

## Расов състав на *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* в България и ефективност на някои *Pm* гени

Йорданка Станоева

Селскостопанска академия, Добруджански земеделски институт - Генерал Тошево

E-mail: y\_zdravkova@abv.bg

### Резюме

Брашнестата мана по пшеницата е повсеместно разпространена болест във всички райони, където тя се отглежда. Проучено е генетичното разнообразие в популациите на *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* в България през периода 2017-2019 година. Изследването е проведено при оранжерийни условия и климатични параметри, близки до оптималните за развитие на патогена. От всяка проба са създадени по три чисти култури и с всяка култура са заразявани 12 сорта диференциатори и 15 моно генни линии във фаза “втори лист”. След период от 8-10 дни е извършено отчитане на типа на инфекция. От разработените 56 проби от 28 сорта и линии зимна мека пшеница са направени 168 изолати и са установени 38 раси. Най-висока честота на срещане има раса 3677 (16.07 %), следвана от раси 3653 (14.29 %), 3673 (11.90 %) и 3657 (8.93 %). Раса 3677 се среща най-често в района на Бръшлен, Селановци и Чепинци. От разработените през периода 2017-2019 г. проби не са установени нови нерегистрирани до сега физиологични раси. Резултатите от изследването показват, че в популациите на патогена съществува голямо генетично разнообразие с различна вирулентност. Установени са 92 генетични формули, които се различават по между си според ефективността на *Pm* гените към вирулентността на проучените популации на патогена. Най-често срещана е генетичната формула 1,3с,7,17 / 2,3а,3b,3d,4а,4b,5,6,2+6,8,1+2+9, която съставлява 7.10 % от разработените проби.

С висока ефективност към установените физиологични раси са гените *Pm* 3с, *Pm*1, *Pm*17 и *Pm*7. С най-слаба ефективност са гените *Pm* 8 и *Pm* 5, а генната комбинация *Pm* 2+6 е неефективна за периода на изследване.

**Ключови думи:** пшеница; вирулентност; брашнеста мана; *Pm* гени

## The racial composition of *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* in Bulgaria and the efficacy of some *Pm* genes

Yordanka Stanoeva

Agricultural academy, Dobrudzha Agricultural Institute - General Toshevo, Bulgaria

E-mail: y\_zdravkova@abv.bg

### Citation

Stanoeva, Y. (2023). The racial composition of *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* in Bulgaria and the efficacy of some *Pm* genes. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 60(2) 3-11 (Bg).

### Abstract

Powdery mildew of wheat is a wide spread disease in all areas where it is grown. The race variability in the populations of *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* in Bulgaria during 2017-2019 was investigated. The study was conducted under greenhouse conditions at climatic parameters close to be optimal for development of the pathogen. Three pure cultures were made from each sample and 12 varieties of differentials and 15 monogenic lines at stage second leaf were infected with each of the culture. After 8-10 days, the type of infection was identified. Out of the 56 samples from 28 common winter wheat varieties and lines, 168 isolates were prepared

and 38 races were identified. Race 3677 had highest frequency of occurrence (16.07%), followed by races 3653 (14.29%), 3673 (11.90%) and 3657 (8.93%). Race 3677 is most common in the Brushlen, Selanovtsi and Chepintsi areas. Among the samples developed during the period 2017-2019, new physiological races were not identified. The study results show that there is a great deal of genetic diversity in the pathogen population with different virulence. Ninety two genetic formulas of different virulence according to the used *Pm* genes were established. The most frequent genetic formula was 1.3c, 7.17 / 2.3a, 3b, 3d, 4a, 4b, 5,6,2 + 6,8,1 + 2 + 9, which accounted for 7.10 % from the developed samples. Genes *Pm* 3c, *Pm* 1, *Pm* 7, and *Pm* 17 had highest efficiency against the identified races. Genes *Pm* 8 and *Pm* 5 are the least effective, and the *Pm* 2 + 6 gene combination is ineffective for the study period.

