

OPŠTA FITOPATOLOGIJA

II DEO

Fitopatogene bakterije

- prosti jednoćelijski organizmi sadrže citoplazmu u kojoj se nalazi rasuti genetski materijal (DNK) koji nije organizovan u jedru
- najveći broj bakterija saprofiti - razlaganje organske materije
- fakultativni paraziti (rastu na veštačkim podlogama)
- heterotrofni paraziti

Morfološke karakteristike bakterija

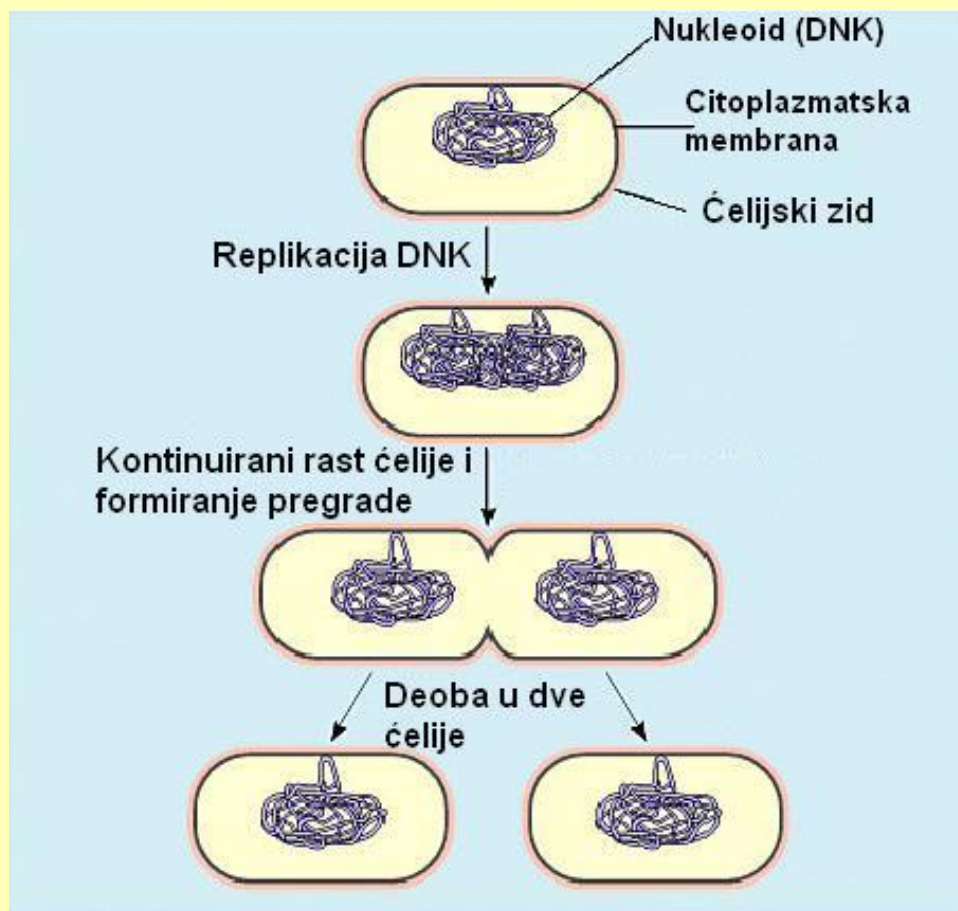
- jednoćelijski organizmi



- citoplazma: kompleks proteina, lipida, minerala i vode

Reprodukcija bakterija

- štapićaste
- razmnožavaju se bespolno - prostom deobom materinske ćelije



Širenje bakterija

- primarno vodom - kiša spira i prenosi bakterije sa biljke na biljku, insekti i druge životinje
- čovek ih prenosi lokalno i na velike distance (transportom)
- samostalno na kratke distance
- u biljke prodiru preko stoma, hidatoda, lenticela, kroz rane
- proizvode različite fermente
- ✓ **hlorofilaza** (razlaže hlorofil)
- ✓ **amilaza** (razlaže skrob)
- ✓ **proteaza** (razlaže belančevine)
- ✓ **pektinaza** (razlaže pektine - osnovni sastojak ćelijskih lamela)

Simptomi bakterioza

Slični simptomima koje prouzrokuju gljive

- ✓ pegavost
- ✓ plamenjača
- ✓ krastavost
- ✓ vlažna trulež
- ✓ **Rak rane** na stablima - posle infekcije inficirana kora menja boju, ulegne i puca, jak eksudat iz mesta infekcije, *Aplanobacterium populi* (bakterijski rak topola)
- ✓ **Pojava izraslina, guka i tumora** - najčešći simptomi na drvenastim vrstama (*Agrobacterium tumefaciens* ostvaruje infekcije preko ozleda, ćelije meristemskog tkiva se ubrzano dele)

Suzbijanje bakterioza

- primenjuju se iste mere kao i protiv parazitnih gljiva
1. **administrativne** (biljni karantin, fitosanitarna služba)
 2. **mehaničke** (uklanjanje i spaljivanje obolelih biljaka)
 3. **selekcija** (stvaranje otpornih klonova i sorti)
 4. **hemijske** (bakarni preparati)

Najznačajnije bakterioze na šumskim vrstama

- mali značaj u šumarstvu, veći u poljoprivredi
- ***Aplanobacterium populi*** (bakterijski rak topole)
- ***Agrobacterium tumefaciens*** tumori u nivou korenovog vrata na topoli, vrbi, kestenu, orahu, jasenu i voćkama
- ***Pseudomonas savastanoi*** var. ***fraxini*** (šuga jasena)
- ***Pseudomonas savastanoi*** var. ***mori*** (vodena pegavost lista i izbojaka duda)
- ***Pseudomonas pini*** bakterijski rak bora
- ***Erwinia salicis*** uvenuće grana vrbe
- ***Erwinia amylovora*** uvenuće izbojaka i grana
- ***Xylella fastidiosa*** Pirsova bolest vinove loze

Bakterijski rak topola (*Aplanobacterium populi*)



Agrobacterium tumefaciens
tumori u nivou korenovog vrata



Pseudomonas savastanoi* var. *fraxini
šuga jasena



Vodena pegavost lišća i izbojaka dudu
(*Pseudomonas savastanoi* pv. *mori*)



Bakterijski rak bora (*Pseudomonas pini*)



Erwinia salicis uvenuće grana vrbe



Erwinia amylovora uvenueće izbojaka i grana

- domaćini : *Pyrus*, *Malus*, *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Pyracantha*



Pyrus sp.



