

<https://doi.org/10.61308/PCNH2042>

Обзор върху антракнозата по фасула (*Colletotrichum lindemuthianum*) в България

Иван Киряков*, Магдалена Колева**

Селскостопанска академия, София, *Добруджански земеделски институт, Генерал Тошево.

**Технически университет - Варна

*E_mail: ikiryakov@abv.bg; koleva_magdalena@abv.bg

Резюме: Антракнозата по фасула, с причинител *Colletotrichum lindemuthianum* е ключово заболяване в редица страни в света. В зависимост от сортовата структура и климатичните условия, загубите в добива варират от 10-58% до пълно унищожаване на посевите. За условията на България болестта има спородичен характер в равнините райони, но в планинските райони нейното проявление е ежегодно. Контролът на патогена е свързан с използване на свободен от инфекция посевен материал, дългосрочен сеитбооборот, унищожаване на растителните остатъци, прилагане на фунгициди и използване на устойчиви сортове. *C. lindemuthianum* се характеризира със значително вирулентно разнообразие, което затруднява селекцията на устойчиви сортове и води до преодоляване на вече постигната устойчивост. В настоящата публикация е представена обобщена информация относно изследванията върху вирулентното разнообразие на *C. lindemuthianum* в България през последните четиридесет години. Успоредно с това са обобщени данни за устойчивостта на български сортове зрял фасул, някои от които са основни за производството в страната, към набор от физиологични раси на *C. lindemuthianum*. Направеният анализ върху расовото разнообразие на *C. lindemuthianum* показва значително вирулентно вариране в популациите на гъбата в България. При анализиране, през периода 1979 -2006 г., на 1930 моноспорови култури са идентифицирани 10 физиологични раси. Раса 81 е имала доминиращо разпространение (78.4% от изолатите) в традиционните за отглеждане на зрял фасул райони на страната (Таблица 2). Раси 2, 6, 22, 54 и 131 са установени в Родопи планина и Пирин. Раси 3, 23, 73 и 79 са инцидентни за България и няма повторно потвърждение за тяхното разпространение. От представените в обзора 17 сорта зрял фасул, устойчивост към 11 раси на *C. lindemuthianum* притежава сорт Пуклив 1. Сорт ГТБ Блян е чувствителен към раси 6 и 81 и устойчив към останалите 9 физиологични раси включени в теста. Сорт Пирин е устойчив към 10 от проучваните 11 раси. Сортове Пуклив 1, Тракия и Пирин са устойчиви към преобладаващата в България раса 81. Всички сортове притежават устойчивост към една или повече от проучваните физиологични раси, което дава възможност за включването им като донори на устойчивост в селекцията на зрял фасул, чрез пирамидално натрупване на расово-специфични гени.

Ключови думи: Обикновен фасул; *Colletotrichum lindemuthianum*; физиологични раси; устойчиви сортове

An overview of anthracnose on beans (*Colletotrichum lindemuthianum*) in Bulgaria

Ivan Kiryakov*, Magdalena Koleva**

Agricultural Academy, *Dobrudzha Agricultural Institute – General Toshevo, 9521, General Toshevo, Bulgaria

**Technical University – Varna, Bulgaria

E_mail: ikiryakov@abv.bg; koleva_magdalena@abv.bg

Citation: Kiryakov, I., & Koleva, M. (2024). An overview of anthracnose on beans (*Colletotrichum lindemuthianum*) in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 61(2) 11-19 (Bg).

