

ORIGINAL PAPER

Скрининг на пшенични генотипове за устойчивост към кафява ръжда (*P. triticina*)

Ваня Иванова¹ • Галина Михова¹ • Димитрина Николова¹ •
Стиляна Великова¹

¹Добруджански земеделски институт - Генерал Тошево, 9521, Генерал Тошево, България

Автор за кореспонденция: Ваня Иванова; E-mail: vkiryakova@yahoo.com

Screening of wheat genotypes for resistance to brown rust (*P. triticina*)

Vanya Ivanova¹ • Galina Mihova¹ • Dimitrina Nikolova¹ •
Stilyana Velikova¹

¹Dobrudzha Agricultural Institute - General Toshevo, 9521, General Toshevo, Bulgaria

Corresponding Author: Vanya Ivanova; E-mail: vkiryakova@yahoo.com

Received: October 2018 / Accepted: November 2018 /

Published: June 2019 © Author(s)

Abstract

Ivanova, V., Mihova, G., Nikolova, D. & Velikova, S. (2019). Screening of wheat genotypes for resistance to brown rust (P. triticina). Field Crops Studies, XII(2), 67-82.

Leaf rust, caused by *P. triticina*, is a major disease on wheat in Bulgaria and worldwide, where this crops is a main cereal. The yield losses as a result from the disease can be considerable under favorable abiotic factors. Developing of resistant cultivars is the economically most efficient means for control. The good knowledge of the initial breeding material is essential for the development of a resistant cultivar. The aim of the research was to screen selected promising lines of common winter wheat for resistance to brown rust at young and adult age and to find out what are the possibilities to involve them in the breeding process. The study was carried out during 2014-2016 at the infection field of Dobrudzha Agricultural Institute – General Toshevo, where 340 common winter wheat lines were tested. Out of them, 32 lines, which demonstrated high to moderate resistance (VR-MR),

were selected. The selected lines were subjected to phytopathological analysis by multi-pathotype test for eventual detection of race-specific genes. A probable race-specific partial resistance was found in lines 07 N 97-23, R 8-1-6, 07 N 12-22, 07 N 171-22, 01/20-1-102, 01/23-92-23, 01/20-1-103-26, 06 N 177-23 and 07 N 148-21. The obtained results reveal that the 32 investigated lines possess a good level of adult race non-specific resistance and could be involved in breeding programs for development of new varieties resistant to brown rust.

Key words: *P. triticina*, Race non-specific resistance, Race-specific resistance, Wheat.

Въведение

Листната ръжда *Puccinia triticina* е едно от основните заболявания по пшеницата в България и в света. Загубите в добива причинени от листна ръжда варират от 5-50% в зависимост от етапа на развитие на културата и от това в кой етап е възникнала първичната инфекция (Samborski and Dick, 1976). В години с подходящи абиотични фактори загубите в добива могат да достигнат и по-големи размери. Създаването на устойчиви сортове е икономически най-ефективното средство за намаляване загубите от добива и екологично безопасен метод за контрол на заболяването. Създаването на сортове с определена резистентност към патогена представлява непрекъснат процес на добавяне на нови ефективни източници, съобразени с промените които настъпват в популацията на патогена през годините и промените в ефективността на устойчивите гени. Ефективността на селекцията в тази насока се обуславя от правилния подбор на високо устойчиви форми в изходния материал. С цел да се проучи нивото на генетична устойчивост, както и различията в типовете устойчивост към *Puccinia triticina* ежегодно в Добруджански земеделски институт – Ген. Тошево, България се проучват материали, които са продукт както на българската селекция, така и чуждестранни сортове и линии пшеница, които могат да бъдат включени в селекционните програми (Ivanova, 2015, Ivanova and Chamurlisky, 2017). Проучени са повече от 80 гена за устойчивост към патогена, основавайки се на модела “ген за ген”. Въпреки това сортовете пшеница, разчитащи на расово-специфичната устойчивост често губят ефективността си в рамките на няколко години в резултат на новопоявили се агресивни раси на патогена. Известен е факта, че устойчивостта, която се базира на високо ефективни единични гени крие голяма опасност от възникването на епифитотии, понеже се упражнява силен селекционен натиск върху патогена, в резултат на което възникват нови раси. Един от най-често използваните методи е мултипатотипния тест, при който устойчивите гени могат да бъдат идентифицирани на базата на

инфекциозния тип експресиран върху гостоприемника при използване на серия от патотипове. Първото по-широко мащабно изследване за намиране на източници на устойчивост към кафява ръжда в България е проведено от Dodov (1931). Изпитани са 192 български и чужди образци за устойчивост към 7 физиологични раси на *Puccinia triticina*. Въз основа на резултатите от тези изследвания Додов лансира два метода на имуноселекция:

1) Кръстосване на сортове, устойчиви на различни раси, с цел комбиниране на устойчивостта

2) Изпитване на селекционни материали при полски условия за установяване на т. нар. хоризонтална устойчивост.

