

# „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” – PROUZROKOVAČ „ZEBRASTOG ČIPSA” KROMPIRA

Aleksa Obradović, Anđelka Prokić, Nevena Zlatković, Nemanja Kuzmanović,  
Dušanka Jerinić-Prodanović

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

E-pošta: [aleksao@agrif.bg.ac.rs](mailto:aleksao@agrif.bg.ac.rs)

Rad primljen: 17.12.2015.

Prihvaćen za štampu: 19.01.2016.

## Izvod

Među najznačajnijim štetnim organizmima koji ugrožavaju proizvodnju krompira od nedavno se ubraja fastidiozna bakterija „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” (CaLsol). Ovaj patogen odgovoran je za pojavu novog oboljenja krompira pod nazivom „zebrasti čips” (ZČ), rasprostranjenog u proizvodnim područjima Amerike i Novog Zelanda. Iako je glavni domaćin patogena krompir, ozbiljne štete zabeležene su i na biljkama paprike, paradajza i drugim gajenim vrstama iz familije Solanaceae. U Evropi isti patogen nedavno je otkriven na obolelim biljkama mrkve i celera. Na krompiru, kao posledica infekcije dolazi do smanjenja prinosa zaraženih biljaka, a najznačajnije štete nastaju usled pojave simptoma na krtolama i gubitka njihove tržišne vrednosti. S obzirom na ekonomski značaj proizvodnje krompira u našoj zemlji, kao i na mogućnost unošenja bakterije putem vegetativnog sadnog materijala, postoji opravdana zabrinutost od širenja ovog patogena na teritoriji naše zemlje.

**Ključne reči:** *Candidatus Liberibacter*, zebrasti čips, krompir, *Bactericera cockerelli*, *Bactericera trigonica*

## UVOD

*Candidatus Liberibacter solanacearum* (Ca. L. solanacearum, CaLsol) je Gram-negativna, fastidiozna bakterija, obligatni parazit floema biljaka, nedavno opisana kao prouzrokovač destruktivnog oboljenja krompira „zebrasti čips” (ZČ). Smatra se veoma invazivnom vrstom jer se u prirodi prenosi prvenstveno putem inficiranih insekata iz reda Hemiptera, pri čemu pojava patogena prati areal rasprostranjenosti vektora (Munyanzeza i sar., 2010b; 2012b; 2012c). Lisna buva krompira i paradajza, *Bactericera cockerelli* (Sl. 1), odgovorna je za prenošenje patogena na američkom kontinentu i Novom Zelandu, dok u Evropi vektorsku ulogu imaju druge vrste iz familije *Triozidae* (Hansen i sar. 2008; Munyanzeza, 2012a). Nakon introdukcije Lso vektora u nove geografske regione, dolazi do veoma brzog širenja ove bakterije, što potvrđuje distribucija patogena u Americi, na Novom Zelandu i u Evropi (Liefting i sar. 2008; Munyanzeza i sar. 2010b; Alfaro-Fernandez i sar., 2012b; 2012c;). Nedavno je po prvi put utvrđeno prisustvo vrste *Bactericera trigonica* na teritoriji Srbije (Slika 1), što ukazuje na realnu opasnost od dospevanja patogena i u naše useve (Jerinić-Prodanović, 2014).



Sl. 1. *Bactericera trigonica* – odrasla jedinka  
(Foto: D. Ouvrard)

Etiologija nove bolesti krompira najčešće se dovodila u vezu sa fitoplazmama i virusima (Crosslin i sar., 2010). Nova vrsta bakterije identifikovana je 2008. godine istovremeno u SAD (Hansen i sar., 2008) i na Novom Zelandu (Liefiting i sar., 2008). Prisustvo bakterija u tkivu obolelih biljaka paradajza, paprike i krompira, kao i vektoru *B. cockerelli*, utvrđeno je posmatranjem pomoću transmisionog elektronskog mikroskopa. Prenošenjem patogena putem vektora i kalemljenjem, simptomi bolesti su reprodukovani na zdravim biljkama. Identifikacija patogena izvršena je na osnovu sekvence 16S rRNA, prema kojoj je bakterija klasifikovana kao nova vrsta roda *Liberibacter* i nazvana „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” (sin. „*Ca. L. psyllaerous*”).

