

<https://doi.org/10.61308/VCGV9451>

## Генетично разнообразие на *Sclerotinia sclerotiorum* в България

Керанка Жечева<sup>1</sup>, Магдалена Колева<sup>2</sup>, Иван Киряков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Добруджански земеделски институт, гр. Генерал Тошево, Селскостопанска академия - София

<sup>2</sup>Технически университет - Варна, Катедра "Растениевъдство"

E-mail: [idkiryakov@abv.bg](mailto: idkiryakov@abv.bg); [keri\\_07@abv.bg](mailto: ker_i_07@abv.bg)

**Резюме:** Проучена е мицелната съвместимост на 154 изолата от *Sclerotinia sclerotiorum*, получени от растителни проби на слънчоглед и рапица, събрани през периода 2019 - 2021 година от 17 локации в Северна и Южна България. Проучваните изолати са групирани в 108 локални MCG групи, като 60.1% от тях включват само един изолат. Индексът на Shannon ( $H_j$ ) при проучваните локации варира от 0.718 до 1.00. Общото разнообразие в MCG, резултат от вариране между индивидите в популацията е 92.2%, а делът на общото многообразие в MCG, дължащо се на различия между популациите е 7.78%. Клоналният индекс за всички популации възлиза на 0,299. При два от проведените шест теста за съвместимост между изолати от различни локации се сформират 10 допълнителни групи, като една от тях (MCGs-1D5x2D4x1SH3x1Y8) включва шест изолата от четири локации (Дропла-Царичено-Риш 1-Стралджа) разположени в три области на страната. Получените резултати показват значително генетично разнообразие в популациите на *S. sclerotiorum*, основаващо се на мицелната съвместимост между изолатите.

**Ключови думи:** *Sclerotinia sclerotiorum*; генетично разнообразие; MCGs

## *Sclerotinia sclerotiorum* genetic diversity in Bulgaria

Keranka Zhecheva<sup>1</sup>, Magdalena Koleva<sup>2</sup>, Ivan Kiryakov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dobrudzha Agricultural Institute, General Toshevo, Agricultural Academy - Sofia, Bulgaria

<sup>2</sup>Technical University - Varna, Department of Plant Breeding, Bulgaria

E-mail: [idkiryakov@abv.bg](mailto: idkiryakov@abv.bg); [keri\\_07@abv.bg](mailto: ker_i_07@abv.bg)

**Citation:** Zhecheva, K., Koleva, M., & Kiryakov, I. (2024). *Sclerotinia sclerotiorum* genetic diversity in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 61(5) 97-104 (Bg).

**Abstract:** The mycelial compatibility of 154 isolates of *Sclerotinia sclerotiorum*, obtained from sunflower and rapeseed plant samples, collected from 2019 - 2021 from 17 locations in Northern and Southern Bulgaria, was studied. The studied isolates were grouped into 108 local MCGs, and 60.1% included only one isolate. The Shannon index ( $H_j$ ) at the studied locations varied from 0.718 to 1.00. The total diversity in MCG resulting from variation among individuals in the population was 92.2%, and the proportion of total diversity in MCG due to variation among populations was 7.78%. The clonal index for all populations was 0.299. In two of the six compatibility tests between isolates from different locations, 10 additional groups were formed, and one of them (MCGs-1D5x2D4x1SH3x1Y8) included six isolates from four locations (Dropla – Tsaricheno - Rish 1-Straldzha) located in three regions of the country. The results show significant genetic diversity in *S. sclerotiorum* populations based on mycelial compatibility between isolates.

