

The influence of selected pesticides on the colony growth and conidial germination of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.

Wpływ wybranych środków ochrony roślin na wzrost kolonii i kiełkowanie zarodników owadobójczego grzyba *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.

Cezary Tkaczuk, Tomasz Krzyczkowski, Bożena Głuszczyk, Anna Król

Summary

The use of pesticides is still a basic method for the pest control in agricultural crops. Therefore, an important issue is to investigate the effect of chemical treatments on entomopathogenic fungi in order to determine the possible use of these beneficial microorganisms in integrated plant protection programmes. In the laboratory conditions the effect of eight pesticides added to the culture media, including three fungicides: Rovral Flo 255 SC, Score 250 EC and Topsin M 500 SC, 2 insecticides: Fastac 100 EC and Pirimor 25 WG and 3 herbicides: Roundup 360 SL, Stomp 400 SC, Targa Super and 0.5 EC, on the growth of the colony and conidial germination of the fungus *Beauveria bassiana* was examined. The *B. bassiana* colony growth and germination of conidia was the most reduced by the presence of fungicides Topsin M 500 SC and Score 250 EC in the culture media. Insecticides relatively the least inhibited the growth and germination of spores of *B. bassiana*, which suggests the possibility of their combined use with biopesticides based on this fungus. Herbicides, especially Targa Super 0.5 EC and Stomp 400 SC, at the recommended field dose adversely affected both the colony growth and conidial germination of the fungus. Among the tested herbicides, Roundup showed the least toxic activity against *B. bassiana*.

Key words: pesticides, *Beauveria bassiana*, entomopathogenic fungi, spore germination

Streszczenie

Stosowanie pestycydów wciąż pozostaje podstawową metodą zwalczania agrofagów w uprawach rolniczych, dlatego istotnym zagadnieniem staje się poznanie wpływu zabiegów chemicznych na grzyby owadobójcze w celu określenia możliwości aplikowania tych mikroorganizmów w integrowanych programach ochrony roślin. W warunkach laboratoryjnych zbadano wpływ dodatku do podłoża hodowlanego ośmiu środków ochrony roślin, w tym trzech fungicydów: Rovral Flo 255 SC, Score 250 EC i Topsin M 500 SC, dwóch insektycydów: Fastac 100 EC i Pirimor 25 WG oraz trzech herbicydów: Roundup 360 SL, Stomp 400 SC i Targa Super 0,5 EC na wzrost kolonii i kiełkowanie zarodników owadobójczego grzyba *Beauveria bassiana*. Wzrost kolonii oraz kiełkowanie zarodników *B. bassiana* były najsilniej ograniczane w obecności, w podłożu hodowlanym fungicydów Topsin M 500 SC oraz Score 250 EC. Insektycydy stosunkowo najsłabiej hamowały wzrost i kiełkowanie zarodników *B. bassiana*, co sugeruje możliwość ich łącznego stosowania z biopreparatami opartymi na tym grzybie. Herbicydy, a zwłaszcza Targa Super 0,5 EC i Stomp 400 SC, w zalecanej dawce polowej negatywnie oddziaływały zarówno na wzrost kolonii, jak i kiełkowanie zarodników grzyba. Najmniej toksyczne działanie w stosunku do *B. bassiana* spośród testowanych środków chwastobójczych wykazał Roundup 360 SL.

Słowa kluczowe: środki ochrony roślin, *Beauveria bassiana*, grzyby owadobójcze, kiełkowanie zarodników

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
Katedra Ochrony Roślin
Prusa 14, 08-110 Siedlce
tkaczuk@uph.edu.pl

Wstęp / Introduction

Grzyby entomopatogeniczne należą do naturalnych wrogów stawonogów pełniąc istotną rolę w procesach biocenotycznej regulacji populacji wielu szkodliwych dla upraw gatunków owadów i roztoczy. Mikroorganizmy te były pierwszymi poznanymi patogenami owadów i jako pierwsze próbowano je wykorzystać w biologicznym zwalczaniu szkodników roślin. Obecnie w zwalczaniu biologicznym szkodników roślin najszerze zastosowanie mają wirulentne szczepy anamorf endobiotycznych Hypocreales (Ascomycota) z rodzajów: *Beauveria*, *Hirsutella*, *Isaria*, *Metarhizium*, *Nomuraea* czy *Lecanicillium*. Szczepy wymienionych rodzajów grzybów są łatwe w hodowli na sztucznych podłożach oraz w formulacji i aplikacji, która zbliżona jest do konwencjonalnych środków ochrony roślin (Prior i Greathead 1989).