„Zebrasti čips” je ekonomski značajno i kompleksno oboljenje koje deceniju unazad ugrožava proizvodnju krompira u SAD, a poslednjih godina zabeležena je pojava u Srednjoj Americi kao i na Novom Zelandu (Crosslin i sar., 2010). Osim smanjenja prinosa različitih kategorija krompira, bolest umanjuje kvalitet i tržišnu vrednost zaraženih krtola. Promene boje tkiva u vidu naizmeničnih svetlih i tamnih nekrotičnih pruga i fleka, poput zebrine šare, najviše se uočavaju na čipsu nakon prerade, po čemu je bolest i dobila trivijalni naziv „zebrasti čips” (En. „Zebra chip” - ZC). Osim krompira, *CaLsol* ostvaruje infekciju i uzrokuje ozbiljne promene na drugim usevima iz familije pomoćnica. U Evropi prisustvo patogena je zabeleženo na biljkama mrkve i celera (Munyanzeza i sar., 2010a, 2012b, 2012c; Teresani i sar., 2014). Nedavno je patogen izolovan iz mrkve na teritoriji Austrije i Francuske (Loiseau i sar., 2014; EPPO, 2015). Takođe, Munyanzeza i sar. (2015) su objavili prvi nalaz ovog patogena u Nemačkoj. S obzirom da u Evropi do sada nije utvrđeno prisustvo na krompiru, *CaLsol* ima karantinski status i nalazi se na A1 listi Evropske i mediteranske organizacije za zaštitu bilja (EPPO, 2015).

### **RASPROSTRANJENOST I EKONOMSKI ZNAČAJ**

*CaLsol* je prvobitno otkrivena u zapadnim i centralnim delovima američkog kontinenta. U Meksiku je prvi nalaz bolesti krompira zabeležen 1994. godine, dok je 2000. godine patogen pronađen u državi Teksas, u SAD (Secor i Rivera, 2004; Munyanzeza i sar., 2009; Crosslin i sar., 2010; Munyanzeza, 2012a). Nakon toga, konstatovano je njeno širenje na nove regione gajenja krompira u jugoistočnom delu SAD i Centralnoj Americi (Anonymous, 2012; Munyanzeza, 2012a). Bolest je nedavno potvrđena na severozapadu SAD, kao i na Novom Zelandu gde prouzrokuje značajne štete u industriji krompira (Liefiting, 2008; Crosslin i sar., 2012;). Pojava iste *Liberibacter* vrste utvrđena je na evropskom kontinentu 2010. godine, gde je po prvi put zabeležena na biljkama izvan familije *Solanaceae* (Munyanzeza i sar., 2010a). Bakterija je prvo detektovana na mrkvi u Finskoj, a potom u Švedskoj i Norveškoj, zatim na mrkvi i celeru u Mediteranskom regionu - Španiji i na Kanarskim ostrvima (Anonymous, 2012; Munyanzeza, 2012a; Munyanzeza i sar., 2012b), na mrkvi u Francuskoj (Loiseau i sar., 2014), dok su poslednji nalazi zabeleženi u Nemačkoj i Austriji, na mrkvi i celeru (EPPO, 2015).

*CaLsol* prouzrokuje ekonomski veoma značajna oboljenja biljaka domaćina umanjujući prinos i kvalitet useva (Obradović i sar., 2014). Prosečno smanjenje prinosa zaraženih biljaka usled pojave „zebra čips” bolesti na krompiru iznosi oko 18% (Guenther i sar., 2012). U nekim regionima zabeleženi su gubici 60 - 90%. U pojedinim slučajevima došlo je do potpunog propadanja useva, pa su proizvođači bili prinuđeni da napuste proizvodne parcele usled pojave bolesti (Crosslin i sar., 2010). Na Novom Zelandu štete u proizvodnji i prekomerne primene insekticida za suzbijanje vektora patogena procenjene su na čak 130 miliona dolara.

Krtole lošeg kvaliteta se ne mogu koristiti u prerađivačkoj industriji, za proizvodnju pomfrita i čipsa, pa se najveći gubici beleže u ovoj grani privrede (Secor i sar., 2009; Crosslin i sar., 2010; Munyaneza, 2012a). U Evropi, od oštećenja nastalih usled ishrane lisnih buva inficiranih sa CaLsol mogu nastati potpuni gubici u proizvodnji (Munyaneza i sar., 2010a; 2010b; 2012b; Munyaneza, 2012a; Alfaro-Fernández i sar., 2012a; 2012b).