**Keywords:** *Sclerotinia sclerotiorum*; genetic diversity; MCGs

## ВЪВЕДЕНИЕ

*Sclerotinia sclerotiorum* е моноцикличен, хемибиотрофен (Kabbage et al., 2015; Liang & Rollins, 2018) патоген, нападащ над 400, предимно двуседелни растителни вида (Derbyshire et al., 2022). Върху нападнатите гостоприемници патогенът формира различни по размер и форма склероции, които в зависимост от почвенните условия могат да запазят жизнеността си над 7 години (Adams & Ayers, 1979; Saharan & Mehta, 2008). Инфектирането на гостоприемниците може да стане директно чрез мицелогенно развитие на склероциите или с аскоспори, след карпогенно развитие (Saharan & Mehta, 2008). Поради хомоталичния характер на половия процес и способността на патогена да атакува растенията след мицелогенно развитие на склероциите се приема, че *S. sclerotiorum* има клонално размножаване (Bolton et al., 2006; Yu et al., 2020; Silva et al., 2021). Съществуват достатъчно доказателства за значително генетично разнообразие в популациите на патогена (Maltby & Mihail, 1997; Karimi et al., 2012; Yang et al., 2016; Aban et al., 2018; Silva et al., 2021; Chaudhary et al., 2023). Мицелната съвместимост между два изолата е един от най-често използваните подходи за проучване генетичното разнообразие при патогена, даващ възможност за групиране на изолатите в мицелно съвместими групи (MCGs) (Maltby & Mihail, 1997; Karimi et al., 2012; Yang et al., 2016; Aban et al., 2018; Kamvar & Everhart, 2018; Silva et al., 2021; Chaudhary et al., 2023). В случаите на съвместимост двата изолата формират жизнеспособен хетерокарион, визуално изразяващ се в формиране на обща колония, без видима разделителна линия (Kamvar & Everhart, 2018). Резултатите от сравняване на MCGs с ДНК анализи (RAPD, SSR, ITS) са противоречиви, но в повечето случаи подсказват наличие на положителна корелация между тях (Atallah et al., 2004; Ekins et al., 2010; Clarkson et al., 2013; Liua et al., 20018; Yu et al., 2020; Silva et al., 2021; Buchwaldt et al., 2022).

Слънчогледът е основна маслодайна култура за България, а площите му през по-

следните години надхвърлят 800 хил. хектара или 25% от обработваемата земя в страната (BANSIC, 2023). *S. sclerotiorum* е един от основните патогени по слънчогледа, причиняващ три форми на заболяване – кореново и базично гниене, гниене на стъблото и гниене на питата. През последните 30 години в страната не е установено епифитотично развитие на стъблено и питно гниене, което подсказва, че заразяването на културата е резултат от мицелогенно развитие на склероциите. Вземайки под внимание, че културата влиза в сеитбооборота основно с пшеница, ечемик и царевица, чийто дял е около 50% от обработваемата площ (BANSIC, 2023), може да се твърди, че ротацията по отношение на патогена е силно нарушена. Успоредно с това в сеитбооборота на слънчогледа се включват рапица и зърнено-бобови култури, които също са гостоприемници на гъбата. Тези обстоятелства създават условия за продължително запазване на патогена, като се има предвид способността на склероциите да се съхраняват за продължителен период. Нещо повече, наши изследвания показват, че склероции поставени върху филтърна хартия при 100% относителна влажност и температура 4°C могат да покълнат мицелогенно и да формират нови склероции (*непубликувани данни*). Това предполага, че при определени условия патогенът може да се размножава в отсъствие на гостоприемник. Направената от нас библиографска справка от последните 50 години показва, че в България не са провеждани изследвания върху генетичното разнообразие на *Sclerotinia sclerotiorum*. Резултатите от такова проучване биха дали възможност за предприемане на адекватни мерки за контрол на патогена (Mahalingam et al., 2020; Yu et al., 2020; Buchwaldt et al., 2022). Поради това целите на настоящото проучване са: i) установяване генетичното разнообразие на *Sclerotinia sclerotiorum* в отделни локации на Северна и Южна България; ii) установяване мицелната съвместимост на изолати от пространствено отдалечени локации в България.

## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

В изследването са включени 154 моносклероцидни изолата на *Sclerotinia sclerotiorum*, получени от растителни проби на слънчоглед и рапица, събрани през периода 2019 - 2021 година от 17 локации в Северна и Южна България. От всяко растение са отделени по 1 до 3 склероция. Изолирането на патогена е осъществено върху хранителната среда PDA при температура 21°C (Kiryaakov & Zhecheva, 2019). Формираните склероции са изсушени при стайна температура и съхранени в стъклени ампули при 4°C.

