

RENATA LEBECKA

EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA

Zakład Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Młochów

Choroby bakteryjne ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) — strategie ochrony

Bacterial diseases of potato (*Solanum tuberosum* L.) — control strategies

Omówiono występowanie i znaczenie ważniejszych chorób bakteryjnych ziemniaka. Dokonano porównania reakcji ziemniaka na porażenie przez bakterie wywołujące czarną nóżkę ziemniaka i mokrą zgniliznę, bakteriozę pierścieniową i śluzaka. Omówiono strategie ochrony ziemniaka przed tymi chorobami.

Słowa kluczowe: czarna nóżka, bakterioza pierścieniowa, mokra zgnilizna, śluzak, odporność

The paper describes the incidence and importance of main bacterial diseases of potato. The reaction of potato to infection with bacteria causing blackleg, soft rot, ring rot and brown rot is compared. Moreover control strategies against these bacterial diseases of potato are discussed.

Key words: blackleg, soft rot, ring rot, brown rot, resistance

CHOROBY BAKTERYJNE ZIEMNIAKA

Choroby bakteryjne o największym znaczeniu w uprawie ziemniaka na świecie to: śluzak [*Ralstonia solanacearum* — Smith, 1896 (Yabuuchi i in., 1995)], bakterioza pierścieniowa [*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* — Spieckermann i Kotthoff, 1914 (Davis i in., 1984)], mokra zgnilizna i czarna nóżka ziemniaka [*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* — van Hall, 1902 (Dye, 1969), *E. carotovora* subsp. *carotovora* — Jones, 1901 (Bergey i in., 1923) i *E. chrysanthemi* (Burkholder i in., 1953); synonimy odpowiednio: *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*, *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* i *P. chrysanthemi* (Hauben i in., 1998)].

WYSTĘPOWANIE I ZNACZENIE

Ralstonia solanacearum występuje powszechnie w świecie (Janse, 1988; Hayward, 1991), rasa 1 (biovar 3 i 4) występują przeważnie w klimacie gorącym, podczas gdy rasa 3 (biovar 2) ogranicza się do klimatu chłodnego, występuje w Europie i poraża ziemniaka,

pomidora, psiankę słodkogórz (*Solanum dulcamara*) i psiankę czarną (*S. nigrum*). Występowanie tych bakterii stwierdzono w wielu krajach europejskich (Szwecja, Belgia, Anglia, Holandia, Włochy, Francja, Niemcy, Portugalia i Hiszpania) (Patrik i Maiss, 2000).

Clavibacter michiganensis subsp. *sepedonicus* (Cms) występuje w większości rejonów uprawy ziemniaka. W warunkach naturalnych jest patogeniczny dla ziemniaka i chociaż stwierdzono latentne porażenie tą bakterią buraka cukrowego (Bugbee i Gudmestad, 1988) to nie potwierdzono jednoznacznie, aby burak cukrowy był źródłem porażenia dla upraw ziemniaka (Patrik i in., 2004). Pomidor i oberżyna podlegają infekcji Cms w warunkach laboratoryjnych i są stosowane jako rośliny rozpoznawcze.

Występowanie bakterii *Erwinia* spp. jest powszechne we wszystkich rejonach uprawy ziemniaka. *E. carotovora* subsp. *atroseptica* poraża przeważnie ziemniaka, a *E. chrysanthemi* oprócz ziemniaka poraża także rośliny ozdobne (goździka, dalię) natomiast *E. carotovora* subsp. *carotovora* poza ziemniakiem poraża szereg gatunków roślin uprawnych (marchew, brukselkę, selera, ogórka, cykorię i inne) (Pérombelon i Kelman, 1980).

