2 гибридов. При создании устойчивых к септориозу сортов и линий озимых тритикале рекомендовано использовать адаптированные и менее поражаемые на естественном инфекционном фоне доноры устойчивости Ingen 40 и Podoima/Talovscaia 12.

Ключевые слова: генотип, озимые тритикале, реципрокные скрещивания, гибриды F_1 , F_2 , септориоз, устойчивость, степень доминирования.

Для цитирования: Сашко Е.Ф., Веверицэ Е.К., Лятамборг С.И. ВЫЯВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К СЕПТОРИОЗУ У ГЕНОТИПОВ ОЗИМЫХ ТРИТИКАЛЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВЫ. *Аграрная наука*. 2019; (1): 48–52.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-48-52>

Среди зерновых культур в обеспечении населения земного шара продуктами питания особое место отводится тритикале. Первая искусственно созданная зерновая культура получена при отдаленной гибридизации пшеницы с рожью. Амфидиплоид тритикале хорошо сочетает в себе ценные признаки и свойства, присущие ржи (высокая экологическая пластичность) и пшенице (урожайность, качество зерна). Тритикале обладает ценными хозяйственно-биологическими свойствами: высокой урожайностью, устойчивостью к засухе и болезням, хорошей зимостойкостью, высокой устойчивостью к полеганию. Тритикале характеризуется высокой адаптивностью, часто дает более высокие урожаи, чем другие зерновые культуры, особенно в неблагоприятных условиях окружающей среды [2, 6].

Разработанные и экспериментально апробированные методы и схемы использования внутривидовой и

Sashco E.F., Veveritse E.C., Leatamborg S.I.

Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection Republic of Moldova

Kishinev, R. Moldova

E-mail: elenasasco5@gmail.com

Presented are the results of studying the inheritance of the phenotypic reaction in reciprocal F_1 and F_2 winter triticale hybrids (*x Triticosecale* Wittm.) on a natural infectious background for septoria in climatic conditions of the Republic of Moldova are presented. The aim of this work was to identify sources of resistance among the genotypes of local triticale that are well adapted to septoria and study of the genetic control of the trait. The reaction of reciprocal F_1 and F_2 hybrids on susceptibility of septoria varied in the range of 0.1–3.1 points and 0–2.8 points, respectively. It has been established that the resistance of triticale to *Septoria tritici* can be both dominant and recessive, depending on the response of the parental genotypes and the direction of the crossing. The overdominance of *S. tritici* resistance was manifested in F_1 hybrids from reciprocal crossing of resistant genotypes (Podoima/Talovscaia 12 and Ingen 40). In the less favorable climatic conditions for the development of the disease (2017), F_2 hybrids obtained from crosses of the Podoima/Talovscaia 12, Ingen 40 and Ingen 93 genotypes manifested tolerance. A significant positive correlation ($r = 0.52$, $p < 0.05$) was established between the degrees of susceptibility shown in F_1 and F_2 hybrids. When creating varieties resistant to septoria and winter triticale lines, it is recommended to use adapted and less affected against the natural infectious background resistance donors Ingen 40 and Podoima/Talovscaia 12.

Keywords: Genotypes, winter triticale, reciprocal combination, hybrids F_1 , F_2 , leaf septoriosis, resistance, degree of dominance.

For citation: Sashco E.F., Veveritse E.C., Leatamborg S.I. IDENTIFICATION OF SOURCES OF RESISTANCE TO SEPTORIA IN GENOTYPES OF WINTER TRITICALE IN NATURAL FIELD CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA. *Agrarian science*. 2019; (1): 48–52. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-48-52>

межвидовой гибридизации в селекции тритикале позволили получить исходный материал на широкой генетической основе [2, 8]. При этом внутривидовая гибридизация является одним из наиболее эффективных способов создания новых сортов тритикале в практической селекции. Так, в экологических условиях Турции гетерозис проявился по большинству показателей продуктивности яровых тритикале [9].

