

Received: 20.02.2018 / Accepted: 30.05.2018

Pathogenicity of selected strains of entomopathogenic fungi to tetranychid mites (Tetranychidae) under laboratory conditions

Patogeniczność wybranych szczepów grzybów entomopatogenicznych w stosunku do roztoczy z rodziny przędziorkowatych (Tetranychidae) w warunkach laboratoryjnych

Cezary Tkaczuk*, Tomasz Krzyczkowski, Anna Majchrowska-Safaryan

Summary

The aim of the laboratory experiments was to assess the pathogenicity of selected strains of entomopathogenic fungi in relation to the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) and raspberry spider mite (*Neotetranychus rubi*). The tested fungal isolates, applied in the form of spraying with an aqueous spore suspension (1×10^5 /ml), were characterized by varying pathogenicity in relation to the mobile forms of spider mites. The highest mortality rate of pest was caused by *Lecanicillium lecanii* (75.4%) and *Beauveria bassiana* (69.1%) isolates. The lowest mortality of *T. urticae* was recorded when *Isaria fumosorosea* and *Metarhizium flavoviride* were applied. Increased concentration of fungal spores in the aqueous suspension from 1×10^5 /ml to 1×10^7 /ml did not significantly increase the number of infected individuals. Entomopathogenic fungus *L. lecanii* caused over 75% mortality of the raspberry spider mite.

Key words: phytophagous mites; *Tetranychus urticae*; *Neotetranychus rubi*; entomopathogenic fungi; pathogenicity

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań laboratoryjnych była ocena patogeniczności wybranych szczepów grzybów entomopatogenicznych w stosunku do przędziorka chmielowca (*Tetranychus urticae*) i przędziorka malinowca (*Neotetranychus rubi*). Testowane szczepy grzybów, zastosowane w formie opryskiwania wodną zawiesiną zarodników (1×10^5 /ml) charakteryzowały się zróżnicowaną patogenicznością w stosunku do form ruchomych przędziorka chmielowca. Najwyższą śmiertelność szkodnika spowodowały szczepy *Lecanicillium lecanii* (75,4%) oraz *Beauveria bassiana* (69,1%). Najniższą śmiertelność odnotowano w przypadku opryskiwania *T. urticae* wodną zawiesiną zarodników *Isaria fumosorosea* i *Metarhizium flavoviride*. Zwiększenie koncentracji zarodników grzybów w zawieszynie wodnej z 1×10^5 /ml do 1×10^7 /ml nie wpłynęło istotnie na zwiększenie liczby zainfekowanych osobników szkodnika. Owadobójczy grzyb *L. lecanii* powodował ponad 75% śmiertelności przędziorka malinowca.

Słowa kluczowe: roślinożerne roztocze; *Tetranychus urticae*; *Neotetranychus rubi*; grzyby owadobójcze; patogeniczność

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
Wydział Przyrodniczy, Zakład Ochrony i Hodowli Roślin
Prusa 14, 08-110 Siedlce

*corresponding author: tkaczuk@uph.edu.pl

Wstęp / Introduction

Roztocze fitofagiczne z rodziny przędziorkowatych (Tetranychidae) są bardzo specyficzną grupą agrofagów. Ich występowanie na roślinach uprawnych często zostaje niedostrzeżone do momentu, kiedy szkody powstające w wyniku ich żerowania prowadzą do dużych strat ekonomicznych. Ponadto szkodniki te wydają do kilkunastu pokoleń w ciągu sezonu wegetacyjnego i bardzo szybko wykształcają odporność na substancje czynne syntetycznych akarycydów.