Pyracantha coccinea

Xylella fastidiosa Pirsova bolest vinove loze

Uneta iz Severne Amerike u Italiju 2013. godine i zbog nje se 300.000 stabala maslina u južnoj Italiji suši



Xylella fastidiosa na maslinama



Pirsova bolest vinove loze (*Xylella fastidiosa*) na hrastovom lišću

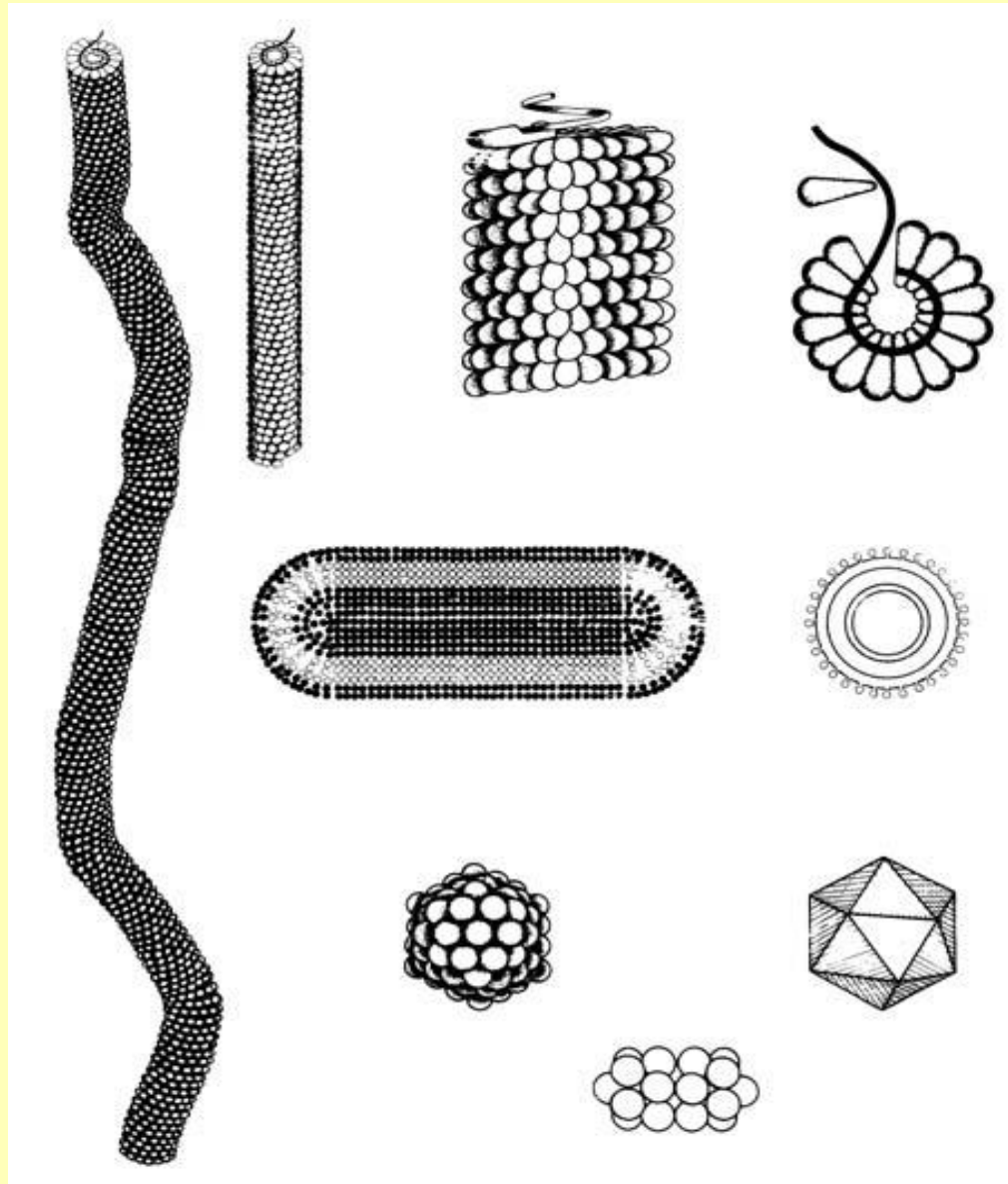
Značaj i uloga bakterija

1. bakterije azotofiksatori
2. bakterije mineralizatori
3. bakterije simbionti (laktobakterije, *Escherichia coli*)
4. eksperimenti na polju genetičkog inženjeringa
5. neke bakterije proizvode antibiotike
6. sposobnost vršenja fermentacije, (jogurt, sir, turšija, sirće)
7. bakterije izazivaju oboljenja biljaka, ljudi (tifus, tuberkuloza i upala pluća) i životinja (antraks, bruceloza)

Virusi

- **nukleoproteini** koji se razmnožavaju u živim ćelijama i imaju sposobnost da izazovu bolest
- sastavljeni od nukleinske kiseline (RNK ili DNK) i proteinskog omotača („capsid“) oko nukleinske kiseline
- poseduju samo RNK (600 virusa) ili DNK (80 virusa)
(5-40% nukleinska kiselina, „capsid“ 60-95%)

različitog oblika - najčešće štapičasti ili poliedrični



Virusi

- virusi se ne dele i ne stvaraju reproduktivne organe (spore) već se umnožavaju u živim ćelijama domaćina
- ne uzrokuju bolesti korišćenjem ćelijskog sadržaja domaćina, niti ubijanjem ćelije toksinima
- utiču na metabolizam protoplazme koja je prinuđena da stvara nove čestice virusa (nukleoproteine) identične po sastavu i virulentnosti sa unetim virusom
- nemaju fermentni sistem - nisu sposobni za samostalni metabolizam

