

Abstract
***Ralstonia solanacearum* - CAUSAL AGENT OF
POTATO BACTERIAL WILT**

**Svetlana Milijašević-Marčić, Biljana Todorović, Ivana Potočnik,
Miloš Stepanović, Emil Rekanović**

Institute of Pesticide and Environmental Protection, Zemun, Serbia

E-mail: svetlana.milijasevic@pestring.org.rs

Ralstonia solanacearum is one of the two bacteria on potato with quarantine status both in EPPO region and Serbia because the pathogen causes huge economic losses on different cultivated plants, survives in soil and water, and there are no efficient measures for its control. In Serbia, it was first detected in the vicinity of Gornji Milanovac in 2010. In the following four years, the pathogen was detected and confirmed in ware potato tuber samples in three counties in the Province of Vojvodina (Zapadno-Bački, Južno-Bački and Srednje-Banatski). In seed potato, the bacterium was not detected in any of the tested samples. Additionally, the pathogen was confirmed in two samples of ware potatoes from import in 2012 and 2013. Crucial elements of control programs of race 3 *R. solanacearum* include the following: use of healthy seed, early and accurate detection and timely reporting on the pathogen presence, quarantine measures on contaminated fields or warehouses, crop rotation, weed control and destruction of volunteer potato plants, avoidance of superficial irrigation water and education. The findings of the bacterium in ware potatoes, both imported and produced in Serbia, show that *R. solanacearum* is a continual threat to potato production in our country. Therefore, the monitoring of seed and ware potatoes should be continued.

Key words: potato, plant quarantine, bacteria, rot, wilt

**BAKTERIOZE KROMPIRA - CRNA TRULEŽ PRIZEMNOG
DELA STABLA („CRNA NOGA”) I VLAŽNA TRULEŽ KRTOLA
KROMPIRA**

Katarina Gašić¹, Aleksa Obradović²

¹Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Beograd

²Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd

e-mail: gasickatarina@yahoo.com

Rad primljen: 27.12.2015.

Prihvaćen za štampu: 18.01. 2016.

Izvod

Oboljenja bakteriozne prirode veoma su česta u usevima krompira, posebno kada vremenski uslovi pogoduju nastanku i širenju infekcije. Među ekonomski značajnim bakterijama koje ugrožavaju proizvodnju krompira u svetu i u našoj ze-

mlji, izdvajaju se prouzrokovajući crne truleži prizemnog dela stabla („crna noga”) i vlažne truleži krtola krompira, pripadnici rodova *Pectobacterium* i *Dickeya*. Prema najnovijoj klasifikaciji, pektolitičke bakterije, patogeni krompira, diferencirane su u vrste *Pectobacterium atrosepticum*, *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, *P. carotovorum* subsp. *brasiliense*, *P. wasabiae* i nekoliko *Dickeya* spp. Bolest se može pojaviti na biljkama i krtolama u polju ili na krtolama tokom transporta i u skladištu, umanjujući prinos useva i kvalitet krtola. Cilj ovog rada je da se prikaže rasprostranjenost i ekonomski značaj crne truleži prizemnog dela stabla i vlažne truleži krtola krompira, kao i osnovne karakteristike patogena. Poznavanje simptomatologije i epidemiologije oboljenja je od posebnog značaja za pravilnu dijagnozu oboljenja i identifikaciju patogena, što doprinosi pravovremenoj i uspešnoj zaštiti.

Cljučne reči: krompir, *Pectobacterium* spp., *Dickeya* spp., simptomi, epidemiologija, zaštita

UVOD

Krompir (*Solanum tuberosum*) predstavlja treću po redu najvažniju kulturu u ljudskoj ishrani, posle pirinča i pšenice, po podacima Međunarodnog centra za krompir (International Potato Center, CIP). Preko milijardu ljudi širom sveta konzumira krompir a ukupna godišnja proizvodnja premašuje 300 miliona tona (<http://cipotato.org/potato/facts>). Najveći proizvođač krompira u svetu je Kina, zatim slede Indija, Ruska Federacija, Ukrajna i Sjedinjene Američke Države. Proizvodnja krompira ne zahteva posebne uslove spoljne sredine pa je dugi niz godina glavna kultura u umereno kontinentalnom klimatskom području, a takođe se sve više gaji i u nešto toplijim krajevima (Haverkort, 1990). U Srbiji se krompir gaji na oko 90 000 ha sa tendencijom konstantnog smanjenja po prosečnoj godišnjoj stopi od 0,76 %, dok prosečan godišnji prinos iznosi oko 820 000 t i u blagom je porastu (Novković i sar., 2013).

Uspešna proizvodnja krompira je često ugrožena aktivnošću različitih prouzrokovaca bolesti. Oboljenja prouzrokuju razne vrste fitopatogenih gljiva, bakterija i virusa, kao i različite insektaske vrste. Procenjuje se da godišnji gubici krompira kao posledica bolesti iznose oko 22 % ukupnog prinosa, što iznosi preko 65 miliona tona krompira (<http://www.cipotato.org>; <http://www.fao.org/>).

Oboljenja bakterijske prirode su veoma česta u usevima krompira, posebno kada vremenski uslovi pogoduju nastanku i širenju infekcije. Među ekonomski značajnim bakterijama koje mogu ugroziti proizvodnju krompira na evropskom kontinentu izdvajaju se *Ralstonia solanacearum*, prouzrokovac mrke truleži krtola krompira i bakterijskog uvenuća krompira i paradajza, i *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, prouzrokovac prstenaste truleži krtola krompira. Ove vrste nalaze se na karantinskoj listi EPPO organizacije (European and Mediterranean Plant Protection Organization), kao i na IA deo I karantinskoj listi štetnih organizama Republike Srbije. Prouzrokovaci obične krastavosti krompira roda *Streptomyces* (*S. scabies*, *S. acidiscabies*, *S. trigidiscabies*) takođe predstavljaju značajne patogene krompira, utičući pre svega na kvalitet i smanjenje tržišne vrednosti krompira, ne umanjujući ukupan prinos (van der Wolf i De Boer, 2007).