В климатических условиях Румынии превосходные производственные показатели сортов тритикале по сравнению с другими зерновыми обусловлены лучшей устойчивостью к мучнистой росе (*Erysiphe graminis*), ржавчине (*Puccinia* spp.) и септориозу (*Septoria tritici*). Тритикале обладает высокой устойчивостью к токсичности ионов алюминия по сравнению с пшеницей и ячменем, характеризуется более высокой устойчивостью к полеганию, что определяет продуктивные пре-

имущества по сравнению с рожью [8]. Фитосанитарный мониторинг образцов тритикале разного эколого-географического происхождения по признаку устойчивости к основным патогенам в Северо-Западном регионе Российской Федерации (бурая и желтая ржавчина, септориоз, мучнистая роса) позволил обнаружить самую сильную связь между происхождением тритикале и развитием септориоза. Септориоз в большей степени наблюдается на тритикале российской селекции и в меньшей — на образцах, полученных из европейской части бывшего СССР [4]. На посевах зерновых культур в Республике Беларусь и в Польше септориоз является доминирующей болезнью, и интенсивность его проявления связана с климатическими условиями среды. Возбудители этой болезни — некротрофные грибы: *S. tritici*, поражающие лист, и *Stagnospora nodorum*, поражающие колос и листья [3, 7].

Среди самых распространенных и вредоносных болезней на культуре тритикале в Республике Молдова выделяются фузариозы, а также ржавчина и септориоз. Установлено, что устойчивость к септориозу наследуется как по доминантному, так и по рецессивному типу. Фенотипическая вариабельность степени поражаемости септориозом (*Septoria tritici*) детерминирована генетическими факторами, которые определены аддитивными эффектами. Устойчивость к септориозу находится, в основном, под олигогенным контролем [5].

Целью данных исследований было изучение наследования устойчивости к септориозу у F_1 и F_2 гибридов озимых тритикале и идентификация эффективной донорской способности адаптированных родительских генотипов в условиях натуральной инфекции.

Объектом исследований являлись поколения F_1 и F_2 реципрокных гибридов, полученных методом внутривидовой гибридизации, а также хорошо адаптированные родительские генотипы озимых тритикале. Опыты проводили в полевых условиях (2015–2017 гг.). Отметим, что 2017 год был менее благоприятным для развития возбудителя септориоза (*S. tritici*). Фенотипическую оценку реакции растений тритикале на септориоз проводили в фазе молочно-восковой спелости на основе площади, занятой уредопустулами или пятнами на фланговом листе по шкале RR, R, MR, MS, S (0–5 балла). Степень доминирования устойчивости вычисляли по Брюейкеру [1].

Статистическую обработку данных проводили в программах STATISTICA 7.

В условиях 2015 года были проведены реципрокные скрещивания, в которых в качестве родительских форм использовались генотипы тритикале с разной степенью поражаемости септориозом. В таблице 1 представлены данные по устойчивости родительских генотипов к сеп-

Таблица 1.

Реакция родительских форм тритикале на поражаемость септориозом (балл)

Генотипы	2016 г.		2017 г.	
	Степень поражаемости	Реакция генотипа	Степень поражаемости	Реакция
Podoima /Talovscaia 12	0,7	RR	0	RR
Ingen 40	1,2	R	0	RR
Canar x (AD 467/Bogo)	3,5	MS	2,9	MR
Ingen 35/Moldova 5	3,6	MS	2,8	MR
Ingen 93	3,6	MS	0	RR

Таблица 2.

