

<https://doi.org/10.61308/AXOG3089>

Устойчивост на сортове и линии обикновена пшеница към брашнеста мана в млада и възрастова фаза

Йорданка Станоева^{1*}, Галина Михова²

^{1,2}Добруджански земеделски институт, Селскостопанска академия - София, България

*E-mail: y_zdravkova@abv.bg

ORCID Йорданка Станоева: 0000-0002-6554-5592

Резюме: Брашнестата мана с причинител *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* е важно заболяване по пшеницата в целия свят, особено в районите с морски и полуконтинентален климат. В България загубите на добива вследствие на брашнеста мана по пшеницата са от 10 до 30 %, а понякога и повече проценти в зависимост от устойчивостта на сорта и степента на нападение. Най-ефективният и екологосъобразен метод за борба с болестта е селекцията на устойчиви сортове. Целите на нашето изследване бяха: i) установяване устойчивостта на селекционни линии, интродуцирани и български сортове пшеница към набор от изолати; ii) идентифициране на възрастова устойчивост при тези генотипи въз основа на полски опити. От тестваните 69 пшенични сортове и линии, 42 са чувствителни към всички изолати. В 27 линии и сортове пшеница бе установено, че съдържат поне един или повече устойчиви гени. Най-често изпитаните селекционни линии и сортове реагират с устойчива реакция към изолати с изразена авирулентност по отношение на гени *Pm 4a* и *Pm 4b*, следвани от *Pm 8* и *Pm 2*. От 42 селекционни линии и сортове, показали чувствителност към всички изолати на *B. graminis* f. sp. *tritici* във фаза млада възраст, 29 реагират с устойчива реакция при полски условия.

Ключови думи: *B. graminis* f. sp. *Tritici*; брашнеста мана; *Pm* гени; устойчивост; изолат

Seedling and adult plant resistance to powdery mildew in common wheat cultivars and lines

Yordanka Stanoeva^{1*}, Galina Mihova²

^{1,2}Dobroudja Agriculture Institute, Agricultural Academy - Sofia, Bulgaria

*E-mail: y_zdravkova@abv.bg

ORCID Yordanka Stanoeva: 0000-0002-6554-5592

Citation: Stanoeva, Yo., & Mihova, G. (2024). Seedling and adult plant resistance to powdery mildew in common wheat cultivars and lines. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 61(4) 25-34 (Bg).

Abstract: Powdery mildew caused by *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* is an important disease of wheat throughout the world, especially in areas with maritime and semi-continental climates. In Bulgaria, losses in grain yield due to powdery mildew range from 10 to 30%, and sometimes-higher percentages depending on the resistance of the variety and the degree of attack. Utilization of resistant cultivars is the most effective and environmentally safe means of controlling powdery mildew. The objectives of our study were: (1) identify the resistance of breeding lines, introduced and Bulgarian wheat varieties to a set of isolates; (2) identify age resistance in these cultivars based on field trials. Of the 69 wheat cultivars and lines tested, 42 were susceptible to all isolates. 27 wheat lines and cultivars were found to contain at least one or more resistance genes. The most frequently tested lines and cultivars responded with a persistent response to isolates with marked avirulence with respect to genes

Pm 4a and *Pm 4b*, followed by *Pm 8* and *Pm 2*. Out of 42 selection lines and cultivars showed susceptibility to all isolates on *B. graminis* f. sp. *tritici* in the young phase, 29 respond with a sustained response under field conditions.

Keywords: *B. graminis* f. sp. *Tritici*; powdery mildew; *Pm* genes; resistance; isolate

ВЪВЕДЕНИЕ

Брашнестата мана с причинител *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* е икономически важна болест по пшеницата в целия свят, особено в зоната на районите с морски и полуконтинентален климат (Wu et al., 2019; Kloppe et al., 2022; Murphy & Cowger, 2022; Zhang et al., 2022). Загубите на добивите от зърно в САЩ варират от 12 до 45% (Fried et al., 1981; Leath & Bowen, 1989; Leath & Heun, 1990). В България, загубите на добива вследствие на брашнеста мана по пшеницата са от 10 до 30%, а понякога и повече проценти, в зависимост от устойчивостта на сорта и степента на нападение (Kunovsky, 1973). Селекцията на устойчиви сортове и използването им в производството е най-ефективния и екологосъобразен метод за борба с болестта. Селекционният натиск върху сортове с моногенен, расово-специфичен контрол води до бързи промени в популациите на патогена, а оттук и до преодоляване на вече постигнатата устойчивост.

