

BIOLOŠKA KONTROLA SKLADIŠNIH FITOPATOGENIH GLJIVA

Svetlana Živković¹

Izvod: Intenzivna primena fungicida dovela je do nagomilavanja toksičnih jedinjenja, potencijalno opasnih po zdravlje ljudi i životnu sredinu, i razvoja rezistentnosti patogena. Razvoj i primena bioloških agenasa je jedna od alternativnih mera. Skrining je kritičan korak u razvoju bioloških agenasa. Uspeh u svim kasnijim fazama zavisi od postupka skrininga i identifikacije odgovarajućeg antagoniste. U toku poslednje dve decenije mnogobrojna istraživanja su pokazala da biološki agensi iz roda *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Bacillus* i *Streptomyces* imaju sposobnost redukcije skladišnih fitopatogenih gljiva.

Ključne reči: fitopatogene gljive, *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp., *Bacillus* spp., *Streptomyces* spp.

Uvod

Ekspanzija trgovačkih multinacionalnih kompanija, transport poljoprivrednih proizvoda iz najudaljenijih delova sveta, kao i rastuće potrebe savremenog potrošača za kontinuiranim snabdevanjem i konzumiranjem svežeg voća i povrća podstakle su praksu njihovog intenzivnog skladištenja i čuvanja nakon berbe. Primarni faktori koji tokom transporta i za vreme skladištenja mogu uticati na pojavu truleži i propadanje plodova voća i povrtarskih kultura su:

- neotporan sortiment, nepovoljne vremenske prilike i latentne infekcije plodova u toku vegetacije;
- neodgovarajući stepen zrelosti i neadekvatna manipulacija prilikom branja i pakovanja plodova;
- povećana temperatura i vlažnost vazduha tokom transporta, nepostojanje kontrolisane atmosfere u rashladnim komorama, kao i dužina skladištenja plodova (Snowdon, 1991).

Prema literaturnim navodima (Barkai-Golan, 2001) ekonomski najznačajnije skladišne fitopatogene gljive su:

- *Alternaria*: *A. alternata* (Fr.) Keisser, prouzrokovatelj truleži i crne pegavosti;
- *Aspergillus*: *A. niger* Tieghem i *A. flavus* Link, prouzrokovatelji crne truleži;
- *Botrytis*: *B. cinerea* Pers., prouzrokovatelj sive plesni;
- *Botryosphaeria*: *B. obtusa* (Schwein.) Shoemaker, prouzrokovatelj crne truleži;
- *Cladosporium*: *C. herbarum* (Pers.) Link, prouzrokovatelj čadave plesni;
- *Colletotrichum*: *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. i *C. acutatum* Simmonds ex Simmonds, prouzrokovatelji antraknoza;
- *Geotrichum*: *G. candidum* Link, prouzrokovatelj kisele truleži;

¹Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Teodora Drajzera 9, 11000 Beograd, Srbija, (zivkovicsvetla@gmail.com).

- *Fusarium*: *F. oxysporum* Schlecht i *F. solani* (Martius) Sacc., prouzrokovajući truleži;
- *Monilinia* : *M. fructigena* (Aderh. & Ruhl.) Honey i *M. fructicola* (Wint) Honey, prouzrokovajući mrke truleži;
- *Mucor*: *M. hiemalis* Wehmer i *M. piriformis* A. Fisch., prouzrokovajući vlažne truleži;
- *Penicillium*: *P. expansum* Link, prouzrokovatelj plave plesnavosti i *P. digitatum* (Pers.) Sacc., prouzrokovatelj zelene plesnavosti;
- *Rhizopus*: *R. stolonifer* (Ehrenb. ex Fr.) Vuill., prouzrokovatelj vlažne truleži.

Intenzivna primena sintetičkih fungicida u cilju suzbijanja fitopatogenih gljiva izaziva sve veću zabrinutost, pre svega zbog prisustva toksičnih hemijskih ostataka u prehrambenim proizvodima, učestalog zagađivanja životne sredine i razvoja rezistentnih sojeva patogena.