Śluzak i bakterioza pierścieniowa są na liście chorób kwarantannowych w Europie, dlatego zwalczanie tych chorób, jak i one same, są przyczyną wysokich kosztów ponoszonych w produkcji nasiennej i towarowej ziemniaka (Mills i in., 1997). Śluzak, który powoduje duże straty w krajach o klimacie ciepłym może również powodować duże straty w produkcji ziemniaka w klimacie umiarkowanym (Van der Wolf i Pérombelon, 1997). Wystąpienie epidemii bakteriozy pierścieniowej w Ameryce Północnej i Rosji spowodowało straty plonu sięgające około 50% (Easton, 1979; Muller i Ficke, 1974). Średnie straty plonu bulw w przechowalniach w Polsce spowodowane przez mokrą zgniliznę bulw szacowano na 6,7% w latach 1976–1979 (Pietkiewicz, 1980). Roczne straty w świecie oceniono na 50–100 milionów dolarów USD (Pérombelon i Kelman, 1980). Występowanie czarnej nóżki w uprawach ziemniaka w klimacie umiarkowanym oceniane jest średnio na 2% (Bain i in., 1990), ale wykazano eksperymentalnie, że plon bulw zbierany z roślin, których bulwy mateczne były porażone latentnie *E. carotovora*, był znacznie niższy (do 28%) niż plon uzyskany z sadzeniaków nieporażonych (Hide i in., 1996).

OBJAWY I BIOLOGIA CHOROÓB BAKTERYJNYCH ZIEMNIAKA

Objawy porażenia ziemniaka przez omawiane bakterie są do siebie podobne. Generalnie występuje więdnienie roślin, żółknięcie a następnie zasychanie liści. Rozwój choroby w bulwach przejawia się gniciem. Porażenie roślin i bulw ziemniaka przez bakterie może występować w formie utajonej — latentnej, w której objawy na roślinach i bulwach nie występują.

Pierwszym symptomem porażenia roślin przez *R. solanacearum* jest więdnienie liści w czasie dnia i powrót do turgoru w nocy. Na łodygach i liściach mogą występować brązowe nekrozy. W miarę rozwoju choroby więdnienia roślin nasilają się, łodygi i liście brunatnieją, rośliny zamierają. Na przekroju poprzecznym łodyg można zaobserwować

brunatne zabarwienie wiązek przewodzących. Przy silnych objawach porażenia może wystąpić wyciek śluzu bakteryjnego z uciętych łodyg wstawionych do wody (Smith i in., 1997). Objawy porażenia roślin ziemniaka przez bakterię *C. michiganensis* subsp. *sepedonicus* pojawiają się zwykle w końcu sezonu i mogą być mylone z objawami wywoływanymi przez zarazę ziemniaka (*Phytophthora infestans*), z objawami spowodowanymi przez suszę lub naturalne zasychanie. Brzegi liści (poczynając od dolnych liści) zwijają się w górę, do środka liścia. Kolor liści zmienia się od szaro-zielonego do żółtego i na koniec brązowego, podobnie jak w przypadku śluzaka. Objawy czarnej nóżki, to czarna plama gnilna podstawy łodyg ziemniaka, żółknięcie, więdnienie roślin prowadzące do ich zasychania (Pérombelon i Kelman, 1980).

W klimacie chłodnym w wiązkach przewodzących bulw porażonych śluzakiem występują brązowe nekrozy (Stevenson i in., 2001), dlatego objawy te mogą być mylone z objawami bakteriozy pierścieniowej w początkowej fazie rozwoju. Śluz bakteryjny, występujący przy silnych objawach porażenia śluzakiem, może wyciekać z wiązek przewodzących na przekroju bulwy lub na zewnątrz bulwy przez oczka. W przypadku bakteriozy pierścieniowej objawy narastają powoli, zgniła tkanka zawierająca śluz bakteryjny ma serowatą konsystencję a po naciśnięciu bulwy tkanka leżąca na zewnątrz wiązki przewodzącej oddziela się z łatwością od reszty bulwy. Przy silnych objawach skóra na bulwie pęka, często pęknięcia mają kształt gwiazdkowaty. Mieszane infekcje maskują objawy porażenia bakteriozą pierścieniową (Pastuszewska i Junosza-Kisielewska, 2004). Objawy porażenia mokrą zgnilizną mogą się przejawiać od małych uszkodzeń do kompletnego gnicia bulw. Zgniła tkanka nie ma nieprzyjemnego zapachu, który występuje tylko w przypadku infekcji mieszanych, a wygląda jakby była nasiąknięta wodą.

