VRSTE RODA *Rhizoctonia* - PROUZROKOVAČI BOLESTI ŠEĆERNE REPE U SRBIJI

Mira Vojvodić i Aleksandra Bulajić

Poljoprivredni fakultet-Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija
E-mail: bulajic_aleksandra@yahoo.com

Izvod

Rod *Rhizoctonia* obuhvata ekonomski značajne gljive koje uzrokuju bolesti velikog broja biljnih vrsta, uključujući šećernu repu. One predstavljaju raznoliku grupu patogena koji se održavaju u zemljištu i rasprostranjene su širom sveta. U okviru roda *Rhizoctonia* razlikuju se anastomozne grupe (AG) i nekoliko ih se povezuje sa značajnim bolestima šećerne repe koje dovode do velikih gubitaka u prinosu. U Srbiji, *Rhizoctonia solani* predstavlja jednog od najznačajnih patogena truleži korena šećerne repe, a potvrđeno je prisustvo nekoliko AG, uključujući AG-2-2 i AG-4 HGII. U Srbiji kao i u svetu najzastupljenija je AG-2-2. Suzbijanje vrsta roda *Rhizoctonia* je veoma teško, zahteva kombinacijiu različitih metoda i jedino je moguće nakon pravilne identifikacije prourokovača.

Ključne reči: *Rhizoctonia* spp., šećerna repa, anastomozne grupe, trulež krena

UVOD

Šećerna repa je vredna i isplativaindustrijska gajena biljka. U 2024. godini gajila se na preko 1,5 milliona ha u Evropskoj uniji (http://fao.org/faostat), a veliki proizvođači su i SAD i Rusija (www.isosugar.org). U Srbiji je šećerna repa takođe vrlo značajna i u periodu od 2020-24. godine površine pod ovom kulturom rastu, sa 37 000 do 46 000 ha (www.stat.gov.rs). Međutim, ukupan prinos varira ili čak pokazuje blagi trend opadanja što se između ostalog povezuje sa izazovima kao što su bolesti, štetočine i klimatske promene, a moguća rešenja

traže se kroz istraživanja nastvaranju otpornijih sortii uspostavljanju održivih metoda uzgoja (Pathak i sar., 2022). Šećerna repa je podložna napadu patogena, a ističe se *Rhizoctonia solani,* kao jedan od najznačajnijih prouzrokovača truleži korena i izumiranja biljaka (Bolton i sar., 2010).

OPŠTE KARAKTERISTIKE VRSTA RODA *RHIZOCTONIA*

Rod *Rhizoctonia* (carstvo Fungi, razdeo Basidiomycota, klasa Agaricales, red Cantharellales, familija Ceratobasidiaceae) predstavlja grupu gljiva, koje se održavaju u zemljištu i koje su veoma različite po mnogim osobinama. Rasprostranjene su širom sveta i obuhvataju značajne biljne patogene, kako one kojese održavaju u zemljištu, tako i patogene nadzemnih biljnih organa, saprobne i mikorizne vrste (Sneh i sar., 1991).

Klasifikacija. Mada je mali broj morfoloških karakteristika koje bi se mogle koristiti za identifikaciju, vrsta roda *Rhizoctonia* ipak ispoljavaju značajnu varijabilnost. Kolonije mogu biti od bež do smeđe boje. Hife se granaju na karakterističan način - pod pravim uglom, u blizini mesta grananja nalazi se suženje, a neposredno posle i septa. Trenutno važeća klasifikacija *Rhizoctonia* spp. sprovodi se na osnovu broja jedara u hifama i hifalnih anastomoza (mesta spajanja istih ili različitih hifa) (Sharon i sar., 2008). Na osnovu broja jedara u ćelijama hifa *Rhizoctonia* spp. podeljene su na jednojedarne, dvojedarne i višejedarne. Koncept anastomoznih grupa (AG) služi za grupisanje izolata koji su srodni, odnosno hife izolata iz iste grupe mogu da se spajaju tako što formiraju anastomoze. Naknadno, u koncept AG koji je trenutno prihvaćen uključuje se i spektar domaćina i patogenost, kao i osetljivost na fungicide (Amaradasa i sar., 2014). U okviru dvojedarnih *Rhizoctonia*vrsta trenutno je opisano 19 AG, AG-A do AG-W (teleomorf *Ceratobasidium*) (Sneh i sar., 1991; Yang i sar., 2015), a u okviru višejedarnih opisano je 13 AG, AG-1 do AG-13 i AG-Bi (premošćujući izolati) (telomorf *Thanatephorus*), i pet varijeteta *R. zeae, R. circinata, R. oryzae, R. agrotis, R. prodigus* (teleomorf *Waitea*) (Sharon i sar., 2008).

