

COMPARISON OF THE ANTAGONISTIC EFFECT OF *TRICHODERMA* SPP. AND YEASTS ON PATHOGENIC *FUSARIUM* SPP. IN *IN VITRO* CONDITIONS

Summary

The aim of the study was to compare an antagonistic activity of *Trichoderma* spp. and yeasts on pathogenic *Fusarium* spp. in *in vitro* conditions. Two *Trichoderma* species (*T. viride* and *T. harzianum*), two yeast species (*Candida albicans* and *Trichosporon pullulans*) and five *Fusarium* species (*F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. oxysporum* and *F. avenaceum*) were tested. Fungi were inoculated in pairs on PDA plates and incubated in two temperatures: 20°C and 26°C. The fungi diameter was measured. *T. harzianum* and *T. viride* affected the pathogens the most and *T. pullulans* the least. Incubation temperature did not affect *Trichoderma* spp. *C. albicans* was more active in the higher temperature. Among pathogens the most vulnerable were *F. graminearum*, *F. avenaceum* and *F. oxysporum*.

Key words: antagonism, *Trichoderma* spp., yeasts, *Fusarium* spp.

PORÓWNANIE ANTAGONISTYCZNEGO ODDZIAŁYWANIA GRZYBÓW Z RODZAJU *TRICHODERMA* ORAZ GRZYBÓW DROŹDŻOIDALNYCH NA PATOGENY Z RODZAJU *FUSARIUM* W WARUNKACH *IN VITRO*

Streszczenie

Celem przeprowadzonego doświadczenia było porównanie antagonistycznego oddziaływania grzybów z rodzaju *Trichoderma* oraz grzybów drożdżoidalnych na patogeny z rodzaju *Fusarium* w warunkach *in vitro*. W badaniach wykorzystano dwa gatunki grzybów z rodzaju *Trichoderma*: *T. viride* i *T. harzianum*, dwa gatunki grzybów drożdżoidalnych: *Candida albicans* i *Trichosporon pullulans* oraz pięć gatunków patogenów z rodzaju *Fusarium*: *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. oxysporum* oraz *F. avenaceum*. Testowane grzyby wyszczepiano parami na pożywkę PDA. Doświadczenie wykonane zostało w dwóch seriach różniących się temperaturą inkubacji grzybów (20°C i 26°C). Pomiary prowadzono mierząc średnicę kolonii grzybów. Stwierdzono, że antagonistami o najsilniejszym działaniu na patogeny były *T. harzianum* oraz *T. viride*. Najłabsze oddziaływanie na rozwój *Fusarium* spp. wykazał *T. pullulans*. Temperatura nie wpłynęła istotnie na działanie grzybów z rodzaju *Trichoderma* spp., natomiast *C. albicans* wykazał większą aktywność antagonisticzną w wyższej temperaturze. Wśród patogenów najbardziej wrażliwe na działanie antagonistów były *F. graminearum*, *F. avenaceum* oraz *F. oxysporum*.

Słowa kluczowe: antagonizm, *Trichoderma* spp., drożdżaki, *Fusarium* spp.

1. Wstęp

We współczesnym rolnictwie konieczna jest walka z patogenami roślin w celu uniknięcia obniżenia wielkości i jakości plonu. Jednak stosowanie pestycydów budzi wiele obaw o ich negatywny wpływ na zdrowie człowieka oraz stan środowiska naturalnego, w tym bioróżnorodność organizmów pożytecznych. Alternatywą dla rolnictwa opartego na chemicznych środkach ochrony roślin jest rolnictwo ekologiczne i integrowane, wykorzystujące biologiczne metody ochrony upraw. Metody te polegają na wykorzystaniu naturalnych wrogów szkodników i sprawców chorób roślin.

Na szczególną uwagę zasługuje zastosowanie preparatów opartych na organizmach antagonistycznych wobec patogenów roślin. Ważną zaletą tych preparatów jest ich większe bezpieczeństwo dla konsumentów oraz środowiska naturalnego w porównaniu z chemicznymi środkami ochrony roślin. Wśród grzybów potencjałem antagonisticznym charakteryzują się m. in. grzyby z rodzaju *Trichoderma* oraz drożdżaki. Najczęściej są one izolowane z powierzchni roślin i produktów rolniczych, zatem należą do naturalnie na nich występujących. Do mechanizmów ich działania na-

leży konkurencja o składniki pokarmowe i przestrzeń, produkcja enzymów hydrolitycznych, mykopasożytnictwo, synteza antybiotyków oraz metabolitów przeciwgrzybowych i związków lotnych jak również indukcja odporności gospodarza. Działanie antagonisticzne jest zazwyczaj efektem występowania kilku mechanizmów jednocześnie [2, 3, 4, 5, 11, 21, 26, 27]. Istotnym problemem w stosowaniu organizmów antagonistycznych w ochronie roślin jest określenie skuteczności biopreparatów oraz poznanie interakcji z patogenami, innymi antagonistami oraz rośliną.

