

Received: 29.09.2017 / Accepted: 19.03.2018

Ability of selected microorganisms to limit *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary growth on potato in correlation to temperature

Zdolność wybranych mikroorganizmów pożytecznych do ograniczania wzrostu *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary na ziemniaku w zależności od temperatury

Joanna Krzywińska*, Jolanta Kowalska, Magdalena Jakubowska

Summary

The aim of the study was to determine whether selected microorganisms such as *Pythium oligandrum* Drechsler, *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn and *Cryptococcus albidosimilis* Vishniac & Kurtzman are able to reduce the development of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary on a model plant at various temperatures and to establish their survival abilities. The experiments were conducted under greenhouse and laboratory conditions on potato plants (Lord variety), which were artificially inoculated with *P. infestans* and treated with water solutions of examined microorganisms. It was demonstrated that the selected microorganisms varied in the survival and antagonistic abilities against *P. infestans* below 10°C and the yeast *C. albidosimilis* species exhibited the best abilities under low temperatures. All microorganisms were able to survive for one week under greenhouse conditions, however the survival rate for 10 days was low.

Key words: biocontrol; beneficial microorganisms; potato blight

Streszczenie

Badania prowadzono w warunkach laboratoryjnych i szklarniowych, gdzie założono doświadczenie na ziemniaku odmiany Lord, który inokulowano mikroorganizmem *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary oraz traktowano wodnymi zawiesinami czynników biologicznych: *Pythium oligandrum* Drechsler, *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn oraz *Cryptococcus albidosimilis* Vishniac & Kurtzman. Celem badań było określenie czy wybrane mikroorganizmy ograniczają rozwój patogena na roślinie modelowej oraz ustalenie czasu ich przeżywalności w różnych temperaturach. Wykazano, że wybrane mikroorganizmy charakteryzują się zróżnicowaną przeżywalnością i zdolnościami antagonistycznymi wobec *P. infestans*, preferując temperatury do 10°C. W warunkach szklarniowych wszystkie mikroorganizmy przeżywały do 7 dni, natomiast ich przeżywalność powyżej 10 dni była niewielka. Wysoką aktywnością biologiczną w temperaturze 4°C wykazał się *C. albidosimilis*, podczas gdy *P. oligandrum* i *B. subtilis* hamowały wzrost i rozwój.

Słowa kluczowe: ochrona biologiczna; mikroorganizmy pożyteczne; zaraza ziemniaka

Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań

*corresponding author: j.krzywinska@iiorpib.poznan.pl

Wstęp / Introduction

Zaraza ziemniaka powodowana przez *Phytophthora infestans* jest w naszym kraju najgroźniejszą gospodarczo chorobą ziemniaka. Skutkuje ona zasychaniem liści i ograniczeniem powierzchni asymilacyjnej, a w konsekwencji obniżeniem plonu handlowego poprzez bezpośrednie porażenie bulw, które nie nadają się do przechowywania. W uprawach konwencjonalnych skuteczna jest ochrona przed patogenami środkami chemicznymi, podczas gdy w rolnictwie ekologicznym dozwolone są jedynie preparaty miedziowe, których stosowanie jest stale ograniczane. Nasilająca się presja ze strony konsumentów, dotycząca zapewnienia bezpiecznej produkcji żywności, jest znaczącym czynnikiem sprzyjającym poszukiwaniu skutecznych niechemicznych metod ochrony upraw rolniczych i zrównoważonych metod produkcji żywności. W związku z tym prowadzone są badania nad poszukiwaniem nowych i poszerzeniem metod obecnie stosowanych do ochrony plantacji ziemniaka, opartych na mikroorganizmach lub wykorzystujących zjawisko elicytacji (Chowdappa i wsp. 2013; Pieterse i wsp. 2014; Hadwiger i wsp. 2015; Khabbaz i wsp. 2015).