Epidemiologija. Najvažnije tvorevine za održavanje vrsta roda *Rhizoctonia* su sklerocije - čvrste vegetativne tvorevine koje ostaju vitalne u zemljištu duži niz godina i koje predstavljaju najvažnije izvore zaraze. *Rhizoctonia* spp., se pored sklerocijama, mogu održavati i micelijom u zemljištu, u zaraženim biljnim ostacima ili materijalu za sadnju, dok kod nekih domaćina zaražavaju i seme. Sklerocije klijaju pri povoljnim uslovima i zaražavaju koren i stablo biljaka. Posle ostvarenih primarnih infekcija, bolest se u zemljištu širi

kružno oko mesta infekcije. Sklerocije se dalje mogu širiti kišom, vodom za zalivanje, oruđem, zaraženim sadnim materijalom, tako da je glavni izvor inokuluma zapravo zemljište u kome se nalaze tvorevine ovih gljiva. Optimalna temperatura za ostvarivanje infekcije je od 15 do 18^{O}C. Pri relativnoj vlažnosti vazduha od 40 do 100% i temperaturi od 20 do 30^{O}C, u prirodi se retko mogu formirati i tvorevine polnog razmnožavanja u vidu bazida sa bazidiosporama (Garcia i sar., 2006). Bazidiospore se šire vetrom, zaražavaju nadzemne delove biljaka. Smatra se da one omogućavaju brže širenje patogena, kao i da polno razmnožavanje povećava genetički diverzitet što doprinosi prevazilaženju otpornosti biljaka domaćina.

Simptomi. *Rhizoctonia* spp. mogu izazivati više simptoma uključujući trulež korena i stabla, sušenje listova, propadanje celih biljaka, palež klijanaca i trulež semena. Prve zaraze obično počinju od korena, a zahvaćeni delovi postaju nekrotični, odnosno uočava se pojava smeđe boje. Nekroza je često mestično raspoređena, odnosno smenjuju se nekrotične zone i zone naizgled zdravog tkiva (Slika 1A). Na poprečnom preseku često se javlja nekroza koja podseća na suvu trulež (Slika 1B). Na zaraženim biljkama mogu sejaviti tamne sklerocije (bespolni stadijum), ili bela micelijska navlaka, sa bazidima i bazidiosporama (polni stadijum). Generalno se smatra da vrste roda *Rhizoctonia* imaju vrlo širok krug domaćina uključujući povrtarske, neke ratarske, voćarske i ukrasne biljke, kao i razne vrste šumskih biljka. Simptomi variraju zavisno od biljne vrste, uzrasta biljke kao i spoljnih uslova. Međutim, ustanovljeno je da različite AG zapravo imaju različit krug domaćina, tako da postoje AG koje su usko specijalizovane, kao i one sa izuzetno širokim krugom domaćina (Garcia i sar., 2006). Štete se ogledaju u slabijem nicanju (palež klijanaca), proređenosti useva, kržljavosti i usporenom porastu biljaka. Zaražene biljke uvek imaju umanjen prinos, a procenjene štete kreću se od 10 do 100%, u proseku 30%, u zavisnosti od vrste, jačine napada, kao i uslova spoljašnje sredine. Godišnji gubici u proizvodnji šećerne repe usled zaraza sa *Rhizoctonia* spp. takođe su veoma značajni (Sneh i sar., 1991 Sharon i sar., 2008).

