

Gritta Schrader¹, Petra Müller¹, Emilio Stefani²

***Candidatus* Liberibacter solanacearum – eine neue Gefahr für den Kartoffel- und Tomatenanbau?**

Candidatus Liberibacter solanacearum – a new threat for potato and tomato production?

Zusammenfassung

Das aus Nordamerika stammende Bakterium *Candidatus* Liberibacter solanacearum kann Kartoffeln, Tomaten und Paprika massiv schädigen. Auch Schäden an Möhren wurden beobachtet. Es kommt an Solanaceen bislang in Europa nicht vor, wurde jedoch in Finnland, Spanien und Frankreich an Möhren gefunden. Das Bakterium wird durch *Bactericera cockerelli* (Sulc) und eventuell weitere Psylliden-Arten (Blattsauger, Blattflöhe) auf Kartoffeln übertragen und kann offenbar auch mit Pflanzgut übertragen werden. *B. cockerelli* kommt in Deutschland bisher nicht vor. Wenn der (infizierte) Vektor eingeschleppt wird, sind Ansiedlung und Ausbreitung des Schadorganismus möglich. Wenn auch andere (bereits in Deutschland/der EU vorkommende) Psylliden als Vektoren dienen können, besteht ein höheres Risiko für die Verbreitung des Bakteriums. Offenbar übertragen auch die in der EU vorkommenden Psylliden *Trioza apicalis* Förster und *B. trigonica* Hodkinson das Bakterium, allerdings nur auf Möhren.

Der Schadorganismus ist bisher in den Anhängen der RL 2000/29/EG nicht gelistet, befindet sich aber, gemeinsam mit dem Vektor *B. cockerelli*, auf der EPPO A 1 Liste. Risikoanalysen des Julius Kühn-Instituts – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI) insbesondere für Deutschland sowie der European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) für die EPPO-Region liegen bereits vor.

Aufgrund des hohen Schadpotenzials stellt *Ca. L. solanacearum* ein erhebliches phytosanitäres Risiko für Deutsch-

land und andere EU-Mitgliedstaaten dar. Insbesondere in Kartoffelanbaugebieten mit besonders günstigen Bedingungen für die Etablierung des Vektors *B. cockerelli* (Mediterranes Becken) wären hohe Ernteverluste zu erwarten. Die Bekämpfung der Vektoren ist schwierig (Monitoring mit Gelbfangtafeln und massive Anwendung von Insektiziden).

Laut Risikoanalyse besteht Anlass zur Annahme, dass sich das Bakterium in Deutschland oder einem anderen Mitgliedstaat ansiedeln und nicht unerhebliche Schäden verursachen kann, sofern Vektoren mit eingeschleppt werden bzw. vorhanden sind. Es sollten daher Maßnahmen zur Abwehr der Gefahr der Einschleppung von *Ca. Liberibacter solanacearum* und seiner Vektoren entsprechend § 4a der Pflanzenbeschauverordnung (PBVO) getroffen werden. Auffällige Symptome in Anbau und Produktion sollten beachtet und überprüft werden. Der Verdacht auf Infektionen ist im Labor (Pflanzenschutzdienst oder JKI) zu bestätigen und ggf. an das JKI zu melden. Bei Befall sollten befallene Partien vernichtet und die Vektoren bekämpft werden.

Stichwörter: Bakterium, Psylliden, pflanzengesundheitliche Risikoanalyse, Solanaceen, Möhren

Abstract

The bacterium *Candidatus* Liberibacter solanacearum, originating in North America, can massively damage

Institut

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Nationale und Internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit, Braunschweig, Deutschland¹

Dept. of Agricultural and Food Sciences, University of Modena & Reggio Emilia, Italien²

Kontaktanschrift

Dr. Gritta Schrader, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Nationale und Internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit, Messeweg 11–12, 38104 Braunschweig, E-Mail: gritta.schrader@jki.bund.de