Mogućnost primene mikroorganizama - antagonista u biološkoj kontroli invazivnih organizama, naročito fitopatogenih gljiva, danas predstavlja jedan od prioriteta u okviru biotehnoloških istraživanja. Na osnovu eksperimenata *in vitro* i *in planta*, utvrđeno je da u međusobnom kontaktu sa biljnim patogenom, mikroorganizmi - antagonisti mogu ispoljiti različite mehanizme delovanja (Pal and Gardener, 2006):

- direktni antagonizam, koji podrazumeva hiperparazitizam biljnog patogena (mikovirusi, *Ampelomyces quisqualis*, *Lysobacter enzymogenes*, *Pasteuria penetrans*, *Trichoderma* spp.);
- kombinovani antagonizam, koji se manifestuje sekrecijom antibiotika (2,4-diacetilfloroglucinol, fenazini, ciklični lipopeptidi), litičkih enzima (hitinaze, glukonaze, proteaze), hemijskih produkata razgradnje (amonijak, ugljendioksid, vodonikcijanid) i primenom različitih oblika fizičko-hemijske interferencije;
- indirektni antagonizam, koji podrazumeva kompeticiju za prostor i raspoložive izvore energije i hrane, produkciju siderofora - specifičnih mikromolekula sa sposobnošću vezivanja rastvorljivih jona gvožđa – Fe^{3+} i indukovanu otpornost biljke domaćina stimulisanu fitohormonima.

Biološki agensi – gljive roda *Trichoderma* i *Gliocladium*

Vrste iz rodova *Trichoderma* i *Gliocladium*, zahvaljujući širokoj rasprostranjenosti, saprofitnoj prirodi i velikom biološkom potencijalu su danas veoma zastupljene u biološkoj kontroli fitopatogenih gljiva.

Prva istraživanja vrsta *Trichoderma* (teleomorf *Hypocrea*) zabeležena su krajem XIX veka, a taksonomiju i revizija roda obavio je Rifai (1969). Nakon toga nastupa faza intenzivnog proučavanja antimikrobne aktivnosti ovih saprofitnih gljiva i njihove primene u poljoprivrednoj proizvodnji. Najznačajniji biološki agensi roda *Trichoderma* su: *T. atroviride*, *T. harzianum*, *T. viridae*, *T. virens*, *T. hamatum* i *T. koningii*. Navedene vrste su deo mikoflore zemljišta i mogu se izolovati iz rizosfere nekih ekonomski važnih poljoprivrednih kultura, ali su kao polifagni i kosmopolitski organizmi prisutni i u drugim ekosistemima (vodi, vazduhu, šumi, nekrotiranom biljnom materijalu), (Monte and Llobell, 2003). Brz porast na organskim supstratima