VRSTE RODA *RHIZOCTONIA* PATOGENI ŠEĆERNE REPE

Više dvojedarnih i višejedarnih *Rhizoctonia* AG opisane su kao patogeni šećerne repe, a višejedarna *R. solani* AG-2-2 je najčešća i najdestruktivnija (Bolton i sar., 2010). Pored toga, od dvojedarnih *Rhizoctonia* spp. AG kao

patogeni šećerne repe javljaju se AG-A, AG-E i AG-K, a od višejedarnih *R. solani* AG-4, AG-5, AG-8, AG-10, AG-11 (Avan i sar., 2021).

***Rhizoctonia solani* AG-2** *R. solani* AG-2-2 predstavlja najčešću podgrupu na šećernoj repi, a ujedno je i najvarijabilnija i postoji pet definisanih podgrupa (AG-2-1, AG-2-2, AG-2-3, AG-2-4 i AG-2 Bi). Dalje podeljena na još niže kategorije: 2-2 IIIB, 2-2 IV, 2-2 LP, 2-2 WB na osnovu patogenosti i morfoloških karakteristika. *R. solani* AG-2-2 je široko rasprostranjena u Evropi I pojava je zabeležena i u Holandiji, Nemačkoj, Španiji, Srbiji, Poljskoj i Italiji. Spektar domaćina *R. solani* AG-2-2 je širok. Pored šećerne repe (Bolton i sar., 2010; Stojšin i sar., 2011), zaražava duvan, pasulj, krompir, soju, crni luk, ukrasne biljke, kao i kukuruz. Zbog prisustva u mnogim delovima sveta, kao i ovako širokog kruga domaćina, može očekivati da značaj *R. solani* AG-2-2 i dalje raste u narednim godinama, što će sigurno biti praćeno značajnim gubicima prinosa različitih useva. Gubici u proizvodnji šećerne repe izazvani *R. solani* AG 2-2 mogu dostići i više od 25%. U većini područja proizvodnje šećerne repe u Evropi, *R. solani* AG-2-2 je takođe najčešće izolovana i smatra se da čestoj pojavi pogoduje monokultura ili uzak plodored.

***Rhizoctonia solani* AG-4** je sledeća po značaju na šećernoj repi, a može se javiti i na velikom broju uglavnom povrtarskih vrsta, kao što su mrkva, paprika, paradajz, krompir, kupus i druge. Podeljena je na tri podgrupe (HGI - HGIII) na osnovu izgleda sklerocija i sličnosti određenih fragmenata DNK. AG-4 uglavnom izaziva sušenje i propadanje biljaka šećerene repe. Zhang et al. (2015) opisuju simptome prouzrokovane AG-4 kao trulež glave korena, crne lezije na listovima, a može se javiti I trulež korena.

Ostale višejedarne *R. solani* detektovanena šećernoj repi su AG-1, AG-5, AG-6, AG-10 i AG-11, ali se značajno ređe javljaju i smatra se da su manje agresivne.

Dvojedarene *Rhizoctonia* spp. se sve ukupno posmatrano ređe javljaju i smatra se da izazivaju slabije zaraze od višejedarnih vrsta (Avan i sar., 2021). Postoje navodi o bolestima koje izazivaju AG-A, AG-E i AG-K, ali sa manje podataka o značaju i učestalosti.

VRSTA RODA *RHIZOCTONIA* NA ŠEĆERNOJ REPI U SRBIJI

U Srbiji je trulež korena među najznačajnijim bolestima šećerne repe. Do 2000. godine, *Fusarium* spp. i *Macrophomina phaesolina* smatrale su se najzastupljenijim prouzrokovačima bolesti šećerne repe u Srbiji, a zatim je

utvrđeno prisustvo i široka rasprostranjenost *R. solani*. Uočeno je da značajno utiče na kvantitativno i kvalitativno smanjenje prinosa šećerne repe (Vico i sar., 2006). Nakon prvih detaljnijih molekularnih analiza potvrđeno je prisustvo I *R. solani*AG-2-2 IIIB i AG-4-HGII, sa incidencom od 18% (Stojšin i sar., 2011).