Неспецифичните гени за устойчивост не създават толкова висока степен на съпротивление, т. е. не се оказва силен селекционен натиск върху патогена и натрупването на инфекция в този случай става бавно, постепенно и нападението е от порядъка на средно ниво, така че не се стига до възникването на епифитотия. Съчетаването на тези два вида устойчивост – расово-специфична и расово не специфична в един генотип дава възможност да се осигури една по-продължителна защита на пшеничното растение.

Успехът на една селекционна задача зависи на първо място от наличието на ефективни източници на устойчивост и до колко тези източници запазват проявената устойчивост продължително време (Kyrzhin, 2002). От съществено значение е познаване на изходния селекционен материал, както при полски, така и при лабораторни условия.

Целта на настоящото изследване е скрининг на новосъздадени в Добруджански земеделски институт – Ген. Тошево, България линии пшеница, определяне на типовете устойчивост, които те носят към *Puccinia triticina* и възможността им за включване в селекционния процес.

Материал и Методи

През периода 2014-2016 г. в Добруджански земеделски институт – Ген. Тошево на инфекциозен участък бяха изпитани 340 линии обикновена пшеница от КСО. От тях за устойчивост към причинителя на кафява ръжда *P. triticina* бяха селектирани 32 линии, които реагираха с определена степен на устойчивост от средна до висока устойчивост (MR-VR) на инфекциозен участък и които демонстрираха устойчива реакция към някои от използваните патотипове в млада фаза при оранжерийни условия. Педигретото на селектираните линии е представено в Таблица 1.

Изследването е проведено при условията на максимално създадена инфекция на инфекциозен участък, където бе изнесен пълният набор от идентифицирани за съответната година патотипове. Линиите са засявани

ръчно в редове с ширина 1,5 м и междуредово пространство 0,25 см. Сортът *M. amber* е използван като размножител и разпространител на кафявата ръжда.

Таблица 1. Педигре на 32 линии показали устойчивост към *P. tritricina*
Table 1. Pedigrees of 32 lines showed resistance to *P. tritricina*

Линия Line	Педигре Pedigree	Линия Line	Педигре Pedigree
01/32-1-101	Галатей / Partizanka	01/23-95-2	Енола / Враца
07N 97-23	Карина / Effect	20/28-63	Енола / Леда
06N 230-21	Анна / Мироновская 808 // Эритроспермум127	06N 185-22	Лазарка / Ласка
1/109-82	Fortuna / Садово 1	R8-1-6	Галатей x Катя
04/D-3-2	Галатей / Аглика	20/93-63	Обрий / Вилизара
03/80-92-21	Победа 2* /Медея//Янтър/1518-4-38	01/29-81-103	Галатей / Победа
05N6-22	Енола / Царевец	01/140-81-93-2	Ласка / Садово 1
01/23-95-3	Енола / Враца	07N 12-22	Катя / Енола // Деметра
04/127-101	Преслав / Болярка	07N 171-22	Jadder/Драгана // Jagger/Sonata
ПК 25-10	Простор / Карат	01/20-1-102	Енола / Медея
1/54-84	Катя / Мироновская 29	01/20-92-105	Енола / Медея
20/26-1-811-98	Енола / Лилия	01/20-1-103-26	Енола / Медея
01/A-29-73	Галатей / Победа	01/23-92-23	Енола / Медея
99/65-65	1518-4-38 / Бистрица	05N 83-22	Албена / 7780-1
3279-8-3	Простор/ 2* Енола	06N 177-23	Болярка / Albota
05/75-3	Юна/Донская 85 // NE 7060/Простор 31	07N148-21	Galvez dwarf/ / Деметра

Изкуствената инокулация с патогена е извършена съгласно методологията приета в лабораторията по растителна патология на Добруджански земеделски институт (Ivanova, 2012). Типът на инфекция и степента на нападение бяха отчетени по скалата на Cobb, модифицирана от Peterson (1948) във фаза млечна зрялост. Средният коефициент на инфекция (P_0) или т. нар. коригирана относителна степен на нападение се изчислява чрез въвеждане на коефициент за съответните типове инфекция (R-0,2; MR-0,4; M-0,6; MS-0,8; S-1). В зависимост от стойностите на P_0 изследваните линии са разделени в няколко групи: Имунни ($P_0=0$); VR ($P_0=0-5,99$); R ($P_0=6-25,99$); MR ($P_0=26-45,99$); MS ($P_0=46-65,99$); S ($P_0=66-100$). Линиите показали чувствителна реакция не представляваха интерес за нас. Бяха отбрани линии показали устойчивост от висока до средна (VR-MR). Селектираните 32 линии, които демонстрираха известна степен на устойчивост на инфекциозен участък бяха подложени на мултипатотипен тест спрямо 9 патотипа с различна вирулентност при контролирани климатични условия, съгласно стандартните процедури

(Browder, 1971). Използваните в теста патотипове бяха идентифицирани на базата на 15 моногенни линии *Lr1*, *Lr 2a*, *Lr 2b*, *Lr 2c*, *Lr 3*, *Lr 9*, *Lr 11*, *Lr 15*, *Lr 17*, *Lr 19*, *Lr 21*, *Lr 23*, *Lr 24*, *Lr 26* и *Lr 28* представени в Таблица 2 и кодирани по метода на Limpert and Muller (1994).