Zadaniem współczesnej ochrony roślin jest zapewnienie skutecznych metod walki z agrofagami i dostarczanie rozwiązań, które wywierają możliwie najmniejszą presję na środowisko naturalne. Metoda biologiczna, w ramach której stosuje się między innymi mikroorganizmy, w tym grzyby entomopatogeniczne, jest jedną z najbardziej przyjaznych środowisku (Boczek i Lipa 1978; Lipa i wsp. 1998; Sosnowska 2013). Prowadzenie zwalczania biologicznego uzależnione jest od szeregu czynników biotycznych i abiotycznych oraz wymaga dogłębnych badań ekologicznych nad interakcjami zachodzącymi między środowiskiem i jego poszczególnymi elementami.

Grzyby akaropatogeniczne z rodzajów *Hirsutella* czy *Lecanicillium*, reprezentujące anamorfy workowców (Hypocreales, Ascomycota) oraz niektóre gatunki owadomorkowców z rodzaju *Neozygites* (Neozygitales, Entomophthoromycota), są stałym komponentem naturalnie występujących populacji roztoczy roślinożernych, w tym ważnych z ekonomicznego punktu widzenia szkodników roślin uprawnych. Wywoływane przez nie mikozy tych pajęczaków często przybierają formy epizoocji prowadzących do ograniczenia ich liczebności do nieistotnego poziomu (Chandler i wsp. 2000; Miętkiewski i wsp. 2000; Van der Geest i wsp. 2000; Bałazy i wsp. 2008). Prowadzone w warunkach laboratoryjnych i szklarniowych badania wykazały wysoką patogenność wybranych izolatów grzybów *Beauveria bassiana* i *Metarhizium anisopliae* w stosunku do przędziorka chmielowca (*Tetranychus urticae*) (Alves i wsp. 2002; Tamai i wsp. 2002; Chandler i wsp. 2005; Draganova i Simova 2010). Efektywne wykorzystanie patogenicznych grzybów w biologicznym zwalczaniu przędziorków w dużej mierze zależy od wyselekcjonowania najbardziej wirulentnych szczepów, które w przyszłości posłużą do produkcji bioakarycydów (Maniania i wsp. 2008).

Celem badań było określenie patogenności 5 gatunków grzybów entomopatogenicznych w stosunku do form ruchomych przędziorka chmielowca. Ponadto oceniono czy zwiększenie koncentracji zarodników dwóch najbardziej patogenicznych szczepów grzybów powoduje wzrost śmiertelności form ruchomych tego szkodnika oraz czy najbardziej wirulentne szczepy grzybów, czyli *B. bassiana* i *Lecanicillium lecanii*, w tym samym stopniu są patogeniczne dla form ruchomych przędziorka malinowca i przędziorka chmielowca.

Materiały i metody / Materials and methods

Doświadczenia wykonano w warunkach laboratoryjnych. W pierwszym eksperymencie do badań wytypowano pięć gatunków grzybów owadobójczych: *B. bassiana*, *Isaria fumosorosea*, *Metarhizium flavoviride*, *M. anisopliae sensu lato* i *L. lecanii*, zdeponowanych w kolekcji Zakładu Ochrony i Hodowli Roślin Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego (UPH) w Siedlcach. Cztery pierwsze gatunki zostały wyizolowane z gleb pól uprawnych w okolicach Siedlec za pomocą metody owadów pułapkowych, a szczep *L. lecanii* został pozyskany z przędziorka malinowca (*Neotetranychus rubi*). Testy patogenności z zastosowaniem powyższych szczepów przeprowadzono na przędziorku chmielowcu, hodowanym na liściach fasoli i pochodzącym z wieloletniej hodowli Zakładu Ochrony i Hodowli Roślin UPH w Siedlcach.