omogućuje gljivama ovog roda prevlast u borbi za izvore hrane i energije, a sposobnost masovne produkcije spora i antibiotika širokog spektra dejstva govori o njihovom snažnom biološkom potencijalu (Woo et al., 2006). Mnogobrojni eksperimenti su potvrdili da gljive *Trichoderma* spp. u interakciji sa patogenim mikroorganizmima manifestuju mikoparazitizam i antibiozu, kao dva najefikasnija mehanizma supresije. Mikoparazitski proces je zasnovan na direktnom kontaktu micelije antagonista i patogena, a nakon toga sekreciji enzima koji obavljaju degradaciju ćelijskog zida domaćina (Kubicek et al., 2001). Vrste roda *Trichoderma* imaju sposobnost lučenja snažnog hidrolitičkog multi-enzimskog kompleksa koji sačinjavaju: hitinaze (de la Cruz et al., 1992), β -1,3-glukonaze (Noronha and Ulhoa, 1996), β -1,6-glukonaze (de la Cruz and Llobell, 1999), α -1,3 glukonaze (Ait-Lahsen et al., 2001), proteaze (Geremia et al., 1993) i celulaze (Monte and Llobell, 2003). Antibiotička aktivnost *Trichoderma* spp. je posledica produkcije sekundarnih metabolita: acetildehida (gliotoksin i viridin), alfa-pirona, terpena, poliketida, derivata izocijanida i piperazina (Sivasithamparam and Ghisalberti, 1998). Sve navedene komponente imaju sinergistički efekat i u kombinaciji sa kompleksom hidrolitičkih enzima mogu ispoljiti snažnu inhibitornu aktivnost prema velikom broju fitopatogenih gljiva iz roda: *Alternaria*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Diaportheae*, *Monilia* i *Fusarium* (Bell et al., 1982; Balaž i sar., 2000; Monte, 2001; Freeman et al., 2004; Soyong et al., 2005; Imtiaj and Lee, 2008; Živković i sar. 2010; 2012). Kolonizacijom korenovog sistema i lučenjem specifičnih enzima, *Trichoderma* spp. mogu podstaći odbrambene mehanizme biljke domaćina i na taj način indirektno povećati otpornost prema fitopatogenim gljivama. Iz navedenih razloga vrste ovog roda su danas veoma zastupljene u poljoprivredi i industriji, a zvanično je registrovano preko 50 različitih formulacija biopesticida, bioprotektanata, biostimulansa i biofertilizatora na bazi gljiva *Trichoderma* spp. (Woo et al., 2006). Širok spektar antibiotika tipa: trichodermina, trichodermola, trichotoxina, harzianuma A i harzianolida, koje proizvode sojevi *T. harzianum* pokazuju visoku efikasnost u *in vitro* testovima sa skladišnim patogenima. Na mestu kontakta sa patogenom, hife mikroorganizma – antagoniste se namotavaju oko micelije domaćina, formirajući strukture slične apresoriji (Gupta et al., 1995; Živković, 2011). Nakon toga nastupa sekrecija snažnog enzimskog kompleksa koji dovodi do ćelijske razgradnje i nekroze patogena.

Vrste *Gliocladium* spp. (teleomorf *Nectria*) su važni biološki agensi, širokog spektra delovanja i značajne efikasnosti prema velikom broju ekonomski štetnih patogena. *G. roseum* (teleomorf *N. ochroleuca* Schwein.) je najznačajnija vrsta ovog roda, a njeno prisustvo je zabeleženo u svim klimatskim regionima sveta, na različitim staništima i supstratima (semenu poljoprivrednih kultura, šumskom i ukrasnom bilju, lišću i plodovima voća), (Sutton et al., 1997). Identično vrstama *Trichoderma*, kompeticija za izvore hranljivih materija i mikoparazitizam su osnovni mehanizmi biološke aktivnosti gljiva roda *Gliocladium*. Inhibicija klijanja spora, direktan mehanički pritisak na isključivanje konidije i miceliju patogena-domaćina jedan je od oblika antimikrobne aktivnosti *Gliocladium* spp. prema *B. cinerea*, *B. allii* i *F. oxysporum* (Yu and Sutton, 1997). Antibiotička aktivnost se manifestuje sekrecijom hidrolitičkog enzimskog kompleksa (hitinaze, glukonaze i proteaze) i antibiotika, koji obavljaju degradaciju ćelijskog zida patogena. U većini slučajeva antibioza predstavlja samo jednu komponentu združenog antagonističkog efekta gljiva *Gliocladium* spp. S obzirom na ispoljenu efikasnost i

neškodljivost na ljudsko zdravlje, na tržištu je danas prisutno više registrovanih biopreparata na bazi vrsta *Gliocladium* (Verma et al., 2006). U eksperimentima gde su testirane kombinacije patogena *C. acutatum* i *C. gloeosporioides*, i antagonista *G. roseum*, konstatovana je inhibiciona zona (širine 2-5 mm), odnosno pojava antibioze. Svi ispitivani izolati zaustavljaju svoj rast usled prisustva inhibitornih materija (enzima i antibiotika), koje luči *G. roseum* (Živković, 2011).

Biološki agensi – bakterije roda *Bacillus* i aktinomicete roda *Streptomyces*

Antagonističko dejstvo prema fitopatogenim gljivama ispoljavaju bakterije roda *Bacillus* i aktinomicete roda *Streptomyces*. Antibioza je osnovni mehanizam njihovog delovanja, a supresija patogena se ostvaruje sekrecijom antibiotika i degradacionih enzima.