### Мицелно съвместими групи в отделни локации

Тестовите за съвместимост са проведени върху хранителната среда PDA + 80 µl/L червен оцветител (Christmas red – Слай Комерс ООД), разлята в петриевы блюда с диаметър 90 mm (Kiryaakov & Zhecheva, 2019). За целта 5 mm агарови диска, взети от периферията на 3 дневна култура на два изолата от съответната локация са поставени върху хранителната среда на разстояние 30 mm. За всяка комбинация са осъществени две повторения. Блюдата са инкубирани при 21<sup>o</sup>±1C на тъмно, а наличието на съвместимост е отчитано на пети и седми ден. Всички изолати са тествани за самосъвместимост при спазване на посочената процедура, преди провеждане на останалите тестове. MCG групи са формираны за всяка локация поотделно. За отбелязването им е приет следния код: MCG- NANn, където: N – номер на локацията в дадена област; A – област (D – Добрич, S – Силистра; RU – Русе; SH – Шумен; B – Бургас; Y – Ямбол, L – Ловеч; R – Разград; V – Враца); N<sup>n</sup> – пореден номер на формираната MCG група в локацията

### Съвместимост на изолати от различни локации

С оглед установяване мицелната съвместимост между изолати от пространствено изолирани полета бяха проведени шест комплиментарни теста, в които са включени

представители от вече сформирани локални MCGs. Тестовите са проведени по описаната по-горе методика. При наличие на съвместимост между изолатите в отделните тестове, същите се групират в обобщена MCG включваща вече сформирани локални групи, както следва - NAN<sup>n</sup>xNAN<sup>n</sup>x ....

### Статистически анализ

Генетичното разнообразие във всяка локация е установено чрез индекса на Shannon -  $H_0 = -\sum (p_i \ln p_i)$ , като  $p_i$  е честота на  $i$ -та в MCG (честотата се определя като съотношението между броя на изолатите, принадлежащи към  $i$ -тата MCG, и броя на изолатите в пробата), а  $k$  е размерът на извадката (Aban et al., 2018). Клоналният индекс ( $K_1$ ) е изчислен за всяка популация като  $K_1 = 1 - [(\text{брой MCG}) / (\text{общ брой изолати})]$  (Aban et al., 2018, Yan et al., 2022).

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Проучваните 154 моносклероцидни изолата на *S. sclerotiorum* са самосъвместими, което дава възможност за по-нататъшното им включване в изследването. Изолатите се групират в 108 локални MCGs като индексът на Shannon ( $H_{tot}$ ) за цялата популация възлиза на 0.895 (Таблица 1). Шестдесет и пет или 42.2% от проучваните изолати сформират самостоятелна група, като в отделните локации този процент варира от 25% за Кабиле до 100% Риш 2, Сливо поле 1 и Разград (Фигура 1). Тридесет от групите са изградени от 2 изолата (19.5%), 8 от 3 (5.2%), и по една съответно с 5 (0,5%) и 6 (0,5%) изолата. При 3.9% от изолатите се наблюдава участие на един и същ изолат в повече от една MCG.

Броят на сформирани MCGs е най-голям при изолатите с произход Карнобат, където 20 изолата сформират 15 групи ( $H_0 = 0.894$ ), като 4 групи включват повече от един изолат (Табл. 1, Фиг. 1). Един от изолатите (S21172) влиза в MCG-2B10 и MCG-2B11. В локация Поройно 17-те изолата сформират 11 гру-