Към момента има картографирани над 92 обозначени гени или алели за устойчивост на брашнеста мана (*Pm*) в 61 различни локуса в пшеницата (McIntosh et al., 2017; Li et al., 2019; Radchenko et al., 2020; Simeone et al., 2020; Xu et al., 2020; Zhang et al., 2022). Информацията за наличието и честотата на гените за вирулентност в популацията на патогена е полезна при замяна на неефективните с ефективни гени. Данните за устойчивите гени, присъстващи в сортове с практическо приложение и познанията за авирулентните или вирулентните гени в популацията на патогена могат да бъдат използвани при планиране на селекционната стратегия, насочена към създаване на устойчивост. Такава информация е ценна

и за прогнозиране причините за преодоляване на резистентните гени. Устойчивостта към брашнестата мана, която забавя инфекцията, растежа и възпроизводството на патогена в по-късните фази на растенията, но не и в млада възраст е известна като възрастова устойчивост (Shaner, 1973; Das & Griffey, 1994). Този тип устойчивост може да бъде идентифицирана в сортове с преодолян расово-специфичен ген или в сортове, които нямат расово-специфични гени (Bennett, 1984). Възрастовата устойчивост към причинителя на брашнестата мана е по-трайна отколкото расово-специфичната. Има сортове, които остават устойчиви към причинителя на брашнеста мана повече от 20 години, въпреки че са отглеждани на големи площи (Shaner, 1973; Das & Griffey, 1994; Griffey & Das, 1994). Интересът към възрастовата устойчивост е значителен в резултат на което много генотипи притежаващи такава устойчивост са идентифицирани и използвани в селекционните програми за подобряване на пшеницата.

Целите на настоящото изследване са: i) установяване устойчивостта на селекционни линии, интродуцирани и български сортове пшеница към набор от изолати; ii) идентифициране на възрастова устойчивост при тези генотипи, въз основа на полски опити.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

В изследването са включени 13 изолати на *B. graminis* f. sp. *tritici* с различна вирулентност и произход от различни райони на България, с цел идентифициране на гени предоставящи резистентност в млада възраст (Таблица 1). Изпитани са 3 линии и 38 българ-

ски сортове, както и 28 интродуцирани сортове пшеница (Таблица 2). В проучването са включени и 19 диференциращи сортове и линии (Таблица 1) с известни *Pm* гени, като на база реакцията им е определен вирулентния потенциал на изолатите (Wang et al., 2005).

Оранжевийни изследвания.

Изследването е проведено при оранжевийни условия през пролетта на 2022 година. Между пет и осем растения от всеки сорт и диференциална линия са отглеждани в метални съдове с размери 29x29x7 cm. Като контрола е използван високочувствителния сорт „Садовска ранозрейка 4“, засят на пет места в

терените. Инокулирането на растенията е извършено във фаза „втори лист“ по отделно с всеки един от изолатите. Отглеждането на заразените растения е осъществено при климатични параметри близки до оптималните за развитие на патогена - температура 18-20°C и относителна влажност 80%. Типът на инфекцията е отчитан след 8-10 дни по скалата на Mains & Dietz (1930), където: 0 – липсват симптоми; 0; - хиперсензитивна реакция, хлоротични или некротични петна без видим мицел; 1 – слабо развит мицел без видимо спороношение; 2 – наличие на малки постули и слабо спороношение; 3 – колонии с добре развити хифи и обилни конидии; 4 – много на

Таблица 1. Реакция на 19 диференциални сортове и линии пшеница с известни резистентни гени към 13 изолати на *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* от различни райони на България

Table 1. Reaction patterns of 19 differential wheat cultivars and lines with known resistance genes to 13 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* collected from various regions of Bulgaria