Głównym źródłem zakażenia ziemniaka chorobami bakteryjnymi są porażone sadzeniaki.

W przypadku śluzaka, w krajach o łagodnych zimach, zakażona gleba także może być ważnym źródłem infekcji. Bakterie *R. solanacearum* są zdolne do przeżycia w glebie do dwóch lat (Elsas i in., 2000). W Europie istotnym źródłem zakażenia śluzakiem mogą być rośliny dziko rosnące: *Solanum dulcamara* czy samosiewy ziemniaka (Van Elsas i in., 2002). Źródłem infekcji może być zanieczyszczona bakteriami woda stosowana do nawodnienia (Kinyua i in., 2001). Wysoka wilgotność gleby i temperatura 24°–35°C sprzyjają infekcji. Głównymi źródłami infekcji bakteriozą pierścieniową, oprócz porażonych sadzeniaków, są zanieczyszczone bakteriami narzędzia i maszyny rolnicze. W badaniach Nelsona (1985) na suchych łodygach ziemniaka bakterie przeżyły ponad 5 lat, na workach jutowych poddawanych temperaturze od -40°C do -5°C, zmiennej temperaturze od -5°C do 5°C lub stałej temperaturze 5°C bakterie przeżyły 18 miesięcy. W glebie bakterie przeżywały okres do jednego roku w temperaturze 4°C, do pięciu miesięcy w temperaturze -5°C (Van der Wolf i in., 2002). Porażone bulwy są najważniejszym źródłem infekcji również w przypadku mokrej zgnilizny (Pérombelon i Kelman, 1987). Porażenie latentne może być przyczyną gnicia bulw po wysadzeniu, uszkodzenia kiełków, lub wystąpienia objawów czarnej nóżki a rozwój symptomów choroby jest związany z liczbą bakterii (Bain i in., 1990). Przeżywanie bakterii w glebie jest ograniczone do kilku miesięcy (Pérombelon i Kelman, 1987).

OCHRONA ZIEMNIAKA PRZED CHOROBYMI BAKTERYJNYMI

Strategie ochrony różnią się w zależności od charakteru choroby. Testowanie zdrowotności sadzeniaków ziemniaka jest szczególnie ważne w przypadku chorób kwarantannowych. Natomiast hodowla odpornościowa jest jednym z ważnych elementów zintegrowanej ochrony w stosunku do chorób, które nie podlegają kwarantannie. W Europie nie prowadzi się hodowli odpornościowej ziemniaka na choroby wywołane przez *R. solanacearum* i *C. michiganensis* subsp. *sepedonicus*. Główną przyczyną jest brak źródeł skrajnej odporności do wykorzystania w hodowli, a także obawa, że wyhodowane odporniejsze odmiany będą reagować tolerancyjnie i będą groźnym źródłem rozprzestrzeniania się bakterii w bulwach porażonych latentnie. Występowanie skrajnej odporności na bakteriozę pierścieniową ziemniaka stwierdzono dotychczas tylko u *S. acaule* (Ishimaru i in., 1994; Kriel i in., 1995), ale w dalszych badaniach okazało się, że odporność ta była zależna od temperatury (Laurila i in., 2003). W latach 40-tych i 50-tych XX wieku prowadzono hodowlę odpornościową ziemniaka na bakteriozę pierścieniową. Wyhodowano szereg odmian tolerancyjnych, słabo porażających się *C. michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Pastuszewska i Junosza-Kisielevska, 2004). W badaniach Pastuszewskiej i Junoszy-Kisielewskiej (2004) nad odpornością 20 odmian ziemniaka tylko jedna odmiana Merrimack nie uległa porażeniu przez bakteriozę pierścieniową, bulwy siedmiu odmian były porażone latentnie (od 15%–96%), a u 12 odmian obserwowano objawy porażenia (od 1,4%–21,3%) oraz wykryto porażenie latentne (od 18,5%–100%). Nie stwierdzono istotnego związku pomiędzy występowaniem objawów porażenia i wielkością porażenia latentnego.