Abstract: Bean anthracnose, caused by *Colletotrichum lindemuthianum*, is a key disease in a number of countries around the world. Depending on the varietal structure and climatic conditions, yield losses vary from 10-58% to the complete destruction of crops. For the conditions of Bulgaria, the disease has a sporadic character in the plain areas, but in the mountainous areas it occurs annually. The pathogen control is related to uninfected seed material, long crop rotation, destruction of plant residues, application of fungicides and use of resistant varieties. *C. lindemuthianum* is characterized by considerable virulence diversity, which makes it difficult to breeding resistant cultivars and leads to overcoming already achieved resistance. This publication summarizes research on the virulence diversity of *C. lindemuthianum* in Bulgaria over the last forty years. In parallel, data on the resistance of Bulgarian dry bean varieties, some of which are essential for production in the country, to a set of physiological races of *C. lindemuthianum* are summarized. The analysis of the identified races shows significant virulence diversity in the pathogenic populations in Bulgaria. During the period 1979-2006, 10 physiological races were identified - 2, 3, 6, 22, 23, 54, 73, 79, 81 and 131. Race 81 was dominantly prevalent (78.4% of isolates) in traditional dry bean growing areas in the country. Races 2, 6, 22, 54 and 131 are established in the Rhodope Mountains and Pirin Mountains. Races 3, 23, 73 and 79 were incidental to Bulgaria and there is no confirmation of their distribution. Of the 17 varieties presented in the overview, resistance to 11 races of *C. lindemuthianum* has variety Pukliv 1. Variety GTB Blyan is susceptible to races 6 and 81 and resistant to the remaining 9 physiological races included in the test. The Pirina variety is resistant to 10 of the 11 races tested. The varieties Pukliv 1, Trakya and Pirina are resistant to race 81, which prevails in Bulgaria. All cultivars have resistance to one or more of the investigated physiological races, which makes it possible to include them as resistance donors in the breeding of dry beans, by the pyramidal accumulation of race-specific genes.

Key words: Common bean; *Colletotrichum lindemuthianum*; physiological races; resistant cultivars

Антракнозата по фасула, с причинител хемибиотрофната гъба *Colletotrichum lindemuthianum* (Saccardo & Magnus) Briosi & Cavara, е една от най-вредоносните болести при производството на обикновения фасул (*Phaseolus vulgaris* L.) в световен мащаб. Загубите в добива, нанасяни от патогена варират от 10 до 58% в зависимост от чувствителността на сорта, типа на храста и климатичните условия (Dushimeyesu et al, 2023), а понякога и до пълно унищожаване на посева (Genchev, 1987a; Nunes et al., 2021). Според Genchev (1984) първото съобщение за разпространение на антракнозата по фасула в България е направено от Козаров през 1909 г. Епифитотийно развитие на болестта е наблюдавано през периода 1919-1920 г. в Шуменска област и 1967 – 1971 г. в някои райони около река Дунав, а през 1979 г. в Североизточна България. Genchev (1984) посочва, че нападението от патогена е довело до значителни загуби в това число и пълно унищожаване на някои посеви. Като цяло, антракнозата по фа-

сула има спородичен характер в равнинните райони на страната, но в Родопи планина нейното проявление е ежегодно.

C. lindemuthianum се запазва и пренася на големи разстояния със заразените семена (Allen et. al., 1998). Патогенът може да се запази в нападнатите растителни остатъци в продължение на няколко години, като този период е тясно свързан с температурата, влагата и мястото на тяхното разполагане. Разпространението през вегетацията се осъществява основно с дъждовната вода, но манипулации в посева през периода на навлажняване на растенията спомагат за пренасяне на инфекцията със земеделската техника. Заразяването и развитието на болестта се осъществява при температури от 13 до 26°C, като оптимална е температура от 17 до 24°C, наличие на валеж или относителна влажност над 95%. За успешно заразяване при оптимална температура се изисква навлажняване на растителните органи в рамките на 18 до 24 часа (Dalla Pria et al., 2003).

Симптомите на антракнозата по фасула обхващат всички надземни органи на растението. Върху нерватурата на листата се формират кафяви до черни, хлътнали в тъканите петна с по-светъл център, а тъканите около тях некротизират (Allen et al., 1998). Петната по листните дръжки, разклоненията и стъблото са елипсовидни, кафяви с по-тъмна периферия, често обхващащи ги околоръст, което води до тяхното загиване. По бобовите се формират закръглени, хлътнали в тъканта, често сливащи се кафяви петна, с по-тъмен център. При влажни условия върху петната се отделя кафеникава течност, която при изсъхване придава на нападнатите тъкани розов отенък. Петната по семената са кафяви до черни, често под формата на язвички.