Celem przeprowadzonego doświadczenia było porównanie antagonisticznego oddziaływania grzybów z rodzaju *Trichoderma* oraz grzybów drożdżoidalnych na patogeny z rodzaju *Fusarium* w warunkach *in vitro* oraz określenie zależności między badanymi antagonistami.

2. Metodyka

W badaniach wykorzystano dwa gatunki grzybów z rodzaju *Trichoderma*: *T. viride* i *T. harzianum*, dwa gatunki grzybów drożdżoidalnych: *Candida albicans* i *Trichosporon pullulans* oraz pięć gatunków patogenów z rodzaju *Fu-*

sarium: *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. oxysporum* oraz *F. avenaceum*.

Testowane grzyby wyszczepiano w centrum płytki Petriego (90 mm) na pożywkę PDA (potato dextrose agar), parami (antagonista./patogen) w postaci dwóch krążków (5 mm) w odległości 2 cm od siebie. W ten sam sposób sprawdzono interakcję pomiędzy dwoma badanymi antagonistami (*Trichoderma* spp./grzyb drożdżoidalny). Doświadczenie wykonane zostało w dwóch seriach różniących się temperaturą inkubacji grzybów (20°C i 26°C). W każdej kombinacji zastosowano cztery powtórzenia. Obserwacje prowadzono mierząc średnicę kolonii grzybów, porównując z koloniami kontrolnymi rosnącymi pojedynczo na płytkach. Średnice kolonii grzybów mierzono co dwa dni od momentu inokulacji. Do analizy statystycznej wykorzystano pomiary wykonane po 6 dniach. Wyniki uzyskane w doświadczeniu opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji dwuczynnikowej przy użyciu testu Duncana, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

3. Wyniki i dyskusja

W doświadczeniu zaobserwowano zróżnicowane oddziaływanie grzybów antagonistycznych na badane patogeny z rodzaju *Fusarium*. Stwierdzono także różnice pomiędzy zdolnościami antagonistycznymi testowanych gatunków drożdżaków i *Trichoderma* spp.

W trakcie inkubacji w temperaturze 20°C antagoniści *T. viride* oraz *T. harzianum* najsilniej ograniczały wzrost grzybów patogennych. Natomiast *C. albicans* i *T. pullulans* w mniejszym stopniu hamowały wzrost badanych patogenów. Najbardziej wrażliwe na działanie antagonistów okazały się *F. oxysporum*, *F. graminearum* i *F. avenaceum* (tab. 1).

Najsłabszym wzrostem grzybnii wśród antagonistów w temp. 20°C charakteryzował się *T. pullulans* i w związku z tym grzyby patogennicze najmniej ograniczały jego wzrost. Antagonista *C. albicans* wykazał istotne różnice wzrostu w obecności grzyba patogennicznego *F. poae* oraz nieco mniejsze w przypadku *F. culmorum* i *F. oxysporum*. Wymienione patogeny ograniczały również wzrost pozostałych antagonistów z wyjątkiem *T. harzianum*. Najsilniejszy wpływ na ograniczenie wzrostu badanych antagonistów wykazał *F. poae* (tab. 2).

W wyższej temperaturze (26°C) nastąpiło wyraźne zróżnicowanie wpływu *C. albicans* i *T. pullulans*. Pierwszy z wymienionych drożdżaków, podobnie jak w temp. 20°C, istotnie hamował wzrost badanych patogenów, natomiast wpływ *T. pullulans* był znacznie mniejszy i najsłabiej działał jako antagonist. Odmienne wyniki uzyskał Qin i in. [18]. W ich doświadczeniu, przeprowadzonym w 25°C, *T. pullulans* charakteryzował się najsilniejszym działaniem antagonistycznym wobec patogenów.