Novija višegodišnja istraživanja u našoj zemlji, u okviru kojih su analizirane mlade biljke šećerne repe sa simptomima propadanja, truleži korena i glave korena, kao i nekroze listova na dva lokaliteta - Vašica i Adaševci (Vojvodić i sar., 2019) ukazala su na veliki značaj vrsta roda *Rhizoctonia*. Procenjena učestalost bolesti iznosila je 30%, a morfološka i molekularna identifikacija dokazala je prisustvo *R. solani* AG-2-2. Izolati su formirali smeđe kolonije sa tamno smeđim krupnim sklerocijama. Odabrani

Zbog velikog značaja koji pravovremena detekcija i identifikacija prouzrokovača ima za primenu mera kontrole, izolati *R. solani* AG-2-2 sa šećerne repe dalje su korišćeni za razvoj i poređenje konvencionalnih i real-time PCR protokola za specifičnu detekciju *R. solani* AG-2-2 (Vojvodić i sar., 2019). Specifičnost razvijenih protokola testirana je u odnosu na četiri izolata dvojedarnih, kao i pet izolata višejedarnih AG koje bi mogle da ugroze ne samo šećernu repu, nego i druge gajene biljke. Osetljivost i konvencionalnog i real-time PCR upoređena je korišćenjem 10^{-1} do 10^{-5} razblaženja ciljne DNK. Oba protokola pokazala su visoku specifičnost, reagujući samo sa *R. solani* AG-2-2, ali se konvencionalni PCR pokazao 100x manje osetljivim od real-time PCR. Real-time PCR protokol razvijen u Srbiji bio je zasnovan na SYBR Green metodologiji, što je značajno smanjilo cenu analiza po jednom uzorkuu poređenju sa Taqman tehnologijom. Ova studija pokazala je da real-time PCR može uspešno koristiti za brzu i specifičnu detekciju i identifikaciju *R. solani*AG-2-2, i stoga predstavlja kandidat metodu za rutinsku detekciju u uzorcima biljaka i zemljišta, a zbog širokog kruga domaćina *R. solani* AG-2-2 ima potencijal za širu primenu, ne samo u dijagnostici oboljenja šećerne repe.

SUZBIJANJE TRULEŽI KORENA ŠEĆERNE REPE PROUZROKOVANO VRSTAMA RODA *RHIZOCTONIA*

Suzbijanje truleži korena šećerne repe je teško zbog toga što se patogen veoma dugo održava u zemljištu i ima širok krug domaćina. Zbog postojanja razlika među AG u krugu domaćina i osetljivosti na fungicide, tačno i brzo otkrivanje i identifikacija AG suštinski je prvi korak u razvoju uspešne strategije kontrole (Amaradasa i sar. 2014). Određivanje prisustva određene AG

konvencionalnim morfološkim metodama ili sekvenciranjem i filogenetskim analizama je dugotrajan posao. Protokoli za specifičnu detekciju, zasnovani na konvencionalnom i real-time PCR su dostupni za nekoliko AG (Vojvodić i sar., 2019).

Selekcija novih sorti šećerne repe sa povećanom tolerancijom na *Rhizoctonia* vrste predstavlja dugoročno rešenje u borbi protiv ovog patogena. Iako trenutno ne postoje potpuno otporne sorte, neki genotipovi pokazuju povećanu toleranciju, što može značajno smanjiti gubitke u prinosu (Amaradasa i sar., 2014).

Suzbijanje *Rhizoctonia* spp. se može sprovoditi primenom agrotehničkih, fizičkih, hemijskih i bioloških mera, odnosno pre svega kombinacijom ovih mera.

- Agrotehničke mere obuhvataju upotrebu zdravog setvenog materijala, plodored, dobru aeraciju zemljišta i biljaka, uništavanje zaraženih biljnih ostataka, suzbijanje korova i dezinfekciju opreme i mehanizacije (Sneh i sar., 1991).
- Fizičke mere podrazumevaju sterilizaciju zemljišta parom ilisolarizaciju imogu biti efikasne, ali uglavnom neisplative na velikim površinama. Malčiranje može sprečiti širenje inokuluma *Rhizoctonia* spp. nošenog vetrom (Tsror, 2010).