**Таблица 1.** Локални мицелно съвместими групи (MCG) на *S. sclerotiorum* в 17 локации от 9 области в България

**Table 1.** Local mycelial compatible groups (MCG) of *S. sclerotiorum* in 17 locations from 9 regions in Bulgaria

Области/ Region	Произход/ Origin	Култура/ Crops	Брой изолати/ Number of isolates	Брой MCGs/ Number of MCG	Код на MCG/ Code of MCG	$H_o^*$	$K_i^{**}$
Добрич/ Dobrich	Дропла Dropla	Слънчоглед Sunflower	8	7	1D1-1D7	0,875	0,125
	Царичино Tsaricheno	Слънчоглед Sunflower	8	6	2D1-2D6	0,833	0,250
	Добрич Dobrich	Слънчоглед Sunflower	13	8	3D1-3D8	0,746	0,385
	Ген.Тошево Gen. Toshevo	Слънчоглед Sunflower	6	5	4D1-4D5	0,871	0,167
Силистра/ Silistra	Поройно Poroino	Слънчоглед Sunflower	17	11	1S1-1S11	0,828	0,353
	Ситово/Sitovo	Слънчоглед Sunflower	6	3	2S1-2S3	0,564	0,500
Русе/ Ruse	Сливо поле 1 Slivo pole 1	Рапица Rapeseed	6	4	1RU1- 1RU4	0,693	0,333
	гр.Сливо поле 2 Slivo pole 2	Слънчоглед Sunflower	12	7	2RU1- 2RU7	0,787	0,417
Шумен/ Shumen	Риш 1 Rish 1	Слънчоглед Sunflower	6	4	1SH1- 1SH4	0,742	0,333
	Риш 2 Rish 2	Слънчоглед Sunflower	3	3	2SH1- 2SH3	1,000	0,000
Бургас/ Burgas	Вълчин Valchin	Слънчоглед Sunflower	11	8	1B1-1B8	0,822	0,273
	Карнобат Karnobat	Слънчоглед Sunflower	20	15	2B1-2B15	0,894	0,250
Ямбол/ Yambol	Стралджа Straldzha	Слънчоглед Sunflower	9	8	1Y1-1Y8	0,929	0,111
Ловеч/ Lovech	Ловеч Lovech	Слънчоглед Sunflower	4	4	1L1-1L4	1,000	0,000
Враца/ Vratsa	Селановци Selanovci	Слънчоглед Sunflower	14	7	1V1-1V7	0,634	0,500
Разград/ Razgrad	Кабиле Kabile	Слънчоглед Sunflower	8	5	1R1-1R5	0,718	0,375
	Разград Razgrad	Рапица Rapeseed	3	3	2R1-2R3	1,000	0,000
Общо /Total			154			0,895	0,299

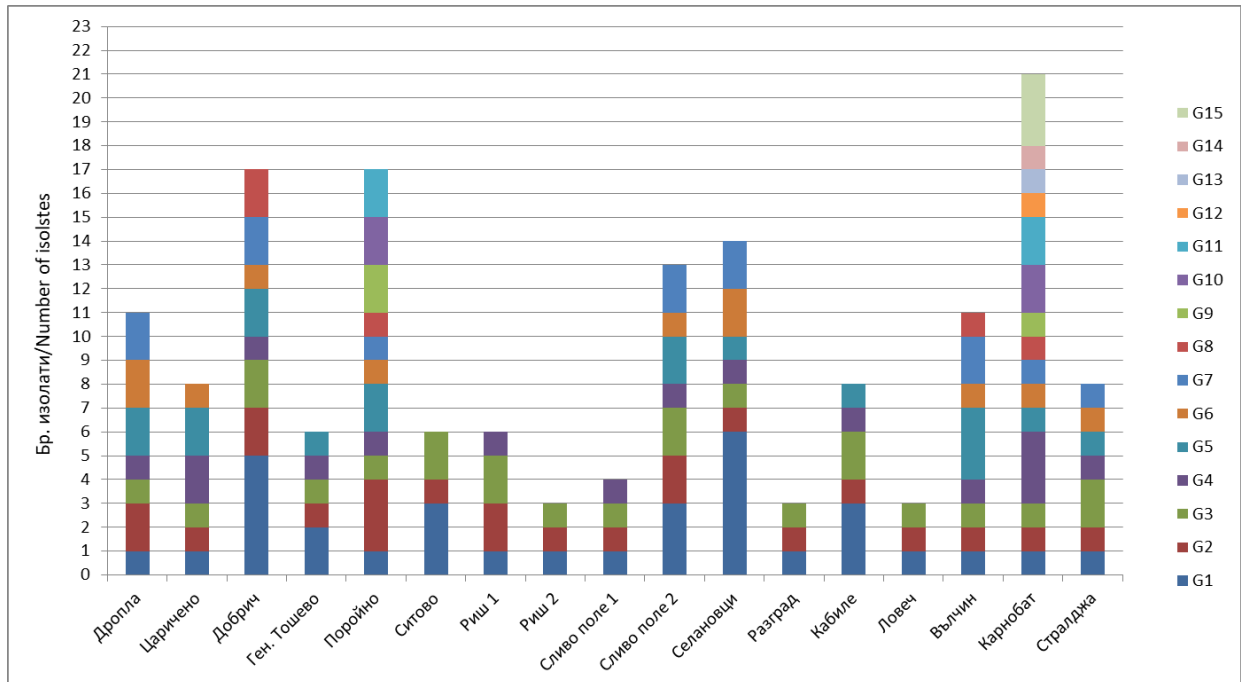
\*Индекс на Shannon:  $H_o$  - нормализирано MCG разнообразие;  $H_{pop}$  – средно за  $H_o$  (0.825); съотношението на общото разнообразие на MCG, резултат на вариране между индивидите в популацията ( $H_{pop/tot}$ ) = 0.922; съотношение на общото многообразие на MCG, резултат от наблюдаваните различия между популациите ( $H_{tot} - H_{pop}/H_{tot}$ ) = 0.778.