Контролът на болестта е свързан с използване на свободни от инфекция семена, унищожаване на растителните остатъци, сеитбооборот с култури, които не се нападат от патогена, оптимална гъстота на посева и прилагане на фунгицидни средства (Pastor-Corrales & Tu, 1989). Създаването и внедряване в практиката на устойчиви сортове се приема за най-ефективното средство за контрол на инфекциозните болести по фасула (Singh & Schwartz, 2010). За съжаление, степента на постигнатата устойчивост към антракнозата е тясно свързана с вирулентното разнообразие в популациите на патогена. След приетият в международен план през 1991 г. набор от 12 сорта фасул за определяне физиологичната специализация на *C. lindemuthianum* (Pastor-Corrales, 1991) до 2020 г. са съобщени 298 физиологични раси в 29 страни от Южна и Северна Америка, Африка, Европа и Азия (Nunes et al., 2021). В зависимост от вирулентността към генотипите от двете генетични групи на *Phaseolus vulgaris*, физиологичните раси са отнесени към две основни групи – Andean (A) и Middel American (MA - Mesoamerica) (Pastor-Corrales, 1996; Balardin & Kelly, 1998; de Lima Castro et al., 2017). Расите от група A са вирулентни само към расово специфични гени представени в генетична група Andean, докато тези от група MA

са вирулентни към двете генетични групи на обикновения фасул.

В настоящата публикация е представена обобщена информация относно изследванията върху вирулентното разнообразие на *C. lindemuthianum* в България през последните четиридесет години. Успоредно с това са обобщени данни за устойчивостта на български сортове зрял фасул, създадени в Добруджански земеделски институт, към набор от физиологични раси на *C. lindemuthianum*.

Вирулентно разнообразие в популациите на *C. lindemuthianum* в България

Първите изследвания върху вирулентното разнообразие в популациите на *C. lindemuthianum* са проведени през периода 1979 – 1985 г. в ИПС „Добруджа“, край гр. Генерал Тошево, днес Добруджански земеделски институт (Genchev, 1984). През този период като диференциращи сортове са използвани над 41 генотипа, но повечето изследвания са свързани с реакцията на сортове Michelite, Michigan Dark Red Kidney (MDRK), Perry Marrow, Cornel 49-242 и Kaboon (Allen et al., 1998). Отбелязването на расите е с гръцки букви, като често се отбелязва и/или групата към която пренадлежи расата, както и произхода – алфа, алфа-бразил, Мексико група I и т.н. Използвайки девет от най-често прилаганите сортове Genchev (1982) отнася 39 едноспорови култури на патогена, изолирани от растителни проби с произход от основните производствени райони на страната през периода 1979-1981 г., към раса *Алфа (α)*. Авторът посочва, че изолатите от тази раса формират 23 биотипа. Според автора, наличието на една раса в проучваните райони се дължи на липсата на генетично разнообразие по отношение на устойчивостта на сортовият състав към момента на изследване. През 1987 г. Genchev (Genchev, D., 1987a) публикува информация за вирулентността на 1845 едноспорови култури, изолирани от 615 растителни проби, към 8 сорта фасул. Авторът посочва, че 81% от културите притежават вирулентен фенотип отнасящ ги към физиологична раса

α , а 19% от изолатите са отнесени към раса *Beta 1* ($\beta 1$). Раса α е разпространена в основните производствени райони, докато раса $\beta 1$ има ендемично разпространение в някои райони на Югозападна и Северозападна България. След приемане на новия набор от диференциращи сортове и преминаването към бинарната система за отбелязване на расите (Pastor-Corrales, 1991) изолатите на раса α са отнесени към раса *8I*, а тези на $\beta 1$ към раса *13I* (Киряков, непубликувани данни). Раса *13I* е вирулентна към специфични гени установени в сортове *Michelite*, *MDRK* и *PI 207262* (Таблица 1). Тази раса е съобщена в Колумбия (КО), Перу (РЕ), Индия (ИН) и Словения (СИ) (Таблица 2) (Nunes et al., 2021).

Приемането на новия диференциращ ключ и бинарното отбелязване на расите дава възможност за унифициране на изследванията върху расовия съграв на *C. lindemuthianum* и проследяване вирулентното разнообразие в популациите на патогена, в световен мащаб. Проведените през периода 1991 – 1998 г. из-

следвания с 31 моноспорови култури, изолирани от растителни и семенни проби със симптоми на антракноза доведе до идентифициране на две физиологични раси – раса *8I* и раса *2* (Киряков, 2000). Раса *8I* обединява 84% от проучваните изолати, преодоляващи устойчивостта в сортове *Michelite*, *Widus* и *Mexico 222* (Таблица 1). Клъстерният анализ, базираща се на индивидуалната оценка за всеки сорт показва наличието на 10 патотипа (биотипа) в проучваната популация. Изолатите от раса *8I* са получени от растителни и семенни проби с произход области Добрич, Варна и Търговище. За разпространение на расата се съобщава в Бразилия (BR), Аржентина (AR), Южна Африка (ZA), Китай (CN) и Япония (JP) (Nunes et al., 2021).