Сортове/ Cultivars	Гени/ Genes	Изолати/Isolates												
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13
Salzmunder		R	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S
Ulka / 8xCc	Pm 2	R	S	R	S	S	R	R	S	R	S	S	S	S
Axminster/8xCc	Pm 1	R	R	S	S	R	R	R	S	R	S	R	S	R
Halle stam	Pm Mld	R	R	S	S	R	R	R	S	R	S	R	S	R
Weihenstephen M1	Pm 4b	R	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S
Hope sel	Pm 5	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Chul	Pm 3b	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Asosan / 8xCc	Pm 3a	R	R	S	S	S	R	R	S	R	S	R	S	S
Kenya civet	Pm 2+6	R	S	R	S	S	R	S	S	S	S	S	R	S
Transec	Pm 7	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Fakir	Pm 4 ?	R	S	R	S	S	R	R	R	R	R	R	S	R
Disponent	Pm 8	R	S	R	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S
Amigo	Pm 17	S	S	R	S	S	R	R	R	R	R	S	R	R
Kolobri	Pm 3d	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S
Chancellor		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S
Khapli	Pm 4a	R	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S
PI - 405718	Pm 6	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Sonora / 8xCc X Chancellor	Pm 3c+?	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R
Axminster/8xCc X Chancellor	Pm 1+?	R	R	S	S	R	R	R	S	R	S	R	S	R

брой едри постули (колонии) с обилно спороношение. Като устойчив фенотип се приема тип на инфекция 0-2, а като чувствителен – 3-4.

Полски изследвания

През реколтните 2019-2020 и 2020-2021 години, на изкуствен инфекциозен участък бяха изпитани за възрастова устойчивост към причинителя на брашнестата мана същите

сортове и линии зимна обикновена пшеница, изпитани в млада възраст. Сортовете и линиите пшеница бяха засети в единични редове с дължина 1,5 m, като на всеки 10 реда бяха засети по 2 реда с високочувствителния сорт „Садовска ранозрейка 4“. Освен това, по дължина на лехите с изпитваните материали също бяха засети по два реда от високо чувствителния сорт „Садовска ранозрейка 4“. Изкуственото заразяване беше извърше-

Таблица 2. Реакция на 69 сортове и линии пшеница към 13 изолати на *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* в млада възраст

Table 2. Reactions of 69 wheat cultivars or lines to 13 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* in seedling tests

№	Сортове/Cultivars	Isolates												
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13
1	Калина/Kalina	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
2	Карина/Karina	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
3	Мерилин/Merilin	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
4	Енола/Enola	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S
5	Горица/Goritsa	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
6	Кристал/Kristal	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
7	Ками/Kami	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
8	Корона/Korona	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
9	Косара/Kosara	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
10	Киара/Kiara	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
11	Пчелина/Pchelina	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
12	Златица/Zlatitsa	R	S	S	S	S	R	R	R	S	S	S	S	S
13	Драгана/Dragana	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
14	Неда/Neda	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
15	Деметра/Demetra	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
16	Никодим/Nikodim	R	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S
17	Аглика/Aglika	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
18	Лазарка/Lazarka	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
19	Лидер/Lider	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
20	Жана/Jana	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
21	Кристи/Kristi	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
22	Болярка/Bolyarka	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
23	Стояна/Stoyana	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
24	Катаржина/Uatarzhina	R	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S
25	Фани/Fani	R	S	S	S	S	R	S	S	R	S	S	S	S
26	Антоновка/Antonovka	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

27	Тина/Tina	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
28	Рада/Rada	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
29	Сладуна/Sladuna	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
30	Божана/Bojana	R	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S
31	Копринка/Koprinka	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
32	Милена/Milena	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
33	Ивета/Iveta	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
34	GT 10/20-93/-1	R	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S
35	GT 20/28-63	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
36	GT 68 3279/8-6	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
37	Кристалина/Kristalina	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
38	Галатея/Galateya	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
39	Венка 1/Venka 1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
40	Ласка/Lasua	R	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S
41	Албена/Albena	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
42	Sofru 2	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
43	LG Avenue	R	R	R	S	R	R	R	R	R	S	R	R	S
44	Andelka	R	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	R	S
45	Andalu	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
46	Basmati	R	S	S	S	S	R	R	S	R	S	S	S	S
47	LG Andino	R	S	R	S	S	R	R	S	R	S	S	S	S
48	Bolonya	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
49	Simonida	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
50	Anapurna	R	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S
51	Midas	R	S	R	S	S	R	R	S	R	S	S	S	S
52	Foksil	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
53	Sobbel	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
54	LG Apache	R	S	R	S	S	R	R	S	S	S	S	S	S
55	Indzhenio	R	S	R	S	S	R	R	R	R	R	S	S	R
56	Панония/Panoniya	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
57	Mulan	R	R	S	S	R	R	S	R	R	S	S	S	S
58	AG Altigo	R	R	S	S	R	R	R	R	R	S	S	S	R
59	Ekzotik	R	S	S	S	R	R	S	S	S	S	S	S	S
60	Renan	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
61	Sorrial	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	R
62	Sixtus	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
63	Rheia	R	R	R	S	S	R	S	R	R	S	S	R	S
64	Vulkanos	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R
65	Airbus	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
66	Илинка/Pinka	S	S	S	S	R	S	R	R	R	S	S	R	S
67	Кралица/Kralitsa	S	S	S	S	S	S	R	R	R	S	S	S	S
68	Arleguin	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
69	MS 40S1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

