

Abstract
FIRST APPEARANCE *Paecilomyces niveus*
(STOCK & SAMSON 1971) ON PEA IN SERBIA

**Vasiljka Dragić¹, Stevan Maširević¹, Sunčica Kocić – Tanackov²,
Marija Škrinjar², Melita Feldeždi³, Slobodan Vlajić¹**

¹University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia

²University of Novi Sad, Faculty of Technology, Novi Sad, Serbia

³Biogenesis d.o.o., Bačka Topola, Serbia

E-mail: vasiljka.dragic@gmail.com

Pea represents major agricultural species, much appreciated in diet. Peas seeds carries large number of pathogens that can be significant factor of reduction in yield and quality. The main goal of this paper was examination of micropopulation pea seeds. Experiment was set up during 2014, while harvesting via standard methods seed samples were taken for testing on presence of pathogens. After sporulation 47 isolates were separated in pure cultures, from which five isolates, with characteristic pink colored mycelium, that was determined as species *Paecilomyces niveus*. According to literature data *P. niveus* was never identified on pea seed in our country so this finding can be considered as first.

Key words: peas, isolates, identification, *Paecilomyces niveus*

**'*Candidatus* Liberibacter solanacearum' – NOVI PATOGEN
BILJAKA IZ FAMILIJE APIACEAE**

**Aleksa Obradović, Dušanka Jerinić-Prodanović, Milan Ivanović, Anđelka
Prokić, Nemanja Kuzmanović, Nevena Zlatković, Žaklina Pavlović**

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun

E-mail: aleksao@agrif.bg.ac.rs

Rad primljen: 21.06.2016.

Prihvaćen za štampu: 22.06.2016.

Izvod

Fastidiozna bakterija '*Candidatus* Liberibacter solanacearum' poznata je kao prouzrokovatelj destruktivnog oboljenja „zebrasti čips“, a od nedavno i kao prouzrokovatelj bolesti hlorotičnog slabljenja biljaka iz porodice Apiaceae. Kao patogen krompira '*Ca. L. solanacearum*' poznat je već deceniju unazad u proizvodnim re-

gionima Amerike i Novog Zelanda. Međutim, na evropskom kontinentu, prisustvo ove bakterije prvi put je potvrđeno na zaraženim biljkama mrkve i celera, što je ukazalo na širi krug domaćina ovog patogena. Areal rasprostranjenja u Evropi obuhvata Finsku, Švedsku, Norvešku, Španiju, Francusku i Nemačku. Kao posledica infekcije dolazi do promena u boji listova, kržljivosti izdanaka, dok najznačajnije štete nastaju usled proliferacije korena. S obzirom na značaj proizvodnje mrkve u našoj zemlji, cilj ovog preglednog rada je da se ukaže na pojavu i rasprostranjenost navedenog destruktivnog oboljenja, karakteristike patogena, simptomatologiju, načine prenošenja, metode detekcije i identifikacije neophodne za pouzdanu i pravovremenu dijagnozu oboljenja, kao i mere zaštite pre nego što ovaj patogen dospe u našu zemlju.

Ključne reči: mrkva, celer, hlorotično slabljenje, *Candidatus Liberibacter*, epidemiologija, *Trioza apicalis*, *Bactericera trigonica*, zaštita.

UVOD

'*Candidatus Liberibacter solanacearum*' (sin. '*Ca. L. psyllaourous*') je poznat kao prouzrokovatelj destruktivnog oboljenja krompira pod nazivom zebrasti čips (ZČ). Areal rasprostranjenosti obuhvata proizvodna područja Amerike i Novog Zelanda. Međutim, od nedavno na tlu Evrope prouzrokuje hlorotično slabljenje štitonoša, dovodeći do značajnih ekonomskih gubitaka (Crosslin i sar. 2010; Alfaro-Fernandez i sar., 2012a,b; Munyaneza, 2012). Osim smanjenja prinosa, bolest dovodi do opšteg slabljenja i zaostajanja u porastu, praćenog pojavom žutila i promenama u boji listova biljaka mrkve (Munyaneza i sar., 2010a). Na biljkama celera, patogen prouzrokuje uvijanje stabla i izraženu proliferaciju izdanaka (Teresani i sar., 2014). '*Ca. L. solanacearum*' se u prirodi prenosi insektima iz reda Hemiptera. Mrkvina lisna buva, *Trioza apicalis* i *Bactericera trigonica* odgovorne su za prenošenje bakterije u Severnoj Evropi i na području Mediterana, dok na američkom kontinentu i Novom Zelandu vektorsku ulogu ima lisna buva krompira i paradajza, *Bactericera cockerelli* (Haapalainen, 2014). Bertolini i sar., (2015) su utvrdili da se bakterija može uspešno prenositi i zaraženim semenom mrkve, što predstavlja efikasan način širenja ovog patogena u područja gde ranije njegovo prisustvo nije bilo utvrđeno.