Pored navedenih, poseban značaj kao patogeni krompira imaju bakterije prouzrokovaci vlažne truleži, pripadnici rodova *Pectobacterium* i *Dickeya*. Prema najnovijoj klasifikaciji, bakterije prouzrokovaci vlažne truleži diferencirani su u vrste *Pectobacterium atrosepticum* (Gardan i sar., 2003) (prethodno *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (Van Hall) Dye) (Pa), *Pectobacterium carotovorum* subsp. *caroto-*

vorum (Gardan i sar., 2003) [*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (Jones) Bergey et al.] (Pcc), *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* (*Erwinia carotovora* subsp. *brasiliense*) (Pcb) (Duarte i sar., 2004), *Pectobacterium wasabiae* (*Erwinia carotovora* subsp. *wasabiae*) (Pw) (Pitman i sar., 2008) i nekoliko *Dickeya* spp. (*Erwinia chrysanthemi*), koje obuhvataju *Dickeya dianthicola* (*Erwinia chrysanthemi* pv. *dianthicola*), *Dickeya dadantii*, *Dickeya zaeae* (*Erwinia chrysanthemi* pv. *zaeae*) i novu vrstu *Dickeya solani* (Samson i sar., 2005; Toth i sar., 2011; van der Wolf i sar., 2013). Sve navedene vrste mogu prouzrokovati oba tipa simptoma, crnu trulež prizemnog dela stabla („crnu nogu“) krompira u uslovima polja, i vlažnu trulež krtola krompira u skladištu, tokom transporta, kao i u poljima širom sveta (Czajkowski i sar., 2015). Vrste rodova *Pectobacterium* i *Dickeya* ubrajaju se među deset ekonomski najznačajnijih bakterija koji ograničavaju prinos i kvalitet poljoprivrednih kultura (Mansfield i sar., 2012).

***Pectobacterium* spp. i *Dickeya* spp.**

Rasprostranjenost i ekonomski značaj. Prouzrokovali vlažne truleži i „crne noge“ krompira spadaju u ekonomski veoma značajne patogene ove kulture, dovodeći do velikih ekonomskih gubitaka u pojedinim geografskim područjima. Simptomi bolesti mogu se pojaviti na biljkama i krtolama u polju ili na krtolama tokom transporta i u skladištu. Usled truleži prizemnog dela stabla („crne noge“) pri proizvodnji semenskog krompira dolazi do gubitaka koji se ogledaju u smanjenju ukupnog prinosa kao i smanjenju tržišne vrednosti krompira. Veliki gubici nastaju usled klasiranja semenskog krompira u niže kategorije (van der Wolf i De Boer, 2007). Primera radi, u Holandiji tokom 2003. godine, kada su vremenski uslovi pogodovali infekciji, gubici su iznosili 17 miliona evra (van der Wolf i De Boer, 2007). U SAD-u su do pre 30 godina gubici na individualnim posedima iznosili do 40 %, ali je poslednjih godina pojava bolesti značajno smanjena usled korišćenja testiranog sadnog materijala. „Crna noga“ krompira pojavljuje se i u našoj zemlji, Međutim, štete koje nastaju su nešto manje, najverovatnije zbog manje povoljnih klimatskih uslova za njen nastanak i razvoj (Milošević, 1998). Zaražene biljke ne daju prinos jer rano propadaju, a kod nešto kasnijih zaraza formirane krtole ostaju jako sitne i praktično neupotrebljive.

Vlažna trulež krtola krompira predstavlja najopasniju i najdestruktivniju bolest krompira, posebno tokom skladištenja i transporta na veće udaljenosti (Milošević, 1998). Bolest je veoma rasprostranjena i pojavljuje se svugde gde se krompir gaji. Gubitke koji nastaju usled promena na biljkama u vidu vlažne truleži krtola teško je proceniti ali se smatra da su veoma visoki. U 1980. godini, gubici u prinosu krompira iznosili su 50-100 miliona dolara na svetskom nivou (Pérombelon i Kelman, 1980). Iako su poslednjih godina unapređene tehnike vađenja krompira i poboljšani uslovi skladištenja i čuvanja, gubici i dalje prelaze 100 miliona dolara godišnje (van der Wolf i De Boer, 2007). U Holandiji su godišnji gubici pri proizvodnji semenskog krompira usled zaraze *Pectobacterium* i *Dickeya* vrstama procenjeni na 15-30 miliona evra (loc. cit. van der Wolf i De Boer, 2007).

Simptomi bolesti. Osnovna karakteristika vrsta rodova *Pectobacterium* i *Dickeya* je da proizvode širok spektar enzima kojima razgrađuju komponente ćelijskog zida domaćina. Među ovim enzimima izdvajaju se pektinaze, celulaze, proteaze i ksilanaze (Perombelon, 2002; van der Wolf i De Boer, 2007). Kao glavni faktor patogenosti označen je enzim pektinaza koji razgrađuje srednju lamelu ćelijskog zida domaćina (Perombelon, 2002; van der Wolf i De Boer, 2007). Postoje četiri tipa ovog enzima, tri sa optimalnom pH vrednošću 8 – pektat liaza, pektin

liaza i pektin metil esteraza, i enzim poligalakturonaza sa optimalnom pH vrednošću 6 (Collmer i Keen, 1986).