Таблица 2. Изогенни линии използвани в патотипната диференциация
Table 2. Isogenic lines used in pathotypic differentiation

Lr гени Lr genes	Педигре Pedigree	Произход Origin	ID номер ID number
Lr 1	Tc*6/ Centenario	Wheat	RL 6003
Lr 2a	Tc*6/ Webster	Wheat	RL 6016
Lr 2b	Tc*6/ Carina	Wheat	RL 6019
Lr 2c	Tc*6/ Loros	Wheat	RL 6047
Lr 3	Tc*6/ Democrt	Wheat	RL 6002
Lr 9	Transfer/Tc*6	<i>Aegilops umbellulata</i>	RL 6010
Lr 11	Tc*2/ Hussar	Wheat	RL 6053
Lr 15	Tc*6/ Kenya W 1483	Wheat	RL 6052
Lr 17	Klein Lucero/ Tc* 6	Wheat	RL 6008
Lr 19	Tc*7/Translocation 4	<i>Agropyron elongatum</i>	RL 6040
Lr 21	Tc*6/RL5406 x RL529	Wheat	RL 6043
Lr 23	Lee 310/ Tc*6	<i>Triticum turgidum</i> var.durum	RL 6012
Lr 24	Tc*6/ Agent	<i>Agropyron elongatum</i>	RL 6064
Lr 26	Tc*6/ St-1-25	<i>Secale cereale</i>	RL 6078
Lr 28	Tc*6/ C-77-1	<i>Aegilops speltoides</i>	RL 6079

С цел подобряване на спорообразуването растенията са третирани с разтвор на Maleic hydrazide 97% (1g на 3 l вода). На 9-12 ден след инокулация бе отчетен типът на инфекция, съгласно скалата на Stakmen et al. (1962) представена в Таблица 3.

Инфекциозен тип 0, 0₁, 1 и 2 се считаше за експресия на устойчив тип реакция (R), докато инфекциозен тип 3, 4 and X се считаше за чувствителен (S).

Резултати и Обсъждане

С цел ефективно намаляване на загубите в добива, причинени от листна ръжда и в търсенето на ефективни източници за устойчивост към този патоген бе извършен скрининг на линии създадени в ДЗИ за устойчивост в млада и възрастова фаза. Резултатите от изследването са представени в Таблица 4 и Таблица 5. Таблица 4 представя мултипатотипния тест на изследваните линии в млада фаза към 9 патотипа на патогена, а в Таблица 5 е представено полското

изпитване с показателите – финално нападение от болестта, коригирана оценка и рейтинг или клас на устойчивост.

Таблица 3. Скала за тип на инфекция на *P.triticina*, използвана при оранжерийни условия в млада фаза

Table 3. Scale for type of *P. triticina* infection used under greenhouse conditions in the young phase

Инфекциозен тип Type of infection	Реакция Reaction	Симптоми Symptoms
0	Имунен Immune	Няма уредоспори или други макроскопични признаци на инфекция There are no uredospores or other microscopic signs of infection
0;	Близък до имунен Close to immune	Няма уредоспори, но има свръхчувствителни некротични или хлоротчни петна There are no uredospores, but there are hypersensitive necrotic or chlorotic spots
1	Високо устойчив Highly resistant	Малки уредии заобиколени от некроза Small uredinia surrounded by necrotic area
2	Средно устойчив Medium resistant	Малки до средни уредии заобиколени от хлороза или некроза Small to average uredinia surrounded by chlorosis or necrosis
3	Средно чувствителен Medium susceptible	Големи уредоспори без хлороза или некроза Large uredinia without chlorosis or necrosis
4	Високо чувствителен Highly susceptible	Големи уредоспори заобиколени от хлороза Large uredinia surrounded by chlorosis
X	Хетерогенен Heterogenic	Случайно разпределение на уредоспори с променлив размер върху единични листа Random distributed uredinia with variable size on single leaves

Таблица 4. Реакция на линии зимна обикновена пшеница при условията на полски инфекциозен участък
 Table 4. Response of winter common wheat lines under field infectious conditions