Grzyby hodowano w szalkach Petriego na podłożu Sabourauda w termostacie, w temperaturze 25°C przez 14 dni. Zawiesinę wodną zarodników przygotowano zeskrobując skalpelem grzybnią i zarodniki z powierzchni kultur. Zarodniki grzybów zastosowano w koncentracji 1×10^5 /ml po uprzednim ustaleniu ich liczby w roztworze przy pomocy hemocytometru Thoma. Szalki Petriego wykładano bibułą filtracyjną i lekko zwilżano ją wodą destylowaną w celu utrzymania odpowiedniej wilgotności. Następnie wykładano liście fasoli, na które wprowadzano po 50 form ruchomych przędziorka chmielowca. Liście z roztocami opryskiwano przy użyciu ręcznego opryskiwacza ciśnieniowego o pojemności 1 l (3 rozpylenia) wodnymi zawiesinami poszczególnych gatunków grzybów entomopatogenicznych z dodatkiem substancji zmniejszającej napięcie powierzchniowe wody (Triton X-100). Kontrolę stanowiły roztocze opryskiwane tylko wodą destylowaną z dodatkiem detergentu Triton X-100. Tak przygotowane szalki z roztoczymi przetrzymywano w temperaturze 25°C przy oświetleniu przez 12 godzin na dobę. Obserwacje przeprowadzono po 4 i 8 dniach od opryskiwania, odnotowując osobniki żywe i martwe przędziorka. Martwe osobniki umieszczano w komorze klimatycznej na okres 10 dni, w celu potwierdzenia zainfekowania przez grzyby owadobójcze. Każdy wariant doświadczenia dla danego gatunku grzyba wykonano w 10 powtórzeniach.

Grzyby były identyfikowane na podstawie charakterystyki morfologicznej z wykorzystaniem standardowych kluczy (Humber 2012; Inglis i wsp. 2012). Ponieważ przy identyfikacji grzybów stosowano wyłącznie metody morfologiczne, gatunek *M. anisopliae* zdefiniowano w ujęciu *sensu lato*, gdyż jak wykazały najnowsze badania filogenetyczne oparte na sekwencji DNA (Bischoff i wsp. 2006, 2009), istnieje wiele gatunków grzybów w obrębie rodzaju *Metarhizium*, których rozróżnienie nie jest możliwe bez zastosowania metod molekularnych.

W kolejnym doświadczeniu zbadano wpływ dwóch różnych koncentracji zarodników (1×10^5 i 1×10^7 /ml) szcze-

pów grzybów *B. bassiana* i *L. lecanii* na śmiertelność przędziorka chmielowca. Eksperyment przeprowadzono według metodyki opisanej powyżej.

W trzecim doświadczeniu laboratoryjnym przeprowadzono testy patogeniczności z zastosowaniem powyższych dwóch szczepów *B. bassiana* i *L. lecanii* (koncentracja zarodników $1 \times 10^5/\text{ml}$) przeciwko przędziorkowi malinowcowi. Roztocze pochodziły z naturalnej populacji tego szkodnika występującej na liściach dziko rosnącej maliny w środowisku leśnym. Po kilkudniowym przetrzymaniu roztoczy w warunkach laboratoryjnych zostały one użyte do testów. Przędziorki nanoszono przed opryskiwaniem zawiesiną wodną zarodników na liście maliny w szalkach Petriego. Eksperyment przeprowadzono według opisanej wcześniej metodyki zastosowanej w testach z przędziorkiem chmielowcem.

Wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy średnimi oceniono za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności $p = 0,05$. Uzyskane średnie z analizy statystycznej przeliczono na % śmiertelności. Wszystkie obliczenia w zakresie analizy statystycznej wykonano korzystając z pakietu statystycznego STATISTICA v. 12.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Testowane szczepy grzybów, zastosowane w formie opryskiwania wodną zawiesiną zarodników ($1 \times 10^5/\text{ml}$) charakteryzowały się zróżnicowaną patogenicznością w stosunku do form ruchomych przędziorka chmielowca. Najwyższą śmiertelność roztoczy spowodował szczep *L. lecanii* (75,4%) oraz *B. bassiana* (69,1%). Najniższą śmiertelność odnotowano w przypadku opryskiwania *T. urticae* wodną zawiesiną zarodników *I. fumosorosea* (37,8%) i *M. flavoviride* (43,7%). Grzyb *M. anisopliae sensu lato* zainfekował prawie 60% roztoczy poddanych testom. Stwierdzono ponadto przypadki infekcji jaj przędziorka chmielowca przez ten gatunek grzyba, czego nie odnotowano w odniesieniu do pozostałych gatunków. Należy zwrócić uwagę na stosunkowo wysoką śmiertelność (ponad 20%) osobników w kombinacji kontrolnej (tab. 1), co mogło być spowodowane dodaniem do wody substancji Triton X-100.