Istnienie przeciwstawnych strategii dotyczących hodowli nasunęło pytanie, czy istnieje zależność pomiędzy odpornością na różne choroby bakteryjne ziemniaka? Opierając się na badaniach Pastuszewskiej i Junoszy-Kisielewskiej (2004), zbadano związek pomiędzy odpornością 17 odmian ziemniaka na bakteriozę pierścieniową a odpornością bulw na mokrą zgniliznę (Charakterystyka zarejestrowanych odmian ziemniaka, 2004; Polski katalog odmian ziemniaka, 1999). Stwierdzono istotny statystycznie związek, $r = 0,6$, pomiędzy odpornością na bakteriozę pierścieniową, wyrażoną liczbą bulw z widocznymi objawami porażenia, a odpornością bulw na mokrą zgniliznę. Istotny statystycznie negatywny związek, $r = -0,4$, stwierdzono w przypadku odporności na bakteriozę pierścieniową, wyrażoną liczbą bulw porażonych latentnie a odpornością na mokrą zgniliznę. Nie można wykluczyć sytuacji, w której podniesienie odporności bulw ziemniaka na mokrą zgniliznę może pośrednio wiązać się ze wzrostem odporności na bakteriozę pierścieniową. Negatywny związek pomiędzy odpornością na mokrą zgniliznę bulw a porażeniem latentnym *C. michiganensis* subsp. *sepedonicus* mógłby być zagrożeniem do szerzenia się bakteriozy pierścieniowej w utajonej formie. W hodowli ziemniaka odpornego na mokrą zgniliznę bulw nie stosowano dotychczas porażenia latentnego jako kryterium selekcji.

W krajach klimatu gorącego, gdzie *R. solanacearum* występuje powszechnie, na wielu roślinach uprawnych, odporność odmian jest ważnym elementem zintegrowanej ochrony. Wymienia się szereg takich odmian odpornych: Prisca, Cruza 148, Caxamarca, Molinera

i Amapola (French i in., 1997), ale odporność ta nie jest stabilna, jest specyficzna dla rasy i biovaru (Fock i in., 2002). Odporność na śluzaka jest dziedziczona poligenicznie a udział nieaddytywnej zmienności w dziedziczeniu przeważa (Rowe i Sequeira, 1970; Schmiediche, 1988; Chakrabarti i in., 1994), ale także znane są geny główne odporności na tego patogena, pochodzące z *S. phureja* (Fock i in., 2002). Z szeregu dzikich gatunków opisanych jako źródła odporności na tę chorobę (Hartman i Elphinstone, 1994) Schmiediche (1986) i Fock i wsp. (2002) wymieniają te, które były stosowane w hodowli ziemniaka: *S. chacoense*, *S. sparsipillum*, *S. microdontum*, *S. multidissectum*, *S. phureja*, *S. raphanifolium* and *S. stenotomum*. Laferriere i wsp. (1999) wprowadzili odporność na rasę 3 biovar 2 z *S. commersonii* do ziemniaka na drodze somatycznej hybrydyzacji. W wyniku wprowadzenia do ziemniaka (odmiana Desiree) genu kodującego białko o antybakteryjnych właściwościach otrzymano parę linii o wysokiej odporności na śluzaka (Montanelli i in., 1995).