\*Shannon index:  $H_o$  - normalized MCG diversity;  $H_{pop}$  – average for  $H_o$  (0.825); the ratio of total MCG diversity, result of variation among individuals in the population ( $H_{pop/tot}$ ) = 0.922; ratio of total MCG diversity resulting from observed differences between populations ( $H_{tot} - H_{pop}/H_{tot}$ ) = 0.778.

\*\* $K_i$  – клонален индекс / \*\* $K_i$  – clonal index

пи ( $H_o=0.894$ ), от които 5 включват повече от един изолат ( $K_i=0.353$ ). Деветте изолата с произход Стралджа сформират осем MCGs ( $H_o = 0.929$ ), при клонално разпределение  $K_i =$

0.111 Сформираната MCG-1Y3 включват два, а останалите по един изолата. Независимо от по-малкия брой изолати в локация Дропла се сформират седем групи ( $H_o=0.875$ ), като чети-



**Фигура 1.** Брой на изолатите в установените MCGs (G1 до G15 отразява броя на установените MCGs в съответната локация)

**Figure 1.** Number of isolates in established MCGs (G1 to G15 reflect the number of established MCGs in the respective location)

ри от тях са изградени от два и повече изолата ( $K_1=0.125$ ). Изолат от MCG-1D2 (S19312) влиза и в състава на MCG-1D5, а изолат от MCG-1D6 (S19322) в MCG-1D7. (Фигура 1).

За установяване съвместимостта между изолатите от различни локации бяха проведени шест комплементарни теста (Таблица 2). При четири от тестовете: Кабиле-Разград, Риш 1-Риш 2, Сливополе 1-Сливо поле 2, Добрич-Сливо поле 1-Вълчин-Стралжа-Селановци, не беше установена съвместимост между изолатите от различните локации. В петия тест, включващ 21 изолата от пет локации се сформират осем допълнителни MCGs както следва: MCGs-1D5x2D4; MCGs-1D5x2D4x1SH3x1Y8; MCGs-1D5x2B5; MCGs-1D5x2D5; MCGs-1D2x1B5; MCGs-1D4x1B5; MCGs-1D5x2D2; MCGs-1B5x1Y8. В шестия тест включващ 20 изолата от пет локации се сформират две MCGs –1D3x4D2x1B2 и MCG-2D5x1V7.

Групирането на изолатите на *S. sclerotiorum* в MCGs е един от най-често из-

ползваните методи при изследване на генетичното разнообразие в популациите на патогена (Maltby & Mihail, 1997; Karimi et al, 2012; Yang et al., 2016; Aban et al., 2018; Kamvar & Everhart, 2018; Silva et al., 2021; Chaudhary et al., 2023). Aban et al. (2018) групират 116 изолата от обикновен фасул, с произход от шест района на Аржентина, в 56 MCGs, като броят на изолатите в една група варира от 1 до 18. Авторите посочват, че индексът на Shannon ( $H_{tot}$ ) за проучваните популации възлиза на 0.248, като средната стойност ( $H_{pop}$ ) е 0.196. Разпределението на общото разнообразие ( $H_{pop} / H_{tot}$ ) показва, че 79,2% съответства на вариация на разнообразието в популациите на *S. sclerotiorum*, докато само 20,8% ( $(H_{tot} - H_{pop}) / H_{tot}$ ) от разнообразието е отговорно за променливостта сред тези популации. Клоналната фракция, описваща съотношението на изолатите резултат на безполово размножаване е 55,2%. Karimi et al. (2012) групират 57 изолата от рапица в 35 MCGs, като индексът на Shannon ( $H_{tot}$ ) за проучваните популации

е 0.86. Според авторите 42.9% от изолатите сформират самостоятелна група. За високи стойности на  $H_{tot}$  (1.97) при съвместяване на изолати от различни култури съобщават и (Durman et al., 2003; Chaudhary et al., 2023). В настоящото изследване 154-те изолата на *S. sclerotiorum* сформират 108 локални MCGs, като 60.1% от тях са изградени само от един изолат. Индексът на Shannon ( $H_{tot}$ ) за проучваните популации възлиза на 0.895, като средната стойност ( $H_{pop}$ ) е 0.825. Съотношението на общото разнообразие в MCG, резултат от вариране между индивидите в популацията ( $H_{pop}/H_{tot}$ ) е 92.2%, а делът на общото многообразие в MCG, дължащо се на различия между популациите ( $H_{tot}-H_{pop}/H_{tot}$ ) е 7.78%. Клоналният индекс за всички популации възлиза на 0,299.