Karakterističan simptom “crne noge” krompira je sluzasta, vlažna, crna trulež koja se širi od zaražene matične krtole prema stablu, posebno u uslovima povišene vlažnosti (Sl. 1). U uslovima suvog vremena, simptomi se ispoljavaju u vidu kržljivosti, žutila, uvenuća i sušenja stabla i listova (Perombelon i Kelman, 1980). Krompir može biti parazitiran tokom celog vegetacionog perioda kao i za vreme skladištenja. Prvi znaci bolesti zapažaju se obično početkom leta u periodu vlažnog vremena. Obolele biljke se slabije razvijaju, zaostaju u porastu i postaju kržljave (Sl. 2). Njihovo vršno lišće je sitno, svetlozeleno ili žučkasto, uvija se kao da pati usled nedostatka vode i gubi turgor. Ovakvo lišće kao i mlade grančice imaju uspravan položaj. Sve ovo podseća na simptome virozne uvijenosti lišća ili one koje izaziva gljiva *Rhizoctonia solani*. Istovremeno donje lišće dobija žutu boju (Arsenijević, 1997).

Na prizemnom delu stabla uočavaju se manje ili veće tamne a potom crne pege, u okviru kojih se tkivo razmekšava. Spojene pege obuhvataju stablo prstenasto sa svih strana, tako da njegova osnova postaje crna i lepljiva, a tkivo se sve više razmekšava i truli. Usled izumiranja tkiva stabljike, biljke se lako savijaju, lome i već posle 3-5 dana od infekcije izumiru. Tako obolele biljke takođe ne obrazuju krtole i lako se čupaju iz zemlje (Arsenijević, 1997; Milošević, 1998; Balaž i sar., 2010). Ovakvo akutan razvoj bolesti ne odvija se uvek. Zapaženo je da se u obolelih mladim biljkama razvija hroničan tok bolesti. Ovakve biljke zaostaju u porastu, stablo im je tanko a lišće sitno. Pri preseku obolelog stabla uočava se tamna boja sprovodnih sudova ispunjenih bakterijskom sluzi. Takve biljke daju umanjen prinos. Zapaženo je da akutan tok bolesti poprimaju biljke u fazi potpune razvijenosti (Arsenijević, 1997).

Vlažna trulež krtola pojavljuje se na krtolama tokom skladištenja, u zemljištu pre vadenja, kao i na krtolama ili sečenim delovima krtola posle sadnje (Milošević, 1998). Trulež krtola počinje najčešće sa završetaka stolona, iz lenticela, ili povreda u uslovima vlažnog vremena (Czajkowski i sar., 2011). Iz obolelog stabla bakterije posredstvom stolona dospevaju u krtole. Na mestu spajanja stolona sa krtolom može se uočiti tamnjenje sudovnog tkiva, ova zona se širi i trulež zahvata celu krtolu (Balaž i sar., 2010). U slučaju kada trulež počinje od lenticela, oko njih nastaje blago ulegnuće i formira se mrka pega od koje se širi trulež. Tkivo krtola sa simptomima truleži je meko, vlažno, krem do smeđe boje, brašnjave konzistencije. Na granici zdravog i obolelog tkiva formira se karakteristična zona sa mrkim do crnim pigmentom. (Milošević, 1998). Trulež krtola nastavlja se tokom vegetacije u zemlji, kao i tokom skladištenja i čuvanja (Balaž i sar., 2010). Slabije obolele krtole mogu prezimeti i tako preneti zarazu u narednu vegetaciju. Klice poreklom sa jače obolelih krtola mogu sasvim izumreti još pre nicanja, zbog truleži koja nastaje usled pozne setve i prevelike vlažnosti zemljišta. U slučaju slabijeg napada parazita većina krtola izgleda za vreme berbe zdrava ali trule kasnije u skladištu (Arsenijević, 1997). Proces truleži potpomažu i drugi mikroorganizmi, kako gljive tako i bakterije, pa boja ovako dezorganizovanih krtola može biti različita, mrka, crna (Sl. 3) ili ružičasta (Arsenijević, 1997).

Spektar domaćina. Od svih vrsta roda *Pectobacterium*, Pcc ima najširi krug domaćina i parazitira biljke botanički veoma udaljene, posebno one sočnih i mesnatih plodova, stabljika i lišća širom sveta (Arsenijević, 1997; De Haan i sar., 2008). Pored krompira, ova vrsta parazitira papriku, paradajz, mrkvu, celer, peršun, plavi patlidžan, zelenu salatu, karfiol, luk, kupus, brokoli, komorač, kalu, suncokret,

kukuruz i brojne druge vrste (Arsenijević i sar., 1996; Arsenijević i Obradović, 1996; Obradović, 1996; Arsenijević i sar., 1997; Jovanović and Arsenijević, 1998; Jovanović, 1998; Obradović, 1999; Gavrilović i sar, 2001; Gavrilović i sar., 2009; Ivanović i sar., 2009; Gašić i sar., 2013, 2014). Za razliku od ove vrste, Pa je uglavnom ograničena na krompir i smatra se genetički i fenotipski veoma homogenom (van der Wolf i De Boer, 2007). Pcb je veoma agresivan patogen koji parazitira krompir u tropskim i subtropskim oblasitima (Brazil i Južnoafrička Republika) (Duarte i sar., 2004; van der Merwe i sar., 2010). Pwa inficira krompir na Novom Zelandu, Južnoafričkoj Republici, Kanadi i u pojedinim evropskim državama gde nanosi velike gubitke (Pitman i sar., 2010; Nykyri i sar., 2012; Waleron i sar., 2013).