**Key words:** wheat; virulence; powdery mildew; *Pm* genes

## ВЪВЕДЕНИЕ

От причинителите на болести по пшеницата брашнестата мана заема едно от първите места. Тази болест е повсеместно разпространена и обхваща същия ареал, какъвто има и пшеницата. През последните години нейното значение нараства поради прякото ѝ влияние върху добива, както и поради косвеното ѝ действие, изразяващо се в намаляване на устойчивостта на пшеницата към други болести. Загубите, причинени от брашнестата мана, в световен мащаб възлизат на 10% средногодишно, а в България 10 – 30 % (Kunovsky, 1973). Болестта се причинява от биотрофната паразитна гъба *Blumeria graminis* f.sp. *tritici*, която нанася големи поражения по пшеницата в страните с хладен и влажен климат. Отглеждането на устойчиви сортове е икономически най-ефективния и екологосъобразен метод за борба с болестта. В момента има идентифицирани 53 алела в 34 локуси, които отговарят за устойчивостта на пшеницата към брашнестата мана (Husing et al., 2007). При създаване на сортове селекционерите използват основно расово-специфичната устойчивост (Imani et al., 2002), но създаването на сортове с продължителна расова-специфична устойчивост е труден процес, поради наличието на голямо генетично разнообразие в популациите на *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* (Piiev, 1992, 1996, 1999). Екстензивното производство на сортове пшеница с един или няколко *Pm* гена оказва силен селективен натиск върху популацията на патогена и обилното спорообразуване осигурява голям потенциал за вирулентни мутации, което води до бързо преодоляване на устойчивостта на отглежданите сортове и появата на нови виру-

лентни форми. За получаване на по-ефективна и по-продължителна устойчивост на сортовете е необходимо комбиниране на устойчиви гени и анализ на вирулентния спектър на популацията на патогена, необходим за определяне на преобладаващите вирулентните гени в даден регион, и следователно - идентифициране на устойчивите гени, които ще бъдат ефективни в този конкретен регион.

Целта на изследването е да се определи вирулентния спектър на популациите на *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* в България, както и ефективността на някои *Pm* гени през периода 2017 – 2019 г.

## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

През периода 2017-2019 г. са събрани 57 проби с клейстотеции на патогена от 9 пункта в страната. Разработени са 56 проби от зимна обикновена пшеница и са създадени 168 чисти култури, като е използван високо чувствителния сорт Садовска ранозрейка 4.

Изследването е проведено при оранжерийни условия и климатични параметри, близки до оптималните за развитие на патогена. От всяка проба са създадени по три чисти култури с произход от отделни единични туфи на патогена. Създадените чисти култури се размножават и с всяка култура са заразявани 12 сорта диференциатори и 15 Моногенни линии във фаза “втори лист”. Отглеждането на заразените растения е проведено при температура 18-20°C и относителна влажност 80%. След период от 8 -10 дни е извършено отчитане на типа на инфекция върху

**Таблица 1.** Установени физиологични раси на брашнеста мана за периода 2017-2019 г.

**Table 1.** Physiological races of powdery mildew identified during 2017-2019

№	Раса / Race	Година / Year			Общ брой / Total number	%
		17	18	19		
1	2	3	4	5	6	7
1	1611	4	2		6	3.57
2	1631	2	1	1	4	2.38
3	1651			1	1	0.59
4	1671		1		1	0.59
5	1711	1		1	2	1.19
6	3433	1			1	0.59
7	3577			1	1	0.59
8	3611	1			1	0.59
9	3613	4	3	1	8	4.76
10	3615		1		1	0.59
11	3617	1			1	0.59
12	3633	1	2		3	1.79
13	3637		3		3	1.79
14	3653	8	9	7	24	14.29
15	3657	5	4	6	15	8.93
16	3671	1			1	0.59
17	3673	5	12	3	20	11.90
18	3675		1		1	0.59
19	3677	3	15	9	27	16.07
20	3713	1			1	0.59
21	3753		2		2	1.19
22	5711		1		1	0.59
23	5731			1	1	0.59
24	5771	1			1	0.59
25	7377		1		1	0.59
26	7537			1	1	0.59
27	7613	1			1	0.59
28	7617	1			1	0.59
29	7637	1	1		2	1.19
30	7657	1			1	0.59
31	7673		1		1	0.59
32	7677		1	2	3	1.79
33	7733	1			1	0.59
34	7737			1	1	0.59
35	7753	1	3		4	2.38
36	7757	1	4	1	6	3.57
37	7773	3	2		5	2.98
38	7777	4	3	6	13	7.74
Култури бр./ Number of cultures		53	73	42	168	100
Раси бр./ Number of race		21	22	15	38	

всеки сорт-диференциатор и Моногенна линия по метода на Mains & Diktz (1930).

