

# PROUZROKOVAČI BAKTERIOZNE UVELOSTI PARADAJZA I ŽUTE UVELOSTI (STOLBUR) PAPRIKE I PARADAJZA

Katarina Gašić<sup>1</sup>, Milan Šević<sup>2</sup>, Aleksa Obradović<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Beograd

<sup>2</sup>Hladnjače Brestovik, Grocka

<sup>3</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd

E-mail: gasickatarina@yahoo.com

Rad primljen: 10.12.2017.

Prihvaćen za štampu: 23.12.2017.

## Izvod

Oboljenja bakteriozne prirode veoma su česta u usevima paradajza i paprike, posebno kada vremenski uslovi pogoduju nastanku i širenju infekcije. Među ekonomski najznačajnijim bakterijama koje ugrožavaju proizvodnju paradajza u svetu, izdvaja se prouzrokovač bakteriozne uvelosti paradajza *Ralstonia solanacearum*. Patogen se dugo održava u zemljištu i vodi. Naseljava ksilem biljaka onemogućavajući protok vode, usled čega dolazi do pojave uvelosti. Osim ovog patogena, simptome uvelosti paradajza i paprike može takođe prouzrokovati *Candidatus Phytoplasma solani* (Stolbur fitoplazma). Ovo oboljenje prenosi se cikadama, dok su glavni izvori infekcije korovske biljke. Cilj ovog rada je da se prikaže rasprostranjenost i ekonomski značaj navedenih oboljenja paradajza i paprike, kao i osnovne karakteristike njihovih prouzrokovača. Poznavanje simptomatologije i epidemiologije oboljenja je od posebnog značaja za pravilnu dijagnozu oboljenja i identifikaciju patogena, što doprinosi pravovremenoj i uspešnoj zaštiti.

**Ključne reči:** paradajz, paprika, *Ralstonia solanacearum*, *Candidatus Phytoplasma solani*, simptomi, epidemiologija, zaštita

## UVOD

Paradajz (*Solanum lycopersicum*) je jedna od ekonomski najvažnijih povrtarskih biljaka u svetu. Površine pod paradajzom zauzimaju 4,6 miliona ha, sa prinosom oko 130 miliona tona godišnje, od čega se u svežem stanju konzumira oko 88 miliona tona plodova, dok se oko 42 miliona tona prerađuje. Pet najvećih proizvođača paradajza u svetu su Kina, Evropska unija, Indija, SAD i Turska, čineći oko 70% svetske proizvodnje. U Evropskoj uniji paradajz zauzima prvo mesto po proizvodnji i potrošnji, obuhvatajući udeo od 19% među povrtarskim biljkama. U 2014. godini, zemlje EU proizvele su 16,6 miliona tona ovog povrća, što predstavlja 12% ukupne svetske proizvodnje (<https://www.eurofresh-distribution.com/>). U Srbiji se paradajz gaji na oko 11 000 ha sa tendencijom konstantnog porasta, dok prosečan godišnji prinos iznosi oko 170 000 tona (Republički zavod za statistiku, Beograd).

Paprika (*Capsicum annuum*) je, posle paradajza, najzastupljenija povrtarska vrsta u svetu. Među najznačajnije proizvođače paprike u svetu, ubrajaju se Kina, Meksiko, Turska i Indonezija (<http://www.fao.org>). U našoj zemlji paprika se gaji na oko 18 000 ha, dok je ukupan prinos u 2017. godini iznosio 200 000 t (Republički zavod za statistiku, Beograd).

Uspešna proizvodnja paradajza i paprike često je ugrožna aktivnošću prouzrokovaca bolesti, među kojima su razne vrste fitopatogenih gljiva, bakterija, fitoplazmi i virusa. Oboljenja bakteriozne prirode su veoma česta u usevima paradajza i paprike, posebno kada vremenski uslovi pogoduju nastanku i širenju infekcije. Među ekonomski značajnim bakterijama koje mogu ugroziti proizvodnju paradajza u svetu izdvaja se *Ralstonia solanacearum* [(Smith, 1896) Yabuuchi *et al.*, 1995], prouzročavac bakteriozne uvelosti različitih vrsta biljaka. *R. solanacearum* se ubraja među deset ekonomski najznačajnijih bakterija koje ograničavaju prinos i kvalitet poljoprivrednih biljaka u svetu (Mansfield *et al.*, 2012).

Simptome uvelosti paradajza i paprike izaziva i fitoplazma *Candidatus Phytoplasma solani* (Stolbur fitoplazma), koja može pričiniti značajne gubitke u proizvodnji ovog povrća. Fitoplazme su prokariotski organizmi bez ćelijskog zida, koji naseljavaju floem biljaka domaćina. Vektor prouzrokovaca stolbura su cikade, a najčešći izvor infekcije su korovske biljke.