Sl. 1. *Pectobacterium atrosepticum*. Trulež prizemnog dela stabla („crna noga“) krompira (<http://agritech.tnau.ac.in>).

Sl. 2. *Pectobacterium atrosepticum*. Kržljavost i žutilo biljaka krompira (<http://potatoes.ahdb.org.uk>)

Sl. 3. *Pectobacterium atrosepticum*. Vlažna trulež krompira. Uzdužni presek krtole (<http://www.agroatlas.ru>).

Dickeya spp. je patogen tropskih i subtropskih predela, koji pre svega inficira brojne ukrasne a takođe i gajene biljke (Arsenijević, 1997; Toth i sar., 2011). Međutim, poslednjih godina primećen je porast oboljenja “crne noge” krompira u Evropi a kao prouzrokovač navodi se *Dickeya* spp. Od 2005. godine *Dickeya* vrste su odgovorne za 50-100 % infekcija u poljima Holandije i Francuske (van der Wolf i sar., 2008), dok je sličan porast zabeležen i u Finskoj i Izraelu (Tsrer i sar., 2009; Laurila i sar., 2008). Pored krompira, među domaćinima *Dickeya* spp. nalaze se i paradajz, kukuruz, duvan, *Dianthus* spp., cikorija, artičoka i dr. (Toth i sar., 2011).

Osobine patogena. Prouzrokovali vlažne truleži, vrste rodova *Pectobacterium* i *Dickeya* prethodno su pripadale rodu *Erwinia* (Dye, 1969; loc. cit. Arsenijević, 1997). Predstavnici ovog roda su fakultativni anaerobi, Gram negativne, asporogene, štapičastog oblika sa paritrihim rasporedom flagella (Arsenijević, 1997). Ove vrste ne stvaraju oksidazu, formiraju katalazu, redukuju nitrata, proizvode β -galaktozidazu, H_2S iz natrijumtiosulfata i kiselinu iz arabinoze, riboze, ramnoze, fruktoze, galaktoze, manoze, celobioze, glicerola, manitola, sorbitola, eskulina i salicina. Bakterije ne proizvode ureazu niti kiselinu iz adonitola (Arsenijević,

1997). Diferencijalne biokemijsko-fiziološke odlike *Pectobacterium* i *Dickeya* vrsta date su u Tabeli 1.

Izolacija bakterija vrši se na standardnoj mesopeptonskoj podlozi ili na selektivnim podlogama. Podloga sa kristal violet i natrijum polipektatom (CVP) pokazala se kao veoma efikasna selektivna podloga koja je danas najčešće u upotrebi (Arsenijević, 1997).

Dugi niz godina detekcija i identifikacija patogena zasnivala se isključivo na izolaciji vitalnih bakterijskih ćelija na hranljive podloge, koju su pratile dalje serološke i biokemijske analize i testovi patogenosti. Nešto kasnije, ove metode dopunjene su molekularnim tehnikama koje se zasnivaju na detekciji molekula nukleinske kiseline patogena. Molekularne metode su zauzele vodeće mesto, pre svega zbog svoje visoke specifičnosti, brzine izvođenja, ponovljivosti i omogućavanja kvalitativne i semikvantitativne detekcije bakterija u kompleksnoj sredini (Czajkowski i sar., 2015). Kritički osvrt na dostupne metode za detekciju i identifikaciju *Pectobacterium* i *Dickeya* vrsta date su u preglednom radu Czajkowskog i sar., 2015.

Tabela 1. Biokemijsko-fiziološki testovi za diferencijaciju *Pectobacterium* i *Dickeya* vrsta, prouzrokovala "crne noge" i vlažne truleži krompira (Arsenijević, 1997; Czajkowski i sar., 2015).

Test	<i>P. atro-septicum</i>	<i>P. c. ssp. carotovorum</i>	<i>P. wasa-biae</i>	<i>P. c. ssp. brasiliense</i>	<i>Dickeya</i> spp.
Stvaranje udubljenja na CVP podlozi (24 h pri 28 °C)	+	+	+	+	+
Razvoj na hranljivom agaru pri 37 °C	-	+	+/-	+	+
Razvoj u 5% NaCl	+	+	+/-	+	-
Osetljivost prema eritromicinu	-	-	-	-	+
Stvaranje redukujućih supstanci iz saharoze	+	-	-	-	-
Stvaranje indola	-	-	-	-	+
Stvaranje fosfataze	-	-	-	-	+
Stvaranje kiseline iz laktoze	+	+	-	+	+
Stvaranje kiseline iz maltose	+	-	-	+	-
Stvaranje kiseline iz α -metil glukoze	+	-	-	+	-
Stvaranje kiseline iz trehaloze	+	+	+	+	-
Stvaranje kiseline iz sorbitola	-	-	-	-	-
Korišćenje malonata	-	-	-	-	+

Legenda: + pozitivna reakcija, - negativna reakcija, +/- varijabilna reakcija

Epidemiološko-ekološke karakteristike. Prouzrokovali vlažne truleži ne preživljavaju u zemljištu. Njihova vitalnost u zemljištu ograničena je na jednu nedelju do šest meseci, zavisno od uslova spoljne sredine, pre svega temperature zemljišta, vlažnosti i pH vrednosti zemljišta (Czajkowski i sar., 2011). Preživljavanje bakterija može biti nešto duže u biljnim ostacima ili na korovskim biljkama. U

svakom slučaju bakterije se ne mogu održati u zemljištu pri primeni plodoreda u periodu 3-8 godina (Czajkowski i sar., 2011).