Chandler i wsp. (2005) testując w warunkach laboratoryjnych patogeniczność czterdziestu szczepów grzybów entomopatogenicznych, należących do sześciu rodzajów oraz trzech komercyjnych biopreparatów [Naturalis-L, oparty na szczepie *B. bassiana*, Mycar – *Hirsutella thompsonii* i Mycotal – *Lecanicillium* (= *Verticillium*) *muscarium*], stwierdzili dużą śmiertelność roztoczy wywołaną przez trzy izolaty: *M. anisopliae*, *Hirsutella* sp. i *L. muscarium* oraz wszystkie testowane bioinsektycydy komercyjne. Również Koike i wsp. (2005) wskazują na wysoką, ale jednocześnie zróżnicowaną patogeniczność czterech szczepów grzyba *L. lecanii* w stosunku do przędziorka chmielowca. Simova

i Draganova (2003) odnotowały wysoką wirulencję szczepów *B. bassiana* i *L. lecanii* w stosunku do *T. urticae*, jedynie szczep grzyba *Isaria farinosa* charakteryzował się niskim potencjałem infekcyjnym w stosunku do tego roztocza. Późniejsze badania tych samych autorów potwierdziły wysoką, bo osiągającą 100% po czterech dniach od aplikacji, śmiertelność przędziorka chmielowca po zastosowaniu wodnej zawiesiny zarodników kilku szczepów grzyba *B. bassiana* w koncentracji $10^6/\text{ml}$ (Draganova i Simova 2010).

Wyniki dalszych testów, przeprowadzonych z dwoma najbardziej patogenicznymi gatunkami grzybów, tj. *L. lecanii* i *B. bassiana* wykazały, że zwiększenie koncentracji zarodników w zawieszynie wodnej z $1 \times 10^5/\text{ml}$ do $1 \times 10^7/\text{ml}$ wpłynęło nieznacznie na zwiększenie liczby zainfekowanych osobników *T. urticae*, jednak nie były to różnice istotne statystycznie (tab. 2).

Grzyb *L. lecanii* charakteryzował się również relatywnie wysoką patogenicznością w stosunku do przędziorka malinowca (*N. rubi*). Śmiertelność form ruchomych roztocza po zastosowaniu wodnej zawiesiny zarodników tego grzyba w koncentracji $1 \times 10^5/\text{ml}$ wynosiła ponad 75% (tab. 3). W przypadku szczepu grzyba *B. bassiana* była ona niższa i wynosiła 56,1%. Wekesa i wsp. (2005) testując w warunkach laboratoryjnych 17 izolatów *M. anisopliae* i dwa izolaty *B. bassiana* przeciwko przędziorkowi *Tetranychus evansi* stwierdzili, że wszystkie szczepy były patogeniczne w stosunku do szkodnika, a powodowana przez nie śmiertelność wahała się od 22,1 do 82,6%. Odnotowano większą podatność na infekcje form dorosłych niż larwalnych przędziorka. Ponadto oba gatunki grzybów w koncentracji 1×10^8 zarodników w 1 ml zawiesiny powodowały powyżej 80% śmiertelności jaj szkodnika.