Podstawową metodą zwalczania agrofagów w uprawach roślin jest stosowanie pestycydów. Istotnym zagadnieniem staje się poznanie wpływu zabiegów chemicznych na grzyby owadobójcze w celu określenia możliwości, sposobu i czasu stosowania tych mikroorganizmów w integrowanych metodach ochrony roślin. Stosowanie biopreparatów grzybowych w integrowanych programach ochrony upraw przed szkodnikami wymaga określenia wrażliwości grzybów owadobójczych na pestycydy, istotną bowiem cechą oprócz ich wysokiej skuteczności, powinna być również selektywność działania w stosunku do mikroorganizmów pożytecznych. Wyniki dotychczasowych badań wykazały, że stosowanie środków ochrony roślin może mieć negatywny wpływ na rozwój, potencjał infekcyjny i przeżywalność grzybów owadobójczych (Vänninen i Hokkanen 1988; Majchrowicz i Poprawski 1993; Miętkiewski i wsp. 1995, 1996; Bajan i Kmitowa 1997; Todorova i wsp. 1998; Tkaczuk 2001; Andalo i wsp. 2004; Li i wsp. 2004).

Celem badań było określenie wpływu wybranych pestycydów, stosowanych w uprawach sadowniczych, na wzrost kolonii i kiełkowanie zarodników owadobójczego grzyba *Beauveria bassiana* w warunkach *in vitro*.

Materiały i metody / Materials and methods

W warunkach laboratoryjnych zbadano wpływ ośmiu środków ochrony roślin (ś.o.r.), w tym 3 fungicydów: Rovral Flo 255 SC (iprodion), Score 250 EC (difenkonzol), Topsin M 500 SC (tiofonat metylowy), 2 insektycydów: Fastac 100 EC (alfa-cypermetyryna) i Pirimor 25 WG (pirymikarb)) oraz 3 herbicydów: Roundup 360 SL (glifosat), Stomp 400 SC (pendimetalina) i Targa Super 0,5 EC (chizalofop-P-etylowy + propionian etylu) na wzrost kolonii i kiełkowanie zarodników owadobójczego grzyba *B. bassiana*.

Szczep grzyba został wyizolowany z gleby pochodzącej z 8-letniego sadu jabłoniowego objętego intensywną ochroną chemiczną, zlokalizowanego w miejscowości Pietrusy (województwo mazowieckie). Grzyba oznaczono do gatunku na podstawie cech morfologicznych (Goetel i Inglis 1997). Izolat hodowano na podłożu Sabourauda z dodatkiem wymienionych wcześniej pe-

stycydów. Fungicydy dodawano do podłoża hodowlanego w trzech dawkach: A – zalecanej dawce polowej, B – dawce 10-krotnie niższej od zalecanej i C – dawce 100-krotnie niższej od zalecanej. Insektycydy i herbicydy stosowano w dawce: A – 10-krotnie wyższej od zalecanej dawki polowej, B – zalecanej dawce polowej i C – dawce 10-krotnie niższej od zalecanej. Kontrolę, jako 100% – stanowiły kultury grzyba rosnące na podłożu bez dodatku ś.o.r. Po inokulacji podłoża szalki Petriego umieszczano w inkubatorach, w temperaturze 22°C. Każdą kombinację doświadczenia wykonano w czterech powtórzeniach. Obserwacje wzrostu kolonii prowadzono co 5 dni aż do 20. dnia, mierząc średnice kolonii. Wyniki przedstawiono w postaci średnicy kolonii grzyba w 20. dniu hodowli, wyrażonej w procentach, w stosunku do kontroli.

W drugiej części doświadczenia zbadano wpływ dodatku do podłoża Sabourauda wymienionych wcześniej dawek pestycydów na kiełkowanie zarodników grzyba *B. bassiana*. Podłoże hodowlane z pestycydami nanoszono cienką warstwą na szkiełka podstawowe, umieszczone w sterylnych kamerach. Kontrolę stanowiły zarodniki, kiełkujące na podłożu bez dodatku pestycydów. Na przygotowane szkiełka naniesiono zawiesinę wodną zarodników grzyba, pochodzących z 20-dniowych kultur. Ocena kiełkowania zarodników przeprowadzono pod mikroskopem po 24 i 48 godzinach, a wyniki wyrażono w procentach, w stosunku do kontroli. Każdą kombinację doświadczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Testowane ś.o.r. wpływały w zróżnicowany sposób na wzrost i kiełkowanie zarodników owadobójczego grzyba *B. bassiana* w zależności od rodzaju zastosowanego preparatu oraz jego koncentracji w podłożu hodowlanym.

