

# ANTAGONISTIČKI MIKROORGANIZMI ZA BIOLOŠKO SUZBIJANJE *Sclerotinia* spp.

Maja Živanović, Brankica Pešić, Milica Mihajlović

Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Beograd, Srbija

Email: maja.zivanovic@pestring.org.rs

## Izvod

Vrste roda *Sclerotinia* prouzrokuju belu trulež biljaka koja predstavlja veliki problem u biljnoj proizvodnji širom sveta. Kao patogeni koji se održavaju u zemljištu dugi niz godina, vrlo su problematični za suzbijanje. Kako bi se smanjio rizik od nastanka ekonomski značajnih šteta, većina proizvođača koristi integralni sistem zaštite koji podrazumeva kombinovanu primenu agrotehničkih, hemijskih i bioloških mera suzbijanja. Agrotehničke mere kao što su plodored, smanjenje gustine biljaka i mehaničko suzbijanje korova imaju važnu ulogu u zaštiti useva od prouzrokovača bele truleži. Zbog nedostatka otpornih sorti gajenih biljaka i širokog spektra biljaka domaćina, upotreba fungicida u suzbijanju *Sclerotinia* spp. predstavlja dominantni način suzbijanja. Međutim, primena fungicida predstavlja opasnost kako za životnu sredinu i poljoprivredne proizvođače, tako i za potrošače koji bivaju izloženi ostacima pesticida u biljnim proizvodima. Poslednjih godina primena bioloških mera u suzbijanju vrsta iz ovog roda dobija sve veći značaj. U radu su sistematizovana aktuelna saznanja o prouzrokovačima bele truleži, njihovom ciklusu razvoja i simptomima koje izazivaju na različitim domaćinima. Detaljno je opisana primena antagonističkih mikroorganizama (gljive, bakterije, aktinomicete, mikovirusi) za biološko suzbijanje i dat pregled biofungicida registrovanih u svetu i našoj zemlji za zaštitu useva od vrsta roda *Sclerotinia*.

**Ključne reči:** bela trulež, antimikrobna aktivnost, antagonističke bakterije, antagonističke gljive, aktinomicete, mikovirusi.

## UVOD

Vrste roda *Sclerotinia* su polifagne, nekrotrofne fitopatogene gljive koje izazivaju ekonomski značajne štete u biljnoj proizvodnji širom sveta. Prouzrokuju belu trulež različitih biljaka, a najčešće se javljaju u područjima sa umerenom klimom. Vrste roda *Sclerotinia* mogu zaraziti biljke u bilo kojoj fazi rasta, uključujući mlade biljke, starije biljke i plodove u polju tokom

vegetacije, ili u skladištu, nakon berbe (Agrios, 2005; Zhang i sar., 2020). Pri infekciji mladih, tek izniklih biljaka gljiva prouzrokuje poleganje ili topljenje rasada, dok se kod starijih biljaka početni simptomi javljaju u vidu vodenastih lezija na stablu, plodovima i lišću. U početnim fazama razvoja lezija na stablu, na lišću se mogu javiti slabo uočljivi simptomi koje je lako prevideti, sve dok ne dođe do truleži stabla. Lišće iznad lezija vremenom vene, lezije se šire, a na zaraženim biljnim delovima razvija se bela, vunasta micelija sa brojnim sklerocijama koje olakšavaju dijagnozu oboljenja. Sklerocije se najčešće javljaju tek nakon uginuća biljke domaćina (Ivanović, 2004). Kod vrsta roda *Sclerotinia*, sklerocije imaju važnu ulogu u ciklusu razvoja patogena. Sklerocije predstavljaju tvorevine za održavanje ove gljive u prirodi i osnovni su izvor inokuluma. To su čvrste, melanizirane strukture za preživljavanje koje su otporne na isušivanje i služe kao rezerva hranljivih materija, omogućavajući tako gljivama da prežive u zemljištu bez biljke domaćina preko pet godina (Agrios, 2005).