Łącząc zabiegi zwalczania przędziorków za pomocą grzybów entomopatogenicznych i drapieżnych roztoczy należy pamiętać, że te ostatnie mogą być również podatne na infekcje grzybowe. Pytlak i wsp. (2014) testując wpływ różnych koncentracji zarodników grzybów entomopatogenicznych i nematopatogenicznych na przeżywalność drapieżnego roztocza *Amblydromalus limonicus* w warunkach laboratoryjnych stwierdzili, że grzyby *B. bassiana* i *I. fumosorosea* mogą powodować nawet do 80–90% śmiertelności tego pożytecznego roztocza. Najmniej patogeniczne w stosunku do drapieżnika okazały się gatunki *L. lecanii* i *Peacilomyces lilacinus*. Maketon i wsp. (2008) badając skuteczność 12 szczepów grzybów entomopatogenicznych w zwalczaniu szkodliwego roztocza *Polyphagotarsonemus latus* w warunkach laboratoryjnych doszli do wniosku, że szczep *M. anisopliae* był najbardziej wirulentny w stosunku do pajęczaka. W testach używano zarodników patogena w koncentracji $2 \times 10^8/\text{ml}$ cieczy. Średni czas uśmiercania 50% populacji osobników dorosłych (LT50) wynosił 3,8 dnia, a larw – 2,4 dnia. Żaden z testowanych szczepów grzybów nie porażał jaj roztocza, co dało się zaobserwować w badaniach własnych w przypadku grzyba *M. anisopliae*.

Tabela 1. Śmiertelność przędziorka chmielowca (*Tetranychus urticae*) spowodowana przez różne gatunki grzybów entomopatogenicznych [%]

Table 1. Mortality of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) caused by various species of entomopathogenic fungi [%]

Gatunek grzyba Fungal species	Osobniki zainfekowane Infected individuals	Osobniki martwe Dead individuals
	[%]	
<i>Beauveria bassiana</i>	69,1 a	82,7
<i>Isaria fumosorosea</i>	37,8 b	56,0
<i>Metarhizium flavoviride</i>	43,7 b	56,5
<i>Metarhizium anisopliae</i>	59,3 ab	71,2
<i>Lecanicillium lecanii</i>	75,4 a	80,3
Kontrola – Control	0 c	20,6

Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie – Values indicated by the same letters are not significantly different

Tabela 2. Wpływ różnych koncentracji zarodników grzybów *Lecanicillium lecanii* i *Beauveria bassiana* na śmiertelność przędziorka chmielowca (*Tetranychus urticae*) [%]

Table 2. Effect of various concentrations of *Lecanicillium lecanii* and *Beauveria bassiana* spores on mortality of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) [%]

Gatunek grzyba Fungal species	Koncentracja zarodników Concentrations of spores	
	[1 × 10 ⁵ /ml]	[1 × 10 ⁷ /ml]
<i>Beauveria bassiana</i>	69,1 a	76,8 a
<i>Lecanicillium lecanii</i>	75,4 a	82,2 a
Kontrola – Control	0	13,2 c

Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie – Values indicated by the same letters are not significantly different

Fiedler i Sosnowska (2007) testując patogeniczność nicieniobójczego grzyba *P. lilacinus* w stosunku do kilku groźnych szkodników warzyw pod osłonami stwierdziły, że grzyb ten po siedmiu dniach od aplikacji spowodował śmiertelność w populacji przędziorka chmielowca na poziomie 70% w warunkach laboratoryjnych i 60% w warunkach szklarniowych.