Načini prenošenja virusa

- **vegetativnim putem** (kalemljenjem, reznicama, krtolama, lukovicama, rizomima)
- **mehaničkim putem** (dodirom zaražene i zdrave biljke)
- **insektima** (Aphididae, cikade, tripsi, grinje)

Načini ostvarivanja infekcije

- infekcije se ostvaruju direktno
- na površini neozleđene ćelije virusi nemaju sposobnost da probiju ćelijsku membranu
- infekcije se ostvaruju preko mehaničkih ozleda (korenove dlačice) i vektorima (insekti)

Simptomi viroza

- **Hipoplazije**

usled odsustva hlorofila dolazi do pojave hroloze (tipa „mozaik“)



Simptomi viroza

- **Hiperplazije**

povećana deoba ćelija, pri stimulisanju pupoljaka dolazi do pojave veštičinih metli, „metlastog“ rasta



Borba protiv biljnih virusa

- jednom zaražena biljka ostaje uvek zaražena
- lečenje je praktično nemoguće

principi suzbijanja:

1. selekcija (otpornost)
2. mehaničke mere (uništavanje zaraženog biljnog materijala i unutrašnji karantin)
3. suzbijanje vektora (insekti)

Parazitne cvetnice

- bela imela (*Viscum album*)
- žuta imela (*Loranthus europaeus*)
- vilina kosica (*Cuscuta* sp.)



Imele

- višegodišnje poluparazitne cvetnice
- napadaju veliki broj drvenastih vrsta
- grane dihotomo razgranate

Viscum album (bela imela)

- višegodišnja zimzelena poluparazitna cvetnica
- naseljava veliki broj lišćarskih i četinarskih vrsta
- cveta rano u proleće – plodovi u obliku bobica bele ili prljavobele boje
- vektori ptice (drozd)



Viscum album (bela imela)

- seme na pogodnom domaćinu klija i na vrhu klice se formira apresorijum pomoću koga se fiksira
- iz sredine apresorijuma razvija se korenčić koji vertikalno probija koru i prodire do drveta
- širi se između kore i drveta i svake godine potera 2-3 nova korenčića
- drvo prirasta u debljinu i haustorije se svake godine obavijaju novim prstenom

***Viscum album* (bela imela)**

- imela ostaje na stablu 10-20 godina
- na mestu haustorija šuplji kanali
- mehanizam uzimanja vode i mineralnih materija od biljke objašnjavaju se razlikama u osmotskom pritisku ćelijskog soka (3 x veći kod imele)
- pri nepovoljnim uslovima za mladu imelu (ako nema dovoljno svetla) ne dolazi do formiranja novih žbunova, a haustorije su u fazi mirovanja
- posle proreda i seča u šumi žbunovi imela se naglo razvijaju (uticaj svetlosti)
- javljaju se na južnim ekpozicijama i pretežno na starijim, dominantnim stablima oslobođenim zasene

Značaj bele imele

Štetnost imele

1. smanjuje fiziološku snagu domaćina
 2. smanjuje plodonošenje
 3. smanjuje mehaničku otpornost drveta
 4. stvara predispozicije za napad drugih parazita i štetočina
 5. umanjuje prirast
- Prema Uščupliću (1992) stabilnost jelovih šuma u BiH najviše ugrožava imela - razlog sistem gazdovanja koji je omogućio njeno širenje

Mere borbe protiv bele imele na jeli

1. **Preventivne** gazdinske mere koje imaju za cilj očuvanje sklopa (optimalni uzgojni tip sa prebirnom strukturom)
 - ✓ ako je struktura već narušena izlaz tražiti u skraćivanju ophodnje, uzgoju mešovityh šuma, redovnim i pravovremenim sečama
2. **Mehaničke mere** - odsecanje žbunova imele, zaraženih grana ili celih stabala

Viscum album (bela imela)

3. Hemijske mere borbe

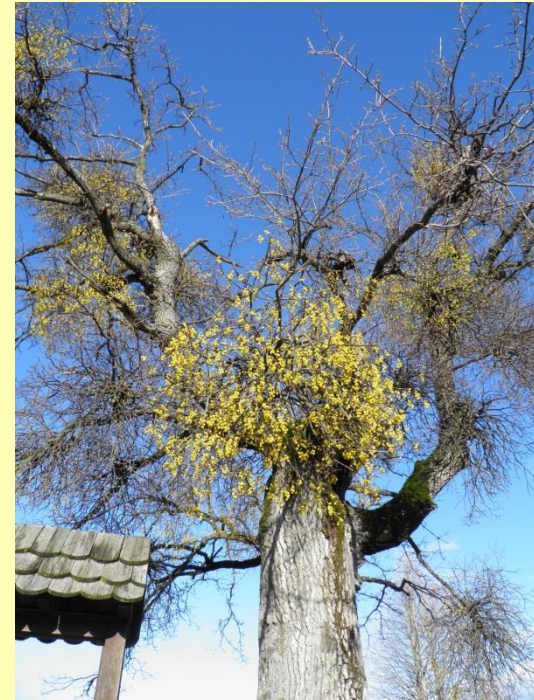
- ✓ korišćenje selektivnih herbicida za širokolisne korove koji ne štete jeli ili totalnih herbicida na lišćarskim vrstama u vreme mirovanja vegetacije

4. Biološke mere borbe

- ✓ Karadžić i sar. (2004) izolovali 22 vrste gljiva najveći značaj *Sphaeropsis visci* (najčešća parazitna gljiva na beloju imeli)
- ✓ Stanivuković i sar. (2009) izolovano 35 gljiva
- ✓ biološke mere se moraju kombinovati sa drugim dostupnim merama

Žuta imela (*Loranthus europaeus*)

- obligatni parazit (po načinu razmnožavanja i razvića sličan beloј imeli)
- razvija se isključivo na hrastovima (*Quercus* spp.), ređe na pitomom kestenu
- odbacuje list u jesen i lista sledećeg proleća



Vilina kosica (*Cuscuta sp.*)

- raste na velikom broju gajenih i korovskih vrsta
- štete naročito velike u šumskim rasadnicima na mladim još nezdrvenjenim biljkama
- „živi most“ za prenošenje virusa

Simptomi napada

- oko stabljike i drugih nadzemnih delova javljaju se niti hlorotično žute boje
- biljka gube vitalnost i bivaju zagušene ili ubijene od parazita