### OSOBINE PATOGENA

Liberibacter vrste pripadaju Gram-negativnim intracelularnim prokariotskim mikroorganizmima iz klase *Alphaproteobacteria* (fam. *Rhizobiaceae*). Ove fitopatogene bakterije su štapićastog oblika, dimenzija oko 0.2 x 4 µm. Nastanjuju floemske sitaste ćelije biljaka kao i ćelije tkiva insekata vektora (Garnier, 2005; Liewing i sar., 2009). Do sada su opisane četiri fitopatogene vrste koje se u prirodi prenose putem lisnih buva, insekata iz reda Hemiptera. Zajednička odlika ovih patogena je nemogućnost izolacije i gajenja u *in vitro* uslovima, na hranljivoj podlozi, zbog čega su svrstane u taksonomsku grupu *Candidatus*, privremenog karaktera (Garnier, 2005; Bove, 2006).

U okviru populacije CaLsol, na osnovu filogenetske analize četiri genomska regiona (16S rRNA, 16S/23S ISR i 50S rplJ i rplL), do sada je opisano pet geografskih haplotipova: A, B, C, D i E. Haplotipovi imaju različito poreklo, izolovani su iz različitih biljaka i insekata domaćina, a utvrđene genetske razlike su na nivou jednog nukleotida (single nucleotide polymorphism - SNPs) (Nelson i sar., 2011). Dva haplotipa (A i B) parazitiraju krompir i druge biljke familije Solanaceae u SAD i na Novom Zelandu. Haplotip C poreklom je iz mrkve, kao i psile *Trioxa apicalis* u Severnoj Evropi, dok je haplotip D poreklom iz celera i mrkve, opisan u Španiji i na Kanarskim ostrvima (Nelson i sar., 2013). Nedavno je utvrđeno i prisustvo novog, petog haplotipa E u semenu mrkve (Bertolini i sar., 2015).

**Epidemiološko-ekološke karakteristike patogena.** Dosadašnja istraživanja o mehanizmu usvajanja i prenošenja liberibakterija na krompir i druge domaćine ukazuju na kompleksan odnos vektor/CaLsol i složenost patosistema biljka domaćin-vektor-patogen (Munyaneza, 2012a). Bolest se ne prenosi u odsustvu i van areala rasprostranjenosti vektora. Glavnu ulogu u prenošenju bakterije CaLsol sa zaraženih na zdrave biljke krompira ima lisna buva krompira i paradajza *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae). Za usvajanje inokuluma neophodno je da se vektor na zaraženoj biljci hrani 8-24 h. Buchman i sar. (2011) navode da ishrana zaraženih psila u kratkom vremenskom periodu oko 1h može usloviti razvoj simptoma, dok je samo jedna zaražena jedinka dovoljna za nastanak infekcije. Za vreme latentnog perioda od oko dve nedelje, bakterije se umnožavaju u pljuvačnim žlezdama vektora, prolaze kroz višeslojne ćelijske membrane i transportuju se hemolimfom kroz telo insekta. Posle toga, psila je doživotno sposobna da prenese bakteriju hraneći se na zdravim biljkama. Na osnovu dosadašnjih istraživanja utvrđeno je da se bakterija prenosi putem vektora na dva načina: horizontalno - ishranom na zaraženim biljkama kao i vertikalno (transovarijalno) - sa roditeljskih jedinki na potomstvo (Hansen i sar., 2008). Detekcijom CaLsol u jajima *B. cockerelli* dokazana je mogućnost transovarijalnog prenošenja ove bakterije, što ima veliki epidemiološki značaj i omogućava njeno širenje u nove regione, kao i održavanje u periodu prezimljavanja vektora (Crosslin i sar., 2010). Sva tri stadijuma razvoja insekta: jaja, nimfa i imago mogu imati vektorsku ulogu, pri čemu su odrasle jedinke najefikasniji u prenošenju bakterije na veća rastojanja (Buchman i sar., 2011).

Lisna buva krompira i paradajza je polifagna vrsta koja pričinjava i direktne štete na biljkama iz više od 20 biljnih familija, od kojih su najznačajnije na predstavnicima iz familije *Solanaceae*, posebno krompiru i paradajzu. Prilikom isisavanja biljnih sokova, ovi insekti izlučuju toksine u floem biljke domaćina što za posledicu ima pojavu simptoma u vidu žutila koji podsećaju na ZČ, a u literaturi se pominju pod nazivom „Psyllid yellows” (Sengoda i sar., 2010).

