

Sortbensityge og blødråd i kartofler

Rådgivningsnotat fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug

Sabine Ravnskov, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Datablad

| | |
|-------------------------------|---|
| Titel: | Sortbensityge og blødråd i kartofler |
| Forfatter(e): | Lektor Sabine Ravnskov, Institut for Agroøkolog, AU |
| Fagfællebedømmelse: | Seniorforsker Tove Steenberg, Institut for Agroøkologi, AU |
| Kvalitetssikring, DCA: | Specialkonsulent Stine Manguard Sarraf, DCA Centerenheden |
| Rekvirent: | Landbrugsstyrelsen |
| Dato for bestilling/levering: | 25.09.2020 / 06.04.2021 (dato revideret). |
| Journalnummer: | 2019-760-001003 |
| Finansiering: | Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM) og Aarhus Universitet under ID nr. 1.38 "Ydelsesaftale Plan-teproduktion 2021-2024". |
| Ekstern kommentering: | Nej. |
| Eksterne bidrag: | Nej. |
| Citeres som: | Ravnskov S. 2021, Sortbensityge og blødråd i kartofler, 21 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 06.04.2021. |
| Rådgivning fra DCA: | Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/ |

Baggrund

Landbrugsstyrelsen (LBST) har i en bestilling modtaget af DCA, den 25. september 2020, bedt om at få belyst de forskellige relevante arter af *Pectobacterium* og *Dickeya*, der forårsager sortbensyge i kartofler, herunder deres biologi og udbredelse, LBST ønsker belyst, om de har værtplanter ud over kartofler, hvordan smitten kan begrænses under opformering af læggekartofler og håndtering af knolde og hvorvidt det er muligt og i givet fald med hvilken sikkerhed, at adskille de enkelte bakteriearter ud fra symptomer på kartoffelplanten.

Sammendrag

Sortbensyge/blødråd i kartofler er i Danmark registreret forårsaget af fem forskellige bakteriearter: *Pectobacterium parmentieri*, *P. atrosepticum*, *P. brasiliense*, *Dickeya solani* og *D. dianthicola*. Der kan være flere arter i Danmark, som endnu ikke er registreret, fordi det ikke er undersøgt, f.eks. *P. polaris*, der først blev identificeret i Norge i 2017. Der er i de seneste år fundet en større forekomst af sortbensyge i præbasiskartofler i Danmark end tidligere, hvilket ikke umiddelbart kan forklares uden at undersøge det nærmere. En litteraturgennemgang indikerer imidlertid, at det kan skyldes, at der i dag er flere bakteriearter, der forårsager sortbensyge/blødråd end tidligere, og at den samlede gruppe af bakteriearter kan inficere kartofler i et bredere spektrum af f.eks. temperatur og fugtighed, ligesom de som gruppe har mange smitteveje. Abiotiske forhold som temperatur og fugtighed kan have en betydning for, hvor effektivt de enkelte bakteriearter inficerer kartofler, samt for hvordan bakteriearterne konkurrerer indbyrdes, men de fem bakteriearter, der er registreret i Danmark har vist, at de kan forårsage sygdom under danske klimatiske forhold. Den primære spredning af smitte sker via inficerede læggekartofler, der også kan være knolde fra umiddelbart sunde planter, som kan bære latente infektioner. Ud over den primære smittevej via læggekartofler er det for flere af bakterierne vist, at de også kan spredes med plantemateriale, luft, jord, vand, insekter og med det maskineri, der anvendes i produktionen. Nogle af bakteriearterne har flere værtsplanter ud over kartoffelplanten, hvilket betyder, at de også kan spredes fra dem. Selvom forskningsresultater viser, at regulering med fortrinsvist biologiske midler kan være en mulighed, findes der endnu ikke nogen former for bekæmpelse af sortbensyge/blødråd i kartofler. Den mest effektive metode er forebyggelse, hvor læggekartofler uden sygdomstegn på knoldene screenes for forekomst af sygdomsfremkaldende bakterier ved brug af molekylærbiologiske metoder. Litteraturen anbefaler at supplere screeningen af knolde med visuelle sygdomsbedømmelser af planter (som allerede udøves i Danmark) og fremhæver, at det er vigtigt, at man ved fund af sortbensyge fjerner hele planten inklusive eventuelle knolde. Derudover er desinficering af maskiner, der anvendes i produktionen også en god forebyggelse af smitte. Under dyrkning bør man sikre veldrænede marker med højt kalkindhold og undlade at vande med overfladevand. Ved visuel sygdomsbedømmelse af planter i marken, bør planter med sygdomstegn helt fjernes inklusive eventuelle knolde. Høsten bør være tidligst muligt, under tørre forhold, og det er vigtigt at fjerne beskadigede eller rådne knolde før lagring. Lagring af læggekartoflerne bør ske ved 5°C og ventilering. Forskning har endvidere vist, at en mere langsigtet reguleringsstrategi kan være udvikling af tolerante kartoffelsorter.

Bakteriearternes udbredelse, værtsspektrum og smitteveje

Sortbensyge/blødråd i kartofler er i Danmark registreret forårsaget af fem forskellige bakteriearter; *Pectobacterium parmentieri*, *P. atrosepticum*, *P. brasiliense*, *Dickeya solani* og *D. dianthicola*. Ifølge en rapport fra Seges (2020), er alle fem bakterier forekommende i Danmark.

Pectobacterium parmentieri er tidligere blevet identificeret som *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* og som *P. wasabiae*, men blev i 2016 navngivet *P. parmentieri* (Khayati *et al.*, 2016). *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* blev registreret som almindeligt forekommende i Danmark (DCA, 2019) og i store dele af resten af verden. *Pectobacterium parmentieri* er registreret i Danmark i 2017, 2019 og 2020 (Seges, 2020).

Udbredelse

Pectobacterium parmentieri er registreret forekommende i Europa, Danmark, Finland, Frankrig, Tyskland, Irland, Holland, Norge, Polen, Rusland, Serbien, Spanien, Schweiz og England samt i Canada, USA, New Zealand, Iran, Israel, Malaysia, Tyrkiet, Zimbabwe og Sydafrika (Brazil *et al.*, 2020; de Boer *et al.*, 2012; Moleleki *et al.*, 2013; Ngadze *et al.*, 2012; Pitman *et al.*, 2010; Seges, 2020; Tsrör *et al.*, 2020; Waleron *et al.*, 2013; Zolodowska *et al.*, 2018). Skelsey *et al.* (2018) bemærker, at læggekartofler fra Danmark, dyrket i Storbritannien var inficeret med *P. parmentieri*. Et studie har undersøgt udbredelsen af *P. atrosepticum* og *P. parmentieri* i Norge og Polen og de fandt, at mens *P. atrosepticum* var dominerende i Norge, så dominerede *P. parmentieri* i Polen (Dees *et al.*, 2017).

Værtspektrum

Solanum tuberosum (kartoffel). Der er ikke identificeret andre værtsplanter (Charkowski, 2018).

Smitteveje

Perombelon *et al.* (1976) fandt *Erwinia carotovora* var. *carotovora* (der kunne være identificeret som *P. parmentieri* i dag) i stængelstykker fra kartoffelplanter, der var dyrket i jord, hvor der ikke havde været dyrket kartofler tidligere og som ikke havde været i kontakt med maskineri, der kunne have kontamineret med bakterien. De identificerede smitekilden til at være luftbåren støv af halm fra umiddelbart sunde kartoffelplanter, der kunne befinde sig op til 100 meter væk (Perombelon *et al.*, 1979). Czajkowski *et al.* (2011) fremhæver også, at det i bekæmpelse af bakterierne er vigtigt at være opmærksom på, at bakterierne kan være luftbårne. Perombelon *et al.* (1989) fandt, at *Erwinia carotovora* var. *carotovora*, der kunne være identificeret som *P. parmentieri* i dag, kan overleve i jord; lige efter høst af inficerede knolde var niveauet af bakterien højt, mens det faldt over vinteren og var lavere om foråret. I CABI (2019) fremgår det også, at bakterien kan spredes via både vand og luft. Czajkowski *et al.* (2015) fremhæver dog, at sortbensyge/blødrådsbakteriers overlevelse er relativt ringe i miljøer uden kartoffelplanter/knolde, samt at deres overlevelse er afhængig af temperatur, fugtighed og pH. En lav detektion af bakterierne i jord og vand kan imidlertid også skyldes, at de kun er mindre udbredt i et komplekst mikrobielt miljø med høj biodiversitet, og derfor før i tiden har været svære at detektere. I dag kan man imidlertid måle forekomsten af selv små mængder af bakterier i overfladevand og jord med molekylære metoder. McCarter-Zorner *et al.* (1984) undersøgte floder, drønvand, søer, regnvand, sne og grundvand for forekomst af *Erwinia carotovora* var. *carotovora* (der kunne være identificeret som *P. parmentieri* i dag) og *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* (*P. atrosepticum*) i Skotland og i Colorado, USA, og de fandt, at begge grupper bakterier forekom i overfladevand, men ikke i grundvand. Generelt var forekomsten af *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* (*P. atrosepticum*) lavere end forekomsten af *Erwinia carotovora* var. *carotovora* (der kunne være identificeret som *P. parmentieri* i dag). Deres resultater indikerer, at vand kan være en smittevej for bakterier, der forårsager sortbensyge/blødråd, og de anbefaler derfor, at man enten bruger grundvand eller rensat overfladevand (filtreret eller UV-behandlet) til vanding. Graham *et al.* (1976) og Kloepper *et al.* (1979) fandt, at insekter fra ni forskellige familier kunne bære smitte af *Erwinia carotovora* var. *carotovora* (der kunne være identificeret som *P. parmentieri* i dag) og *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* (*P. atrosepticum*), hvilket kunne indikere, at bakterierne kan være insektbårne.