RASPROSTRANJENOST I EKONOMSKI ZNAČAJ

'*Ca. L. solanacearum*' je po prvi put opisan kao prouzrokovatelj oboljenja na krompiru u Meksiku 1994. godine, dok je 2000. godine pojava bolesti zabeležena u državi Teksas, u SAD (Secor i Rivera, 2004; Crosslin i sar., 2010). Nakon toga, oboljenje zebrasti čips otkriveno je u jugoistočnom delu SAD (Nebraska, Kolorado, Kansas, Novi Meksiko, Nevada, Kalifornija) i Centralnoj Americi (Munyaneza, 2012), a odnedavno je pojava bolesti utvrđena i na severozapadu SAD (Oregon i Vašington). Na evropskom kontinentu prisustvo ove bakterije po prvi put je zabeleženo 2010. godine u Finskoj na biljkama mrkve, što je ujedno i prva potvrda prisustva ove bakterije izvan familije Solanaceae (Munyaneza i

sar., 2010a). Godine 2012., patogen je detektovan u Švedskoj i Norveškoj (Munyaneza i sar., 2012a,b). Na području Mediterana, u Španiji i na Kanarskim ostrvima, prisustvo '*Ca. L. solanacearum*' utvrđeno je na mrkvi i celeru (Alfaro-Fernandez i sar., 2012a,b; Teresani i sar., 2014), dok je poslednji nalaz bolesti zabeležen na mrkvi u Francuskoj (Loiseau i sar., 2014), Maroku (Tahzima i sar., 2014) i Nemačkoj (Munyaneza i sar., 2015).

'*Ca. L. solanacearum*' prouzrokuje ekonomski veoma značajna oboljenja biljaka domaćina umanjujući prinos i kvalitet useva. Hlorotično slabljenje biljaka iz familije *Apiaceae* je ekonomski značajno i kompleksno oboljenje koje je nedavno zabeleženo u Evropi. U regionima gde je utvrđeno prisustvo bakterije i njenih vektora zabeleženi su gubici u proizvodnji i do 100% (Alfaro-Fernandez i sar., 2012a,b; Nissinen et al., 2012). Pojave „zebra čips“ bolesti na krompiru prosečno smanjenje prinosa zaraženih na krompiru iznosi oko 18%, dok su u nekim regionima zabeleženi gubici i do 90% (Guenthner i sar., 2012).

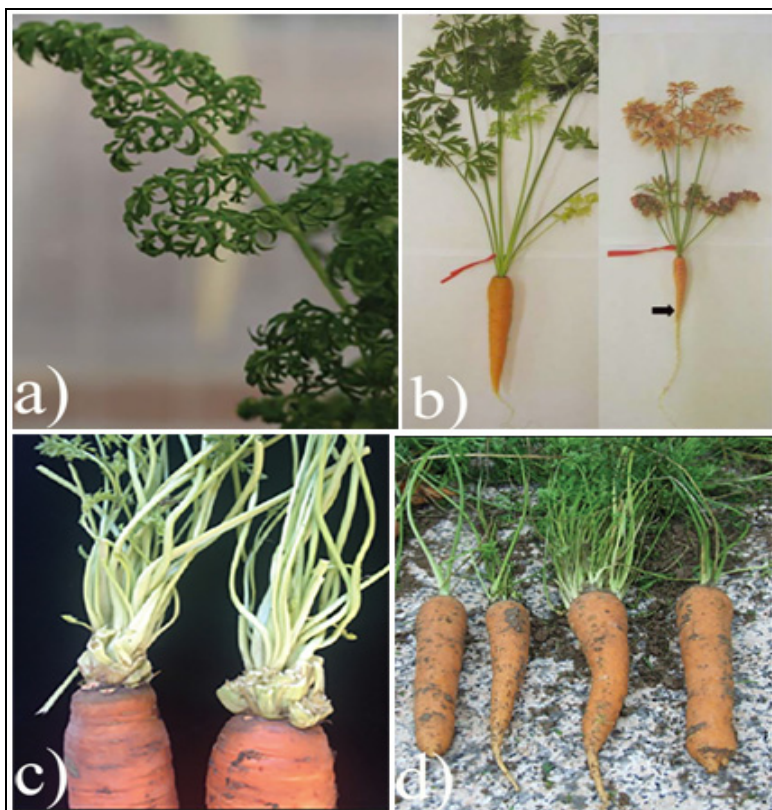
SIMPTOMI BOLESTI

'*Ca. L. solanacearum*' prouzrokuje različite simptome koji mogu zavisiti od biljke domaćina (Munyaneza, 2012; Haapalainen, 2014). Karakteristični simptomi nastaju kao posledica razvoja bakterija u floemu i narušavanja provodne funkcije ovog tkiva, a ispoljavaju se u vidu hloroze, žutila, zaostajanja u porastu zaraženih biljaka (Munyaneza i sar., 2010a).