Vrste roda *Sclerotinia* imaju različite cikluse razvoja. Tako, *S. sclerotiorum* i *S. trifoliorum* imaju karpogenski ciklus, koji podrazumeva da se nakon izlaganja sklerocija niskim temperaturama formiraju apotecije – sitne, peharaste strukture prečnika 5-10 mm koje sadrže askuse u kojima su polne spore–askospore (Willets i Wong, 1980). Za klijanje sklerocija i formiranje askusa sa askosporama potrebna su vlažna i hladna zemljišta sa temperaturama od 4°C do 18°C. Jedna apotecija može da oslobodi više od 10 miliona askospora koje nošene vetrom lako dospevaju na biljke. Infekcija se takođe može ostvariti kontaktom između hife nastale klijanjem sklerocije i biljnog tkiva, ili direktnim kontaktom sa drugim obolelim biljkama. Za razliku od *S. sclerotiorum* i *S. trifoliorum* koje produkuju askospore koje se raznose vetrom i ostvaruju infekciju iz vazduha, *S. minor* se širi na druge biljke isključivo miceliogeno, klijanjem sklerocija u hife koje ostvaruju infekciju preko zemljišta, ili direktnim kontaktom sa zaraženim biljkama. Razlika u ciklusu razvoja ovih vrsta odražava se na strategiju njihovog suzbijanja (Link i Johnson, 2007).

U našoj zemlji prisutne su *S. sclerotiorum*, *S. minor* i *S. trifoliorum* (Ivanović, 2004; Mihajlović i sar., 2016; Mihajlović i sar., 2022). *S. sclerotiorum* je najzastupljenija u Srbiji i predstavlja problem pri gajenju povrća u uslovima produženog hladnog vremena i stalne vlažnosti zemljišta (Ivanović, 2004). Ima širok krug domaćina, parazitira skoro sve značajne gajene biljke, posebno povrtarske i ukrasne vrste, ali i brojne korovske biljke (Purdy, 1979). *S. minor* se ređe javlja u odnosu na *S. sclerotiorum*, prouzrokovaoč je bele truleži i vodenaste meke truleži povrtarskih biljaka, a zajedno sa *S. sclerotiorum* prouzrokuje ekonomski značajne gubitke u proizvodnji zelene salate (Mamo i sar., 2021). *S. trifoliorum* ima najuži spektar domaćina i javlja se na biljkama familije Fabaceae (Njambere i sar., 2014).

Za efikasno, ekonomski i ekološki prihvatljivo suzbijanje vrsta roda *Sclerotinia*, primenjuje se kompleks dostupnih agrotehničkih mera, dopunjenih hemijskim i biološkim merama suzbijanja (Jones i Watson, 1969). Poslednjih godina primena bioloških mera u suzbijanju vrsta iz ovog roda dobija sve veći značaj. Nekoliko vrsta gljiva (kao što su *Coniothyrium minitans* i *Trichoderma* spp.), bakterije iz rodova *Pseudomonas* i *Bacillus* i aktinomycete roda *Streptomyces* ispoljavaju snažan antagonizam prema *Sclerotinia* spp. (Vuković i Šunjka, 2021). U svetu je dostupan veliki broj bioloških preparata na bazi navedenih antagonističkih mikroorganizama koji se uspešno koriste za biološko suzbijanje vrsta roda *Sclerotinia*, samostalno ili u kombinaciji sa hemijskim sredstvima.

## PRIMENA ANTAGONISTIČKIH MIKROORGANIZAMA ZA BIOLOŠKO SUZBIJANJE *SCLEROTINIA* SPP.

Biološko suzbijanje predstavlja poseban način zaštite useva od patogena, koji se zasniva na upotrebi mikroorganizama i/ili produkata živih organizama umesto konvencionalnih hemijskih fungicida, ili kao njihova dopuna, radi smanjenja količine primene hemijskih supstanci u poljoprivredi. Biofungicidi u svom sastavu mogu sadržati korisne gljive, bakterije, aktinomycete, viruse, etarska ulja i druge biljne ekstrakte, a njihovo delovanje zasniva se na različitim mehanizmima koji obuhvataju mikoparazitizam, antibiozu, direktnu kompeticiju i indukovanje sistemske otpornosti biljaka (Vuković i Šunjka, 2021). U našoj zemlji za suzbijanje vrsta roda *Sclerotinia* u različitim usevima registrovan je samo jedan biofungicid na bazi bakterije *Bacillus amyloliquifaciens* (Tim priređivača, 2022).