Veliki ekonomski značaj i nedostatak efikasnih mera suzbijanja ovih patogena, uticali su da se nađu na A2 karantinskoj listi EPPO regiona (Evropska organizacija za zaštitu bilja), dok se u našoj zemlji, *R. solanacearum* i *Candidatus Phytoplasma solani* nalaze na karantinskoj listi IA deo I štetnih organizama Republike Srbije (EU, 1998; Pravilnik, 2009, 2010, 2015).

### ***Ralstonia solanacearum* - prouzročavac bakteriozne uvelosti paradajza**

**Rasprostranjenost i ekonomski značaj.** *R. solanacearum* je prouzročavac bakteriozne uvelosti preko 450 biljnih vrsta pripadnika više od 45 botaničkih familija (Elphinstone, 2005). Odgovorna je za velike gubitke u proizvodnji ekonomski značajnih biljnih vrsta. Usled širokog kruga domaćina, bakterija je rasprostranjena širom sveta, posebno u tropskim, subtropskim i umerenim rejonima. Za EPPO region, od posebnog značaja je rasa 3 (ekvivalent biovaru 2), koja se adaptirala na nešto hladnije vremenske uslove, te je njena pojava registrovana u kontinentalnim područjima i u mediteranskoj oblasti. Rasa 3 poseduje uzak krug domaćina i ispoljava visoku virulentnost prema krompiru, paradajzu i ostalim biljkama familije *Solanaceae*.

*R. solanacearum* spada u ekonomski najštetnije vrste fitopatogenih bakterija. Direktni gubici u prinosu variraju u zavisnosti od zaraženog domaćina, sorte, klimatskih uslova, tipa zemljišta i soja bakterije. Primera radi, gubici u usevu paradajza mogu iznositi do 91%, u krompiru od 33 do 90%, u duvanu od 10 do 30%, ili 80 do 100% u zasadima banana (Elphinstone, 2005). Najveći gubici, od 15% do potpunog gubitka prinosa, zabeleženi su na krompiru, paradajzu i duvanu u jugoistočnom delu SAD-a,

Indoneziji, Nepalu, Ugandi, Brazilu, Kolumbiji i Južnoj Africi ([https://www.eppo.int/QUARANTINE/data\\_sheets/bacteria/PSDMSO\\_ds.pdf](https://www.eppo.int/QUARANTINE/data_sheets/bacteria/PSDMSO_ds.pdf)). Pojava bakteriозne uvelosti ugrozila je proizvodnju paradajza na Tajvanu, gde je procenat zaraženih biljaka kod tolerantnih hibrida iznosio 15-26%, dok je kod ostalih intenzitet bolesti iznosio 55% (Hartman et al., 1991).

U našoj zemlji, prisustvo patogena detektovano je po prvi put 2010. godine u blizini Gornjeg Milanovca na biljkama krompira ([www.minpolj.gov.rs](http://www.minpolj.gov.rs)). Iako su preduzete mere eradikacije, prisustvo patogena je kasnije ponovo utvrđeno u uzorcima merkantilnog krompira u tri okruga u Vojvodini (Miijašević-Marčić i sar., 2013). Istim istraživanjima bakterija nije detektovana na paradajzu, korovskim biljkama niti u uzorcima vode (Miijašević-Marčić i sar., 2013).

**Simptomi na paradajzu.** Prvi vidljivi simptomi se uočavaju na najmlađem lišću paradajza u najtoplijem delu dana. Usled povoljnih meteoroloških uslova za razvoj patogena (temperatura zemljišta oko 25°C i zasićenost vazduha vodenom parom), vene jedna strana ili cela biljka za nekoliko dana, nakon čega sledi i celokupni kolaps biljke (Slika 1a). Usled manje povoljnih uslova spoljašnje sredine (temperatura zemljišta ispod 21°C), bolest se nešto sporije razvija, može doći do zakržljavanja biljaka kao i proizvodnje adventivnih korenova na stablu. Na uzdužnom preseku stabla zapaža se mrka boja sprovodnih sudova iz kojih se izlučuju kapljice bakterijskog eksudata (Slika 1b, 1c). (Champoiseau and Momol, 2009; Momol et al., 2014; OEPP/EPPO, 2004).

**Epidemiologija.** *R. solanacearum* se održava dugo u zemljištu i vodi, i upravo oni predstavljaju glavne izvore inokuluma. Bakterija obično zaražava biljke paradajza preko korena, prodirući kroz povrede ili prirodne otvore na korenu. Bakterija zatim naseljava ksilem proizvodeći ekstracelularne polisaharide koji blokiraju protok vode kroz stablo, što za posledicu ima totalni kolaps biljke tokom 2 do 5 dana (Rivard et al., 2012). Takođe, povrede na stablu tokom obavljanja agrotehnički mera ili usled dejstva insekata, mogu omogućiti ulazak patogena. Sa zaraženih na zdrave biljke patogen se širi sistemom za navodnjavanje. Visoke temperature 29-35°C posebno pogoduju razvoju bolesti.