Na zaraženoj mrkvi simptomi se ispoljavaju u vidu uvijenosti, žutila, bronza-vosti i ljubičaste obojenosti listova. Izdanci su zakržljali, javlja se i izražena proliferacija korena, praćena opštim zaostajanjem u porastu (Munyaneza i sar., 2010a; 2012a,b; Alfaro-Fernandez i sar., 2012a; Loiseau i sar., 2014; Tahzima i sar., 2014) (Sl. 1). Usled poremećaja u transportu ugljenih hidrata iz listova u podzemne organe, dolazi do smanjenog porasta korena, što se značajno odražava na smanjenje prinosa (Haapalainen, 2014). Slične promene na biljkama, posebno na nadzemnim organima, mogu prouzrokovati neke cikadama prenosive fitoplazme, kao i *Spruioplasma citri* (Font i sar., 1999; Cebrian i sar., 2010; Munyaneza i sar., 2011c).

Kod zaraženih biljka celera dolazi do uvijanja stabla i izražene proliferacije izadanka (Teresani i sar., 2014) (Sl. 2).

Na krompiru, kao najznačajnijem domaćinu, tipičan simptom oboljenja zebračip se ispoljava se na zaraženim krtolama u vidu promene boje tkiva u vidu naizmeničnih svetlih i tamnih nekrotičnih pruga i fleka, poput zebrine šare, koje se najviše uočavaju na čipsu nakon prerade (Crosslin i sar., 2010; Munyaneza, 2012; Obradović i sar., 2014).



Sl. 1. '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' – simptomi na nadzemnim i podzemnim organima biljaka mrkve: a) uvijenosť listova; b) bronzavost i ljubičasta boja listova (Foto: Munyaneza J.E); c) proliferacija korena, i d) proliferacija korena, praćena zaostajanjem u porastu (Foto: Teresani G.R)



Sl. 2. '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' – simptomi na nadzemnim i podzemnim organima biljaka celera: a) proliferacije izdanka, i b) uvijanja stabla (Foto: Teresani G.R)

SPEKTAR DOMAĆINA

Kao glavni domaćini '*Ca. L. solanacearum*' navode se gajene i korovske biljke iz familije Solanaceae, među kojima je krompir (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*) najznačajniji prirodni domaćin, u čijim zasadima pričinjava i najveće štete. Osim krompira, štete su zabeležene i na drugim gajenim vrstama iz familije pomoćnica: paradajzu (*Solanum lycopersicum*), paprici (*Capsicum anum*), plavom patlidžanu (*Solanum melongena*), tamarilu (*Solanum betaceum*), tomatelu (*Physalis* spp.), duvanu (*Nicotiana tabacum*) (Liefting i sar., 2008; Liefting i sar., 2009; Aguilar i sar., 2013). Nedavna pojava bolesti na mrkvi (*Dacus carota*) i na celeru (*Apium graveolens*) pričinila je značajne štete prizvodnji ovih povrtarskih biljaka, ukazujući na širi spektar domaćina (Alfaro-Fernandez i sar., 2012a,b; Teresani i sar., 2014, Haapalainen, 2014). Prisustvo '*Ca. L. solanacearum*' potvrđeno je i na ukrasnim biljkama iz roda *Acacia* spp. i *Pittosporum* spp. (Scott i sar., 2009).

EPIDEMIOLOŠKO-EKOLOŠKE KARAKTERISTIKE

'*Ca. L. solanacearum*' u prirodi se prenosi vektorima. Oboljenja koje ova fitopatogena bakterije prouzrokuje na biljkama domaćinima nastaju kao posledica složene interakcije biljke domaćina, insekta vektora i patogena (Munyanza, 2012; Obradović i sar., 2014). Prisustvo patogena utvrđeno je u provodnom tkivu floema zaraženih bljaka i pljuvačnim žlezdama insekata vektora, ali i u asimptomatičnim biljkama, koje mogu predstavljati izvor inokuluma za osetljivije biljke domaćine (Levy i sar., 2011; Lin et al., 2013; Nissinen i sar., 2014). Glavnu ulogu u epidemiologiji bolesti u Severnoj Evropi ima mrkvina lisna buva *Trioxa apicalis* Förster (Hemiptera: Triozidae), dok se *Bactericera trigonica* Hodkinson (Hemiptera: Triozidae) navodi kao potencijalni vektor oboljenja u Španiji i na Kanarskim ostrvima (Munyanza, 2010d; Alfaro-Fernandez i sar., 2012a,b; Teresani i sar., 2014) (Sl. 3).



Sl. 3. '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' – imaga vektora prenosioca: a) *Trioxa apicalis* – odrasla jedinka (Foto: Nissinen A); b) *Bactericera trigonica* – odrasla jedinka, i c) *Bactericera trigonica* – odrasla jedinka (Foto: Siverio F.)