**Primena antagonističkih gljiva**—*Coniothyrium minitans* je najbolje proučena i komercijalno najzastupljenija gljiva za biološko suzbijanje prouzrokača bele truleži. Prvi put je izolovana iz inficirane sklerocije *S. sclerotiorum* 1947. godine (Tribe, 1957). *C. minitans* proizvodi širok spektar enzima koji razgrađuju ćelijske zidove kao što su hitinaze i glukanaze, kao i sekundarne metabolite koji pojačavaju kolonizaciju i degradaciju sklerocija *S. sclerotiorum*. Kolonizacija sklerocija odvija se veoma brzo pri čemu je u jednom istraživanju polovina sklerocija bila inficirana tokom prve nedelje, a nakon mesec dana bilo je čak 100% kolonizovanih sklerocija. Contans WG (Bayer CropScience, Cambridge, United Kingdom), komercijalna formulacija *C. minitans* (izolat CON/M/91-08), poznata je po svom kapacitetu da smanji štetu koju izaziva *S. sclerotiorum* u nekoliko useva inficiranjem i degradacijom sklerocija u zemljištu (McQuilken i Chalton, 2009). Spore navedenog mikoparazita su aktivna supstanca preparata koji prodire u unutrašnjost sklerocija

preko pigmentisanih ćelija sa spoljašnje strane sklerocija, ili kroz pukotine na površini, pa se njihov rast nastavlja i unutar sklerocija (Vuković i Šunjka, 2021). Efikasnost *C. minitans* u suzbijanju *S. sclerotiorum* dokazana je korišćenjem u usevima uljane repice, suncokreta, zelene salate, krastavca, pasulja i kikirikija (Ojaghian, 2010). Primenjuje se preko zemljišta, pre setve ili posle žetve. Za postizanje što boljih efekata, zemljište treba da bude vlažno, a temperatura 12-20°C (Vuković i Šunjka, 2007). Može se primeniti zalivanjem zemljišta ili nanošenjem na zaražene ostatke nakon žetve, a pre zaoravanja da bi se uništile sklerocije i smanjio rizik od zaraze narednih useva (Yang i sar., 2010). Prema Lainsbury (2009) tretiranje preparatom na bazi *C. minitans* obavlja se tri meseca pre redovne zaštite od bolesti, kako bi se obezbedilo vreme za delovanje preparata i smanjenje brojnosti infektivnih sklerocija u zemljištu. Preparat Koni WG na bazi *C. minitans*, formulisan u vidu vodo-disperznih granula, koristi se u integralnoj proizvodnji za zaštitu povrtarskih biljaka, suncokreta, uljane repice i soje od *S. sclerotiorum* (Nicot i sar., 2019). U našoj zemlji još uvek ne postoji nijedan registrovan preparat na bazi *C. minitans* iako je njegovo delovanje u suzbijanju vrsta roda *Sclerotinia* dokazano višedecenijskim istraživanjima (Conrad i sar., 2023).