Wzrost kolonii *B. bassiana* był najsilniej ograniczany w obecności w podłożu fungicydów Topsin M 500 SC oraz Score 250 EC. Topsin M 500 SC w dawce zalecanej (A) i 10-krotnie niższej (B) w znacznym stopniu ograniczał rozwój grzyba. Kolonie grzyba rosnące na podłożach z jego dodatkiem w wymienionych stężeniach osiągały w 20. dniu hodowli odpowiednio 6,7 i 7,0% wielkości kolonii kontrolnych (rys. 1). W przypadku Score 250 EC wartości te wynosiły odpowiednio 15,4 oraz 38,4%. W dawce 100-krotnie niższej od zalecanej dawki polowej negatywne oddziaływanie obu fungicydów na wzrost grzyba było znacznie słabsze. Rovral Flo 255 SC dodany do podłoża hodowlanego w zalecanej dawce polowej (A) o ponad 40% ograniczał wzrost kolonii *B. bassiana* w stosunku do kontroli, natomiast w stężeniu B i C wykazał podobne oddziaływanie, jak fungicyd Score 250 EC. Silny inhibicyjny wpływ fungicydów Score 250 EC i Rovral 50 WP na wzrost akaropatogenicznych grzybów z rodzaju *Hirsutella* potwierdzają badania Tkaczuka i wsp. (2004) oraz Tkaczuka i Miętkiewskiego (2005).

Najbardziej negatywny wpływ na kiełkowanie zarodników *B. bassiana*, spośród badanych ś.o.r., miał fungicyd Score 250 EC. Zarodniki grzyba nie mogły kiełkować zarówno po 24, jak i 48 godzinach kontaktu z podłożem zawierającym ten fungicyd w dawce zalecanej i 10-krotnie

Tabela 1. Wpływ różnych dawek fungicydów na kiełkowanie zarodników grzyba *B. bassiana* (w % w stosunku do kontroli)Table 1. The influence of different doses of fungicides on conidial germination of the fungus *B. bassiana* (given as % in relation to the control)

Nazwa fungicydu Fungicide	Dawka – Dose	Termin obserwacji – Date of observation	
		po 24 godzinach – after 24 hours	po 48 godzinach – after 48 hours
Rovral Flo 255 SC	A	53,8	63,5
	B	58,1	62,3
	C	90,0	92,2
Score 250 EC	A	0,0	0,0
	B	0,0	0,0
	C	6,1	11,7
Topsin M 500 SC	A	63,4	67,4
	B	85,7	88,7
	C	95,0	95,7

A – dawka zalecana – recommended dose

B – dawka 10-krotnie niższa od zalecanej – dose 10 times lower than recommended

C – dawka 100-krotnie niższa od zalecanej – dose 100 times lower than recommended

Tabela 2. Wpływ różnych dawek insektycydów i herbicydów na kiełkowanie zarodników grzyba *B. bassiana* (w % w stosunku do kontroli)Table 2. The influence of different doses of insecticides and herbicides on conidial germination of the fungus *B. bassiana* (given as % in relation to the control)

Nazwa pestycydu Pesticide	Dawka Dose	Termin obserwacji – Date of observation	
		po 24 godzinach – after 24 hours	po 48 godzinach – after 48 hours
Insektycydy – Insecticides			
Pirimor 25 WG	A	91,6	94,7
	B	94,0	93,6
	C	93,1	97,9
Fastac 100 EC	A	93,8	92,9
	B	91,2	97,4
	C	97,5	97,9
Herbicydy – Herbicides			
Roundup 360 SL	A	6,5	6,1
	B	51,8	48,2
	C	84,9	90,6
Targa Super 0,5 EC	A	0,0	0,0
	B	7,4	6,18
	C	53,3	80,2
Stomp 400 SC	A	0,0	0,0
	B	52,2	56,4
	C	63,5	60,3