Генетичните особености на използваните сортове-диференциатори и Моногенни линии са под-

робно описани в предишни публикации (Плев, 1992). В проучването са използвани гените *Pm 1*, *Pm 2*, *Pm 3a*, *Pm 3b*, *Pm 3c*, *Pm 3d*, *Pm 4a*, *Pm 4b*, *Pm 5*, *Pm 6*, *Pm 7*, *Pm 8*, *Pm 17*, *Pm 2+6* и *Pm 1+2+9*.

**Таблица 2.** Количество на най-често срещаните раси на патогена по пунктове

**Table 2.** Amount of the most frequent races of the pathogen over locations

№	Пункт / Location	Раси / Races												Всичко по години / Total years		Общо 17-19 за 4-те раси / Total for the 4 races	
		3677			3653			3673			3657			За 4 раси For 4 races			
		17	18	19	17	18	19	17	18	19	17	18	19	17	18		19
1	Бургас / Burgas	0	1	1	1	1	1	2	0	2	0	0	1	3	2	5	10
2	Бръшлен / Brashlen	1	6	1	0	4	1	1	3	0	2	0	1	4	13	3	20
3	Ивайло / Ivajlo	1	0	4	1	0	1	0	1	0	0	0	0	2	1	5	8
4	Раднево / Radnevo	0	1	3	0	3	3	0	1	0	0	3	2	0	8	8	16
5	Селановци / Selanovtzi	1	5	-	3	1	-	0	2	-	1	0	-	5	8	-	13
6	Свищов / Svishtov	-	0	-	-	0	-	-	1	-	0	-	-	-	1	-	1
7	Чепинци / Cherpintzi	0	2	1	2	0	1	0	4	1	0	1	2	2	7	5	14
8	Кнежа / Kneja	0	-	-	0	-	-	1	-	-	1	-	-	2	-	-	2
9	ДЗИ / DAI	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	4	-	-	1

**Таблица 3.** Честота на срещане на установените физиологични раси на патогена

**Table 3.** Frequency of occurrence of the identified physiological races of the pathogen

№	Честота в % / Frequency in %	Установени раси – бр. / Number of identified races			Общо – бр. / Total – number	%
		2017	2018	2019		
1	До 1 %, Up to 1 %	0	0	0	0	0
2	От 1 до 5 %, From 1 to 5 %	16	17	10	43	70.49
3	От 5 до 10 %, From 5 to 10 %	7	2	1	10	16.39
4	От 10 до 15 %, From 10 to 15 %	1	1	2	4	6.56
5	Над 15 %, Over 15 %	0	2	2	4	6.56
	Общо / Total	24	22	15	61	100

Установените генетични формули за вирулентност на изолатите са представени като дроб с числител “ефективни гени” (устойчиви Моногенни линии) и знаменател – “неефективни гени” (чувствителни Моногенни линии) по Green (1965).

Ефективността на изследваните линии с *Pm* гени за устойчивост към вирулентността на патогена е представена в проценти, на основата на проявената устойчивост на Моногенните линии спрямо общо разработените и оценени изолати.

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

От събраните през периода 2017-2019 г. 57 проби на причинителя на брашнестата мана по пшеницата (*Blumeria graminis* (DC Speer) f.sp. *tritici*) са разработени 56 проби от 28 сорта и линии зимна мека пшеница. Направени са 168 изолати на патогена и са установени 38 раси (Таблица 1). През 2017 г. са установени 21 раси, през 2018 г. – 22 раси, а през 2019 г. – 15 раси. Най-висока честота на срещане има раса 3677, следвана от раси 3653, 3673 и 3657 (Табл.1). Раса 3677 е установена при 27 изолати, представляващи 16.07% от общия брой проучени култури. В изследваните популации през периода 2013-2015 г. раса 3677 е представлявала 11.38%, а в по-ранни периоди честотата и на срещане се движи от 2.19 до 5.24% (Piiev, 2011; Piiev, 2012; Piiev & Stanoeva, 2013). На второ място по разпространение е раса 3653, която е установена при 24 изолати или 14.29% от получените култури. През периода 2013-2015 г. раса 3653 е имала честота на срещане 4.88%, а раса 3673 – 3.25%. На трето място по разпространение е раса 3673, установена при 20 изолати, което представлява 11.90% от изследваните култури. През периода 2010-2015 г. раса 3673 има ниска честота на срещане (3.25%). На четвърто място по разпространение е раса 3657, установена при 15 изолати, което представлява 8.93% от изследваните култури. През периода 2013-2015 г. раса 3657 е имала най-висока честота на срещане 13.82%.