Vrste roda *Trichoderma* ispoljavaju visoku efikasnost u suzbijanju *Sclerotinia* spp. Prisutne su u svim tipovima zemljišta, a mehanizmi delovanja obuhvataju mikoparazitizam, antibiozu i indukovanje sistemske otpornosti biljaka (Woo i sar., 2014). Takođe, dokazano je da vrste roda *Trichoderma* mogu značajno stimulisati rast različitih vrsta biljaka (Smolińska i sar., 2014). U svetu je dostupan veliki broj komercijalnih biofungicida na bazi različitih vrsta ovog roda. *Trichoderma harzianum* je jedan od najčešće korišćenih predstavnika ovog roda, zbog izraženog antagonističkog delovanja putem mikoparazitizma, kompeticije kao i stimulativnog efekta na parametre porasta biljaka (Baličević i sar., 2007). Preparat Plantshield na bazi *T. harzianum* (izolat T-22) primenjuje se u Virdžiniji za suzbijanje *Sclerotinia* spp., ali i drugih patogena iz zemljišta (*Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. i dr.). Takođe, primenjuje se u rasadnicima drvenastih biljaka, pri kalemljenju, na ukrasnim biljkama, kupusnjačama, paradajzu i krastavcu (Thomas, 2004). *T. harzianum* izolat T-39 koristi se za suzbijanje gljiva iz rodova *Sclerotinia* i *Botrytis*, u zaštiti vinove loze i povrtarskih biljaka, kako na otvorenom polju tako i u zatvorenim objektima (Vuković i Šunjka, 2021). U Srbiji se na listi dozvoljenih pesticida nalazi samo jedan preparat na bazi vrste *Trichoderma atroviride* (Vintec), ali nije registrovan za suzbijanje prouzrokovala bele truleži.

**Primena antagonističkih bakterija**—Poznato je nekoliko različitih vrsta bakterija koje sprečavaju rast patogena i podstiču rast biljaka, a najzastupljenije među biofungicidima su vrste iz rodova *Bacillus* i *Pseudomonas*. Većina ovih bakterija ispoljava direktni antagonizam preko sinteze

antimikrobnih jedinjenja ili litičkih enzima, indukujući sistemsku otpornost biljke. Mnoge antagonističke bakterije takođe utiču na otpornost i parametre porasta biljaka tako što proizvode supstance nalik biljnim hormonima kao i antioksidativna jedinjenja (Rey i Dumas, 2017).

Vrste roda *Bacillus* imaju sposobnost da obrazuju spore, izuzetno otporne dormantne forme koje mogu da prežive visoke temperature, nepovoljnu pH vrednost sredine, nedostatak hrane, vode, itd. Ova sposobnost može da se iskoristi prilikom proizvodnje biofungicida, indukovanjem sporulacije na kraju proizvodnog procesa što produžava rok trajanja biofungicida i ne zahteva posebne uslove skladištenja (Grahovac, 2014). *Bacillus subtilis* je bakterija koja se javlja u zemljištu širom sveta. Značajna je zato što se koristi kao fungicid i kao baktericid. Soj QST 713 se primenjuje folijarno za suzbijanje fitopatogenih gljiva i bakterija kao što su *Botrytis cinerea*, *S. minor*, *Uncinula necator*, *Podosphaera leucotricha*, *Erysiphe* spp., *Sphaerotheca* spp., *Oidium* spp., *Alternaria* spp., *Erwinia amylovora*, *Xanthomonas* spp., itd. Primenjuje se u zasadima vinove loze, jabučastih voćaka, oraha, lisnatim povrtarskim biljkama, paradajzu, krompiru, luku, mrkvi, začinskim i ukrasnim biljkama. Preparati su formulisani u obliku kvašljivog praška i vodenog rastvora i kompatibilni su sa mnogim fungicidima, baktericidima, insekticidima, preparatima za folijarnu ishranu i ađuvantima (Vuković i Šunjka, 2021). Jos jedna vrsta iz ovog roda – *Bacillus licheniformis* soj SB3086, koristi se za suzbijanje raznih prouzrokovača bolesti među kojima su vrste iz rodova *Alternaria*, *Sclerotinia*, *Botrytis*, *Cercospora*, *Fusarium*, *Phytophthora*, kao i prouzrokovača rđe i pepelnice. Primenjuje se u zaštiti ukrasnih biljaka, travnjaka, golf terena, četina – kako na otvorenim mestima tako i u staklenicima i plastenicima. Međutim, preparati na bazi ove bakterije ne mogu se koristiti u zaštiti biljaka koje se koriste za ishranu (Vuković i Šunjka, 2021). Postoji nekoliko sojeva *Bacillus amyloliquefaciens* i *B. subtilis* koji se prodaju kao biofungicidi za sprečavanje oboljenja koje izazivaju vrste roda *Sclerotinia*. Neki od njih su Serenade Optimum, (Bayer CropScience, St. Louis, MO, United States), Cease, (Bioworks Inc., Victor, NY, United States), i Amplitude, (Marrone Bio Innovations Inc., Davis, CA, United States). Registrovani su za suzbijanje bolesti u usevima lisnatog i korenastog povrća, mahunarki i uljanih kultura (O’Sullivan i sar., 2021). Na listi preparata registrovanih za korišćenje u Srbiji, nalaze se biopreparati na bazi dve vrste roda *Bacillus* – *B. subtilis* (sojevi Č13, BS10 i Z3) i *B. amyloliquefaciens* (sojevi MBI 600 i Q713). Iako prisutni, preparati na bazi *B. subtilis* nisu registrovani za suzbijanje prouzrokovača bele truleži u našoj zemlji, dok biofungicidi na bazi *B. amyloliquefaciens* (komercijalnih naziva Serenade i Serif) imaju dozvolu za suzbijanje *Sclerotinia* spp. u različitim usevima (lisnato povrće, jagode, mahunarke, krastavac, tikvica, lubenica, dinja) (Tim pripređivača, 2022).