Obolele krtole su osnovni izvor zaraze. Zaraza krtola nastaje tokom vegetacije, posebno u jesen preko stolona, dodiranjem krtola sa obolelim stablom, dodiranjem zaraženih i zdravih krtola, zaražavanjem krtola preko povreda nastalih dejstvom zemljišnih štetočina, preko uvećanih lenticela, spiranjem bakterija sa obolelog prizemnog dela stabljike i njihovim kretanjem zemljišnom vodom za vreme kiše (Milošević, 1998). Nakon ostvarene infekcije krtola pojavljuju se manje mrke pege, koje se tokom skladištenja i čuvanja krompira ponekad znatnije ne ispoljavaju. Tek u proleće, usled povišene temperature, ove pege se povećavaju i šire. Širenje i povećanje pega odvija se intenzivno u zemljištu po obavljenoj setvi, kada parazit prelazi s krtola na stablo, prouzrokujući simptome truleži njegovog prizemnog dela. U slučajevima kasnije zaraze stabla, parazit kroz stolone dospeva dublje u krtole, prouzrokujući trulež srca krtola (Arsenijević, 1997).

Pri proizvodnji semenskog krompira veliki problem predstavljaju krtole latentno zaražene prouzrokovateljima „crne noge” krompira (Perombelon, 1974). Bakterije su uglavnom prisutne u ili na krtolama, pre svega u lenticelama i ranama. One dospevaju na zdrava tkiva tokom sečenja semenskih krtola ili tokom daljeg manipulisanja sadnim materijalom tokom setve (Powelson i Franc, 2001). Visoka temperatura zemljišta (iznad 20 °C) pogoduje razvoju bolesti i izumiranju delova semenskih krtola. U određenim uslovima, bakterije iz zaraženih krtola kreću se prema površinskom delovima biljke gde se kasnije pojavljuju simptomi „crne noge”. Razvoju bolesti pogoduju nešto niže temperature (10-15 °C) i vlažno zemljište tokom setve, kao i temperatura iznad 20 °C nakon nicanja biljka (Powelson i Franc, 2001).

Bakterije prouzrokovatelj vlažne truleži krtola nalaze se u lenticelama, ranama i na površini krtola. Kontaminacija novoformiranih, ćerki krtola odvija se na nekoliko načina. Prilikom truljenja semenskih krtola, bakterije dospevaju u zemljište i pomoću vode se šire i inficiraju okolne ćerke krtole (Czajkowski i sar., 2011). Takođe, kretanje bakterija može se odvijati kroz stolone obolelih biljaka do ćerki krtola gde sa mesta dodira krtole kreće njihovo propadanje (Powelson i Franc, 2001).

Bez obzira na izvor inokuluma, zaražene krtole ostaju bez simptoma do trenutka kada bivaju izložene nekoj vrsti stresa, tokom vađenja krtola ili njihovog skladištenja. Nesazrele krtole su sklonije povređivanju pa nastale rane omogućuju lakši prodor patogena. Izloženost krtola sunčevoj svetlosti nakon vađenja, isušuje i ubija ćelije na površini krtola, smanjujući efikasnost zarastanja rana. Prisustvo drugih bolesti na krtolama krompira, kao što su bolesti izazvane *Fusarium* spp., povećava potencijal za razvoj vlažne truleži, dok nizak nivo kalcijuma može povećati osetljivost krtola prema bakterijama (Powelson i Franc, 2001).

Zaraza useva, osim preko krtola i zemljišta, može se širiti i vazduhom (Perombelon, 1992). Patogeni se mogu preneti sa obolelih biljaka insektima vektorima na velike daljine, a takođe mogu biti prisutni u aerosolima nastalim pri padanju kišnih kapi na obolelo biljno tkivo (Czajkowski i sar., 2011). Testirani uzorci vazduha u Škotskoj, udaljeni od useva krompira sadržali su vitalne ćelije Pa i Pcc, i to više u kišnim uslovima nego u sušnim danima. Iako bakterije u ovakvim uslovima ostaju vitalne samo tokom 5 do 10 minuta, one mogu biti nošene vetrom nekoliko stotina metara pre nego što dospeju na usev (Czajkowski i sar., 2011).

Voda za navodnjavanje takođe predstavlja važan izvor inokuluma. Površinska voda u SAD-u i Škotskoj sadržala je ćelije Pcc kao i vitalne ćelije Pa u nešto nižoj

koncentraciji (McCarter-Zorner i sar., 1984; Harrison i sar., 1987). Nedavna istraživanja pokazala su prisustvo *Dickya* spp. istovremeno u rečnoj vodi i semenskom krompiru u Finskoj (Laurila i sar., 2008),

Kontaminacija useva se često dešava tokom nege biljaka, kroz povrede nastale mehanizacijom, preko oštećenja nastalih usled grada, ili preko lisnih ožiljaka. Gusta cima, topli vremenski uslovi i duži period vlaženja lista pogoduju razvoju truleži stabla. Simptomi se pojavljuju sredinom sezone kada je cima najgušća. Bolest se najčešće javlja u poljima sa čestim zalivanjem pomoću prskalica (Powelson i Franc, 2001).

Mere zaštite. Uspešna kontrola “crne noge” i vlažne truleži krompira predstavlja veliki izazov imajući u vidu da se patogen može naći duboko u tkivu krtola, u lenticelama ili u ranama na površini krtola. Bakterije se brzo umnožavaju u uslovima povišene vlažnosti a vodeni film na površini krtola omogućava stvaranje anaerobnih uslova koji pogoduju razvoju bolesti. Mere koje se oslanjaju na izbegavanje kontaminacije i primeni sertifikacionih shema prilikom proizvodnje semenskog krompira široko se primenjuju i delimično su uspešne (Czajkowski i sar., 2011).