Zur Veröffentlichung angenommen

24. Januar 2014

potatoes, tomatoes and bell peppers. Also damage on carrots has been observed. So far, the bacterium has not been detected in Solanaceae in Europe, however, in Finland, Spain and France it has been found on carrots. It is transmitted to potatoes by *Bactericera cockerelli* (Sulc) and probably also other psyllid species and probably also with planting material. Up to now, *B. cockerelli* is not present in Germany. In case the infested vector is introduced, establishment and spread of the bacterium are possible. If also other psyllids, that are already present in Germany or the EU, could act as vectors, there is an increased risk of the spread of the bacterium. There is some evidence that also the psyllids *Trioza apicalis* Förster and *B. trigonica* Hodkinson, both present in the EU, can transmit the pathogen, however, as far as known, only to carrots. The bacterium is not yet listed in the EU plant quarantine directive 2000/29/EC, but is, as well as its vector *B. cockerelli*, listed on the EPPO A1 List. A JKI pest risk analysis in particular for Germany and an EPPO pest risk analysis for the whole EPPO region are available. Due to its high damage potential, *Ca. L. solanacearum* presents an essential phytosanitary risk to Germany and other EU member states. In particular for the cultivation of potatoes in areas with very suitable conditions like the Mediterranean basin, high yield losses could be expected. The control of the vector is difficult (monitoring with yellow sticky traps, massive application of pesticides). According to the risk analysis, it can be assumed that the bacterium could establish in Germany or other EU member states and that it could cause important damage, in case its vector is also introduced or present. Therefore, measures according to § 4a of the German plant protection order should be taken to prevent the introduction of the bacterium as well as its vector. Symptoms in cultivation and production of host plants should be noted and verified. If infestation is suspected, it should be confirmed in the laboratory (plant protection service or JKI) and in case of positive findings notified to the JKI. Infested lots should be destroyed and vectors be controlled.

Key words: Bacterium, psyllids, pest risk analysis, Solanaceae, carrots

Einleitung

Das aus Nordamerika stammende Bakterium *Candidatus Liberibacter solanacearum* schädigt Kartoffeln, Tomaten, Paprika, Tabak und Möhren. Es wurde Mitte der 1990er Jahre erstmals in Mexiko beschrieben. Nachfolgend hat es sich über Zentralamerika weiter verbreitet und wurde in den USA erstmals im Jahre 2000 nachgewiesen, seit 2008 wird es auch in Neuseeland (LIEFTING et al., 2008 und 2009) festgestellt. Neueste Berichte liegen aus Honduras über das erstmalige Auftreten des Bakteriums an Tomate und Tabak vor (AGUILAR et al., 2013a, b). In Europa kommt es an Solanaceen bislang nicht vor, wurde jedoch in Finnland, Spanien, Schweden, Norwegen und Frankreich an Möhren gefunden (EPPO PQR, 2013). Das Bakterium wird durch *Bactericera cockerelli* (Abb. 1 und 2) und eventuell weitere Psylliden-Arten auf Kartoffeln übertragen und kann offenbar auch mit Pflanzgut übertragen werden. *B. cockerelli* kommt in Deutschland bisher nicht vor. Wenn der (infizierte) Vektor eingeschleppt wird, sind schnelle Ansiedlung und Ausbreitung des Schadorganismus zu erwarten. Offenbar übertragen auch die in der EU vorkommenden Psylliden *Trioza apicalis* und *B. trigonica* das Bakterium, allerdings wurde es bisher nur auf Möhren eindeutig nachgewiesen.

Ca. L. solanacearum hat ein hohes Schädspotenzial (Abb. 3). In Kartoffeln fördert das Bakterium die Umwandlung der eingelagerten Stärke in löslichen Zucker. Wenn die Kartoffeln frittiert werden, karamellisiert der Zucker, ungewünschte dunkle Streifen erscheinen. Diese Verfärbungen haben der Krankheit auch den Namen „Zebra chip-Krankheit“ eingebracht (Abb. 4). Die Bekämpfung ist nur über eine Kontrolle der Vektoren möglich, diese ist jedoch schwierig.



Abb. 1. Larve von *Bactericera cockerelli* (Foto: Joseph Munyaneza).



Abb. 2. Imago von *B. cockerelli* (Foto: Pests and Diseases Image Library, Bugwood.org).



Abb. 3. Infizierte Kartoffelpflanze (Foto: Joseph Munyaneza).



Abb. 4. Zebra chip-Krankheit (Foto: Joseph Munyaneza).