*S. sclerotiorum* е хомоталичен патоген, който при условията на България има преоблада-

ващо вегетативно размножаване. Това ни дава основание да приемем, че размножаването на патогена в България се осъществява с клонови линии, резултат от мицелогенно развитие на склероциите. Клоналното размножаване на фитопатогените е характерно за видове при които половият процес се наблюдава рядко, а разнообразието в популациите се дължи на рекомбинации при парасексуален процес (Drenth et al., 2019). Няколко изследвания показват, че отделни растения могат да бъдат заразявани с повече от един генотип на *S. sclerotiorum* (Maltby & Mihail, 1997; Ekins et al., 2010; Mahalingam et al., 2020). Това стано-вище се потвърждава и от нашето изследване, тъй като моносклероцийните изолати, събрани от едно растение са несъвместими помежду си. Случаите на несъвместимост между изолати от едно растения надхвърлят 5% от обработените растителни проби. Следовател-

**Таблица 2.** Съвместимост между изолати на *S. sclerotiorum* от различни локации  
**Table 2.** Compatibility between isolates of *S. sclerotiorum* from different locations

Добрич/ Dobrich		Русе/ Ruse		Шумен/ Shumen		Бургас/ Burgas	Ямбол/ Yambol	Враца/ Vratsa	Разград/ Razgrad	Общ брой изолати/ Total number of isolates	
Дропла Dropla	Царичено Tsaricheno	Добрич Dobrich	Сливо поле 1 Slivo pole 1	Сливо поле 2 Slivo ple 2	Риш 1 Rish 1	Риш 2 Rish 2	Вълчин Valchin	Страджа Straidzha	Селановци Selanovtci		Кабиле Kabile
-	-	-	-	-	-	-	-	-	NO <sup>8/8</sup>	NO <sup>3/3</sup>	11
-	-	-	-	-	NO <sup>5/5</sup>	NO <sup>3/3</sup>	-	-	-	-	8
-	-	-	NO <sup>6/6*</sup>	NO <sup>8/8</sup>	-	-	-	-	-	-	14
-	-	NO <sup>2/2</sup>	NO <sup>2/2</sup>	-	-	-	No <sup>4/4</sup>	NO <sup>4/4</sup>	NO <sup>8/8</sup>	-	20
1D5 <sup>2/6</sup>	2D4 <sup>2/6</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1D <sup>2/6</sup>	2D4 <sup>1/6</sup>	-	-	-	1SH3 <sup>2/2</sup>	-	-	1Y8 <sup>1/1</sup>	-	-	-
1D5 <sup>2/6</sup>	-	-	-	-	-	-	1B5 <sup>1/6</sup>	-	-	-	-
1D6 <sup>1/6</sup>	2D5 <sup>1/6</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1D2 <sup>1/6</sup>	-	-	-	-	-	-	1B5 <sup>3/6</sup>	-	-	-	21
-	2D4 <sup>2/6</sup>	-	-	-	-	-	1B5 <sup>2/6</sup>	-	-	-	-
1D5 <sup>1/6</sup>	2D5 <sup>1/6</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	1B5 <sup>1/6</sup>	1Y8 <sup>1/1</sup>	-	-	-
1D3 <sup>1/3</sup>	-	4D2 <sup>1/2</sup>	-	-	-	-	1B2 <sup>1/4</sup>	-	-	-	-
-	2D5 <sup>1/3</sup>	-	-	-	-	-	-	1V7 <sup>1/4</sup>	-	-	20

\*Брой на изолатите включени в локалната MCG/общ брой на изолатите от локацията в теста.

\*Number of isolates included in the local MCG/total number of isolates from the location in the test

но множествена атака на едно растение не е изолиран случай, а при съвместимост между изолатите възможността за протичане на парасексуален процес е значителна.