Zaobserwowano również silniejsze niż w temp. 20°C hamujące oddziaływanie grzybów antagonistycznych *T. viride* oraz *T. harzianum*, na grzyby patogennicze, a szczególnie w stosunku do *F. graminearum* i *F. avenaceum*. Duża wrażliwość *F. graminearum* na antagonistyczne działanie grzybów z rodzaju *Trichoderma* została już zaobserwowana we wcześniejszych doświadczeniach [24]. Średnio najsłabszy wpływ wszystkich antagonistów na ograniczenie wzrostu patogenów wystąpił w przypadku *F. culmorum*. Grzyb ten w wyższej temperaturze rozwijał się najlepiej wśród badanych patogenów z rodzaju *Fusarium* (tab. 1).

Mniejsze ograniczenie grzybnii *F. culmorum* przez antagonistę *T. harzianum* zostało również udowodnione przez Semperre Ferre i Santamarina [22].

Podobnie jak w niższej temperaturze wzrost *T. pullulans* był najsłabszy w porównaniu z pozostałymi antagonistami. Również grzyby patogennicze wywierały na niego najmniej negatywne oddziaływanie. Wzrost antagonisty *C. albicans* był hamowany przez wszystkie patogeny w jednakowo silny sposób. Natomiast na *T. viride* i *T. harzianum* najsilniej wpłynęły *F. poae*, *F. oxysporum* oraz *F. avenaceum*. Ostatni z patogenów tylko na *T. viride*. Słabsze oddziaływanie na wzrost antagonistów wykazał patogen *F. culmorum*. Najsłabsze ograniczenie wzrostu antagonistów stwierdzono dla *F. graminearum* (tab. 2).

Podobne wyniki antagonistycznego hamowania wzrostu *F. moniliforme*, uzyskali również Senthil i in. [23] badając wpływ m. in. *T. viride*, *T. harzianum* oraz *C. albicans*. Doświadczenie, prowadzone w 28°C, wykazało silne hamowanie wzrostu patogena przez *T. viride* (88,8%), *T. harzianum* (77,0%) oraz nieco słabsze oddziaływanie *C. albicans* (53,7% i 49,6%). Antagonizm pomiędzy *Trichoderma* spp. a *Fusarium* spp. był również badany przez Popiel i in. [17]. Uzyskane wyniki wskazują na silne działanie *T. harzianum* oraz słabsze działanie *T. viride* na *F. culmorum*, *F. graminearum* i *F. avenaceum*. Grzyb *T. harzianum* był również dominującym antagonistą przeciwko patogenom fuzaryjnym w badaniach przeprowadzonych przez Al-Obaidy i Al-Rijabo [1], Hajieghari i in. [8] oraz Piegza i in. [16]. Natomiast silniejsze hamowanie wzrostu patogenów przez *T. viride* zostało udowodnione w doświadczeniach Gupta i in. [7], Perveen i Bokhari [14], Rajeswari i Kannabiran [19] oraz Sahi i Khalid [20].

Analiza wzajemnego oddziaływania pomiędzy badanymi gatunkami antagonistów (*Trichoderma* spp./drożdżak) wykazała, że wśród grzybów drożdżoidalnych zdecydowanie silniejszym jest *C. albicans*, który hamował istotnie wzrost obu gatunków *Trichoderma* spp. Bardziej wrażliwy na obecność *C. albicans* w niższej temperaturze okazał się *T. harzianum*. Natomiast *T. viride* - w wyższej temperaturze. *T. pullulans*, charakteryzujący się słabym wzrostem w obu zastosowanych temperaturach, nie wpływał na wzrost grzybów z rodzaju *Trichoderma* spp. (tab. 3).

W temperaturze 20°C zarówno w przypadku *T. harzianum*, jak i *T. viride* zaobserwowano silne hamujące oddziaływanie na *T. pullulans*, natomiast mniejsze, lecz nadal istotne, na *C. albicans*. Zależność ta powtórzyła się dla *T. harzianum* w wyższej temperaturze 26°C, natomiast wpływ *T. viride* na *C. albicans* był słabszy (tab. 4). Być może negatywne oddziaływanie grzybów z rodzaju *Trichoderma* na wzrost *Candida* spp. może być związane z produkowaną przez niektóre gatunki, przeciwgrzybiczną substancją ergokonin A [12, 25].