Na preživljavanje patogena u zemljištu i vodi mogu uticati različiti faktori kao što su tip zemljišta i struktura, vlažnost i organski sastav zemljišta, pH vrednost vode i udeo soli, kao i prisustvo antagonista. Primera radi, na Floridi gde je bolest rasprostranjena, patogen se retko pojavljuje na zemljištima bogatim kalcijumom, visoke pH vrednosti. Umerena pH vrednost i umerena do visoka temperatura utiču na dužu vitalnost bakterije u zemljištu (Momol et al., 2014). Visoka vlažnost zemljišta i periodi vlažnog ili kišnog vremena pogoduju razvoju bolesti.



**Slika 1.** a) *R. solanacearum*. Uvelost biljaka paradajza; b) Mrka boja sprovodnog tkiva na uzdužnom preseku biljke paradajza; c) Isticanje bakterija u vodenu sredinu iz presečenog stabla biljke paradajza (Izvor: <https://www.forestryimages.org/>, Slike A i B: Don Ferrin, Louisiana State University Agricultural Center, Bugwood.org, Slika C: Jason Brock, University of Georgia, Bugwood.org)

Utvrđeno je da *R. solanacearum* poseduje i epifitnu fazu i može se naći na površini biljke. Međutim, ova činjenica je od manjeg značaja u epidemiologiji patogena s obzirom da patogen ne može dugo opstati kao epifit u uslovima visokih temperatura i niže vlažnosti vazduha (Champoiseau and Momol, 2009).

*R. solanacearum* može preživeti godinama u ostacima zaraženih biljaka u zemljištu, u vodi za navodnjavanje i u zaraženim korovskim biljkama. Iz ovih izvora, bakterija se širi u nezaražene useve ostacima zemljišta na mehanizaciji, kišnim kapima i sistemom za navodnjavanje. Zaražene poluakvatične korovske biljke doprinose širenju patogena tako što bakterije sa korena dospevaju u vodu za navodnjavanje. Pri niskim temperaturama, oko 4°C, koncentracija patogena naglo opada, ali bakterija još uvek može preživeti u latentnoj fazi. Rasa 3, biovar 2, može preživeti zimski period u semiakvatičnim korovima, biljnim ostacima ili u rizosferi biljaka koje nisu domaćini ali mogu predstavljati rezervoare infekcije (Champoiseau and Momol, 2009).

**Biologija patogena.** *Ralstonia solanacearum* (Smith) je ranije bila poznata kao *Pseudomonas solanacearum* (Smith) Smith. Narednih godina klasifikovana je u rod *Burkholderia* i kasnije u rod *Ralstonia* (Yabuuchi et al., 1995). Poslednjih godina otkriveno je najmanje 5 patogenih rasa i 6 biovara ove bakterije (Buddenhagen et al., 1962, Hayward, 1964; Hayward et al., 1991; He et al., 1983; Xue et al., 2011). Bakterija je štapićasta, asporogena, gramnegativna, aerobna, veličine  $0,5-0,7 \times 1,5-2,5 \mu\text{m}$ , sa jednom polarnom cilijom. *R. solanacearum* je pozitivna na test oksidaze i katalaze, ne stvara fluorescentni pigment u podlozi, ima sposobnost nagomilavanja čestica poli- $\beta$ -hidroksibutirata. Stvara kiselinu iz većeg broja ugljenih hidrata, peptonizira mleko, ne razlaže škrob i želatin, redukuje nitrate, stvara amonijak i  $\text{H}_2\text{S}$  i ne stvara indol. Bakterija se razvija u prisustvu 0,5% i 1% NaCl ali ne u 2% NaCl (Arsenijević, 1997; Momol et al., 2014).

Pored virulentnih sojeva, postoje i avirulentne forme bakterije. Prelazak iz virulentne u avirulentnu formu se javlja tokom čuvanja ili usled šoka nastalim zbog prisustva kiseonika u tečnim podlogama (Champoiseau and Momol, 2009). Virulentne kolonije su uglavnom fluidne i nepravilnog oblika. Na hranljivom agaru, virulentne kolonije su biserno-bele, ravne, nepravilne i fluidne, često sa karakterističnim obodom. Na Kelmanovoj podlozi, tipične virulentne kolonije su ravne, kremaste, nepravilne i fluidne sa crvenim centrom. Avirulentne forme su tamno crvene boje. Na SMSA podlozi, tipične virulentne kolonije su mlečno-bele, ravne, nepravilne i fluidne sa crvenim centrom. Avirulentne forme razvijaju manje fluidne kolonije koje su u potpunosti roze do crvene boje.

*R. solanacearum* se može čuvati godinama u sterilnoj destilovanoj vodi pri sobnoj temperaturi, bez značajnog gubitka virulentnosti. Ipak, preporuka je da se sojevi čuvaju u podlozi sa glicerolom pri -80°C.