Завязываемость семян (F_0) у внутривидовых реципрокных скрещиваний

Комбинации	Завязываемость зерен, %	
Podoima/Talovscaia 12 x Ingen 40	65,8	147,5
Ingen 40 x Podoima/Talovscaia 12	44,6	
Podoima/Talovscaia 12 x (Canar x AD 467/Bogo)	36,5	201,7
(Canar x AD 467/Bogo) x Podoima/Talovscaia 12	18,1	
Podoima/Talovscaia 12 x Ingen 35/Moldova 5	31,6	141,7
Ingen 35/Moldova 5 x Podoima/Talovscaia 12	22,3	
Podoima/Talovscaia 12 x Ingen 93	45,5	
Ingen 93 x Podoima/Talovscaia 12	57,8	127,0
Ingen 40 x (Canar x AD 467/Bogo)	48,8	
(Canar x AD 467/Bogo) x Ingen 40	48,2	
Ingen 40 x Ingen 35/Moldova 5	16,7	
Ingen 35/Moldova 5 x Ingen 40	43,9	262,9
Ingen 40 x Ingen 93	72,2	382,0
Ingen 93 x Ingen 40	18,9	
Среднее	40,8	210,5

ториозу. Более низкая степень поражаемости тритикале в 2017 году связана с менее благоприятными условиями для развития возбудителя септориоза.

Установлено, что завязываемость семян F_0 варьировала в широком диапазоне — 72,2–18,1%. В зависимости от родительских форм и направленности скрещивания разница данного признака между реципрокными гибридами составляла от 127,0% до 382,0%. Выявлено сильное влияние генотипов Podoima/Talovscaia 12 и Ingen 40 на завязываемость семян (табл. 2).

Реакция реципрокных F_1 и F_2 гибридов на поражаемость септориозом была дифференцированной и варьировала соответственно в пределах 0,1–3,1 балла и 0–2,8 балла в условиях 2016–2017 гг. У ряда гибридов F_1 наблюдались парентальные, чаще материнские эффекты снижения поражаемости септориозом. Однако у гибридов F_2 наследование резистентности происходило только при более устойчивой материнской форме — Podoima/Talovscaia 12 и Ingen 40, соответственно в двух и одном случаях. В менее благоприятных для развития болезни климатических условиях (2017 г.) у гибридов F_2 , полученных от скрещиваний с участием генотипов Podoima/Talovscaia 12, Ingen 40 и Ingen 93, наблюдалась толерантность к септориозу. Корреляционным анализом выявлена положительная достоверная корреляция

($r = 0,52$, $p < 0,05$) между степенями поражаемости F_1 и F_2 гибридов у данных генотипов (табл. 3).

Степень доминирования устойчивости гибридов F_1 тритикале к септориозу варьировала в широком диапазоне — $-2,36$ – $0,80$. Установлено, что устойчивость тритикале к *Septoria tritici* может быть как доминантной (-), так и рецессивной (+), в зависимости от реакции на возбудитель родительских форм и направленности скрещивания. Сверхдоминирование резистентности к *S. tritici* проявилось у гибридов F_1 от реципрокного скрещивания устойчивых (RR x R) генотипов — Podoima/Talovscaia 12 и Ingen 40 (рис. 1). Поэтому при создании устойчивых к септориозу сортов и линий озимых тритикале можно рекомендовать к использованию адаптированные и менее поражаемые на естественном инфекционном фоне следующие доноры устойчивости — генотипы Podoima/Talovscaia 12 и Ingen 40.

В изучении генетического родства и установления изменчивости признаков фенотипической устойчивости к септориозу у гибридов тритикале был использован кластерный анализ (Ward's method). Выявлены схожести и различия в реакции реципрокных гибридных популяций F_1 и F_2 на патоген *S. tritici* по отношению к родительским генотипам. В составе кластера 1 распределились генотипы с наиболее низкими значениями параметра степени поражаемости, которые образовали соответственно два подкластера. В подкластер 1 вошли гибриды 1, 2, 8, 13 и родительский генотип Podoima/Talovscaia 12 (15). Подкластер 2 объединил гибриды под номерами 5, 9, 11, 12, 14 вокруг резистентного родителя Ingen 40 (16). В кластер 1 вошли гибриды с наименьшей степенью поражаемости, полученные от скрещиваний устойчивых (R и RR) генотипов Podoima/Talovscaia 12 и Ingen 40. У данных гибридов самое низкое генетическое (евклидовое) расстояние от родительских генотипов: $0,26$ – $0,50$ от Podoima/Talovscaia 12 (подкластер 1) и $0,20$ – $0,60$ — от Ingen 40 (подкластер 2). Соответственно, в поколении F_1 у гибридов, входящих в подкластер 1, проявилось сверхдоминирование устойчивости, а у входящих в подкластер 2 — полное или неполное доминирование устойчивости к септориозу. Второй кластер объединил родительские генотипы с более высокой степенью поражаемости (MS, MR) — Canar x AD 467/Bogo, Ingen