Vilina kosica (*Cuscuta sp.*)

- vitka isprepletana (končasta) biljka sa jako žilavim stablom bez lista
- sitni cvetovi u grozdovima sredinom leta
- seme se javlja nekoliko nedelja kasnije



Vilina kosica (*Cuscuta sp.*)

- seme klija i daje vitak bezlisni izbojak (ako se ne ostvari kontakt sa domaćinom izbojak se suši, pada na tlo i propada)
- ako dođe u kontakt sa domaćinom obavija biljku i formira haustorije koje prodiru u biljku domaćina i crpe vodu i hranljive materije
- posle uspostavljanja kontakta sa biljkom parazit gubi kontakt sa zemljištem
- širi se sa jedne biljke na drugu u vidu koncentričnih krugova

Mere borbe

- kontrola semena pre setve
- tretiranje parazita herbicidima (na ovaj način biva ubijena i biljka domaćin, ali se sprečava da vilina kosica donese seme i da se širi dalje)



Paraziti i parazitizam

- **Parazit je** heterotrofni organizam koji od drugog živog organizma uzima hranljive materije koje su mu potrebne za život
- **Patogenost** je sposobnost parazita da izazove infekciju, odnosno da remeti jednu ili više bitnih funkcija biljke domaćina
- **Agresivnost (virulencija)** sposobnost parazita da proдре u živi organizam, da se u njemu razvija i umnožava

Tipovi parazita

- **Obligatni** paraziti (prouzrokovalci plamenjača, pepelnica i rđa)
- **Pertofiti** (*D. pini*, *H. annosum*, *C. parasitica*, *D. populea*, *O. ulmi*)
- **Fakultativni saprofiti** (*Nectria* vrste)
- **Fakultativni paraziti** (paraziti slabosti) *A. mellea* i prouzrokovalci poleganja ponika (*Fusarium* spp., *R. solani*, *P. debaryanum*)
- **Tropoparaziti** (saprofitska i parazitska faza u razviću) *M. brunnea*, *Mycosphaerella* spp., *Venturia* spp., *G. aesculi*, *G. veneta*)
- **Saprofiti** (*Trichoderma* spp.)
- **Poluparaziti** (*V. album*, *L. europaeus*)
- **Superparaziti** (*A. quisqualis*)

Patogeneza (postanak bolesti)

Patogeneza se sastoji iz sledećih faza:

1. inokulacija (faza kontaminacije)
2. penetracija (mehanizam infekcije)
3. infekcija
4. inkubacija
5. simptomi bolesti
6. pojava reproduktivnih organa parazita

1. Inokulacija

- inokulacija je početni kontakt patogena sa mestom na biljci gde je moguća infekcija
- inokulum je zarazni potencijal patogena koji započinje infekciju (spore, sklerocije, rizomorfe, fragmeni micelije, bakterije i virusi)

- Tipovi inokuluma
 - ✓ **primarni inokulum** - primarne infekcije
 - ✓ **sekundarni inokulum** - sekundarne infekcije (širenje parazita)

Vektori prenošenja inokuluma parazita

a. Prenosenje vetrom (anemohorno)

- ✓ vetar je najznačajniji vektor spora parazitnih gljiva
- ✓ vetrom se prenose askospore, bazidiospore, ecidiospore, uredospore i konidije
- ✓ asko i bazidiospore se prenose na kratka rastojanja (nekoliko stotina metara)
- ✓ ecidiospore i uredospore mogu biti prenete i do 200 km

b. Prenosenje vodom (hidrohorno)

- ✓ voda je vektor od manjeg značaja
- ✓ kišne kapi šire spore gljiva i bakterije
- ✓ zoospore i piknospore se prenose isključivo na ovaj način
- ✓ kratke distance - bolest lokalnog karaktera

c. prenošenje životinjama (zoochrano)

- ✓ Insekti su slučajni prenosioči spora gljiva i bakterija na telu
- ✓ ***O. ulmi*** (vektori mali i veliki brestov potkornjak *S. scolytus* i *S. multistriatus*)
- ✓ ***Ophiostoma* vrste** (hrastov potkornjak *S. intricatus*)
- ✓ **virusi**: vaši, cikade, skočibube, grinje
- ✓ ***Cryphonectria parasitica*** (na kljunu detlića utvrđeno 700.000 spora gljive)

d. čovek (antropohorno rasejavanje)

- ✓ značajan vektor
- ✓ jedino čovek može da prenese zarazu sa jednog kontinenta na drugi
- ✓ katastrofalne epidemije u šumama Evrope i Severne Amerike
 - *C. parasitica*,
 - *O. ulmi*,
 - *C. ribicola*,
 - *M. alphitoides*,
 - *G. abietina*

Penetracija

a. Direktna penetracija kroz netaknutu biljnu površinu

- najrašireniji tip penetracije gljiva (kroz kutikulu i epidermis)

Tropoparaziti prodiru u biljku pomoću inicijalne hife nastale klijanjem spora (*Marssonina brunnea*, *Venturia spp.*, *G. aesculi*, *G. veneta*)

Obligatni paraziti prodiru preko penetracionog klina koji prolazi iz sredine apresorijuma, penetracioni klin raste u infektivnu hifu (*Microsphaera alphitoides*), potom infektivne hife evoluiraju u haustoriju

- ***Venturia inaequalis*** (prouzrokovatelj krastavosti lišća jabuke) prodire kroz kutikulu i zadržava se između nje i epidermisa – ne prodire kroz ćelijski zid
- ***Lophodermium seditiosum*** po klijanju askospora na površini četine formiraju apresorijum, a iz sredine apresorijuma formira se infektivna hifa koja mehanički probija kutikulu i epidermis

b. penetracija kroz ozlede

- sve bakterije virusi i većina mogu prodreti u biljku kroz različite tipove ozleda

c. penetracija kroz prirodne otvore

- mnoge gljive prodiru preko stoma, hidatoda, lenticela i korenovih dlačica
- ***Dothistroma pini*** inicijalnom hifom prodire u stomu gde se formira apresorijum; iz sredine apresorijuma infekciona hifa se širi u mezofil i luči toksin dothistromin kojim ubija ćelije
- hidatode (bakterije)
- lenticеле (gljive)

d. penetracija kroz korenove dlačice i ozlede

Armillaria spp. prodiru preko ozleda na korenu ili uz pomoć mehaničke snage rizomorfi