*R. solanacearum* je veoma kompleksna vrsta. Patogen je u početku diferenciran u 3 rase, u zavisnosti od biljne vrste koju inficira. Rasa 1 se održava u tropskim oblastima i zaražava paradajz, duvan, krompir i druge vrste iz familije *Solanaceae*. Optimalna temperatura za njen razvoj je 35-37°C. Rasa 2 se uglavnom sreće u tropskim oblastima Južne Amerike i zaražava banane i *Heliconia* sp. a takođe je prisutna i na Filipinima. Rasa 3, koja se javlja na višim nadmorskim visinama u tropskim i subtropskim oblastima, parazitira krompir, paradajz, povremeno *Pelargonium zonale*, papriku, kao i neke korove iz familije *Solanaceae* (*Solanum nigrum* i *Solanum dulcamara*). Ova rasa ima nešto niži temperaturni optimum (27°C). Kasnije su izdvojene još dve rase patogena, rasa 4 koja parazitira đumbir, i rasa 5 specijalizovana za *Morus* sp. (Buddenhagen et al., 1962; Hayward, 1964; Hayward et al., 1991; He et al., 1983).

Pored rase, *R. solanacearum* je podeljena na 5 biovara, na osnovu sposobnosti razgradnje određenih ugljenikovih jedinjenja (Hayward, 1964, 1994). Biovari nisu u korelaciji sa rasama, osim rase 3 koja je ekvivalentna biovaru 2 (Hayward, 1983). Kasnije, izdvojena je nova grupa *R. solanacearum* izolata iz originalnog biovara 2 koja koristi ribozu i trehalozu (Hayward, 1994). Ova grupa dobila je naziv biovar 2-T ili biovar N2, dok se originalni biovar 2 sada označava 2-A, (OEPP/EPPO, 2004).

Od strane Fegan i Prior (2005) predložena je nova klasifikacija na 4 filotipa, na osnovu analize 16S-23S ITS regiona i „housekeeping” gena *Endoglucanase* i *MutS*. Filotip I obuhvata sojeve poreklom iz Azije (biovari 3, 4, 5 i 6), filotip II sojeve iz Amerike (biovari 1, 2 i 2T), filotip III obuhvata sojeve iz Afrike (biovari 1 i 2T), i filotip IV sojeve iz Indonezije (biovari 1, 2 i 2T) (Fegan and Prior, 2005; Wicker et al., 2007; Champoiseau and Jones, 2009).

Rase 1 i 3 mogu izazavati bakterioznu uvelost paradajza praćenu sličnim simptomima bolesti. Rasa 1 ogovara biovarima 1, 3 i 4 i obuhvata sojeve sva 4 filotipa. Ovi sojevi imaju širok krug domaćina i mogu parazitirati brojne druge ekonomski značajne biljne vrste (banana, plavi patlidžan, kikiriki, paprika, krompir i duvan). Ovi sojevi su uglavnom rasprostranjeni u tropskim i subtropskim predelima i ne

moгу preživeti u hladnim vremenskim uslovima. S druge strane, rasa 3, koja ogovara biovaru 2 (ili 2-A) ima ograničen krug domaćina. Ova rasa je u početku opisana kao patogen krompira i paradajza, dok je kasnije utvrđeno da parazitira i plavi patlidžan, papriku i korovske vrtse familije *Solanaceae* (Champoiseau and Momol, 2009).

**Mere zaštite.** Bakterioznu uvelost paradajza je veoma teško kontrolisati i za sada ne postoji strategija koja bi bila u potpunosti efikasna. Hemijske mere u vidu primene jedinjenja na bazi bakra i antibiotika (streptomycin, ampicilin, tetraciklin i penicilin) su pokazale izvesnu efikasnost u suzbijanju *R. solanacearum* u uslovima polja ali pored toga što negativno utiču na životnu sredinu, njihova primena je dosta skupa. Integralna zaštita koja obuhvata različite metode borbe, otporne sorte, agrotehničke mere, i upotrebu hemijskih i biološki sredstava za zaštitu, treba biti primenjena u oblastima gde se patogen pojavljuje.

U praksi, otporne sorte često daju sitnije plodove, te nisu prihvatljive u komercijalnim zasadima paradajza. Takođe, otpornost sorti može varirati u zavisnosti od temperature i područja, usled razlike u sojevima *R. solanacearum*. Fumigacija zemljišta može dati određene rezultate ukoliko se primeni sa ostalim merama borbe. Biološka kontrola primenom antagonista dala je rezultate u eksperimentalnim uslovima, ali je neophodno postići efikasnost i na većim površinama. Primena Actigard-a (Bion), preparata koji indukuje sistemsku otpornost biljaka, u kombinaciji sa umereno otpornom sortom paradajza, pokazala je da povećava otpornost prema bolesti na poljima Floride (Champoiseae and Jones, 2009).