Samlet set indikerer forskningen således, at *P. parmentieri* kan spredes via kartoffelplanten, knolde, insekter, luft, jord og vand.

Abiotiske forholds betydning for smittespredning

Udvikling af sortbønsyge forårsaget af *P. parmentieri* er temperaturafhængig og udvikles under fugtige og aerobe forhold (CABI, 2019). Optimale forhold for udvikling af sortbønsyge er varmt, tempereret og fugtigt klima med gennemsnitlig varmeste temperatur over 10°C og koldeste gennemsnitstemperatur over 0°C (CABI, 2019). Du Raan *et al.* (2016) undersøgte hvilke temperaturer, der favoriserede vækst af *P. wasabiae* (*P. parmentieri*) under laboratorieforhold og fandt, at minimumtemperatur var 20,6°C og maximumtemperatur var 33,8°C, mens 30,3°C var optimal væksttemperatur for bakterien. Skelsey *et al.* (2018) analyserede effekten af klimaforandringerne på forekomsten af bakterier, der forårsager blødråd/sortbønsyge i Storbritannien. De fandt, at forekomsten af *P. parmentieri* og *D. solani*, der nu dominerer i august og september i Storbritannien, vil stige i fremtiden, og fremhæver, at det i forebyggelse af sortbønsyge forårsaget af de to bakterier, er vigtigt at fjerne halmen fra planterne i god tid før høst og i øvrigt høste så tidligt som muligt for at undgå smittespredning. Endvidere fandt de, at de nuværende temperaturforhold i Storbritannien i juli og august er optimale for *P. parmentieri*, men med klimaforandringerne kan det ændre sig til, at det er optimalt i henholdsvis starten og slutningen af vækstsæsonen. Da Storbritannien har sammenligneligt klima, er det måske relevant at være opmærksom på, at det også er et muligt scenarie i Danmark.

Pectobacterium atrosepticum er tidligere blevet identificeret som *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*, men blev bekræftet og omklassificeret til *Pectobacterium atrosepticum* af Gardan *et al.* (2003). Den er registreret i Danmark i 2005, 2009, 2010, 2017, 2019 og 2020 (Seges, 2020).

Udbredelse

Pectobacterium atrosepticum er registreret i alle områder af verden, hvor der dyrkes kartofler inklusive i Danmark (Seges, 2020) og i Grønland (de Neergaard *et al.*, 2020). Udbredelsen er størst i tempereret klima. Et studie har undersøgt udbredelsen af *P. atrosepticum* i Norge og Polen; de fandt, at mens *P. atrosepticum* var dominerende i Norge, så var *P. wasabiae* (*P. parmentieri*) dominerende i Polen (Dees *et al.*, 2017).

Værtspektrum

Charkowski (2018) rapporterer, at *Helianthus annuus* (solsikke), *Solanum melongena* (aubergine), *Solanum tuberosum* (kartoffel) og *Zantedeschia aethiopica* (hvid kalla) er værtsplanter for *P. atrosepticum*, men ifølge CABI (2020a) er *P. atrosepticum* kun tabsgivende i kartoffelplanter i marken. Forsøg under kontrollerede laboratorieforhold har indikeret, at bakterien kan inficere andre plantearter (gulerødder, selleri, radiser, rapini, grønne bønner) ved 22°C (Marquez-Villavicencio *et al.*, 2011). Sagen kompliceres af, at der er tæt beslægtede arter til *P. atrosepticum*, der tidligere er blevet beskrevet som *P. atrosepticum*, der kan inficere andre plantearter i marken, men som man i dag med molekylære detektionsteknikker ved er andre arter end *P. atrosepticum* (CABI, 2020a).

Smitteveje

Bain *et al.* (1990) dokumenterede en sammenhæng mellem forekomst af *P. atrosepticum* i læggekartoflerne og udvikling af sortbønsyge i planterne, og det blev udbygget af Toth *et al.* (2003), der fandt en sammenhæng mellem forekomst af *P. atrosepticum* i læggekartofler fulgt af en senere forekomst i datterknoldene. Samlet vurderes det, at den vigtigste smittekilde er læggekartofler. Under dyrkning er den primære smittekilde således inficerede læggekartofler, men datterknolde kan også blive smittet fra inficerede kartoffelplanter f.eks. i fugtig jord, hvor de transporteres fra plante til knold med vand, eller smitten kan spredes via luft og insekter (Pérombelon, 1992). Efter høst kan smitten spredes fra inficerede knolde til sunde knolde i det maskineri, der anvendes til håndtering af kartoflerne (Pérombelon, 1992). *P. atrosepticum* kan således

også være jordbåren (Burr og Schroth, 1977). Perombelon og Hyman (1989) undersøgte 17 marker med kartoffelsædskifte i Skotland og fandt, at forekomsten af *P. atrosepticum* var relativt lav i jorden (under 10% af de undersøgte prøver), samt at overlevelsen af *P. atrosepticum* var relativt ringe i jord mere flerårigt sædskifte. Generelt var forekomsten således højest umiddelbart efter høst og faldt til lave niveauer i løbet af vinter og forår, så selvom bakterien kunne overleve en periode, var overlevelsen i jord relativt ringe. Efter høst kan smitten yderligere spredes under fugtige forhold i den mekaniske håndtering umiddelbart efter høst, hvor smittede, rådne knolde eller knolde med sår kan sprede smitten til sunde knolde før lagring (CABI, 2020a). *P. atrosepticum* kan også spredes med insekter (*Drosophila*) (Molina *et al.*, 1974; Basset *et al.*, 2000).

Under lagring kan mangelfuld ventilation og skiftende temperaturer medføre høj luftfugtighed og kondensvand, hvilket fremmer smittespredningen (CABI, 2020a). Czajkowski *et al.* (2015) fremhæver, at sortensyge/blødrådbakteriers overlevelse generelt er relativt ringe i miljøer uden kartoffelplanter/knolde, samt at deres overlevelse er afhængig af temperatur, fugtighed og pH. En lav detektion af bakterierne i jord og vand kan imidlertid også skyldes, at de kun er mindre udbredt i komplekse mikrobielle miljøer med høj biodiversitet, og det derfor før i tiden har været svært at detektere dem. I dag kan man imidlertid med molekylære metoder detektere forekomsten af selv små mængder af bakterier i overfladevand og jord.

McCarter-Zorner *et al.* (1984) fandt som nævnt, at *P. atrosepticum* forekom i overfladevand, men ikke i grundvand. Deres resultater indikerede således, at overfladevand kan være en smittevej for *P. atrosepticum*. Perombelon *et al.* (1976) fandt *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* i stængelstykker fra kartoffelplanter, der var dyrket i jord, hvor der ikke havde været dyrket kartofler tidligere og som ikke havde været i kontakt med maskineri, der kunne have kontamineret dem med bakterien. De identificerede spredningskilden til at være luftbåren støv af halm fra umiddelbart sunde kartoffelplanter, der kunne være op til 100 meter væk (Perombelon *et al.*, 1979). Ligesom for *P. parmentieri* indikerer forskningen således, at *P. atrosepticum* kan spredes via læggekartofler, kartoffelplanten, kartofler, insekter, luft, jord og vand.

Abiotiske forholds betydning for smittespredning

Du Raan *et al.* (2016) undersøgte, hvilke temperaturer, der favoriserede vækst af *P. atrosepticum* under laboratorieforhold og fandt, at minimumtemperatur var 18°C, og maksimumtemperatur var 31°C, mens 26-27°C var optimal væksttemperatur for bakterien.

Pectobacterium brasiliense er registreret i Danmark i 2017, 2019 og 2020 (Seges, 2020).

Udbredelse

Arten blev første gang identificeret i Brasilien i 2004, som *Erwinia carotovora* subsp. *brasiliensis* og senere omklassificeret til *Pectobacterium brasiliense* i 2007 (Duarte *et al.*, 2004; Ma *et al.*, 2007). Bakterien blev identificeret første gang i Europa i 2012 (van der Wolf *et al.*, 2017) og er i Europa registreret forekommende i Danmark (Seges, 2020), Østrig, Italien (Cariddi og Bubici, 2016), Holland, Polen (Waleron *et al.*, 2015), Rusland (Voronina *et al.*, 2019), Serbien og Schweiz (de Werra *et al.*, 2015) samt i Algeriet (Naas *et al.*, 2018), Kenya (Onkendi og Moleleki, 2014), Zimbabwe (Ngadze *et al.*, 2012), Sydafrika (Ngadze *et al.*, 2012), Tyrkiet (Ozturk *et al.*, 2016), Asien, Nord- og Sydamerika og New Zealand (CABI, 2020b).