W przeprowadzonych badaniach zastosowano *Pythium oligandrum* Drechsler i bakterię *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn, które znajdują się w środkach ochrony roślin zarejestrowanych w ochronie roślin w uprawach ekologicznych oraz organizm drożdżopodobny *Cryptococcus albidosimilis* Vishniac & Kurtzman. Potencjał dwóch komercyjnych mikroorganizmów do ograniczania patogenów potwierdzono w innych badaniach (Hyakumachi i wsp. 2014; Takenaka 2015; Devi i wsp. 2017), a silny potencjał antagonistyczny *C. albidosimilis* w stosunku do *Sclerotinia sclerotiorum* wykazała Remlein-Starosta i wsp. (2016). Drożdże były już wykorzystywane w ochronie plantacji przeciwko patogenom, takim jak *P. infestans* i *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. Wykazano, że zastosowanie *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen powoduje wzbudzenie naturalnych sił obronnych roślin (Kowalska 2013), oraz że zastosowanie drożdży stymulowało ochronę roślin ziemniaka przeciwko *Alternaria* spp. i plonowanie. W świetle wykonanych badań sugerowano, że wykorzystanie łącznej aplikacji *S. cerevisiae* i węgla sodu lub chlorku wapnia mogłoby być wykorzystane jako łatwa w użyciu, bezpieczna i tania metoda ograniczania nasilenia objawów choroby poniżej progu ekonomicznej szkodliwości (El-Mougy i Abdel-Kader 2009).

Celem badań było określenie możliwości wykorzystania i określenia optymalnych warunków termicznych dla stosowania wybranych mikroorganizmów w ochronie ziemniaka przed *P. infestans*.

Materiały i metody / Materials and methods

Doświadczenia prowadzono w warunkach szklarniowych i laboratoryjnych. Materiał badawczy stanowiły ziem-

niaki odmiany Lord w fazie rozwojowej 15 w skali BBCH rosnące w 5 wazonach w ramach jednej serii. Wykonano dwie serie powtórzeń. Do badań wykorzystano pożyteczne mikroorganizmy: bakterie *B. subtilis* (z komercyjnego preparatu Serenade ASO), *P. oligandrum* (z komercyjnego preparatu Polyversum) oraz grzyb drożdżopodobny *C. albidosimilis* (szczep 117/10) pochodzący z własnej kolekcji, a wyizolowany z fyllosfery ślazuoka pensylwańskiego. Zawiesiny wodne komercyjnych produktów przygotowano zgodnie z zaleceniami producentów. Badano skuteczność zabiegu prewencyjnego i interwencyjnego z wybranymi mikroorganizmami w stosunku do *P. infestans* inokulowanego na rośliny ziemniaka. Zabiegi z patogenem i mikroorganizmami pożytecznymi wykonano w odstępie 3 dni (kombinacje interwencyjne: pierwszego dnia zaaplikowano na rośliny patogena, trzeciego dnia mikroorganizm pożyteczny, kombinacje prewencyjne: w pierwszym dniu zastosowano mikroorganizm pożyteczny, w trzecim dniu patogen). Kontrolę stanowiły rośliny bez ochrony, porażone jedynie patogenem. Zastosowano stężenia: *P. infestans* $1 \times 10^6/1$ ml (3 ml na roślinę), *P. oligandrum* 0,5 g/l (5 ml na roślinę), *B. subtilis* 38 ml/l (0,15 ml na roślinę) oraz *C. albidosimilis* $3 \times 10^6/1$ ml (3 ml na roślinę) zachowując przeliczenie cieczy roboczej na objętość 300 l wody/ha oraz koncentrację $1 \times 10^6/1$ ml. Oceny stopnia porażenia roślin przez *P. infestans* dokonano trzykrotnie: po tygodniu, 10 dniach oraz po dwóch tygodniach od pierwszego zabiegu za pomocą skali procentowego uszkodzenia powierzchni rośliny według zaleceń EPPO (EPPO Bulletin 2008). Dodatkowo w 3., 7. i 10. dniu doświadczenia oceniono, przy użyciu komory Thoma, liczbę CFU (jednostek tworzących kolonie)/ml na liściach roślin.

Doświadczenie drugie wykonane w warunkach laboratoryjnych dotyczyło zbadania przeżywalności wybranych mikroorganizmów antagonistycznych wobec *P. infestans*, w warunkach zróżnicowanych temperatur. Z każdej zdrowej rośliny pobrano po 3 liście i osobno umieszczono na szklanych szalkach Petriego o średnicy 90 mm, zachowując odpowiednią wilgotność. Następnie patogen został inokulowany poprzez opryskiwanie na liście ziemniaka. Liście opryskano preparatami w stężeniach: *P. oligandrum* (0,3 ml na liść), *B. subtilis* (0,01 ml na liść) oraz *C. albidosimilis* (0,1 ml na liść) zachowując koncentrację CFU $1 \times 10^6/1$ ml. Płytki umieszczono w stałych kontrolowanych temperaturach: 4, 12 i 23°C. Ilość CFU/ml oceniono po 3, 7 i 10 dniach za pomocą komory Thoma.