Phytophthora spp. prodiru preko finih korenovih dlačica ili ozleđenih mesta na korenu

3. Infekcija

- proces u kojem patogen uspostavlja kontakt sa osetljivim ćelijama ili tkivima domaćina i koristi hranljive materije iz njih
- parazit prestaje da raste na račun svojih rezervnih materija i koristi produkte metabolizama biljke domaćina
- za vreme infekcije patogen ispušta brojne biološki aktivne supstance (enzime, toksine, regulatore rasta) koje utiču na fiziološke procese u ćelijama domaćina

4. Inkubacija

- period od ostvarene infekcije do pojave prvih znakova zaraze tj. simptoma

dužina perioda inkubacije:

- *Sphaeropsis sapinea* (3-10 dana)
- *Lophodermium seditiosum* (2-3 meseca)
- *Dothistroma pini* (4-6 meseci)
- *Gymnosporangium sabinae* (1-2 godine)
- truleži drveta (do 7 godina)

5. Simptomi oboljenja

- nakon perioda inkubacije na obolelim biljkama se pojavljuju simptomi zaraze

specifični simptomi:

- ✓ katranasta pegavost lišća javora (*Rhytisma acerinum*)
- ✓ crvena prstenasta pegavost četina bora (*Dothistroma pini*)
- ✓ snežna gljiva (*Phacidium infestans*)

nespecifični simptomi:

zajednički za veći broj bolesti



Prema spoljnim manifestacijama na obolelim biljkama simptomi se mogu grupisati:

1. promene u boji
2. promene u morfologiji obolelih biljaka
3. hipertrofije
4. uvelost
5. nekroze
6. truleži
7. destrukcija
8. isticanje sluzi i smole
9. prisustvo parazitnog organizma na površini biljke

1. Promena boje

- ovi simptomi se ispoljavaju na zeljastim biljnim delovima, a nastaju kao rezultat potpunog ili delimičnog gubitka hlorofila
- **nespecifični simptom** (nije karakteristika jednog agensa i ne može se koristiti za tačnu dijagnozu):
 1. nedostatak ili suvišak hranljivih materija
 2. virusi
- simptomi promene boje se ispoljavaju kroz hlorozu koja nastaje usled razgradnje ili neobrazovanja hlorofila
- hloroza („krečna“ i „fosforna“) inhibicija jona Fe^{++}
- „mozaik“ - delimična hloroza je karakteristična za virusna obolenja (hlorofil se ne stvara u potrebnoj meri u lišću)

2. Promene u morfologiji obolelih biljaka

- Prisustvo patogena dovodi do različitih morfoloških promena (na lišću, izbojcima, cvetovima, plodovima, granama i stablima)

deformacije lišća:

- klobučavost lišća (*T. aurea*)
- kovrdžavost lišća (*T. deformans*)

deformacije izbojaka:

- krivljene izbojaka (*M. pinitorqua*)
- sušenje izbojaka iz tekuće vegetacije (*S. sapinea*)
- „veštičine metle“ (*M. caryophyllacearum*)



3. Hipertrofije

- nastaju kao rezultat uvećane deobe ćelija (reakcija biljke na napad patogena ili su abiotičkog porekla)
- ispoljavaju se u obliku zadebljanja, gala, guka, tumora

Bakterije:

bakterijski tumor (*A. tumefaciens*)

šuga jasena (*P. savastanoi* var. *fraxini*)



4. Uvelost

- Promena habitusa domaćina usled zapušavanja sprovodnih sudova
- Uvenueće prouzrokuju gljive koje se javljaju u sprovodnim sudovima
- *O. ulmi* na brestovima
- *V. albo-atrum* na javorima



5. Nekroza

- Simptomi nekroza se mogu videti na svim biljnim delovima: na lišću, četinama, kori, deblu, plodovima...
1. ospičavost lišća
 2. pegavost lišća
 3. antrahnoza (naglo izumiranje lišća i izbojaka)
 4. poleganje ponika
 5. nekroza kore
 6. mumifikacija plodova



6. Truleži

- javlja se na semenu, plodovima i drvetu
- nastaje kao posledica izumiranja ćelija srednje lamele usled delovanja pektolitičkih fermentata
- trulež izazivaju parazitske i saprofitske gljive

Trulež se razlikuje po:

1. boji (bela i mrka)
2. sadržaju vlage (suva i vlažna)
3. pravcu razlaganja drvnih vlakana (vlaknasta ili fibrozna, listasta ili lamelarna, prizmatična i rupičasta ili alveolarna)



7. Destrukcija

- javlja se na površini stabala i grana drvenastih biljaka (rak rane)
- rak rane nastaju pod uticajem parazitnih gljiva

N. galligena

(prouzrokuje višegodišnje otvorene rak rane sa koncentričnim krugovima)



8. Isticanje sluzi i smole

- isticanje sluzi se javlja na kori zaraženih stabala
Nectria coccinea (“bolest kore bukve”)
Aplanobacterium populi (bakterijski rak kore topole)
- lučenje smole nastaje pri napadu gljiva

Cronartium flaccidum (alepski bor)

Lachnelulla wilkomii (ariš)

Heterobasidion annosum (smrča)



Prisustvo parazitnog organizma na površini biljke

1. pepelnice (red *Erysiphales*)
2. čađavice
3. crna paučnavost četina
4. rđe (*Melampsora*, *Puccinia*)
5. katranasta pegavost (*Rhytisma acerinum*)
6. rizomorfe (*Armillaria* spp.)
7. sklerocije (*B. cinerea*, *R. solani*)
8. karpofore
9. imela