Пренасянето на *S. sclerotiorum* между отделни полета може да се осъществи чрез пренос на склероции с почвообработващата техника или с посевния материал, използване на повърхностно заразени от патогена семена или в резултат на пренос на аскоспори на голямо разстояние (Abawi & Grogan, 1979). При два от проведените шест теста за съвместимост между изолати от различни локации се сформират 10 допълнителни групи, като една от тях (MCGs-1D5x2D4x1SH3x1Y8) включва шест изолата от четири локации (Дропла-Царичино-Риш1-Стралджа) разположени в три области на страната (Таблица 2). Двете от локациите (Дропла и Царичино) са разположени сравнително близо (под 10 km), което предполага, че преносът на клонови линии може да е осъществен с почвообработващата техника. Разстоянието между тези локации и останалите две обаче е значително, а наличието на съвместимост може да се дължи или на пренос на склероции с посевния материал, или на епифитотии - резултат от полов процес настъпили назад във времето. Нещо повече, изолатът от Стралджа влизащ в състава на тази MCG е получен от посев с рапица, докато останалите изолати в тази група са от слънчогледови посеви. Това най-вероятно се дължи на нарушение на сеитбооборота чрез включване на рапицата като предшественик.

## ИЗВОДИ

Проучваните 154 изолата на *S. sclerotiorum* са групирани в 108 локални MCG групи, като 60.1% от тях включват само един изолат.

Индексът на Shannon (H<sub>0</sub>) при проучваните локации варира от 0.718 до 1.00. Съотношението на общото разнообразие в MCG, резултат от вариране между индивидите в популацията е 92.2%, а дялът на общото многообразие в MCG, дължащо се на различия между

популациите е 7.78%. Клоналният индекс за всички популации възлиза на 0,299.

При два от проведените шест теста за съвместимост между изолати от различни локации се сформират 10 допълнителни групи, като една от тях (MCGs-1D5x2D4x1SH3x1Y8) включва шест изолата от четири локации (Дропла-Царичено-Риш 1-Стралджа), разположени в три области на страната.

Получените резултати показват значително генетично разнообразие в популациите на *S. sclerotiorum*, основаващо се на мицелната съвместимост между изолатите. Те могат да послужат като основа за по-нататъшни проучвания посредством прилагане на ДНК анализи.

## ЛИТЕРАТУРА

- Aban, C. L., Taboada, G., Spedaletti, Y., Aparicio, M., Curti, R. N., Casalderrey, N. B. & Galván, M. Z. (2018). Molecular, morphological and pathogenic diversity of *Sclerotinia sclerotiorum* isolates from common bean (*Phaseolus vulgaris*) fields in Argentina. *Plant Pathology*, 67(8), 1740-1748.
- Abawi, G. S., & Grogan, R. G. (1979). Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. *Phytopathology*, 69(8), 899-904.
- Adams, P. B & Ayers, W. A. (1979) Ecology of *Sclerotinia* species. *Phytopathology*, 69, 896-898.
- Atallah, Z. K., Larget, B., Chen, X., & Johnson, D. A. (2004). High genetic diversity, phenotypic uniformity, and evidence of outcrossing in *Sclerotinia sclerotiorum* in the Columbia Basin of Washington State. *Phytopathology*, 94, pp. 737-742.
- BANSIC (2023). FINAL RESULTS for employment and use of the territory of BULGARIA in 2023. [https://www.mzh.government.bg/media/filer\\_public/2024/02/02/ra\\_433\\_publicationbancik2023.pdf](https://www.mzh.government.bg/media/filer_public/2024/02/02/ra_433_publicationbancik2023.pdf)
- Bolton, M. D, Thohmma, B. P. H. J. & Nelson, B. D. (2006). *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *Molecular Plant Pathology*, 7(1), 1-16
- Buchwaldt, L., Garg, H., Puri, K. D., Durkin, J., Adam, J., Harrington, M., ... & Gali, K. K. (2022). Sources of genomic diversity in the self-fertile plant pathogen, *Sclerotinia sclerotiorum*, and consequences for resistance breeding. *Plos one*, 17(2), e0262891.
- Chaudhary, S., Lal, M., Sagar, S., Sharma, S., Meena, A. L., & Kumar, M. (2023). Variation in oxalic acid