W celu oceny istotności statystycznej różnic wykonano test jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) z testem post hoc Tukey-Kramera.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

W przeprowadzonym doświadczeniu szklarniowym prewencyjne zastosowanie zawiesin wodnych wszystkich

badanych mikroorganizmów skuteczniej ograniczało objawy zarazy ziemniaka (ograniczanie nasilenia objawów od około 73 do około 98%), niż przy ich zastosowaniu dopiero po wystąpieniu pierwszych objawów choroby (od około 60 do około 78%). Analiza wyników badań wykazała istotne różnice po 14 dniach od prewencyjnego zastosowania preparatów Polyversum i Serenade (tab. 1). W przypadku interwencyjnego zastosowania preparatów istotne różnice występowały jedynie początkowo, a przy interwencyjnym zastosowaniu grzyba drożdżopodobnego nie odnotowano takich różnic. Podobne wyniki zostały przedstawione przez Stephana i wsp. (2005) – zabiegi ochrony roślin przeciwko *P. infestans* preparatem Serenade były najbardziej skuteczne przy zastosowaniu preparatu na 3 dni przed inokulacją patogenem i zaraz po inokulacji.

Zarówno preparat Polyversum, jak i Serenade były już testowane przez innych badaczy, w tym jako preparaty ograniczające zarazę ziemniaka. W doświadczeniu przeprowadzonym przez Cwalinę-Ambroziak i wsp. (2015) wczesne objawy zarazy były silnie zredukowane zarówno po zastosowaniu Polyversum, jak i preparatów zawierających substancje chemiczne. Natomiast spośród innych preparatów biologicznych Polyversum był najefektywniejszy w zwalczaniu późnych objawów. Kurzawińska i Mazur (2009) zanotowali istotne ograniczenie porażenia naci i bulw przez *P. infestans* po zastosowaniu preparatu Polyversum w doświadczeniach polowych. Dorn i wsp. (2007) stwierdzili, że preparaty biologiczne, w tym Serenade, są skuteczne wobec sprawcy zarazy ziemniaka. Ich skuteczność była niższa niż preparatów opartych na miedzi, co spowodowane było niską odpornością tych mikroorganizmów na czynniki środowiskowe. Z kolei Olanya i Larkin (2006) w badaniach w fitotronie stwierdzili zredukowanie

o 20–40% objawów zarazy po nalistnym zastosowaniu preparatu Serenade (zawierającym *B. subtilis*). Skuteczność ta była znacząco niższa niż preparatów chemicznych (80–98%), ale autorzy zasugerowali użycie środków biologicznych w połączeniu z innymi integrowanymi metodami ochrony roślin przed patogenami.

Choć w literaturze brak doniesień na temat zwalczania objawów zarazy ziemniaka za pomocą preparatów opartych na *C. albidosimilis*, które stosowane są do zwalczania grzybów rodzaju *Fusarium* (Laitila i wsp. 2007; Moller i wsp. 2016), to jednak może on być skuteczny w stosunku do *Sclerotinia sclerotiorum* (Remlein-Starosta i wsp. 2016).

W doświadczeniach laboratoryjnych wybrane mikroorganizmy wykazały zróżnicowaną wrażliwość na działanie temperatur. Najniższą przeżywalnością charakteryzował się *P. oligandrum*. Temperatura 4°C okazała się zabójcza zarówno dla *P. oligandrum*, jak i *B. subtilis*, natomiast w tej temperaturze stosunkowo dobrze przeżywał grzyb drożdżopodobny. W temperaturach 12 oraz 23°C wysoką liczbę komórek tworzących kolonie zanotowano dla *B. subtilis* oraz *C. albidosimilis* (tab. 2). Analiza wyników w warunkach szklarniowych (temperatura 23°C) również wykazała niższą przeżywalność *P. oligandrum* – do 7 dni. *B. subtilis* oraz *C. albidosimilis* przeżywały na powierzchni liści do 10 dni (tab. 3). *C. albidosimilis* jest gatunkiem, który został wyizolowany między innymi w rejonie Antarktyki. Organizm ten może rozwijać się w szerokim spektrum temperatur – między 4 a 30°C (Vishniac i Kurtzman 1992; Butinar i wsp. 2007; Martinez i wsp. 2016). Podobne wyniki uzyskali Leibinger i wsp. (1997) w doświadczeniu dotyczącym przeżywalności pożytecznych mikroorganizmów na powierzchni jabłek. *B. subtilis* wykazał początkowo wysoką przeżywalność