Mrkvina lisna buva je oligofagna, univoltna vrsta i predstavlja najznačajniju štetočinu mrkve u severnim i centralnim delovima Evrope (Munyanza, 2010d; Nissinen i sar., 2014). *T. apicalis*, je prisutna kod nas, a u pojedinim godinama

može dovesti do značajnih gubitaka u proizvodnji mrkve i celera (Mijatović i sar., 2007). Pored vektorske uloge, mrkvina psila svojom ishranom uzrokuje i direktne štete na štitonošama. Prilikom isisavanja biljnih sokova, ovi insekti izlučuju toksine u floem biljke, što dovodi do pojave simptoma u vidu kovrdžanja listova, zaostajanja u porastu izdanka i korena, kao i do proliferacije korena (Kristoffersen i Anderbrant, 2007). *B. trigonica*, psila koje je odgovorna za širenje bakterije u Mediteranskom području je široko rasprostranjena, razvija 2-3 generacije godišnje, a kao glavne biljke domaćini navode se vrste iz porodice Apiaceae (Alfaro-Fernandez i sar., 2012a,b; Ouvrard, 2014). Prisustvo *B. trigonica* nedavno je potvrđeno u našoj zemlji, što povećava rizik od širenja patogena u nas (Jerinić-Prodanović, 2014). Još uvek nema dovoljno podataka o mehanizmu usvajanja i prenošenja liberibakterija na biljke domaćine (Haapalainen, 2014). Infekcija biljaka ostvaruje se prilikom ishrane insekata vektora koji prenose bakteriju sa zaraženih na zdrave biljke. Nissinen i sar. (2014) su utvrdili da je mrkvinoj lisnoj buvi neophodno da provede 72 sata hraneći se na biljci domaćinu kako bi usvojila inokulum. Latentni (inkubacioni) period, potreban za umnožavanje bakterije u telu vektora je oko dve nedelje. '*Ca. L. solanacearum*' se prenosi psilama na cirkulativni (perzistentni) i propagativni način, što znači da se bakterija umnožava u pljuvačnim žlezdama vektora, prolazi kroz višeslojne ćelijske membrane i transportuje se hemolimfom kroz telo insekta (Haapalainen, 2014). Nakon toga psila je trajno sposobna da prenese bakteriju hraneći se na zdravim biljkama. Hansen i sar., (2008) su utvrdili da se bakterija prenosi vektorom na dva načina: horizontalno – ishranom na zaraženim biljkama, kao i vertikalno (transovarijalno) sa roditeljskih jedinki na potomstvo. Sva tri razvojna stadijuma insekta: jaja, larva i imago mogu imati vektorsku ulogu, pri čemu se ženke odraslih insekata navode kao najefikasniji prenosioci bakterije (Hansen i sar., 2008; Munyaneza i sar., 2010b; Nissinen i sar., 2014). Prvi simptomi bolesti pojavljuju se na listovima u vidu promene u obojenosti zaraženih listova 5-7 nedelja nakon kontakta sa inficiranim insektima (Nissinen i sar., 2007; 2012; 2014).

Lisna buva krompira i paradajza, *Bactericera cockerelli* Šulc (Hemiptera: Triozidae) odgovorna je za prenošenje patogena na američkom kontinentu i Novom Zelandu (Munyaneza, 2012; Haapalainen, 2014). Pored vektorske uloge, *B. cockerelli* svojom ishranom pravi i direktne štete na krompiru i drugim pomoćnicama, a samo jedna zaražena jedinka dovoljna je za nastanak infekcije (Buchman i sar., 2011).

Osim vektorima, Bertolini i sar., (2015) su utvrdili da se bakterija uspešno prenosi zaraženim semenom mrkve. Upotrebom transmisionog elektronskog mikroskopa utvrđeno je prisustvo ćelija '*Ca. L. solanacearum*' u floemu semenjače, kao i u sejancima mrkve, stoga zaraženo seme može predstavljati glavni izvor inokuluma i način širenja patogena u udaljena područja

OSOBI NE PATOGENA

'*Ca. Liberibacter solanacearum*' je predstavnik roda '*Candidatus Liberibacter*', familije *Rhizobiaceae*, klasa *Alphabroteobacteria* (Garnier, 2005; Liefting i sar., 2009). *Liberibacter* vrste su Gram-negativni, prokariotski organizmi, štapičastog oblika, veličine oko 0,2 x 0,4 μm, nastanjene u sitastim cevima provodnog tkiva floema, kao i ćelijama tkiva insekata vektora (Liefting i sar., 2009; Nissinen i sar., 2014). Identifikacija patogena izvršena je na osnovu sekvence 16S rRNA gena, prema kojoj je bakterija svrstana u rod *Liberibacter*, a prisustvo ćelija bakterije utvrđeno je posmatranjem biljnog tkiva pomoću transmisionog elektronskog mikroskopa (Jagoueix i sar., 1994; Nissinen, 2014). Do sada su opisane četiri fitopatogene vrste koje se u prirodi prenose uz pomoć lisnih buva. *Liberibacterije* su obligatni paraziti i ne mogu se izolovati, niti gajiti u *in vitro* uslovima, na hranljivoj podlozi, zbog čega su svrstane u privremenu taksonomsku grupu *Candidatus* (Bove, 2006; Garnier, 2005).