-Hemijske mere kao što je dezinfekcija zemljišta hemijskim fungicidima jeste svakako najdelotvorniju mera, ali je upotreba ograničena. Metil bromid kao najefikasnije sredstvo odavno je zabranjen, dok su alternative poput metil izotiocijanata, dazometa i formaldehida predmet istraživanja (Tsror, 2010). U Srbiji je dozvoljena je primena samo dazometa (Tim priređivača, 2022). Primena fungicida, naročito onih koji sadrže aktivne supstance poput azoksistrobina i fludioksonila, može biti efikasna u smanjenju infekcije izazvane vrstama *Rhizoctonia*. Međutim, efikasnost tretmana zavisi od načina aplikacije: tretiranje semena i zemljišta pre setve pokazalo se kao najdelotvornije (Harveson i sar., 2009). Zbog mogućnosti razvoja rezistentnih populacija, preporučuje se kombinacija fungicida sa različitim mehanizmima delovanja i njihova racionalna upotreba u okviru integrisanih strategija zaštite. Fungicidi iz grupa inhibitora sukcinat dehidrogenaze (SDHI) (sedaksan, pentiopirad i fluksapiroksad) i inhibitora kinona (QoI) (piraklostrobin i azoksistrobin) efikasni u suzbijanju izolata *R. solani* AG 2-2 pri niskim koncentracijama *in vitro*. U Srbiji su za tretiranje šećerene repe protiv *Rhizoctonia* vrsta trenutno registovan samo azoksistrobin (Tim privređivača,

2022), a kao optimalno vreme tretmana savetuje se primena od faze kada je razvijeno 5 listova do razvijenih 9 i više listova.

- Biološke mere su predmet brojnih istraživanja, pre svega mikroorganizama poput mikovirusa, gljiva, bakterija i mikofagnih nematoda. Istražuje se njihov potencijal za upravljanje bolestima koje izazivaju *Rhizoctonia* spp. Mikovirusi mogu smanjiti virulentnost *Rhizoctonia* spp. prenoseći hipovirulentne infekcije putem anastomoza potencijal imaju gljive roda *Trichoderma*, koje proizvode antibiotike (gliotoksin, glioviridin, viridin, trihoviridin), podstiču rast biljaka i kompetitivno deluju na patogene U biološkoj kontroli najčešće se koriste *T. viridae, T. harzianum, T. virens, T. atroviridae, T. asperelum, T. ligorum, T. saturnisporum* i druge (Abbas i sar., 2017). Utvrđeno je su da kombinacija primene fingicida i nekog od agenasa biološke kontrole daje dobre rezultate. Takođe, bakterije roda *Bacillus* su pokazale potencijal u pogledu inhibitornog delovanja na vrste roda *Rhizoctonia* poreklom sa šećerne repe. U Srbiji je za suzbijanje vrsta roda*Rhizoctonia* registrovana upotreba izolata *Bacillus amyloliquefaciens* u jagodi i krompiru, dok za primenu u šećernoj repi nema preporučenih odnosno registrovanih preparata za biološku kontrolu (Tim priređivača, 2022).



Slika 1. Višejedarna *Rhizoctonia solani* AG-2-2:A) izolat 270-15 - nekroza korena prirodno zaraženih biljaka šećerne repe; B) izolat 270-15 - nekroza na poprečnom preseku korena korena šećerene repe (Bulajić, A., 2015).

ZAHVALNICA

Rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru Ugovora o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada u 2025. godini između Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i Poljoprivrednog fakulteta - Univerziteta u Beogradu, evidencioni broj 451-03-137/2025-03/200116.

LITERATURA

Abbas, A., Jiang, D., Fu, Y. (2017): *Trichoderma* spp. as Antagonist of *Rhizoctonia solani.* Journal of Plant Pathology and Microbiology, 8, 402.

Amaradasa, B. S., Lakshman, D. K., McCall, D. S., Horvath, B. J. (2014): *In vitro* fungicide sensitivity of *Rhizoctonia* and *Waitea* isolates collected from turfgrasses. Journal of Environmental Horticulture, 32, 126-132.

Avan, M., Palacioglu, G., Aksoy, C., Kaya, R., Bayraktar, H., Katrcioglu, Y.Z., Maden, S. (2021): Characterization and pathogenicity of Rhizoctonia species causing root rot and damping-off on sugar beet in Turkey. Current Microbiology, 78, 1939–1948.