Nedavna otkrića bolesti u Evropi, van areala rasprostranjenosti *B. cockerelli*, ukazuju na ulogu drugih insekatskih vrsta kao što su *Bactericera trigonica* i *Trioza apicalis* kao potencijalnih vektora (Munyanzeza i sar., 2010b). Osim vektorima, patogen se eksperimentalno sa zaraženih na zdrave biljke može preneti i kalemljenjem, dok je prenošenje sadnim materijalom od manjeg epidemiološkog značaja (Henne i sar., 2010). Smatra se da se patogen ne prenosi mehaničkim putem. Značajnu ulogu u širenju infekcije imaju i korovske vrste iz familije *Solanaceae* koje predstavljaju prirodne „rezervoare” inokuluma i omogućavaju njegovo održavanje i širenje u prirodi (Goolsby i sar., 2012).

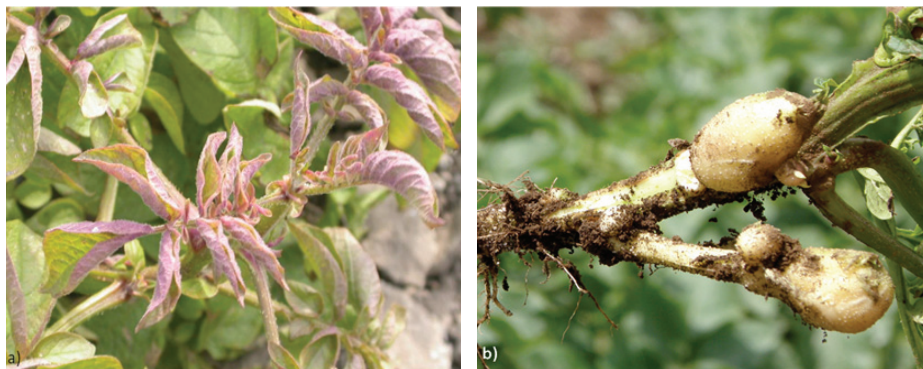
Uslovi spoljne sredine imaju veliki uticaj na pojavu, intenzitet bolesti i distribuciju patogena u različitim proizvodnim regionima. Na osnovu dosadašnjih istraživanja, utvrđeno je da su bakterija i njen vektor osetljivi na visoke temperature. Optimalna temperatura za razvoj *CaLsol* na krompiru je 27–32 °C. Temperature ispod 17 °C i iznad 32 °C nepovoljno utiču na ovog patogena. Sličan temperaturni režim pogoduje razvoju i reprodukciji vektora *B. cockerelli*, kao i umnožavanju bakterije u odraslom vektoru (Munyanzeza i sar., 2012c; 2012d).

**Simptomi bolesti.** Bolest zebkastog čipsa je kompleksno oboljenje koje nastaje kao posledica interakcije biljke domaćina, insekta vektora i patogena (Munyanzeza, 2012a) i ispoljava se u vidu različitih simptoma na nadzemnim (Sl. 2a) i podzemnim organima zaraženih biljaka. Prvi simptomi bolesti pojavljuju se na krtolama, a zatim na nadzemnim delovima biljaka, 2-3 nedelje nakon kontakta sa inficiranim insektima (Buchman i sar., 2011; 2012; Levy i sar., 2011). Opšti simptomi koji se ispoljavaju u vidu hloroze, žutila, zaostajanja zaraženih biljaka u porastu i promene boje obolelog tkiva nastaju kao posledica razvoja bakterije u floemu i narušavanja sprovodne funkcije ovog tkiva. Na nadzemnim organima biljaka zapažaju se skraćanje internodija, uvećanje kolenaca, proliferacija bočnih pupoljaka, formiranje vazdušnih krtola (Sl. 2b) i brzo izumiranje biljaka. Na obolelom lišću uočava se povijenost vršnog lišća ka licu, kovrdžanje liski u osnovi i zbijenost. Listovi dobijaju žućkastu ili ljubičastu boju, dok su jače zaraze praćene pojavom hloroze, ožegotina i izumiranjem listova. Obolele biljke često su grupisane u vidu malih kružnih oaza u polju (Rondon i Hamm, 2011).