Сорт/Линия Cultivar/Lines	Патотип на <i>P. triticina</i> Pathotypes of <i>P. triticina</i>								
	13723	33762	12762	43773	73763	53723	53762	53763	13763
01/32-1-101	S	S	R	S	S	S	S	S	S
07N 97-23	S	R	R	R	R	S	S	R	R
06N 230-21	S	R	S	S	S	S	S	S	S
1/109-82	S	S	S	S	S	S	S	R	S
04/D-3-2	S	S	S	S	S	R	S	R	S
03/80-92-21	S	R	S	S	S	S	S	S	S
05N6-22	S	S	S	S	S	S	S	S	S
01/23-95-3	S	S	S	S	S	R	R	S	S
04/127-101	S	S	S	S	S	R	R	S	S
ПК 25-10	S	S	S	S	S	R	R	S	S
1/54-84	S	S	S	S	S	R	R	S	S
20/26-1-811-98	S	S	S	S	S	R	R	S	S
01/A-29-73	S	S	S	S	S	R	R	S	S
99/65-65	S	S	S	S	S	S	S	S	S
3279-8-3	R	S	S	S	S	S	S	S	S
05/75-3	S	S	S	S	S	R	S	S	S
01/23-95-2	S	S	S	S	S	R	S	S	S
20/28-63	S	S	S	S	S	S	S	S	S
06N 185-22	S	S	R	R	S	S	S	S	S
R8-1-6	R	R	R	S	S	S	S	R	S
20/93-63	S	R	R	S	S	S	S	S	S
01/29-81-103	S	R	R	S	S	S	S	S	S
01/140-81-93-2	R	S	R	S	S	S	S	S	S
07N 12-22	R	S	R	R	S	R	S	S	S
07N 171-22	R	R	R	S	S	S	S	S	S
01/20-1-102	S	R	R	S	S	S	R	S	S
01/20-92-105	S	S	S	S	S	S	R	S	S
01/20-1-103-26	R	S	R	S	S	S	R	R	R
01/23-92-23	R	S	S	S	S	S	S	R	R
05N 83-22	S	S	S	S	S	S	R	S	R
06N 177-23	R	S	R	S	S	S	R	R	R
07N148-21	R	R	R	S	S	S	S	R	R
M. amber	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Реакцията на линиите, представена в Таблица 4 показва, че те реагират с устойчив тип на инфекция към отделни патотипове на патогена, но като цяло не могат да бъдат идентифицирани расово специфични гени. По-скоро имайки

пред вид и данните представени в Таблица 5, че линиите са носители на расово неспецифична устойчивост. Гените за възрастова устойчивост се наследяват количествено и често се обуславят от натрупания ефект на няколко гена. Тези гени често взаимодействат със широк спектър от патогенни раси и осигуряват частична резистентност в стадий възрастно растение. Малките гени могат да не осигуряват достатъчно защита когато са използвани самостоятелно, но комбинирането на 4 или 5 бавни гена могат да осигурят имунитет за дълъг период от време (Sing et al., 2000).

Линията 01/32-1-101 е резултат на кръстоска между сортовете Галатея и Partizanka. В млада фаза линията е реагирала с устойчива реакция само към един патотип, което показва че това е линия с изявена възрастова устойчивост. Полската оценка показва вариране в диапазона от висока до средна устойчивост VR-R-MR (Tabl 5). Сорт Partizanka е стар сръбски сорт, създаден през 1973 г. Сортът не носи специфични гени за устойчивост и при полски условия се напада от кафява ръжда 0-35%. Другият сорт, който участва в педигрето на линията е Галатея. Сортът е създаден в Добруджански земеделски институт и устойчивостта, която проявява към кафява ръжда вероятно се дължи на участващите в неговия произход сортове Беостая 1 и сръбския сорт NS 4R. Характерна особеност на сорта е да запазва листната си маса чиста и свежа до пълна зрялост, което предполага наличие на генетични фактори за възрастова устойчивост (Tsenov et al., 1999). Това предполага и проявенята утойчивост, която линията е показала в проучването.

Линията 07N 97-23 представлява кръстоска между сортовете Карина и Effect. В млада фаза линията е реагирала с устойчива реакция към 6 от използваните 9 патотипа на патогена, което показва че е възможно да притежава частична расово-специфична устойчивост. Вероятно този тип устойчивост би могъл да идва от сорт Effect, тъй като сорт Карина е носител на расово-неспецифична устойчивост (Ivanova, 2012).

Линията 06N230-21 представлява сложна кръстоска между Добруджанският сорт Анна и руските сортове Мироновска 808 и Еритроспермум 127. В млада фаза линията е реагирала с устойчивост само към 1 патотип (Таблица 4), а полската оценка, която е висока устойчивост до устойчивост показва, че линията е с изявена расово-неспецифична или възрастова устойчивост (Таблица 5).

Линията 1/109-82 в млада фаза е реагирала с устойчивост само към патотип 53763 (Таблица 4). На полето и през трите години на изпитване линията е показала стабилна устойчива реакция. Линията представлява кръстоска между сортовете Fortuna и Садово 1. Сорт Садово 1 е чувствителен на кафява ръжда, а възрастовата устойчивост, с която се характеризира новата линията вероятно е прехвърлена от сорт Fortuna, която е носител на полска устойчивост към

кафява ръжда.