но през месец март чрез разсаждане на растени предварително заразени с конидиоспори от същите 13 изолати, с които е работено при оранжерийните изследвания. Отчитането на данните е извършено във фаза „цъфтеж-млечна зрялост“, като се оценява степента на нападение и типа на инфекцията по 9-степенната скала на Saari & Prescott (1975). Като стандарт е използван високочувствителният сорт „Садовска ранозрейка-4“. За съпоставяне на получените данни е изчислена коригираната относителна степен на нападение на всеки сорт по формулата на Zadoks (1972).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Вирулентен потенциал на проучваните изолати

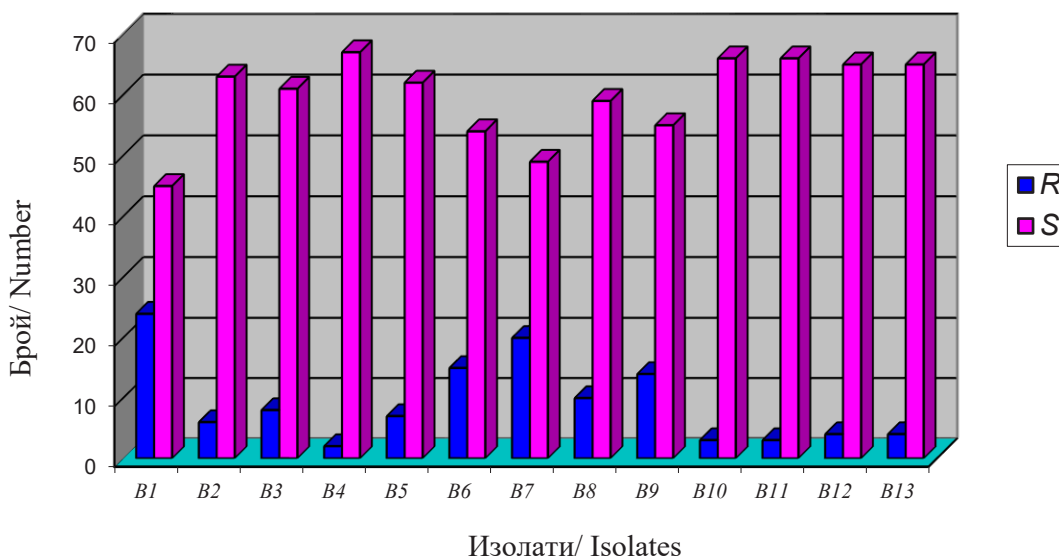
Резултатите от изследването показват, че проучваните изолати са вирулентни към представените в диферинциращите сортове и линии гени *Pm 5*, *Pm 6*, *Pm 7* и *Pm 3b* (Таблица 1). Генната комбинация *Pm 3c+?* е ефективна по отношение на 12 от проучваните изолати. Генът *Pm 4* е ефективен към 9 от изолатите, а гените *Pm 1*, *Pm Mld* и генната комбинация *Pm*

1+? към 8. Гените *Pm 3a* и *Pm 2* са ефективни съответно към 6 и 5 от тестваните изолати. С висока ефективност към 7 от проучените изолати е и *Pm 17*. Генната комбинация *Pm 2+6* осигурява устойчивост към 4, а ген *Pm 8* към 3 изолати. Ефективност към 2 изолата показват гени *Pm 4a*, *Pm 4b* и неизвестен ген съдържащ се в сорта *Salzmunder*. Ген *Pm 3d*, както и неизвестният ген съдържащ се в *Chanchelor* са резистентни само към един изолат.