Uticaj ekoloških faktora na patogenezu

- uslovi za epidemiju: prisustvo parazita, osetljive biljke domaćina i povoljni klimatski uslovi
- ekološki faktori deluju na parazita, vektora parazita i na biljku domaćina, a najznačajniji su:
 - ✓ **klimatski faktori** (toplota, vlaga, vetar, svetlost)
 - ✓ **edafski** (pH zemljišta, plodnost, struktura zemljišta)
- ✓ ovi faktori ne deluju pojedinačno i jednostrano, već simultano i kompleksno

temperatura

- jedan od najvažnijih faktora za razvoj parazita
- *P. debaryanum* t=11°C ostvaruje 100% zaraze, a na temperaturu od 20°C nema uopšte zaraze
- gljiva može da ostvari infekciju kod mladih biljaka dok kortikalno tkivo nije odrvenelo

vlaga

- spore nekih gljiva prenose se isključivo u kapi vode
- klijanje pikno i zoospora 92-100%
- pepelnice klijaju pri nižoj vlažnosti

vetar

- važan ekološki faktor prenošenje spora (askospore, bazidiospore, ecdiospore, uredospore, konidije)

svetlost

- jača svetlost - intenzivniji proces fotosinteze stimuliše razvoj obligatnih parazita
- smena svetla i tame stimuliše klijanje spora i plodonošenje

Edafski uslovi

ph vrednost

- parazitne gljive se najbolje razvijaju u slabo kiseloj sredini
- prouzrokovajući poleganja ponika ne mogu se razvijati u zemljištu gde je $\text{pH} < 5$ (zakišeljavanje zemljišta – sulfat gvožđa)

Plodnost

- biljke na plodnom zemljištu bujnije i osetljivije na napad obligatnih parazita
- na siromašnom zemljištu biljke sporije rastu i podložne su napadu fakultativnih parazita

Epidemiologija biljnih bolesti

- sporadična bolest se javlja povremeno u nejednakim intervalima i zahvata relativno mali broj biljaka
- **Epifitocije:**
lokalne (na manjim površinama)
opšte (na velikim površinama i nanosi ogromne gubitke biljnoj proizvodnji)
- **pandemija** - bolest koja se proširi na više zemalja, pa i kontinenta i izazove propadanje pojedinih biljnih vrsta

Elementi epidemije

- Biljne epidemije nastaju kao rezultat istovremene kombinacije u dužem vremenskom periodu tri glavna elementa
 1. osetljiva biljka domaćin na velikom prostoru
 2. virulentni patogen
 3. povoljni uslovi spoljašnje sredine u dužem periodu

A

Патоген

Обиље вирулентних сојева патогена

Повољни услови који фаворизују болест

Околина

**Интензитет
болести**

Бројне осетљиве биљке

Домаћин



Otpornost biljaka prema bolestima

- **Otpornost** je sposobnost biljke da svojim odbrambenim reakcijama spreči napad, naseljavanje i širenje patogena
- biljke se od patogena brane kombinacijom dva arsenala oružja:
 1. **strukturnim karakteristikama** (fizička barijera za prodor i širenje patogena)
 2. **biohemijskim reakcijama** (u ćelijama i tkivima proizvode supstance toksične ili inhibitorne za patogena)

Prema Gäumann-u (1947) razlikujemo dva tipa specifične otpornosti:

1. **pasivna otpornost** (osobina koja postoji u biljci bez obzira na infekciju)
2. **aktivna otpornost** (nastaje u organizmu posle ostvarene zaraze i predstavlja aktivnu reakciju biljke na prodiranje i širenje patogena)

Aktivna otpornost biljaka

- 1. Horizontalna otpornost** (otpornost prema svim rasama istog patogena i posebno je izražena kod bolesti izazvanih fakultativnim parazitima. Ova otpornost se obezbeđuje akcijom više minor gena i odlikuje se stabilnošću imunoloških svojstava)
- 2. Vertikalna otpornost** (otpornost prema jednoj ili nekoliko dominantnih rasa parazita, a kontrolisana je sa jednim ili nekoliko major gena otpornosti. Ovaj tip otpornosti je znatno nestabilniji i kratkotrajniji u odnosu na horizontalnu otpornost jer se sa promenom rasnog sastava gubi)

Faktori pasivne otpornosti

• Prva linije odbrane biljke od patogena je površinska struktura njenih tkiva kroz koja patogen mora da prodre da bi došlo do infekcije. Ove strukture uključuju:

1. voštana prevlaka (vodotporna, slabo se kvasi, kapljice vode se lako spiraju odnoseći i spore gljiva)

2. kutikula (što je kutikula deblja, teži je prodor patogena, njene hemijske supstance deluju inhibitorno i toksično)

(M. alphitoides, B. cinerea, L. seditiosum)

3. struktura zidova epidermalnih ćelija (debljina i čvrstoća njihovog spoljnog zida povećava otpornost na patogene)

4. veličina, lokacija i oblik stoma i lenticela

(D.pini, S. sapinea)

Kako biljka prepoznaje patogena?

- Da bi se biljka odbranila od patogena ona mora što pre da aktivira sve svoje odbrambene kapacitete, da prepozna patogena i pošalje signale za uzbunu genima u jedru
- Različiti patogeni (gljive i bakterije) oslobađaju razne supstance (toksini, ugljeni hidrati, glikoproteini, masne kiseline, peptidi) koje se zovu ELICITORI (pobuđivači)
- Kada jednom posebni biljni molekul RECEPTOR prepozna i reaguje sa molekulom elicitorom patogena, pretpostavlja se da je biljka prepoznala patogena; tog trenutka u biljci nastaje serija biohemijskih reakcija i strukturnih promena sa ciljem da se ona odbrani od patogena

- Kada biljka “prepozna” patogena aktivira svoje odbrambene reakcije i u zaraženim ćelijama i tkivima obrazuje različite antimikrobne supstance:
 1. PR proteini (ispoljavaju visoku toksičnost prema parazitu)
 2. fitoaleksini (fenoli, terpenoidi, alkaloidi)
 3. glikozidi
 4. enzimi
 5. fenolna jedinjenja
- **FITOALEKSINI** su antibiotske materije koje nastaju u tkivima nakon ostvarene infekcije. Nazvani su prema biljci u kojoj su prvi put otkriveni (“fazeolin” iz pasulja, “pisatin” iz graška, “gliceolin” iz soje, “kapsidol” iz paprike, “rišitin” i „solanin“ iz krompira, „tomatin“ iz paradajza)