Bacillus spp. su gram-pozitivne, štapičaste, aerobne ili fakultativno anaerobne vrste, rasprostranjene širom sveta: prisutne su u zemljištu, vodi i vazduhu, ali i kao endofiti na površini biljnih organa. Sposobnost formiranja spora svrstava ih u grupu komercijalno isplativih antagonista. U biopreparatima su kao aktivne komponente najzastupljenije vrste *B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. cereus*, *B. pumilus*, *B. polymyxa* i *B. amyloliquefaciens*. Bakterije roda *Bacillus* proizvode snažna antifungalna jedinjenja, od kojih su najznačajnija: bacilomicin (Chevanet et al., 1986), iturin (Yu et al., 2002), bacilizin, fengimizin, lipopetidi (Loeffler et al., 1986), 2,3-dihidroksibenzoilglicin (2,3-DHBG) i subtilizin (Valbuzzi et al., 1999). Vrsta *B. subtilis* (Ehrenberg) Cohn je sa ekotoksikološkog stanovišta veoma pouzdana i omogućava bezbednu zaštitu biljaka protiv nekih značajnih patogena u voćarstvu i povrtarstvu. Među fitopatogenim gljivama za čije suzbijanje se *B. subtilis* i *B. amyloliquefaciens* uspešno primenjuju su vrste: *B. cinerea* (Walker et al., 1998), *C. musae* (Mahadthanapuk et al., 2007), *A. alternata*, *A. flavus*, *C. acutatum*, *C. gloeosporioides*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *P. expansum* (Dimkić et al., 2013; Živković et al., 2013), *M. fructicola* (Pusey and Wilson, 1984), *M. fructigena* (Đurić i Stančić, 2004).

Streptomyces spp., su gram-pozitivne, filamentozne, sporogene bakterije, i kao saprofiti su najprisutnije u zemljištu. Početkom druge polovine XX veka izolovan je veliki broj vrsta ovog roda i intenzivirana su istraživanja vezana za njihovu antibiotsku aktivnost. Eksperimenti su ukazali na čitav spektar antibiotika koje *Streptomyces* spp. proizvode, a koji osim u humanoj i veterinarskoj medicini, praktičnu primenu mogu naći i u poljoprivrednoj proizvodnji (Wan et al., 2008; Lu et al., 2008). Utvrđeno je da antibiotska jedinjenja propadaju grupi aminoglikozida, makrolida, β -laktama, peptida, poliena, polietra i tetraciklina (Recio et al., 2006).

Najznačajniji biološki agensi roda *Streptomyces* korišćeni u kontroli fitopatogenih gljiva su: *S. hygroscopicus*, *S. griseoviridis*, *S. griseus*, *S. lydicus*, *S. natalensis* i *S. platensis*. *Streptomyces* spp. u ogleđima *in vitro* i *in vivo* manifestuju snažnu inhibiciju patogena roda *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Gauemannomyces*, *Fusarium*, *Monilinia*, *Mucor*, *Penicillium* (Rizk et al., 2007; Propagdee et al., 2008; Milisavljević et al., 2015). *S. natalensis* proizvode antibiotik natamicin koji je komercijalizovan i primenjuje se u veterini i prehrambenoj industriji, ali je ispitan i kao potencijalni biološki agens za suzbijanje vrsta *F. oxysporum*, *B. cinerea* i *M. laxa* (Lu et

al., 2008). Mikroskopskim pregledom utvrđeno je da hife svih ispitivanih patogena u prisustvu antagonista ovog roda, u početnom stadijumu bubre, postaju razgranate, zadebljale i poprimaju crveni pigment. Crvena boja potom iščezava, u zidovima hifa se nagomilava melanin. Nakon dve nedelje micelije patogena se deformišu i nekrotiraju (Živković et al., 2010; Dimkić et al, 2013; Milisavljević et al., 2015).

Bakterije roda *Bacillus* i aktinomicete, antagonistički efekat manifestuju sekrecijom antibiotika i kompleksa degradacionih enzima, širokom spektra dejstva (Compant et al., 2005). Poslednjih godina registrovani su biopreparati koji kao aktivne materije sadrže spore ili antibiotske metabolite navedenih bioloških agenasa.