DETEKCIJA I IDENTIFIKACIJA

'*Ca. L. solanacearum*' je usko specijalizovana bakterija prilagođena živom tkivu biljaka i insekata vektora, iz čega proističe nemogućnost izolacije i gajenja u laboratorijskim uslovima, što predstavlja poseban problem u njihovom proučavanju. Bakterije su ravnomerno raspoređene u provodnom tkivu zaraženih biljaka mrkve što olakšava detekciju, u odnosu na neravnomernu distribuciju bakterija u floemu obolelog krompira (Levy i sar., 2011; Nissinen i sar., 2014). Utvrđivanje prisustva bakterija u biljnom materijalu zasniva se na primeni elektronske mikroskopije i molekularnih metoda zasnovanih na reakciji lančanog umnožavanja fragmenata DNK (Polymerase Chain Reaction, PCR). Na osnovu morfoloških karakteristika nije moguće izvršiti identifikaciju vrste, već je neophodna primena molekularnih metoda koja se zasniva na primeni klasične, „nested“, „real-time“ i LAMP PCR metode. Razvijeni PCR protokoli zasnivaju se na umnožavanju konzerviranih regiona u genomu kao što su: deo 16S rDNA, 16S-ISR-23S rDNA, konstitutivni (eng. housekeeping) geni pomoću specifičnih prajmera (Haapalainen, 2014). Način translokacije i distribucije patogena u nadzemnim i podzemnim biljnim organima, kao i visina titra bakterija, pored izbora prajmera, utiču na uspeh detekcije i pouzdanost metode. Nelson i sar. (2011) su na osnovu filogenetske analize četiri genomska regiona (16S rDNA, 16S/23S i 50 rpIJ i rpIL) utvrdili genetske razlike na nivou jednog nukleotida (eng. single nucleotide polymorphism, SNP) i opisali četiri geografska haplotipa: A, B, C i D u okviru populacije '*Ca. L. solanacearum*'. Bertolini i sar. (2015) su nedavno opisali i peti haplotip (E), koji je izolovan iz zaraženih biljaka celera. Haplotipovi imaju različito poreklo, a izolovani su iz različitih biljaka i insekata domaćina. U SAD, krompir i druge biljke iz familije pomoćnica parazitiraju dva haplotipa (A i B), u Severnoj Evropi na mrkvi je detektovan haplotip C, kao i psili *Trioza apicalis*, dok su četvrti i peti haplotip (D i E) opisani u Španiji i na Kanarskim ostrvima na mrkvi, celeru i vrsti psilida *Bactericera trigonica* (Nelson et al., 2011;2012; Bertolini i sar., 2015).

ZAŠTITA

Pošto se '*Ca. L. solanacearum*' u prirodi širi vektorima, osnovna mera kontrole oboljenja koje ova fastidiozna bakterija prouzrokuje zasniva se na suzbijanju populacija vektora. Preporučuje se upotreba insekticida širokog spektra delovanja koji sadrže sledeće aktivne materije: abamektin, tiaklopid, tiametoksam, imidaklopid, buprofezin, cipermetrin, deltametrin, lambda-cihalotrin, esfenvalerat, navaluron, spirotetramat, spinosad, piriproksifen i pimetozin (Munyaneza, 2012). Organofosfati i piretrodi ne ispoljavaju dovoljnu efikasnosti, što se pokazalo intezivnom primenom ovih jedinjenja u SAD. Efikasna zaštita se može postići upotrebom sistemskih jedinjenja na bazi neonikotenoidea prilikom sadnje, a tokom vegetacije primenom inhibitora acetyl CoA karboksilaze i kontaktnih insekticida (Guenther i sar., 2012). Pored odabira aktivne materije, preduslov za uspešno suzbijanja psila je prilagođavanje količine i vremena primene insekticida, sa brojem i razvojnim stadijumom jedinki, kao i fenofazom biljke. Optimalno vreme primene hemijskih sredstava je nakon prve pojave imaga lisnih buva, jer je kasnije suzbijanje otežano usled prisustva svih razvojnih stadijuma i preklapanja generacija jedinki (Guenther i sar., 2012; Munyaneza, 2012). U fazi intenzivnog porasta biljaka preporučuje se primena sistemskih insekticida, kako bi se obezbedila dugotrajnija zaštita. Pošto se se lisne buve najviše nalaze sa naličja lista, drugom delu vegetacije bolji efekat se postiže primenom kontaktnih insekticida, pri čemu je važna dobra pokrivenost biljaka preparatom (Guenther i sar., 2012; Schreiber i sar., 2012). Hemijska zaštita često ne daje zadovoljavajuće rezultate, s obzirom da lisne buve mogu da obave svoju vektorsku ulogu i pre nego što primenjeni insekticidi deluju na njih, a suzbijanje otežava i činjenica da je samo nekoliko inficiranih insekata potrebno za širenje infekcije. Preklapanje i veliki broj generacija, kao i visok fekunditet, dovode do pojave rezistentnosti ovih insekata na insekticide, stoga je neophodna upotreba jedinjenja sa različitim mehanizmima delovanja (Buchman i sar., 2011; 2012; Guenther i sar., 2012; Munyaneza, 2012).