U okviru Programa mera zaštite zdravlja bilja, u našoj zemlji se sprovodi poseban nadzor nad ovim patogenom radi njegovog pravovremenog otkrivanja i suzbijanja. Poseban nadzor obuhvata pregled biljaka i krtola krompira i pregled biljaka paradajza, drugih biljaka domaćina uključujući samonikle biljke iz familije *Solanaceae*, a naročito *Solanum dulcamara*, zatim površinskih i otpadnih voda, kao i pregled propisanih objekata. Sve ove mere imaju za cilj da spreče ulazak patogena u našu zemlju, kao i da obezbede pravovremenu reakciju stručnih službi u cilju njegovog suzbijanja.

### ***Candidatus Phytoplasma solani* – prouzrokovatelj žute uvelosti paprike i paradajza**

**Rasprostranjenost i ekonomski značaj.** Oboljenje koje izaziva *Candidatus Phytoplasma solani* (Stolbur fitoplazma) je široko rasprostranjeno i ekonomski štetno, posebno kod biljaka porodice *Solanaceae*. Ustanovljeno je u zemljama centralne i južne Evrope i u Rusiji. Međutim, njegova dominantna rasprostranjenost je u zemljama sa toplijom i suvom klimom duž Sredozemlja, kao što su Fancuska, Srbija, Hrvatska, Crna Gora, Makedonija, Bugarska i Rumunija. Prvi podaci o stolburu na prostoru bivše Jugoslavije potiču od pre šezdesetak godina (Panjan, 1950) i uglavnom se odnose na etiologiju oboljenja i zaštitu. Aleksić i saradnici (1989) navode da je stolbur prisutan u svim krajevima naše zemlje na paprici, paradajzu i plavom patlidžanu. U godinama epidemijske pojave, može smanjiti prinos paprike,

plavog patlidžana i krompira za 30-70%, a prinos paradajza do 50% (Aleksić i sar., 1989).

Stolbur fitoplazma parazitira preko 45 vrsta familije *Solanaceae*, među kojima su najznačajniji paprika, paradajz, plavi patlidžan, krompir i duvan. Prema novijim saznanjima domaćini stolbur fitoplazme su i vinova loza, kukuruz, šećerna repa i kupina (Duduk et al., 2004; Duduk and Bertaccini, 2006; Jović et al., 2007; Kuzmanović i sar 2011). Prema ovom patogenu su u prirodi osetljive i biljke štitonoše (fam. *Umbelliferae*), mrkva i celer. Među biljkama iz spontane flore osetljive su *Altopa belladonna*, *Cichorium intybus*, *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*, *Datura stramonium*, *Lepidium draba*, *Physalis peruviana*, *Solanum dulcamara*, *Vicia rosea* i dr.

**Simptomi na paradajzu.** Karakteristični simptomi uočljivi su na vršnim grančicama, a posebno na cvetovima paradajza. Vršno lišće zaraženih biljaka je sitno, a pojedini listići su hlorotični, sa skraćenom peteljkom (Slika 2). Ponekad se pojedinačni listići preobražavaju u novi složeni listić. Nervi s naličja lista su plavičastomodre boje. Čašični listići cveta se povećavaju, izdužuju i međusobno srastaju, gradeći čašu nekoliko puta veću od normalne, koja najčešće zatvara unutrašnje delove cveta, prašnike i tučak. Oni ostaju umanjeni i izobličeni, a često i potpuno zeleni (patološko zelenilo). Cvetovi su sterilni. Peteljke obolelih cvasti mogu biti znatno duže, a ponekad znatno kraće od peteljki zdravih cvasti. Plodovi zametnuti pre zaraze sporije sazrevaju, a u toku zrenja većinom postaju ružičasti ili delimično crvenkasti. Mesnati deo ploda je vodenast, a središnji (placenta) stvrdnut zbog povećanja drvenastih sastojaka u sprovodnim sudovima. Plodovi su neupotrebljivi, neukusni su i bez prirodne kiselosti. Sa promenom kvaliteta smanjuje se količina soka u plodovima i preko 30%. Zbog ovih promena stolbur je, kada se masovno pojavi, jedno od najštetnijih oboljenja paradajza (Šutić, 1995).

**Simptomi na paprici.** Pojava žutila na svim biljnim delovima osnovni je simptom oboljenja na paprici (Slika 2). Žutilo se prvo uočava na vršnom lišću i zatim se brzo širi na ostale organe biljke. Promena boje zahvata cele liske, a u ređim slučajevima samo tkiva između nerava, dok sami nervi zadržavaju manje ili više zelenu boju. Pošto zahvati cele biljke, žutilo se kasnije ne povlači. Osim toga, zaražene liske se uvijaju, uspravnije su, krte i pri prelomu pucketaju. Turgor zaraženih biljaka opada progresivno bez obzira na vlažnost zemljišta i jačinu insolacije. Gubitak turgora predstavlja nepovratno stanje. U to vreme javljaju se početne nekroze na vršnim delovima korena. Sa razvojem oboljenja ove promene se šire dok ne zahvate i ceo korenov sistem.