A – dawka 10-krotnie wyższa od zalecanej – dose 10 times higher than recommended

B – dawka zalecana – recommended dose

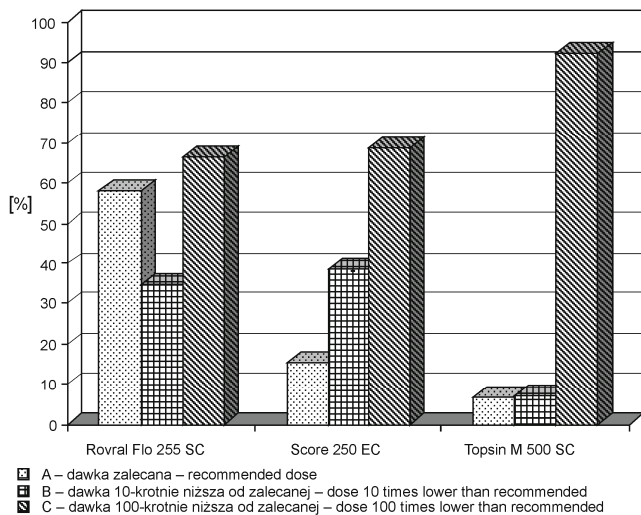
C – dawka 10-krotnie niższa od zalecanej – dose 10 times lower than recommended

niższej od zalecanej dawki polowej (tab. 1). Nawet w najniższym stężeniu (dawka C) po 24 i 48 godzinach kiełkowało odpowiednio 6,1 i 11,7% zarodników *B. bassiana*. Dwa pozostałe fungicydy, tj. Topsin M 500 SC i Rovral Flo 255 SC miały znacznie słabszy wpływ na proces kiełkowania zarodników grzyba. Na podłożach zawierających te fungicydy w dawce zalecanej kiełkowało

54–67% zarodników w stosunku do kontroli, a wraz ze zmniejszaniem się dawki preparatów w pożywce (dawka B i C) procent skielkowanych zarodników wzrastał.

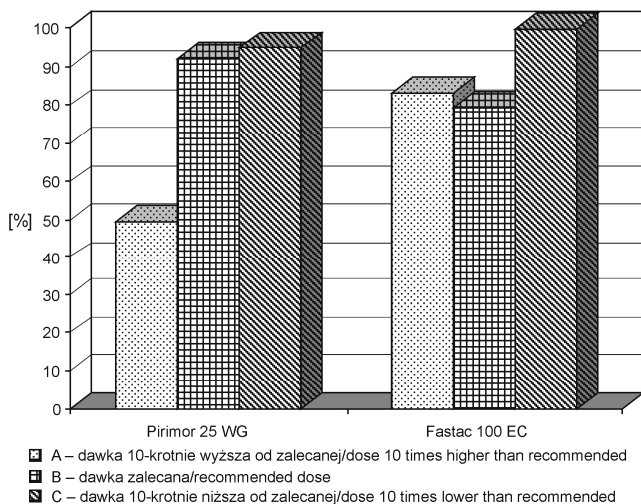
Insektycydy stosunkowo najslabiej hamowały wzrost grzybni i kiełkowanie zarodników *B. bassiana* spośród testowanych s.o.r. W 20. dniu hodowli kolonie *B. bassiana* rosnące na podłożach zawierających Pirimor 25 WG

i Fastac 100 EC w dawce zalecanej osiągały odpowiednio 92 i 80% wielkości kontrolnej (rys. 2). Testowane w doświadczeniu insektycydy, tj. Pirimor 25 WG i Fastac 100 EC nie miały istotnego wpływu na proces kiełkowania zarodników owadobójczego grzyba *B. bassiana* w żadnym z zastosowanych stężeń. Po 24 i 48 godzinach kontaktu zarodników z podłożem zawierającym te insektycydy w dawce A, B i C kiełkowało ponad 90% zarodników w odniesieniu do kontroli (tab. 2).