W badaniach własnych zaobserwowano zróżnicowane oddziaływanie antagonistów z rodzaju *Trichoderma* na patogeny. Szybki wzrost grzybnii *T. harzianum*, jak również późniejsza degradacja strzępek patogena, wskazują, że głównym negatywnym oddziaływaniem na rozwój grzybów patogennych była konkurencja o przestrzeń, a także mykopasożytnictwo. Wiązać się to może z opisanym przez Gremia [6] i Harman [9] wydzielaniem przez *T. harzianum* enzymów litycznych. W kombinacjach z *F. poae* oraz *F. avenaceum* pomiędzy antagonistą a patogenem wytworzyła się wyraźna strefa inhibicji uniemożliwiająca wzrost grzyba patogennicznego. Zjawisko to może wskazywać na

antybiozę, czyli zdolność *T. viride* do produkowania substancji antybiotycznych [10, 13, 15, 28]. Strefa inhibicji wystąpiła również we wszystkich kombinacjach z *C. albi-*

cans. Zaobserwowane zjawiska wymagają dalszych szczegółowych badań i potwierdzenia.

Tab. 1. Wzrost *Fusarium* spp. w poszczególnych kombinacjach po 6 dniach od inokulacji [mm]. Średnie oznaczone jednokowymi literami w obrębie wierszy lub kolumn nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$.

Table 1. *Fusarium* spp. growth after 6 days since inoculation in each combination [mm]. Averages marked with the same letters within lines and columns are statistically insignificant at $\alpha = 0,05$.

Antagonista Antagonist	20°C						26°C					
	<i>T. viride</i>	<i>T. harzianum</i>	<i>C. albicans</i>	<i>T. pullulans</i>	Kontrola <i>Fusarium</i> spp. Control Fu- sarium spp.	Średnia dla <i>Fusarium</i> sp. Average for <i>Fusarium</i> sp.	<i>T. viride</i>	<i>T. harzianum</i>	<i>C. albicans</i>	<i>T. pullulans</i>	Kontrola <i>Fusarium</i> spp. Control Fu- sarium spp.	Średnia dla <i>Fusarium</i> sp. Average for <i>Fusarium</i> sp.
<i>F. culmorum</i>	35,8 cd	37,5 c-e	55,0 jk	67,0 n	90,0 o	57,1 B	36,3 b-f	34,8 b-e	48,3 ij	76,5 l	90,0 m	57,2 D
<i>F. poae</i>	41,0 d-f	37,8 c-e	58,3 kl	63,5 l-n	90,0 o	58,1 B	36,3 b-f	34,0 b-e	46,5 h-j	64,8 k	90,0 m	54,3 C
<i>F. oxysporum</i>	34,3 c	32,5 c	46,0 f-i	41,8 e-g	51,5 ij	41,2 A	38,3 e-g	34,5 b-e	43,3 g-i	49,5 j	60,0 k	45,1 B
<i>F. graminearum</i>	26,0 b	33,8 c	45,0 f-h	48,0 hi	64,3 mn	43,4 A	26,8 a	31,5 a-c	41,8 f-h	37,5 d-g	39,0 e-g	35,3 A
<i>F. avenaceum</i>	33,3 c	33,8 c	47,5 g-i	43,5 f-h	60,0 k-m	43,6 A	32,0 a-d	30,5 ab	45,5 h-j	37,0 c-f	41,3 f-h	37,3 A
Średnia dla pato- genów w obecności antagonisty Average for the pathogens in the presence of an- tagonist	34,1 A	35,1 A	50,4 B	52,8 B	71,2 C		33,90 A	33,1 A	45,1 B	53,1 C	64,1 D	

Tab. 2. Wzrost antagonistów w poszczególnych kombinacjach po 6 dniach od inokulacji [mm]. Średnie oznaczone jednokowymi literami w obrębie wierszy lub kolumn nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$.

Table 2. Antagonists growth after 6 days since inoculation in each combination [mm]. Averages marked with the same letters within lines and columns are statistically insignificant at $\alpha = 0,05$.