Раса 3677 се среща най-често в района на Бръшлен, Селановци, Ивайло и Раднево (Таблица 2). Раса 3653 по-често е установявана в Бръшлен, Селановци, Раднево и Бургас. Раса 3673 най-често се среща в пунктовете в Бръш-

лен, Бургас и Чепинци. Раса 3657 най-често е установявана в пунктовете в Раднево, Бръшлен и Чепинци.

Данните от проучването показват, че расите с по-голяма честота на срещане заемат малка част от установеното расово разнообразие в популациите на патогена. През 2017 г. тези раси се намират в границите от 5 до 10 % и от 10 до 15 % (Таблица 3), през 2018 г. в границите от 10 до 15 % и над 15 %, а през 2019 в интервала от 5 до над 15 %. В границите от 5 до 10 % честота на срещане влизат 10 броя раси, които представляват 16.39 %. В границите от 10 до 15 % влизат четири раси, които представляват 6.56%. Четири раси влизат и в границите над 15 %. Най-голям брой раси е установено в границите от 1 до 5 % честота на срещане - 43 броя, съставляващи 70.49 % от общия брой. В границите до 1 % на срещане не са установени физиологични раси. Резултатите от изследването показват, че в популациите на патогена съществува голямо генетично разнообразие с различна вирулентност. В резултат на половото размножаване, генетичното разнообразие води до появата на нови вирулентни форми, които успяват да преодолеят устойчивостта на отглежданите сортове, както и до невъзможността за създаване на сортове с дълготрайна устойчивост.

От разработените през периода 2017-2019 г. проби не са установени нови нерегистрирани до сега физиологични раси.

Данните от Таблица 4 показват, че са установени 92 генетични формули, които се различават по между си според ефективността на *Pm* гените към вирулентността на проучените популации на патогена. За тази цел са използвани 15 Моногенни и линии с два и три гена за устойчивост. Най-често срещана е генетичната формула 1,3c,7,17 / 2,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,8,1+2+9, която съставлява 7.10 % от разработените проби. През периода 2010-2015 г. тази генетична формула не е била установена. На второ място по честота на срещане е генетичната формула 3c,17 / 1,2,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9, която заема 4.14 % от пробите. Тази генетична формула не е била установявана в последните 10 години. На трето място се нареждат генетичните формули 1,17 / 2,3a,3b,3c,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9 и 1,3c,17 / 2,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9 с по 3.55 % от разработените проби.