Da es bei Auftreten von neuen Schadorganismen erforderlich ist, die Risiken der Einschleppung, Etablierung, Verbreitung und Schäden abzuschätzen, wurde eine pflanzengesundheitliche Risikoanalyse vom JKI zu *Ca. L. solanacearum* und seinen Vektoren in erster Linie für Deutschland durchgeführt. Diese Risikoanalyse unterstützt die Pflanzenschutzdienste der Bundesländer, im Falle eines Nachweises des Erregers in ihrem Zuständigkeitsbereich, unmittelbar geeignete Maßnahmen zu ergreifen. Die im Rahmen der für Deutschland erstellten pflanzengesundheitlichen Risikoanalyse durchgeführten wissenschaftlichen Analysen und erarbeiteten Daten dienen auch als Grundlage für eine Risikoanalyse, die durch eine Expertengruppe der Europäischen Pflanzenschutzorganisation (EPPO) erstellt wurde und die den europäischen und mediterranen Raum einschließt (EPPO, 2012a).

Das Bakterium

Taxonomie

Bacteria, Proteobacteria, Alphaproteobacteria, Rhizobiales, Rhizobiaceae, *Candidatus Liberibacter*. Synonym: *Candidatus Liberibacter psyllaourous*.

Der Schadorganismus gehört einer Art phloematischer, meist tropischer und subtropischer Bakterien der Gattung *Candidatus Liberibacter* an. Die Art *Ca. L. solanacearum* wurde zum ersten Mal von HANSEN et al. (2008) als neue Art der Gattung *Candidatus Liberibacter* vorgeschlagen.

Es scheint vier unterschiedliche Haplotypen von *Ca. L. solanacearum* zu geben, von denen offenbar derzeit in Europa nur zwei vorkommen, die Möhren infizieren können (EPPO, 2013).

Biologie und Symptome

Candidatus Liberibacter solanacearum befällt Nachtschattengewächse (Solanaceae), insbesondere Kartoffeln und Tomaten, sowie Möhren. In seinen Wirtspflanzen wirkt

das Bakterium als systemisches Pathogen, es breitet sich über das Phloem von der Inokulationsstelle ins pflanzliche Gewebe aus. Darüberhinaus nimmt der Vektor beim Fraß an infizierten Pflanzen das Bakterium auf und verbreitet es weiter im Bestand, indem er es beim Fraß an gesunden Pflanzen in diese wieder abgibt. RASHED et al. (2012) haben nachgewiesen, dass die Effizienz der Übertragung von *Ca. Liberibacter solanacearum* in Kartoffeln durch den Vektor *Bactericera cockerelli* am größten war, wenn der Vektor an der ganzen Pflanze fressen konnte, und eine erfolgreiche Abgabe an gesunde Pflanzen korrelierte mit der Anzahl der Vektoren.

Über die Temperaturansprüche des Bakteriums liegen noch keine gesicherten wissenschaftlichen Daten vor. MUNYANEZA et al. (2012) geben anhand von Vergleichen mit ähnlichen Krankheiten in Citrus Temperaturen über 32°C als kritisch für das Überleben von *Ca. Liberibacter solanacearum* an.

An Kartoffeln bilden sich nekrotische Flecken im Knollengewebe, die nach dem Frittieren sichtbar werden („zebra chips“). An Kartoffelpflanzen entstehen Chlorosen an den Blättern, mit Blattrollen, Blattverwelkung und späterer Nekrose, gefolgt vom Absterben ganzer Pflanzen. Bei Tomaten bilden sich bei einigen Sorten deformierte Früchte aus, die sogenannte „erdbeerartige“ Form. An Tomaten-, Paprika- und Tabakpflanzen kommt es ebenfalls zu Chlorosen und Vergilbungen der Blätter, Blattrollen und Pflanzenstauungen, bis hin zum Absterben der Pflanze.

In Finnland, Spanien und Frankreich wurden an Möhren, die mit *Ca. L. solanacearum* befallen waren, Pflanzenvergilbungen, Stauchung und vermehrte Ausbildung von Seitenwurzeln festgestellt. Dabei konnte nicht klar zugeordnet werden, ob diese Symptome auch vom Bakterium verursacht werden oder nur vom Vektor (MUNYANEZA et al., 2010a, b; ALFARO-FERNÁNDEZ et al., 2012a, b). Das Zebra chip-Symptom bei Kartoffeln ist allerdings ausschließlich auf das Bakterium zurückzuführen.