Изолатите, отнесени към раса *2* са вирулентни към диференциращия сорт *MDRK* (Таблица 1). Расата е установена в Благоевградска област, като всеки един от петте проучвани изолата сформира самостоятелен патотип. По-късно Киряков (2009) съобщава

Таблица 1. Вирулентност на установените в България физиологични раси на *C. lindemuthianum* към диференциращите сортове

Table 1. Virulence of the physiological races of *C. lindemuthianum* identified in Bulgaria to the differential cultivars

Диференциращи сортове/ Differential Cultivars	Бинарен код/ Binary Code	Гени за устойчивост/ Resistance Gene	Произход/ Gene Pool	2	3	6	22	23	54	73	79	81	131
<i>Michelite</i>	1	<i>Co-11</i>	МА*	R	S	R	R	S	R	S	S	S	S
<i>MDRK</i> ***	2	<i>Co-1</i>	А**	S	S	S	S	S	S	R	S	R	S
<i>Perry Marrow</i>	4	<i>Co-1³</i>	А	R	R	S	S	S	S	R	S	R	R
<i>Cornell 49-242</i>	8	<i>Co-2</i>	МА	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R
<i>Widusa</i>	16	<i>Co-1⁵</i>	А	R	R	R	S	S	S	R	S	S	R
<i>Kaboon</i>	32	<i>Co-1²</i>	А	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R
<i>Mexico 222</i>	64	<i>Co-3</i>	МА	R	R	R	R	R	R	S	S	S	R
<i>PI 207262</i>	128	<i>Co-3³ Co-4³</i>	МА	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S
<i>TO</i>	256	<i>Co-4</i>	МА	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
<i>TU</i>	512	<i>Co-5</i>	МА	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
<i>AB 136</i>	1024	<i>Co-6 ; co-8</i>	МА	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
<i>G2333</i>	2048	<i>Co-3⁵Co-4²Co-5²</i>	МА	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

*Middel American; **Andean; *** Michigan Dark Red Kidney

за нейното разпространение в някои райони на Родопи планина (Ракитово и Девин). Освен в България тази раса е установена в 14 страни, между които Гърция (GR) и Турция (TR) (Nunes et al., 2021).

Използването на несертифициран посевен материал е често наблюдавана практика, особено от страна на малки земеделски стопани. Това крие опасност от поява и разпространение на нови раси, особено ако са закупени от търговската мрежа, а произходът им е неясен. Обработвайки 7 семенни проби Kiryakov & Genchev (2004) установяват наличието на пет нови за България раси на патогена – раси 3, 6, 23, 73 и 79. Раса 3 е вирулентна към диференциращи сортове Michelite и MDRK (Табл. 1). Изолирана е от семена с неизяснен произход. Съобщена е в 12 страни, между които Испания (ES) (Nunes et al., 2021). Раса 6 е установена в семенни проби с произход Смолян, Радоил и Украйна. По-късно е изолирана от растителни проби в Родопи планина (Грохотно, Седларци и Смилян) (Kiryakov, 2009). Вирулентна е към сортове MDRK и Perry Marrow. Съобщена е в 10 държави, между които Гърция и Турция. Раса 73 е изолирана от семена с произход Украйна и е вирулентна към

Michelite, Cornell 49-242 и Mexico 222. Установена е в девет държави. Раса 79 е изолирана от семена с произход Украйна, успоредно с раса 73. Вирулентна е към Michelite, MDRK, Perry Marrow, Widusa и Mexico 222. Тази раса е съобщена само в Бразилия (BR).