Таблица 3.

Степень поражаемости реципрокных гибридов септориозом

Комбинации	Степень поражаемости, балл	
Podoima/Talovscaia 12 x Ingen 40	0,4±0,04	0
Ingen 40 x Podoima/Talovscaia 12	0,3±0,05	0
Podoima/Talovscaia 12 x (Canar x AD 467/Bogo)	3,1±0,10	1,8±0,11*
(Canar x AD 467/Bogo) x Podoima/Talovscaia 12	0,6±0,05*	2,8±0,12
Podoima/Talovscaia 12 x Ingen 35/Moldova 5	1,2±0,08*	0*
Ingen 35/Moldova 5 x Podoima/Talovscaia 12	2,1±0,11	2,2±0,05
Podoima/Talovscaia 12 x Ingen 93	2,6±0,06	0,2±0,05
Ingen 93 x Podoima/Talovscaia 12	0,1±0,03*	0
Ingen 40 x (Canar x AD 467/Bogo)	1,2±0,07*	0,3±0,04*
(Canar x AD 467/Bogo) x Ingen 40	2,5±0,09	2,2 ±0,05
Ingen 40 x Ingen 35/Moldova 5	1,3±0,07	0,5±0,05
Ingen 35/Moldova 5 x Ingen 40	1,0±0,05	0,5±0,05
Ingen 40 x Ingen 93	0,8±0,07*	0
Ingen 93 x Ingen 40	1,3±0,10	0
Среднее	1,32	0,75

* — Уровень значимости различий по сравнению с реципрокным: $p < 0,05$.

Рис. 1. 1 Степень доминирования (hp) устойчивости гибридов F_1 тритикале к септориозу По горизонтали. Реципрокные комбинации: 1 — Podoima/Talovscaia 12 x Ingen 40; 2 — Podoima/Talovscaia 12 x (Canar x AD 467/Bogo); 3 — Podoima/Talovscaia 12 x Ingen 35/Moldova 5; 4 — Podoima/Talovscaia 12 x Ingen 93; 5 — Ingen 40 x (Canar x AD 467/Bogo); 6 — Ingen 40 x Ingen 35/Moldova 5; 7 — Ingen 40 x Ingen 93. По вертикали. Степень доминирования: устойчивого родительского генотипа (-) и восприимчивого (+)