Upotreba otpornih sorti i biološke mere borbe kao alternativa upotrebi insekticida, još uvek nisu razvijene (Obradović i sar., 2014). Prenosenje bakterije semenom mrkve veoma je značajno i govori o neophodnosti pojačane kontrole uvoza. Zaraženo seme omogućava širenje patogena u nova područja i predstavljaju izvor inokuluma za druge osetljive povrtarske biljke, poput celera. Iz tog razloga upotreba zdravog semena predstavlja osnovnu meru zaštite, pored hemijskog suzbijanja insekata vektora (Ribiero, 2014; Teresani i sar., 2014; Bertolini i sar., 2015). U odsustvu drugih efikasnih mera, a u cilju efikasnije i racionalnije primene insekticida, najznačajniji je integralni pristup koji podrazumeva praćenje brojnosti vektora, kao i utvrđivanje infektivnosti populacije kako bi se utvrdio značaj u prenošenju oboljenja (Goolsby i sar., 2007; Obradović i sar., 2014). Neophodna su dalja istraživanja koja bi trebalo da budu usmerena na otkrivanje drugih potencijalnih vektora i biljaka domaćina, kao i na pronalaženje izvora otpornosti prema patogenu i vektoru, koji bi omogućio trajniju kontrolu bolesti.

Zahvalnica

Ovaj rad je proistekao iz aktivnosti autora u okviru projekta H2020, GA No 635646, POnTE (Pest Organisms Threatening Europe).

LITERATURA

- Aguilar, E., Sengoda, V. G., Bextine, B., McCue, K.F., Munyaneza, J.E. (2013): First Report of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' on Tobacco in Honduras. *Plant Disease* 97: 1376.
- Alfaro-Fernández, A., Cebrián, M.C., Villaescusa, F.J., Hermoso de Mendoza, A., Ferrandiz, J.C., Sanjuan, S., Font, M.I. (2012a): First report of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' in carrots in mainland Spain. *Plant Disease* 96: 582.
- Alfaro-Fernández, A., Siverio, F., Cebrián, M.C., Villaescusa, F.J., Font, M.I. (2012b): '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' associated with *Bactericera trigonica*-affected carrots in the Canary Islands. *Plant Disease* 96: 581.
- Bertolini, E., Teresani, G.R., Loiseau, M., Tanaka, F.A.O., Barbe, S., Martinez, C., Gentit, P., Lopez, M.M., Cambra, M. (2015): Transmission of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' in carrot seeds. *Plant Pathology* 64:276-285.
- Bové, J. M. (2006): Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*, 88: 7–37.
- Buchman, J.L., Fisher, T.W., Sengoda, V.G., Munyaneza, J.E. (2012): Zebra chip progression: from inoculation of potato plants with liberibacter to development of disease symptoms in tubers. *American Journal of Potato Research* 89: 159–168.
- Buchman, J.L., Sengoda, V.G., Munyaneza, J.E. (2011): Vector transmission efficiency of liberibacter by *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: *Triozidae*) in zebra chip potato disease: effects of psyllid life stage and inoculation access period. *Journal of Economic Entomology* 104: 1486–1495.
- Cebrián, M.C., Villaescusa, F.J., Alfaro-Fernández, A., Hermoso de Mendoza, A., Córdoba-Sellés, M.C., Jordá, C., Ferrándiz, C., Sanjuán, S., Font, I. (2010): First Report of *Spiroplasma citri* in Carrot in Europe. *Plant Disease* 94:1264.
- Crosslin, J.M., Munyaneza, J.E., Brown, J.K., Liefting, L.W. (2010): Potato zebra chip disease: A phytopathological tale. Online. *Plant Health Progress*.
- Garnier M. (2005): *Candidatus Liberibacter*. In: *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* (2nd edn, vol. 2), The Proteobacteria. Eds. Brenner, J., Krieg, N., Staley, J. Michigan State University, 400–402, USA.
- Goolsby, J. A., Adamczyk, J., Bextine, B., Lin, D., Munyaneza, J. E., Bester, G. (2007): Development of an IPM program for management of the potato psyllid to reduce incidence of zebra chip disorder in potatoes. *Subtropical Plant Science* 59: 85-94.
- Guenther, J., Goolsby, J.A., Greenway, G. (2012): Use and cost of insecticides to control potato psyllids and zebra chip on potatoes. *Southwestern Entomologist* 37: 263-270.
- Font, I., Abad, P., Albinana, M., Espino, A.I., Dally, E.L., Davis, R.E., Jorda, C. (1999): Amarillos y enrojecimientos en zanahoria: Una enfermedad a diagnóstico. *Boletín de Sanidad vegetal* 25: 405-415.
- Hansen, A.K., Trumble, J.T., Stouthamer, R., Paine, T.D. (2008): A new huanglongbing species, '*Candidatus Liberibacter psyllaourus*' found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Applied and Environmental Microbiology* 74: 5862–5865.