S obzirom da latentno zaražene semenske krtole predstavljaju glavni izvor infekcije, posebnu pažnju treba posvetiti proizvodnji zdravih krtola. Semenski krompir dobijen kulturom tkiva ili korišćenjem fragmenata stabla (stem-cutting) nosi manju mogućnost kontaminacije patogenom i samim tim je izumiranje semenskih krtola i pojava “crne noge” krompira znatno umanjena. U slučaju potrebe za sečenjem krtola, voditi računa da se semenske krtole pre sečenja čuvaju u prostoru pri temperaturi 10-13 °C. Posle sečenja delove krtola čuvati nekoliko dana pri višim temperaturama i pri dobroj cirkulaciji vazduha radi zaceljivanja, odnosno suberizacije sečenih površina. Sva korišćena oprema i alat treba biti dezinfikovana između lotova semena i pažljivo očišćena od zemlje i drugih ostataka (Milošević, 1998; Powelson i Franc, 2001).

Sadnja dobro suberiziranih semenskih krtola će umanjiti rizik od pojave vlažne truleži krtola, dok će setva u dobro dreniranom zemljištu, pri temperaturi zemljišta 10-13 °C smanjiti mogućnost pojave “crne noge” krompira. Navodnjavanje pre nicanja biljaka u velikoj meri doprinosi propadanju zasejanih krtola i gubitku prinosa. Modifikacija procesa proizvodnje kako bi se smanjio period vlaženja listova i gustina cime umanjice razvoj truleži nadzemnih delova biljke (Powelson i Franc, 2001).

Vađenje krompira pri temperaturi zemljišta većoj 20-25 °C kao i zagrevanje krtola izlaganjem sunčevoj svetlosti povećava rizik od njihovog propadanja. Vozila za transport krompira trebalo bi pokriti kako bi se sprečilo dodatno zagrevanje i isušivanje. U skladištima, odgovarajuće provetravanje kombinovano sa vlažnošću vazduha od 95% i temperaturi 10-13 °C tokom 10-14 dana pogoduje zarastanju rana. Nakon ovog perioda, krtole treba čuvati pri temperaturi ispod 10 °C. Tokom čuvanja neophodna je dobra ventilacija kako bi se sprečio gubitak kiseonika i kondenzacija vlage (Powelson i Franc, 2001; Balaž i sar., 2010).

Kalcijum igra važnu ulogu u otpornosti biljaka prema bakterijskim infekcijama (Berry i sar., 1988). Visok nivo kalcijuma u usevima doprinosi povećanju otpornosti prema bakteriozama, posebno “crnoj nozi” krompira (Czajkowski i sar., 2011). Joni kalcijuma unapređuju strukturu i integritet komponenti ćelijskog zida biljke, što dovodi do povećane otpornosti prema bolestima i maceraciji tkiva. Nedostatak kalcijuma u zemljištu može se nadoknaditi dodavanjem CaSO_4 (Czajkowski i sar., 2011). Umereno đubrenje krompira azotom i povećana količina kalcijuma u ze-

mljištu, neće obezbediti potpunu zaštitu krompira od vlažne truleži ali može biti korisna mera u integralnoj zaštiti ove kulture.

Hemijske mere zaštite zasnivaju se na uništavanju patogena ili stvaranju nepovoljne sredine za razvoj istog (visoka ili niska pH vrednost). Ukoliko dođe do ostvarenja infekcije, kontrola bolesti je najčešće ograničena usled brzog umnožavanja i širenja bakterija, kao i usled nemogućnosti hemijskih jedinjenja da dopru do patogena koji je najčešće zaštićen u lenticelama, suberiziranim povredama ili sprovodnom tkivu (Bartz i Kelman, 1986). Zato se kontrola bolesti uglavnom zasniva na tretiranju latentno zaraženih krtola umesto biljaka sa ispoljenim simptomima "crne noge". U svetu su u primeni različite vrste antibiotika, organske i neorganske soli ili kombinacija ovih jedinjenja (Czajkowski i sar., 2011). Iako su se antibiotici u početku pokazali kao veoma perspektivni, njihova široka primena više nije dozvoljena usled postojanja rizika od prenošenja gena rezistentnosti na sojeve bakterija koji izazivaju bolest ljudi i životinja (Czajkowski i sar., 2011). Ukoliko se za setvu koriste fragmenti krtola preporučena je njihova dezinfekcija primenom formalina (1:100, 1-5 minuta), cineba ili kaptana (Arsenijević, 1997).

Možemo zaključiti da iako postoje različite mere kojima se može uticati na smanjenje zaraze krompira vrstama roda *Pectobacterium* i *Dickeya*, efikasna zaštita krompira od crne truleži prizemnog dela stabla i vlažne truleži krtola krompira nije u potpunosti postignuta. Preventivne mere i zdrav semenski materijal i dalje predstavljaju jedini izbor u zaštiti krompira od ovih bolesti.

