

# Mikroorganizmi u zaštiti bilja

---

Lovrić, Branimir

Master's thesis / Diplomski rad

2019

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:797907>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-31**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Branimir Lovrić

Diplomski studij Ekološka poljoprivreda

**MIKROORGANIZMI U ZAŠTITI BILJA**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2018.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Branimir Lovrić

Diplomski studij Ekološka poljoprivreda

**MIKROORGANIZMI U ZAŠTITI BILJA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

prof. dr. sc. Jasenka Čosić, predsjednik

izv. prof. dr. sc. Gabriella Kanižai Šarić, mentor

izv. prof. dr. sc. Irena Rapčan, član

**Osijek, 2018.**

## SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Uloga mikroorganizama.....	2
3. Biološki preparati .....	4
3.1. Mehanizmi djelovanja.....	5
3.2. Primjena biopreparata u zaštiti bilja .....	7
4. Biopesticidi na bazi bakterija .....	8
4.1. Preparati protiv insekata .....	8
4.1.1. <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	9
4.1.2. Načini proizvodnje bakterijskih bioinsekticida .....	11
4.2. Preparati protiv biljnih bolesti .....	12
4.2.1. <i>Bacillus subtilis</i> .....	12
5. Biopesticidi na bazi gljiva.....	16
5.1. Preparati protiv insekata .....	16
5.1.1. <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	16
5.1.2. <i>Beauveria bassiana</i> .....	18
5.2. Preparati protiv bolesti biljaka.....	19
5.2.1. Način proizvodnje gljivičnih preparata .....	19
5.2.2. <i>Trichoderma</i> sp.....	20
6. Biopesticidi na bazi virusa .....	23
6.1. Preparati protiv insekata .....	23
6.1.1. Bakulovirusi .....	24
6.1.2. Načini proizvodnje virusnih entomopatogenih biopreparata.....	25

6.2. Preparati protiv bolesti biljka.....	25
7. Zaključak.....	26
8. Popis literature.....	28
9. Sažetak .....	32
10. Summary .....	33
11. Popis tablica .....	34
12. Popis slika .....	35

Temeljna dokumentacijska kartica

Basic documentation card

## 1. Uvod

Pored biljaka i životinja, mikroorganizmi čine dio živog svijeta u kojem imaju neizbježnu ulogu, te spadaju među najstarije stanovnike Zemlje. Mikroorganizmi su većinom jednostanični organizmi čije stanice obavljaju sve životne funkcije potrebne za održavanje i razmnožavanje (Šutić i Radin, 2001.). Pod mikroorganizme ubrajamo: bakterije, gljive, pseudogljive, alge, viruse i protozoe.

Mikroorganizmi se nalaze u svim prirodnim sredinama i sudjeluju u kruženju tvari i energije u prirodi. Glavna uloga mikroorganizama u tlu je transformacija organske tvari i stvaranje humusa, odnosno humifikacija, a zatim mineralizacija humusa, odnosno dehumifikacija, što dovodi do stvaranja biljnih asimilativa. Na brojnost mikroorganizama u tlu utječu ekološki čimbenici, kao što su vlaga, temperatura, reakcija sredine itd.

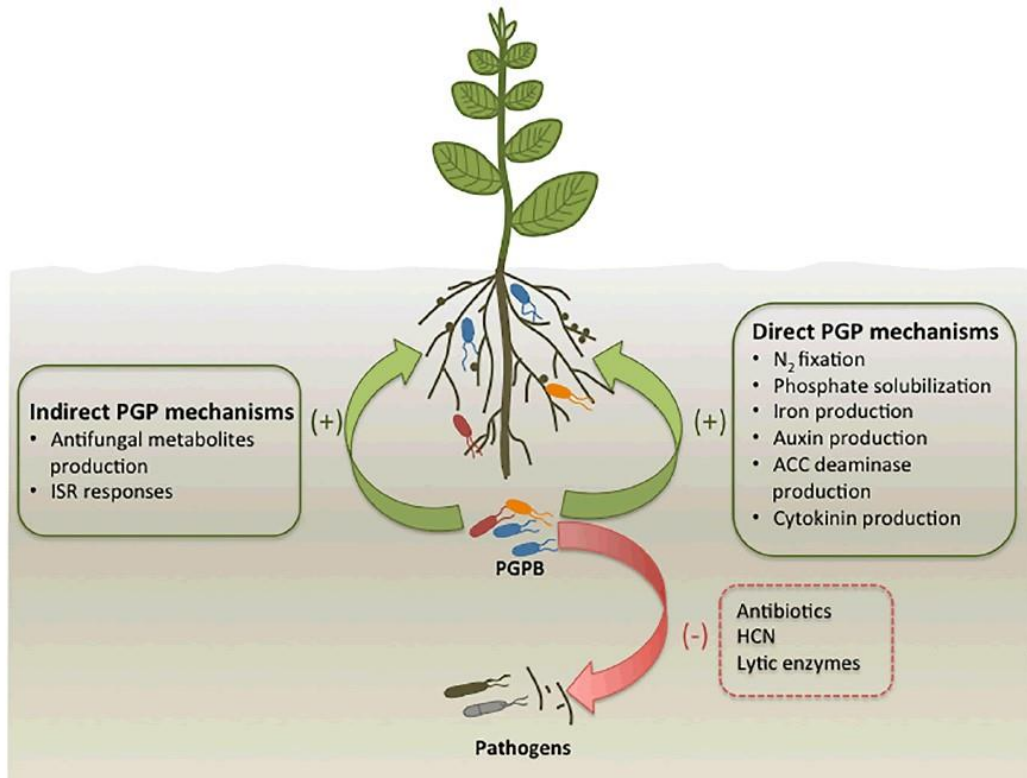
Intenzivnom poljoprivredom u tlo se unose sve veće količine mineralnih gnojiva uz povećano tretiranje sredstvima za zaštitu bilja što dovodi do zakiseljavanja i degradacije tala. Navedeni uvjeti u tlu su nepovoljni i za mikrobiološku aktivnost koja je neizostavan dio biljne proizvodnje. S obzirom kako se sve veći interes pridaje proizvodnji zdrave hrane uz istodobnu brigu o okolišu jedno od rješenja je upotreba korisnih mikroorganizama u poljoprivrednoj proizvodnji s ciljem poboljšanja zdravlja biljaka. Naime, određeni mikroorganizmi mogu stvarati korisne interakcije s biljkama od kojih proistječe obostrana korist.

## 2. Uloga mikroorganizama

U prirodi se neprekidno odvija kruženje tvari koje mijenjaju svoje oblike od anorganskih do organskih i obrnuto. Tlo je stanište velikog broja mikroorganizama koji imaju veliku ulogu u formiranju plodnosti tla. Kvaliteta zemljišta se obično izražava količinom mikroorganizama koji se u njemu nalaze (Šutić i Radin, 2001.).

Predstavnici rodova *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium* i *Mesorhizobium* fiksiraju slobodni atmosferski dušik i imaju bitnu ulogu u biološkoj fiksaciji dušika (Topol i Kanižai Šarić, 2013.). Ove bakterije nastanjuju korijenje leguminoza gdje stvaraju kvržice, pa se nazivaju još i kvržične bakterije. Na ovaj način bakterije obogaćuju zemljište elementom koji je neophodan za razvoj biljaka, a često ga nema dovoljno. U biofertilizaciji zemljišta mogu učestvovati i druge bakterije poput *Pseudomonas putida* i *Pseudomonas fluorescens* koje se pričvršćuju uz korijenove dlačice i izlučuju ekstracelularne supstance (siderofore) koje vežu željezo u tlu (Šutić i Radin, 2001.).

Također biljke mogu biti u zajednici sa gljivama koje im olakšavaju usvajanje vode i hranjiva iz zemljišta što pogoduje rastu biljaka. Predstavnici *Trichoderma* sp. inhibiraju rast štetnih patogena (Miličević i Kaliterna, 2014.). Na Slici broj 1. možemo vidjeti neka korisna djelovanja mikroorganizama.



Slika 1. Korisna djelovanja mikroorganizama

(<https://www.omicsonline.org/open-access/bacterial-modes-of-action-for-enhancing-of-plant-growth-2155-952X-1000236.php?aid=80237>)



### 3. Biološki preparati

U zaštiti bilja dominantne su kemijske mjere borbe, odnosno korištenje kemijskih sredstava ili sredstava za zaštitu bilja. Sredstva za zaštitu bilja su sintetski spojevi različitog kemijskog sastava, toksikoloških osobina, perzistentnosti i potencijalni su zagađivači životne sredine (Đorđević, 2008.). Međuprodukti degradacije sredstava za zaštitu bilja često su perzistentniji od polaznog spoja, ostaju duže vrijeme u tlu što može utjecati i na slijedeće biljke u plodoredu (Đorđević, 2008.).