Rys. 1. Wielkość kolonii grzyba *B. bassiana* na podłożach z dodatkiem fungicydów w 20 dniu hodowli (wyrażona w % w stosunku do kontroli)

Fig. 1. Colony size of the fungus *B. bassiana* on the 20th day of growth on media with fungicides (given as % in relation to the control)

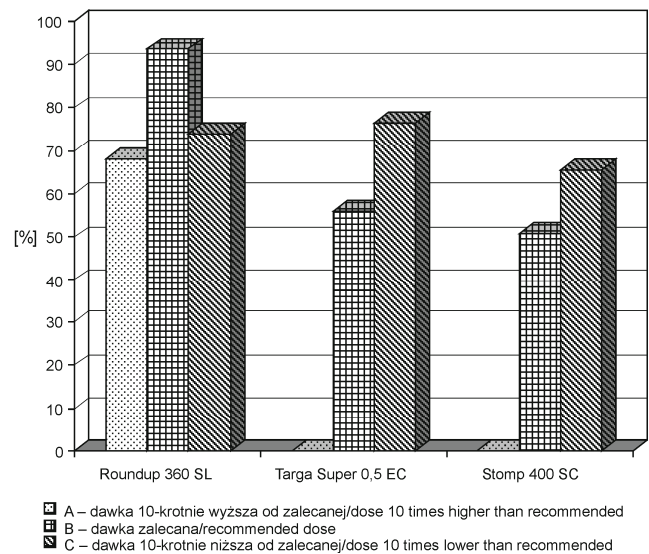


Rys. 2. Wielkość kolonii grzyba *B. bassiana* na podłożach z dodatkiem insektycydów w 20 dniu hodowli (wyrażona w % w stosunku do kontroli)

Fig. 2. Colony size of the fungus *B. bassiana* on the 20th day of growth on media with insecticides (given as % in relation to the control)

Spośród testowanych w doświadczeniu herbicydów najbardziej toksyczne działanie w stosunku do *B. bassiana* wykazały preparaty Stomp 400 SC i Targa Super 0,5 EC.

Oba herbicydy dodane do podłoża w koncentracji 10-krotnie wyższej od dawki polowej uniemożliwiały wzrost kolonii grzyba, a kultury rosnące na pożywkach z dawką zalecaną osiągały w 20. dniu hodowli odpowiednio 51,0 i 56,1% wzrostu kolonii kontrolnych (rys. 3). Stomp 400 SC i Targa 05 EC w najniższej dawce (C) ograniczały wzrost kolonii *B. bassiana* odpowiednio o 34,5 i 23,5% w stosunku do kontroli. Roundup 360 SL okazał się najmniej toksyczny w stosunku do badanego grzyba, spośród trzech testowanych herbicydów. Preparat ten dodany do podłoża w najwyższej dawce (A) ograniczał w 20. dniu hodowli wzrost kolonii o około 30% w stosunku do kontroli, natomiast w dawce zalecanej i 10-krotnie niższej jedynie o około 10%.



Rys. 3. Wielkość kolonii grzyba *B. bassiana* na podłożach z dodatkiem herbicydów w 20 dniu hodowli (wyrażona w % w stosunku do kontroli)

Fig. 3. Colony size of the fungus *B. bassiana* on the 20th day of growth on media with herbicides (given as % in relation to the control)

Miętkiewski i wsp. (1990) badając wzrost grzybów owadobójczych na podłożach zawierających herbicydy stosowane w sadownictwie stwierdzili, że najmniej toksycznym środkiem dla badanych grzybów okazał się Roundup 360 SL. Na podłożu zawierającym ten herbicyd w dawce 10-krotnie wyższej od zalecanej rosły wszystkie badane gatunki, tj. *B. bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus* i *Verticillium lecanii*.

Z grupy testowanych herbicydów najbardziej hamujący wpływ na proces kiełkowania zarodników miał preparat Targa Super 0,5 EC. Herbicyd ten w dawce A (10-krotnie wyższej od zalecanej dawki polowej) całkowicie uniemożliwiał kiełkowanie, a w dawce zalecanej na podłożu z tym herbicydem kiełkowało jedynie kilka procent zarodników w stosunku do kontroli (tab. 2). Pozostałe dwa herbicydy wykazały mniej negatywny wpływ na proces kiełkowania zarodników *B. bassiana*. Po 24 i 48 godzinach na podłożach zawierających Stomp 400 EC i Roundup 360 SL w dawce zalecanej (B) kieł-

kowało ponad 50% zarodników grzyba, a w przypadku dawki 10-krotnie niższej (C) odpowiednio od 60 do 85%.