Поради специфичните почвено-климатични условия Родопи планина е подходящ район за отглеждане на генотипи с катерещ тип на храста (IV тип), притежаващи висок продуктивен потенциал. Като цяло се отглеждат местни форми от *Phaseolus vulgaris* и *Phaseolus coccineus*, самостоятелно или в смесени посеви. Липсата на сертифициран посевен материал и благоприятните климатични условия създават възможност за ежегодно развитие и разпространение на антракнозата в този район. При проучване вирулентността на 34 моноспорови култури, изолирани от растителни и семенни проби, събрани през 2006 г. от този район, са идентифицирани четири физиологични раси - 2 (18% от изолатите), 6 (26%), 22 (47%) и 54 (3%) (Kiryakov, 2009). Раса 22 е вирулентна към MDRK, Perry Marrow и Widusa (Таблица 1). Расата е съобщена в Турция и Гърция (Nunes et al., 2021). Раса 54 е установена в района на гр. Девин и е

Таблица 2. Установени раси на *C. lindemuthianum* в България и разпространението им в други държави по Nunes et al. (2021)

Table 2. Established races of *C. lindemuthianum* in Bulgaria and their distribution in other countries according to Nunes et al. (2021)

Раса/ Race	Брой изолати/ Number of isolates	%	Разпространение в света/ Worldwide distribution
2	8	0,4	BR; MX; EC; AR; PE; USA; DO; CA / UG; KE; TZ / IN / GR; TR
3	2	0,1	BR; MX; CO, EC; AR; PR; USA; DO / UG; ZA / IN/ ES
6	19	1,0	EC; AR; PR / UG ; ZA / IN/ ES; FR; GR; TR
22	16	0,8	GR; TR
23	3	0,2	PR; USA; CA; BO / KE / SL
54	3	0,2	TR
73	3	0,2	BR; MX; CR; HN; GT; USA; CA; PR / IN
79	1	0,1	BR
81 (α)	1514	78,4	BR; AR/ ZA /CN; JP
131 (β1)	361	18,7	CO; PE / IN / SI
Общо/ Total	1930	100	

вирулентна към MDRK, Perry Marrow, Widusa и Kaboon. Към настоящият момент е установена само в Турция. Установените в района раси са от група Andean.

Устойчивост на български сортове към *C. lindemuthianum*

Устойчивостта при *Phaseolus vulgaris* към *C. lindemuthianum* има преобладаващо расово-специфичен характер и се контролира от един или няколко специфични гена (Singh & Schwartz, 2010; de Lima Castro et al., 2017). Към 2022 г. в LIST OF GENES - *Phaseolus vulgaris* L. (2022) са включени 17 локуса за устойчивост към патогена, отбелязвани със символа *Co*- и пореден номер на вписване в листата. Четири от локусите (*Co-1*; *Co-3*, *Co-4* и *Co-5*) са мулти алелни. Пет от локусите са идентифицирани в генотипи отнесени към генетична група Andean - *Co-1* (*Co-1²*, *Co-1³*, *Co-1⁴*, *Co-1⁵*), *Co-12*, *Co-13*, *Co-14*, *Co-15* (de Lima Castro et al., 2017). *Co-1* е единственият локус от тази група идентифициран в диференциращите сортове – MDRK (*Co-1*), Perry Marrow (*Co-1³*), Widusa (*Co-1⁵*) и Kaboon (*Co-1²*) (Таблица 1). От идентифицираните в МА генетична група на обикновения фасул 8 локуса в диференциращите сортове са установени *Co-2* (Cornell 49-242), *Co-11* (Michelite), *Co-3* (Mexico 222, PI 207262 – *Co-3³*, G2333 – *Co-3³*), *Co-4* (TO, PI 207262-*Co43*, G2333-*Co42*), *Co-5* (TU, G2333-*Co5²*), *Co-6* (AB 136) и *co-8* (AB 136). Успоредно със специфичните гени са идентифицирани над 90 QTLs свързани с устойчива реакция в различни селекционни популации (Shafi et al., 2022).

Първите задълбочени изследвания в България върху наследяване устойчивостта към *C. lindemuthianum* са проведени от Генчев през 80-те години на изминалото столетие (Genchev, 1985, 1987a). Проследявайки наследяването на устойчивостта към раса α при сортове Дунав 1 и Диамант Genchev (1985) установява моногенен, доминантен контрол и при двата генотипа. По-късно авторът посочва, че устойчивостта при сортове Диамант, Порумбица, Зорница и Трудовец към раса α се

детерминира от 2 или 3 единични доминантни неалелни гена (Genchev, 1987b). Устойчивостта към раса β 1 при сортове Диамант, Зорница и Sataja 425 се обуславя от по три неалелни доминантни идентични гена.