Zaključak

Prema izveštaju američkog Nacionalnog istraživačkog udruženja (NRC) fungicidi predstavljaju 60% onkogenog rizika u odnosu na sve ostale pesticide, korišćene u poljoprivrednoj proizvodnji (Wilson, 1991). Iz navedenih razloga u toku poslednje dve decenije dolazi do intenzivnog razvoja alternativnih, nepesticidnih mera u kontroli biljnih patogena. Skrining je prvi i najvažniji korak u razvoju i implementaciji mikroorganizama – antagonista u kontroli skladišnih i drugih fitopatogenih gljiva. Pravi odabir najbezbednijih i najefikasnijih bioloških agenasa od neprocenjivog je značaja za očuvanje ekosistema i zdravlja ljudi.

Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekata TR 31018: “Razrada integrisanog upravljanja i primene savremenih principa suzbijanja štetnih organizama” i OI 173026: “Molekularna karakterizacija bakterija iz rodova *Bacillus* i *Pseudomonas* kao potencijalnih agenasa za biološku kontrolu”, koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Literatura

- Ait-Lahsen H., Soler A., Rey M., de la Cruz J., Monte E., Llobell A. (2001): An antifungal exo-a-1,3-glucanase (AGN 13.1) from the biocontrol fungus *Trichoderma harzianum*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 67, 5833-5839.
- Balaž J., Stojšin V., Bagi F. (2000): Mogućnost suzbijanja truleži plodova jabuke (*Monilinia* spp.) antagonistima iz roda *Trichoderma*. *Eko-konferencija, Ekološki pokret grada Novog Sada*, 43-48.
- Barkai-Golan, R. (2001): *Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables, Development and Control*, Elsevier Science, B.V., Amsterdam, the Netherlands, pp., 27-33.
- Bell D.K., Wells D.H., Markham R.C. (1982): *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology*, 72, 379-382.
- Chevanet C., Besson F., Michel G. (1986): Effect of various growth conditions on spore formation and bacillomycin L production in *Bacillus subtilis*. *Canadian Journal of Microbiology*, 32, 254-258.