С най-висока вирулентност се отличава изолат *B4* (Фигура 1), който е вирулентен към 67 от изпитаните сортове и селекционни линии. Висока вирулентност показват и изолатите *B10* и *B11*, следвани от изолатите *B12* и *B13*, които са вирулентни съответно към 66 и 65 от проучените сортове и линии. С най-ниска вирулентност е изолат *B1*, към който имунна и устойчива реакция показват 24 от изпитаните сортове и селекционни линии. Ниска вирулентност показват и изолати *B1*, *B6* и *B9*.

Устойчивост на сортове и селекционни линии в млада фаза

От тестваните в изследването 69 пшенични сортове и линии, 42 са чувствителни към всички изолати (Таблица 2). В останалите 27



Фигура 1. Брой селекционни линии и сортове с устойчива и чувствителна реакция в млада фаза
Figure 1. Number of selection lines and cultivars with resistant and sensitive reaction in young phase

генотипи бе установено наличието на един или повече устойчиви гени. От тях, пет сорта и линии (Никодим, Катаржина, Божана, GT 10/20-93-1 и Ласка) имат същия тип на реакция като Welhenstephen M1, който притежава резистентния ген *Pm 4b*. Четири от сортовете и линиите (Енола, Кристал, Косара и GT 68 3279/8-6) проявяват устойчив тип реакция само към един изолат (Енола към изолат B7)₂, а Кристал, Косара и GT 68 3279/8-6 - към изолат B1. Реакцията на сортовете Фани, Илинка, Мулан и LG Altigo показват наличие на неидентифицирани гени в допълнение към резистентния ген *Pm 4a*. Сортовете Анделка, Мулан и LG Altigo показват устойчивост съответно към 6, 8 и 9 изолати.

Сходна реакция с диференциращите генотипи, притежаващи неидентифицирани гени в комбинация с *Pm 4b* се наблюдава при сортовете Златица и Анапурна. Сортът Басмати показва тип на реакция, сходен с този в Kharpli и Welhenstephen M1, които притежават гените *Pm 4a* и *Pm 4b*, плюс други неидентифицирани гени. Реакцията на LG Andino е сходна с тази на генотипите, притежаващи съответно *Pm 2*, *Pm 8* и *Pm 4b*, а Midas с *Pm 2*, *Pm 8*, *Pm 4a* и *Pm 4b*. LG Avenue е устойчив към 10 от проучваните изолати с авирулентност към *Pm 2+8+(2+6)+3a+3d+4a+4b*. Сорт Sorrial е резистентен към 11 от проучваните изолати, чиято авирулентност се наблюдава при гени *Pm 1+2+8+3a+3d+4a+4b+Mld* плюс неустановен ген. С най-висока устойчивост се характеризира сорт Вулканос, показващ устойчивост към 12 от проучваните изолата, които са авирулентни към гени *Pm 1+2+8+3a+3d+4+4a+4b+Mld+(1+?)+(3c+?)*.

Пет от изпитаните линии и сортове (GT 68 3279/8-6, Кристал, Екзотика, Илинка и Кралица) показват устойчивост към един или няколко изолати, но типът на реакция не съвпада с нито един от резистентните гени или техни комбинации в това изследване. Резистентни гени към причинителя на брашнеста мана в настоящето изследване са открити в 27 пшенични линии и сортове. Резултатите от изследването показват, че проучваните сортове не

притежават гени към всички изолати на причинителя на брашнеста мана, включени в изследването. Генната комбинация *Pm3c+?*, която показва устойчивост към 12 от изпитаните 13 изолати, вероятно би предоставила ефективна устойчивост в някои райони. Въпреки това е важно да се следи вирулентността на изолатите на *B. graminis* f. sp. *tritici* към тези резистентни гени, а също така и към останалите гени в пшеничните сортове. Нито един от изпитаните материали не показва тип на реакция като тази на резистентния ген *Pm 17*, който се отличава с устойчивост към 7 изолати.

Не са идентифицирани гените на резистентност в пет линии и сортове, поради липсата на съответни изолати на *B. graminis* f. sp. *tritici* или диференциални линии. В допълнение, 42 от генотипите, включени в изследването са чувствителни към всички изпитани изолати на *B. graminis* f. sp. *tritici*, което показва, че тези генотипи или не притежават резистентни гени, или притежават резистентни гени, които са били преодоляни от съответна съвпадаща вирулентност във всичките 13 изолати, използвани в това проучване.