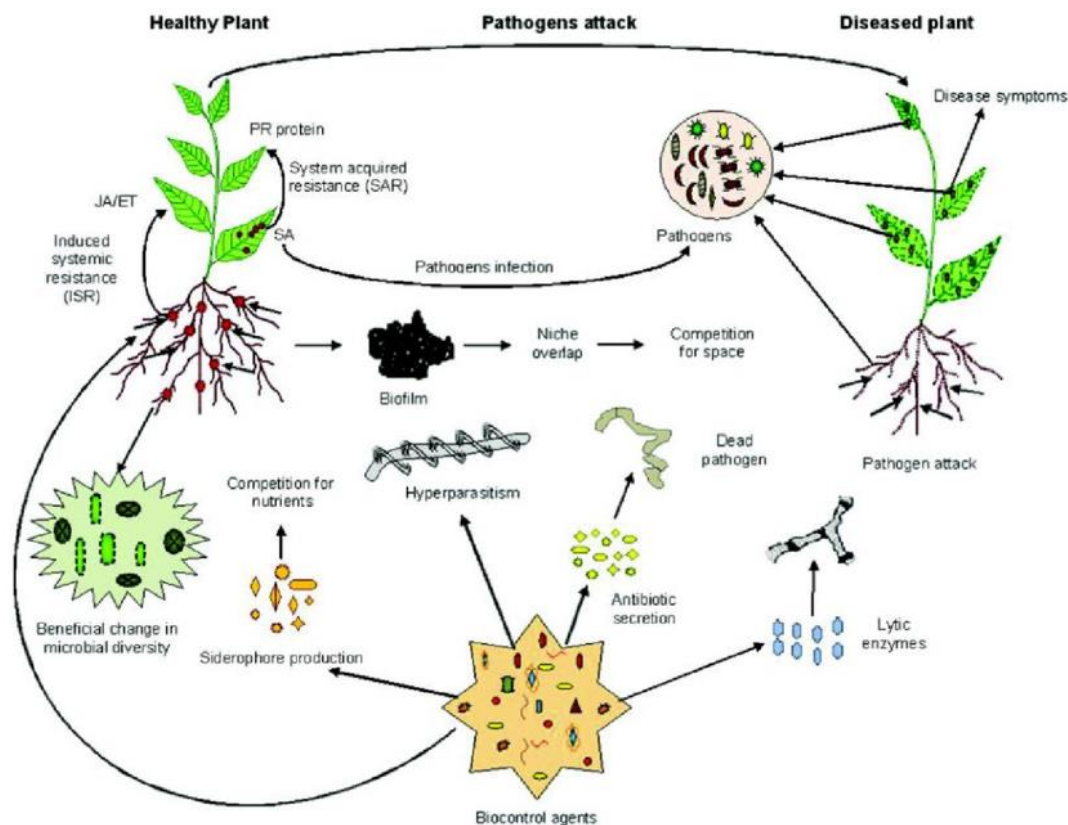
Rizičnost primjene pojedinih insekticida, fungicida i herbicida za rukovatelja, potrošača, životnu sredinu, te brza pojava rezistentnih jedinki u populaciji nekih štetnih vrsta, zabrana primjene sintetskih sredstava za zaštitu bilja u vrijeme zrenja i berbe doveli su do povećanja interesa i javnosti i struke za uvođenje alternativnih mjera u zaštitu bilja, gdje zaslužen mjesto zauzimaju biološki preparati i druge nepesticidne mjere (Šovljanski i sur., 2004.). U novije vrijeme teži se tehnologijama koje stvaraju nepovoljne uvjete za razvoj bolesti, štetnika i korova primjenom agrotehničkih mjera, bioloških produkata ili antagonističkih organizama, uvođenjem kompetitivnih vrsta pojedinačno, ili zajedno sa sredstvima za zaštitu bilja (Klokočar-Šmit i sur., 2006.; Grgić, 2009.). Biološki preparati za zaštitu bilja (biopesticidi), najčešće su sredstva na bazi mikroorganizama ili njihovih metabolita namijenjeni za kontrolu ili suzbijanje štetnika, bolesti i korova (Đukić i sur., 2007.). Osnovu bioloških preparata protiv štetnika čine visokospecifični mikroorganizmi izazivači bolesti kukaca, krpelja ili nematoda (bakterije, gljive, virusi, mikoplazme i mikrosporidije), protiv biljnih bolesti antagonisti ili hiperparaziti, protiv korova fitopatogeni (Đukić i sur., 2007.; Bažok i sur. 2014.). Produkti metabolizma spomenutih mikroorganizama su toksini, kristali, spore i antibiotici, koji štite biljke djelujući antagonistički na uzročnike bolesti, štetne insekte, nematode i korove, pri čemu su bezopasni za ljude i okoliš (Grahovac, 2009.). Biološko suzbijanje biljnih patogena obuhvaća induciranje ili stimuliranje vlastitih obrambenih mehanizama biljke upotrebom tzv. obrambenih aktivatora ili elicitora (salicilna kiselina i njezini derivati, jasmonati i dr.) koji induciraju obrambene mehanizme u biljkama (tvorba proteina povezanih s patogenezom, fitoaleksina ili formiranje histoloških barijera i dr.) (Miličević i Kaliterna, 2014.). Nadalje u biološko suzbijanje spada i korištenje biljnih ekstrakata različitih vrsta biljaka koji imaju toksično djelovanje na biljne patogene (Miličević i Kaliterna, 2014.).

Korisni mikroorganizmi se izoliraju iz prirodnog staništa poput tla, dijelova biljaka, fermentirane hrane i sl. Prirodni sojevi korisnih mikroorganizama se selekcioniraju zbog izbora najdjelotvornijih, a upotrebljavaju se i rekombinirani sojevi (Đukić i sur., 2007.). Mikroorganizmi se umnožavaju na hranjivim podlogama u tzv. matičnim kulturama, zatim se matičnom kulturom inokulira tekuća hranjiva podloga u fermentorima odgovarajućih volumena. Cijeli proces se odvija u optimalnim, kontroliranim, abiotskim uvjetima za određeni mikroorganizam. Kako bi se dobio krajnji proizvod potrebno je spremanje u primjenjivi oblik putem isušivanja, koncentriranja ili granuliranja (Đukić i sur., 2007.). Obligatni patogeni se ne mogu umnažati na opisani način već se za proizvodnju biomase vrši uzgoj insekta, njegovo inficiranje, razmnožavanje aktivne komponente biopreparata, te izdvajanje biomase (Đukić i sur., 2007.).

### **3.1. Mehanizmi djelovanja**

Mehanizmi djelovanja bioloških preparata temelje se na specifičnim odnosima različitih vrsta organizama (Slika 2.). Ti mehanizmi uključuju određene vrste bioloških interakcija između mikroorganizama prema biljnim patogenima (Pal i Gardener, 2006.).

Antibioza je biološka interakcija antagonističkih mikroorganizama i biljnih patogena. Antagonistički mikroorganizmi proizvode određene metabolite koji djeluju toksično ili inhibirajuće na biljne patogene (Miličević i Kaliterna, 2014.). Najveći broj komercijalnih pripravaka koji sadrže antagonističke mikroorganizme s antibiotskim djelovanjem pripada rodovima *Bacillus* i *Streptomyces* (Miličević i Kaliterna, 2014.).



Slika 2. Mehanizmi djelovanja biopreparata

([https://www.researchgate.net/figure/Mechanism-of-actions-implemented-by-biocontrol-agents-for-management-of-plant-diseases\\_fig2\\_267329664](https://www.researchgate.net/figure/Mechanism-of-actions-implemented-by-biocontrol-agents-for-management-of-plant-diseases_fig2_267329664))

Kompeticija predstavlja biološku interakciju nadmetanja za resurse kao što su hrana, voda i prostor. Tijekom kompeticije dominiraju antagonistički mikroorganizmi, pa neželjene organizme koji ostaju bez resursa suzbijaju. Ovakav način djelovanja prisutan je kod vrsta roda *Trichoderma* (Miličević i Kaliterna, 2014.).

Biološku interakciju kada određeni organizmi parazitiraju i žive na račun svog domaćina nazivamo parazitizam. U ovom slučaju koristimo antagonističke mikroorganizme u svrhu parazitiranja biljnih patogena. Parazitizam je prisutan kod antagonističkih gljiva kao npr. predstavnika rodova *Trichoderma*, *Ampelomyces*, *Coniothyrium*, *Pythium* i dr. (Miličević i Kaliterna, 2014.).

Također mikroorganizmi mogu neposredno preko biljke djelovati na biljne patogene. Mehanizam djelovanja se sastoji u poticanju i izazivanju određenih obrambenih reakcija u biljkama. Inducirana rezistentnost je prisutna kod bakterija roda *Erwinia* i gljiva roda *Candida* (Miličević i Kaliterna, 2014.).

### **3.2. Primjena biopreparata u zaštiti bilja**

Biopreparati reguliraju brojnost štetnih vrsta. Kod određenog stupnja inficiranosti brojnost populacije štetnog organizma se smanjuje ispod nivoa ekonomskog praga štetnosti, a to je ujedno kriterij učinkovitosti biološkog agensa (Đukić i sur., 2007.).

Biopreparati u praškastom obliku se razrjeđuju s vodom do potrebne koncentracije te se potom vrši tretiranje. Preparati na bazi spora i živih stanica mikroorganizama su osjetljiviji na ekološke čimbenike u usporedbi s biopreparatima koji sadržavaju metabolite mikroorganizama (Đukić i sur., 2007.). Stoga je biljke poželjno tretirati u večernjim satima, kada nema direktnih sunčevih zraka ili za vrijeme dana ako je oblačno (Đukić i sur., 2007.). Optimalna temperatura za primjenu je 24 - 28 °C, a djelotvornost preparata se smanjuje pri temperaturama ispod 13 - 14 °C, nadalje biopreparati su najdjelotvorniji pri niskoj razini kolonizacije štetnika ili bolesti (Đukić i sur., 2007.).

## 4. Biopesticidi na bazi bakterija

Zbog povećane zastupljenosti ekološke poljoprivrede i integrirane zaštite bilja sve češće se susrećemo s biološkim preparatima. U EU se trenutno prodaje oko 60 proizvoda za razliku od SAD-a, gdje postoji više od 200 proizvoda na tržištu (Kumar i Singh, 2015.). Biopesticidi trenutno predstavljaju samo 2 % sredstava za zaštitu bilja na globalnoj razini, međutim primjećuje se njihov rast zadnjih dvadesetak godina (Kumar i Singh, 2015.). Oko 90 % biopesticida proizvedeno je samo iz *Bacillus thuringiensis* entomopatogene bakterije (Kumar i Singh, 2015.). Korištenje biopreparata neophodno je u ekološkoj poljoprivredi dok se u integriranoj zaštiti bilja njihovom primjenom nastoji smanjiti upotreba klasičnih zaštitnih kemijskih sredstava.

### 4.1. Preparati protiv insekata

Biopesticidi na bazi bakterija predstavljaju najčešći i najjeftiniji oblik mikrobnih pesticida (Usta, 2013.). Bakterijske bolesti su najrasprostranjenije kod insekata, što je i razlog primjene bakterijskih preparata za suzbijanje brojnosti ovih štetnika (Đukić i sur., 2007.). Entomopatogene bakterije koje se koriste u biološkoj zaštiti bilja pripadaju porodicama: *Pseudomonadaceae*, *Enterobacteriaceae* i *Bacillaceae* (Đukić i sur., 2007.).

Porodica *Pseudomonadaceae* odlikuje se bakterijama koje su sposobne koristiti različite izvore hrane. Neke vrste mogu koristiti mineralne podloge za rast, ali većina se razvija na organskim supstratima (Đukić i sur., 2007.). U insektima je često prisutan rod *Pseudomonas*, npr. *P. fluorescens* kako navodi Đukić (2007.) prvi put izdvojena iz gusjenice usjevne sovice kod Voronježa 1925. godine.

*Enterobacteriaceae* obuhvaća 12 rodova među kojima se nalaze obligatni i fakultativni patogeni (Đukić i sur., 2007.). Rodu *Serratia* pripada *Serratia marcescens* koja ima osobinu formiranja kolonija crvene boje te je po tome prepoznatljiva, a bolest insekata koju ona izaziva naziva se crvena bakterioza (Đukić i sur., 2007.).