**Slika 2.** *Candidatus Phytoplasma solani*. Simptomi žute uvelosti paradajza (levo) (Izvor: <https://www.forestryimages.org/>. Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Bugwood.org) i paprike (desno) (Izvor: <http://www.genlogs.com/st.html>)



**Slika 3.** *Hyalesthes obsoletus* – vektor Stolbur fitoplazme ([www.seedquest.com](http://www.seedquest.com))

Tada biljke venu i suše se. Po žutoj boji uvelih biljaka oboljenje je nazvano žuta uvelost paprike. Sa pojavom prvih znakova žutila biljke prestaju da rastu, ne cvetaju, a razvijeni zametnuti plodovi, ostaju praktično neupotrebljivi. Zbog ovakvih promena, u godinama pojave, stolbur predstavlja veoma štetno oboljenje paprike (Šutić, 1995).

**Epidemiologija.** Fitoplazma stolbura održava se u višegodišnjim i jednogodišnjim domaćinima. U višegodišnjim domaćinima, kao što je poponac (*Convolvulus arvensis*) i obična renika (*Lepidium draba*), stolbur se održava preko zime i prenosi iz godine u godinu. Prenosioci patogena iz zaraženih na zdrave biljke su cikade, među kojima su *Hyalesthes obsoletus*, *Aphrodes bicinctus*, *Euscelis plebejus* i *Macrosteles laevis*. U našoj zemlji najrasprostranjenija i kao vektor najaktivnija vrsta je *H. obsoletus* (Slika 3). Aleksić i saradnici (1969) ustanovili su da je ova cikada prenela zarazu na preko 50% ispitivanih biljaka paprike, oko 22% biljaka paradajza, 44% biljaka plavog patlidžana i na oko 33% biljaka poponca. Ova cikada može se zaraziti fitoplazmom u svim razvojnim stadijumima. Cikada se zaražava hraneći se najmanje 15 minuta na obolelim biljkama i nakon nekoliko dana inkubacije postaje infektivna. Jednom zaražena cikada ostaje doživotno prenosilac fitoplazme (Šutić, 1995).

Cikade su relativno pokretni organizmi. Jedna jedinka može da zarazi veći broj biljaka. Oplodene ženke polažu jaja u grupama na površini zemlje, u blizini poponca i drugih zimskih domaćina. Izlegle larve hrane se na korenu ovih biljaka i uoči zime povlače se u dubinu zemlje 30 do 35 cm. S proleća nastavljaju razvoj sve do stadijuma imaga. Ako su biljke, zimski domaćini, zaraženi fitoplazmama, larve postaju infektivne i svoju infektivnost prenose na odrasle cikade (imago). Imago je odmah po nastajanju, sposoban da zarazi osetljive biljke u polju (Šutić, 1995).



Proučavanja u nas pokazala su da su pojave i širenje stolbura usko vezani za početak i dinamiku eklozije cikada (Aleksić i sar., 1989). Prema ovim istraživanjima eklozija cikada počinje krajem juna i početkom jula. Posle toga, polovinom jula počinje njihov masovni let, da bi se naglo smanjio krajem istog meseca i početkom avgusta. U skladu sa letom cikada, prve zaražene biljke javljaju se mesec dana kasnije, krajem jula i početkom avgusta, da bi najveći broj dostigle polovinom avgusta. Epidemije stolbura neposredno zavise od uslova za razvoj i širenje *H. obsoletus*. Kako je ova cikada termofilni organizam, to se stolbur u sušnim i toplim godinama masovno javlja, a povlači u kišnim godinama. Tako su u proteklom periodu, u slivu Morave zabeležene dve takve epidemije, prva od 1951 do 1956. godine i druga od 1961 do 1968. godine (Aleksić i sar., 1989).

**Biologija patogena.** Fitoplazme su obligatni intracelularni mikroorganizmi, bez ćelijskog zida, koji nastanjuju floem biljaka. Pleomorfne su građe, prečnika manjeg od 1  $\mu\text{m}$  i sa veoma malim genomom (680-1600 kb) (Bertaccini and Duduk, 2009). Po najnovijoj klasifikaciji, fitoplazme pripadaju rodu *Candidatus* Phytoplasma (IRPCM, 2004). Nova vrsta u okviru roda *Candidatus* Phytoplasma može biti nazvana po mestu ili biljci domaćinu gde je prvi put otkrivena. Na osnovu tih pravila fitoplazma stolbur je klasifikovana kao vrsta *Candidatus* Phytoplasma solani (IRPCM, 2004) jer je prvi put otkrivena u paradajzu i krompiru. Za određivanje podgrupe fitoplazmi koristi se analiza polimorfizma restrikcionih fragmenata (eng. Restriction Fragment Length Polymorphism - RFLP) 16S rRNK gena. Na osnovu rezultata dobijenih pomoću ove metode stolbur fitoplazma pripada grupi 16Sr XII-A.