Die Vektoren

Taxonomie

Bactericera cockerelli (Sulc), Hemiptera, Sternorrhyncha, Psylloidea, Triozidae (Tomatenblattsauger, Amerikanischer Kartoffelblattsauger)

Trioza apicalis Förster, Hemiptera, Sternorrhyncha, Psylloidea, Triozidae (Möhrenblattfloh, Möhrenblattsauger)

Bactericera trigonica Hodkinson, Hemiptera, Sternorrhyncha, Psylloidea, Triozidae

Trioza apicalis wurde teilweise in der Literatur mit *T. viridula* verwechselt bzw. als Synonym verwendet, siehe hierzu LASKA (2011).

Biologie und Symptome

Bisher ist bekannt, dass *Ca. L. solanacearum* von *Bactericera cockerelli* auf Kartoffeln, Tomaten, Paprika und Tabak und von *Trioza apicalis* (MUNYANEZA et al., 2010a, b) und *Bactericera trigonica* (ALFARO-FERNÁNDEZ et al., 2012a, b) auf Möhren übertragen wird. Es ist nicht auszuschließen, dass weitere Psylliden als Vektoren in Frage kommen. Bemerkenswert ist, dass *Ca. L. solanacearum* in *B. cockerelli* (Nordamerika) aber auch in *T. apicalis* und *B. trigonica* (beide Eurasien) festgestellt wurde (MUNYANEZA et al., 2010a, b, ALFARO-FERNÁNDEZ et al., 2012a, b). In Frankreich wurde 2012 erstmalig in Möhren ein für Kartoffeln identifizierter Haplotyp von *Ca. L. solanacearum* nachgewiesen. In den infizierten Pflanzenbeständen wurde auch das Auftreten des Vektors *Trioza apicalis* festgestellt (EPPO, 2012b). Die Analysen zum Ursprung sind in ein Forschungsprojekt zu den biologischen Zusammenhängen integriert worden.

Die beobachteten Schäden an Pflanzen und Früchten wurden zunächst ausschließlich den Psylliden zugeschrieben. Erst mit der Verfügbarkeit molekularbiologischer Methoden konnte nachgewiesen werden, dass das Bakterium zumindest zum Teil für die Symptome und Schäden verantwortlich ist.

Wirtspflanzen

Als Hauptwirtspflanzen wurden bislang Kartoffeln (*Solanum tuberosum*) und Tomaten (*S. lycopersicon*) festgestellt.

Weitere Wirtspflanzen sind Paprika (*Capsicum* spp.), Tabak (*Nicotiana tabacum* L.), Auberginen (*S. melongena*), Sellerie (*Apium graveolens*), *Lycium barbarum*, *L. chinense*, *Physalis alkekengi*, *P. peruviana*, *S. carolinense*, *S. dulcamara*, *S. luteum*, *S. nigrum*, *S. nitidibaccatum*, *S. physalifolium*, *S. sarachoides*, *S. triflorum*, und Möhren (*Daucus carota*).

Ein- und Verschleppung

Vier wichtige Einschleppungswege sind bekannt:

- Pflanzkartoffeln, eventuell Speisekartoffeln und Möhren (ggf. Saatgut)

- Tomaten-, Paprika- und Möhrensämlinge oder Jungpflanzen zum Anpflanzen
- Früchte (Tomaten, Auberginen, Chili- und Paprikschoten)
- Psylliden (*Bactericera cockerelli*, *B. trigonica*, *Trioza apicalis*), die mit dem Schadorganismus infiziert sind.

Das Risiko der Einschleppung von infiziertem Wirtspflanzenmaterial in die EU ist jedoch eingeschränkt, da Einfuhren von Solanaceen aus Drittländern und damit aus bekannten Befallsgebieten in die EU verboten sind. Obwohl infizierte Vektoren durchaus eine Verschleppungsquelle darstellen können, ist das Risiko jedoch geringer, als mit infizierten Pflanzen, da sie nur als Hitchhiker mit Nicht-Solanaceen in die EU gelangen können. In solchen Fällen besteht nur ein kurzes Zeitfenster zur Übertragung des Bakteriums, in dem die Psylliden überleben können und Wirtspflanzen infizieren können. Die natürliche Ausbreitung erfolgt über den Vektor und offenbar auch über infiziertes Pflanzgut (PITMAN et al., 2011).