- Haapalainen, M., (2014): Biology and epidemics of *Candidatus Liberibacter* species, psyllid-transmitted, plant-pathogenic bacteria. *Annal of Applied Biology* 165: 172-198.
- Jagoueix, S., Bove, J.M., Garnier, M. (1994): The phloem limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the α sub-division of the Proteobacteria. *Journal of Systematic Bacteriology* 44: 379-386.
- Jerinić-Prodanović, D. (2014): *Bactericera trigonica* (Hodkinson, 1981) (Hemiptera, Triozidae) – New pest on carrot in Serbia. VII Kongres zaštite bilja, Zlatibor, Zbornik rezimea: 321.
- Kristoffersen, L. and Anderbrant, O. (2007): Carrot psyllid (*Trioza apicalis*) winter habitats – insights in shelter plant preference and migratory capacity. *Journal of Applied Entomology* 131:174-178.
- Levy, J., Ravindran, A., Gross, D., Tambrindeguy, C., Pierson, E.(2011): Translocation of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’, the Zebra Chip pathogen, in potato and tomato. *Phytopathology* 101: 1285-1291.
- Lin, H. and Gudmestad, N.C. (2013): Aspects of Pathogen Genomics, Diversity, Epidemiology, Vector Dynamics, and Disease Management for a Newly Emerged Disease of Potato: Zebra Chip. *Phytopathology* 103:524-537.
- Liefting, L.W., Ward, L.I., Shiller, J.B., Clover, G.R.G. (2008): A new ‘*Candidatus Liberibacter*’ species in *Solanum betaceum* (tamarillo) and *Physalis peruviana* (cape gooseberry) in New Zealand. *Plant Disease* 92: 1588.
- Liefting, L.W., Sutherland, P.W., Ward, L.I., Paice, K.L., Weir, B.S., Clover, G.R.G. (2009): A new ‘*Candidatus Liberibacter*’ species associated with diseases of solanaceous crops. *Plant Disease* 93: 208-214.
- Loiseau, M., Garnier, S., Boirin, V., Merieau, M., Leguay, A., Renaudin, I., Renvoisé, J-P., Gentit, P. (2014): First Report of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ in Carrot in France. *Plant Disease* 98: 938.
- Mijatović, M., Obradović, A., Ivanović, M. (2007): Zaštita povrća. Agromivas, Smederevska Palanka, 186-187.
- Morris, J., Reed, P., Sansford, C. (2009): ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ - a new bacterium associated with a disease of tomatoes, capsicums, and potatoes in New Zealand. Fera Information note. Plant Health, York, UK..
- Munyaneza, J.E., Fisher, T.W., Sengoda, V.G., Garczynski, S.F., Nissinen, A., Lemmetty, A. (2010a): First report of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ in carrots in Europe. *Plant Disease* 94: 639.
- Munyaneza, J.E., J.L. Buchman, J. A. Goolsby, A.P. Ochoa, and G. Schuster. (2010b): Impact of potato planting timing on zebra chip incidence in Texas, Dallas. Proceeding of the 10th Annual Zebra Chip Reporting Session: 106-109.
- Munyaneza, J.E., Fisher, T.W., Sengoda, V.G., Garczynski, S.F., Nissinen, A., Lemmetty, A. (2010d): Association of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ with the psyllid *Trioza apicalis* (Hemiptera: Triozidae) in Europe. *Journal of Economic Entomology* 103: 1060-1070.
- Munyaneza, J.E., Lemmetty, A., Nissinen, A.I., Sengoda, V.G., Fisher, T.W. (2011c): Molecular detection of aster yellows phytoplasma and ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ in carrots affected by the psyllid *Trioza apicalis* (Hemiptera: Triozidae) in Finland. *Journal of Plant Pathology* 93: 697-700.