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

- Arsenijević, M. (1997): Bakterioze biljaka. S-print, Novi Sad.
- Arsenijević, M., & Obradović, A. (1996). Occurrence of Bacterial Wilt and Soft Rot of Seed Cabbage Plants (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) in Yugoslavia. *Journal of Phytopathology*, 144 (6), 315-319.
- Arsenijević, M., Trkulja, V., Mitrović, P. (1996): Bacterial soft rot of cabbage head. *Plant Protection (Belgrade)*, 218: 301-311.
- Arsenijević, M., Trkulja, V., Obradović, A. (1997): Pathogenic and bacteriological characteristics of Yugoslav *Erwinia* soft rot strains originating from pepper and eggplant fruits. *Journal of Plant Disease and Protection*, 104: 394-402.
- Balaž, F., Balaž, J., Tošić, M., Stojšin, V., Bagi, F. (2010): Fitopatologija, bolesti ratarskih i povrtarskih biljaka. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu. Novi Sad.
- Bartz, J., Kelman, A. (1986): Reducing the potential for bacterial soft rot in potato tubers by chemical treatments and drying. *American Journal of Potato Research*, 63: 481-493.
- Berry, S., Madumadu, G., Uddin, M. (1988): Effect of calcium and nitrogen nutrition on bacterial canker disease of tomato. *Plant and Soil*, 112: 113-120.
- Collmer, A., Keen, N.T. (1986): The role of pectic enzymes in plant pathogenesis. *Annual Review of Phytopathology* 24: 383-409.
- Czajkowski, R., Pérombelon, M.C.M., Jafra, S., Lojkowska, E., Potrykus, M., van der Wolf, J.M., Sledz, W. (2015): Detection, identification and differentiation of *Pectobacterium* and *Dickeya* species causing potato blackleg and tuber soft rot: a review. *Annals of Applied Biology*, 166: 18-38.

- Czajkowski, R., Pérombelon, van Veen, J. A., van der Wolf, J.M. (2011): Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: a review. *Plant Pathology*, 60: 999–1013.
- De Haan, E., Dekker-Nooren, T., Van Den Bovenkamp, G., Speksnijder, A., Van Der Zouwen, P., Van Der Wolf, J. (2008): *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* can cause potato blackleg in temperate climates. *European Journal of Plant Pathology*, 122: 561-569.
- Duarte, V., De Boer, S.H., Ward, L.J., De Oliveira, A.M.R. (2004): Characterization of atypical *Erwinia carotovora* strains causing blackleg of potato in Brazil. *Journal of Applied Microbiology*, 96: 535–545.
- Gardan, L., Gouy, C., Christen, R., Samson, R. (2003): Elevation of three subspecies of *Pectobacterium carotovorum* to species level: *Pectobacterium atrosepticum* sp. nov., *Pectobacterium betavascularum* sp. nov. and *Pectobacterium wasabiae* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 53: 381–391.
- Gašić, K., Gavrilović, V., Dolovac, N., Trkulja, N., Živković, S., Ristić, D., Obradović, A. (2014): *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* – the causal agent of broccoli soft rot in Serbia. *Pesticides and Phytomedicine*, 29(4): 249-255.
- Gašić, K., Gavrilović, V., Ivanović, Ž., Obradović, A. (2013): First report of broccoli soft rot caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* in Serbia. *Plant Disease*, 11: 1504.
- Gavrilović, V., Ivanović, Ž., Živković, S., Trkulja, N. (2009): Etiological study of bacterial soft rot of fenel. *Plant protection (Belgrade)*, 270: 247-256.
- Gavrilović, V., Obradović, A., Arsenijević, M. (2001): Bacterial Soft Rot of Carrot, Parsley and Celery. In: S.H. de Boer (Ed.), *Proceedings of the 10th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria*. Charlottetown, Canada: Prince Edward Island. 269-271.
- Harrison, M.D., Franc, G.D., Maddox, D.A., Michaud, J.E., McCarter- Zorner, N.J. (1987): Presence of *Erwinia carotovora* in surface water in North America. *Journal of Applied Microbiology*, 62: 565–570.
- Haverkort, A.J. (1990). Ecology of potato cropping systems in relation to latitude and altitude. *Agricultural Systems*, 32: 251–272.
- Ivanović, M., Gašić, K., Gavrilović, V., Obradović, A. (2009): *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* - prouzrokovac vlažne truleži biljaka kale u Srbiji i Crnoj Gori. *Pesticidi i Fitomedicina*, 24: 287-293.
- Jovanović, O. (1998): Patogenic characteristics bacteria *Erwinia carotovora* group of different origin. *Plant Protection (Belgrade)*, 223: 29-55.
- Jovanović, O., Arsenijević, M. (1998): Bacteriological Characteristics of Some Yugoslavian *Erwinia* Soft Rot Strains Originating from Lettuce Head Leaves. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 33: 239-244.
- Laurila, J., Ahola, V., Lehtinen, A., Joutsjoki, T., Hannukkala, A., Rahkonen, A., Pirhonen, M. (2008). Characterization of *Dickeya* strains isolated from potato and river water samples in Finland. *European Journal of Plant Pathology*, 122: 213–225.
- 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.
- McCarter-Zorner, N.J., Franc, G., Harrison, M., Michaud, J.E., Quinn, C.E., Ann Sells, I. Graham, D.C. (1984): Soft rot *Erwinia* bacteria in surface and underground waters in southern Scotland and in Colorado, United States. *Journal of Applied Microbiology*, 57: 95-105.
- Milošević, D. (1998): Bolesti krompira sa osnovama semenarstva. Izdavačka kuća „Draganić“