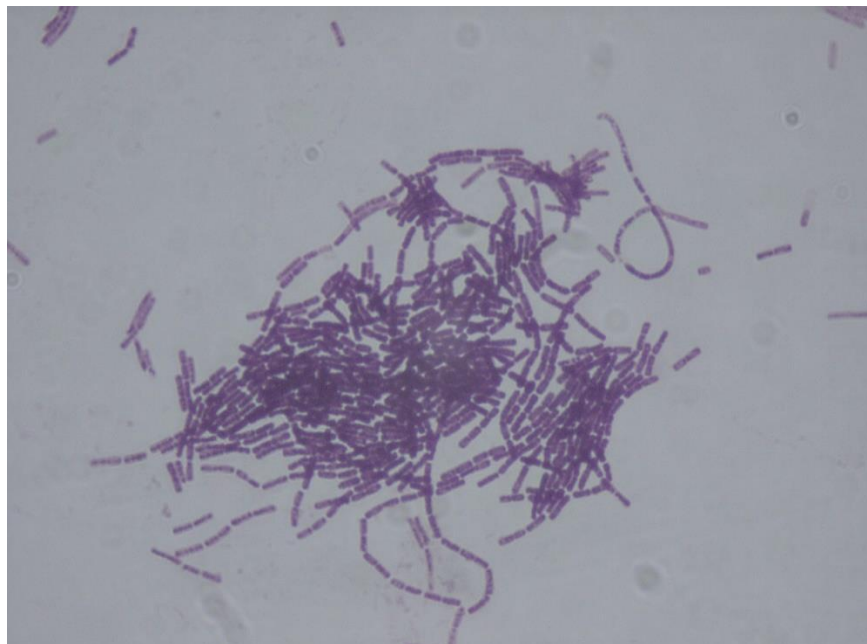
U porodicu *Bacillaceae* pripadaju bakterije koje karakterizira sposobnost formiranja stabilnih endospora, a dva najbitnija roda su *Bacillus* i *Clostridium* (Đukić i sur., 2007.). Oba roda bakterija tvore stanice štapićastg oblika te imaju sposobnost formiranja endospora.

Predstavnici roda *Bacillus* su entomopatogene vrste *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus laterosporus*, *Bacillus popilliae* i *Bacillus cereus* (Đukić i sur., 2007.).

#### 4.1.1. *Bacillus thuringiensis*

*B. thuringiensis* je prvo otkrivena u Japanu 1901. Biolog Shigetane Ishiwata nazvao ju je „Sottokin“ zbog nagle smrti koju je izazivala na ličinkama dudovog svilca (Sansinenea E., 2012.). Ipak, važeći opis je dao njemački mikrobiolog Ernst Berliner 1915. kada je izolirao ovu bakteriju iz mediteranskog brašnog moljca u Thuringiji nazivajući ga *B. thuringiensis* (Sansinenea E., 2012.).

*B. thuringiensis* (Bt) (Slika 3.) je insekticidna bakterija, koja se širom svijeta prodaje za kontrolu mnogih značajnih biljnih štetočina u poljoprivredi i šumarstvu. Primjenjuje se uglavnom za ličinke *Lepidoptera* (leptiri i moljaci), ali i ličinke komaraca (Usta, 2013.). Komercijalni Bt proizvodi su prašci koji sadrže mješavinu suhih spora i kristala toksina (Slika 4.), primjenjuju se na lišće ili druga mjesta gdje se ličinke kukaca hrane (Usta, 2013.).

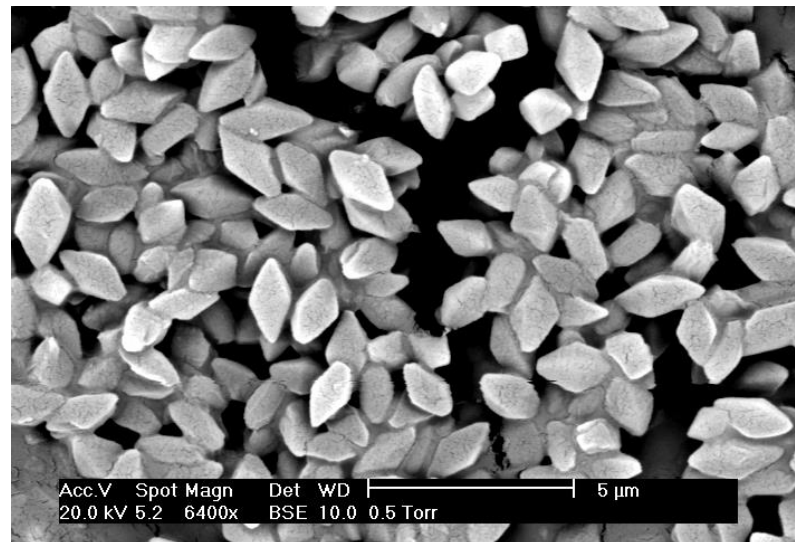


Slika 3. *B. thuringiensis*

([https://en.wikipedia.org/wiki/Bacillus\\_thuringiensis#/media/File:Bacillus\\_thuringiensis.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Bacillus_thuringiensis#/media/File:Bacillus_thuringiensis.jpg))

Biopreparat koji sadrži *B. thuringiensis* se hidrolizira u probavnom sustavu insekata, pri čemu se stvara aktivni endotoksin koji se veže na mjesta receptora na epitelnim stanicama

crijeva i stvara neravnotežu u ionskoj strukturi stanica (Slika 5.), što se manifestira oticanjem i pucanjem stanica zbog osmotskog šoka (Usta, 2013.). Naknadni simptomi su paraliza insektnih usta i crijeva, te je očito da je proces hranjenja inhibiran. Postoje različiti sojevi Bt, a svaki soj ove bakterije proizvodi različitu mješavinu proteina koji djeluje na jednu specifičnu ili nekoliko srodnih vrsta ličinki insekata (Usta, 2013.).



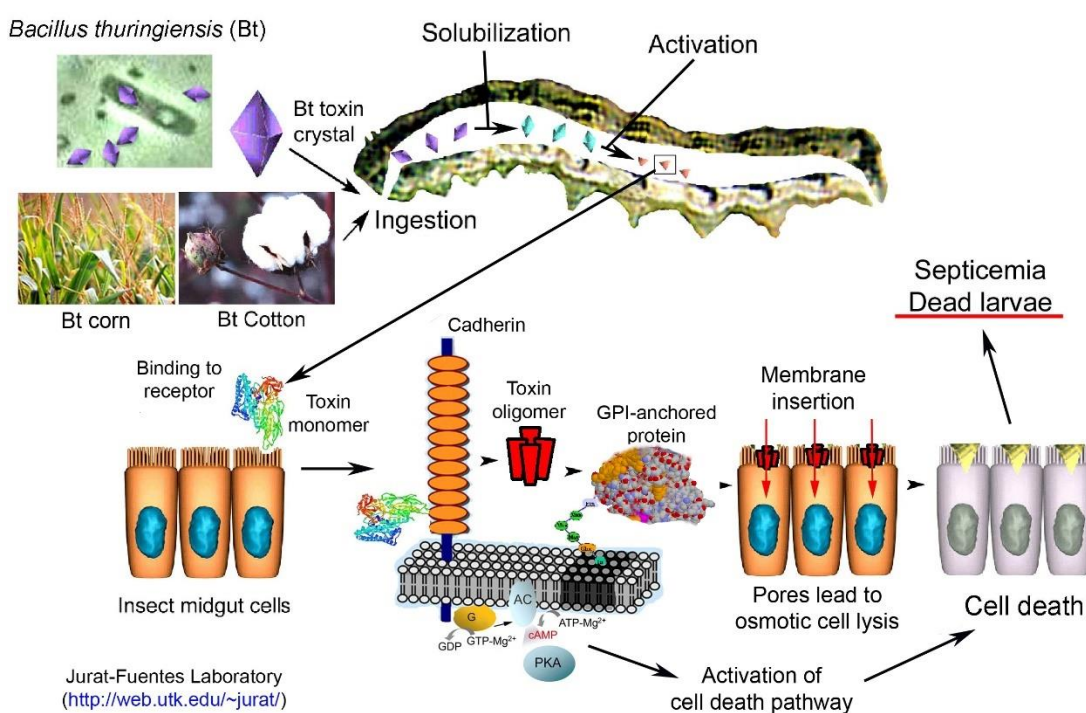
Slika 4. *B. thuringiensis* spore i kristali  
([https://en.wikipedia.org/wiki/Bacillus\\_thuringiensis#/media/File:Bt-toxin-crystals.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Bacillus_thuringiensis#/media/File:Bt-toxin-crystals.jpg))

Metabolitima Bt pripadaju toksini, enzimi, antibiotici i drugi alelopatici, a najznačajniji je  $\delta$ -endotoksin (Đukić i sur., 2007.). Geni koji kodiraju kristalne insekticidne bjelančevine označeni su kao cry (engl. crystal), a toksini kao „Cry“ (Đukić i sur., 2007.). Osim Cry-bjelančevina kod podvrste Bt subsp. *israelensis* poznate su i Cyt bjelančevine koje pokazuju hemolitičko djelovanje (Đukić i sur., 2007.).

Prema tome shema djelovanja Cry-toksina može se predstaviti na slijedeći način:

1. Vezivanje za receptore staničnih membrana
2. Ulaženje toksina u membranu stanice uz formiranje pora ili ionskih kanala
3. Osmotski disbalans i dezintegracija stanice (Đukić i sur., 2007.).

Istraživanja u kojima je tretiran kupus utvrdila su mortalitet svih ličinki bijelog leptira kupusa djelovanjem *B. thuringiensis* (Usta, 2013.). Utvrđeno je da su toksični učinci primjenom Bt-a nestali nakon nekoliko dana dok je 50% populacije bakterija preživjelo u obliku spora 120 dana kasnije, a jedna petina i nakon godinu dana (Usta, 2013.). U fazi spora bakterija ne proizvodi toksine i sposobna je opet germinirati u vegetativnu stanicu čime se ciklus zaokružuje (Usta, 2013.).