Пирамидалното натрупване на расово-специфични гени е основна стратегия за повишаване устойчивостта към значителна част от популациите на патогена и предотвратяване възможностите за възникване на нови по-вирулентни раси. През 2002 г. селекционният колектив в ДЗИ – Генерал Тошево осъществява сложна кръстоска между генотипи с доказана расово-специфична устойчивост, с оглед пирамидално натрупване на расово специфични гени (Genchev et al., 2010a). В F6-7 потомствата на тази кръстоска са отбрани 7 рекомбинантни имбредни линии на основа реакцията им към раси 2, 8, 320 и 521 на *C. lindemuthianum*. За идентифициране на ген *Co-1* е проведен RAPD анализ, а за *Co-2* и *Co-4* - PCR анализ, чрез използване на SCAR маркери скачени с двата гена. Получените резултати доказват пирамидалното натрупване на *Co-1* и *Co-4* в проучваните линии. Според Genchev et al. (2010a) съчетаването на двата гена в един генотип осигурява устойчивост към всички установени у нас раси на патогена, както и към 74 от установените в света към този момент 78 раси. Използвайки същите SCAR маркери (SCAReoli и SQ4) Genchev et al. (2010b) доказват, че устойчивостта при сорт Беслет се контролира от два гена разположени в локус *Co-2*.

През 2016 г. Kiryakov & Genchev публикуват информация за реакцията на 11 български сорта фасул към 9 раси на *C. lindemuthianum*, между които и раса 2, вирулентна към ген *Co-1*. Според авторите сорт Дунав 1 притежава специфичен ген *Co-1*, който му осигурява устойчивост към проучваните раси с изключение на раса 2. В таблица 3 е представена реакцията на 18 сорта зрял фасул, селекция на ДЗИ – Генерал Тошево към 13 раси на *C. lindemuthianum*. Индексът на устойчивост за всеки един от сортовете е изчислен по формулата $RI = (RC \times 100)/T$, където RC – брой

раси към които е показал устойчив фенотип (I-MR), а Т- общия брой раси включени в изследването (Nunes et al., 2021). С най-висок индекс на устойчивост се характеризира сорт Пуклив 1, който показва различна сте-

пен на устойчивост спрямо всички включени в изследването раси. Висока степен на устойчивост притежават сортове Пирина, Златан, и ГТБ Блян, съответно RI=90.9, RI=80 и RI=81.8. Сорт Пирина е чувствителен към

Таблица 3. Реакция на 18 сорта фасул към 13 раси на *C. lindemuthianum*

Table 3. Response of 19 bean cultivars to 13 races of *C. lindemuthianum*

Сорт/ Varieties	Тип на храста/ Growth habit	Раса/ Race													RI
		1	6	8	9	22	54	64	73	81	256	320	520	521	
Пуклив 1/ Pukliv 1	Иб	MR	I**	I	I	NO	NO*	I	I	I	I	I	I	I	100,0
Тракия/ Trakiya	Иа	S	VS	I	R	VS	S	I	R	I	R	R	I	I	69,2
ГТБ Хелис/ GTB Helis	Иа	S	MR	VS	VS	R	S	S	VS	VS	VS	VS	VS	VS	15,4
Мизия/ Miziya	Иа	VS	S	S	VS	I	I	S	VS	VS	VS	VS	VS	VS	15,4
Абритус/ Abritus	Па	R	I	MR	VS	NO	NO	I	VS	VS	VS	MR	VS	VS	45,5
Прелом/ Prelom	Па	S	I	S	VS	NO	NO	S	VS	VS	VS	R	MR	VS	18,2
Лудогорие/ Ludogorie	Па	I	S	VS	VS	NO	NO	S	VS	VS	S	VS	VS	VS	9,1
Беслет/ Beslet	Па	MR	R	S	VS	R	R	S	VS	VS	VS	VS	S	VS	30,8
ГТБ Блян/ GTB Blyan	Па	I	VS	R	R	NO	NO	R	MR	VS	I	I	R	R	81,8
ГТБ Устрем/ GTB Ustrem	Па	VS	VS	VS	VS	NO	NO	MR	VS	VS	VS	VS	VS	VS	9,1
ГТБ Скития/ GTB Skitiya	Па	VS	MR	S	S	NO	NO	S	VS	VS	VS	S	S	VS	9,1
Пуклив 2/ Pukliv 2	Пб	NO	R	R	NO	NO	NO	NO	NO	VS	NO	I	NO	NO	75,0
Добр. 7/ Dobr. 7	Пб	S	R	MR	VS	NO	NO	R	VS	VS	VS	VS	S	VS	27,3
Добр. Ран/ Dobr. Ran	Пб	MR	R	MR	S	NO	NO	S	S	VS	MR	R	I	I	63,6
Еликсир/ Elixir	Пб	MR	S	MR	S	R	I	S	MR	VS	VS	MR	I	R	61,5
Астор/ Astor	Пб	I	S	MR	MR	NO	NO	I	VS	VS	S	S	S	VS	36,4
Пирина/ Pirina	IVa	R	MR	I	MR	NO	NO	MR	R	I	MR	S	I	I	90,9
Златан/ Zlatan	IVa	MR	VS	R	R	NO	NO	I	MR	VS	MR	MR	NO	R	80,0