**Таблица 4.** По-често установени генетични формули с помощта на моногенни линии през периода 2017-2019 година

**Table 4.** More frequent genetic formulas identified with the help of monogenic lines during 2017 - 2019

Генетични формули / Genetic formulas	2017 - 2019				
	17	18	19	Общо/ Total	%
1	2	3	4	5	6
<b>С 0 ген за устойчивост (1) With 0 gene for resistance (1)</b>					
/ 1,2,3a,3b,3c,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9			3	3	1.77
<b>С 1 ген за устойчивост (4) With 1 gene for resistance (4)</b>					
1 / 2,3a,3b,3c,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9		4	1	5	2.96
7 / 1,2,3a,3b,3c,3d,4a,4b,5,6,2+6,8,17,1+2+9	1	1	1	3	1.77
17 / 1,2,3a,3b,3c,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9			1	1	0.59
3c / 1,2,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9	1	3		4	2.37
<b>С 2 гена за устойчивост (10), With 2 gene for resistance (10)</b>					
1,2 / 3a,3b,3c,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9		1		1	0.59
1,7 / 2,3a,3b,3c,3d,4a,4b,5,6,2+6,8,17,1+2+9			1	1	0.59
1,17 / 2,3a,3b,3c,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9		1	5	6	3.55
6,17 / 1,2,3a,3b,3c,3d,4a,4b,5,2+6,7,8,1+2+9			1	1	0.59
1,3c / 2,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9		2	2	2	2.37
1,4a / 2,3a,3b,3c,3d,4b,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9		1		1	0.59
3a,3c / 1,2,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9	1			1	0.59
3c,7 / 1,2,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,8,17,1+2+9	1		1	2	1.18
3c,17 / 1,2,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9	2	2	3	7	4.14
4a,17 / 1,2,3a,3b,3c,3d,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9		1		1	0.59
<b>С 3 гена за устойчивост (15), With 3 gene for resistance (15)</b>					
1,7,17 / 2,3a,3b,3c,3d,4a,4b,5,6,2+6,8,1+2+9	1	2	1	4	2.37
1,2,17 / 3a,3b,3c,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9			1	1	0.59
1,3c,6 / 2,3a,3b,3d,4a,4b,5,2+6,7,8,17,1+2+9		1		1	0.59
1,3c,7 / 2,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,8,17,1+2+9		1	2	3	1.77
1,3c,17 / 2,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9	2	2	2	6	3.55
1,3c,4a / 2,3a,3b,3d,4b,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9	2	1		3	1.77
1,3d,17 / 2,3a,3b,3c,4a,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9			1	1	0.59
1,4a,7 / 2,3a,3b,3c,3d,4b,5,6,2+6,8,17,1+2+9		2		2	1.18
2,3c,7 / 1,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,8,17,1+2+9	1	1		2	1.18
2,3c,17 / 1,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9			1	1	0.59
3b,3c,6 / 1,2,3a,3d,4a,4b,5,2+6,7,8,17,1+2+9		1		1	0.59
3b,3c,4a / 1,2,3a,3d,4b,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9	1			1	0.59
3c,7,17 / 1,2,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,8,1+2+9		5		5	2.96
3c,4b,7 / 1,2,3a,3b,3d,4a,5,6,2+6,8,17,1+2+9	1			1	0.59
4a,7,17 / 1,2,3a,3b,3c,3d,4b,5,6,2+6,8,1+2+9		1		1	0.59
<b>С 4 гена за устойчивост (15), With 4 gene for resistance (15)</b>					
1,2,3c,7 / 3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,8,17,1+2+9	2			2	1.18
1,2,3c,17 / 3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9			1	1	0.59
1,2,3c,4a / 3a,3b,3d,4b,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9			1	1	0.59
1,2,4a,7 / 3a,3b,3c,3d,4b,5,6,2+6,8,17,1+2+9			1	1	0.59
1,3b,3c,17 / 2,3a,3d,4a,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9	1			1	0.59
1,3b,3c,4a / 2,3a,3d,4b,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9		1		1	0.59
1,3c,4a,7 / 2,3a,3b,3d,4b,5,6,2+6,8,17,1+2+9	1	2		3	1.77
1,3c,4a,17 / 2,3a,3b,3d,4b,5,6,2+6,7,8,1+2+9	1	1		2	1.18
1,3c,7,17 / 2,3a,3b,3d,4a,4b,5,6,2+6,8,1+2+9	1	8	3	12	7.10
1,3d,7,17 / 2,3a,3b,3c,4a,4b,5,6,2+6,8,1+2+9		1		1	0.59
1,4a,7,17 / 2,3a,3b,3c,3d,4b,5,6,2+6,8,1+2+9		2		2	1.18
3b,3c,6,17 / 1,2,3a,3d,4a,4b,5,2+6,7,8,1+2+9	1			1	0.59
3b,3c,7,17 / 1,2,3a,3d,4a,4b,5,6,2+6,8,1+2+9	1			1	0.59