Slika 5. Način djelovanja Bt-a  
(<http://web.utk.edu/~jurat/Btresearchtable.html>)

#### 4.1.2. Načini proizvodnje bakterijskih bioinsekticida

Bakterijski entomopatogeni preparati se proizvode u bioreaktorima na umjetnim hranjivim podlogama. Početna faza obuhvaća prilagođavanje mikroorganizama na hranjivu podlogu, druga faza rasta je najduža i brzina rasta se povećava od nule do maksimuma (Đukić i sur., 2007.). Maksimalna brzina rasta zapaža se u trećoj fazi, u četvrtoj fazi rast usporava, dok se u petoj fazi zapaža negativan razvoj zbog ubrzanog liziranja tj. izumiranja bakterijskih stanica tako da se proces zaustavlja u četvrtoj fazi (Đukić i sur., 2007.). Kako navodi Đukić (2007.) prema sastavu spora i toksina bakterijski Bt preparati se dijele u tri



grupe. U prvu grupu ulaze preparati koji sadrže spore i kristale bakterija kao aktivnu supstancu (najbrojnija grupa). Drugoj grupi pripadaju preparati koji osim spora i kristala sadrže i termostabilni  $\beta$ -egzotoksin. Treću grupu čine bakterijski preparati koji sadrže čiste toksine koje je proizvela bakterija Bt. Kriterij selekcije u proizvodnji bioinsekticida su: sličnost populacije, visoka razina produkcije spora i endotoksina, fagootpornost, virulentni spektar patogenosti za insekte (Đukić i sur., 2007.).

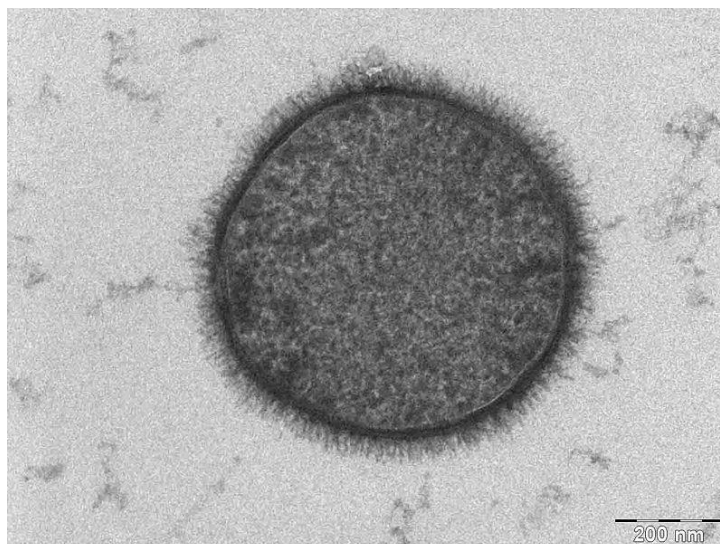
## 4.2. Preparati protiv biljnih bolesti

Osnovu bakterijskih preparata protiv biljnih bolesti čini mehanizam antibioze, pri čemu dolazi do interakcije korisnih i štetnih mikroorganizama (Đukić i sur., 2007.). Izvor za dobivanje sojeva antagonističkih bakterija su tla u kojima su smanjeni ili eliminirani fitopatogeni, a najzastupljeni su predstavnici rodova: *Pseudomonas* i *Bacillus* (Đukić i sur., 2007.).

Prirodni rizosferni regulator fitopatogenih mikroorganizama su vrste roda *Pseudomonas*: *P. fluorescens*, *P. putida*, *P. aureofacies* i druge vrste (Đukić i sur., 2007.). Zahvaljujući prisustvu *P. fluorescens* u rizosferi biljaka, neutralna i slabo alkalna zemljišta imaju supresivna svojstva (Đukić i sur., 2007.). Ovi predstavnici bakterija dobro usvajaju različite organske supstrate, odlikuju se brzim rastom, proizvode antibiotike, bakterioicide, siderofore i stimulatore rasta biljaka (Đukić i sur., 2007.). Od *Bacillus* vrsta najveći značaj kao biološki agens suzbijanja biljnih bolesti ima *Bacillus subtilis* koji je prisutan u tlu, vodi i zraku, a potencijalne su i *Bacillus mycoides* i *Bacillus cereus* (Đukić i sur., 2007.).

### 4.2.1. *Bacillus subtilis*

*B. subtilis* je gram-pozitivna, štapičasta, anaerobna bakterija, pronađena u tlu i probavnom traktu preživača i ljudi, proizvodi endospore koje dopuštaju preživljavanje ekstremnih uvjeta okoline (Härtig i Jahn, 2012.). Smatra se modelnim organizmom za proučavanje replikacije bakterijskih kromosoma i diferencijacije stanica (Sueoka, 1997.).



Slika 6. Mikrografija stanice *B. subtilis* u poprečnom presjeku ([https://en.wikipedia.org/wiki/Bacillus\\_subtilis#/media/File:Bacillus\\_subtilis.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Bacillus_subtilis#/media/File:Bacillus_subtilis.jpg))

Pri temperaturi tla oko 0 °C, stvara spore, isto tako i u alkalnim tlima (Đukić i sur., 2007.). Ova bakterija je izolirana iz morske vode i epifitne mikroflore (Đukić i sur., 2007.). *B. subtilis* je najproduktivniji iz ovoga roda u produkciji antibiotika koji suzbijaju rast fitopatogenih mikroorganizama (Đukić i sur., 2007.).

Mehanizam djelovanja temelji se na kolonizaciji korijena biljke i kompeticiji s patogenim organizmima (Grahovac i sur., 2009.). Izolat QST713 proizvodi lipopeptide koji imaju fungicidni efekat, a primjenjuje se za tretiranje sjemena pamuka, leguminoza i drugih vrsta u kontroli *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Alternaria* sp. i *Aspergillus* sp. (Grahovac i sur., 2009.). Može se primjenjivati i folijarno za kontrolu *Botrytis cinerea* na patlidžanu, rajčici i jagodama (Grahovac i sur., 2009.). *B. subtilis* soj GB03 se primjenjuje kao fungicid na ukrasnim biljkama i sjemenu, kao i na sjemenu pamuka, kikirikija, soje, graška, pšenice i dr. (Grahovac i sur., 2009.). Uzimajući u obzir da ova bakterija ima sposobnost stvaranja endospora fungicidi na bazi ove bakterije su stabilni i nemaju negativan uticaj na čovjeka ili na životnu sredinu (Grahovac i sur., 2009.). Preparati na bazi ove bakterije mogu se primjenjivati za tretiranje sjemena: mješanjem fungicida sa sjemenom neposredno prije sjetve ili pripremanjem mješavine preparata i sjemena uz dodatak vode, a također je moguće dodati i insekticide ili druge fungicide (Grahovac i sur., 2009.).

U Tablici 1. prikazane su antagonističke bakterije, trgovački naziv preparata koji ih sadrži i fitopatogen na koji djeluju.

**Tablica 1.** Biološki pripravci na bazi antagonističkih bakterija (Miličević i Kaliterna, 2014.)

<b>Vrsta bakterije</b>	<b>Naziv pripravaka</b>	<b>Fitopatogeni koje suzbijaju</b>
<i>Agrobacterim radiobacter</i>	Galltrol, Nogall, Diegall i dr.	<i>Agrobacterium tumefaciens pv. tumefaciens</i>
<i>Bacillus subtilis</i>	Kodiak, BioYield, Companion, Subtilex, Serenade i RhizoPlus i dr.	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Phytophthora</i> spp., i dr.
<i>Bacillus licheniformis</i>	Novoguard, EcoGuard	Razni patogeni u tlu na korijenu biljaka
<i>Bacillus pumilis</i>	YieldShield, Sonata AS	Patogeni u tlu na korijenu biljaka
<i>Burkholderia cepacia</i>	Deny, Intercept	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i> spp. <i>Pythium</i> spp. i dr.
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Dagger G	<i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Pythium</i> spp.
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	BlihtBan 506, Conquer	<i>Erwinia amylovora</i> , <i>Pseudomonas tolassi</i>
<i>Pseudomonas syringae</i>	Bio-save 100, Bio-save 1000 i dr.	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium</i> spp., <i>Mucor pyriformis</i> i dr.
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Cedomon	<i>Fusarium</i> spp. i folijarni patogeni žitarica
<i>Pseudomonas aureofaciens</i>	Spot-less, BioJect	<i>Sclerotinia homeocarpa</i> , <i>Pythium</i> spp., <i>Microdochium</i> spp.

<i>Streptomyces lydicus</i>	Actinovate	<i>Pythium, Phytophthora</i> i dr.
<i>Streptomyces griseoviridis</i>	Mycostop i dr.	<i>Fusarium</i> spp., <i>Phomopsis</i> spp., <i>Alternaria brassicicola</i> , <i>Pythium</i> spp.
<i>Erwinia amylovora</i>	Messenger	<i>Erwinia amylovora</i>

## 5. Biopesticidi na bazi gljiva

Gljive su skupina mikroorganizama koje mogu biti jednostanične ili imati razgranato tijelo - micelij. Plijesni su karakteristične po tome što kao saprofiti kontaminiraju prehrambene proizvode i ostalu neživu organsku tvar, a kao paraziti mogu uzrokovati mikoze kod biljaka, čovjeka i životinja (Šutić i Radin, 2001.). Najčešće entomopatogene gljive uključuju rodove *Aspergillus*, *Beauveria*, *Culicinomyces*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Nomuraea*, *Paecilomyces*, *Tolypocladi* i *Verticillium* (Jyoit i Singh, 2016.). Ove gljive nisu lako proizvedive u velikim količinama za komercijalnu proizvodnju te imaju tendenciju da budu specifične za jednog domaćina, ali unatoč tome imaju veliki utjecaj na štetnu populaciju (Jyoit i Singh, 2016.).