Линия 04/ D-3-2 е резултат от междусортова хибридизация, кръстоска между сортове Галатея и Аглика. И двата сорта са създадени в Добруджански земеделски институт. В педигрето на сорт Аглика се съдържа високо устойчивият на болести сорт Плиска и линията 2558-128, която е също с много добра устойчивост на кафява ръжда. Устойчивостта на сорт Аглика е проучвана на инфекциозен участък с изкуствено заразяване дълги години показвайки стабилна устойчивост (Ценов и др., 1998). Сорт Галатея също е получена по метода на междусортовата хибридизация и представлява кръстоска между сорт Плиска, който както посочихме по-горе е носител на устойчивост към кафява ръжда и линията 2367-8, която е получена в резултат на сортовете NS 4R/ Калиакра /Libellula / Безостая1 и която също е носител на висока устойчивост към болести, включително и към кафява ръжда. Donchev et al. (1972) правят имунологични изследвания върху генетиката на устойчивост на редица сортове между които е и сорта NS 4R, за който доказват че устойчивостта му се контролира от два доминантни гена към раса 13 и от един доминантен и един интермедиерен ген към раса 58 и раса 77. В наше проучване от 2012 г. за изследване компонентите на частична устойчивост на български сортове към различни патотипове и тяхната взаимовръзка с полските параметри сорт Галатея е показал малко по-дълъг латентен период в сравнение с контролния сорт Paven 76, но по-ниска инфекциозна честота (Ivanova, 2012). По отношение на полските параметри Зона под кривата на развитие на болестта и финално нападение сорт Галатея е показал най-ниски стойности. Линията 04/ D-3-2 в млада фаза е реагирала с устойчива реакция само към два патотипа, а полската оценка я причислява в групата на устойчивите до средно устойчиви сортове. Това ни дава основание да стигнем до заключението, че линията е носител на расово-неспецифична устойчивост.

При оранжерийни условия линията 03/ 80-92-21 е реагирала с устойчива реакция към един патотип. Към останалите патотипове линията е проявила чувствителна реакция, което показва че тя не е носител на расово-специфичен ген. На полето през две от годините линията е реагирала с устойчива реакция, а през 2014 г. тя е проявила средна устойчивост. Можем да предположим, че линията е носител на възрастова устойчивост или устойчивост от тип *slow rusting*, прехвърлена вероятно от бащиния компонент, който съдържа високо устойчивият на болести сорт Янтър, носител на възрастова устойчивост към кафява ръжда и частична устойчивост към жълта ръжда и линията 1518-4-38 (Kyrzhin, 2003).

Линията 05 N6-22 е получена в резултат на кръстоска между сортовете Енола и Царевец. В млада фаза линията е показала пълна чувствителност към всички използвани в изследването патотипове, а полската оценка показва, че

тя е носител на възрастова устойчивост от тип R-MR, прехвърлена от сорт Енола (Kostov et al., 1998). Линия 01/23-95-3 представлява кръстоска между сортовете Енола и Враца. В млада фаза линията е показала устойчива реакция към два от използваните в изследването патотипове, но не можем да твърдим че е носител на расово-специфични гени. И двата родителски компонента са с изявена полска устойчивост, а реакцията на полето VR-R е доказателство за наличието на този тип устойчивост в новосъздадената линия. Още през 1994 г Стоянов излъчва редица хоризонтално устойчиви сортове към кафява ръжда по показателя брой уредоспори на единица листна повърхност. Той посочва, че сорт Враца образува от 4-20 пъти по-малко уредоспори на единица листна повърхност в сравнение с универсално чувствителния сорт *M. amber* във фаза изкласяване. Линията 04/127-101 представлява кръстоска между Добруджанските сортове Преслав и Болярка. В резултат на многогодишни проучвания на инфекциозен участък и по непубликувани данни сорт Преслав реагира като устойчив на кафява ръжда. Болярка е сорт с висока полска устойчивост. В проучването линията е реагирала с устойчива реакция към два от използваните в млада фаза патотипове. На полето линията е проявила стабилна устойчивост и през трите години на проучване. В резултат на получените данни можем да твърдим, че новосъздадената линия 04/127-101 е с изявена възрастова устойчивост.

Линията ПК 25-10 представлява кръстоска между сортовете Простор и Карат. Сорт Простор е с доказана възрастова устойчивост (Kuzhlin, 2003). В педигрето на сорт Карат са включени сортове, като Златна долина, Сава, Безостая 1, които също са носители на устойчивост към болести, включително и към кафява ръжда (Kostov et al., 1999). Не можем да твърдим, че линията е носител на расово специфичен ген, тъй като е проявила устойчивост само към два от използваните патотипове. Оценката на полето показва, че тя е носител на устойчивост от тип R-MR.

Линията 1/54-84 представлява кръстоска между сортовете Катя и Мироновска 29. В млада фаза линията е реагирала с устойчива реакция към два патотипа (Таблица 4). Полската оценка показва, че линията е носител на полска устойчивост от тип R-MR. В свое изследване Todorova (2000) върху хоризонталната устойчивост към кафява ръжда изследва 13 български сорта спрямо 6 изолата на кафява ръжда. Установени са интересни данни, като нивото на частична устойчивост при различните сортове е различно. При полски условия е потвърдено високо ниво на непълна устойчивост при отделни сортове. При сорт Катя е отчетено ниво на частична устойчивост от 53-56%. Полската оценка в нашето изследване показва, че новата линия е с изявена частична полска устойчивост, вероятно прехвърлена от сорт Катя, с което се потвърждават проучванията направени от Тодорова през 2000 г.

Линията 20/26-1-811-98 е получена в резултат на кръстоска между сортовете Енола и Лилия. В млада фаза линията е реагирала с устойчива реакция към два от патотиповете, 53723 и 53762 (Таблица 4). При условията на полски инфекциозен участък линията е реагирала с устойчивост от тип R-MR. Полската устойчивост потвърждава изследванията направени от нас през 2012 г (Ivanova, 2012), където сорт Енола и сорт Лилия са показали близка по устойчивост реакция от типа *slow rusting*.