Værtspektrum

Ifølge CABI (2020b) kan bakterien have følgende værtsplanter; *Allium cepa* (kepaløg), *Apium graveolens* (vild selleri), *Beta vulgaris* (bede) (Secor *et al.*, 2016), *B. vulgaris* var. *saccharifera* (sukkerroe), *B. vulgaris* var. *altissima* (blomstrende sukkerroe) (Waleron *et al.*, 2015), *Brassica oleracea* (havekål) (Waleron *et al.*, 2015), *Brassica oleracea* var. *capitata* (blomkål), *Brassica oleracea* var. *italica* (broccoli), *Brassica rapa*

subsp. *pekinensis* (kinakål), *Capsicum annuum* (spansk peber), *Citrullus lanatus* (vandmelon), *Cucumis sativus* (agurk), *Cucurbita pepo* (græskar) (Waleron *et al.*, 2015), *Cynara cardunculus* var. *scolymus* (artiskok) (Cariddi og Bubici, 2016), *Nicotiana tabacum* (alm. tobak), *Solanum lycopersicum* (tomat), *Solanum tuberosum* (kartoffel) (Charkowski, 2018), *Daucus carota* (vild gulerod), *Raphanus raphanistrum* (alm. kiddike), *Solanum melongena* (aubergine), *Spinacia oleracea* (spinat) samt *Neobuxbaumia tetetzo* (Mejia-Sanchez *et al.*, 2019), og *Raphanus sativus* (radise) (Liu *et al.*, 2019).

Smitteveje

Den vigtigste smittevej er latente infektioner i læggekartofler (Czajkowski *et al.*, 2011), men *P. brasiliense* kan også spredes med jord, dødt plantemateriale og vandingsvand (CABI, 2020b). Igen er det vigtigt at fremhæve, at sortbensyge/blødrådsbakteriers overlevelse er relativt ringe i miljøer uden kartoffelplanter/knolde, samt at deres overlevelse er afhængig af temperatur, fugtighed og pH (Czajkowski *et al.*, 2015). Der er imidlertid relativt få studier, der har undersøgt dette, og en lav detektion af bakterierne i jord og vand kan, som tidligere skrevet, også skyldes, at de kun er mindre udbredt i et komplekst mikrobielt miljø med høj biodiversitet, og derfor før i tiden har været svære at detektere.

Abiotiske forholds betydning for smittespredning

Du Raan *et al.* (2016) undersøgte hvilke temperaturer, der favoriserede vækst af *P. brasiliense* under laboratorieforhold og fandt, at minimumtemperatur var 20°C, og maksimumtemperatur var 39°C, mens 31-32°C var optimal væksttemperatur for bakterien.

Dickeya solani er registreret i Danmark i 2005, 2009, 2010, 2017, 2019 og 2020 (Seges, 2020).

Udbredelse

Dickeya solani blev registreret i Nordeuropa i 2005-2006 som *Dickeya* sp. (Laurila *et al.*, 2008; Parkinson *et al.*, 2009; Slawiak *et al.*, 2009b) eller *Dickeya* sp. Biovar 3 (Slawiak *et al.*, 2009a; Tsrör *et al.*, 2009; Tsrör *et al.*, 2010, 2011; Czajkowski *et al.*, 2012a), men blev senere klassificeret som *D. solani* (van der Wolf *et al.*, 2014) og findes nu i det meste af Europa inklusive Danmark (CABI, 2015; Seges, 2020).

Værtspektrum

Kartoffelplanten er primær værtsplante, men *D. solani* er også detekteret i hyacint (*Hyacinthus orientalis*) (Chen *et al.*, 2015), *Solanum dulcamara* (bittersød natskygge) (Fikowicz-Krosko and Czajkowski, 2017; Czajkowski *et al.*, 2020) og *Cyperus rotundus* (Tsrör *et al.*, 2010).

Smitteveje

Dickeya solani kan ligesom de øvrige bakteriearter, der forårsager sortbensyge/blødråd, smitte fra læggekartoffel til plante og videre til næste generation knolde, ligesom knolde kan blive smittet fra andre inficerede knolde. Potrykus *et al.* (2016) undersøgte forekomsten af *Dickeya* spp. i polske kartoffelmarker samt i de omkringliggende vandområder i en fire-årig periode og fandt kun *D. solani* og *D. dianthicola* i kartoffelplanter, og ikke i de omkringliggende vandområder. Derimod fandt Laurila *et al.* (2008) *D. dianthicola* i floder nær kartoffelmarker, hvilket indikerer, at det kan være en spredningsvej for den. Undersøgelser har vist, at *D. solani* har ringe overlevelse i jord uden tilstedeværelsen af værtsplanter og at den maksimalt kan overleve i tre uger uanset jordtype, temperatur eller vandindhold i jorden (Toth *et al.*, 2011). Ved 6°C og 50% af jordens vandholdningskapacitet overlevede bakterien kun i 7 dage (van der Wolf *et al.*, 2009). Generelt er *D. solani* således ikke jordbåren, men spredes primært med inficerede knolde (Slawiak *et al.*, 2008; Tsrör *et al.*, 2009, 2011; Cahill *et al.*, 2010; Elphinstone, 2012; Degefu *et al.*, 2013). Studier har også fundet *D. solani* i spildevand fra produktionen udledt til lokale vandløb, hvorfra de måske kan spredes (Laurila *et al.*, 2008;

Cahill *et al.*, 2010; Parkinson *et al.*, 2015). Maskineri anvendt i produktionen kan ligeledes være smitteveje (Toth *et al.*, 2011).

Abiotiske forholds betydning for smittespredning

Du Raan *et al.* (2016) undersøgte hvilke temperaturer, der favoriserede vækst af *D. solani* under laboratorieforhold og fandt, at minimumtemperatur var 24°C, og maksimumtemperatur var 42°C, men 35°C var optimal væksttemperatur for bakterien. Toth *et al.* (2011) fremhæver, at *D. solani* har højere temperaturoptimum end *D. dianthicola* og varmere vækstsæsoner, som konsekvens af klimaforandringer derfor kan medføre en større udbredelse af *D. solani*.

Dickeya dianthicola*/*D. solani er registreret i Danmark i 2005, 2009, 2010, 2017, 2019 og 2020 (Seges, 2020).

Udbredelse

Dickeya dianthicola blev klassificeret af Samson *et al.*, 2005 og er registreret i mange lande i Europa; Belgien, Bulgarien, Danmark (Hellmers, 1958; Seges, 2020), Finland, Frankrig, Tyskland, Grækenland, Italien, Holland, Polen, Rumænien, Rusland, Slovenien, Sverige, Schweiz, Storbritannien, Asien i Bangladesh, Japan og Pakistan, Afrika i Marokko og Sydafrika samt i USA, Australien og New Zealand (CABI, 2020d).

Værtspektrum

Solanum tuberosum (kartoffel), *Cichorium intybus* (cikorie), *Chrysanthemum morifolium* (chrysanthemum), *Dahlia* sp. (georginer), *Dianthus caryophyllus* (havenellike), *Hyanthus* sp. (hyancint), *Kalanchoe blossfeldiana* (koraltop/brændende kærlighed), *Sedum* sp. (Parkinson *et al.* 2015) og *Begonia* sp. (begonie), *Cynara cardunculus* var. *scolymus* (artiskok), *Dahlia pinnata* (lyserød georgine), *Daucus carota* (vild gulerod), *Dianthus barbatus* (studenternellike), *Freesia* sp. (fresia), *Iris* sp. (iris), *Sedum spectabile* (sankthansurt), *Smilax* sp. (yacon), *Solanum lycopersicum* (tomat), *Zantedeschia* sp. (kalla) (Dickey 1979; Nassar *et al.*, 1994; Samson *et al.*, 2005; Slawiak *et al.*, 2009a; Laurila *et al.*, 2010), *Begonia bertinii* (begonie), *Sedum* sp., *Kalanchoe* sp. (Parkinson *et al.*, 2009).

Smitteveje

Potrykus *et al.* (2016) undersøgte forekomsten af *Dickeya* spp. i polske kartoffelmarker samt i de omkringliggende vandområder over en fire-årig periode og fandt, som tidligere beskrevet, kun *D. solani* og *D. dianthicola* i kartoffelplanter, og ikke i de omkringliggende vandområder, hvorimod Laurila *et al.* (2008) fandt *D. dianthicola* i floder nær kartoffelmarker, hvilket kan indikere, at overfladevand kan være en spredningsvej for *D. dianthicola*. Nogle forsøg har vist, at *Dickeya* spp. i begrænset omfang kan overleve i organisk materiale i jord i kortere perioder, men ikke gennem vinteren, mens det også er vist, at læggekartofler uden smitte alligevel blev smittet, hvilket indikerer, at bakterierne kan spredes til næste vækstsæson via smitte i maskiner anvendt i kartoffelproduktion, inficeret organisk materiale i jorden, alternative værtsplanter i ukrudt, vandingsvand, luftbåren støv eller insekter (Toth *et al.*, 2011). Rossmann *et al.* (2018) undersøgte bakterier i insekter fra ti kartoffelmarker over en to-årig periode i Norge og fandt, at mange arter af insekter rummede bakterier og derfor potentielt kunne sprede smitte med både *Pectobactium* sp. og *Dickeya* sp.