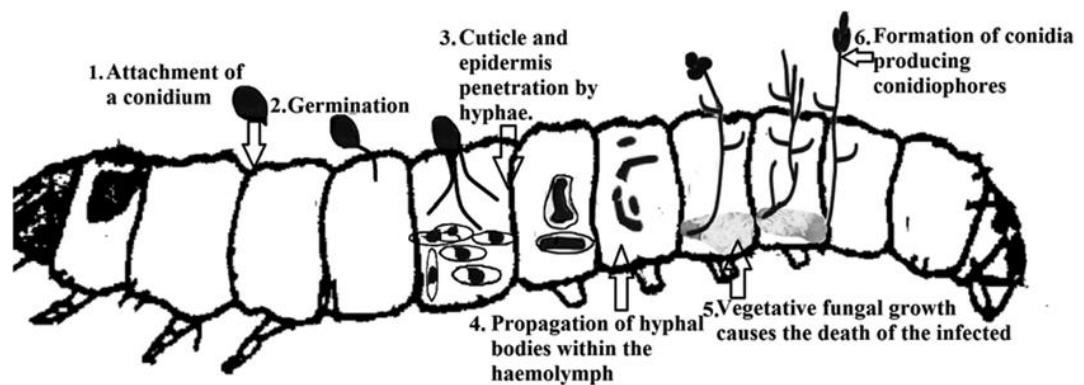
### 5.1. Preparati protiv insekata

Mikoze insekata veoma su rasprostranjene u prirodi i često izazivaju uginuće domaćina, pa se koriste u suzbijanju štetnih člankonošaca (Đukić i sur., 2007.). Tijelo insekta zahvaćeno mikozom se ne razlaže već se mumificira (Đukić i sur., 2007.). Entomopatogene gljive mogu parazitirati samo na jednom domaćinu ili u određenom stadiju razvoja, no većina gljiva je široko specijalizirana, jer napadaju veliki broj insekata različitih vrsta, porodica i redova (Đukić i sur., 2007.). Osnovni put zaraze insekata gljivičnim infekcijama je njihovo prodiranje kroz kutikulu domaćina, što je svojstveno većini entomopatogenih gljiva (Đukić i sur., 2007.). Gljivična infekcija može prodrijeti u tijelo insekata i kroz usni otvor (Đukić i sur., 2007.). Gljive radi prolaska kroz hitinski pokrivač insekata formiraju apresorije na krajevima hifa koje služe za pričvršćivanje na kutikulu (Đukić i sur., 2007.). Gljive osim apresorija mogu formirati i rizoidne hife, pomoću kojih se gljiva pričvršćuje za supstrat ili domaćina (Đukić i sur., 2007.). Prednost gljiva za razliku od ostalih patogena je to što ne zahtijevaju gutanje za infekciju (Moore i Prior, 1993.).

#### 5.1.1. *Metarhizium anisopliae*

*Metarhizium anisopliae* je vrlo potencijalan patogen na insektima (Sandhu i sur., 1994.). Ova vrsta se koristi za kontrolu skakavaca, žohara i termita (Slika 8.), velikih štetnika

u razvijenim i zemljama u razvoju, uključujući Ameriku, Australiju i Afriku (Jyoit i Singh, 2016.). Koristeći ulje, spore se šire na dijelove insekata koji imaju visoku relativnu vlažnost (tj. gdje je kutikula tanka poput stražnjeg dijela vrata ili ispod krila) gdje gljiva može klijati i rasti (Slika 7.) (Jyoit i Singh, 2016.). Gljiva je vrlo učinkovita, jer može ubiti 90 % skakavaca unutar nekoliko tjedana od primjene, ovisno o broju infektivnih spora (Jyoit i Singh, 2016.).



Slika 7. Mehanizmi djelovanja *M. anisopliae*  
(Sengottayan, 2015.)

Upotreba *M. anisopliae* protiv odraslih *Aedes aegypti* i *Aedes albopictus* također je istražena (Usta, 2013.). Životni vijek zaraženih komaraca obje vrste bio je znatno smanjen u usporedbi s neinficiranim komarcima, rezultati su pokazali da su obje vrste komaraca vrlo osjetljive na infekciju s ovom entomopatogenom vrstom (Usta, 2013.).



Slika 8. Djelovanje *M. anisopliae* na žoharu

([https://en.wikipedia.org/wiki/Metarhizium\\_anisopliae#/media/File:Metarhizium\\_anisopliae\\_infected\\_cockroach\\_\(PLoS\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Metarhizium_anisopliae#/media/File:Metarhizium_anisopliae_infected_cockroach_(PLoS).jpg))

#### 5.1.2. *Beauveria bassiana*

Ova gljiva je stanovnik tla i patogen je različitih insekata (Slika 9.) (Sandhu, 2001.). *B. bassiana* je anamorfni oblik *Cordyceps bassiana* (Sandhu, 2001.). Domaćini poljoprivrednog i šumskog značaja uključuju: krumpirovu zlaticu (*Leptinotarsa decemlineata*), jabučnog savijača (*Cydia pomonella*), pamučnog crva (*Helicoverpa armigera*) i neke vrste termita (Jyoit i Singh, 2016.).



Slika 9. Skakavci tretirani s *B. bassiana* (<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Beauveria.jpg>)

## 5.2. Preparati protiv bolesti biljaka

Prema Đukić (2007.) preparati na bazi gljivica koji se primjenjuju za zaštitu bilja mogu se podijeliti u dvije skupine: preparati na bazi živih kultura mikroorganizama i preparati na bazi antibiotika mikrobnog podrijetla. Gljive se odlikuju širokim spektrom antagonističkih djelovanja: parazitizmom, kompeticijom i antibiozom.

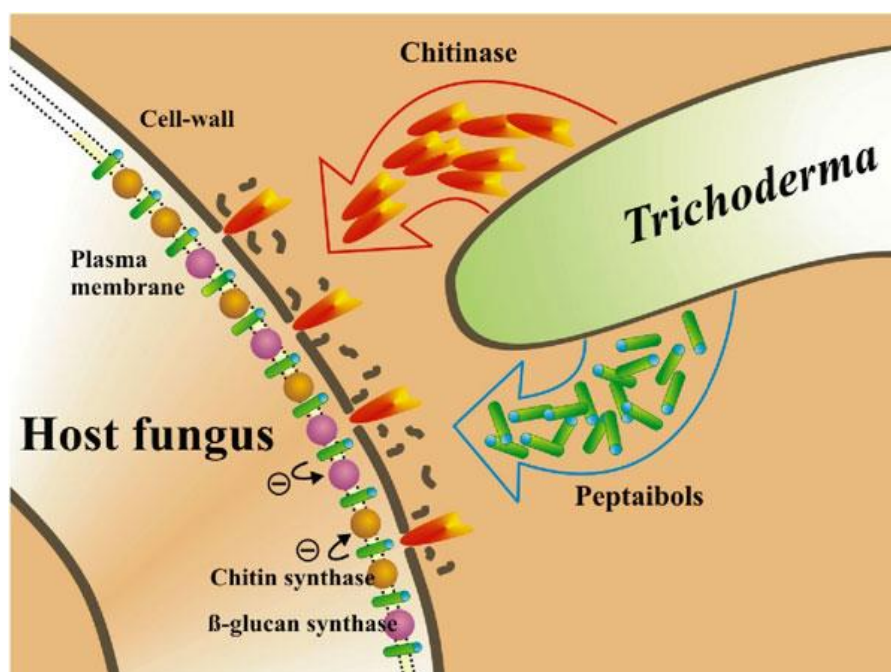
### 5.2.1. Način proizvodnje gljivičnih preparata

Gljivični preparati se proizvode površinskim, dubinskim ili dubinsko-površinskim uzgojem na umjetnim hranjivim podlogama (Đukić i sur., 2007.). U zaštiti biljaka od fitopatogena prednost zauzimaju vrste roda *Trichoderma*: *Trichoderma harzianum* i *Trichoderma viride* (Đukić i sur., 2007.). Suhi preparati su najkoncentriraniji ( $100 \times 10^9$  spora po 1 g), a dobivaju se uzgojem na tekućoj hranjivoj podlozi nakon čega se vrši sušenje i usitnjavanje biomase (Đukić i sur., 2007.). Tekući preparati imaju veću vitalnost spora, ne praše se i nemaju troškove sušenja (Đukić i sur., 2007.).



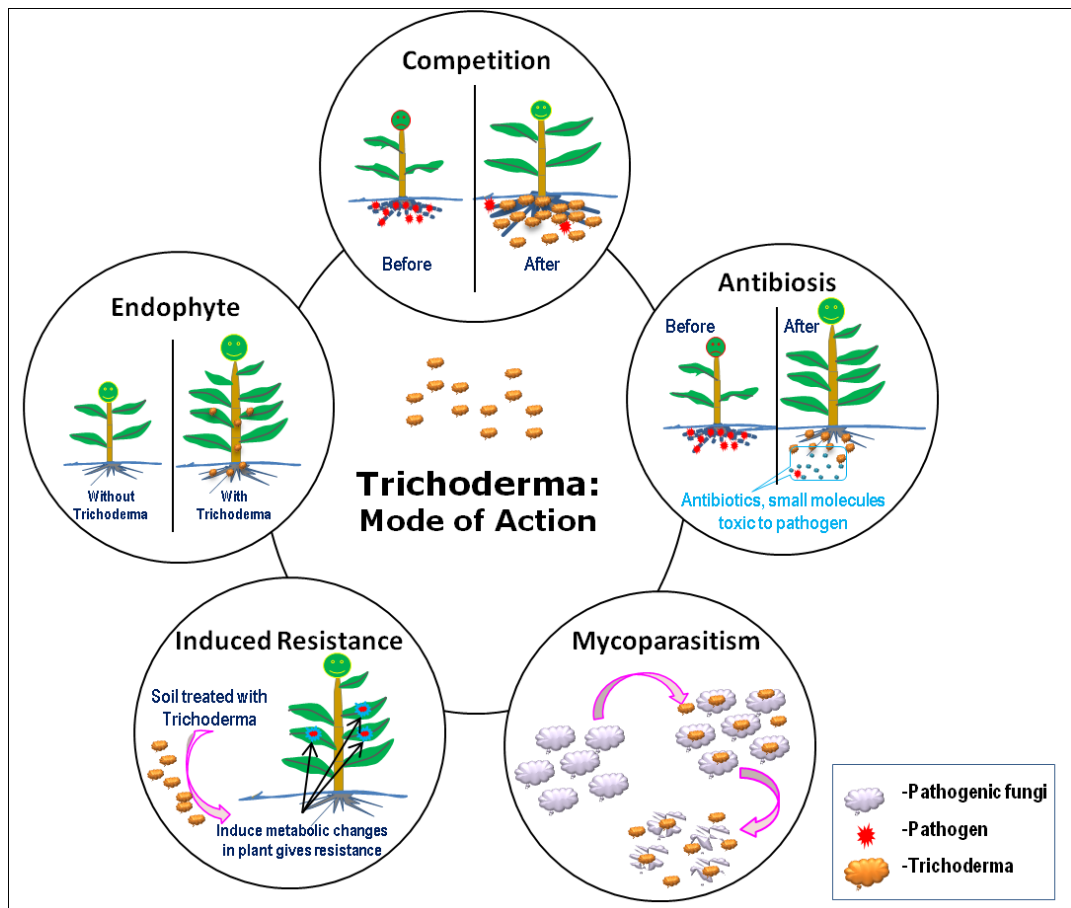
### 5.2.2. *Trichoderma* sp.