**Primena aktinomiceta** – vrste roda *Streptomyces* su aktinomicete, Gram pozitivne, saprotrofne bakterije, koje razgrađuju organsku materiju, naročito biopolimere kao što su lignoceluloza, skrob i hitin u zemljištu. Poznato je da aktinomicete, proizvode niz sekundarnih metabolita koji imaju važnu ulogu u ekologiji zemljišta i rizosfere (Vuković i Šunjka, 2021). Delovanje aktinomiceta kao bioloških agenasa može se objasniti njihovom sposobnošću kolonizacije biljne površine, antibioze sa biljnim patogenima, sinteze ekstracelularnih proteina i razgradnje fitotoksina. Antagonistička aktivnost vrsta roda *Streptomyces* prema biljnim patogenima najčešće se povezuje sa njihovom sposobnošću da sintetišu antifungalne materije i ekstracelularne hidrolitičke enzime. Smatra se da su hitinaza i  $\beta$ -1,3- glukanaza značajne za hidrolizu ćelijskog zida fitopatogenih gljiva (Doubou i sar., 2001). *Streptomyces griseoviridis* soj K61 je bakterija koja se javlja u zemljištu a izolovana je iz treseta. Deluje na fitopatogene gljive na najmanje dva načina, kolonizovanjem korena biljaka pre pojave patogena, lišavajući ih prostora i hranljivih materija, kao i produkovanjem nekoliko supstanci koje nepovoljno utiču na patogene gljive. Primenjuje se u suzbijanju gljiva prouzrokovaca truleži semena, korena, stabljike i uvenuća biljaka raznih ratarskih i povrtarskih useva, zasada voćaka i ukrasnog bilja u plastenicima. Može se primenjivati preko zemljišta, semena, potapanjem rasada i biljnih delova, pri kalemljenju i folijarno. Preparat na bazi ove bakterije deluje preventivno i formulisan je u obliku kvašljivog praška (Vuković i Šunjka, 2021). Komercijalni proizvodi Actinovate (Novozymes BioAg Ltd. Saskatoon, Canada) i Mycostop (Verdera Oy, Espoo, Finland) su formulacije *Streptomyces lydicus* WYEC 108 i *S. griseoviridis* K61. Actinovate se koristi preko zemljišta protiv *S. sclerotiorum* ili *S. minor* u usevima kupusnjača i mahunarki, dok Mycostop nije registrovan za suzbijanje vrsta iz roda *Sclerotinia*. Međutim, istraživanja sugerišu da Mycostop može pružiti određen stepen zaštite biljaka od bele truleži (O'Sullivan i sar., 2021).