Etablierungs- und Ausbreitungswahrscheinlichkeit in Deutschland und der EU

Wenn der (infizierte) Vektor eingeschleppt wird und auf optimale Bedingungen trifft, z.B. Hauptwirtspflanzen, ist eine Ansiedlung und schnelle Ausbreitung des Schadorganismus zu erwarten. Sollten auch andere (bereits in DE und anderen EU-Mitgliedstaaten vorkommende) Psylliden als Vektoren dienen können, ist das Risiko noch höher. *T. apicalis* kommt laut OSSIANILSSON (1992) in Deutschland vor und ist in der EU weitverbreitet. *B. trigonica* tritt laut Psyllist (2012) in Zypern, der Tschechischen Republik, Griechenland, Ungarn, Italien, sowie in Spanien (ALFARO-FERNÁNDEZ et al., 2012a, b) und der Schweiz (BURCKHARDT und FREULER, 2000) auf. Somit ist zumindest ein Risiko für Möhren gegeben. Laut HOMMES (JKI, Braunschweig, pers. Mitteilung) ist *T. apicalis* jedoch in Deutschland nicht weitverbreitet. In Norwegen, Schweden und Finnland ist *T. apicalis* für die Überwinterung auf Koniferen angewiesen. Es ist nicht klar, ob dieses zwingend notwendig ist – in Dänemark wurde *T. apicalis* gefunden, obwohl dort kaum Fichtenwälder vorkommen (LASKA, 2011). Es kann davon ausgegangen werden, dass die klimatischen Bedingungen für eine Etablierung des Bakteriums und seiner Vektoren in Deutschland und anderen EU-Mitgliedstaaten gegeben sind. In Deutschland wären bei einer Einschleppung vor allem Kartoffelanbaubetriebe und Gewächshaus- bzw. Tunnelkulturen (Tomaten, Paprika) in Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen (südwestlicher Teil), Kartoffelanbaubetriebe in Sachsen und im südlichen Sachsen-Anhalt betroffen, sowie Teile Unter- und Mittelfrankens (Würzburg, Schweinfurt, Nürnberg) und des Rheintals (Karlsruhe bis Worms und der östliche Teil der Pfalz). In Bezug auf Karotten und Möhren wären die Karotten-/Möhrenanbauggebiete im feuchteren Tiefland in Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen besonders

betroffen. Risiken bestehen auch für den östlichen Teil von Rheinland-Pfalz.

Schäden

Candidatus Liberibacter solanacearum kann sehr schwere Infektionen oder sogar Epidemien, insbesondere an Kartoffeln (Abb. 5) und Tomaten hervorrufen, mit anschließenden starken Ertragsverlusten, sowohl im Freiland als auch in Gewächshäusern. Ertragsverluste entstehen auch durch Minderung der äußeren Qualität der Früchte bis hin zur Marktunfähigkeit. Symptomentwicklung und Ertragsverlust sind von der Anzahl der Psylliden abhängig. Infizierte Kartoffeln weisen nach dem Frittieren sogenannte „zebra chips“ auf, die Kartoffeln können dann nicht mehr für die Verarbeitung verwendet werden und eignen sich auch nicht für eine anderweitige Vermarktung. Infizierte Kartoffel-, Tomaten-, Paprika- und Tabakpflanzen können absterben. Vergleichbare Schäden sind von infizierten Möhrenpflanzen (Abb. 6) berichtet worden. Ohne Bekämpfungsmaßnahmen gegen die Vektoren kann das von ihnen verbreitete Bakterium die angebauten Pflanzenkulturen zerstören und bei Kartoffeln sogar dazu führen, dass ganze Gebiete nicht mehr zum Kartoffelanbau geeignet sind.

Bekämpfbarkeit und Gegenmaßnahmen

Die Verhinderung der Einschleppung des Vektors und der Einbringung befallener Pflanzen oder Pflanzenteile ist die wirksamste Gegenmaßnahme.

Auffällige Symptome in Anbau und Produktion sollten beachtet und überprüft werden – das Bakterium kann mit real-time PCR (WEN et al., 2009; LI et al., 2009) nachgewiesen werden.

Infizierte Früchte, die für die Verarbeitungsindustrie gedacht sind, werden gekocht, erhitzt oder anderweitig behandelt, so dass weder der Schadorganismus noch sein Vektor überleben können.