Abiotiske forholds betydning for smittespredning

Den optimale infektionstemperatur er 21-27°C for *D. dianthicola*, og det er lavere end for *D. solani* (Toth *et al.*, 2011).

Kan symptomerne fra én bakterieart adskilles visuelt fra symptomer forårsaget af de øvrige bakterier, der forårsager sortbensityge?

Alle de fem beskrevne bakteriearter, der er registreret i Danmark, forårsager både sortbensityge og blødråd i kartofler. Det er ikke muligt ud fra visuel sygdomsbedømmelse at vide hvilken af bakterierne, der har forårsaget sygdommen (Khayy *et al.*, 2016). Baseret på en gennemgang af litteraturen om 30 forskellige detektionsmetoder, anbefaler Czajkowski *et al.* (2015) de bedst egnede visuelle, biokemiske og molekylærbiologiske metoder til at identificere hvilken bakterieart(er), der har forårsaget sortbensityge eller blødråd. I forbindelse med certificeret avl af læggekartofler anbefaler de, at man udtager prøver fra knoldene, som analyseres med multiplex real-time PCR. Det er ikke muligt at opdage latente angreb på knoldene uden laboratorieanalyser, så hvis man vil undgå sortbensityge i planterne, bør man udtage stikprøver af knoldene før lægning og analysere dem for bakterier (Toth *et al.*, 2011). Czajkowski *et al.* (2015) foreslår, at man følger protokollen for udtagning af kartoffelprøver for karantænegørerne *Ralstonia solanacearum*/*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (kartoffelbrunbakteriose/kartoffelringbakteriose), hvor man pr. 25 ton læggekartofler udtager fire stikprøver på 50 kg eller otte stikprøver på 25 kg, som man tester for tilstedeværelsen af de bakterier, der kan danne blødråd. De mener, at denne teststrategi er mere sikker end visuel sygdomsbedømmelse af de planter, der har dannet knoldene, fordi man på den måde også får identificeret latente infektioner i knoldene. Czajkowski *et al.* (2009) evaluerede, hvilken del af knoldene man optimalt skulle udtage prøve fra, når man vil undersøge, om den er inficeret med blødråd/sortbensitygebakterier og fandt, at den højeste koncentration af bakterier var i stolon-enden af knolden, mens bakteriemængden inde i knolden og i skrællen var relativ lav. Potrykus *et al.* (2014) har udviklet en molekylærbiologisk detektionsmetode, der i samme analyse kan identificere *P. parmentieri*, *P. atrosepticum* og *Dickeya* spp. Litteraturen anbefaler at supplere screeningen af læggekartofler med visuelle sygdomsbedømmelser af planter (som allerede udøves i Danmark) og fremhæver, at det er vigtigt, at man ved fund af sortbensityge fjerner hele planten inklusive eventuelle knolde.

Relativ aggressivitet af de fem bakteriearter

Dickeya sp. kan generelt være mere aggressive end *Pectobacterium* sp., og det kræver en lavere forekomst af bakterieceller af *Dickeya* sp. end af *Pectobacterium* sp. til at forårsage sygdom (Toth et al., 2011). *D. solani* kan være mere aggressiv end *D. dianthicola* i varmere klimaområder og kan udkonkurrere *D. dianthicola* (Czajkowski et al., 2013; Tsrer et al., 2013), mens *D. solani* ikke nødvendigvis vil forårsage mere sygdom i tempererede egne end *D. dianthicola*, men flere knolde med latente infektioner (Czajkowski et al., 2013).

Et hollandsk studie undersøgte aggressivitet af de forskellige bakterier, der forårsager sortbensyge i kartoffelplanter (van der Wolf et al., 2017). De inokulerede læggekartofler med bakterierne og dyrkede dem i marken. *P. brasiliense* og *P. atrosepticum* resulterede i den højeste forekomst af sortbensyge (75-95%) i kartoffelplanterne, mens *D. solani* og *P. parmentieri* kun forårsagede sortbensyge i henholdsvis 5 og 25% af planterne. *D. dianthicola* forårsagede ikke sortbensyge i planterne i deres forsøg, men knoldene høstet fra de *D. dianthicola* inficerede planter havde latente infektioner med bakterien ved høst, hvilket underbygger, at umiddelbart sunde planter kan producere kartofler med latente infektioner. Når læggekartoflerne blev inokuleret med både *P. brasiliense* og *P. parmentieri* var forekomsten af sortbensyge lavere, end hvis de kun var inokuleret med *P. brasiliense*, hvilket indikerer, at bakteriearterne konkurrerer. Van der Wolf et al. (2017) mener, at mens *P. atrosepticum* tidligere var den dominerende skadegører, der forårsagede sortbensyge i kartoffelplanter i Europa, blev det senere *D. solani* og *P. parmentieri*, mens *P. brasiliense* nu bliver stadig mere udbredt i Europa. De fremhæver f.eks., at i 1997 var 30% af sortbensygen i kartoffelplanter i Holland forårsaget af *P. atrosepticum*, mens det i 2013 kun var 2%. De mener, at det skyldes klimaforandringer, da det er blevet varmere og *P. atrosepticum* trives bedre under køligere temperaturer, mens *P. brasiliense* trives bedre under højere temperaturer. Pasanen et al. (2013) fandt, at aggressivitet af både *P. atrosepticum* og *P. parmentieri* med hensyn til at forårsage sortbensyge i kartoffelplanter var høj under de klimatiske forhold i Finland. Rossmann et al. (2020) undersøgte forekomsten af *P. atrosepticum*, *P. parmentieri*, *D. solani* samt andre bakterier, der dannede blødråd/sortbensyge, men som de ikke kunne detektere arts-specifikt, i 34 partier præ-basis 2 eller certificerede læggekartofler i Norge over tre år (2015-2017). De lavede sygdomsvurdering for sortbensyge i marken og fandt sidst i vækstsæsonen i gennemsnit 0,6%, 1,2% og 0,5 % syge planter i henholdsvis 2015, 2016 og 2017. De udtog også kartoffelprøver lige før lægning, umiddelbart efter høst og efter tre måneders lagring, og fandt henholdsvis 0-3%, 12-26% og 11-22% af kartoflerne var inficerede ved lægning, høst og efter lagring i 2015, 2016 og 2017. De fandt *P. atrosepticum* i næsten alle kartoffelprøver, *P. parmentieri* i nogle få og *D. solani* blev ikke fundet i nogen prøver. Endelig analyserede de betydning af kartoffelsort (15 sorter) og temperatur for forekomsten af blødråd forårsaget af henholdsvis *P. atrosepticum* og *P. polaris* og fandt, at den afgørende faktor var temperaturen. Ved 20°C var *P. atrosepticum* mest aggressiv og forårsagede blødråd i 10 ud af 15 kartoffelsorter, men ved 24°C forårsagede *P. polaris* blødråd i 13 ud af de 15 sorter. Der er mere information om *P. polaris* i afsnittet "Andre bakterier, der kan danne sortbensyge/blødråd i kartofler på næste side".

Forebyggelse af sortbensyge/blødråd i kartofler

Der endnu ikke identificeret kommercielle metoder til forebyggelse eller bekæmpelse af sortbensyge/blødråd i kartofler (CABI, 2019; Czajkowski et al., 2011). Med den nuværende viden er den mest effektive forebyggelse molekylærbiologisk screening for bakterierne i læggekartofler. Forskning indikerer imidlertid, at biologisk bekæmpelse/planteekstrakter/mikrobielle ekstrakter også kunne være en mulighed (Crepin et al., 2012; Faillace et al., 2019; Lapidot et al., 2015; Meziani et al., 2015; Maciag et al., 2020; Krzyzanowska et al., 2012; Krzyzanowska et al., 2019; Ouanas et al., 2017; Smolarska et al., 2018; Wood et al., 2013) og brug af forskellige typer mineral salt har også potentiale (Yaganza et al., 2014). Czajkowski

et al. (2011) fremhæver desuden, at der er identificeret flere vigtige dyrknings- og lagringstiltag, der kan reducere forekomst og spredning af smitte. Undersøgelser har f.eks. vist, at højt kalkindhold i jorden under dyrkning kan reducere udvikling af sygdom i knoldene (Ngadze *et al.*, 2014), og at desinfektion af maskiner mv., der anvendes til håndtering af knolde både før, under og efter høst, kan nedsætte risikoen for smittespredning (Czajkowski *et al.*, 2011). Pérombelon *et al.* (1992) anbefaler at sikre, at markerne er veldræned, da vandfilm omkring knoldene i jorden øger smittespredningen. Endvidere anbefaler Burgess *et al.* (1994) tidlig høst, da sen høst medfører mere bladmateriale mv. på jorden, som bakterierne kan overleve og formere sig i, hvilket kan bidrage til nedsivning af smitte til de knolde, der endnu ikke er høstet.