*няма данни/ no data

**I – Имунен (Immune); R – Устойчив (Resistant); MR - Средно устойчив (Moderately resistant); S - Чувствителен (Susceptible); VS – Високо чувствителен (Very susceptible)

раса 320 преодоляваща устойчивостта на гени *Co-3* и *Co-4* и устойчив към останалите 10 раси (не е тестиран с раси 22 и 54). ГТБ Блян е чувствителен към раси 6, вирулентна към гени *Co-1* и *Co-1³*, както и към раса 81. Сорт Златан е чувствителен към раса 81, вирулентна към гени *Co-2*, *Co-3* и *Co-11*. Устойчивост към повече от половината раси, включени в изследването притежават сортове Пуклив 2 (RI=75.0), Тракия (RI=69.2), Добруджански ран (RI=63.6) и Еликсир (RI=61.5). С изключение на сорт Тракия, останалите сортове от тази група са чувствителни на раса 81, която е основна за производителните райони на страната.

Направеният анализ върху расовото разнообразие на *C. lindemuthianum* показва, значително вирулентно вариране в популациите на гъбата в България. При анализиране, през периода 1979 - 2006 г., на 1930 моноспорови култури са идентифицирани 10 физиологични раси. Раса 81 е имала доминиращо разпространение (78.4% от изолатите) в традиционните за отглеждане на зрял фасул райони на страната (Табл. 2). Раси 2, 6, 22, 54 и 131 са установени в Родопи планина и Пирин. Раси 3, 23, 73 и 79 са инцидентни за България и няма повторно потвърждение за тяхното разпространение.

От създадените в ДЗИ – Генерал Тошево 17 сорта зрял фасул, устойчивост към 11 раси на *C. lindemuthianum* притежава сорт Пуклив 1. Сорт ГТБ Блян е чувствителен към раси 6 и 81 и устойчив към останалите 9 физиологични раси, включени в теста. Сорт Пирин е устойчив към 10 от проучваните 11 раси. Сортове Пуклив 1, Тракия и Пирин са устойчиви към преобладаващата в България раса 81. Всички сортове притежават устойчивост към една или повече от проучваните физиологични раси, което дава възможност за включването им като донори на устойчивост в селекцията на зрял фасул, чрез пирамидално натрупване на расово-специфични гени.