Tabela 1. Średnie porażenie roślin ziemniaka przez *Phytophthora infestans* w doświadczeniu wazonowym [% porażenia]
Table 1. Mean infection of potato plants by *Phytophthora infestans* in a pot experiment [% of infection]

Kombinacja – Treatment	Po 7 dniach – After 7 days	Po 10 dniach – After 10 days	Po 14 dniach – After 14 days
Kontrola – Control	25,0 a	42,5 a	47,5 a
<i>Pythium oligandrum</i> prewencja – prevention	0,5 b	0,75 b	1,75 b
<i>Bacillus subtilis</i> prewencja – prevention	0,25 b	0,5 b	0,75 b
<i>Cryptococcus albidosimilis</i> prewencja – prevention	1,0 b	7,5 ab	12,5 ab
<i>Pythium oligandrum</i> interwencja – intervention	2,75 b	7,75 b	15,0 ab
<i>Bacillus subtilis</i> interwencja – intervention	2,0 b	5,25 ab	10,0 ab
<i>Cryptococcus albidosimilis</i> interwencja – intervention	9,0 ab	16,25 ab	18,75 ab

Wartości w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$
Values in columns followed by the same letter do not differ significantly at $p = 0,05$

Tabela 2. Średnia liczba CFU/ml badanych mikroorganizmów na liściach ziemniaka w warunkach *in vitro*, w różnych temperaturach
Table 2. Mean CFU of investigated microorganisms/ml on potato leaves in *in vitro* conditions at various temperatures

	Przeżywalność – Survival ability	4°C	12°C	23°C
<i>Pythium oligandrum</i>	po 3 dniach – after 3 days	$5,1 \times 10^3$	$3,7 \times 10^3$	$3,5 \times 10^4$
	po 7 dniach – after 7 days	$6,9 \times 10^1$	$76,7 \times 10^1$	$6,1 \times 10^2$
	po 10 dniach – after 10 days	0	$3,4 \times 10^1$	$73,3 \times 10^1$
<i>Bacillus subtilis</i>	po 3 dniach – after 3 days	$1,8 \times 10^3$	$1,2 \times 10^4$	$4,6 \times 10^5$
	po 7 dniach – after 7 days	0	$5,4 \times 10^3$	$2,1 \times 10^4$
	po 10 dniach – after 10 days	0	$1,1 \times 10^2$	$1,4 \times 10^3$
<i>Cryptococcus albidosimilis</i>	po 3 dniach – after 3 days	$3,6 \times 10^5$	$5,6 \times 10^5$	$2,2 \times 10^6$
	po 7 dniach – after 7 days	$1,3 \times 10^3$	$2,2 \times 10^3$	$3,0 \times 10^4$
	po 10 dniach – after 10 days	$1,2 \times 10^3$	$3,1 \times 10^3$	$1,8 \times 10^5$

Tabela 3. Średnia liczba CFU/ml badanych mikroorganizmów na roślinach ziemniaka rosnących w szklarni
Table 3. Mean CFU of investigated microorganisms/ml on potato leaves in the greenhouse conditions

Przeżywalność Survival ability	<i>Pythium oligandrum</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Cryptococcus albidosimilis</i>
Po 3 dniach – After 3 days	$3,0 \times 10^4$	$3,9 \times 10^5$	$2,9 \times 10^5$
Po 7 dniach – After 7 days	$1,4 \times 10^4$	$4,9 \times 10^4$	$1,2 \times 10^5$
Po 10 dniach – After 10 days	$3,0 \times 10^3$	$1,5 \times 10^4$	$2,8 \times 10^4$

w warunkach polowych, która po 24 dniach spadła, natomiast nie przeżył w warunkach przechowalniczych w temperaturze 2°C, w przeciwieństwie do dwóch gatunków grzybów drożdżopodobnych: *Aureobasidium pullulans* (de Bary) G. Arnaud oraz *Rhodotorula glutinis* (Fresen.) F.C. Harrison, które przeżyły na powierzchni materiału roślinnego zarówno w warunkach polowych, jak i obniżonej temperatury. W literaturze brak jednoznacznego potwierdzenia wrażliwości *P. oligandrum* na obniżone temperatury, jednakże Benhamou i wsp. (2012) wspominają, że niekorzystne warunki, takie jak brak optymalnej temperatury czy wilgotności, mogą znacząco obniżyć antagonizm wobec patogenów.