Aktivne odbrambene reakcije

1. histogene odbrambene reakcije
2. hipersenzibilne (nekrogene) reakcije

Histogene odbrambene reakcije

Za šumske vrste najznačajnije histogene reakcije: **stvaranje kalusnog tkiva, plute, gumoznih materija (tila) i obrazovanje smole**

1. stvaranje kalusa (kod drvenastih biljaka - *D. populea*, *C. parasitica*, *Nectria* vrste)
2. stvaranje plute (kod zeljastih biljaka)
3. stvaranje gumoznih materija (tila)
4. obrazovanje smole
5. prirodno odbacivanje donjih grana

Hipersenzibilne (nekrogene) reakcije

- Hipersenzibilne reakcije se ispoljavaju naglim izumiranjem parazitiranih ćelija

Pollaccia elegans



Polystigma rubrum

Osnovi opšte profilakse i terapije

Mere borbe protiv biljnih bolesti mogu biti:

preventivne (sprečava se pojava bolesti)

represivne (primenjuju se posle pojave bolesti)



kurativne

(lečenje obolelih biljaka)



eradikativne (uklanjanje

zaraženih biljaka i njihovih delova)

Sve mere borbe protiv bolesti šumskog drveća mogu se svrstati u tri grupe:

1. administrativne mere
2. uzgojno-tehničke
3. preventiva (profilaksa) i terapija

Administrativne mere

Administrativne mere obuhvataju:

1. zavođenje biljnog karantina
 2. organizaciju fitosanitarne službe
 3. organizaciju službe prognozno-izveštajnih poslova (PIS)
- Tokom 19. i 20. veka sa brzim razvojem transportnih sredstava i razmenom dobara između jako udaljenih krajeva, mnoge biljne bolesti (koje su imale lokalni karakter), prenete su u nova područja i dovele do ogromnih šteta
 - patogeni su uneti sa semenom, sadnim materijalom, drvetom
(*M. alphitoides*, *C. parasitica*, *C. ulmi*, *Cronartium ribicola*,
Chrysomyxa pirolata, „traheomikoze“)

- Ogromne štete koje su prouzrokovali uneseni paraziti u novim sredinama usloveli su nužnost uvođenja **BILJNOG KARANTINA** sa zadatkom da organizuje i sprovodi fitosanitarnu kontrolu pri uvozu i izvozu biljnog materijala sa ciljem da se spreči unošenje bolesti sa jednog kontinenta na drugi, iz jedne zemlje u drugu i sa jednog zaraženog područja u druga nezaražena područja.

Postoje dve vrste karantina:



spoljašnji



unutrašnji

Biljni karantin

- **spoljašnji karantin** reguliše odnose među državama pri uvozu i izvozu biljaka i njime se sprečava unošenje novih opasnih parazita u drugu državu; pri uvozu živih biljaka, svaka pošiljka mora da bude praćena fitopatološkim sertifikatom izdatim od priznate ustanove zemlje izvoznice kojim se potvrđuje da je materijal u pošiljci zdrav i da se na njemu ne nalaze opasni paraziti i štetočine
- **unutrašnji karantin** utvrđuje svaka država posebno, regulisan je propisima koji su obavezni samo za tu državu; cilj: da se spreči širenje već unetog organizma u druga nezaražena područja

(*Gremmeniella abietina*, *Chrysomyxa pirolata*)

Uspeh osnivanja šuma i zasada i kasniji razvoj biljaka zavise od:

1. izbora staništa
2. izbora vrste (sorte)
3. izbora tehnologije i primenjenih mera nega

Uzgojno-tehničke mere

(prema Uščupliću 1996)

1. selekcija
2. upotreba zdravog semena i sadnog materijala
3. pravilan izbor staništa za date vrste
4. način sadnje (duboka i plitka sadnja)
5. đubrenje (zasadi topola)
6. podizanje mešovityh sastojina
7. prorede u kulturama četinara
8. izbor sistema gazdovanja i način obnove šuma (sa stanovišta zaštite najpovoljniji je prebirni način gazdovanja)
9. trajanje ophodnje („patološka“ ophodnja) (*Heterobasidion annosum*, lažno srce bukve...)

Mehaničke mere borbe

Mehaničke mere borbe imaju zadatak da spreče rasejavanje i širenje parazita i to korišćenjem mehaničkih postupaka za uništavanje obolelih biljaka

1. sasecanje i uništavanje obolelih biljnih delova (*D. populea*, *G. abietina*, *C. ferruginosum*, *Nectria* sp.)
2. uništavanje biljnih organa u kojima prezimljava parazit (sakupljanje zaraženog lišća u rasadnicima)
3. uništavanje sporonosnih organa patogena (karpofore)
4. uklanjanje samih parazita („veštičine metle“, *V. album*)
5. krčenje panjeva (*A. mellea*)
6. uništavanje prelaznih biljaka hraniteljki (*P. graminis*, *M. pinitorqua*)

Fizičke mere borbe

- primenjuju se u zatvorenom prostoru (plastenici, staklare)
- dezinfekcija zemljišta
- fizički agensi: temperatura (visoka i niska), svetlost i različita zračenja
- **sterilizacija zemljišta** obavlja se zagrejanom vodenom parom ($t > 70^{\circ}\text{C}$, 2h)
- **termoterapija žira** (41°C , 2.5h): eliminišu se patogene gljive (*Ciboria batschiana*, *Phomopsis quercella*)

Hemijska sredstva

- hemijska sredstva koje se koriste u zaštiti bilja - PESTICIDI
- hemijska sredstva protiv fitopatogenih gljiva - FUNGICIDI

Većina fungicida se sastoji od

1. aktivne materije (obezbeđuje fungicidno dejstvo)
2. nosača (vrši razređenje)
3. aditiva (poboljšava opšta svojstva fungicida - kompatibilnost, perzistentnost, lepljivost, otpornost na ispiranje)

Fungicidi

- fungicidi su mnogo slabiji otrovnosti u odnosu na herbicide i insekticide
- fungicidi su alkalni i ne treba ih mešati sa insekticidima kisele reakcije