Dziedziczenie odporności na czarną nóżkę i mokrą zgniliznę bulw jest poligeniczne (Zimnoch-Guzowska i in., 2000). W hodowli odpornościowej wykorzystywano następujące gatunki: *S. brevidens* (Helgeson i in., 1993), (Zimnoch-Guzowska i Łojkowska, 1993), *S. commersonii* (Carpito i in., 1997), *S. phureja*, *S. stenotomum* (Iwanaga, 1985; De Maine i in., 2000), *S. tuberosum* subsp. *andigena* (Huaman i in., 1988), *S. chacoense* i *S. yungasense* (Zimnoch-Guzowska i Łojkowska, 1993; Lebecka i in., 2004). Z wielu prób transformacji do najbardziej udanych należy zaliczyć transformację odmiany Desiree genem kodującym liazy pektynowe, gdzie cztery linie wykazywały wyższą odporność na mokrą zgniliznę bulw od odmiany kontrolnej w czterech latach badań polowych (Wegener, 2002).

Do zwalczania chorób bakteryjnych ziemniaka nie stosuje się ochrony chemicznej. Najbardziej efektywna ochrona to kombinacja stosowania zdrowego materiału nasiennego i dobrej praktyki rolniczej polegającej na stosowaniu zmianowania, usuwaniu samosiewów, dezynfekcji narzędzi i maszyn rolniczych, opakowań i przechowalni (French i in., 1997; Hayward, 1991; Smith i in., 1997; Van der Wolf i in., 2002). W przypadku mokrej zgnilizny zaleca się unikania nadmiernej wilgoci oraz uszkodzeń mechanicznych bulw w czasie zbioru, transportu i sortowania, oraz zapewnienia dobrego natlenienia bulw w czasie przechowywania (Perombelon, 2000). Odkazanie gleby środkami zawierającymi chlor stosowane jest w krajach, w których źródłem zakażenia ziemniaka śluzakiem jest gleba (za Haywardem, 1991; Sangar, 1993). Traktowanie sadzeniaków gorącą wodą o temperaturze 55°C przez pięć minut znacznie obniżyło wystąpienie objawów czarnej nóżki w warunkach polowych (Robinson i Foster, 1987), ale zabieg ten nie znalazł zastosowania w praktyce. Podobnie jest z zastosowaniem metod walki biologicznej z wykorzystaniem bakterii antagonistycznych, które nie są praktykowane, pomimo dobrych rezultatów uzyskanych w warunkach laboratoryjnych przeciwko *Erwinia* spp. (Rhodes i Logan, 1986), *C. michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Gamard i De Boer, 1995;), a w przypadku *R. solanacearum* ograniczenia infekcji nie tylko w warunkach laboratoryjnych ale również w warunkach polowych (McLaughlin i Sequeira, 1988; Hartman i Elphinstone, 1994).