Preparaty biologiczne charakteryzują się niższą skutecznością, szczególnie w warunkach polowych, od stosowanych w konwencjonalnym rolnictwie chemicznych środków ochrony roślin. Przyczyną tego jest głównie zależność ich efektywności od warunków środowiska, takich jak temperatura, a także gatunku czy odmiany rośliny oraz niejednokrotnie wąskiego spektrum działania. Jednakże takie zalety, jak bezpieczeństwo dla środowiska, poprzez zastosowanie mikroorganizmów występujących w naturze, czy pozytywny wpływ na bezpieczeństwo i jakość wytwarzanej żywności poprzez możliwość obniżenia stężenia stosowanych konwencjonalnych środków są przesłanką, aby kon-

tynuować badania zarówno nad istniejącymi na rynku, jak i nowymi preparatami.

Wnioski / Conclusions

1. Prewencyjne zastosowanie *P. oligandrum* i *B. subtilis* oraz interwencyjne zastosowanie *P. oligandrum* w okresie do 10 dni od momentu wystąpienia objawów chorobowych jest skuteczne i istotnie ogranicza objawy zarazy ziemniaka.
2. *B. subtilis* oraz *C. albidosimilis* posiadają potencjał do przetrwania w warunkach polowych do 10 dni, po ich upływie zalecane jest powtórzenie zabiegu, aby podtrzymać na uprawie populację tych mikroorganizmów. W przypadku *P. oligandrum* ponowny zabieg należałoby wykonać już po upływie 7 dni.
3. Liczebność *P. oligandrum* i *B. subtilis* drastycznie spada w temperaturze 4°C. *C. albidosimilis* przeżywa w najszerszym zakresie temperatur, w tym 4°C, co sugeruje, że może być stosowany do ograniczania objawów chorobowych również w warunkach chłodniczych. Pozostałe mikroorganizmy mogą być stosowane jedynie w warunkach szklarniowych i polowych.

Literatura / References

- Benhamou N., le Floch G., Vallance J., Gerbore J., Grizard D., Rey P. 2012. *Pythium oligandrum*: an example of opportunistic success. Microbiology 158 (11): 2679–2694. DOI: 10.1099/mic.0.061457-0.
- Butnar L., Spencer-Martins I., Gunde-Cimerman N. 2007. Yeasts in high Arctic glaciers: the discovery of a new habitat for eukaryotic microorganisms. Antonie Van Leeuwenhoek 91 (3): 277–289. DOI: 10.1007/s10482-006-9117-3.