En signifikant udfordring i forebyggelse af sortbensyge ved visuel kvalitetskontrol af planter til produktion af læggekartofler er, at mange latente infektioner i planterne, der bringer smitte til datterknoldene ikke er synlige, således at en umiddelbart sund plante producerer knolde med latente infektioner (Czajkowski *et al.*, 2011). Derudover har vejrforholdene betydning for, hvor tydelige sygdomstegn planten udviser (Czajkowski *et al.*, 2011). Alligevel fremhæver forfatterne, at det har en reducerende effekt på sygdomsspredning at fjerne inficerede planter inklusive deres knolde, fordi det ofte er rådne knolde fra sygdomsinficerede planter, der spreder bakterierne til andre knolde i den mekaniske håndtering af knoldene efter høst. Derfor er det også vigtigt at fjerne beskadigede eller rådne knolde før lagring, især hvis der er fugtige forhold under den mekaniske håndtering umiddelbart efter høst, hvor smittede, rådne knolde eller knolde med sår, kan sprede smitten til sunde knolde før lagring. Umiddelbart før lagring er det også vigtigt at tørre overfladen på knoldene med varm luft efterfulgt af kold luft, mens man under lagring kan forebygge smittespredning ved at sikre, at lagringskasser med knolde er vel-ventilerede og opbevares ved lave temperaturer (5 °C) (Czajkowski *et al.*, 2011). For at forebygge smitte i næste generation foreslår Czajkowski *et al.* (2011) laboratoriekontrol med molekylærbiologiske eller serologiske metoder af høstede knolde for at sikre, at knolde med latente infektioner ikke bliver brugt som læggekartofler. Degefu *et al.* (2009) har udviklet en protokol til udtagning af prøver også fra asymptomatiske knolde og planter. Pérombelon (1992) konkluderer tilsvarende, at forebyggelse af sortbensyge/blødråd i kartofler skal bygge på reduktion af smitte under lagring ved at sikre tørre forhold, tidlig høst og ved at sikre, at læggekartofler er uden smitte ved test af knolde inden lægning og ikke kun ved visuel bedømmelse af planterne. Endvidere anbefaler han, at man overvejer at bruge resistente vildtyper af kartoffelplanter i forædlingsprogrammerne. Det blev underbygget af et studie af Alor *et al.* (2015), der demonstrerede, at nogle ældre kartoffelsorter var mere tolerante over for *P. atrosepticum* end de nyere sorter, så forebyggelse gennem forædling af de ældre sorter, vil måske være en mulighed. Kwenda *et al.* (2016a, b) har studeret, hvilke forsvarsgener der bliver induceret i henholdsvis modtagelige og tolerante kartoffelsorter i respons til infektion af *P. brasiliense*, og dette studie kan også bidrage til at danne basis for udvikling af en forædling af kartoffelsorter, der er mere tolerante overfor sortbensyge.

Andre bakteriearter, der kan forårsage sortbensyge/blødråd i kartofler

Inden for de seneste år er der identificeret flere arter af bakterier, der kan forårsage sortbensyge/blødråd i kartofler. Nogle af arterne har været tilstede tidligere under andre navne, men er først nu, særligt efter det er blevet relativt enkelt at sekventere gener og sammenholde genotypen med biologien af bakterierne bl.a. i forhold til hvilke værtsplanter de inficerer, blevet karakteriseret som selvstændig art. Figuren nedenfor viser en oversigt over udviklingen af artskomplekset af blødrådbakterier før 2015 (Czajkowski *et al.*, 2015).

P. versatile kan danne sortbensyge og blødråd i kartofler samt forårsage sygdom i *Allium porrum* (porre), *Cichorium intybus* (cikorie), *Cynara scolymus* (artiskok), *Hyacinthus orientalis* (hyacint), *Brassica oleracea* (havekål) og er endvidere blevet isoleret fra *Chrysanthemum* sp. (krysantemum), *Cyclamen* sp. (alpeviol), *Daucus carota* (vild gulerod), *Iris* sp., *Lactuca sativa* (salat) og *Primula* sp. (kodriver) samt fra floder (Portier *et al.*, 2019). *P. versatile* er registreret flere steder i Europa samt i kartofler i Sydkorea (Jee *et al.*, 2020), Pakistan (Sarfranz *et al.*, 2020) og i Marokko (Oulghazi *et al.*, 2020).

Konklusion

Generelt kan det konkluderes, at der potentielt kan være bakteriearter i Danmark, der forårsager sortbensyge/blødråd i kartofler, der endnu ikke er registreret. Dels fordi der ikke foretages generelle screeninger med molekylærbiologisk identifikation af de bakterier, der forårsager sortbensygen, dels fordi der endnu ikke er udviklet let-anvendelige metoder til detektion af alle de nyligt beskrevne arter og endelig, fordi der kan være arter, der endnu ikke er beskrevet videnskabeligt. I forhold til forebyggelse af sortbensyge/blødråd, så er det imidlertid vigtigst at screene for latente infektioner i læggekartoflerne uanset hvilken af bakteriearterne, der forårsager den. Denne screening kan kvalificeres ved løbende undersøgelse af, hvilke bakteriearter der danner sortbensyge/blødråd i kartofler i Danmark.

Referencer

- Bain RA, Perombelon MCM, Tsror L, Nachmias A. 1990. Blackleg development and tuber yield in relation to numbers of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* on seed potatoes. *Plant Pathology*, 39(1):125-133.
- Basset A, Khush RS, Braun A, Gardan L, Boccard F, Hoffmann JA, Lemaitre B. 2000. The phytopathogenic bacteria *Erwinia carotovora* infects *Drosophila* and activates an immune response. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(7), 3376-3381. doi: 10.1073/pnas.070357597.
- Brazil JA, Rivedal HM, Frost KE. 2020. First report of soft rot of potato (*Solanum tuberosum*) caused by *Pectobacterium parmentieri* in Oregon. *Plant Disease*. 104 (5), 1535-1535. doi:10.1094/PDIS-09-19-1857-PDN.
- Burgess PJ, Blakeman JP, Perombelon MCM. 1994. Contamination and subsequent multiplication of soft-rot *erwinias* on healthy potato leaves and debris after haulm destruction. *Plant Pathology* 43(2):286-299.
- Burr TJ, Schroth MN. 1977. Occurrence of soft-rot *Erwinia* spp. in soil and plant material. *Phytopathology*, 67(11):1382-1387.
- CABI. 2015. *Dickeya solani*. Distribution Maps of Plant Diseases 2015. No. October Map 1175 (Edition 1) <https://www.cabi.org/cpc/abstract/20153399809> DOI:10.1079/DMPD/20153399809 (tjekket 2/11-2020).
- CABI. 2019. *Pectobacterium parmentieri* (black leg disease of potato), Description of Fungi and Bacteria, data sheet. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/48069201> (tjekket 2/11-2020).
- CABI. 2020a. *Pectobacterium atrosepticum* (potato blackleg disease), Description of Fungi and Bacteria, data sheet. <https://www.cabi.org/cpc/datasheet/21910> (tjekket 10/12-2020).
- CABI. 2020b. *Pectobacterium brasiliense* (soft rot and blackleg of ornamentals and potato), Description of Fungi and Bacteria, data sheet. <https://www.cabi.org/cpc/datasheet/119196> (tjekket 16/12-2020).