**Primena mikovirusa** ima veliki potencijal u biološkom suzbijanju fitopatogenih gljiva, zbog činjenice da *Sclerotinia* spp. mogu da budu domaćini različitim vrstama mikovirusa, kao što su ssRNA, dsRNA i jednolančani kružni DNA virusi (Zhang i sar., 2020). DNA mikovirus *S. sclerotiorum* DNA virus 1 povezan sa hipovirulentnošću (SsHADV-1) može inficirati i dati hipovirulenciju *S. sclerotiorum*. Istraživanja ovog mikovirusa pokazala su da može da pretvori patogenu vrstu *S. sclerotiorum* u korisnog biljnog endofita smanjenjem ekspresije ključnih gena virulentnosti *S. sclerotiorum*, kao što su oni koji kodiraju enzime za degradaciju ćelijskog zida ili gene slične efektorima. Pored toga, ovaj mikovirus je izazvao povećanu ekspresiju odbrambenih gena u biljci i gena povezanih sa hormonima, zajedno sa pojačanim rastom biljaka. Sistem virusne infekcije je takođe testiran u polju, tretiranjem hifnih fragmenata vrste *S. sclerotiorum* zaraženog SsHADV-1 u biljkama *B. napus*

tokom ranog cvetanja smanjen je procenat truleži stabljike za 30-67% (Zhang i sar., 2020).

Trenutno postoji nekoliko istraživanja koja pokazuju uticaj kombinacija mikroorganizama u biološkom suzbijanju, ali ova oblast zahteva dalja proučavanja. Kod biljaka graška upotreba *T. harzianum*, *B. subtilis* i *P. aeruginosa* je rezultirala smanjenim uginućem biljaka zaraženim *S. sclerotiorum*. Bahkali i sar. (2014) su utvrdili da su *C. minitans*, *T. viride* i *T. hamatum*, primenjeni uz zalivanje zemljišta bili efikasniji od pojedinačnih *S. griseoviridis*, *B. subtilis*, ili *P. fluorescens* u suzbijanju *S. sclerotiorum* u pasulju. Najbolji rezultati (100% supresija bolesti) postignuti su kombinacijom *C. minitans* + *S. griseoviridis* ili *T. hamatum* + *S. griseoviridis*. Ovo ukazuje na to da primena kombinacije antagonističkih mikroorganizama koji imaju različite mehanizme delovanja može biti efikasnija u biološkom suzbijanju patogena.

## ZAKLJUČAK

Prouzrokovaci bele truleži, vrste roda *Sclerotinia*, predstavljaju veliki problem u poljoprivrednoj proizvodnji. S obzirom na njihov ciklus razvoja i činjenicu da se vrste ovog roda održavaju u zemljištu, suzbijanje ovih patogena se uglavnom svodi na primenu hemijskih mera zaštite kao neizbežnih. Pesticidi, dominiraju u zaštiti bilja od prouzrokovaca bolesti, međutim u poslednje vreme sve je više istraživanja usmereno ka biološkoj zaštiti, odnosno proučavanju mikroorganizama i njihovih metabolita u cilju suzbijanja patogena. Mnogobrojna istraživanja su pokazala da određene vrste gljiva (*C. minitans*, *Trichoderma* spp.), bakterija (*Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp.), aktinomiceta (*Streptomyces* spp.) kao i mikovirusa poseduju visoku efikasnost u suzbijanju oboljenja izazvanim vrstama roda *Sclerotinia*. Mehanizmi delovanja ovih bioloških agenasa obuhvataju mikoparazitizam, antibiozu, direktnu kompeticiju i indukovanje sistemske otpornosti biljaka. Razvijen je veliki broj biofungicidnih preparata koji samostalno ili u kombinaciji sa hemijskim sredstvom daju pozitivne rezultate. Biološke mere zaštite se ističu kao obećavajuća alternativa, a biofungicidi pokazuju mnogo prednosti u odnosu na hemijska sredstva u smislu održivosti, načina delovanja i toksičnosti.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad rezultat je projekata 451-03-47/2023-01/200214 koje finansira Ministarstvo nauke Republike Srbije.