Bolton, M. D., Panella, L., Campbell, L., Khan, M. F. R. (2010): Temperature, moisture, and fungicide effects in managing *Rhizoctonia* root and crown rot of sugar beet. Phytopathology, 100, 689-697.

Garcia, V. G., Onco, M. A. P., Susan, V. R. (2006): Review. Biology and systematics of the form genus *Rhizoctonia.* Spanish Journal of Agricultural Research, 4, 55-79.

Pathak, A.D., Srivastava, S., Misra, V., Mall, A.K., Srivastava, S. (2022): Evolution and History of Sugar Beet in the World: An Overview. In: Misra, V., Srivastava, S., Mall, A.K. (eds) Sugar Beet Cultivation, Management and Processing. Springer, Singapore.

Sharon, M., Kuninaga, S., Hyakumachi, M., Naito, S, Sneh, B. (2008): Classification of *Rhizoctonia* spp. using rDNA-ITS sequence analysis supports the genetic basis of the classical anastomosis grouping. Mycoscience, 49, 93–114.

Sneh, B., Burpee, L., Ogoshi, A. (1991): Identification of *Rhizoctonia* Species, American Phytophathological Society Press: St. Paul. MN, USA.

Stojšin, V., Budakov, D., Jacobsen, B., Bagi, F., Grimme, E., Neher, O. (2011): Analysis of *Rhizoctonia solani* isolates associated with sugar beet crown and root rot from Serbia. African Journal of Biotechnology, 10, 19049-19055.

Tim priređivača (2022): Pesticidi u poljoprivredi i šumarstvu u Srbiji. Dvadesto prvo, izmenjeno i dopunjeno izdanje. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd.

Tsror, L. (2010): Biology, Epidemiology and Management of *Rhizoctonia solani* on Potato. Journal of Phytopathology, 158, 649–658.

Vico, I. M., Janković, D. B., Krstić, B. B., Bulajić, A. R., Dukić, N. D. (2006): Multinucleate *Rhizoctonia* spp. – Pathogen of Sugar Beet and Susceptibility of Cultivars under Field Conditions. Zbornik Matice srpske za prirodne nauke / Matica Srpska Novi Sad, 110, 109-121.

Vojvodić, M., Lazić, D., Mitrović, P., Tanović, B., Vico, I., Bulajić, A. (2019): Conventional and real-time PCR assays for detection and identification of *Rhizoctonia solani* AG-2-2, the causal agent of root rot of sugar beet. Pesticides and Phytomedicine, 34, 19-29.

Yang, Y. G., Zhao, C., Guo, Z. J., Wu, X. H. (2015): Characterisation of new anastomosis group (AG-W) of binucleate *Rhizoctonia*, causal agent for potato stem cancer. Plant Disease, 99, 1757-1763.

Zhang, X., Dong, B., Zhou, H., Xie, J., Hao, J. J. (2015): First report *of Rhizoctonia solani* AG4-HG-I infecting sugar beet in China. Plant Disease, 99, 1185.

Abstract

SPECIES OF THE GENUS *Rhizoctonia* CAUSING DISEASES OF SUGAR BEET IN SERBIA

Mira Vojvodić i Aleksandra Bulajić

University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade, Serbia
E-mail: bulajic_aleksandra@yahoo.com

The genus *Rhizoctonia* comprises economically important fungi that cause diseases in a variety of plant species, including sugar beet. The species of the genus *Rhizoctonia* represent a heterogeneous group of soil-borne pathogens that are distributed worldwide. Numerous anastomosis groups (AG) have been described within the genus *Rhizoctonia,* which cause significant diseases on sugar beet and lead to considerable yield losses. In Serbia, *Rhizoctoniasolani* is one of the most important pathogens of sugar beet causing root rot, and the presence of several AGs, including AG-2-2 and AG-4 HGII, has been confirmed. In Serbia and worldwide, AG-2-2 is the most common and most destructive pathogen. Control of the disease is only possible if the pathogen is correctly identified and individual or combined control measures are applied.

Key words: *Rhizoctonia*, sugar beet, anastomosis groups, root rot