При оранжерийни условия линията 01/A-29-73 също е реагирала с устойчивост само към два патотипа, а на полето е показала стабилна устойчивост през годините на изпитване. Линията представлява кръстоска между сортовете Галатея и Победа и е с изявена възрастова устойчивост, вероятно прехвърлена от сорт Галатея, който участва като майчин компонент в линията. Линията 99/65-65 представлява кръстоска между линия 1518-4-38 и сорт Бистрица. В млада фаза линията е реагирала с чувствителна реакция към всички използвани в изследването патотипове, а изпитването на полето показва, че линията е със стабилна устойчивост през годините на изпитване. Линията е с изявена възрастова устойчивост, вероятно прехвърлена от майчиният компонент, който в педигрето си съдържа комбинацията Karli x Supresa, която е носител на възрастова устойчивост към кафява ръжда (Donchev et al., 1987). Мултипатотипния тест показва, че линия 3279-8-3 е реагирала с устойчива реакция към един патотип, а на полето нейната устойчивост е от порядъка на висока до средна устойчивост. Типичната възрастова устойчивост или устойчивост от тип *slow rusting* която проявява линията може да се обясни с факта, че както сорт Енола, така и сорт Простор са носители на възрастова устойчивост към кафява ръжда.

При оранжерийни условия линията 01/23-95-2 е показала устойчивост към един патотип, а устойчивостта във възрастова фаза е от тип VR-R (Таблица 4 и 5). И двата родителски компонента сорт Енола и сорт Враца са носители на възрастова устойчивост, което обяснява проявеният тип устойчивост при тази линия. Подобна реакция и тип устойчивост е проявена от линия 20/28-63. В млада фаза тя е реагирала с чувствителност към всички патотипове, а на полето е показала устойчива до средно устойчива реакция, което обяснява възрастният характер на устойчивостта. Същият тип устойчивост е проявен и при линия 06 N 185-22. Линия R 8-1-6 на полето е показала стабилна устойчива реакция, а в млада фаза е реагирала с устойчива реакция към 4 патотипа, което говори за частична расово-специфична устойчивост при тази линия. Линия 20/93-63 в млада фаза е проявила устойчива реакция към два патотипа, а във възрастова фаза е проявила устойчивост от тип VR-R. Подобен е типът устойчивост проявен от линии 01/29-81-103, 01/140-81-93-2 и 05 N 83-22. Линии 07 N 12-22, 07 N 171-22 и 06 N 177-23 също си приличат по начинът

по който реагират и типа устойчивост. Първата линия в млада фаза е проявила устойчива реакция към 4 патотпа, втората към 3 патотипа, а третата към 5 патотипа. В педигрето на линия 07 N 171-22 се съдържа американският сорт Jagger.

Таблица 5. Реакция на изследваните линии при условията на полски инфекциозен участък

Table 5. Response of studied lines under field infectious area conditions

Линия/Line	2014			2015			2016		
	Final disease severity	ACI	Rating	Final disease severity	ACI	Rating	Final disease severity	ACI	Rating
01/32-1-101	0	0	VR	10/4	14.3	R	25/4	37.6	MR
07N 97-23	5/4	5.0	R	0	0	VR	5/4	7.1	R
06N 230-21	10/4	12.5	R	0	0	VR	10/4	14.3	R
1/109-82	10/4	12.5	R	25/4	37.6	R	10/4	14.3	R
04/D-3-2	25/4	31.3	MR	10/4	14.3	R	10/4	14.3	R
03/80-92-21	25/4	31.3	MR	25/4	37.6	R	10/4	14.3	R
05N6-22	25/4	31.3	MR	10/4	14.3	R	5/4	7.1	R
01/23-95-3	5/4	6.25	R	0	0	VR	10/4	14.3	R
04/127-101	5/4	6.25	R	5/4	6.25	R	5/4	7.1	R
ПК 25-10	25/4	31.3	MR	10/4	14.3	R	10/4	14.3	R
1/54-84	25/4	31.3	MR	10/4	14.3	R	5/4	7.1	R
20/26-1-811-98	5/4	6.25	R	10/4	14.3	R	25/4	37.6	MR
01/A-29-73	10/4	12.5	R	5/4	6.3	R	5/4	7.1	R
99/65-65	10/4	12.5	R	5/4	6.3	R	5/4	7.1	R
3279-8-3	0	0	VR	5/4	6.3	R	25/4	37.6	MR
05/75-3	0	0	VR	25/4	37.6	R	0	0	VR
01/23-95-2	0	0	VR	0	0	VR	10/4	14.3	R
20/28-63	25/4	31.3	MR	5/4	6.3	R	25/4	37.6	MR
06N 185-22	25/4	31.3	MR	5/4	6.3	R	5/4	7.1	R
R8-1-6	10/4	12.5	R	5/4	6.3	R	10/4	12.5	R
20/93-63	0	0	VR	0	0	VR	10/4	14.3	R
01/29-81-103	25/4	31.3	MR	5/4	6.3	R	5/4	7.1	R
01/140-81-93-2	10/4	12.5	R	5/4	6.3	R	10/4	12.5	R
07N 12-22	10/4	12.5	R	25/4	37.6	R	25/4	37.6	R
07N 171-22	15/4	15.0	R	5/4	6.3	R	10/4	12.5	R
01/20-1-102	25/4	31.3	MR	5/4	6.3	R	5/4	7.1	R
01/20-92-105	5/4	6.25	R	5/4	6.3	R	5/4	7.1	R
01/20-1-103-26	5/4	6.25	R	5/4	6.25	R	15/4	21.4	R
01/23-92-23	5/4	6.25	R	0	0	VR	5/4	7.1	R
05N 83-22	10/4	12.5	R	0	0	VR	10/2	5.7	R
06N 177-23	10/4	12.5	R	10/4	14.3	R	5/4	7.1	R
07N148-21	0	0	VR	5/4	6.3	R	0	0	VR
M. amber	80/4	100	VS	80/4	100	VS	70/4	100	VS