Na podzemnim organima dolazi do uvećanja lenticela, skraćanja i propadanja stolona, formiranja sitnijih, ali brojnijih krtola nepravilnog oblika i hrapave pokožice. S obzirom da je transport ugljenih hidrata iz listova u podzemne organe poremećen usled prisustva patogena, dolazi do zastoja u daljem razvoju krtola, što za posledicu ima smanjenje prinosa. Ako do nastanka infekcije dođe pre zametanja krtola, biljke brzo izumiru (Hansen i sar., 2008; Liefting i sar., 2009; Crosslin i sar., 2010; Munyanzeza, 2012a; Schuster i sar., 2012). Slične promene na biljkama, mogu prouzrokovati neke vrste virusa i fitoplazmi, ili toksini insekata („Psyllid yellows”). Često su prisutne i mešane infekcije usled prisustva *CaLsol* i drugih biotičkih i abiotičkih faktora (Sengoda i sar., 2010; Rondon i Hamm, 2011).

„Zebvasti čips” je bolest čiji se najkarakterističniji simptomi ispoljavaju na zaraženim krtolama (Sl. 3a). Na poprečnom preseku obolelog tkiva jasno se uočava tamno mrka obojenost i pojava nekrotičnih, neravnomerno raspoređenih fleka i

pruga u zoni sprovodnih sudova, parenhima i radijalno raspoređenih sržnih zra-ka. Infekciju prati i promjenjen hemijski sastav krtola – količina saharoze i gluko-ze se povećavaju, dok se udeo skroba smanjuje. Nakon termičke obrade ovakvih krtola, usled karamelizacije šećera, infestirane zone postaju jasno vidljive (Sl. 3b). Usled neprivlačnog izgleda, ali i lošeg ukusa, preradevine dobijene od zaraženog krompira nisu pogodne za konzumiranje. Zaražene semenske krtole mogu, tako-đe, ispoljavati simptome u vidu nekroze, nitavosti klica i slabijeg klijanja. Takođe, iz njih se uglavnom razvijaju manje vitalne biljke, što se negativno odražava na prinos (Berry i sar., 2011).



Sl. 2. Zebrasti čips - simptomi na nadzemnim organima biljaka krompira: a) uvijenost, hloroza i ljubičasta obojenost lišća; b) razvoj vazdušnih krtola iz bočnih pupoljaka. (Foto: Munyaneza J.E. (a); [www.apsnet.org](http://www.apsnet.org) (b))

Patogen se lako prenosi i na druge pomoćnice putem insekata vektora. Na zaraženoj mrkvi uočavaju se uvijenost, žutilo, bronzavost i ljubičasta obojenost listova, zaostajanje biljaka u porastu kao i proliferacije korena (Munyaneza i sar., 2010a, 2010b). Na biljkama celera uočena je pojava uvijenosti stabljike i preko-mernog obrazovanja izdanaka (Teresani i sar., 2014).



Sl. 3. Zebrasti čips - simptomi na krtolama: a) poprečni presek krtole pre prerade u čips; b) radijalno raspoređene nekrotične šare i pruge na krompirovom čipsu nakon prerade. /Foto: [www.unl.edu](http://www.unl.edu) (a); Munyaneza J.E. (b)/.

## SPEKTAR DOMAĆINA

Gajene i korovske biljke iz porodice Solanaceae predstavljaju glavne domaće Lso. Krompir (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* L.) je najvažniji prirodni domaćin, kome patogen pričinja i najveće štete. Osim krompira, štete su zabeležene i na drugim gajenim biljkama iz porodice pomoćnica: paprici (*Capsicum annuum*), paradajzu (*Solanum lycopersicon*), plavom patlidžanu (*Solanum melongena*), tomatilu (*Physalis* spp.) i tamarilu (*Solanum betaceum*) (; Morris i sar., 2009; Liefting i sar., 2009; Munyaneza, 2012a). Otkrivanje prisustva patogena u biljnom tkivu celera i mrkve, kao i nekih ukrasnih vrsta van porodice Solanaceae, ukazuje na širi spektar domaćina (Liefting i sar., 2008, 2009; Moris, 2009; Munyaneza i sar., 2010b; Anonymous 2012; Teresani i sar., 2014; Loiseau 2014).