3с,4а,4б,17 / 1,2,3а,3б,3д,5,6,2+6,7,8,1+2+9	1			1	0.59
3с,4а,7,17 / 1,2,3а,3б,3д,4б,5,6,2+6,8,1+2+9	1	3		4	2.37
<b>С 5 гена за устойчивост (19), With 5 gene for resistance (19)</b>					
1,2,3а,7,17 / 3б,3с,3д,4а,4б,5,6,2+6,8,1+2+9		1		1	0.59
1,2,3а,3с,17 / 3б,3д,4а,4б,5,6,2+6,7,8,1+2+9			1	1	0.59
1,2,3с,7,17 / 3а,3б,3д,4а,4б,5,6,2+6,8,1+2+9	1		1	2	1.18
1,2,3с,4а,7 / 3а,3б,3д,4б,5,6,2+6,8,17,1+2+9		1	1	2	1.18
1,2,3с,4а,17 / 3а,3б,3д,4б,5,6,2+6,7,8,1+2+9		1		1	0.59
1,3а,3б,3с,4а / 2,3д,4б,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9		1		1	0.59
1,3а,3с,4а,7 / 2,3б,3д,4б,5,6,2+6,8,17,1+2+9	1			1	0.59
1,3а,3с,4а,17 / 2,3б,3д,4б,5,6,2+6,7,8,1+2+9	1			1	0.59
1,3б,3с,7,17 / 2,3а,3д,4а,4б,5,6,2+6,8,1+2+9	2	1		3	1.77
1,3б,3с,4а,4б / 2,3а,3д,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9		1		1	0.59
1,3б,3с,4а,17 / 2,3а,3д,4б,5,6,2+6,7,8,1+2+9	1	1		2	1.18
1,3с,6,7,17 / 2,3а,3б,3д,4а,4б,5,2+6,8,1+2+9	2			2	1.18
1,3с,4а,7,17 / 2,3а,3б,3д,4б,5,6,2+6,8,1+2+9	1	1	2	4	2.37
1,3с,3д,4а,7 / 2,3а,3б,4б,5,6,2+6,8,17,1+2+9	2			2	1.18
1,4а,7,17,1+2+9 / 2,3а,3б,3с,3д,4б,5,6,2+6,8	1			1	0.59
2,3с,4а,7,17 / 1,3а,3б,3д,4б,5,6,2+6,8,1+2+9			1	1	0.59
3б,3с,4а,7,17 / 1,2,3а,3д,4б,5,6,2+6,8,1+2+9	1			1	0.59
3б,3с,7,17,1+2+9 / 1,2,3а,3д,4а,4б,5,6,2+6,8	1			1	0.59
3с,4а,7,17,1+2+9 / 1,2,3а,3б,3д,4б,5,6,2+6,8	1			1	0.59
<b>С 6 гена за устойчивост (15), With 6 gene for resistance (15)</b>					
1,3б,3с,4а,7,17 / 2,3а,3д,4б,5,6,2+6,8,1+2+9	3			3	1.77
1,3с,3д,4а,4б,17 / 2,3а,3б,5,6,2+6,7,8,1+2+9		1		1	0.59
1,3с,4а,5,7,17 / 2,3а,3б,3д,4б,6,2+6,8,1+2+9		1		1	0.59
1,2,3б,3с,3д,4а / 3а,4б,5,6,2+6,7,8,17,1+2+9		1	1	2	1.18
1,2,3б,3с,7,1+2+9 / 3а,3д,4а,4б,5,6,2+6,8,17	1			1	0.59
1,2,3с,4а,7,1+2+9 / 3а,3б,3д,4б,5,6,2+6,8,17	1			1	0.59
1,2,3с,4а,7,17 / 3а,3б,3д,4б,5,6,2+6,8,1+2+9			2	2	1.18
1,2,3с,3д,4а,17 / 3а,3б,4б,5,6,2+6,7,8,1+2+9			1	1	0.59
1,2,3д,4а,7,17 / 3а,3б,3с,4б,5,6,2+6,8,1+2+9		1		1	0.59
1,2,4а,6,7,17 / 3а,3б,3с,3д,4б,5,2+6,8,1+2+9		1		1	0.59
2,3б,3с,4а,6,17 / 1,3а,3д,4б,5,2+6,7,8,1+2+9	1			1	0.59
3а,3с,3д,4а,4б,7 / 1,2,3б,5,6,2+6,8,17,1+2+9	1			1	0.59
3б,3с,3д,4а,7,17 / 1,2,3а,4б,5,6,2+6,8,1+2+9		1		1	0.59
3б,3с,4а,5,7,17 / 1,2,3а,3д,4б,6,2+6,8,1+2+9	1			1	0.59
3б,3с,4а,6,7,17 / 1,2,3а,3д,4б,5,2+6,8,1+2+9		1		1	0.59
<b>С 7 гена за устойчивост (5) With 7 gene for resistance (5)</b>					
1,3а,3б,3с,4а,7,17 / 2,3д,4б,5,6,2+6,8,1+2+9	1			1	0.59
1,3а,3б,3с,3д,4а,17 / 2,4б,5,6,2+6,7,8,1+2+9	1			1	0.59
1,3а,3с,4а,7,17,1+2+9 / 2,3б,3д,4б,5,6,2+6,8	1			1	0.59
1,2,3а,3с,4а,7,17 / 3б,3д,4б,5,6,2+6,8,1+2+9	1			1	0.59
1,2,3д,4а,6,7,17 / 3а,3б,3с,4б,5,2+6,8,1+2+9		1		1	0.59
<b>С 8 гена за устойчивост (7) With 8 gene for resistance (7)</b>					
1,3а,3б,3с,4а,4б,7,17 / 2,3д,5,6,2+6,8,1+2+9		1		1	0.59
1,3а,3б,3с,3д,4а,4б,17 / 2,5,6,2+6,7,8,1+2+9		1		1	0.59
1,3б,3с,3д,4а,4б,7,17 / 2,3а,5,6,2+6,8,1+2+9		1		1	0.59
1,2,3а,3б,3с,3д,4а,4б / 5,6,2+6,7,8,17,1+2+9			1	1	0.59
3с,3д,4а,4б,7,8,17,1+2+9 / 1,2,3а,3б,5,6,2+6	1			1	0.59
1,2,3а,3б,3с,4а,7,17 / 3д,4б,5,6,2+6,8,1+2+9	1			1	0.59
2,3а,3б,3с,3д,4а,7,17 / 1,4б,5,6,2+6,8,1+2+9			1	1	0.59
<b>С 9 гена за устойчивост (1) With 9 gene for resistance (1)</b>					
1,3б,3с,4а,5,7,8,17,1+2+9 / 2,3а,3д,4б,6,2+6	1			1	0.59
Общ брой / Total number 92	54	73	42	169	100