- i Institut za istraživanja u poljoprivredi „Srbija“, 1-273.
- Novković, N., Mutavdžić, B., Ilin, Ž., Ivanišević, D. (2013): Predviđanje proizvodnje krompira. *Agroznanje*, 14 (3): 345-355.
- Nykyri, J., Niemi, O., Koskinen, P., Nokso-Koivisto, J., Pasanen, M., et al. (2012): Revised phylogeny and novel horizontally acquired virulence determinants of the model soft rot phytopathogen *Pectobacterium wasabiae* SCC3193. *PLoS Pathogens*, 8, e1003013. doi:10.1371/journal.ppat.1003013
- Obradović, A. (1996): Patogenic and biochemical-physiological characteristics bacteria “*Erwinia carotovora*” group pathogen of potato. *Plant Protection (Belgrade)*, 215: 57-70.
- Obradović, A. (1999): Identification of plant pathogenic bacteria belonging to the genera *Pseudomonas* and *Erwinia* pathogen of cauliflower and lettuce. *Plant Protection (Belgrade)*, 227: 9-60.
- Perombelon, M.C.M. (1974): The role of the seed tuber in the contamination by *Erwinia carotovora* of potato crops in Scotland. *Potato Research*, 17: 187-199.
- Perombelon, M.C.M. (1992): Potato blackleg: epidemiology, hostpathogen interaction and control. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 98: 135-146.
- Perombelon, M.C.M. (2002): Potato diseases caused by soft rot erwinias: an overview of pathogenesis. *Plant Pathology*, 51: 1-12.
- Perombelon, M.C.M., Kelman, A. (1980): Ecology of the soft rot erwinias. *Annual Review of Phytopathology*, 18: 361-387.
- Pitman, A., Harrow, S., Visnovsky, S. (2010): Genetic characterisation of *Pectobacterium wasabiae* causing soft rot disease of potato in New Zealand. *European Journal of Plant Pathology*, 126: 423-435.
- Pitman, A.R., Wright, P.J., Galbraith, M.D., Harrow, S.A. (2008): Biochemical and genetic diversity of pectolytic enterobacteria causing soft rot disease of potatoes in New Zealand. *Australasian Plant Pathology*, 37: 559-568.
- Powelson, M.L., Franc, G.D. (2001): Blackleg, aerial stem rot and tuber soft rot. In: Stevenson, W.R., Loria, R., Franc, G.D., Weingartner, D.P., eds. *Compendium of Potato Diseases*, 2nd edn. St Paul, MN, USA: APS Press, 10-11.
- Samson, R., Legendre, J.B., Christen, R., Fischer-Le Saux, M., Achouak, W., Gardan, L. (2005): Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder *et al.* 1953) Brenner *et al.* (1973 and *Brenneria paradisiaca* to the genus *Dickeya* gen. nov. as *Dickeya chrysanthemi* comb. nov. and *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of four novel species, *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zaeae* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55: 1415-1427.
- Toth, I.K., van der Wolf, J.M., Saddler, G., Lojkowska, E., Hélias, V., Pirhonen, M., Tsror (Lahkim), L., Elphinstone, J.G. (2011): *Dickeya* species: an emerging problem for potato production in Europe. *Plant Pathology*, 60: 385-399.
- Tsror, L., Erlich, O., Lebiush, S., Hazanovsky, M., Zig, U., Slawiak, M., Grabe, G., van der Wolf, J. M., van de Haar, J. J. (2009): Assessment of recent outbreaks of *Dickeya* sp. (syn. *Erwinia chrysanthemi*) slow wilt in potato crops in Israel. *European Journal of Plant Pathology*, 123: 311-320.
- van Der Merwe, J., Coutinho, T., Korsten, L., Van Der Waals, J. (2010): *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* causing blackleg on potatoes in South Africa. *European Journal of Plant Pathology*, 126: 175-185.
- van der Wolf, J.M., De Boer, S.H., (2007): Bacterial pathogens of potato. In: Vreugdenhil D, ed. *Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives*. Oxford, UK: Elsevier, 595-617.
- van Der Wolf, J.M., Czajkowski, R., Velvis, H. (2008): Why is *Dickeya* spp. (syn. *Erwinia*

- chrysanthemi*) taking over? The ecology of a blackleg pathogen. In. Symposium KNPV Pests and Climate Change. Wageningen, The Netherlands, 34.
- van der Wolf, J.M., Nijhuis, E.H., Kowalewska, M.J., Saddler, G.S., Parkinson, N., Elphinstone, J.G., Pritchard, L., Toth, I.K., Lojkowska, E., Potrykus, M., Waleron, M., de Vos, P., Cleenwerck, I., Pirhonen, M., Garland, L., Hélias, V., Pothier, J.F., Pflüger, V., Duffy, B., Tsrör, L., Manulis, S. (2013): *Dickeya solani* sp. nov., a pectinolytic plant pathogenic bacterium isolated from potato (*Solanum tuberosum*). International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 64, 768–774.
- Waleron, M., Waleron, K., Lojkowska, E. (2013): Occurrence of *Pectobacterium wasabiae* in potato field samples. European Journal of Plant Pathology, 137: 149–158.

Abstract

BACTERIAL DISEASES OF POTATO - POTATO BLACKLEG AND TUBER SOFT ROT

Katarina Gašić¹, Aleksa Obradović²

¹Institute for Plant Protection and Environment, Belgrade

²University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade
e-mail:gasickatarina@yahoo.com

Bacterial diseases are very common in potato crops, especially when weather conditions are favourable for the emergence and spread of infection. Bacteria belonging to the *Pectobacterium* and *Dickeya* genera, the causal agents of the blackleg and tuber soft rot of potato, are economically important pathogens that affect potato production worldwide, as well as in our country. According to recent classification, pectolytic bacteria, the pathogens of potato, have been differentiated as *Pectobacterium atrosepticum*, *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, *P. carotovorum* subsp. *brasiliense*, *P. wasabiae* and several *Dickeya* spp. The disease occurs on potato plants and tubers in the field, or during potato storage or transportation, thereby reducing yield and quality. The aim of this paper is to point to the distribution and economic importance of the blackleg and tuber soft rot of potato, as well as the characteristics of the pathogens. Information about symptoms and epidemiology of the disease are important for an accurate disease diagnosis and pathogen identification, contributing to the timely and successful protection strategy.

Key words: potato, *Pectobacterium* spp., *Dickeya* spp., symptoms, epidemiology, control