Wielu badaczy oceniając wpływ ś.o.r. na kiełkowanie zarodników grzybów entomopatogenicznych zwraca uwagę na istotę tego zjawiska, podkreślając fakt, że ograniczanie przez pestycydy tego inicjalnego procesu w rozwoju grzyba odbija się niekorzystnie na dalszym przebiegu procesu infekcji i rozwoju choroby w populacji szkodnika (Anderson i Roberts 1983; Todorova i wsp. 1998; Oliveira i Neves 2004). Według Bouciasa i wsp. (1988) kontakt zarodników konidialnych grzybów owadobójczych z substancjami chemicznymi, w tym pestycydami, może wpływać zarówno na neutralizację ładunku elektrostatycznego, jak i zniszczenie warstwy śluzu na ich powierzchni, co oddziałuje niekorzystnie na przebieg procesu kiełkowania i infekcji ciała owadogospodarza. Substancje chemiczne obecne w ś.o.r. mogą ponadto blokować procesy metaboliczne zachodzące w konidiach, a przez to wpływać niekorzystnie na przebieg procesu kiełkowania. Zjawisko tzw. blokady metabolicznej wywołanej na skutek nagromadzenia się chemicznych substancji jonowych na powierzchni błon komórkowych zarodników konidialnych jest znane w przypadku licznych gatunków grzybów fitopatogenicznych (Ghini i Kimati 2000).

Według Bajan i Kmitowej (1982, 1997) stosowane w Polsce pestycydy nie eliminują grzybów owadobójczych ze środowiska, choć niektóre z nich mogą ograniczać wzrost bądź osłabiać ich patogeniczność. Ostrość reakcji zależy od gatunku, bądź ekotypu grzyba. Właściwość ta może mieć istotne znaczenie w przypadku stosowania integrowanej metody ochrony roślin z zastosowaniem biopreparatów grzybowych. Powodzenie zabiegu zależy bowiem od właściwego doboru odpowiedniego ekotypu

grzyba i środka chemicznego. Wiele badań prowadzonych w warunkach laboratoryjnych wykazało, że poszczególne gatunki grzybów, a nawet szczepy w obrębie gatunku, charakteryzują się zróżnicowaną wrażliwością na pestycydy (Vänninen i Hokkanen 1988; Miętkiewski i wsp. 1990; Bajan i Kmitowa 1997; Tkaczuk 2008; Sapięha-Waszkiewicz i wsp. 2010; Fiedler i Sosnowska 2011).

Wnioski / Conclusions

1. Testowane w doświadczeniu fungicydy i herbicydy, dodane do podłoża hodowlanego w zalecanej dawce polowej, negatywnie oddziaływały na wzrost i kiełkowanie zarodników owadobójczego grzyba *B. bassiana*.
2. Wzrost kolonii *B. bassiana* był najsilniej ograniczany w obecności w podłożu hodowlanym fungicydów Topsin M 500 SC oraz Score 250 EC. Fungicyd Score w dawce zalecanej i 10-krotnie niższej uniemożliwił kiełkowanie zarodników grzyba.
3. Insektycydy (Fastac 100 EC i Pirimor 25 WG) stosunkowo najslabiej hamowały wzrost i kiełkowanie zarodników *B. bassiana*, co sugeruje możliwość ich łącznego stosowania z biopreparatami opartymi na tym grzybie.
4. Herbicydy, a zwłaszcza Targa Super 0,5 EC i Stomp 400 SC, w dawce 10-krotnie wyższej od zalecanej i w zalecanej dawce polowej negatywnie oddziaływały zarówno na wzrost kolonii, jak i kiełkowanie zarodników grzyba. Najmniej toksyczne działanie w stosunku do *B. bassiana* spośród testowanych środków chwastobójczych wykazał Roundup 360 SL.