- CABI. 2020c. *Dickeya solani* (black leg disease of potato). Description of Fungi and Bacteria, data sheet. <https://www.cabi.org/cpc/datasheet/120278> (tjekket 12/1-2021).
- CABI. 2020d. *Dickeya dianthicola* (slow wilt of *Dianthus* and potato). Description of Fungi and Bacteria, data sheet. <https://www.cabi.org/cpc/datasheet/21921#REF-DDB-35095> (tjekket 26/1-2021).
- Cahill G, Fraser K, Kowalewska MJ, Kenyon DM, Saddler GS. 2010. Recent findings from the *Dickeya* survey and monitoring programme. In: The Dundee Conference. Crop Protection in Northern Britain 2010, Dundee, UK, 23-24 February 2010. Dundee, UK: The Association for Crop Protection in Northern Britain, 171-176.
- Cariddi C, Bubici G. 2016. First report of bacterial pith soft rot caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* on artichoke in Italy. *Journal of Plant Pathology*, 98(3), 563-568. <http://www.sipav.org/main/jpp/index.php/jpp/article/view/3714/2369>.
- Charkowski AO. 2018. The changing face of bacterial soft-rot diseases. *Annu Rev Phytopathol* 56:269-288.
- Chen XF, Zhang HL, Chen J. 2015. First report of *Dickeya solani* causing soft rot in imported bulbs of *Hya-cinthus orientalis* in China. *Plant Disease*, 99(1):155. <http://apsjournals.apsnet.org/loi/pdis>.
- Crepin A, Barbey C, Cirou A, Tannieres M, Orange N, Feuilloley M, Dessaux Y, Burini JF, Faure D, Latour X. 2012. Biological control of pathogen communication in the rhizosphere: A novel approach applied to potato soft rot due to *Pectobacterium atrosepticum*. *Plant and Soil* 358:25-35. DOI: 10.1007/s11104-011-1030-5.
- Czajkowski R, Grabe GJ, Wolf JM van der. 2009. Distribution of *Dickeya* spp. and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* in naturally infected seed potatoes. *European Journal of Plant Pathology*, 125(2):263-275. <http://springerlink.metapress.com/link.asp?id=100265>.
- Czajkowski R, Pérombelon MCM, Veen JA van, Wolf JM van der. 2011. Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: a review. *Plant Pathology*, 60(6), 999-1013. doi: 10.1111/j.1365-3059.2011.02470.x.
- Czajkowski R, Boer WJ de, Zouwen PS van der, Kastelein P, Jafra S, Haan EG de, Bovenkamp GW van den, Wolf JM van der. 2012. Virulence of *Dickeya solani* and *Dickeya dianthicola* biovar-1 and -7 strains on potato (*Solanum tuberosum*). *Plant Pathology*, 62:597-610.
- Czajkowski R, Boer WJ de, Zouwen PS van der, Kastelein P, Jafra S, Haan EG de, Bovenkamp GW van den, Wolf JM van der. 2013. Virulence of *Dickeya solani* and *Dickeya dianthicola* biovar-1 and -7 strains on potato (*Solanum tuberosum*). *Plant Pathology*, 62:597-610.
- Czajkowski R, Pérombelon MCM, Jafra S, Lojkowska E, Potrykus M, Wolf JM van der, Sledz W. 2015a. Detection, identification and differentiation of *Pectobacterium* and *Dickeya* species causing potato blackleg and tuber soft rot: a review. *Annals of Applied Biology*, 166(1), 18-38. doi: 10.1111/aab.12166.
- Czajkowski R, van der Wolf JM, Krolicka A, Ozymko Z, Narajczyk M, Kaczynska N, Lojkowska L. 2015b. Salicylic acid can reduce infection symptoms caused by *Dickeya solani* in tissue culture grown potato (*Solanum tuberosum* L.) plants. *Eur J Plant Pathol* (2015) 141:545-558 DOI 10.1007/s10658-014-0561-z.
- Czajkowski R, Fikowicz-Krosko J, Maciag T, Rabalski L, Czaplewska P, Jafra S, Richert M, Krychowiak-Masnicka M, Hugouvieux-Cotte-Pattat N. 2020. Genome-Wide Identification of *Dickeya solani* Transcriptional Units Up-Regulated in Response to Plant Tissues From a Crop-Host *Solanum tuberosum* and a Weed-Host *Solanum dulcamara*. *Front. Plant Sci.* 11:580330. doi: 10.3389/fpls.2020.580330.

- de Boer SH, Li X, Ward LJ. 2012. *Pectobacterium* spp. associated with bacterial stem rot syndrome of potato in Canada. *Phytopathology*, 102 (10), 937-947. <http://apsjournals.apsnet.org/loi/phyto> DOI:10.1094/PHYTO-04-12-0083-R.
- DCA. 2019. Opdatering af skadegørerstatus i Danmark for specifikke skadegørere i relation til eksport af frø – del 3. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet s. 141.
- Dees MW, Lebecka R, Perminow JIS, Czajkowski R, Grupa A, Motyka A, Zoledowska S, Sliwka J, Lojkowska E, Brurberg MB. 2017. Characterization of *Dickeya* and *Pectobacterium* strains obtained from diseased potato plants in different climatic conditions of Norway and Poland. *European Journal of Plant Pathology*, 148(4), 839-851. <http://rd.springer.com/journal/10658> doi: 10.1007/s10658-016-1140-2.
- de Neergaard E, Harding S, Czajkowski R. 2020. *Pectobacterium atrosepticum* (van Hall) Gardan et al. as a Causal Agent of Potato Blackleg in Greenland. *European Journal of Plant Pathology* 157(2): 425-431.
- de Werra P, Bussereau F, Keiser A, Ziegler D. 2015. First report of potato blackleg caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* in Switzerland. *Plant Disease*, 99(4):551-552. <http://apsjournals.apsnet.org/loi/pdis>.
- Degefu Y, Virtanen E, Väyrynen T. 2009. Pre-PCR processes in the molecular detection of blackleg and soft rot erwiniae in seed potatoes. *Journal of Phytopathology*, 157(6), 370-378. doi: 10.1111/j.1439-0434.2008.01504.x.
- Degefu Y, Potrykus M, Golanowska M, Virtanen E, Lojkowska E. 2013. A new clade of *Dickeya* spp. plays a major role in potato blackleg outbreaks in North Finland. *Annals of Applied Biology*, 162(2):231-241. [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1744-7348](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1744-7348).
- Dickey RS. 1979. *Erwinia chrysanthemi*: a comparative study of phenotypic properties of strains from several hosts and other *Erwinia* species. *Phytopathology*, 69, 324.
- Duarte V, Boer SH de, Ward LJ, Oliveira AMR. de. 2004. Characterization of atypical *Erwinia carotovora* strains causing blackleg of potato in Brazil. *Journal of Applied Microbiology*, 96(3), 535-545. doi: 10.1111/j.1365-2672.2004.02173.x.
- du Raan S, Coutinho TA, Waals JE van der. 2016. Cardinal temperature differences, determined in vitro, between closely related species and subspecies of pectinolytic bacteria responsible for blackleg and soft rot on potatoes. *European Journal of Plant Pathology*, 144(2), 361-369. doi: 10.1007/s10658-015-0773-x.
- Elphinstone JG. 2012. Final report - '*Dickeya solani*' - survey of seed crops in England and Wales 2011 (Ref: R454). Potato Council. <http://www.potato.org.uk/publications/r454-dickeya-solani-survey>.
- Faillace GR, Santarem ER, Astarita LV. 2019. Extract of *Xanthomonas axonopodis* induces resistance in *Solanum tuberosum* against *Pectobacterium atrosepticum*. *Biological Control* 134:53-62. DOI: 10.1016/j.bio-control.2019.03.012.
- Fikowicz-Krosko J, Czajkowski R. 2017b. Systemic colonisation and expression of disease symptoms on bitersweet nightshade (*Solanum dulcamara* L.) infected with a GFP-tagged *Dickeya solani* IPO2222 (IPO2254). *Plant Dis*. 102, 619-627. doi: 10.1094/PDIS-08-17-1147-RE.
- Graham DCI, Quinn CE, Harrison mMD. 1976. Recurrence of soft rot coliform bacterial infections in potato stem cuttings: an epidemiological study on the central nuclear stock production farm in Scotland 1967-74. *Potato Res*. 19: 3-20.
- Hellmers E. 1958. Four wilt diseases of perpetual-flowering carnations in Denmark. *Dansk Botanisk Arkiv*, 18, 1-200.

- Jee S, Choi J-G, Lee Y-G, Kwon M, Hwang I, Heu S. 2020. Distribution of *Pectobacterium* Species Isolated in South Korea and Comparison of Temperature Effects on Pathogenicity. *Plant Pathol. J.* 36(4) : 346-354. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.09.2019.0235>.
- Khayi S, Cigna J, Chong TeikMin, Quêtu-Laurent A, Chan KokGan, Hélias V, Faure D. 2016. Transfer of the potato plant isolates of *Pectobacterium wasabiae* to *Pectobacterium parmentieri* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 66(12), 5379-5383. <http://ijs.sgmjournals.org>.
- Kloepper JW, Harrison MD, Brewer JW. 1979. The association of *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* and *Erwinia carotovora* var. *carotovora* with insects in Colorado. *American Potato Journal*, 56(7):351-361.
- Krzyzanowska DM, Potrykus M, Golanowska M, Polonis K, Gwizdek-Wisniewska A, Lojkowska E, Jafra S. 2012. Rhizosphere bacteria as potential biocontrol agents against soft rot caused by various *Pectobacterium* and *Dickeya* spp. strains. *Journal of Plant Pathology*, 94(2), 367-378. <http://sipav.org/main/jpp/index.php/jpp/article/view/2564>.
- Krzyzanowska DM, Maciag T, Siwinska J, Krychowiak M, Jafra S, Czajkowski R. 2019. Compatible Mixture of Bacterial Antagonists Developed to Protect Potato Tubers from Soft Rot Caused by *Pectobacterium* spp. and *Dickeya* spp. *Plant Disease* 103(6):1374-1382. DOI: 10.1094/PDIS-10-18-1866-RE.
- Kwenda S, Motlolometsi TV, Birch PRJ, Moleleki LN. 2016a. RNA-seq profiling reveals defense responses in a tolerant potato cultivar to stem infection by *Pectobacterium carotovorum* ssp. *brasiliense*. *Front.PlantSci.*7:1905. doi: 10.3389/fpls.2016.01905.
- Kwenda S, Birch PRJ, Moleleki LN. 2016b. Genome-wide identification of potato long intergenic noncoding RNAs responsive to *Pectobacterium carotovorum* subspecies *brasiliense* infection. *BMC Genomics* (2016) 17:614. DOI 10.1186/s12864-016-2967-9.
- Lapidota D, Drora R, Vered E, Mishlic O, Levy D, Helman Y. 2015. Disease protection and growth promotion of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) by *Paenibacillus dendritiformis*. *Plant Pathology* 64, 545-551.
- 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(2):213-225. <http://springerlink.metapress.com/link.asp?id=100265>.
- Laurila J, Hannukkala A, Nykyri J, Pasanen M, Helias V, Garlant L, Pirhonen M. 2010. Symptoms and yield reduction caused by *Dickeya* spp. strains isolated from potato and river water in Finland. *European Journal of Plant Pathology*, 126, 249-262.
- Liu H, Zhou M, Yang L, Luo W, Che S, Su J, Zhao B, Lu Y, Hu B, Fan J. 2019. First report of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* causing soft rot on *Raphanus sativus* in China. *Plant Dis* 103:1409-1409.
- Ma B, Hibbing ME, Kim HS, Reedy RM, Yedidia I, Breuer J, Breuer J, Glasner JD, Perna NT, Kelman A, Charkowski AO. 2007. Host range and molecular phylogenies of the soft rot enterobacterial genera *Pectobacterium* and *Dickeya*. *Phytopathology*, 97(9), 1150-1163. doi: 10.1094/PHYTO-97-9-1150.
- Maciag T, Krzyzanowska DM, Jafra S, Siwinska J, Czajkowski R. 2020. The Great Five-an artificial bacterial consortium with antagonistic activity towards *Pectobacterium* spp. and *Dickeya* spp.: formulation, shelf life, and the ability to prevent soft rot of potato in storage. *Applied Microbiology and Biotechnology* 104(10): 4547-4561. DOI: 10.1007/s00253-020-10550-x.
- Marquez-Villavicencio M del P, Groves RL, Charkowski AO. 2011. Soft rot disease severity is affected by potato physiology and *Pectobacterium* taxa. *Plant Disease*, 95(3), 232-241. doi: 10.1094/PDIS-07-10-0526.