LITERATURA

- Bain R. A., Pérombelon M. C. M., Tsrör L., Nachmias A. 1990. Blackleg development and tuber yield in reaction to numbers of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* on seed tubers. *Plant Pathol.* 39: 125 — 133.
- Bergey D. H., Harrison F. C., Breed R. S., Hammer B. W., Huntoon F. M. 1923. In: *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 1st ed., The Williams & Wilkins Co, Baltimore: 1 — 442.
- Bugbee W. M., Gudmestad N. C. 1988. The recovery of *Corynebacterium sepedonicum* from sugarbeet seed. *Phytopathology* 78: 205 — 208.
- Burkholder W. H., McFadden L. A., Dimock A. V. 1953. A bacterial blight of chrysanthemums. *Phytopathology* 43: 522 — 526.
- Carputo D., Cardi T., Speggiorin M., Zoina A., Frusciante L. 1997. Resistance to blackleg and tuber soft rot in sexual and somatic interspecific hybrids with different background. *Am. Potato J.* 74: 161 — 172.
- Chakrabarti S. K., Gadewar A. V., Gopal J., Shekhawat G. S. 1994. Performance of tetraploid × diploid (TD) crosses of potato for bacterial wilt resistance in India. *ACIAR Bacterial Wilt Newsl.* 10: 7.
- Davis M. J., Gillaspie A. G., Vidaver A. K., Harris R. W. 1984. *Clavibacter*: a new genus containing some phytopathogenic coryneform bacteria, including *Clavibacter xyli* subsp. *xyli* sp. nov., subsp. nov., and *Clavibacter xyli* subsp. *cynodontis*, subsp. nov., pathogens that cause ratoon stunting disease of sugarcane and bermudagrass stunting disease. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 34: 107 — 117.
- De Maine M. J., Lees A. K., Muir D. D., Bradshaw J. E., Mackay G. R. 2000. Long-day-adapted Phureja as a resource for potato breeding and genetic research. *Potato Global Research and Development. Proceedings of the Global Conference on Potato*, S. M. P. Khurana, G. S. Shekhawat, B. P. Sing, S.K. Pandey (eds.). New Delhi, India, 6–11.12.1999: 134 — 137.
- Dye D. W. 1969. A taxonomic study of the genus *Erwinia*. II. The "carotovora" group. *New Zealand J. Sci.* 12: 81 — 97.
- Easton G. D. 1979. The biology and epidemiology of potato ring rot. *Am. Potato J.* 56: 459 — 460.
- Elsas van J. D., van Overbeek L. S., Smalla K., Bailey M. J., Trigalet A., Marco Y., Lopes M. M. 2002. The fate, activity and spread of *R. solanacearum* biovar 2 in European habitats. *Book of Abstracts of 3rd International Bacterial Wilt Symposium*, 4–8.02.2002, South Africa: 5 p.
- Elsas van J. D., Kastelein P., van Bekkum P., van der Wolf J. M., de Vries P. M., van Overbeek L. S. 2000. Survival of *Ralstonia solanacearum* biovar 2, the causative agent of potato brown rot, in field and microcosm soils in temperate climates. *Phytopathol.* 90: 1358 — 1366.
- Fock I., Luisetti J., Collonier C., Vedel F., Ducreux G., Kodja H., Sihachakr D. 2002. *Solanum phureja* and *S. stenotomum* as sources of resistance to *Ralstonia solanacearum* in somatic hybrids of potato. *Book of Abstracts of 3rd International Bacterial Wilt Symposium* 4–8.02.2002, South Africa: 47 pp.
- French E. R., Anguiz R., Aley P. 1997. The usefulness of potato resistance to *Ralstonia (Pseudomonas) solanacearum* for the integrated control of bacterial wilt. II conference IBWS: Disease Management, 22–27 June 1997, Guadelupe.
- Gamard P., de Boer S. H. 1995. Evaluation of antagonistic bacteria for suppression of bacterial ring rot. *Europ. J. Plant Pathol.* 101: 519 — 525.
- Hartman G. L., Elphinstone J. G. 1994. Advances in the control of *Pseudomonas solanacearum* race 1 in major food crops. *Bacterial wilt. The disease and its causative agent, Pseudomonas solanacearum*. A. C. Hayward and G. L. Hartman (eds.). CAB International, Wallingford, U.K.: 157 — 177.
- Hauben L., Moore E. R. B., Vauterin L., Steenackers M., Verdonck L., Swings J. 1998. Phylogenetic position of phytopathogens within the *Enterobacteriaceae*. *Syst. Appl. Microbiol.* 21:384 — 397.
- Hayward A. C. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29: 65 — 87.
- Helgeson J. P., Haberlach G. T., Ehlenfeldt M. K., Hunt G., Pohlman J. D., Austin S. 1993. Sexual progeny of somatic hybrids between potato and *Solanum brevidens*: potential for use in breeding programs. *Am. Potato J.* 70: 437 — 452.
- Hide G. A., Welham S. J., Read P. J., Ainsley A. E. 1996. The yield of potato plants as affected by stem cancer (*Rhizoctonia solani*), blackleg (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*) and by neighboring plants. *J. Agr. Sci.* 126: 429 — 440.