## DETEKCIJA I IDENTIFIKACIJA

CaLsol je usko specijalizovana bakterija, koja je prilagođena živom tkivu biljaka i insekata vektora. Nemogućnost izolacije i gajenja u laboratorijskim uslovima predstavlja poseban problem u njihovom proučavanju. Distribucija bakterije u biljci nije ujednačena, kao i dužina latentnog perioda koji predstavlja vreme od momenta infekcije do pojave prvih vidljivih simptoma bolesti. Dokazivanje prisustva bakterije u biljnom materijalu zasniva se na primeni elektronske mikroskopije i molekularnih metoda (Secor i sar., 2009; Levy i sar., 2011). S obzirom na prirodu patogena i ograničenost primene različitih metoda proučavanja, neophodna je upotreba molekularnih metoda zasnovanih na reakciji lančanog umnožavanja fragmenta DNK kako bi se izvršila njegova detekcija (Polymerase Chain Reaction, PCR). Različite vrste PCR metoda se zasnivaju na umnožavanju konzervativnih regiona u genomu kao što su: deo 16S rDNA sekvence, 16S-ISR-23S rDNA region, konstitutivni (housekeeping) geni, kao i geni za adenilat kinazu (*adk*), pomoću specifičnih prajmera dizajniranih za ove regione (Hansen i sar., 2008; Li i sar., 2009; Secor i sar., 2009; Wen i Mallik, 2009; Ravindran i sar., 2011; Crosslin i sar., 2011; Teresani i sar., 2014). Visina titra bakterije, način translokacije i distribucije patogena u nadzemnim i podzemnim biljnim organima imaju veliki uticaj na konačni rezultat detekcije (Wen i Mallik, 2009; Levy i sar., 2011;). U slučaju mešanih infekcija sa fitoplazmama, detekcija patogena je dodatno otežana.

## SUZBIJANJE

Kontrola patogena podrazumeva primenu karantinskih i fitosanitarnih mera. S obzirom da CaLsol lako može dospeti na teritoriju naše zemlje iz područja gde je prisustvo vektora ili bolesti već utvrđeno, posebna pažnja se mora posvetiti kontroli semenskog i sadnog materijala porodice Solanaceae iz uvoza (Obradović i sar., 2014). Neophodno je da materijal bude sertifikovan odnosno da odsustvo patogena i vektora bude garantovano. Kako ne postoje otporne sorte krompira, važnu meru kontrole oboljenja predstavlja suzbijanje populacije vektora (*B. cockerelli*, *B. trigonica* i srodnih vrsta potencijalnih vektora) primenom različitih insekticida u toku sadnje krompira, tretiranjem zemljišta, ili folijarnom primenom u toku vegetacije (Schreiber i sar., 2012; Guenther i sar., 2012; Munyaneza, 2012a). Usklađivanje količine, načina i vremena primene insekticida sa brojem i razvojnim stadijumom jedinki, kao i fazom porasta biljke su od izuzetnog značaja za uspešno suzbijanje CaLsol. Hemijsku zaštitu je potrebno započeti nakon prve pojave imaga lisnih buva, jer je kasnije suzbijanje otežano usled istovremenog prisustva svih stadijuma razvoja nejednake osetljivosti prema insekticidima. U fazi intenzivnog porasta biljaka preporučuje se primena sistemskih insekticida koji obez-

beđuju dugotrajniju zaštitu, dok se u drugom delu vegetacije bolji efekat postiže primenom kontaktnih insekticida (Schreiber i sar., 2012). Na osnovu dosadašnjih istraživanja, utvrđeno je da patogen ima izraženu sposobnost prilagođavanja novim staništima, pa se osim na biljkama familije Apiaceae sve češće može naći i na biljkama familije Solanaceae u Evropi.

Primena hemijskih preparata često ne daje zadovoljavajuće rezultate. Razlog tome jesu velika brojnost vektora, kratak inkubacioni period, visok fekunditet, preklapanje generacija, kao i pojava rezistentnosti na aktivne supstance. Upotreba otpornih sorti i biološke mere borbe kao alternativa upotrebi insekticida još uvek nisu razvijene. Posebna pažnja usmerena je na pronalaženje izvora otpornosti prema patogenu i vektoru bakterije koji bi omogućili trajniju zaštitu. Na osnovu dosadašnjih istraživanja, uočene su razlike u osetljivosti pojedinih genotipova krompira, ali još uvek ne postoji ni jedna sorta sa apsolutnom otpornošću prema ovom patogenu (Crosslin i sar., 2011, Munyaneza, 2012a). Integralni pristup zaštiti, koji podrazumeva praćenje brojnosti vektora i utvrđivanje infektivnosti populacije kako bi se utvrdio njen značaj u prenošenju *CaLosl*, trenutno predstavljaju najracionalnije rešenje u kontroli ovog patogena (Goolsby i sar., 2007). Suzbijanje vektora treba izvršiti rano u toku vegetacije, kada njihova brojnost nije velika i kada se pretežno nalaze na rubovima parcele (Munyaneza, 2012a). Na ovaj način se ujedno obezbeđuje i smanjena primena insekticida. Od velikog značaja je i usklađivanje vremena setve krompira sa pojavom i aktivnošću insekata vektora.