Literatura / References

- Andalo V., Moino A., Santa-Cecilia L.V.S., Souza G.C. 2004. Compatibility of *Beauveria bassiana* with chemical pesticides for the control of the coffee root mealybug *Dysmicoccus texensis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). *Neotrop. Entomol.* 33: 463–467.
- Anderson T.E., Roberts D.W. 1983. Compatibility of *Beauveria bassiana* isolates with insecticide formulations used in Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) control. *J. Econ. Entomol.* 76: 1437–1441.
- Bajan C., Kmitowa K. 1982. The effect of herbicides: Simazin 50, Avadex and Antyperz on four species of entomopathogenic fungi. *Pol. Ecol. Stud.* 8 (3–4): 489–497.
- Bajan C., Kmitowa K. 1997. Thirty years studies on entomopathogenic fungi in the Institute of Ecology, PAS. *Pol. Ecol. Stud.* 23 (3–4): 133–154.
- Boucias D.G., Pendland J.C., Latge J.P. 1988. Nonspecific factors involved in attachment of entomopathogenic deuteromycetes to host insect cuticle. *Appl. Environ. Microbiol.* 54: 1795–1805.
- Fiedler Ź., Sosnowska D. 2011. Wpływ wybranych fungicydów na wzrost i zarodnikowanie grzybów owadobójczych. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 51 (2): 911–915.
- Ghini R., Kimati H. 2000. Resistência de Fungos a Fungicidas. Jaguariúna, EMBRAPA Meio Ambiente, 78 pp.
- Goetel M.S., Inglis G.D. 1997. Fungi: Hyphomycetes. p. 213–249. In: „Manual of Techniques in Insect Pathology” (L. Lacey, ed.). Academic Press, London, 409 pp.
- Li W., Fang X.F., Sheng C.F. 2004. Impact of sixteen chemical pesticides on conidial germination of two entomophthoralean fungi: *Conidiobolus thromboides* and *Pandora nouryi*. *Biocontr. Sci. Technol.* 14: 737–741.
- Majchrowicz I., Poprawski T.J. 1993. Effects in vitro of nine fungicides on growth of entomopathogenic fungi. *Biocontr. Sci. Technol.* 3: 321–336.
- Miętkiewski R., Ignatowicz S., Górski R. 1996. Porównanie wpływu BioNEMTM, insektycydu pochodzenia roślinnego i wybranych insektycydów syntetycznych na wzrost grzybni grzybów owadobójczych. *Pestycydy* 1: 15–27.
- Miętkiewski R., Miętkiewska Z., Sapięha A., Badowska-Czubik T. 1995. Wpływ herbicydów na patogeniczność grzybów entomopatogenicznych. *Zesz. Nauk. WSRP Siedlce* 37: 179–186.
- Miętkiewski R., Sapięha A., Miętkiewska Z. 1990. Wzrost grzybów owadobójczych na pożywkach zawierających herbicydy stosowane w sadownictwie. *Acta Mycol.* 25 (2): 35–50.

- Oliveira R.C., Neves P.M.O.J. 2004. Compatibility of *Beauveria bassiana* with acaricides. Neotrop. Entomol. 33 (3): 353–358.
- Prior C., Greathead D.J. 1989. Biological control of locusts: the potential for the exploitation of pathogens. FAO Plant Prot. Bull. 37: 37–48.
- Sapieha-Waszkiewicz A., Marjańska-Cichoń B., Miętkiewski R. 2010. Porównanie wpływu preparatów biotechnicznych Bioczos S, Biosept 33 SL i syntetycznych pestycydów na kiełkowanie zarodników grzybów owadobójczych. Ochr. Środ. i Zasob. Natur. 43: 117–125.
- Tkaczuk C. 2001. Wpływ wybranych pestycydów stosowanych w ochronie sadów na wzrost grzybów owadobójczych. Biul. Nauk. 12: 375–383.
- Tkaczuk C. 2008. Występowanie i potencjał infekcyjny grzybów owadobójczych w glebach agrocenoz i środowisk seminaturalnych w krajobrazie rolniczym. Rozpr. Nauk. 94. Wyd. AP Siedlce, 160 ss.
- Tkaczuk C., Łabanowska B.H., Miętkiewski R. 2004. The influence of pesticides on the growth of fungus *Hirsutella nodulosa* (Petch) – entomopathogen of strawberry mite (*Phytonemus pallidus* ssp. *fragariae* Zimm.). J. Fruit Orn. Plant Res. 12: 119–126.
- Tkaczuk C., Miętkiewski R. 2005. Effect of selected pesticides on the growth of fungi from *Hirsutella* genus isolated from phytophagous mites. J. Plant Prot. Res. 45 (3): 171–179.
- Todorova S.I., Coderre D., Duchesne R.M., Côté J.C. 1998. Compatibility of *Beauveria bassiana* with selected fungicides and herbicides. Environ. Entomol. 27: 427–433.
- Vänninen I., Hokkanen H. 1988. Effect of pesticides on four species of entomopathogenic fungi *in vitro*. Ann. Agric. Fen. 27: 345–353.