- production, mycelial compatibility and pathogenicity amongst isolates of *Sclerotinia sclerotiorum* causing white mold disease. *Vegetos*, 1-13.
- Clarkson, J. P., Coventry, E., Kitchen, J., Carter, H. E., & Whipps, J. M.** (2013). Population structure of *Sclerotinia sclerotiorum* in crop and wild hosts in the UK. *Plant Pathology*, 62(2), 309-324.
- Derbyshire, M. C., Newman, T. E., Khentry, Y., & Taiwo, A. O.** (2022). The evolutionary and molecular features of the broad-host-range plant pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*. *Molecular Plant Pathology*, 23(8), 1075-1090. <https://doi.org/10.1111/mpp.13221>
- Drenth, A., McTaggart, A. R., & Wingfield, B. D.** (2019). Fungal clones win the battle, but recombination wins the war. *IMA fungus*, 10, 1-6.
- Durman, S. B., Menéndez, A. B., & Godeas, A. M.** (2003). Mycelial compatibility groups in Buenos Aires field populations of *Sclerotinia sclerotiorum* (Sclerotiniaceae). *Australian Journal of Botany*, 51(4), 421-427.
- Ekins, M., Hayden, H.L., Aitken, E., & Goulter, K. C.** (2010). Population Structure of *Sclerotinia sclerotiorum* on Sunflower in Australia. *Australas. Plant Pathology*, 40, 99-108.
- Kabbage, M., Yarden, O., & Dickman, M. B.** (2015). Pathogenic attributes of *Sclerotinia sclerotiorum*: switching from a biotrophic to necrotrophic lifestyle. *Plant science*, 233, 53-60.
- Kamvar, Z. N., & Everhart, S. E.** (2018). Something in the agar does not compute: On the discriminatory power of mycelial compatibility in *Sclerotinia sclerotiorum*. *Peer J Preprints* <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.26670v1>
- Karimi, E., Safaie, N., & Shams-Bakhsh, M.** (2012). Mycelial compatibility groupings and pathogenic diversity of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary populations on canola in Golestan Province of Iran. *J. Agr. Sci. Tech. (2012) Vol. 14*, pp. 421-434.
- Kiryakov, I. & Zhecheva, K.** (2019). Mycelial compatibility and aggressiveness of Bulgarian *Sclerotinia sclerotiorum* isolates. *Field Crops Studies*, XII(3), 9-22.
- Liang, X., & Rollins, J. A.** (2018). Mechanisms of broad host range necrotrophic pathogenesis in *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytopathology*, 108(10), 1128-1140.
- Liua, J., Meng, Q., Zhang, Y., Xiang, H., Li, Y., Shi, F., Ma, L., Liu, C., Liu, Y., Su, B. & Li, Z.** (2018). Mycelial compatibility group and genetic variation of sunflower *Sclerotinia sclerotiorum* in Northeast China. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 102, pp. 185-192.
- Mahalingam, T., Chen, W., Rajapakse, C. S., Somachandra, K. P., & Attanayake, R. N.** (2020). Genetic diversity and recombination in the plant pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* detected in Sri Lanka. *Pathogens*, 9(4), p. 306.
- Maltby, A. D., & Mihail, J. D.** (1997). Competition among *Sclerotinia sclerotiorum* Genotypes within Canola Stems. *Can. J. Bot.* 75, pp. 462-468
- Saharan, G. S., & Mehta, N.** (2008). *Sclerotinia* diseases of crop plants: biology, ecology and disease management. *Springer Science & Business Media*.
- Silva, R. A., Ferro, C. G., Lehner, M. D. S., Paula Jr, T. J., & Mizubuti, E. S.** (2021). The population of *Sclerotinia sclerotiorum* in Brazil is structured by mycelial compatibility groups. *Plant Disease*, 105(11), 3376-3384.
- Yan, L., Song, W., Yu, D., Kishan Sudini, H., Kang, Y., Lei, Y., ... & Liao, B.** (2022). Genetic, phenotypic, and pathogenic variation among *Athelia rolfsii*, the causal agent of peanut stem rot in China. *Plant Disease*, 106(10), pp. 2722-2729.
- Yang, D., Zhang, J., Wu, M., Chen, W., Li, G., & Yang, L.** (2016). Characterization of the mycelial compatibility groups and mating type alleles in populations of *Sclerotinia minor* in central China. *Plant Disease*, 100(11), pp. 2313-2318.
- Yu, Y., Cai, J., Ma, L., Huang, Z., Wang, Y., Fang, A., ... & Bi, C.** (2020). Population structure and aggressiveness of *Sclerotinia sclerotiorum* from rapeseed (*Brassica napus*) in Chongqing city. *Plant disease*, 104(4), 1201-1206.

Received: September, 02, 2024; Approved: October, 08, 2024; Published: October, 2024