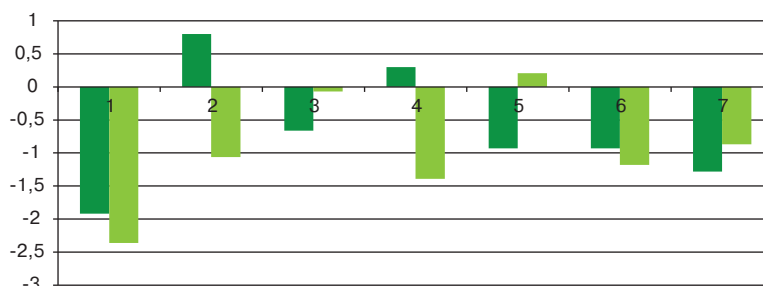
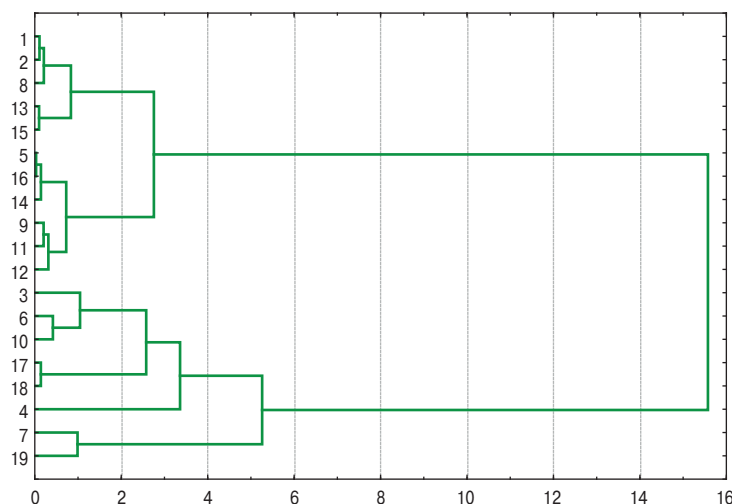


Рис. 2. Дендрограмма распределения генотипов тритикале по степени поражаемости септориозом. Гибриды реципрокных комбинаций: 1, 2—Podoima/Talovscaia 12xIngen 40; 3, 4—Podoima/Talovscaia 12x(Canar x AD 467/Bogo); 5, 6—Podoima/Talovscaia 12x Ingen 35/Moldova 5; 7, 8—Podoima/Talovscaia 12xIngen 93; 9, 10—Ingen 40x(Canar x AD 467/Bogo); 11, 12—Ingen 40xIngen 35/Moldova 5; 13, 14—Ingen 40xIngen 93. Родительские генотипы: 15—Podoima/Talovscaia 12; 16—Ingen 40; 17—Canar x AD 467/Bogo; 18—Ingen 35/Moldova 5; 19—Ingen 93



35/Moldova 5 и Ingen 93, а также гибриды, у которых в поколении F₁ наблюдалось частичное доминирование устойчивости или ее отсутствие (рис. 2).

Кластерное распределение реципрокных гибридов указывает на то, что в данных скрещиваниях донорские способности резистентных родительских генотипов проявились по-разному. Таким образом, у гибридов от 3-х комбинаций, созданных с участием родительского резистентного генотипа Ingen 40, имело место только одностороннее наследование устойчивости к септориозу. Данные генотипы вошли в верхний кластер, а их межгибридное генетическое расстояние колебалось в узком диапазоне — 0,11–0,50. В 3-х комбинациях, созданных с участием другого устойчивого родителя — Podoima/Talovscaia 12, направленность скрещивания привела к более дивергентному наследованию устойчивости. Вы-

шеуказанные реципрокные гибриды распределились в оба кластера, а их межгибридное евклидовое расстояние увеличилось и приблизилось по данному показателю у восприимчивых родителей (2,28–2,66).

В результате проведенных исследований установлено, что устойчивость тритикале к септориозу может быть как доминантной, так и рецессивной в зависимости от реакции родительских генотипов и направленности скрещивания.

Обнаружена достоверная положительная корреляция между степенями поражаемости, проявленной у F₁ и F₂ гибридов.