Istorijski razvoj proizvodnje i korišćenja fungicida

- Stara Grčka (1000 god. pre n. e.) **sumpor** korišćen za suzbijanje bolesti žita
- upotreba pravih fungicida u zaštiti bilja datira s početka 19. veka
- prve rezultate o vrednosti jednog fungicida dao Prevost (1807): otkrio letalno dejstvo **bakarnog sulfata** ($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$) na spore gljive *T. tritici*
- Kenrick (1833) otkrio fungicidnost **sumporno-krečne čorbe** i koristio ih protiv pepelnice vinove loze u SAD
- Millardet (1882) otkrio **bordovsku čorbu**; početak „bakarne ere“
- **ditiokarbamati** (1931) započinje „era organskih fungicida“ (tiram, cineb, ciram, maneb)

- početkom 60-tih otkriveni su **benzimidazoli** - prvi fungicidi sa specifičnim delovanjem, započinje „era sistemičnih fungicida“ (suzbijanje bolesti u post-infekcionom periodu)
- početkom 70-tih godina uvode se **triazoli** sistemični fungicidi, inhibitori biosinteze ergosterola, efikasni u malim dozama primene
- 90-tih godina prošlog veka otkriveni su **strobilurini** koji deluju na gljive iz klase Ascomycetes i Basidiomycetes; (veoma povoljnih toksikoloških i ekotoksikoloških svojstava i visoke toksičnosti u malim koncentracijama)

Najčešći fungicidi u šumarstvu

bakarni fungicidi – neorganska jedinjenja za preventivnu zaštitu (protektivni)

bakarni sulfat (plavi kamen, modra galica $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$):

visoko fungicidno dejstvo na spore gljiva

fitotoksičan već pri konc. 0,5%

kratkotrajan, spira ga prva kiša

koristi se za dezinfekciju semena, sadnog materijala, dezinfekciju zemljišta i spravljanje bordovske čorbe

bordovska čorba (nastaje mešanjem rastvora bakarnog sulfata i krečnog mleka):

širok spektar delovanja (konc. 1-3%)

teško se spira (dobro prijanja za biljke)

nije fitotoksičan

ne deluje na pepelnice

bakarni oksihloridi:

- ista efikasnost kao bordovska čorba
- jednostavna primena
- široka primena u šumarstvu (*D. pini*, *M. brunnea*, *Melampsora* spp.)

sumpor i sumporna jedinjenja:

- sumpor (S) ušao u široku primenu posle pojave pepelnice vinove loze (*U. necator*) 1846-1848.
- koristi se u elementarnom stanju ili u obliku jedinjenja polisulfida
- deluje u temperaturnom opsegu 15-30C°
- fitotoksičan >28C°

sumporno-krečna čorba:

- najvažnije i najviše korišćeno jedinjenje za suzbijanje pepelnice vinove loze u Francuskoj

ditiokarbamati:

derivati ditiokarbaminske kiseline, preventivni

prednosti

1. visoka fungicidnost prema velikom broju parazita
2. odsustvo fitotoksičnosti
3. neotrovan za čoveka i toplokrvne životinje
4. jednostavna i brza priprema rastvora

nedostaci

kratko trajanje zaštite (6-12 dana) i ne deluju na pepelnice

u šumarstvu značajni cineb, ciram, maneb, tiram (koristi se za dezinfekciju semena i zemljišta)

benzimidazoli:

„benomil“

- sistemični fungicid, sadrži benzolov i imidazolov prsten
- beli prah koji se slabo rastvara u vodi
- biljka ga apsorbuje preko lista i korena, širi se ksilemom
- u šumarstvu korišćen za suzbijanje gljive *D. pini* (Suvobor, Subotička peščara), efikasan i za *L. seditiosum* i *S. sapinea*
- povučen iz proizvodnje

Mehanizam delovanja najvažnijih fungicida

Prema mehanizmu delovanja fungicidi se dele u 2 grupe:

1. **nespecifično** (aktivna materija deluje na više mesta u ćeliji) - preventivni fungicidi
2. **specifično** (aktivna materija deluje na sasvim određenom mestu u ćeliji) - sistemični fungicidi

Fungicidi sa nespecifičnim delovanjem

- **bakarni preparati** deluju Cu^{++} jonima koji raskidaju peptidne veze (uvek na drugom mestu) tako da gljive ne mogu da stvore rezistentnost; denaturišu proteine i izazivaju smrt ćelije
- **sumporni preparati** - rastvaraju lipide u citoplazmatskoj membrani ćelije i dovode do gubitka vode što povlači sa sobom smrt ćelije (oidije)
- **ditiokarbamati** reaguju sa sulfhidrilnim grupama (SH) koju imaju enzimi dehidrogenaze i tako dovode do inaktivacije enzimskog sistema

Fungicidi sa specifičnim delovanjem

- **benzimidazoli:** inhibiraju ćelijsku deobu
- **triazoli:** inhibiraju biosintezu ergosterola
- **strobilurini:** deluju na tzv. mestu III mitohondrijalnog respiratornog lanca (sprečavaju ćelijsko disanje)

Biološke mere borbe

Umnožavanje i unošenje mikroorganizama koji su prirodni neprijatelji parazita gajenih biljaka

1. Superparaziti

- ✓ *Ampelomyces quisqualis* (na pepelnicama)
- ✓ paraziti bele imele (Karadžić i sar. 2004)

2. **Antagonisti** remete rast i preživljavanje biljnih patogena (koriste se protiv prouzrokovača poleganja ponika)

vrste roda ***Trichoderma***

1. lako se izoluju
2. dobro rastu na različitim supstratima
3. bezopasne su za više biljke
4. napadaju širok spektar biljnih patogena

Biološke mere borbe

- *T. harzianum* – *Botrytis cinerea*
 - *T. viride* - *Heterobasidion spp.*, *Armillaria spp.*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*
 - značaj plodoreda (Josifović, 1964)
3. **Kompeticija** (kada dva ili više mikroorganizama naseljavaju isti supstrat među njima dolazi do konkurencije; korišćenjem i forsiranjem mikroorganizma koji nije štetan za biljku, potiskuje se patogen koji može da izazove obolenje na istoj biljci)
- *Peniophora gigantea* i *Trichoderma viride* protiv *H. annosum* (tretiranje panjeva suspenzijom spora ovih gljiva)