- Compant S., Duffy B., Nowak J., Clement C., Barka E.A. (2005): Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action and future prospects. *Appl. Environ. Microbiol.*, 71, 4951-4959.
- de la Cruz J., Hidalgo-Gallego A., Lora J.M., Benítez T., Pintor-Toro J.A., Llobell A., (1992): Isolation and characterization of three chitinases from *Trichoderma harzianum*. *Eur. J. Biochem.*, 206, 859-867.
- de la Cruz, J., and Llobell, A. (1999): Purification and properties of a basic endo-b-1,6-glucanase (BGN 16.1) from the antagonistic fungus *Trichoderma harzianum*. *Eur. J. Biochem.*, 265, 145-151.
- Dimkić I., Živković S., Berić T., Ivanović Ž., Gavrilović V., Stanković S., Fira Đ. (2013): Characterization and evaluation of two *Bacillus* strains, SS-12.6 and SS-13.1, as potential agents for the control of phytopathogenic bacteria and fungi. *Biological Control*, 65 (3), 312-321.
- Đurić T., Stančić-Bočarov A. (2004): Biološka alternativa u zaštiti uskladištenih plodova jabuke primenom izolata ST/III *Bacillus subtilis*. *Biljni lekar*, 32, 468-471.
- Geremia R.A., Goldman G.H., Jacobs D., Ardiles W., Vila S.B., van Montagu M., Herrera-Estrella A. (1993): Molecular characterization of the proteinase-encoding gene, *prb1*, related to mycoparasitism by *Trichoderma harzianum*. *Mol. Microbiol.*, 8, 603-613.
- Gupta V.P., Govindaiah A.K.B., Datta R.K. (1995): Antagonistic potential of *Trichoderma* and *Gliocladium* species to *Bothryodiplodia theobromae* infecting mulberry. *Indian J. Mycol. and Pl. Pathol.*, 25, 125.
- Freeman S., Minz D., Kolesnik I., Barbul O., Zveibil A., Maymon M., Nitzani Y., Kirshner B., Rav-David D., Bilu A., Elad Y. (2004): *Trichoderma* biocontrol of *Colletotrichum acutatum* and *Botrytis cinerea* and survival in strawbewrry. *European Journal of Plant Pathology*, 110, 361-370.
- Imtiaj A., Lee, S.T. (2008): Antagonistic effect of three *Trichoderma* species on the *Alternaria porri* pathogen of onion blotch. *World J. Agric. Sci.*, 4, 13-17.
- Kubicek C.P., Mach R.L., Peterbauer C.K., Lorito M. (2001): *Trichoderma*: from genes to biocontrol. *J Plant Path.*, 83, 11-23.
- Lu G.C., Liu C.W., Qiu Y.J., Wang M.H., Liu T., Liu W.D. (2008): Identification of an antifungal metabolite produced by a potential biocontrol actinomycetes strain A01. *Braz. J. of Microbiol.*, 39, 701-707.
- Lu G.C., Liu C.W., Qiu Y.J., Wang M.H., Liu T., Liu W.D. (2008): Identification of an antifungal metabolite produced by a potential biocontrol actinomycetes strain A01. *Braz. J. of Microbiol.*, 39, 701-707.
- Loeffler W., Tschen J.S., Vanittanakom N., Kugler M., Knorpp E., Hsieh T.F., Wu T.G. (1986): Antifungal effects of bacilysin and fengymycin from *Bacillus subtilis* F-29-3. A comparison with activietes of other *Bacillus* antibioitic. *Phytopathology*, 115, 204-213.
- Mahadatanapuk S., Sanguansermisri M., Cutler W.R., Sardud V., Anuntalabhochai S. (2007): Control of anthracnose caused by *Colletotrichum musae* on *Curcuma alismatifolia* using antagonistic *Bacillus* spp. *Amer. J. Agric. Biolog. Sci.*, 2, 54-61.
- Milisavljevic M., Živkovic S., Pekmezovic M., Stankovic N., Vojnovic S., Vasiljevic B., Senerovic L. (2015): Control of human and plant fungal pathogens using

- pentaene macrolide 32,33-didehydroroflamycoin. Journal of Applied Microbiology, 118 (6), 1426-1434.
- Monte E. (2001): Understanding *Trichoderma*: Between biotechnology and microbial ecology. Int. Microbiol., 4, 1-4.
- Monte, E., Llobell, A. (2003): *Trichoderma* in organic agriculture. Proceedings V World Avocado Congres, 725-733.
- Noronha E.F., Ulhoa C.J. (1996): Purification and characterization of an endo- β -glucanase from *Trichoderma harzianum*. Can. J. Microbiol., 42, 1039-1044.
- Pal K.K., Gardener, M.B. (2006): Biological control of plant pathogens. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-A-2006-1117-02.
- Pusey L.P., Wilson C.L. (1984): Postharvest biological control of stone fruit brown rot by *Bacillus subtilis*. Plant Disease, 68, 753-756.
- Propagdee B., Akrapikulchart U., Mongkolusuk S. (2008): Potential of soil-borne *Streptomyces hygrosopicus* for biological control of anthracnose disease caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in orchid. Journal of Biological Sciences, 8 (7), 1187-1192.
- Recio E., Aparicio J.F., Rumbro A., Martin J.F. (2006): Glycerol, ethylene glycol and propanediol elicit pimaricin biosynthesis in the PI-factor-defective strain *Streptomyces natalensis* np1287 and increase polyene production in several wild-type actinomycetes. Microbiology, 152, 3147-3156.
- Rifai E. (1969): A revision of the genus *Trichoderma*. Mycologia, 116, 1-56.
- Rizk M., Rahman A.T., Metwally H. (2007): Screening of antagonistic activity in different *Streptomyces* species against some pathogenic microorganisms. Journal of Biological Sciences, 7 (8), 1418-1423.
- Snowdon L. A. (1991): A Colour Atlas of Post-Harvest Diseases and Disorders of Fruits & Vegetables. Wolfe Scientific Ltd, London.
- Sivasithamparam K.Y., Ghisalberti E.L. (1998): Secondary metabolism in *Trichoderma* and *Gliocladium*. In: Kubicek CP, Harman GE (eds). *Trichoderma* and *Gliocladium* Vol. 2. Taylor and Francis, London, pp., 139-191.
- Soytong K., Srinon W., Rattanacherdchai K., Kanokmedhakul S., Kanokmedhakul K. (2005): Application of antagonistic fungi to control anthracnose disease of grape. Journal of Agricultural Biotechnology, 1, 33-41.
- Sutton J.C., Li D.W., Peng, G. Yu H., Zhang P., Sanhuenza V.R.M. (1997): A versatile adversary of *Botrytis cinerea* in crops. Plant Disease, 81, 316-328.
- Valbuzzi A., Ferrari E., Albertini A.M. (1999): A novel member of the subtilisin – like protease from *Bacillus subtilis*. Journal of Microbiology, 145, 3121-3127.
- Walker R., Powell A.A., Seddon B. (1998): Bacillus isolates from the spermosphere of peas and dwarf French beans with antifungal activity against *Botrytis cinerea* and *Pythium* species. Journal of Applied Microbiology, 84, 791-801.
- Wilson C.L., Wisniewski M., Biles C.L., McLaughlin R., Chaluty E., Droby S. (1991): Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables alternatives to synthetic fungicides. Crop protection, 10, 172-177.
- Woo S.L., Scala F., Ruocco M., Lorito M. (2006): The molecular biology of the interactions between *Trichoderma* spp., phytopathogenic fungi and plants. Phytopathology, 96, 181-185.