Кластерный анализ указывает на эффективное использование генотипов Ingen 40 и Podoima/Talovscaia 12 с донорскими способностями в создании резистентных к септориозу гибридов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брюбейкер Дж. Сельскохозяйственная генетика / Дж. Брюбейкер. — М., 1966. — 223 с.
2. Веверицэ Е.К. Создание новых форм тритикале в Молдове / Е.К. Веверицэ, С.И. Лятмборг // Генофонд и селекция растений. Т.1. Полевые культуры: доклады и сообщения I Международной научно-практической конференции. — Новосибирск, 2013. — С.103–108.
3. Крупенько Н.А. Септориоз зерновых культур и их вредоносность / Н.А. Крупенько [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. — 2017. — №4. — С.66–75.
4. Колесников Л.Е. Устойчивость тритикале к основным возбудителям болезней, распространенным в северо-западном регионе Российской Федерации / Л.Е. Колесников [и др.] // Сельскохозяйственная биология. — 2013. — №3. — С.110–116.
5. Лупашку Г.А. Фузариоз тритикале / Г.А. Лупашку. — Кишинев: Штиинца, 1999. — 232 с.
6. Щукин В.Б. Совершенствование приёмов адаптивной технологии возделывания озимых культур в степной зоне Южного Урала: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / В.Б. Щукин. — Оренбург, 2011. — 46 с.
7. Gilon M. Natural field infections of wheat and tritcale by fungi from the complex of fungi Stagonospora nodorum/Septoria tritici under climatic conditions of Poland / M. Gilon and E. Arseniuk // Commun Agric. Appl. Biol. Sci. — 2014. — Vol. 79(4). — P.216–227.
8. Ittu Gh. Results in tritcale breeding at Fundulea / Gh. Ittu [e.a.] // I.N.C.D.A. Fundulea. Genetics and plant breeding. — 2007. — Vol. L. LXXV. — Jubilee volume. — P.73–82.
9. Yildirim M. Hybrid performance and heterosis in F₁ of spring of tritcale (x Triticoseseale Wittm.) / M. Yildirim, H. Gezgins, A.H. Paksoy // Turk. J. Agric. For. — 2014. — Vol. 38. — P.877–886.

ОБ АВТОРАХ:

Сашко Е.Ф., кандидат биологических наук, доцент
Веверицэ Е.К., кандидат биологических наук, доцент
Лятмборг С.И.

REFERENCES

1. Brubaker J. Agricultural Genetics / J. Brubaker — M., 1966. — 223 p.
2. Veveritse E.C., Leatamborg S.I. Creating new forms of tritcale in Moldova / E.C. Veveritse, S.I. Leatamborg // Gene pool and plant breeding. T.1. Field crops: Reports of the I International scientific and practical conference. — Novosibirsk, 2013. — P.103–108.
3. Krupenko N.A. Septoria on cereals and its harmful effect / N.A. Krupenko [e.a.] // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series — 2017. — no 4. — P.66–75.
4. Kolesnikov L.E. Tritcale resistance to the main phytopathogenic organisms of northwest region of the Russian Federation / L.E. Kolesnikov [e.a.] // Agricultural Biology. — 2013. — no 3. — P.110–116.
5. Lupashku G.A. Fusariosis of tritcale / G.A. Lupashku. — Kishineu: Science, 1999. — 232 p.
6. Schiukin V.B. Improving the techniques of adaptive technology for the cultivation of winter crops in the steppe zone of the Southern Urals: author. tez. doctor of agricultural sciences / V.B. Schiukin. — Orenburg, 2011. — 46 p.
7. Gilon M. Natural field infections of wheat and tritcale by fungi from the complex of fungi Stagonospora nodorum/Septoria tritici under climatic conditions of Poland / M. Gilon and E. Arseniuk // Commun Agric. Appl. Biol. Sci. — 2014. — Vol. 79(4). — P.216–227.
8. Ittu Gh. Results in tritcale breeding at Fundulea / Gh. Ittu [e.a.] // I.N.C.D.A. Fundulea. Genetics and plant breeding. — 2007. — Vol. L. LXXV. — Jubilee volume. — P.73–82.
9. Yildirim M. Hybrid performance and heterosis in F₁ of spring of tritcale (x Triticoseseale Wittm.) / M. Yildirim, H. Gezgins, A.H. Paksoy // Turk. J. Agric. For. — 2014. — Vol. 38. — P.877–886.

ABOUT THE AUTHORS:

Sashco E.F., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor
Veveritse E.C., Doctor of biological sciences, Associate Professor
Leatamborg S.I.