Възрастова устойчивост при сортовете и селекционните линии

Изпитаните селекционни линии и сортове се различават значително по отношение на реакцията си към причинителя на брашнестата мана. От проучените 69 сортове и селекционни линии, 17 показват висока устойчивост във фенофази цъфтеж и млечна зрялост, осем реагират с устойчива реакция, а 27 проявяват средна устойчивост. Чувствителна реакция при полски условия е установена при 17 сортове и линии. От 42 селекционни линии и сортове, показали чувствителност към всички изолати на *B. graminis* f. sp. *tritici* във фаза млада възраст, 29 реагират с устойчива реакция при полски условия.

Съществуват няколко селекционни подхода за постигане на дълготрайна устойчивост към причинителя на брашнестата мана, като пирамидално натрупване на ефективни резистентни гени (Vanderplank, 1984), използва-

Таблица 3. Устойчивост на сортове и линии обикновена пшеница към причинителя на брашнестата мана при полски условия през периода 2020 – 2021

Table 3. Resistance of cultivars and lines of common wheat to the causative agent of powdery mildew under field conditions during 2020-2021

№	Сорт / Линия Cultivar / Line	2020	2021	№	Сорт / Линия Cultivar / Line	2020	2021
1	Калина/Kalina	3.8*	13.3	36	GT 68 3279/8-6	10	3.8
2	Карина/Karina	20	13.3	37	Кристалина/Kristalina	20	13.3
3	Мерилин/Merilin	20	13.3	38	Галатея/Galateya	15	10
4	Енола/Enola	20	0	39	Венка 1/Venka 1	20	20
5	Горица/Goritsa	40	0	40	Ласка/Laska	25	20
6	Кристал/Kristal	3.8	0	41	Албена/Albena	40	15
7	Ками/Kami	20	10	42	Sofru 2	20	13.3
8	Корона/Korona	25	0	43	LG Avenue	10	0
9	Косара/Kosara	3.8	13.3	44	Andelka	15	53.3
10	Киара/Kiara	15	13.3	45	Andalu	40	15
11	Пчелина/Pchelina	25	13.3	46	Basmati	3.8	0
12	Златица/Zlatitsa	40	10	47	LG Andino	15	10
13	Драгана/Dragana	3.8	0	48	Bolonya	20	15
14	Неда/Neda	15	40	49	Simonida	15	10
15	Деметра/Demetra	10	0	50	Anapurna	3.8	0
16	Никодим/Nikodim	15	0	51	Midas	3.8	0
17	Аглика/Aglika	15	0	52	Foksil	25	20
18	Лазарка/Lazarka	20	13.3	53	Sobbel	0	0
19	Лидер/Lider	15	10	54	LG Apache	25	20
20	Жана/Gana	40	13.3	55	Indzhenio	0	0
21	Кристи/Kristi	20	13.3	56	Панония/Panoniya	25	20
22	Болярка/Bolyarka	20	13.3	57	Mulan	3.8	0
23	Стойана/Stoyana	40	0	58	AG Altigo	0	0
24	Катаржина/Katarzhina	20	0	59	Ekzotik	0	0
25	Фани/Fani	3.8	0	60	Renan	10	3.8
26	Антоновка/Antonovka	20	0	61	Sorrial	15	13.3
27	Тина/Tina	15	13.3	62	Sixtus	0	3.8
28	Рада/Rada	20	0	63	Rheia	10	0
29	Сладуна/Sladuna	40	13.3	64	Vulkanos	0	0
30	Божана/Bojana	3.8	0	65	Airbus	20	13.3
31	Копринка/Koprinka	40	20	66	Илинка/Ilinka	0	0
32	Милена/Milena	10	0	67	Кралица/Kralitsa	3.8	0
33	Ивета/Iveta	20	0	68	Arleguin	10	3.8
34	GT 10/20-93/-1	3.8	0	69	MS 40S1	25	15
35	GT 20/28-63	15	3.8	70	Садовска ранозрейка-4 / Sadovska ranozreyka-4	80	75

*коригирана стойност: 0-4,9 – високо устойчиви (HR); 5-14,9 – устойчиви (R); 15-24,9 – средно устойчиви (MR); 25-44,9 – средно чувствителни (MS); 45-64,9 – чувствителни (S); 65-100 – високо чувствителни (HS).