Gljive roda *Trichoderma* su stanovnici tla. Detaljno se istražuju njihova svojstva, obrambeni mehanizmi, korisne i štetne interakcije s domaćinima, proizvodnja i izlučivanje enzima, odgovor na ekološke uvjete kao što su hranjive tvari i svjetlo (Schuster i Schmoll, 2010.). U biološkoj kontroli primjena ove gljive je učinkovita protiv biljnih gljivičnih patogena s kojima se nadmeće za prostor i hranjive tvari, a također djeluje na biljke stimuliranjem rasta i povećanjem otpornosti (Schuster i Schmoll, 2010.). Ove gljive rastu trofički prema hifama drugih gljiva, razgrađuju staničnu stijenku ciljanog gljivičnog organizma izlučivanjem različitih litičkih enzima (Slika 10.) (Grahovac i sur., 2009.). Ovaj proces ograničava rast i aktivnost fitopatogenih gljiva.



Slika 10. Mikoparazitizam *Trichoderma* sp.  
([http://healthyhay.vt.tuwien.ac.at/division/project.php?project\\_id=6](http://healthyhay.vt.tuwien.ac.at/division/project.php?project_id=6))

Specifični sojevi roda *Trichoderma* nastanjuju i prodiru u korijen biljaka, te izazivaju morfološke i biokemijske promjene u biljci koje se smatraju obrambenim mehanizmom biljaka i dovode do inducirane sistematske otpornosti čitave biljke (Slika 11.) (Grahovac i sur., 2009.).



Slika 11. *Trichoderma* – načini djelovanja

([https://www.researchgate.net/profile/Rahul\\_Shelake2/publication/303703234\\_Trichoderma\\_A\\_significant\\_fungus\\_for\\_agriculture\\_and\\_environment/links/57b2e7b508aeb2cf17c73767/Trichoderma-A-significant-fungus-for-agriculture-and-environment.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rahul_Shelake2/publication/303703234_Trichoderma_A_significant_fungus_for_agriculture_and_environment/links/57b2e7b508aeb2cf17c73767/Trichoderma-A-significant-fungus-for-agriculture-and-environment.pdf))

Rezultati istraživanja su pokazala kako tretiranje biljaka s *T. harzianum* povećava klijavost za 30 % i korjenov sustav za 95 % (Grahovac i sur., 2009.). Biofungicidi na bazi *T. harzianum* nisu štetni za čovjeka i sigurni su za korisne organizme i okolinu (Lučić, 2009.). Utvrđeno je također kako su neki sojevi ove gljive vrlo učinkoviti za specifične patogene gljive, dok drugi mogu biti potpuno bez učinka (Grahovac i sur., 2009.). Novija otkrića su utvrdila kako se vrste *Trichoderma* sp. mogu koristiti ne samo za kontrolu gljiva već i drugih patogena (Grahovac i sur., 2009.).

U Tablici 2. prikazani su komercijalni biološki preparati (mikofungicidi) na osnovi antagonističkih gljiva te fitopatogenih gljiva koje suzbijaju (Miličević, 2006).

**Tablica 2.** Biološki pripravci na bazi antagonističkih gljiva (Miličević i Kaliterna, 2014.)

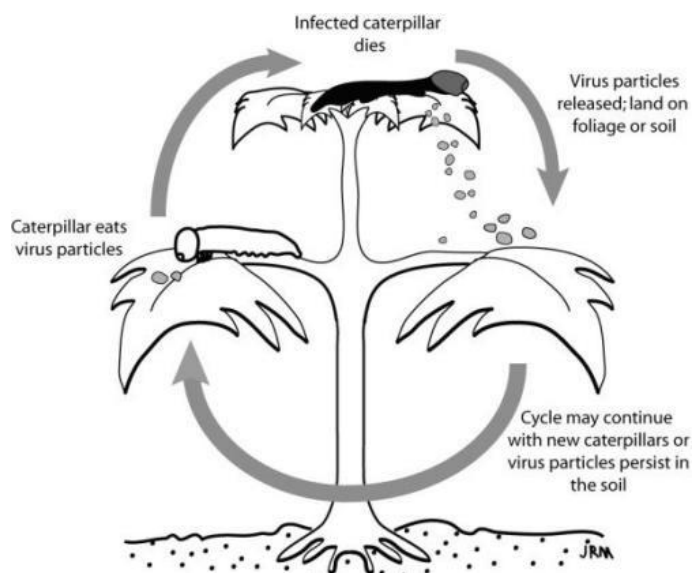
<b>Vrsta antagonističke Gljive</b>	<b>Naziv pripravaka</b>	<b>Biljni patogeni koje suzbijaju</b>
<i>Ampleomyces quisqualis</i>	AQ 10	Vrste iz porodice <i>Erysiphaceae</i>
<i>Candida oleophila</i>	Aspire	Vrste rodova <i>Botrytis</i> i <i>Penicillium</i>
<i>Coniothyrium minitans</i>	Contans, Intercept, Koni	<i>Sclerotinia minor</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
<i>Fusarium oxysporum</i>	Fusacalean, Fuspiau, Biotox C	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i> spp., <i>Alternaria</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp., i dr.
<i>Gliocladium</i> spp.	Gliomyx	Razne vrste fitopatogenih gljiva u tlu
<i>Gliocladium catenulatum</i>	PreStop, PrimaStop	<i>Pythium</i> spp., <i>Botrytis</i> spp., <i>Didymella</i> spp, <i>Rhizoctonia solani</i>
<i>Gliocladium virens</i>	SoilGard	<i>Rhizoctonia solani</i> i <i>Pythium</i> spp.
<i>Pythium oligandrum</i>	Polyganadron, Polyversum	Fitopatogene vrste iz roda <i>Pythium</i>
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	RotStop	<i>Heterobasidion annosum</i>
<i>Talaromyces flavus</i>	Protus	<i>Verticillium</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i>
<i>Trichoderma harzianum</i>	Root Pro, Trianum-P, Trianum-G, RootSchild Trichodex i dr.	<i>Pythium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Fusarium</i> spp., <i>Botrytis cinerea</i> i dr.
<i>Trichoderma harzianum</i> i <i>Trichoderma polysporum</i>	Binab T i dr.	Gljive razarači drva
<i>Trichoderma viride</i>	Trieco i dr.	<i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium</i> ssp.
<i>Trichoderma harzianum</i> i <i>Trichoderma viride</i>	Trichopel Trichobject Trichodowels Trichopseal i dr.	<i>Armillaria</i> spp., <i>Fusarium</i> spp., <i>Phytophthora</i> spp., <i>Pythium</i> spp, <i>Rhizoctonia</i> spp., i dr.
<i>Trichoderma</i> spp.	Trichoderma 2000 Bio-Fungus i dr.	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium</i> spp.
<i>Trichoderma harzianum</i> i <i>Gliocladium virens</i>	GlioGard i dr.	<i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Pythium</i> spp. i dr.

## 6. Biopesticidi na bazi virusa

Virusi su mikroorganizmi jednostavne strukture, a mogu se razmnožavati samo unutar živih stanica. Parazitiraju sve skupine živih organizama. Biološke osobine virusa, njihova specifičnost, infektivna aktivnost, kratko generacijsko vrijeme i sposobnost brzog širenja odgovaraju zahtjevima biološke kontrole brojnosti štetnih organizama (Đukić i sur., 2007.).

### 6.1. Preparati protiv insekata

Preparati na bazi entomopatogenih virusa često se koriste protiv štetočina u poljoprivredi i šumarstvu. Đukić (2007.) navodi osnovne osobine patološkog procesa pri virusnim oboljenjima insekata: virusna oboljenja su specifična, virusi insekata se prenose, kako horizontalno, tako i vertikalno preko jaja insekata, infektivni proces odvija se u dugačkom inkubacijskom periodu (od 3 – 5 do 40 – 50 dana), virusi su sposobni zadržati se u organizmu insekata u skrivenom stanju, a latentni virus se može prenositi u procesu metamorfoze i preko potomstva (Slika 12.).

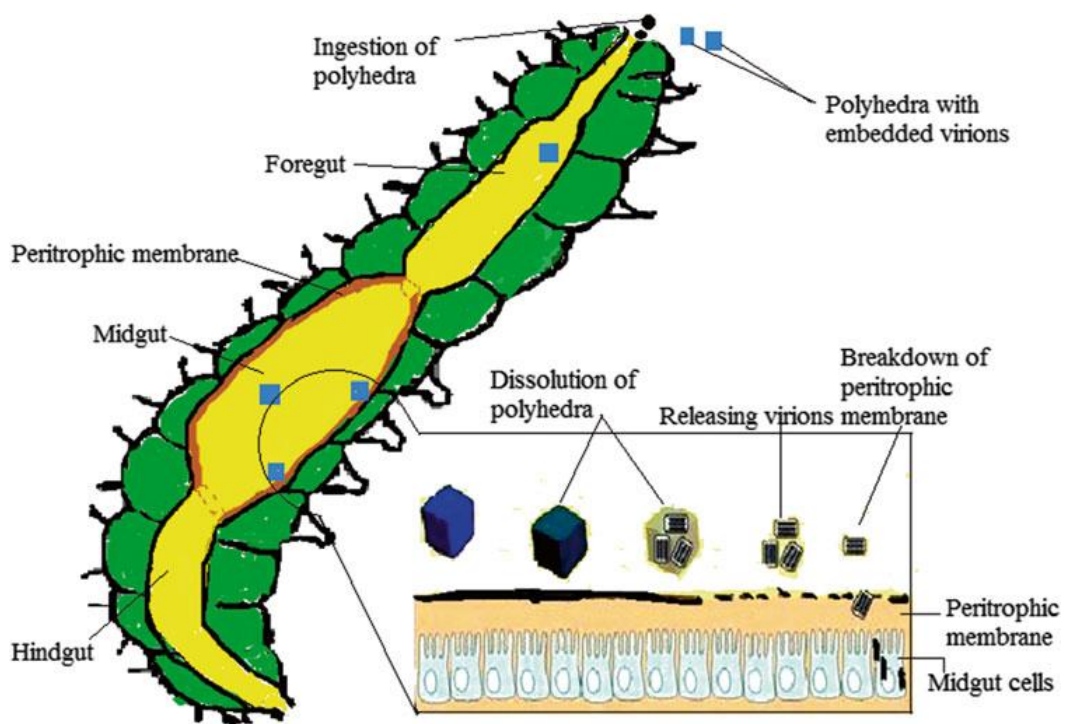


Slika 12. Ciklus insektnog virusa

(<http://articles.extension.org/pages/18927/viruses-as-biological-control-agents-of-insect-pests>)

### 6.1.1. Bakulovirusi

Bakulovirusi su dvolančani DNA virusi prisutni kod insekata. Bakulovirusi su obično visoko patogeni i koriste se u svom prirodnom obliku kao biokontrolni agensi protiv brojnih ozbiljnih štetnika (Moscardi, 1999.). U primarnoj skupini *Lepidoptera* iz koje su bakulovirusi izolirani, uzrokuju smrtnost samo u fazi larve (Cory, 2000.). Nakon gutanja dospijevaju u probavni sistem odakle se šire po tijelu (Slika 13.) (Sengottayan, 2015.). Nukleopoliedrovirusi sadrže više čestica, a granulovirusi sadrže samo jednu virusnu česticu (Cory, 2000.). Zajednička značajka baculovirusa jest da su zatvoreni, tj. da su čestice virusa ugrađene u matrici proteina, prisutnost zatvorenih tijela igra bitnu ulogu u biologiji bakulovirusa jer dopušta virusu da preživi i van domaćina (Cory, 2000.).