Fang at al. (2011) посочват, че сорт Jagger съдържа хромозомния сегмент

2NS/2AS, прехвърлен от *T. ventricosum*. В този сегмент се съдържат тясно свързаните резистентни гени (Sr 38, Lr 37, Yr 17) обуславящи устойчивост към черна, кафява и жълта ръжда. Изследването показва, че в млада фаза линията 07 N 171-22 носи частична расово специфична устойчивост, вероятно прехвърлена от американския сорт. При условията на полски инфекциозен участък линиите са проявили стабилна устойчивост. Реакцията им в млада фаза показва, че линиите вероятно носят частична расово-специфична устойчивост, но проявите на полето говорят за наличието на типична възрастова устойчивост (Таблица 5).

В педигрето на линия 07N 12-22 участват сортовете Катя, Енола и Деметра, които са носители на расово неспецифична устойчивост. Деметра е сорт, който се отличава с по-ниската си инфекциозна честота на единица листна повърхност и с по-краткия си латентен период в сравнение с универсално чувствителния сорт *Michigan amber*. По отношение на полските параметри зона под кривата на развитие на болестта сорт Деметра е с по-ниски стойности от тези на Ravon 76 (Ivanova, 2012), В педигрето на линия 07 N 171-22 участват американският сорт Jagger, българският сорт Драгана и сръбският Sonata. Частичната расово-специфична устойчивост е възможно да идва от американският сорт, тъй като сорт Драгана е носител на расово неспецифична устойчивост, а сорт Sonata е носител на генът за възрастова устойчивост Lr 34 и устойчивостта е от тип *slow-rusting* (Ivanova, 2012; Jerkovic et al., 2013).

Линиите 01/20-1-102, 01/20-92-105, 01/20-1-103-26 и 01/23-92-23 са получени в резултат на кръстоска между сортовете Енола и Медея. Линии 01/20-1-102 и 01/23-92-23 в млада фаза са показали устойчивост към 3 патотипа, линия 01/20-1-103-26 е показала устойчива реакция спрямо 5 патотипа, а линия 01/20-92-105 е била устойчива спрямо 1 патотип. Първите три линии, които са реагирани с устойчивост спрямо по-голям брой патотипове е възможно да носят расово-специфични гени за устойчивост. Имайки пред вид реакцията на тези линии на полето те показват устойчивост варираща от висока до средна, т.е. на полето те се държат добре и вероятно типът на възрастова устойчивост в тях е прехвърлен от сорт Енола.

Линия 07N148-21 е създадена като кръстоска между пролетният сорт пшеница Galvez dwarf и Добруджанският сорт Деметра. Сортът Galvez dwarf е получен от CIMMYT Мексико по програма за създаване на ултра ранни зимни пшеници (Tsenov et al., 2016),

Новосъздадената линия в млада фаза е реагирала с устойчива реакция спрямо 5 от използваните патотипове, а изпитването на полето през годините на проучване показва, че линията е реагирала с устойчивост от тип VR-R. Начинът на реакция и типът на устойчивост показват, че линията е носител на частична расово специфична устойчивост, вероятно прехвърлена от

американският сорт. По данни на <http://wheatpedigree.net> американският сорт Galvez dwarf е носител на главните гени за устойчивост към кафява ръжда Lr3, Lr 10, Lr 13. Другият компонент в линията е сорт Деметра, носител на расово неспецифична устойчивост и чиято характеристика бе представена по-горе.

Изводи

В резултат на проведеното изследване установихме, че мултипатотипния тест ни дава вероятна, но не и точна идентификация за наличието на расово-специфични гени. Вероятност за частична расово специфична устойчивост е установена при линии 07 N 97-23, R 8-1-6, 07 N 12-22, 07 N 171-22, 01/20-1-102, 01/23-92-23, 01/20-1-103-26, 06 N 177-23 и 07 N 148-21. Ако предположим, че линиите са носители на частична расово специфична устойчивост, то тя е в съчетание с расово неспецифична устойчивост.

Полската оценка от изследването ни дава основание да направим заключението, че всички отбрани 32 линии са носители на расово неспецифична полска устойчивост, която се наследява полигенно. Частично устойчивите малки гени са по подходящото решение за създаването на устойчив сорт.