не на мултилинейни сортове с различни гени за устойчивост (Browning & Frey, 1969) и създаване на сортове с възрастова устойчивост (Shaner, 1973). Като най-добра стратегия за борба с брашнестата мана се приема създаването на сортове с възрастова устойчивост (Bennett, 1984; Shaner, 1973). През последните десетилетия са проведени редица проучвания за възрастова устойчивост към брашнестата мана по пшеницата, при които са открити както качествено, така и количествено гени в различни сортове (Xie et al., 2012; Tan et al., 2018; Li et al., 2019).

Сорт Енола е най-разпространеният сорт в България до 2015 г., който заемаше от 1/2 до 1/3 от площите засети с пшеница в продължение на 15 години. Резултатите от изследването показват, че сортът е устойчив само към един от проучените 13 изолати на *B. graminis* f. sp. *tritici* в млада възраст. Резултатите от полските изследвания обаче показват, че сортът притежава възрастова устойчивост, тъй като коригираната степен на нападение през периода на проучване не надвишава 20%. Като цяло възрастова устойчивост към причинителя на брашнестата мана по пшеницата е открита в сортове, които или нямат идентифицирани резистентни гени, или резистентността на основния ген е преодоляна (Bennett, 1984). В нашето проучване 29 сорта, чийто расово специфични гени са преодоляни във фаза млада възраст, имат възрастова устойчивост при полски условия, което показва, че може би притежават *mi-nog* APR (възрастова устойчивост) гени в допълнение към специфичните гени. Получените резултати показват, че е възможно комбиниране на расово-специфични гени и *APR* при селекцията на сортове обикновена пшеница за постигане на дълготрайна устойчивост към причинителя на брашнестата мана.

ИЗВОДИ

1. Не са установени селекционни линии, български и интродуцирани сортове обикно-

вена зимна пшеница с устойчивост към всички изолати на *B. graminis* f. sp. *tritici*, включените в изследването.

2. Четиридесет и два от генотипите, включени в изследването са чувствителни към всички проучваните изолати на *B. graminis* f. sp. *Tritici*.

3. Най-голям е процента на генотипите, реагирани с устойчива реакция към изолати с изразена авирулентност по отношение на гени *Pm 4a* и *Pm 4b*, следвани от *Pm 8* и *Pm 2*.

4. От линиите и сортовете, които са чувствителни към всички изолати на *B. graminis* f. sp. *tritici* във фаза млада възраст - 29 показват възрастова устойчивост при полски условия.

ЛИТЕРАТУРА

- Bennett, F. G. (1984). Resistance to powdery mildew in wheat: a review of its use in agriculture and breeding programmes. *Plant pathology*, 33(3), 297-300.
- Browning, J. A., & Frey, K. J. (1969). Multiline cultivars as a means of disease control. *Annual review of phytopathology*, 7(1), 355-382.
- Das, M. K., & Griffey, C. A. (1994). Heritability and number of genes governing adult-plant resistance to powdery mildew in Houser and Redcoat winter wheats. *Phytopathology*, 84(4), 406-409.
- Fried, P. M., MacKenzie, D. R., & Nelson, R. R. (1981). Yield loss caused by *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* on single culms of 'Chancellor' wheat and four multilines/ Ertragsausfall durch Erysiphe graminis f. sp. *tritici* auf Einzelhalmen von Winterweizen 'Chancellor' und vier Multilinen. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz/Journal of Plant Diseases and Protection*, 88, pp. 256-264.
- Griffey, C. A., & Das, M. K. (1994). Inheritance of adult-plant resistance to powdery mildew in Knox 62 and Massey winter wheats. *Crop science*, 34(3), 641-646.
- Kloppe, T., Boshoff, W., Pretorius, Z., Lesch, D., Morgounov, A., Shamanin, V., & Cowger, C. (2022). Virulence of blumeria graminis f. sp. *tritici* in Brazil, South Africa, Turkey, Russia, and Australia. *Frontiers in Plant Science*, 13, 954958.
- Kunovsky, Zh., (1973). Study on the physiological specialization and some biological and physiological peculiarities of the cause agent of powdery mildew in wheat (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* Marchal) and of the wheat host plant. *Ph.D. thesis*, Sofia (Bg).
- Leath, S., & Bowen, K. L. (1989). Effects of powdery mildew, triadimenol seed treatment and triadimefon fo-