- Chowdappa P., Mohan Kumar S.P., Jyothi Lakshmi M., Upreti K.K. 2013. Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biological Control* 65 (1): 109–117. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2012.11.009.
- Cwalina-Ambroziak B., Damszel M.M., Głosek-Sobieraj M. 2015. The effect of biological and chemical control agents on the health status of the very early potato cultivar Rosara. *Journal of Plant Protection Research* 55 (4): 389–395. DOI: 10.1515/jppr-2015-0052.
- Devi A.R., Kotoky R., Pandey P., Sharma G.D. 2017. Application of *Bacillus* spp. for sustainable cultivation of potato (*Solanum tuberosum* L.) and the benefits. p. 185–212. In: “Bacilli and Agrobiotechnology” (M.T. Islam, M.M. Rahman, P. Pandey, C.K. Jha, A. Aeron, eds.). Springer International Publishing, Cham, Switzerland, 416 pp.
- Dorn B., Musa T., Krebs H., Fried P.M., Forrer H.R. 2007. Control of late blight in organic potato production: evaluation of copper-free preparations under field, growth chamber and laboratory conditions. *European Journal of Plant Pathology* 119: 217–240. DOI: 10.1007/s10658-007-9166-0.
- El-Mougy N.S., Abdel-Kader M.M. 2009. Salts application for suppressing potato early blight disease. [Zastosowanie soli w celu ograniczenia alternariozy ziemniaka]. *Journal of Plant Protection Research* 49 (4): 353–361. DOI: 10.2478/v10045-009-0055-8.
- EPPO Bulletin 2008. *Phytophthora infestans* on potato. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 38 (3): 268–271.
- Hadwiger L.A., McDonel H., Glawe D. 2015. Wild yeast strains as prospective candidates to induce resistance against potato late blight (*Phytophthora infestans*). *American Journal of Potato Research* 92 (3): 379–386. DOI: 10.1007/s12230-015-9443-y.
- Hyakumachi M., Takahashi H., Matsubara Y., Someya N., Shimizu M., Kobayashi K., Nishiguchi M. 2014. Recent studies on biological control of plant diseases in Japan. *Journal of General Plant Pathology* 80 (4): 287–302. DOI: 10.1007/s10327-014-0524-4.
- Khabbaz S.E., Zhang L., Cáceres L.A., Sumarah M., Wang A., Abbasi P.A. 2015. Characterisation of antagonistic *Bacillus* and *Pseudomonas* strains for biocontrol potential and suppression of damping-off and root rot diseases. *Annals of Applied Biology* 166 (3): 456–471. DOI: 10.1111/aab.12196.
- Kowalska J. 2013. Metody zastąpienia miedzi w ochronie warzyw i ziół uprawianych w rolnictwie ekologicznym. <http://www.ior.poznan.pl/plik,1708,sprawozdanie-zamieszczono-14-11-2013.pdf> [dostęp: 01.09.2017].
- Kurzawińska H., Mazur S. 2009. The evaluation of *Pythium oligandrum* and chitosan in control of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary on potato plants. *Folia Horticulturae* 21 (2): 13–23.
- Laitila A., Sarlin T., Kotaviita E., Huttunen T., Home S., Wilhelmson A. 2007. Yeasts isolated from industrial maltings can suppress *Fusarium* growth and formation of gushing factors. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 34 (11): 701–713. DOI: 10.1007/s10295-007-0241-5.
- Leibinger W., Breuker B., Hahn M., Mendgen K. 1997. Control of postharvest pathogens and colonization of the apple surface by antagonistic microorganisms in the field. *Phytopathology* 87 (11): 1103–1110. DOI: 10.1094/PHYTO.1997.87.11.1103.
- Martinez A., Cavello I., Garmendia G., Rufo C., Cavallito S., Vero S. 2016. Yeast from sub-Antarctic region: biodiversity, enzymatic activities and their potential as oleaginous microorganisms. *Extremophiles* 20 (5): 759–769. DOI: 10.1007/s00792-016-0865-3.
- Moller L., Lerm B., Botha A. 2016. Interactions of arboreal yeast endophytes: an unexplored discipline. *Fungal Ecology* 22: 73–82. DOI: 10.1016/j.funeco.2016.03.003.
- Olanya O.M., Larkin R.P. 2006. Efficacy of essential oils and biopesticides on *Phytophthora infestans* suppression in laboratory and growth chamber studies. *Biocontrol Science and Technology* 16 (9): 901–917. DOI: 10.1080/09583150600827918.
- Pieterse C.M.J., Zamioudis C., Berendsen R.L., Weller D.M., Van Wees S.C.M., Bakker P.A.H.M. 2014. Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Annual Review of Phytopathology* 52: 347–375. DOI: 10.1146/annurev-phyto-082712-102340.
- Remlein-Starosta D., Krzysińska J., Kowalska J., Bocianowski J. 2016. Evaluation of yeast-like fungi to protect Virginia mallow (*Sida hermaphrodita*) against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal of Plant Science* 96 (2): 243–251. DOI: 10.1139/cjps-2015-0230.
- Stephan D., Schmitt A., Martins Carvalho S., Seddon B., Koch E. 2005. Evaluation of biocontrol preparations and plant extracts for the control of *Phytophthora infestans* on potato leaves. *European Journal of Plant Pathology* 112 (3): 235–246. DOI: 10.1007/s10658-005-2083-1.
- Takenaka S. 2015. Studies on biological control mechanisms of *Pythium oligandrum*. *Journal of General Plant Pathology* 81 (6): 466–469. DOI: 10.1007/s10327-015-0620-0.
- Vishniac H.S., Kurtzman C.P. 1992. *Cryptococcus antarcticus* sp. nov. and *Cryptococcus albidosimilis* sp. nov., basidioblastomycetes from Antarctic soils. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 42: 547–553.