- Yu H., Sutton C.J. (1997): Morphological development and interactions of *Gliocladium roseum* and *Botrytis cinerea* in raspberry. Can. J. Plant. Pathol., 19, 237-246.
- Yu G.Y., Sinclair J.B., Hartman G.L., Bertagnolli B.L. (2002): Production of iturin A by *Bacillus amyloliquefaciens* suppressing *Rhizoctonia solani*. Soil Biology and Biochemistry, 34, 955-963.
- Živković S., Stojanović S., Ivanović Ž., Gavrilović V., Popović T., Balaž J. (2010): Screening of antagonistic activity of microorganisms against *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides*. Archives of Biological Science, 62 (3), 611-623.
- Živković S. (2011): Usporedna proučavanja izolata *Colletotrichum* spp. prouzrokovavača antraknoze. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Živković S., Stojanović S., Popović T., Oro V., Ivanović Ž., Trkulja N. (2012): Antagonistic potential of *Trichoderma harzianum* against postharvest fungal pathogens. Proceedings of the International Symposium: Current trends in Plant Protection: 325-330, september 25-28, Belgrade, Serbia.
- Živković S., Gavrilović V., Stošić S., Delić D., Dolovac N. (2013): Control of *Penicillium expansum* by combining *Bacillus subtilis* and sodium bicarbonate. Book of Proceedings, 535-539. Fourth International Symposium Agrosym 2013, october 3-6, 2013, Jahorina, Bosnia and Herzegovina.

BIOLOGICAL CONTROL OF POSTHARVEST PATHOGENIC FUNGI

Svetlana Živković¹

Abstract

The intensive use of fungicides has resulted in accumulation of toxic compounds potentially hazardous to humans and environment, and also in the build up of resistance of the pathogens. The development and application of biological agents is one of the alternative measures. Screening is a critical step in the development of biological control agents. The success of all subsequent stages depends on the ability of a screening procedure to identify an appropriate candidat. In the last two decades a large number of studies have shown that antagonistic microorganisms from the genus *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Bacillus* and *Streptomyces* able to reduce the activity of postharvest fungal pathogens.

Key words: pathogenic fungi, *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp., *Bacillus* spp., *Streptomyces* spp.

¹Institute for Plant Protection and Environment, Teodora Drajzera 9, 11000 Belgrade, Serbia, (zivkovicsvetla@gmail.com).