- liar sprays on yield of winterwheat in North Carolina. *Phytopathology*, 79, pp. 152-155.
- Leath, S., & Heun, M.** (1990). Identification of powdery mildew resistance genes in cultivars of soft winter wheat. *Plant Dis.* 74, pp. 747-752.
- Li, G., Cowger, C., Wang, X., Carver, B. F., & Xu, X.** (2019). Characterization of Pm65, a new powdery mildew resistance gene on chromosome 2AL of a facultative wheat cultivar. *Theoretical and Applied Genetics*, 132, pp. 2625-2632.
- Mains, E. B., & Diktz, S. M.** (1930). Physiologic forms of Barley mildew, *Erysiphe graminis hordei*. *Phytopathology*, 20(3), pp. 229-239.
- McIntosh, R. A., Dubcovsky, J., Rogers, W. J., Morris, C., & Xia, X. C.** (2017). Catalogue of gene symbols for wheat: 2017 supplement. In: *KOMUGI wheat genetic resource database* <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/symbolClassList.jsp>
- Murphy & Cowger, C.** (2022). Virulence of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* in Brazil, South Africa, Turkey, Russia, and Australia. *Frontiers in Plant Science*, Vol. 13, pp. 1-15.
- Radchenko, E. E., Abdullaev, R. A., & Anisimova, I. N.** (2020). Genetic diversity of cereal crops for powdery mildew resistance. *Ecological genetics*, 18(1), 59-78.
- Saari, E. E., & Prescott, J. M.** (1975). A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant disease reporter*, 59(5), 377-380.
- Simeone, R., Piarulli, L., Nigro, D., Signorile, M. A., Blanco, E., Mangini, G., & Blanco, A.** (2020). Mapping powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) resistance in wild and cultivated tetraploid wheats. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(21), 7910.
- Shaner, G.** (1973). Evaluation of slow-mildewing resistance of Knox wheat in the field. *Phytopathology* 63:867-872.
- Tan, C., Li, G., Cowger, C., Carver, B. F., & Xu, X.** (2018). Characterization of Pm59, a novel powdery mildew resistance gene in Afghanistan wheat landrace PI 181356. *Theoretical and Applied Genetics*, 131, 1145-1152.
- Vanderplank, J. E.** (1984). Disease Resistance in Plant, 2-nd ed. Academic Press, New York.
- Wang, Z. L., Li, L. H., He, Z. H., Duan, X. Y., Zhou, Y. L., Chen, X. M., ... & Xia, X. C.** (2005). Seedling and adult plant resistance to powdery mildew in Chinese bread wheat cultivars and lines. *Plant Disease*, 89(5), 457-463.
- Wu, X. X., Xu, X. F., Ma, D. X., Chen, R. Z., Li, T. Y., & Cao, Y. Y.** (2019). Virulence structure and its genetic diversity analyses of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* isolates in China. *BMC Evolutionary Biology*, 19, pp. 1-11.
- Xie, W., Ben-David, R., Zeng, B., Distelfeld, A., Röder, M. S., Dinooor, A., & Fahima, T.** (2012). Identification and characterization of a novel powdery mildew resistance gene PmG3M derived from wild emmer wheat, *Triticum dicoccoides*. *Theoretical and Applied Genetics*, 124, 911-922.
- Xu, X., Liu, W., Liu, Z., Fan, J., & Zhou, Y.** (2020). Mapping powdery mildew resistance gene pmYBL on chromosome 7B of Chinese Wheat (*Triticum aestivum* L.) Landrace Youbailan. *Plant Disease*, 104(9), 2411-2417.
- Zadoks, J. C.** (1972). Methodology of epidemiological research. *A. Rev. Phytopathology*, 10, 253-276.
- Zhang, Y., Wu, X., Wang, W., Xu, Y., Sun, H., Cao, Y., ... & Karimi-Jashni, M.** (2022). Virulence characteristics of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* and its genetic diversity by EST-SSR analyses. *PeerJ*, 10, e14118.

Received: March, 15, 2024; Approved: June, 22, 2024; Published: August, 2024