Abb. 5. Symptome an infizierten Kartoffeln (Foto: Joseph Munyaneza).

Die Bekämpfung der Vektoren, die sich in der Regel unterseits der Blätter befinden, ist schwierig. Monitorings sollten mit Gelbfangtafeln durchgeführt werden und zur Bekämpfung sind massive Anwendungen spezifischer Insektizide für unterschiedliche Stadien erforderlich. Die Psylliden müssen vom Auflaufen der Pflanzenbestände bis zum Eintrocknen der Blätter bekämpft werden. Die Insektizide können zwar weitestgehend gegen eine Besiedlung durch die Psylliden schützen, und Feldversuche in Neuseeland ergaben, dass eine biologische Bekämpfung von *Bactericera cockerelli* mit dort heimischen Parasitoiden (*Melanostoma fasciatum*, *Micromus tasmaniae*) möglich scheint (MCDONALD et al., 2010; MCDONALD und WALKER, 2012), jedoch können bereits wenige Blattflöhe die Wirtspflanzen mit *Ca. L. solanacearum* infizieren (MUNYANEZA et al., 2012). Gegen das Bakterium sind keine wirksamen Mittel verfügbar. Infizierte Pflanzen müssen vernichtet werden.

Unsicherheiten in der Bewertung der Risiken

Es ist noch nicht bekannt, ob es weitere Vektoren gibt. Weiterhin ist nicht bekannt, inwieweit eine Verschleppung mit Möhren erfolgen kann und wie weit das Bakterium tatsächlich in der EU verbreitet ist. Auch bestehen noch Informationslücken zur Epidemiologie des Bakteriums und seiner Vektoren.

Schlussfolgerungen

Das von *Ca. L. solanacearum* ausgehende Risiko für Deutschland und die EU wird zurzeit insgesamt als niedrig eingestuft, da eine Einfuhr von Solanaceen durch derzeitige gesetzliche Regelungen verboten ist. Es sind jedoch erhebliche Konsequenzen für den Kartoffel-, Tomaten- und Paprikaanbau zu erwarten, wenn das Bakterium gemeinsam mit den Vektoren eingeschleppt würde. Der bisher in Europa vorkommende Haplotyp von *Ca. L. solanacearum* infiziert offenbar nur Möhren,



Abb. 6. Infizierte Möhrenpflanze (Foto: Whitney Cranshaw, Bugwood.org).

obwohl die ersten Ergebnisse an Möhren aus Frankreich andeuten, dass auch der Kartoffel-Haplotyp bereits in Europa eingeschleppt worden sein könnte. Somit ist von einem pflanzengesundheitlichen Risiko durch den Erreger auszugehen.

Es sollten daher Maßnahmen zur Abwehr der Gefahr der Einschleppung von *Ca. Liberibacter solanacearum* und seiner Vektoren entsprechend § 4a der Pflanzenbeschauverordnung (PBVO) getroffen werden.