- Huaman Z., de Lindo L., Elphinstone J. G. 1988. Resistance to blackleg and soft rot and its potential use in breeding. Report of the Planning Conference on bacterial Diseases of the Potato 1987, E. R. French (ed.). International Potato Center, Lima, Peru: 215 — 228.
- Ishimaru C. A., Lapitan N. L., VanBuren A., Fenwick A., Pedas K. 1994. Identification of parents suitable for molecular mapping of immunity and resistance genes in *Solanum* species. *Am. Potato J.* 71: 517 — 533.
- Iwanaga M. 1985. Ploidy level manipulation approach development of diploid populations with specific resistance and FDR 2n pollen production. Report of the 26th Planning Conference: Present and future strategies for potato breeding and improvement. 12–14 December 1983. International Potato Center, Lima, Peru: 57 — 70.
- Janse J. D. 1988. A detection method for *Pseudomonas solanacearum* in symptom less potato tubers and some data on its sensitivity and specificity. *EPPO/OEPP Bulletin* 18: 343 — 351.
- Kinyua Z. M., Smith J. J., Lung'aho C., Olanya M., Priou S. 2001. On-farm successes and challenges of producing bacterial wilt-free tubers in seed plots in Kenya. *African Crop Sci. J.* 9: 279 — 285.
- Kriel C. J., Jansky S.H., Gudmestad N. C., Ronis D. H. 1995. Immunity to *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*: screening of exotic *Solanum* species. *Euphytica* 82: 125 — 132.
- Laferriere L. T., Helgeson J. P., Allen C. 1999. Fertile *Solanum tuberosum* plus somatic hybrids as sources of resistance to bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum*. *Theor. Appl. Genet.* 98: 1272 — 1278.
- Laurila J., Metzler M. C., Ashimaru C. A., Rokka V. M. 2003. Infection of plant material derived from *Solanum acaule* with *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*: temperature as a determining factor in immunity of *S. acaule* to bacterial ring rot. *Plant Pathol.* 52: 496 — 504.
- Lebecka R., Zimnoch-Guzowska E., Kaczmarek Z. 2004. Resistance to soft rot (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*) in tetraploid potato families obtained from 4x-2x crosses. *Am. J. Potato Res.* 82: 107 — 114.
- McLaughlin R. J., Sequeira L. 1988. Evaluation of an avirulent strain of *Pseudomonas solanacearum* for biological control of bacterial wilt of potato. *Am. Potato J.* 65: 255 — 268.
- Mills D., Russell B. W., Hanus J. W. 1997. Specific detection of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* by amplification of three unique DNA sequences isolated by subtraction hybridization. *Phytopathology* 87: 853 — 861.
- Montanelli, C., Stefanini F. M., Chiari A., Chiari T., Nascari G. 1995. Variability in the response to *Pseudomonas solanacearum* of transgenic lines of potato carrying a cecropin gene analogue. *Potato Res.* 38: 371 — 378.
- Muller H. J., Ficke W. 1974. [Bacterial ring rot (*Corynebacterium sepedonicum*) a dangerous quarantine disease for potato cultivation]. *Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR* 28: 159 — 160.
- Nelson G. A. 1985. Survival of *Corynebacterium sepedonicum* in potato stems and on surfaces held at freezing and above-freezing temperatures. *Am. Potato J.* 62: 23 — 28.
- Pastrik K. H., Maiss E. 2000. Detection of *Ralstonia solanacearum* in potato tubers by polymerase chain reaction. *J. Phytopathol.* 148: 619 — 626.
- Pastrik K. H., Müller P., Kakau J., Abdel-Kader D., Seigner L. 2004. Examination of sugar beet as a host for *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus*, the causal agent of ring rot of potato. *Gesunde Pflanzen*, Springer-Verlag Heidelberg, Vol. 56, 4–5: 122 — 128.
- Pastuszewska T., Junosza-Kisielewska I. 2004. Reakcja wybranych odmian ziemniaka na inokulację bakteriami *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*. *Post. Ochr. Roślin* 44 (2): 1014 — 1016.
- Pérombelon M. C. M. 2000. Blackleg risk potential of seed potatoes determined by quantification of tuber contamination by the causal agent and *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*: a critical review. *EPPO/OEPP Bulletin* 30: 413 — 420.
- Pérombelon M. C. M., Kelman A. 1980. Ecology of the soft rot erwinia's. *Annu. Rev. Phytopathol.* 18: 361 — 387.
- Pérombelon M. C. M., Kelman A. 1987. Blackleg and other potato diseases caused by soft rot erwinia's: proposal for revision of terminology. *Plant Dis.* 71: 283 — 285.
- Pietkiewicz J. B. 1980. Variation in the reaction of potato tubers to diseases. *Potato Res.* 23:473.
- Polski katalog odmian ziemniaka. 1999. IHAR, Bonin: 1 — 200.
- Rhodes D. J., Logan C. 1986. Effects of fluorescent pseudomonads on the potato blackleg syndrome. *Ann. Appl. Biol.* 108: 511 — 518.