**Mere zaštite.** Suzbijanje prouzrokovača stolbura je vrlo teško i do sada nema odgovarajućih rešenja. Najefikasnije mere zaštite obuhvataju korišćenje zdravog sadnog materijala, zatim uništavanje izvora inokuluma, pre svega korova u i oko zasada. Preporučuje se hemijsko suzbijanje cikada, ali ova mera često nije u potpunosti efikasna. Razlog nedovoljno efikasnog delovanja insekticida je u tome što infektivne cikade posle eklozije obave zarazu osetljivih biljaka pre nego što na njih počne da deluje insekticid (Šutić, 1995). Praćenje leta cikada vrši se hvatanjem pomoću žutih lepljivih lovnih ploča.

U cilju sprečavanja širenja zaraze, osetljive biljke ne treba gajiti u mešovitom sastavu niti u međusobnoj neposrednoj blizini. U uslovima povoljnim za epidemiju stolbura gajiti rane sorte paprike i paradajza kako bi se postigla što ranija berba, pre masovnog zaražavanja biljaka (Aleksić i sar., 1989).

### Zahvalnica

Ovaj rad realizovan je u okviru projekta III46008 "Razvoj integrisanih sistema upravljanja štetnim organizmima u biljnoj proizvodnji sa ciljem prevazilaženja rezistentnosti i unapređenja kvaliteta i bezbednosti hrane", koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- Aleksić, Ž., Aleksić, D., Šutić, D. (1989): Bolesti povrća i njihovo suzbijanje Nolit.
- Arsenijević, M. (1997): Bakterioze biljaka. S-print, Novi Sad.
- Bertaccini, A., Duduk, B. (2009): Phytoplasma and phytoplasma diseases: a review of recent research. *Phytopathologia mediterranea*, 48: 355–378.
- Buddenhagen, I.W., Sequeira, L., Kelman, A. (1962): Designation of races of *Pseudomonas solanacearum*. *Phytopathology* 52, 726.
- Champoiseau, P. G., Momol, T. M. (2009): Bacterial wilt of tomato. [http://plantpath.ifas.ufl.edu/rsol/Trainingmodules/RalstoniaR3b2\\_Sptms\\_Module.html](http://plantpath.ifas.ufl.edu/rsol/Trainingmodules/RalstoniaR3b2_Sptms_Module.html)
- Duduk, B., Bott, S., Ivanovic, M., Krstic, B., Dukic, N., Bertaccini, A. (2004): Identification of phytoplasmas associated with grapevine yellows in Serbia. *J Phytopathol* 152: 575–579.
- Duduk, B., Bertaccini, A. (2006): Corn with symptoms of reddening: new host of stolbur phytoplasma. *Plant Dis* 90: 1313–1319.
- Elphinstone, J.G. (2005): The current bacterial wilt situation: a global overview. In: Allen C, Prior P, Hayward AC, editors. *Bacterial Wilt Disease and the Ralstonia solanacearum Species Complex*. American Phytopathological Society Press; St Paul, MN: 2005. pp. 9–28.
- EU Council Directive 98/57/EC of 20 July 1998 on the control of *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. *Off J Eur Communities L*, (1998). 235, 1-39.
- Fegan, M., Prior, P., (2005): How to complex is the *Ralstonia solanacearum* species complex. In: Allen C., Prior P., Hayward A.C. (eds). *Bacterial Wilt: the Disease and the Ralstonia solanacearum Species Complex*, pp. 449-461. APS Press, St. Paul, MN, USA.
- Hartman, G.L., Hong, W.F., Wang, T.C. (1991): Survey of bacterial wilt on fresh market hybrid tomatoes in Taiwan. *Plant Protection Bulletin, Taiwan*, 33(2):197-203
- Hayward, A.C. (1964): Characteristics of *Pseudomonas solanacearum*. *Journal of Applied Bacteriology*, 27, 265-277.
- Hayward, A.C. (1983): *Pseudomonas solanacearum*: bacterial wilt and moko disease. In: *Plant bacterial diseases* (Ed. by Fahy, P.C.; Persley, G.J.), pp. 129-135. Academic Press, Sydney, Australia.
- Hayward, A.C. (1991): Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *pseudomonas solanacearum*. *Annual Review of Phytopathology*, 29, 65-87. pmid:18479193.
- Hayward, A.C. (1994): Systematics and phylogeny of *Pseudomonas solanacearum* and related bacteria. In: Hayward AC, Hartman GL (Eds.) *Bacterial Wilt: The Disease and its Causative Agent, Pseudomonas solanacearum*. Wallingford, CAB International.
- He, L. Y., Sequeira, L., and Kelman, A. (1983): Characteristics of strains of *Pseudomonas solanacearum*. *Plant Dis*. 67, 1357–1361. doi: 10.1094/PD-67-1357.
- IRPCM (2004): ‘Candidatus Phytoplasma’, a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonise plant phloem and insects. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 54, 1243–1255.
- Jović, J., Čvrković, T., Mitrović, M., Krnjajic, S., Redinbaugh, M.G., Pratt, R.C., Gingery, R.E., Hogenhout, S.A. and Tosevski, I. (2007): Roles of stolbur phytoplasma and *Reptalus panzeri* (Cixiinae, Auchenorrhyncha) in the epidemiology of maize redness in Serbia. *European Journal of Plant Pathology* 118, 85–89.