### Zahvalnica

Ovaj rad je rezultat istraživanja u okviru projekta III46008, finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i projekta Evropske komisije H2020 - POnTE 635646.

### LITERATURA

- Alfaro-Fernández, A., Siverio, F., Cebrián, M.C., Villaescusa, F.J., Font, M.I. (2012a): „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” associated with *Bactericera trigonica*-affected carrots in the Canary Islands. *Plant Disease* 96 (4): 581.
- Alfaro-Fernández, A, Cebrián, M.C, Villaescusa, F.J, Hermoso Mendoza Ade, Ferrándiz, J.C., Sanjuán, S., Font, M.I. (2012b): First report of „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” in carrot in mainland Spain. *Plant Disease*, 96:582.
- Anonimous (2012): Final pest risk analysis for *Candidatus Liberibacter solanacearum* in *Solanaceae*. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), Paris.
- Berry, N., Thompson, S., Taylor, N., Wright, P., Shah, F., Walker, M., Beard, S., Jorgensen, N., Butler, R., Thompson, S., Scott, I., Pitman, A.R. (2011): The impact of „*Ca. Liberibacter*” infected seed tubers on potato production in New Zealand. 11th Annual Zebra Chip Reporting Session, Dallas, TX. Proceedings book (ed. by Workneh, F., Rashed, A. and Rush, C.M.), 189-193.
- 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 (2): 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.
- Crosslin, J. M., H. Lin, Munyaneza, J. E. (2011): Detection of „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” in the potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc), by conventional and real-time PCR. *Southwest. Entomol.* 36: 125-135.
- Crosslin, J. M., Hamm, P. B., Eggers, J. E., Rondon, S. I., Sengoda, V. G., Munyaneza, J. E. (2012): First report of zebra chip disease and „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” on potatoes in Oregon and Washington. *Plant Disease*, 96 (3): 452.
- Crosslin, J.M., Munyaneza, J.E., Brown, J.K., Liefing, L.W. (2010): Potato zebra chip disease: A phytopathological tale. Online. *Plant Health Progress*.
- EPPO Global Database (2015): First report of „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” in Austria. EPPO Reporting Service No. 2, 029.
- 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 USA, 400–402,.
- Goolsby, J. A., Adamczyk, J. J., Crosslin, J. M., Troxclair, N. N., Anciso, J. R., Bester, G. G., Bradshaw, J. D., Bynum, E. D., Carpio, L. A., Henne, D. C., Joshi, A., Munyaneza, J. E., Porter, P., Sloderbeck, P.E., Supak, J.R., Rush, C.M., Willett, F.J., Zechmann, B.J., Zens, B. A. (2012): Seasonal population dynamics of the potato psyllid (Hemiptera: Triozidae) and its associated pathogen „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” in potatoes in the Southern Great Plains of North America. *Journal of Economic Entomology*, 105(4): 1268-1276.
- 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.
- Guenthner, J., Goolsby, J.A., Greenway, G. (2012): Use and cost of insecticides to control potato psyllids and zebra chip on potatoes. *Southwestern Entomologist* 37(3): 263-270.
- Hansen, A.K., Trumble, J.T., Stouthamer, R., Paine, T.D. (2008): A new huanglongbing species, ‘*Candidatus Liberibacter psyllaerous*’ found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Applied and Environmental Microbiology* 74: 5862–5865.
- Henne, D.C., Workneh, F., Wen, A., Price, J.A., Pasche, J.S., Gudmestad, N.C., Rush, C. M. (2010): Characterization and epidemiological significance of potato plants grown from seed tubers affected by zebra chip disease. *Plant Disease* 94: 659-665. *ermiston Agricultural Research*
- [http://www.apsnet.org/online/feature/zebra/PlantHealthProgress\\_Zebra.pdf](http://www.apsnet.org/online/feature/zebra/PlantHealthProgress_Zebra.pdf)
- Jerinić- Prodanović, D. (2014): *Bactericera trigonica* (Hodkinson, 1981) (Hemiptera, Triozidae) – new pest on carrot in Serbia. VII Kongres zaštite bilja, Zlatibor, Zbornik rezimea: 321.
- 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.
- Li, W., Abad, J.A, French-Monar, R.D, Rascoe, J., Wen, A., Gudmestad, N.C, Secor, G.A., Lee, I-M., Duan, Y., Levy, L. (2009): Multiplex real-time PCR for detection, identification and quantification of „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” in potato plants with zebra chip. *Journal of Microbiological Methods* 78: 59–65.
- Liefing, L.W., Perez-Egusquiza, Z.C., Clover, G.R.G., Anderson. J.A.D. (2008): A new „*Candidatus Liberibacter*” species in *Solanum tuberosum* in New Zealand. *Plant Disease*, 92: 1474.
- Liefing, 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 (6): 938.
- 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, 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(9), 1269.
- Munyaneza, J.E. (2012a): Zebra chip disease of potato: biology and management. *American Journal for Potato Research* 89: 329-350.
- 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., Fisher, T.W., Sengoda, V.G., Garczynski, S.F., Nissinen, A., Lemmetty, A. (2010b): Association of „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” with the psyllid *Triozia apicalis* (Hemiptera: Trioziidae) in Europe. *Journal of Economic Entomology* 103: 1060-1070.
- Munyaneza, J.E., Sengoda, V.G., Buchman, J.L., Fisher, T.W. (2012d): 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., Crosslin, J.M., De la Rosa-Lozano, G., Sanchez, A. (2009): First report of „*Candidatus Liberibacter psyllaurosus*” in potato tubers with zebra chip disease in Mexico. *Plant Disease*, 93: 552-552.
- 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.
- 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. (2013): A new haplotype of „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” identified in the Mediterranean region. *European Journal of Plant Pathology*, 135 (4):633-639.
- Obradović, A., Prokić, A., Kuzmanović, N., Zlatković, N., Ivanović, M. (2014): Novo destruktivno oboljenje krompira - zebrasti čips. *Biljni lekar*, 42 (1): 14-23
- Ravindran, A., Levy, J., Pierson, E., Gross, D. (2011): Development of primers for improved PCR detection of the potato zebra chip pathogen, „*Candidatus Liberibacter solanacearum*”. *Plant Disease* 95: 1542-1546.
- Rondon S. I. and Hamm, P. B. (2011): Essential information about Zebra Chip (ZC) in the Columbia Basin: identification, late season control, and storage. Potato update. Oregon State University.
- 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>
- Schuster, G., McBride, S., French R., Appel, D. (2012): Zebra chip disease: description,