## LITERATURA

- Agrios, G. N. (2005): Chapter eleven—Plant diseases caused by fungi in Plant Pathology, Fifth Edn, ed. Agrios, G. N. (San Diego: Academic Press), 385–614.
- Bahkali, A. H., Elsheshtawi, M., Mousa, R. A., Elgorban, A. M., Alzarooa, A. A. (2014): Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* in beans with antagonistic microorganisms under greenhouse conditions. Research on Crops, 1, 884–892.
- Baličević, R., Parađiković, N., Šamota, D. (2007): Control of soil parasites (*Pythium debaryanum*, *Rhizoctonia solani*) on tomato by a biological product. Cereal Research Communications, 35, 1001-1004.
- Conrad, A. M., Telenko, D. E. (2023): Efficacy of biocontrol agents *Coniothyrium minitans* and *Bacillus amyloliquifaciens* for managing *Sclerotinia sclerotiorum* in Indiana soybean. *PhytoFrontiers*, 3(3), 518-524.
- Doumbou, C., Hamby Salove, M., Crawford, D., Beaulieu, C. (2001): Actinomycetes, promising tools to control plant diseases and promote plant growth. Phytoprotection, 82, 85-102.
- Grahovac, M. (2014): Biološko suzbijanje *Colletotrichum* spp. parazita uskladištenih plodova jabuke. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- Ivanović, M. (2004): Mikoze i pseudomikoze biljaka. Nauka, Beograd, Srbija.
- Jones, D., Watson, D. (1969): Parasitism and lysis by soil fungi of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, a phytopathogenic fungus. Nature, 224, 287–288.
- Lainsbury, M. (2009): The UK Pesticide Guide. BCPC, Norwich, UK, 194-570.
- Link, V. H., Johnson, K. B. (2007): White Mold. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2007-0809-01.
- Mamo, B. E., Eriksen, R. L., Adhikari, N. D., Hayes, R. J., Mou, B., Simko, I. (2021): Epidemiological Characterization of Lettuce Drop (*Sclerotinia* spp.) and Biophysical Features of the Host Identify Soft Stem as a Susceptibility Factor. *PhytoFrontiers*<sup>TM</sup>, 1, 182-204.
- McQuilken, M. P., Chalton, D. (2009): Potential for biocontrol of *Sclerotinia* rot of carrot with foliar sprays of Contans WG (*Coniothyrium minitans*). Biocontrol Science and Technology, 19, 229–235. doi: 10.1080/09583150802635549.
- Mihajlović, M., Hrutić, J., Grahovac, M., Rekanović, E., Lazić, M., Tanović, B. (2016): *Sclerotinia trifoliorum* – prouzročivač propadanja biljaka lucerke. Zbornik rezimea radova XV simpozijuma o zaštiti bilja, Zlatibor, str. 99-100.