ЛИТЕРАТУРА

- Allen, D. J., Buruchara, R. A., & Smithson, J. B. (1998). Diseases of common bean. *The pathology of food and pasture legumes*, 179-265.
- Balardin, R. S., & Kelly, J. D. (1998). Interaction between *Colletotrichum lindemuthianum* races and gene pool diversity in *Phaseolus vulgaris*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(6), 1038-1047.
- Dalla Pria, M., Amorim, L., & Bergamin Filho, A. (2003). Quantificação de componentes monocíclicos da antracnose do feijoeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 28, 401-407.
- de Lima Castro, S. A., Gonçalves-Vidigal, M. C., Gilio, T. A. S., Lacanallo, G. F., Valentini, G., da Silva Ramos Martins, V., ... & Pastor-Corrales, M. A. (2017). Genetics and mapping of a new anthracnose resistance locus in Andean common bean Paloma. *BMC genomics*, 18, 1-12.
- Dushimeyesu, E., Habimana, S., Rwalinda, F. M., & James, M. (2023). Evaluation of yield decrease in common beans due to anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) below sub-temperate environment of Northwestern of Rwanda. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(2), 264-269. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i2.264-269.5593>
- Genchev, D. (1982). Physiological specialization and sources of resistance to the anthracnose of bean. *Reports of second national symposium of plant immunity*, 3, 139-145.
- Genchev, D. (1984). Achievements and problems in the investigation of anthracnosis in beans. *Agricultural sciences*, 22 (3), 88-92 (Bg).
- Genchev, D. (1985). Inheritance of the resistance to race α of bean anthracnose in cvs. Dunav 1 and Diamant. *Genetics and Breeding*, 18(2), 128-132 (Bg).
- Genchev, D. (1987a). Studies on the anthracnose of beans in Bulgaria in connection with breeding of resistant varieties. PhD thesis's, IWS "Dobrudja" General Toshevo, Bulgaria, p. 144 (Bg).
- Genchev, D. (1987b). Inheritance of leaf resistance to anthracnose races A and B1. *Genetics and Breeding*, 19 (6), 483-488 (Bg).
- Genchev, D., Christova, P., Kiryakov, I., Beleva, M., & Batchvarova, R. (2010a). Breeding of common bean for resistance to the physiological races of anthracnose identified in Bulgaria. *Biotechnol. & Biotechnol. Eq.* 24 (2), 1814-1823.
- Kiryakov, I. (2000). Race variability of *Colletotrichum lindemuthianum* in Bulgaria. *Plant science*, 37, 248-251 (Bg).

- Kiryakov, I.** (2009). Virulence diversity of *Colletotrichum lindemuthianum* in the Rhodope Mountain, Bulgaria. *Plant science*, 46, 330-334 (Bg).
- Kiryakov, I., & Genchev, D.** (2004). New anthracnose races on bean in Bulgaria. *Field Crops Studies*, 1(2), 336-341.
- Kiryakov, I., & Genchev, D.** (2016). Resistance of Bulgarian common bean varieties to a set of races of *Colletotrichum lindemuthianum*. *Rastenievadni nauki (Bulgarian Journal of Crop Science)*, 53(4), pp. 20–26.
- LIST OF GENES - Phaseolus vulgaris L.** (2022). Bean Improvement Cooperative, 65: xiv- xlviii.
- Nunes, M. P. B. A., Gonçalves-Vidigal, M. C., Martins, V. S. R., Xavier, L. F. S., Valentini, G., Vaz Bisneta, M., & Filho, P. S. V.** (2021). Relationship of *Colletotrichum lindemuthianum* races and resistance loci in the *Phaseolus vulgaris* L. Genome. *Crop Science* Volume 61, Issue 6 p. 3877-3893, <https://doi.org/10.1002/csc2.20601>
- Pastor-Corrales, M. A., & Tu, J. C.** (1989). Anthracnose. In Eds. Shwartz, H. F. & Pastor-Corrales, M. A. *Bean Production Problems in the Tropics*. CIAT, Colombia, pp. 77-104.
- Pastor-Corrales, M. A.** (1991). Estandarización de variedades diferenciales y de designación de razas de *Colletotrichum lindemuthianum*. *Phytopathology*, 81(6), 694.
- Pastor-Corrales, M. A.** (1996). Traditional and molecular confirmation of the coevolution of beans and pathogens in Latin America. *Bean Improvement Cooperative*, 39.
- Shafi, S., Saini, D. K., Khan, M. A., Bawa, V, Choudhary, N. , Dar, W.A., Pandey, A. K., Varshney, R. K., & Mir, R.R.** (2022). Delineating meta-quantitative trait loci for anthracnose resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Front. Plant Sci., Sec. Plant Breeding*, 13:1-17, <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.966339>
- Singh, S. P., & Schwartz, H. F.** (2010). Breeding common bean for resistance to diseases: A review. *Crop Science*, 50(6), 2199-2223.

Received: February 09 2024; Approved: March 21 2024; Published: April 2024