Най-много ефективни генни комбинации има с участието на пет *Pm* гени. Установените генетични формули с участието на пет *Pm* гени са 19 броя (Табл. 4). На второ място се нареждат генните комбинации формирани от три, четири и шест *Pm* гени, които имат по 15 броя. На трето място с 10 броя са генетичните формули с участието на два *Pm* гени.

Данните от Таблица 5 показват, че през периода 2017-2019 г., най-висока ефективност има генът *Pm 3c* (76.19 %). През периода 2013-2015 г. този ген отново е имал най-висока ефективност (85.36 %). На второ място е генът *Pm1* с 69.60% проявена резистентност към вирулентността на изолатите. Ефективността на гена *Pm1* през предходните периоди 2010-2012 и 2013-2015 г. е съответно 37.01 % и 55.28 % (Иliev & Stanoeva, 2013; Stanoeva, 2017). На трето място по ефективност е генът *Pm17* с 62.50 %, а на четвърто *Pm 7* с 56.55 %.

С най-слаба ефективност се отличават гените *Pm 8* с 1.19 % и *Pm 5* с 1.79 %. Тези гени са имали ниска ефективност и през предходния

период. Данните от Таблица 5 показват, че генната комбинация *Pm 2+6* е неефективна за периода на изследване. Тази генна комбинация е била неефективна и през периода 2010-2015 г. През периода 2007-2009 г. генната комбинация *Pm 2+6* е имала 60.00 % проявена резистентност към вирулентността на изолатите.

## ИЗВОДИ

1. През периода 2017-2019 г. в проучваните популации на причинителя на брашнестата мана са установени 38 физиологични раси с различна вирулентност.
2. С най-висока честота на срещане са расите 3677, 3653, 3673 и 3657.
3. Установени са 92 генетични формули с различна вирулентност спрямо използваните *Pm* гени.
4. С висока ефективност към установените раси са гените *Pm 3c*, *Pm1*, *Pm17* и *Pm 7*.
5. През периода на изследване няма нови, не-установявани досега физиологични раси.