- Mihajlović, M., Hrustić, J., Grahovac, M., Tanovic, B. (2022): First Report of *Sclerotinia minor* on lettuce in Serbia. *Plant Disease*, 106, 10, 2764.
- Nicot, P. C., Avril, F., Duffaud, M., Leyronas, C., Troulet, C., Villeneuve, F., Bardin, M. (2019): Differential susceptibility to the mycoparasite *Paraphaeosphaeria minitans* among *Sclerotinia sclerotiorum* isolates. *Tropical Plant Pathology*, 44, 82–93. doi: 10.1007/s40858-018-0256-7.
- Njambere, E. N., Peever, T. L., Vandemark, G., Chen, W. (2014): Genotypic variation and population structure of *Sclerotinia trifoliorum* infecting chickpea in California. *Plant Pathology*, 63, 994–1004.
- O’Sullivan, C., Belt, K., Thatcher, L. F. (2021): Tackling Control of a Cosmopolitan Phytopathogen: *Sclerotinia*. *Frontiers in Plant Science*, 12, 707509. doi: 10.3389/fpls.2021.707509.
- Ojaghian, M. R. (2010): Biocontrol of potato white mold using *Coniothyrium minitans* and resistance of potato cultivars to *Sclerotinia sclerotiorum*. *The Plant Pathology Journal*, 26, 346–352.
- Purdy, L. (1979): *Sclerotinia sclerotiorum*: history, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. *Phytopathology*, 69, 875-880.
- Rey, T., Dumas, B. (2017): Plenty is no plague: *Streptomyces* symbiosis with Crops. *Trends in Plant Science*, 22, 30–37.
- Smolińska, U., Kowalska, B., Kowalczyk, W., Szczech, M. (2014): The use of agro-industrial wastes as carriers of *Trichoderma* fungi in the parsley cultivation. *Scientia Horticulturae*, 179, 1–8.
- Thomas, C. (2004): Bug vs bug-managing plant diseases with biofungicides. *Virginia Vegetable, Small Fruit and Speciality Crops*.
- Tim Priredičavača (2022) *Pesticidi u poljoprivredi i šumarstvu u Srbiji*. Beograd: Društvo za zaštitu bilja Srbije, dvadeseto, izmenjeno i dopunjeno izdanje.
- Tribe, H. T. (1957): On the parasitism of *Sclerotinia trifoliorum* by *Coniothyrium minitans*. *Transactions of the British Mycological Society*, 40, 489–499.
- Vuković, S., Šunjka, D. (2021): *Biopesticidi*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Willetts, H. J., Wong, J. A. L. (1980): The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. trifoliorum*, and *S. minor* with emphasis on specific nomenclature. *Botanical Review*, 46, 101–165. doi: 10.1007/bf02860868.
- Woo, S. L., Ruocco, M., Vinale, F., Nigro, M., Marra, R., Lombardi, N., Pascale, A., Lanzuise, S., Manganiello, G., Lorito, M. (2014): *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture. *The Open Mycology Journal*, 8 (1), 71-126.

- Yang, L., Li, G. Q., Long, Y. Q., Hong, G. P., Jiang, D. H., Huang, H. C. (2010): Effects of soil temperature and moisture on survival of *Coniothyrium minitans* conidia in central China. *Biological Control*, 55, 27–33.
- Zhang, H., Xie, J., Fu, Y., Cheng, J., Qu, Z., Zhao, Z., Cheng, S., Chen, T., Li, B., Wang, Q., Liu, X., Tian, B., Collinge, D., Jiang, D. (2020): A 2-kb mycovirus converts a pathogenic fungus into a beneficial endophyte for *Brassica* protection and yield enhancement. *Molecular Plant*, 13, 1420–1433.

**Abstract**  
**USING ANTAGONISTIC MICROORGANISMS FOR**  
**BIOLOGICAL CONTROL OF *Sclerotinia* spp.**

**Maja Živanović, Brankica Pešić, Milica Mihajlović**

Institute of Pesticides and Environmental Protection, Belgrade, Serbia

Email: maja.zivanovic@pebling.org.rs

*Sclerotinia* species, the causal agents of white rot, represent a major problem in the production of different crops. As soil-borne pathogens, their control is challenging. In order to reduce the risk of yield losses, most producers use IPM management strategies, combining different approaches including agrotechnical measures and chemical and biological control measures. Agrotechnical measures such as crop rotation, reduction of plant density, suppression of weed plants, and crop rotation play an important role in protecting crops from white rot. Due to the lack of resistant varieties and host spectrum, the use of fungicides in the control of *Sclerotinia* spp. represents the dominant method of suppression, which represents a *risk to the environment* and human health. Last years, biological control strategies become more desirable way to control these pathogens. This paper summarizes previous knowledge about epidemiological characteristics, and the development cycle, as well as symptoms caused by species of the genus *Sclerotinia*. The application of antagonistic microorganisms (fungi, bacteria, actinomycetes, and mycoviruses) in biological control is provided. An integral part of the paper is an overview of biofungicides registered in Serbia for protection against *Sclerotinia* species.

**Key words:** white rot, antimicrobial activity, antagonistic bacteria, antagonistic fungi, actinomycetes, mycoviruses.