Slika 13. Mehanizmi djelovanja bakulovirusa na *Lepidoptera* insekte (Sengottayan, 2015.)

### 6.1.2. Načini proizvodnje virusnih entomopatogenih biopreparata

Proizvodnja entomopatogenih preparata na osnovi ovih virusa uvjetovana je njihovim osobinama (Đukić i sur., 2007.). Preparati se mogu proizvoditi na živim insektima ili na staničnim kulturama u kontroliranim laboratorijskim uvjetima, a tehnologija proizvodnje se odvija redom od uzgajanja insekata, uzgoja virusa u njima, izdvajanja virusne biomase te pripremanja gotovog proizvoda (Đukić i sur., 2007.). Virusni preparati se proizvode, uglavnom, na bazi porodice *Baculoviridae* (Usta, 2013.). Zbog specifičnosti virusa djelovanje je usmjereno na jednu štetnu vrstu (Đukić i sur., 2007.).

## 6.2. Preparati protiv bolesti biljka

Primjena virusa u borbi s bakteriozama biljaka predstavlja novi način zaštite bilja (Đukić i sur., 2007.). Na bazi bakteriofaga *Pseudomonas syringae* izoliranih iz tla i bolesnih biljaka proizveden je preparat „Pentafag“ (Đukić i sur., 2007.). Ovaj preparat ima profilaktičko i ljekovito djelovanje protiv širokog spektra bakterioza voćarskih i povrtlarskih kultura, a pravilna primjena potpuno sprječava bakterijski rak na drveću voća, šupljikave pjegavosti koštičavog voća i pjegavost krastavca (Đukić i sur., 2007.).

## 7. Zaključak

Možemo zaključiti kako je zaštita bilja zasigurno jedan od najvećih problema u poljoprivrednoj proizvodnji. Proizvođači se susreću s raznim štetnicima i uzročnicima bolesti koji utječu ne samo na kvantitetu, nego i na kvalitetu proizvoda. Razvojem tehnologije i povećanjem poljoprivredne proizvodnje pronalazili su se različiti načini poboljšanja proizvodnje. Tako sredinom prošlog stoljeća uporaba kemijskih sredstava za zaštitu bilja postaje sve intenzivnija. Takav pristup omogućio je povećanje produktivnosti, ali sve većom upotrebom i štetne učinke na okoliš. Posljedice intenzivne primjene kemijskih sredstava odražavaju se na zdravlje tla i kvalitetu vode. Također poznato je razvijanje rezistentnosti kod primjene kemijskih pesticida, a zbog toga je štetnike sve teže suzbijati.

Kako se u novije vrijeme sve više govori o zaštiti okoliša i zdravoj hrani, tako se i koristi od biopesticida sve više prepoznaju. Poljoprivrednici koji se bave organskim uzgojem već su upoznati s metodama biološke kontrole. Međutim, biološki preparati ne nalaze svoje mjesto samo u ekološkoj poljoprivredi, nego se mogu efikasno koristiti i u integriranoj zaštiti bilja ili konvencionalnoj proizvodnji. Biopesticidi postaju sve prisutniji na tržištu, gdje bilježe rastući trend. Biopesticidi predstavljaju rješenje za mnoge probleme u poljoprivredi proizvodnji. Kao i kemijski pesticidi, biopesticidi imaju svoje prednosti i nedostatke. Biopesticidi imaju manji raspon štetnika i sporije djelovanje, a neki i veću cijenu. Zbog kraćeg roka trajanja potrebno je planirati upotrebu i skladištenje, ali zadnjih godina zabilježeni su mnogi napretci i u tom području. Za razliku od kemijskih pesticida specifični su za određene vrste, to jest nisu štetni za korisne organizme što pridonosi očuvanju bioraznolikosti u agroekosustavima. Kod tretiranja kemijskim pesticidima proizvođači se moraju pridržavati karence koje traju dosta dugo, a pojava bolesti može jako smanjiti prihod. Takvi problemi se mogu riješiti primjenom biopesticida koji imaju kraću karencu, a hrana je bez rezidua.

Sve veća potražnja za organskom hranom i proizvodima bez rezidua trebala bi pridonijeti daljnjem korištenju biopesticida. Ipak još mnoge zemlje moraju promijeniti svoju politiku kako bi se smanjila upotreba sintetičkih sredstava, te promovirali i unaprijedili biološki preparati. Potrebno je osposobljavanje i učenje poljoprivrednika. Neophodno je dobro poznavanje zaštite bilja za učinkovito korištenje biopesticida. Kako su zemljišni resursi

ograničeni potrebno je očuvanje ravnoteže, a tome mogu pridonijeti biopesticidi kao i održivosti poljoprivrede globalno.



## 8. Popis literature

1. Alabouvette, C., Olivain, C., Steinberg, C. (2006.): Biological control of plant diseases: the European situation. *European Journal of Plant Pathology* 114: 329-341.
2. Bažok, R., Gotlin, Čuljak, T., Grubišić, D. (2014.): Integrirana zaštita bilja od štetnika na primjerima dobre prakse. *Glasilo biljne zaštite* 14(5), 357-359.
3. Chet, I., Viterbo, A. i Brotman, Y. (2006.): Plant biocontrol by *Trichoderma* spp. Department of Biological Chemistry, Jerusalem, Israel
4. Cory, J. S. (2000.): Assessing the risks of releasing genetically modified virus insecticides: progress to date. *Crop Protection* 19: 779-785.
5. Cory, J. S., Hirst, M. L., Sterling, P. H., Speight, M. R. (2000.): Native host range nucleopolyhedric virus for control of the browntail moth (*Lepidoptera: Lymantriidae*). *Environmental Entomology* 29: 661-667.
6. Đorđević, S. (2008.): Primena mikroorganizama u organskoj proizvodnji. U: Lazić, B. i Babović, J. *Organska poljoprivreda*. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 534-539.
7. Đukić, D. A., Jemcev, V. T., Kuzmanova, J. (2007.): *Biotehnologija zemljišta*. Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku.
8. Grahovac, M., Inđić, D., Lazić, S. i Vuković, S. (2009.): Biofungicidi i mogućnosti primene u savremenoj poljoprivredi. *Pesticidi i Fitomedicina*. 24(4): 245-258.
9. Grgić, A. (2009.): Biološki fungicidi i insekticidi u paleti Stockton-a. Zbornik sažetaka 53. seminara biljne zaštite, *Glasilo biljne zaštite*, 1/2: 54-55.
10. Härtig, E.Jahn, D. (2012.): Regulation of the Anaerobic Metabolism in *Bacillus subtilis*. *Advances in Microbial Physiology* 61: 195-216.
11. Inđić, D., Klokočar-Šmit, Z. Vuković, S. (2006.): Pesticidi visokog rizika i njihova zamena u krompiru. Zbornik sažetaka radova InterRegioSci 2006., Novi Sad, 26.
12. Ivić, D. (2007.): Zanimljivosti i novosti u biljnoj patologiji - suzbijanje sive plesni na jagodama gljivom *Trichoderma harzianum* pomoću pčela. *Glasilo biljne zaštite*, 4: 274-275.
13. Jyoti, S. i Singh, D. P. (2016.): Fungi as Biocontrol Agents in Sustainable Agriculture. U: Singh, J. S. i Singh, D. P. *Microbes and Environmental Management*, 8: 173-194.
14. Klokočar-Šmit Z., Šovljanski R., Inđić D. i Vuković S. (2006.): Mogućnosti ekološke proizvodnje krompira. Zbornik IV. međunarodne Eko-konferencije 2006., Novi Sad, 319-324.

15. Klokočar-Šmit, Z., Đurić, T., Inđić, D., Peričević, D., Bočarov, A. i Nikolić, N. (2003.): Efekat *Bacillus subtilis* ST/III (BEC) u zaštiti i bioregulaciji nekih povrtnarskih vrsta. Zbornik rezimea Šestog savetovanja o zaštiti bilja, Zlatibor, 68.
16. Klokočar-Šmit, Z., Jarak, M., Mijalčić, M., Inđić, D. i Đurić, T. (2005.): *Bacillus* based products in control of fusarium potato tuber rot. Proceedings Balkan Scientific Conference, Carnobat, Bulgaria, 578-582.
17. Klokočar-Šmit, Z., Lević, J., Maširević, S., Gvozdrenović-Varga, J., Vasić, M. i Aleksić, S. (2008.): Fusarium rot of onion and possible use of bioproducts. Matica Srpska Proceedings for Natural Sciences, 114, 135-148.
18. Klokočar-Šmit, Z., Šovljanski, R. i Inđić, D. (2006.): Biopreparati - alternativa u zaštiti plodovitog povrća. Biljni lekar, 34(1): 19-30.
19. Kumar, S. i Singh, A. (2015.): Present Status and the Future Prospects. Journal of Fertilizers and Pesticides, 6 (2).
20. Li, Z. Z., Li, C. R., Huang, B. i Meizhen, M. Z. (2001.): Discovery and demonstration of the teleomorph of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., an important entomogenous fungus. Chinese Science Bulletin, 46 (9): 751-753.
21. Lučić, K. (2009.): Sadržaj sredstava za zaštitu bilja. Glasnik zaštite bilja, 1-2: 191-192.
22. McSpadden Gardener, B. B. i Fravel, D. R. (2002.): Biological control of plantpathogens: Research, commercialization and application in the USA. Plant Health Progress, 207-209.
23. Miličević, T. (2006.): Biološko suzbijanje biljnih patogena - Današnje stanje u svijetu i mogućnosti primjene. Glasilo biljne zaštite 6: 310-316.
24. Miličević, T. i Kaliterna, J. (2014.): Biološko suzbijanje bolesti kao dio integrirane zaštite bilja. Glasilo biljne zaštite 5., 410-415.
25. Mommaerts, V., Platteau, G., Boulet, J., Sterk, G. i Smagghe, G. (2008.): *Trichoderma*-based biological control agents are compatible with the pollinator *Bombus terrestris*. A laboratory study. Biological Control, 46(3): 463-466.
26. Moore, D., Prior, C. (1993.): The potential of mycoinsecticides. Biocontrol News Information 14:31-40.
27. Moscardi, F. (1999.): Assessment of the application of *Baculoviruses* for control of *Lepidoptera*. Annu. Rev. Entomol. 44: 257 – 289.
28. Ocsko, Z., Molnar, J. i Erdos, G. (2008.): Novenyvedo szerek, termesnovelo anyagok 2008/I. A Folmuvelesugyi es Videkfejlesztési Miniszterium, Budapest, Hungary.