- McCarter-Zorner NJ, Franc GD, Harrison MD, Michau JE, Quinn CE, Ells IA, Graha DC. 1984. Soft rot *Erwinia* bacteria in surface and underground waters in southern Scotland and in Colorado, United States. *Journal of Applied Bacteriology* 57:95-105.
- Mejia-Sanchez D, Aranda-Ocampo S, Nava-Diaz C, Teliz-Ortiz D, Livera-Munoz M, De La Torre-Almaraz R, Ramirez-Alarcon S. 2019. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* causes soft rot and death of *Nebuxbaumia tetetzo* in Zapotitlan Salinas Valley, Puebla, Mexico. *Plant Dis* 103:398-403.
- Meziani S, Oomah BD, Zaidi F, Simon-Levert A, Bertrand C, Zaidi-Yahiaoui R. 2015. Antibacterial activity of carob (*Ceratonia siliqua* L.) extracts against phytopathogenic bacteria *Pectobacterium atrosepticum*. *Microbial Pathogenesis* 78:95-102.
- Moleleki LN, Onkendi EM, Mongae A, Kubheka GC. 2013. Characterisation of *Pectobacterium wasabiae* causing blackleg and soft rot diseases in South Africa. *European Journal of Plant Pathology*. 135 (2), 279-288. <http://www.springerlink.com/content/100265/> DOI:10.1007/s10658-012-0084-4.
- Molina JJ, Harrison MD, Brewer JW. 1974. Transmission of *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* by *Drosophila melanogaster* Meig. I. Acquisition and transmission of the bacterium. *American Potato Journal*, 51(8), 245-250. doi: 10.1007/BF02851435.
- Naas H, Sebahia M, Orfei B, Rezzonico F, Buonauro R, Moretti C. 2018. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* as causal agents of potato soft rot in Algeria. *Eur. J. Plant Pathol*, 151, 1027-1034.
- Nassar A, Bertheau Y, Dervin C, Narcy JP, Lemattre M. 1994. Ribotyping of *Erwinia chrysanthemi* strains in relation to their pathogenic and geographic distribution. *Applied and Environmental Microbiology*, 60, 3781-3789.
- Ngadze E, Brady CL, Coutinho TA, van der Waals JE. 2012. Pectinolytic bacteria associated with potato soft rot and blackleg in South Africa and Zimbabwe. *European Journal of Plant Pathology*. 134 (3), 533-549. <http://springerlink.metapress.com/link.asp?id=100265> DOI:10.1007/s10658-012-0036-z.
- Ngadze E, Coutinho TA, Icishahayo D, van der Waals JE. 2014. Effect of calcium soil amendments on phenolic compounds and soft rot resistance in potato tubers. *Crop Protection* 62:40e45. Doi.org/10.1016/j.cropro.2014.04.009.
- Onkendi EM, Moleleki LN. 2014. Characterization of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* and *brasiliense* from diseased potatoes in Kenya. *European Journal of Plant Pathology*, 139(3), 557-566. doi: 10.1007/s10658-014-0411-z.
- Ouanas S, Hamelin G, Hervet M, Andrivon D, Valb F, Yahiaoui-Zaidi R. 2017. Protection against bacterial soft rot by olive extracts is related to general defence induction in potato tubers. *Plant Pathology* 66:404-411. Doi: 10.1111/ppa.12583.
- Oulghazi S, Moumni M, Khayi S, Robic K, Sarfraz S, Lopez-Roques C, Vandecasteele C, Faure D. 2020. Diversity of *Pectobacteriaceae* Species in Potato Growing Regions in Northern Morocco. *Microorganisms* 2020, 8, 895; doi:10.3390/microorganisms8060895.
- Ozturk M, Aksoy HM. 2016. First report of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* causing blackleg and soft rot of potato in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 98(3), 692. <http://www.sipav.org/main/jpp/index.php/jpp/article/view/3755/2396>.
- Parkinson N, Stead D, Bew J, Heeney J, Tsrer L, Elphinstone J. 2009. *Dickeya* species relatedness and clade structure determined by comparison of recA sequences. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 59(10):2388-2393. <http://ijs.sgmjournals.org>.

- Parkinson N, Pritchard L, Bryant R, Toth I, Elphinstone J. 2015. Epidemiology of *Dickeya dianthicola* and *Dickeya solani* in ornamental hosts and potato studied using variable number tandem repeat analysis. *European Journal of Plant Pathology*, 141(1):63-70. <http://rd.springer.com/journal/10658>.
- Pasanen. M, Laurila J, Brader G, Palva ET, Ahola V, Wolf J van der, Hannukkala A, Pirhonen M. 2013. Characterisation of *Pectobacterium wasabiae* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* isolates from diseased potato plants in Finland. *Annals of Applied Biology*, 163(3), 403-419. [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1744-7348](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1744-7348).
- Perombelon MCM, Lowe R, Ballantine EM. 1976. Contamination by *erwinia-carotovora* of seed potato stocks of stem cutting origin in process of multiplication. *Potato Research* 19(4):335-347.
- Perombelon MCM, Fox RA, Lowe R. 1979. Dispersion of *Erwinia carotovora* in prosols produced by the pulverization of potato haulm prior to harvest. *Phytopathologische Zeitschrift*, 94(3): 249-260.
- Perombelon MCM, Hyman LJ. 1989. Survival of soft rot coliforms, *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* and *E. carotovora* subsp. *atroseptica* in soil in Scotland. *Journal of Applied Bacteriology*, 66(2):95-106.
- Perombelon MCM. 1992. Potato blackleg: Epidemiology, host-pathogen interaction and control. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 98 (Supplement 2):135-146.
- Pitman AR, Harrow SA, Visnovsky SB. 2010. Genetic characterisation of *Pectobacterium wasabiae* causing soft rot disease of potato in New Zealand. *European Journal of Plant Pathology*, 126(3), 423-435. <http://springerlink.metapress.com/link.asp?id=100265> doi: 10.1007/s10658-009-9551-y.
- Portier P, Pedron J, Taghouti G, Fischer-Le Saux M, Caullireau E, Bertrand C, Laurent A, Chawki K, Oulgazi S, Moumni M, Andrivon D, Dutrieux C, Faure D, Helias V, Barny MA. 2019. *Pectobacterium odoriferum* sp. nov., proposal of *Pectobacterium brasiliense* sp. nov. and *Pectobacterium actinidiae* sp. nov., emended description of *Pectobacterium carotovorum* and description of *Pectobacterium versatile* sp. nov., isolated from streams and symptoms on diverse plants. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*, 69, 3207-3216.
- Potrykus M, Sledz W, Golanowska M, Slawiak M, Binek A, Motyka A, Zoledowska S, Czajkowski R, Lojkowska E. 2014. Simultaneous detection of major blackleg and soft rot bacterial pathogens in potato by multiplex polymerase chain reaction. *Annals of Applied Biology*, 165(3), 474-487. doi: 10.1111/aab.12156.
- Potrykus M, Golanowska M, Sledz W, Zoledowska S, Motyka A, Kolodziejska A, Butrymowicz J, Lojkowska E. 2016. Biodiversity of *Dickeya* spp. isolated from potato plants and water sources in temperate climate. *Plant Disease*. 100 (2), 408-417. <http://apsjournals.apsnet.org/loi/pdis> DOI:10.1094/PDIS-04-15-0439-RE.
- Rossmann S, Dees MW, Perminow J, Meadow R, Brurberg MB. 2018. Soft rot Enterobacteriaceae are carried by a large range of insect species in potato fields. *Appl. Environ. Microbiol* 84:e00281-18. <https://doi.org/10.1128/AEM.00281-18>.
- Rossmann S, Dees MV, Torp T, Le VH, Skogen M, Glorvigen B, van der Wolf J, Brurberg MB. 2020. Field-scale molecular testing of virulent potato soft rot Pectobacteriaceae in Norway. *Eur J Plant Pathol* (2020) 156:501-517. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01901-0>.
- 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 zeae* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 55 (4), 1415-1427. DOI:10.1099/ijs.0.02791-0.