- impact, and symptoms. <http://zebrachipscri.tamu.edu>
- 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.
- Secor, G.A., Rivera, V.V., Abad, J.A., Lee, I.-M., Clover, G.R.G., Liefting, L.W., Li, X., and De Boer, S.H. (2009): Association of „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” with zebra chip disease of potato established by graft and psyllid transmission, electron microscopy, and PCR. *Plant Disease* 93: 574–583.
- Sengoda, V.G., Munyaneza, J.E., Crosslin, J.M., Buchman, J.L., Pappu, H.R. (2010): Phenotypic and etiological differences between psyllid yellows and zebra chip diseases of potato. *American Journal for Potato Research*, 87: 41–49.
- 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(8): 804–11.
- Wen, A. and Mallik, I. (2009): Detection, distribution, and genetic variability of „*Candidatus Liberibacter*” species associated with zebra complex disease of potato in North America. *Plant Disease*, 93: 1102–1115.

### Abstract

#### „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” CAUSAL AGENT OF POTATO „ZEBRA CHIP” DISEASE

**Aleksa Obradović, Anđelka Prokić, Nevena Zlatković, Nemanja Kuzmanović,  
Dušanka Jerinić-Prodanović**

University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade, Serbia  
E-mail: [aleksao@agrif.bg.ac.rs](mailto:aleksao@agrif.bg.ac.rs)

*Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLsol) is a phloem-limited pathogen and it was found associated with the ‘zebra chip’ potato disease. This pathogen causes significant economic losses by reducing the yield and quality of potato crops. It is widespread in commercial potato fields in USA, Mexico, Central America, New Zealand. CaLsol can also affect other solanaceous crops, including tomato, pepper, eggplant, tamarillo. Recently, it was detected in several Northern European countries in carrot and celery crops. Chips made from zebra chip-infected tubers show dark stripes that become more visible upon frying, and are therefore commercially unacceptable. Bearing in mind the importance of potato production in our country, it is necessary to raise the awareness about the disease occurrence and distribution.

**Keywords:** *Candidatus Liberibacter*, zebra chip, potato, *Bactericera cockerelli*, *Bactericera trigonica*