Literatura / References

- Alves S.B., Rossi L.S., Lopes R.B., Tamai M.A., Pereira R.M. 2002. *Beauveria bassiana* yeast phase on agar medium and its pathogenicity against *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 81 (2): 70–77. DOI: 10.1016/S0022-2011(02)00147-7.
- Bałazy S., Miętkiewski R., Tkaczuk C., Wegensteiner R., Wrzosek M. 2008. Diversity of acaropathogenic fungi in Poland and other European countries. *Experimental and Applied Acarology* 46 (1–4): 53–70. DOI: 10.1007/s10493-008-9207-1.
- Bischoff J.F., Rehner S.A., Humber R.A. 2006. *Metarhizium frigidum* sp. nov.: a cryptic species of *M. anisopliae* and a member of the *M. flavoviride* complex. *Mycologia* 98 (5): 737–745. DOI: 10.1080/15572536.2006.11832645.
- Bischoff J.F., Rehner S.A., Humber R.A. 2009. A multilocus phylogeny of the *Metarhizium anisopliae* lineage. *Mycologia* 101 (4): 512–530. DOI: 10.3852/07-202.

Tabela 3. Śmiertelność przędziorka malinowca (*Neotetranychus rubi*) spowodowana przez grzyby *Beauveria bassiana* i *Lecanicillium lecanii* [%]

Table 3. Mortality of raspberry spider mite (*Neotetranychus rubi*) caused by *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium lecanii* [%]

Gatunek grzyba Fungal species	Osobniki zainfekowane Infected individuals	Osobniki martwe Dead individuals
	[%]	
<i>Beauveria bassiana</i>	56,1 a	68,6
<i>Lecanicillium lecanii</i>	76,8 a	89,5
Kontrola – Control	0 c	18,6

Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie – Values indicated by the same letters are not significantly different

Jak wykazały przeprowadzone badania laboratoryjne, grzyb *L. lecanii* wykazał największą patogeniczność w stosunku do przędziorka chmielowca i przędziorka malinowca, spośród testowanych grzybów entomopatogenicznych, co wskazuje na potencjalne możliwości jego wykorzystania w biologicznym zwalczaniu obu szkodników.

Wnioski / Conclusions

1. Testowane szczepy grzybów charakteryzowały się zróżnicowaną patogenicznością w stosunku do form ruchomych przędziorka chmielowca. Najwyższą śmiertelność roztoczy spowodowały szczepy *L. lecanii* (75,4%) oraz *B. bassiana* (69,1%). Najniższą śmiertelność odnotowano w przypadku *I. fumosorosea* i *M. flavoviride*.
2. Zwiększenie koncentracji zarodników grzybów w zawiesinie wodnej z 1 × 10⁵/ml do 1 × 10⁷/ml nie wpłynęło istotnie na zwiększenie liczby zainfekowanych osobników *T. urticae* przez *L. lecanii* i *B. bassiana*.
3. Grzyb *L. lecanii* wykazał się największą patogenicznością w stosunku do przędziorka chmielowca i przędziorka malinowca, spośród testowanych grzybów entomopatogenicznych, co wskazuje na potencjalne możliwości jego wykorzystania w biologicznym zwalczaniu obu szkodników.