- Robinson K., Foster G. 1987. Quantitative assessment of tuber contamination by pectolytic *Erwinia* and its possible use in the prediction and control of blackleg. *Potato Res.* 30: 669 — 674.
- Rowe P. R., Sequeira L. 1970. Inheritance of resistance to *Pseudomonas solanacearum* in *Solanum phureja*. *Phytopathol.* 60: 1499 — 1501.
- Sangar R. B. S. 1993. Efficacy of agro-practices to control bacterial wilt of potatoes in central India. *J. Indian Potato Assoc.* 20 (2): 172 — 173.
- Schmiediche P. 1986. Breeding potatoes for resistance to bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. Proceedings of an international workshop held at PCARRD: Bacterial wilt disease in Asia and the South Pacific. G. J. Persley (ed.). Los Banos, Philippines, 8–10 October 1985: 105 — 111.
- Schmiediche P. 1988. Breeding for resistance to *Pseudomonas solanacearum*. Report of the planning conference: Bacterial disease of the potato. International Potato Center, Lima, Peru: 19 — 28.
- Smith I. M., McNamara D. G., Scott P. R., Holderness M. 1997. *Ralstonia solanacearum*. Quarantine Pest for Europe, 2nd ed. EPPO/CABI.
- Smith J. J., Offord L. C., Holderness M., Saddler G. S. 1995. Pulsed-field gel electrophoresis analysis of *Pseudomonas solanacearum*. EPPO/OEPP Bulletin 25: 163 — 167.
- Stevenson W. R., Loria R., Franc G. D., Weingartner D. P. 2001. Compendium of potato diseases, 2nd ed. American Phytopathological Society. St. Paul, MN, USA.
- Wegener C. D. 2002. Induction of defence responses against *Erwinia* soft rot by an endogenous pectate lyase in potatoes. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 60: 91 — 100.
- Wolf van der J. M., Mansfeld-Giese K., Müller P., Karjalainen R., Stead D. 2002. Epidemiological studies for control of *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus*, the causal agent of bacterial ring rot in potato. Abstracts of Papers and Posters, 15th Triennial Conference of the EAPR: Potatoes today and tomorrow, G. Wenzel i I. Wulfert (eds.). 14–19 July 2002, Hamburg, Germany: 142.
- Wolf van der J., Pérombelon M. C. M. 1997. Potato brown rot in temperate regions — a review. <http://www.spud.co.uk/external/PROF/RESEARCH/scr/brownro3.htm>.
- Yabuuchi E., Kosako Y., Yano I., Hotta H., Nishiuchi Y. 1995. Transfer of two *Burkholderia* and an *Alcaligenes* species to *Ralstonia* gen. nov.: proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston, Palleroni, Doudoroff 1973) comb. nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) comb. nov. and *Ralstonia eutropha* (Davis 1969) comb. nov. *Microbiol. Immunol.* 39: 897 — 904.
- Zimnoch-Guzowska E., Łojkowska E. 1993. Resistance to *Erwinia* in diploid potatoes with high starch content. *Potato Res.* 36: 177 — 182.
- Zimnoch-Guzowska E., Marczewski W., Lebecka R., Flis B., Schafer-Pregl R., Salamini F., Gebhardt C. 2000. QTL analysis of new sources of resistance to *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica* in potato done by AFLP, RFLP and resistance-gene-like markers. *Crop Sci.* 40: 1156 — 1167.