- Muyaneza, J.E. (2012): Zebra chip disease of potato: Biology, epidemiology and management. *American Journal for Potato Research* 89: 329-350.
- Muyaneza, J.E., V.G. Sengoda, J.L. Buchman, and T.W. Fisher (2012a): Effects of temperature on “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” and zebra chip potato disease symptom development. *Plant Disease* 96: 18-23.
- Munyaneza, J.E., Sengoda, V.G., Stegmark, R., Arvidsson, A.K., Anderbrant, O., Yuvaraj, J.K., Ramert, B., Nissinen, A. (2012b). First report of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ associated with psyllid-affected carrots in Sweden. *Plant Disease* 96: 453.
- Munyaneza, J.E., Sengoda, V.G., Sundheim, L., Meadow, R. (2012c). First report of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” associated with psyllid-affected carrots in Norway. *Plant Disease* 96: 454.
- Munyaneza, J. E, Swisher, K. D., Hommes, M., Willhauck, A., Buck, H., Meadow, R. (2015): First report of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ associated with psyllid-infested carrots in Germany. *Plant Disease* 99: 1269
- Nelson, W.R., Fisher, T.W., Munyaneza, J.E. (2011): Haplotypes of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” suggest long-standing separation. *European Journal of Plant Pathology* 130: 5-12.
- Nelson, W.R., Sengoda, V.G., Alfaro-Fernandez, A.O., Font, M.I., Crosslin, J.M., Munyaneza, J.E. (2012): A new haplotype of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' identified in the Mediterranean region. *European Journal of Plant Pathology* 135: 633-639.
- Nissinen, A.I., Vanhala, P., Holopainen, J.K, Tiilikkala, K. (2007): Short feeding period of carrot psyllid (*Trioza apicalis*) females at early growth stages of carrot reduces yield and causes leaf discolouration. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 125: 277-283.
- Nissinen, A.I., Lemmetty, A., Pihlava, J.M., Jauhiainen, L., Munyaneza, J.E., Vanhala, P. (2012): Effects of carrot psyllid (*Trioza apicalis*) feeding on carrot yield and content of sugars and phenolic compounds. *Annals of Applied Biology* 161: 68-80.
- Nissinen, A.I., Haapalainen, M., Jauhiainen, L., Lindman, M., Pirhonen, M. (2014): Different symptoms in carrot caused by male and female carrot psyllid feeding and infection by ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’. *Plant Pathology*, 63:812-820.
- Obradović, A., Prokić, A., Kuzmanović, N., Zlatković, N., Ivanović, M. (2014): Novo destruktivno oboljenje krompira - zebrasti čips. *Biljni lekar*, 42: 14-23.
- Ouvard D. (2014): *Psyllid*- The World Psylloidea Database.
[http:// www.hemiptera-databases.com/psyllid\]](http://www.hemiptera-databases.com/psyllid)
- Schreiber, A., Jensen, A., Rondon, S. (2012): Biology and management of potato psyllid in Pacific Northwest potatoes. Washington State Potato Commission Online: [http://www.potatoes.com/IPMStuff/ PDFs/PotatoPsyllid.pdf](http://www.potatoes.com/IPMStuff/PDFs/PotatoPsyllid.pdf)
- Scott, I., Berry, N., Walker, G., Pitman, A., Workman, P., Wright, P. (2009). Psyllid, Liberibacter and Phytoplasma Science Research Programme Update. Horticulture New Zealand, Plant and Food Research. Online: http://potatonz.org/user_files/PDF/Psyllid_research_update_&_control_options_Plant_&_Food.pdf.
- Secor, G.A. and Rivera, V.V. (2004): Emerging diseases of cultivated potato and their impact on Latin America. *Revista Latinoamericana de la Papa (Suplemento)* 1: 1–8.
- Tahzima, R., Maes, M., Achbani E. H., Swisher, K. D., Munyaneza, J.E., De Jonghe, K. (2014): First Report of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ on Carrot in Africa. *Plant Disease* 98: 1426.

Teresani, G.R., Bertolini, E., Alfaro-Fernández, A., Martínez, C., Tanaka, F. A., Kitajima, E.W., Roselló, M., Sanjuán, S., Ferrándiz, J.C., López, M.M., Cambra, M., Font, M.I. (2014): Association of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' with a vegetative disorder of celery in Spain and development of a real-time PCR method for its detection. *Phytopathology* 104: 804-11.

Abstract

'*Candidatus Liberibacter solanacearum*' – NEW EMERGING PLANT DISEASE OF APIACEAE FAMILY

Aleksa Obradović, Dušanka Jerinić-Prodanović, Milan Ivanović, Anđelka Prokić, Nemanja Kuzmanović, Nevena Zlatković, Žaklina Pavlović
University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade – Zemun, Serbia
E-mail: aleksao@agrif.bg.ac.rs

Candidatus Liberibacter solanacearum is a gram-negative bacterium restricted to plant phloem, associated with economically important diseases such as potato zebra chip and yellow decline and with vegetative disorders in carrots and celery. Over the past decade, the zebra chip disease resulted in major economic losses in the potato production of U.S.A., Mexico, Central America and New Zealand. Outbreaks of yellow decline and vegetative disorders in carrot and celery crops have been reported recently in geographically distant areas and the countries of Europe (Finland, Sweden, Norway, Spain, France and Germany). The infected plants showed symptoms including yellow, bronze or red leaf discoloration, reduced size of main root and lateral root proliferation. Given the importance of carrot production in Serbia, the goal of this review paper is to raise awareness about the disease occurrence and distribution, discuss the main characteristics of this relatively unknown pathogen, its detection and identification, epidemiology, symptomatology and disease management, before this emerging plant pathogenic organism reaches our country.

Keywords: carrot, celery, *Candidatus Liberibacter*, disease epidemiology, *Triozia apicalis*, *Bactericera trigonica*, disease management.