**Таблица 5.** Ефективност на *Pm* гените към вирулентността на изследваните популации на брашнестата мана за периода 2017-2019 година

**Table 5.** Efficiency of the *Pm* genes to the virulence of the investigated powdery mildew populations during 2017-2019

№	<i>Pm</i> гени / <i>Pm</i> genes	Година						Общо / Total	
		2017 г.		2018 г.		2019 г.			
1	<i>Pm1</i>	35	64.8	51	69.9	31	73.8	117	69.6
2	<i>Pm2</i>	9	16.7	12	16.4	12	28.6	33	19.64
3	<i>Pm3a</i>	9	16.7	6	8.2	1	2.4	16	9.52
4	<i>Pm3b</i>	19	35.2	14	19.2	1	2.4	34	20.24
5	<i>Pm3c</i>	51	94.4	52	71.2	25	59.5	128	76.19
6	<i>Pm3d</i>	4	7.4	10	13.7	3	7.1	17	10.12
7	<i>Pm4a</i>	30	55.6	35	48.0	9	21.4	74	44.05
8	<i>Pm4b</i>	3	5.6	6	8.2	0	0	9	5.36
9	<i>Pm 5</i>	2	3.7	1	1.4	0	0	3	1.79
10	<i>Pm 6</i>	4	7.4	5	6.9	1	2.4	10	5.95
11	<i>Pm 7</i>	36	66.7	43	58.9	16	38.1	95	56.55
12	<i>Pm 8</i>	2	3.7	0	0	0	0	2	1.19
13	<i>Pm 17</i>	35	64.8	43	63.0	27	64.3	105	62.50
14	<i>Pm 2+6</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
15	<i>Pm 1+2+9</i>	8	14.8	0	0	0	0	8	4.76
Всичко култури / Number of cultures		53		73		42		168	



## ЛИТЕРАТУРА

- Green, G. J.** (1965). Stem rust of wheat, rye and barley in Canada in 1964. *Can. Plant Dis. Surv.*, 45, pp. 23-29.
- Hysing, S. C., Merker, A., Liljeroth, E., Koebner, R. M., Zeller, F. J., & Hsam, S. L.** (2007). Powdery mildew resistance in 155 Nordic bread wheat cultivars and landraces. *Hereditas*, 144(3), 102-119.
- Iliev, I.** (1992). A new designation of the *Blumeria graminis* (DC Speer) f.sp. *tritici* (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* Marchal) races identified in Bulgaria. *Plant science*, XXIX, 1-2, pp. 99-105 (Bg).
- Iliev, I.** (1996). Diversity of the population of *Blumeria (Erysiphe) graminis* f.sp. *tritici* in Bulgaria during 1993-1994. In: Wageningen, Cereal Rust and Powdery Mildews Conference, p. 150.
- Iliev, I.** (1999). Pathogen Variability in the Bulgarian Populations of the Wheat Powdery Mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) for the period 1995-1997. In: The First International Powdery Mildew Conference, Avignon, France, p. 25
- Iliev, I.** (2011). Virulence variability in the populations of the powdery mildew cause agent (*Blumeria graminis tritici*). *Plant science*, 48, pp. 383-394 (Bg).
- Iliev, I.** (2012). Race variability in the populations of the cause agent of powdery mildew in wheat during 2007 – 2009. *Field Crop Studies*, Vol. 8, 2, 227-238 (Bg).
- Iliev, I., & Stanoeva, Y.** (2013). Virulence variability in the populations of the cause agent of powdery mildew on wheat in Bulgaria during 2010-2012. Scientific works of the institute of agriculture – Karnobat, Vol. 2, No 1. (Bg).
- Imani, Y., Ouassou, A., & Griffey, C. A.** (2002). Virulence of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* populations in Morocco. *Plant disease*, 86(4), 383-388.
- 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).
- Mains, E. B., & Diktz, S. M.** (1930). Physiologic forms of Barley mildew, *Erysiphe graminis hordei* Marshal. *Phytopathology*, 20(3), 229-239.
- Stanoeva, Y.** (2017). Investigation of the race variability in the populations of *Blumeria graminis tritici* in Bulgaria during 2013-2015. In: CONGRESS BOOK (p. 44). 2nd INTERNATIONAL BALKAN AGRICULTURE CONGRESS 16-18 MAY 2017.