- Boczek J., Lipa J. 1978. Biologiczne metody walki ze szkodnikami roślin. PWN, Warszawa, 594 ss.
- Chandler D., Davidson G., Jacobson R.J. 2005. Laboratory and glasshouse evaluation of entomopathogenic fungi against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on tomato, *Lycopersicon esculentum*. *Biocontrol Science and Technology* 15 (1): 37–54. DOI: 10.1080/09583150410001720617.
- Chandler D., Davidson G., Pell J.K., Vall B.V., Shaw K., Sunderland K.D. 2000. Fungal biocontrol of acari. *Biocontrol Science and Technology* 10 (4): 357–384. DOI: 10.1080/09583150050114972.
- Draganova S.A., Simova S.A. 2010. Susceptibility of *Tetranychus urticae* Koch. (Acari: Tetranychidae) to isolates of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Pesticides and Phytomedicine* 25 (1): 51–57. DOI: 10.2295/PIF1001051D.
- Fiedler Ž., Sosnowska D. 2007. Nematophagous fungus *Peacilomyces lilacinus* (Thom) Samson is also a biological agent for control of greenhouse insects and mite pests. *BioControl* 52 (4): 547–558. DOI: 10.1007/s10526-006-9052-2.
- Humber A.R. 2012. Identification of entomopathogenic fungi. Chapter VI. p. 151–187. In: "Manual of Techniques in Invertebrate Pathology" Second edition (L.A. Lacey, eds.). Academic Press Publ., London, UK, 484 pp.
- Inglis G.D., Enkerli J., Goettel M.S. 2012. Laboratory techniques used for entomopathogenic fungi: Hypocreales. Chapter VII. p. 189–253. In: "Manual of Techniques in Invertebrate Pathology" Second edition (L.A. Lacey, eds.). Academic Press Publ., London, UK, 484 pp.
- Koike M., Kodama T., Kikuchi A., Okabe M., Kuramoti K., Saito Y. 2005. Effects of *Verticillium lecanii* (*Lecanicillium* spp.) against twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* and its natural enemy *Phytoseiulus persimilis*. p. 7–11. In: "Abstracts of 38th annual meeting of society of invertebrate pathology". Anchorage Publ., Alaska, USA.
- Lipa J.J., Sosnowska D., Pruszyński S. 1998. Advances in biological control of *Leptinotarsa decemlineata* in Poland. *OEPP/EPPO Bulletin* 28 (4): 463–469. DOI: 10.1111/j.1365-2338.1998.tb00753.x.
- Maketon M., Orosz-Coghlan P., Sinprasert J. 2008. Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycota: Hyphomycetes) for control of broad mite *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae) in mulberry. *Experimental and Applied Acarology* 46 (1–4): 157–167. DOI: 10.1007/s10493-008-9153-y.
- Maniania N.K., Bugeme D.M., Wekesa V.W., Delalibera I. Jr., Knapp M. 2008. Role of entomopathogenic fungi in the control of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), pests of horticultural crops. *Experimental and Applied Acarology* 46 (1–4): 259–274. DOI: 10.1007/s10493-008-9180-8.
- Miętkiewski R., Bałazy S., Tkaczuk C. 2000. Mycopathogens of mites in Poland – A review. *Biocontrol Science and Technology* 10 (4): 459–465. DOI: 10.1080/09583150050115043.
- Pytlak T., Fiedler Ž., Sosnowska D. 2014. Wpływ różnych koncentracji zarodników grzybów entomopatogenicznych i nematopatogenicznych na przeżywalność drapieżnego roztocza *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor). [The influence of different spore concentrations of entomopathogenic and nematopathogenic fungi on survival of the predatory mite *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor)]. *Progress in Plant Protection* 54 (4): 467–470. DOI: 10.14199/ppp-2014-079.
- Simova S., Draganova S. 2003. Virulence of isolates of entomopathogenic fungi to *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae, Acarina). *Rasteniev'dni Nauki* 40 (1): 87–90.
- Sosnowska D. 2013. Postępy w badaniach i wykorzystanie grzybów pasożytniczych w integrowanej ochronie roślin. [Progress in research and the use of pathogenic fungi in integrated plant protection]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 53 (4): 747–750. DOI: 10.14199/ppp-2013-018.
- Tamai M.A., Alves S.B., de Almeida J.E.M., Faion M. 2002. Evaluation of entomopathogenic fungi for control of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). [Avaliação de fungos entomopatogênicos para o controle de tetranychus urticae koch (Acari: Tetranychidae)]. *Arquivos do Instituto Biológico* 69 (3): 77–84.
- Van der Geest L.P.S., Elliot S.L., Breeuwer J.A.J., Beerling E.A.M. 2000. Diseases of mites. *Experimental and Applied Acarology* 24 (7): 497–560. DOI: 10.1023/A:1026518418163.
- Wekesa V.W., Maniania N.K., Knapp M., Boga H.I. 2005. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to the tobacco spider mite *Tetranychus evansi*. *Experimental and Applied Acarology* 36 (1–2): 41–50. DOI: 10.1007/s10493-005-0508-3.