- Sarfraz S, Riaz K, Oulghazi S, Cigna J, Sahi ST, Khan SH, Faure D. 2018. *Pectobacterium punjabense* sp nov., isolated from blackleg symptoms of potato plants in Pakistan. *Int J Syst Evol Microbiol* 68:3551–3556.
- Sarfraz S, Sahi ST, Oulghazi S, Riaz K, Rajput NA, Atiq M, Tufail MR, Hameed A, Faure D. 2020. Species Diversity of *Dickeya* and *Pectobacterium* Causing Potato Blackleg Disease in Pakistan. *Plant Disease* 104(5):1492-1499. DOI: 10.1094/PDIS-08-19-1743-RE.
- Secor GA, Rivera-Varas VV, Brueggeman RS, Metzger MS, Rengifo J, Richards JK. 2016. First report of field decay of sugar beet caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* in North America. *Plant Disease*, 100(11):2160. <http://apsjournals.apsnet.org/loi/pdis>.
- SEGES. 2020. Rapport til Landbrugsstyrelsen over præbasismarksyn 2020.
- Skelsey P, Humphris SN, Campbell EJ, Toth IK. 2018. Threat of establishment of non-indigenous potato blackleg and tuber soft rot pathogens in Great Britain under climate change. *PLoS ONE*, 13(10), e0205711. doi: 10.1371/journal.pone.0205711.
- Slawiak M, Lojkowska E, Wolf JM van der. 2008. First report of bacterial soft rot on potato caused by *Dickeya* sp (syn *Erwinia chrysanthemi*) in Poland. *New Disease Reports*, 18:25.
- Slawiak M, van Beckhoven JRCM, Speksnijder AGCL, Czajkowski R, Grabe G, van der Wolf JM. 2009a. Biochemical and genetical analysis reveal a new clade of biovar 3 *Dickeya* spp. strains isolated from potato in Europe. *European Journal of Plant Pathology*, 125(2):245-261. <http://springerlink.metapress.com/link.asp?id=100265>.
- Slawiak M, Ojkowska E, van der Wolf, JM. 2009b. First report of bacterial soft rot on potato caused by *Dickeya* sp. (syn. *Erwinia chrysanthemi*) in Poland. *Plant Pathology*, 58(4):794. <http://www.blackwell-synergy.com/loi/ppa>.
- Smolarska A, Rabalski L, Narajczyk M, Czajkowski R. 2018. Isolation and phenotypic and morphological characterization of the first Podoviridae lytic bacteriophages fA38 and fA41 infecting *Pectobacterium parmentieri* (former *Pectobacterium wasabiae*). *European Journal of Plant Pathology*, 150(2), 413-425. <http://rd.springer.com/journal/10658> doi: 10.1007/s10658-017-1289-3.
- Toth IK, Sullivan L, Brierley JL, Avrova AO, Hyman LJ, Holeva M, Broadfoot L, Perombelon MCM, McNicol J. 2003. Relationship between potato seed tuber contamination by *Erwinia carotovora* ssp *atroseptica*, blackleg disease development and progeny tuber contamination. *Plant Pathology* 52(2):119-126. DOI: 10.1046/j.1365-3059.2003.00821.x.
- Toth IK, Wolf JM van der, Saddler G, Lojkowska E, Hélias V, Pirhonen M, Tsrör L, Elphinstone JG. 2011. *Dickeya* species: an emerging problem for potato production in Europe. *Plant Pathology*, 60(3), 385-399. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3059.2011.02427.x/full> doi: 10.1111/j.1365-3059.2011.02427.x.
- Tsrör L, Erlich O, Lebiush S, Wolf J van der, Czajkowski R, Mozes G, Sikharulidze Z, Daniel BB. 2011. First report of potato blackleg caused by a biovar 3 *Dickeya* sp. in Georgia. *New Disease Reports*, 23:Article 1. http://www.ndrs.org.uk/pdfs/023/NDR_023001.pdf.
- Tsrör L, Erlich O, Lebiush S, Hazanovsky M, Zig U, Slawiak M, Grabe G, Wolf JM van der, Haar JJ van de. 2009. Assessment of recent outbreaks of *Dickeya* sp. (syn. *Erwinia chrysanthemi*) slow wilt in potato crops in Israel. *European Journal of Plant Pathology*, 123(3):311-320. <http://springerlink.metapress.com/link.asp?id=100265>.

- Tsrer L, Lebiush S, Erlich O, Ben-Daniel B, Wolf Jvan der. 2010. First report of latent infection of *Cyperus rotundus* caused by a biovar 3 *Dickeya* sp. (Syn. *Erwinia chrysanthemi*) in Israel. *New Disease Reports*, 22:Article 14. <http://www.ndrs.org.uk/article.php?id=22014>.
- Tsrer L, Erlich O, Lebiush S, Galilov I, Hazanovsky M, Chalupowicz L, Reuven M, Dror O, Manulis-Sasson S. 2020. First Report of *Pectobacterium parmentieri*, One of the Causal Agents of Potato Blackleg and Tuber Soft Rot Diseases, in Israel. *Plant Disease* 104(8):2288-2288. DOI: 10.1094/PDIS-02-20-0226-PDN.
- van der Wolf J, Speksnijder A, Velvis H, Haar Jvan de, Doorn Jvan. 2007. Why is *Erwinia chrysanthemi* (*Dickeya* sp) taking over? - the ecology of a blackleg pathogen. MTT Agrifood Research, Agrifood Research Working Papers, Jokionen, Finland. *New and Old Pathogens of Potato in Changing Climate*, 142 [ed. by Hannukkala, A., \Segerstedt, M.]. Jokionen, Finland: MTT Agrifood Research, 30.
- van der Wolf JM, Nijhuis EH, Kowaleska MJ et al. 2014b. *Dickeya solani* sp. nov., a pectinolytic plant-pathogenic bacterium isolated from potato (*Solanum tuberosum*). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 64, 768–74.
- van der Wolf JM, Haan EG de, Kastelein P, Krijger M, Haas BH de, Velvis H, Mendes O, Kooman-Gersmann M, Zouwen PS van der. 2017. Virulence of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* on potato compared with that of other *Pectobacterium* and *Dickeya* species under climatic conditions prevailing in the Netherlands. *Plant Pathology*, 66(4), 571-583. doi: 10.1111/ppa.12600.
- Voronina MV, Kabanova AP, Shneider MM, Korzhenkov AA, Toschakov SV, Miroshnikov KK, Miroshnikov KA, Ignatov AN. 2019. First report of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* causing blackleg and stem rot disease of potato in Russia. *Plant Disease*, 103(2), 364. <http://apsjournals.apsnet.org/loi/pdis> doi: 10.1094/pdis-03-18-0456-pdn.
- Waleron M, Waleron K, Lojkowska E. 2013. Occurrence of *Pectobacterium wasabiae* in potato field samples. *European Journal of Plant Pathology*. 137 (1), 149-158. <http://rd.springer.com/journal/10658> DOI:10.1007/s10658-013-0227-2.
- Waleron M, Waleron K, Lojkowska E. 2014. Characterization of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *odoriferum* causing soft rot of stored vegetables. *Eur J Plant Pathol* (2014) 139:457–469. DOI 10.1007/s10658-014-0403-z.
- Waleron M, Waleron K, Lojkowska E. 2015. First report of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* causing soft rot on potato and other vegetables in Poland. *Plant Disease*, 99(9), 1271. doi: 10.1094/PDIS-02-15-0180-PDN.
- Waleron M, Misztak A, Waleron M, Franczuk M, Wielgomas B, Waleron K. 2018. Transfer of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* strains isolated from potatoes grown at high altitudes to *Pectobacterium peruviense* sp. Nov. *Systematic and Applied Microbiology* 41 (2018) 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2017.11.005>.
- Wood EM Miles, TD, Wharton PS. 2013. The use of natural plant volatile compounds for the control of the potato postharvest diseases, black dot, silver scurf and soft rot. *Biological Control* 64(2):152-159. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2012.10.014.
- Zoledowska S, Motyka A, Zukowska D, Sledz W, Lojkowska E. 2018. Population structure and biodiversity of *Pectobacterium parmentieri* isolated from potato fields in temperate climate. *Plant Disease*, 102(1), 154-164. <http://apsjournals.apsnet.org/loi/pdis> doi: 10.1094/PDIS-05-17-0761-RE.

Yanganza ES, Tweddell RJ, Arul J. 2014. Postharvest Application of Organic and Inorganic Salts To Control Potato (*Solanum tuberosum* L.) Storage Soft Rot: Plant Tissue–Salt Physicochemical Interactions. *J. Agric. Food Chem.* 62, 9223–9231. [dx.doi.org/10.1021/jf5017863](https://doi.org/10.1021/jf5017863).