Literatur

- AGUILAR, E., G. SENGODA, B. BEXTINE, K.F. MCCUE, J.E. MUNYANEZA, 2013a: First report of '*Candidatus Liberibacter psyllaurosus*' on Tomato in Honduras. *Plant Disease* **97**(10), 1375.
- AGUILAR, E., V.G. SENGODA, B. BEXTINE, K.F. MCCUE, J.E. MUNYANEZA, 2013b: First report of '*Candidatus Liberibacter psyllaurosus*' on Tobacco in Honduras. *Plant Disease* **97**(10), 1376.
- ALFARO-FERNÁNDEZ, A., M.C. CEBRIÁN, F.J. VILLAESCUSA, A. HERMOSO DE MENDOZA, J.C. SANJUÁN, 2012a: First report of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' in carrot in mainland Spain. *Plant Disease* **96**(4), 582.
- ALFARO-FERNÁNDEZ, A., F. SIVERIO, M.C. CEBRIÁN, F.J. VILLAESCUSA, M.I. FONT, 2012b: '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' associated with *Bactericera trigonica* – affected carrots in the Canary Islands. *Plant Disease* **96**(4), 581.
- BURCKHARDT, D., J. FREULER, 2000: Jumping plant-lice (Hemiptera, Psylloidea) from sticky traps in carrot fields in Valais, Switzerland. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* **73**(3/4), 191-209.
- EPPO PQR, 2013: *Candidatus Liberibacter solanacearum*.
- EPPO, 2013: EPPO Data Sheets on pests recommended for regulation. '*Candidatus Liberibacter solanacearum*'. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **43**(2), 197-201.
- EPPO, 2012a: Final pest risk analysis for *Candidatus Liberibacter solanacearum* in Solanaceae. EPPO, Paris.
- EPPO, 2012b: First report of *Candidatus Liberibacter solanacearum* on carrots in France, in association with *Trioza apicalis*. *EPPO Reporting Service*, **10**, 219.
- HANSEN, A.K., J.T. TRUMBLE, R. STOUTHAMMER, T.D. PAINE, 2008: A new huanglongbing species, '*Candidatus Liberibacter Psyllaurosus*' found to infect tomato and potato, is vectored by the Psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Applied Environmental Microbiology* **74**, 5862-5865.
- LASKA, P., 2011: Biology of *Trioza apicalis* – a review. *Plant Protect. Sci.* **47**, 68-77.
- LI, W., J.A. ABAD, R.D. FRENCH-MONAR, J. RASCOE, A. WEN, N.C. GUDMESTAD et al., 2009: Multiplex real-time PCR for detection, identification, and quantification of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' in potato plants with zebra chip. *J. Microbiol. Methods* **78**, 59-65.
- LIEFTING, L.W., Z.C. PEREZ-EGUSQUIZA, G.R.G. CLOVER, J.A.D. ANDERSON, 2008: A new '*Candidatus Liberibacter*' species in *Solanum tuberosum* in New Zealand. *Plant Disease* **92**(10), 1474.
- LIEFTING, L.W., B.S. WEIR, S.R. PENNYCOOK, G.R.G. CLOVER, 2009: *Candidatus Liberibacter solanacearum* associated with plants in the family Solanaceae. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **59**, 2274-2276.
- MCDONALD, F.H., G.P. WALKER, 2012: The interaction between natural enemies and their role in controlling *Bactericera cockerelli* in potatoes. *New Zealand Plant Protection* **65**, 293.
- MCDONALD, F.H., G.P. WALKER, N.J. LARSEN, A.R. WALLACE, 2010: Naturally occurring predators of *Bactericera cockerelli* in potatoes. *New Zealand Plant Protection* **63**, 275.
- MUNYANEZA, J.E., T.W. FISHER, V.G. SENGODA, S.F. GARCZYNSKI, A. NISSINEN, A. LEMMETTY, 2010a: First report of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' associated with psyllid-affected carrots in Europe. *Plant Disease* **94**(5), 639.
- MUNYANEZA, J.E., T.W. FISHER, V.G. SENGODA, S.F. GARCZYNSKI, A. NISSINEN, A. LEMMETTY, 2010b: Association of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' with the Psyllid, *Trioza apicalis* (Hemiptera: Triozidae) in Europe. *Journal of Economic Entomology*, **103**(4), 1060-1070.
- MUNYANEZA, J.E., V.G. SENGODA, J.L. BUCJMANN, T.W. FISHER, 2012: Effects of temperature on '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' and zebra chip potato disease symptom development. *Plant Disease* **96**(1), 18-23.
- OSSIANNILSSON, F., 1992: The Psylloidea (Homoptera) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna Entomologica Scandinavica*, **26**, 347.
- PITMAN, A.R., G.M. DRAYTON, S.J. KRABERGER, R.A. GENET, I.A.W. SCOTT, 2011: Tuber transmission of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' and its association with zebra chip on potato in New Zealand. *European Journal of Plant Pathology* **129**(3), 389-398.
- Psyllist, 2012: <http://www.hemiptera-databases.com/psyllist/> (Stand: 02.08.2012).
- RASHED, A., T.D. NASH, L. PAETZOLD, F. WORKNETH, C.M. RUSH, 2012: Transmission Efficiency of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' and Potato Zebra Chip Disease progress in relation to Pathogen Titer, Vector numbers, and Feeding Sites. *Phytopathology* **102**(11), 1079-1085.
- WEN, A., I. MALLIK, V.Y. ALVARADO, J.S. PASCHE, X. WAN, W. LI, 2009: Detection, Distribution, and Genetic Variability of '*Candidatus Liberibacter*' Species Associated with Zebra Complex Disease of Potato in North America. *Plant Disease* **93**(11), 1102-1115.