29. Pal, K. K., McSpadden Gardener, B. (2006.): Biological control of plant pathogens. The Plant Health Instructor 2.
30. Sandhu, S. S. i Mishra, M. (1994.): Larvicidal activity of fungal isolates *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Aspergillus flavus* against mosquito sp. *Culex pipiens*. U: Singh, J. S. i Singh, D. P. Microbes and Environmental Management, 8: 173-194.
31. Sandhu, S.S., Unkles, S.E., Rajak, R.C. i Kinghorn, J.R. (2001.): Generation of benomyl resistant *Beauveria bassiana* strains and their infectivity against *Helicoverpa armigera*. Biocontrol Science and Technology, 11(2): 245-250.
32. Sansinenea, E. (2012.): Discovery and Description of *Bacillus thuringiensis*. U: E. Sansinenea *Bacillus thuringiensis* Biotechnology. Springer, Dordrecht, 3-18.
33. Schuster, A. i Schmoll, M. (2010.): Biology and biotechnology of Trichoderma. Applied Microbiology and Biotechnology, 87(3): 787-799.
34. Sekulić, J., Savčić-Petrić, S. (2009.): Pesticidi u prometu u Srbiji; Biljni lekar 2-3.
35. Sengottayan, S. N. (2015.): A Review of Biopesticides and Their Mode of Action Against Insect Pests. Microalgae as an Attractive Source for Biofuel Production
36. Sharoni, S., Arnon, D., Alon, B., Mohamad, A. i Yigal, E. (2006.): Honey bee dispersal of the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* T39: effectiveness in suppressing *Botrytis cinerea* on strawberry under field conditions. European Journal of Plant Pathology, 116 (2): 119-128.
37. Smirnov, V. V. i Kiprianova, E. A. (1990.): Bakterii roda *Pseudomonas*; Naukova dumka, Kiev, 264.
38. Sokolov, M. S. (1990.): Sostojanie, problemi i perspektivi primenenija ekologičeski bezopasni pesticidov v rastenievodstve. Agrohimiya, 8: 131-145., 10: 124-145.
39. Sueoka, N. (1997.): Cell Membrane and Chromosome Replication in *Bacillus subtilis*; Progress in Nucleic Acid Research and Molecular Biology, 59, 35-53.
40. Šovljanski, R., Klokočar-Šmit, Z. i Inđić D., (2004.): Visokorizični insekticidi i fungicidi i alternative u zaštiti povrća. Tematski zbornik III. međunarodne Eko-konferencije Zdravstveno bezbedna hrana, Novi Sad, 387-392.
41. Šovljanski, R., Klokočar-Šmit, Z. i Inđić, D. (2004.): Analiza rizika primene pesticida u povrću pre 25 godina i danas. Zbornik V. kongresa o zaštiti bilja, Zlatibor, 312-315.
42. Šternšis, M. V. (1991.): Reguljacija čislennosti vreditelej seljskohozjajstvennih kuljtur s pomoščju enotomopatogenov; Novosibirsk, 58.

43. Šternšis, M. V. (1995.): Povišenje effektivnosti mikrobiološke borbi s vrednim nasekomami; Novosibirsk, 194.
44. Šutić, D. i Radin, D. (2001.): Mikrobiologija - mikroorganizmi u životu biljaka; Vizartis, Beograd.
45. Thomas, C. (2004.): Bug vs. bug - managing plant diseases with biofungicides. Virginia Vegetable, Small Fruit and Specialty Crops.
46. Tomlin, C. (2006.): The Pesticide Manual British Cro. Protection Council, Farnham, UK.
47. Topol, J., Kanižai Šarić, G. (2013.): Simbiotska fiksacija dušika u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji. Agronomski glasnik, 117-134.
48. Usta, C. (2013.): Microorganisms in Biological Pest Control - A Review (Bacterial Toxin Application and Effect of Environmental Factors). U: Silva-Opps, M. Current Progress in Biological Research. Intech, 288-312.

**Internet izvori:**

Izvor 1. - Popis registriranih sredstava za zaštitu bilja - <https://fis.mps.hr/trazilicaszb/> - 4.8.2018.

## 9. Sažetak

Biopesticidi dobivaju sve više pažnje zbog problema vezanih uz korištenje kemijskih sredstava u poljoprivrednoj proizvodnji, ali i zbog povećane potražnje za zdravom hranom bez rezidua. Mnogi mikroorganizmi koji su stanovnici tla su se pokazali korisnima. Biopesticidi se zasnivaju na biološkim interakcijama mikroorganizama kao što su parazitizam, kompeticija ili antibioza, te na taj način zaustavljaju rast i uništavaju štetnike ili bolesti. Ti mikroorganizmi su specifični sojevi koji suzbijaju određene štetnike ili patogene i nisu opasni za druge korisne organizme. Postoji niz prednosti biopesticida, a izdvajaju se sigurnost za okoliš, učinkovitost, kraća karenca, te podobnost za integriranu zaštitu bilja i ekološku poljoprivredu.

**Ključne riječi:** zaštita bilja, biopesticidi, bakterije, gljive, virusi

## **10. Summary**

Biopesticides are getting more attention due to problems with the use of chemicals in agriculture production, but also because of the increased demand for healthy food without residues. Many microorganisms that are living in the soil have proven to be useful. Biopesticides are based on the biological interactions of microorganisms such as parasitism, competition or antibiosis, thus stopping growth and destroying pests or diseases. These microorganisms are specific strains that suppress certain pests or pathogens and are not dangerous to other beneficial organisms. There are many advantages of biopesticides, like environmental safety, efficiency, the waiting period, and the suitability for integrated plant protection and organic agriculture.

**Key words:** plant protection, biopesticides, bacteria, fungi, viruses

## **11. Popis tablica**

**Tablica 1.** Komercijalizirani biološki pripravci na bazi antagonističkih bakterija - str. 14

**Tablica 2.** Komercijalizirani biološki pripravci na bazi antagonističkih gljiva - str. 22

## 12. Popis slika

**Slika 1.** Korisna djelovanja mikroorganizama - str. 3

**Slika 2.** Mehanizmi djelovanja biopreparata - str. 6

**Slika 3.** *Bacillus thuringiensis* - str. 9

**Slika 4.** *Bacillus thuringiensis* spore i kristali - str. 10

**Slika 5.** Način djelovanja Bt-a - str. 11

**Slika 6.** Mikrograf stanice *B. subtilis* u poprečnom presjeku - str. 13

**Slika 7.** Mehanizmi djelovanja *Metarhizium anisopliae* - str. 17

**Slika 8.** Žohar ubijen od strane *Metarhizium anisopliae* - str. 18

**Slika 9.** Skakavci tretirani s *Beauveria bassiana* - str. 19

**Slika 10.** Mikoparazitizam *Trichoderme* - str. 20

**Slika 11.** *Trichoderma* – načini djelovanja - str. 21

**Slika 12.** Ciklus insektnog virusa - str. 23

**Slika 13.** Mehanizmi djelovanja bakulovirusa na *Lepidoptera* insekte - str. 24



Mikroorganizmi u zaštiti bilja

Branimir Lovrić

**Sažetak**

Biopesticidi dobivaju sve više pažnje zbog problema vezanih uz korištenje kemijskih sredstava u poljoprivrednoj proizvodnji, ali i zbog povećane potražnje za zdravom hranom bez rezidua. Mnogi mikroorganizmi koji su stanovnici tla su se pokazali korisnima. Biopesticidi se zasnivaju na biološkim interakcijama mikroorganizama kao što su parazitizam, kompeticija ili antibioza, te na taj način zaustavljaju rast i uništavaju štetnike ili bolesti. Ti mikroorganizmi su specifični sojevi koji suzbijaju određene štetnike ili patogene i nisu opasni za druge korisne organizme. Postoji niz prednosti biopesticida, a izdvajaju se sigurnost za okoliš, učinkovitost, kraća karenca, te podobnost za integriranu zaštitu bilja i ekološku poljoprivredu.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Gabriella Kanižai Šarić

**Broj stranica:** 37

**Broj slika:** 13

**Broj tablica:** 2

**Broj literaturnih navoda:** 48

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** zaštita bilja, biopesticidi, bakterije, gljive, virusi

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof. dr. sc. Jasenka Čosić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Gabriella Kanižai Šarić, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Irena Rapčan, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilištu u Osijeku, Vladmira Preloga 1

Microorganisms in plant protection

Branimir Lovrić

**Abstract**

Biopesticides are getting more attention due to problems with the use of chemicals in agriculture production, but also because of the increased demand for healthy food without residues. Many microorganisms that are living in the soil have proven to be useful. Biopesticides are based on the biological interactions of microorganisms such as parasitism, competition or antibiosis, thus stopping growth and destroying pests or diseases. These microorganisms are specific strains that suppress certain pests or pathogens and are not dangerous to other beneficial organisms. There are many advantages of biopesticides, like environmental safety, efficiency, the waiting period, and the suitability for integrated plant protection and organic agriculture.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Gabriella Kanižai Šarić

**Number of pages:** 37

**Number of figures:** 13

**Number of tables:** 2

**Number of references:** 48

Original in: Croatian

**Key words:** plant protection, biopesticides, bacteria, fungi, viruses

**Thesis defended on date:**

Reviewers:

1. prof. dr. sc. Jasenka Čosić, president
2. izv. prof. dr. sc. Gabriella Kanižai Šarić, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Irena Rapčan, member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1