Получените резултати показват, че проучените линии притежават добра степен на възрастова устойчивост и биха могли да се включат в селекционните програми за успешно справяне с проблема кафява ръжда.

Литература

References

- Browder L.E. (1971). Pathogenic specialization in cereal rust fungi, especially *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*: concepts, methods of study and application. *Tech. Bull.*, 1432.
- Dodov, D.N. (1931). Resistance of some of our and foreign wheat to seven physiological races of *Puccinia triticina* Erikss. *Agricultural Information*, 11-12, 1-64. (Bg)
- Donchev, N., Doncheva, I. & Malinski, K. (1972). Similarity and differences in genes of resistance with some winter varieties of soft wheat to leaf rust. In: Proc. Europ. And Mediter. Cereal Rust Conference, Praha, 81-87.
- Donchev, N., Malinski, K., Stoyanov, I., Mihova, S. & Iliev I. (1987). Worldwide achievements in the selection of wheat varieties resistant to rust and powdery mildew. In: Papers from the National Symposium on Selection and Technology of Wheat, Sunflower and Cereals, on the 35th Anniversary of EMU, 28-29 January 1987 (Bg)
- Fang, T., Cambell, K.G., Liu, Z., Chen, X., Wan, A., Li, S., Cao, S., Chen, Y., Bowden, R.L., Carver, B.F. & Yan, I. (2011). Stripe rust resistance in the wheat

- cultivar Jagger is due to a novel resistance gene. *Crop Science*, 51, 2455-2465.
- Jercovic, Z., Prijic, Z. & Duric, V. (2013). Effect of Accumulated Genes to *Puccinia triticina* on Transfer of Seed Proteins. *Rarar.Povrt.*50,1, 60-64.
- Ivanova V. (2012). Resistance studies on common wheat and other species against the brown rust agent *Puccinia triticina* Erikss. PhD Thesis. (Bg)
- Ivanova, V. (2015). New common winter wheat lines with resistance to leaf rust (*P. triticina*). VI International Agricultural Symposium "Agrosym 2015", 15-18 October, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 169-175, 10.7251/AGSY15051691.
- Ivanova, V. & Chamurliyski, P. (2017). Resistance of common winter wheat cultivars from different geographic origin to *P. triticina* 52 nd Croatian and 12 th International Symposium on Agriculture, 12-17 February, Dubrovnik, 2017, 216-221.
- Kostov, K., Tsenov, N., Stoeva, I., Iliev, I. & Petrova, T. (1998). Enola - A New Variety of Common Wheat, *Plant Science*, 35, 347-350. (Bg)
- Kostov K., Tsenov, N., Stoeva, I., Iliev, I. & Petrova, T. (1999). Carat - a new winter wheat variety. *Plant Science*, 36, 195-197. (Bg)
- Kyrzhin, H. (2002). Sources of wheat with long-lasting resistance to stem and brown rust. *Plant Science*, 39, 64-71. (Bg)
- Kyrzhin H. (2003). Studies on wheat rusts in Bulgaria and the means to combat them. Dobrudzha Agricultural Institute, 2003, General Toshevo. (Bg)
- Limpert, E. & Muller, K. (1994). Designation of Pathotypes of Plant Pathogens, *J. Phtopathology* , 140, 346-358.
- Peterson, R.F., Campbell, A.B. & Hannah, A.E. (1948). A diagramic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Can. J. Res. Sect. C.*, 26, 495-500.
- Sanborski, D.T. & Dyck, P.L. (1976). Inheritance of virulence in *Puccinia recondita* on six backcross lines of wheat with single genes for resistance to leaf rust. *Can. J. Bot.*, 54, 1666-1671.
- Singh, R.P., Huerta-Espino, J. & Rajaram, S. (2000). Achieving near immunity to leaf and stripe rust in wheat by combining slow-rusting resistance genes. *Acta Phytopathologica Hungarica* 35, 133-139.
- Stakman, E.C., Stewart, D.M. & Loegering, W.Q. (1962). Identification of physiologic races of *P. graminis* var. *tritici*. Agric. Res. Serr. E.617.US Department of Agriculture, Washington DC.USA.
- Stoyanov, I. (1994). Study of the components of horizontal resistance. Size and number of pustules of brown rust per unit of leaf area. *Crop science*, 31, 7/10, 153-157.
- Todorova (2000). Isolate-specific effect of partial resistance in wheat – leaf rust relationship. *Cereal Research Communications*, 28(4), 455-461.
- Tsenov N., Stoeva, I., Kostov, K., Petrova, T. & Iliev, I. (1998). Aglika - new original

- high quality winter wheat bread variety. *Plant Science* 35, 342-346. (Bg)
- Tsenov N., Kostov, K., Stoeva, I., Iliev, I., Petrova, T. & Raev, M. (1999). Galatea - a new original winter wheat bread variety. *Plant Science*, 36(5), 251- 257. (Bg)
- Tsenov, N., Raykov, G. & Gubатов, T. (2016). Using spring type of wheat for shortening time to ear emergence of winter wheat by breeding. *International Journal of Current Research*, 8(01), 24983-24989.