- Kuzmanović, S., Starović, M., Pavlović, S., Gavrilović, V., Aleksić, G., Stojanović, S., Jošić, D. (2011): Detekcija Stolbur fitoplazme na kupini kao novom domaćinu u Srbiji. *Genetika*, 43(3), 559-568.
- Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P., Dow, M., Verdier, V., Beer, S.V., Machado, M.A., Toth, I., Salmond, G., Foster, G.D. (2012): Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13: 614–629.
- Milijašević-Marčić, S., Todorović, B., Potočnik, I., Rekanović, E., Stepanović, M., Mitrović, J., Duduk, B. (2013): *Ralstonia solanacearum*: A new threat to potato production in Serbia. *Pesticidi i fitomedicina*, vol. 28, br. 4, str. 229-237
- Momol M.T., Ji, P., McCarter, S.M. (2014): Bacterial Wilt. In: *Compendium of Tomato Diseases and Pests*. Eds: Jones, J.B., Zitter, T. A., Momol, T. M., Miller, S. A. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- OEPP/EPP (2004): Standards PM 7/21(1). Diagnostic protocol for regulated pests. *Ralstonia solanacearum*. Bulletin OEPP/EPP Bulletin, 34, 173 –178.
- Panjan, M. (1950): Reserches sur stolbur des Solanaceae et le mode de lutte.- *Plant Protection*, 2: 49-58.
- Pravilnik o izmenama pravilnika o listama štetnih organizama i listama bilja, biljnih proizvoda i propisanih objekata. *Službeni glasnik Republike Srbije*, 57/15.
- Pravilnik o listama štetnih organizama i listama bilja, biljnih proizvoda i propisanih objekata. *Službeni glasnik Republike Srbije*, 7/2010, 22/2012.
- Pravilnik o merama otkrivanja, sprečavanja širenja i suzbijanja štetnog organizma *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. prouzrokovača mrke truleži krtola krompira i bakterijskog uvenuća krompira i paradajza, načinu određivanja granica zaraženog, ugroženog i područja bez štetnog organizma, uslovima za okončanje naloženih mera, kao i načinu obaveštavanja o preduzetim merama i prestanak mera. *Službeni glasnik Republike Srbije*, 107/2009.
- Rivard, C. L., O'Connell, S., Peet, M. M., Welker, R. M., and Louws, F. J. (2012): Grafting tomato to manage bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* in the southeastern United States. *Plant Dis.* 96:973-978.
- Šutić, D. (1995): Viroze biljaka. Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu
- Xue, Q.Y., Yin, Y.N., Yang, W., Heuer, H., Prior, P., Guo, J.H., Smalla K. (2011): Genetic diversity of *Ralstonia solanacearum* strains from China assessed by PCR-based fingerprints to unravel host plant- and site-dependent distribution patterns. *FEMS Microbiology Ecology* 75: 507-519.
- Yabuuchi, E., Kosako, Y., Yano, I., Hotta, H., Nishiuchi, Y. (1995): Transfer of two *Burkholderia* and an *Alcaligenes* species to *Ralstonia* gen. nov.: Proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston, Palleroni and Douderoff 1973) comb. nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) comb. nov. and *Ralstonia eutropha* (Davis 1969) comb. nov. *Microbiology and Immunology* 39, 897-904.

**Abstract**  
**BACTERIAL WILT OF TOMATO AND STOLBUR**  
**OF TOMATO AND PEPPER**

**Katarina Gašić<sup>1</sup>, Milan Šević<sup>2</sup>, Aleksa Obradović<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Institute for Plant Protection and Environment, Belgrade

<sup>2</sup>"Cold storage", Brestovik, Grocka

<sup>3</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade

E-mail: gasickatarina@yahoo.com

Bacterial diseases are very common in tomato and pepper crops, especially under favourable weather conditions. One of the economically most important pathogens that affect tomato production worldwide is *Ralstonia solanacearum*, causal agent of bacterial wilt of tomato. The pathogen survives in soil and water. It colonizes xylem, clogs the vascular tissue preventing water movement throughout the stem, causing collapse of the infected plants. In addition, wilting of tomato and pepper can be caused by *Candidatus Phytoplasma solani* (Stolbur Phytoplasma). Main sources of infection with this pathogen are wild plants from where it is further transmitted by feeding of leafhopper vectors. The aim of this paper is to point to distribution and economic importance of those diseases, as well as characteristics of the pathogens. Information about symptoms and epidemiology of the disease are important for an accurate disease diagnosis and pathogen identification, which contributes to the timely and successful protection strategy.

**Key words:** tomato, pepper, *Ralstonia solanacearum*, *Candidatus Phytoplasma solani*, symptoms, epidemiology, control