Antagonista Antagonist	20°C					26°C				
	<i>T. viride</i>	<i>T. harzianum</i>	<i>C. albicans</i>	<i>T. pullulans</i>	Średnia dla antago- nistów w obecności <i>Fusarium</i> sp. Average for the antagonists in the presence of <i>Fusarium</i> sp.	<i>T. viride</i>	<i>T. harzianum</i>	<i>C. albicans</i>	<i>T. pullulans</i>	Średnia dla antagonistów w obecności <i>Fusarium</i> sp. Average for the antagonists in the <i>Fusarium</i> sp. presence
<i>F. culmorum</i>	54,3 h	90,0 i	23,3 c	11,3 a	44,7 B	63,5 d	90,0 f	30,8 b	11,8 a	49,0 C
<i>F. poae</i>	48,5 g	90,0 i	18,8 b	11,8 a	42,3 A	49,3 c	52,0 c	35,3 b	11,8 a	37,1 A
<i>F. oxysporum</i>	52,0 h	90,0 i	25,3 cd	12,3 a	44,9 B	47,3 c	50,8 c	30,5 b	12,5 a	35,3 A
<i>F. graminearum</i>	90,0 i	90,0 i	28,0 de	12,8 a	55,2 C	90,0 f	90,0 f	33,3 b	11,5 a	56,2 D
<i>F. avenaceum</i>	90,0 i	90,0 i	31,3 ef	12,8 a	56,0 C	51,5 c	77,8 e	33,3 b	12,0 a	43,6 B
Kontrola antagonisty Antagonist control	90,0 i	90,0 i	33,8 f	12,5 a	56,6 C	90,0 f	90,0 f	49,5 c	13,0 a	60,6 E
Średnia dla an- tagonisty Average for an- tagonist	70,8 C	90,0 D	26,7 B	12,2 A		65,3 C	75,1 D	35,4 B	12,1 A	

Tab. 3. Wzrost *Trichoderma* spp. w obecności grzybów drożdżoidalnych po 6 dniach od inokulacji [mm]. Średnie oznaczone jednakowymi literami w obrębie wierszy lub kolumn nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$.

Table 3. *Trichoderma* spp. growth in yeasts presence after 6 days since inoculation [mm]. Averages marked with the same letters within lines and columns are statistically insignificant at $\alpha = 0,05$.

Grzyby drożdżoidalne Yeasts	20°C				26°C			
	<i>C. albicans</i>	<i>T. pullulans</i>	Kontrola Control	Średnia dla <i>Trichoderma</i> sp. Average for <i>Trichoderma</i> sp.	<i>C. albicans</i>	<i>T. pullulans</i>	Kontrola Control	Średnia dla <i>Trichoderma</i> sp. Average for <i>Trichoderma</i> sp.
<i>Trichoderma</i> spp.								
<i>T. viride</i>	57,3 b	90,0 c	90,0 c	79,1 B	35,3 a	90,0 c	90,0 c	71,8 A
<i>T. harzianum</i>	53,0 a	90,0 c	90,0 c	77,7 A	48,3 b	90,0 c	90,0 c	76,1 B
Średnia dla drożdżaka Average for yeasts	55,1 A	90,0 B	90,0 B		41,8 A	90,0 B	90,0 B	

Tab. 4. Wzrost grzybów drożdżoidalnych w obecności *Trichoderma* spp. po 6 dniach od inokulacji [mm]. Średnie oznaczone jednakowymi literami w obrębie wierszy lub kolumn nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$.

Table 4. Yeasts growth in *Trichoderma* spp. presence after 6 days since inoculation [mm]. Averages marked with the same letters within lines and columns are statistically insignificant at $\alpha = 0,05$.

Grzyby drożdżoidalne Yeasts	20°C			26°C		
	<i>C. albicans</i>	<i>T. pullulans</i>	Średnia dla <i>Trichoderma</i> sp. Average for <i>Trichoderma</i> sp.	<i>C. albicans</i>	<i>T. pullulans</i>	Średnia dla <i>Trichoderma</i> sp. Average for <i>Trichoderma</i> sp.
<i>Trichoderma</i> spp.						
<i>T. viride</i>	25,3 b	10,8 a	18,0 A	33,3 c	11,0 a	22,1 B
<i>T. harzianum</i>	25,8 b	10,0 a	17,9 A	27,8 b	10,3 a	19,0 A
Kontrola / Control	33,8 c	12,5 a	23,1 B	49,5 d	13,0 a	31,3 C
Średnia dla drożdżaka Average for yeasts	28,3 B	11,0 A		36,8 B	11,4 A	

4. Wnioski

- Antagonistami o najsilniejszym działaniu na patogeny były *T. harzianum* oraz *T. viride*.
- Grzyb *T. pullulans* wykazał najniższy wzrost wśród antagonistów oraz najgorzej hamował rozwój patogenów.
- Grzyby z rodzaju *Trichoderma* oraz *C. albicans* wykazały większą aktywność antagonistyczną w wyższej temperaturze.
- Najbardziej wrażliwe na działanie antagonistów były *F. graminearum*, *F. avenaceum* oraz *F. oxysporum*.
- Doświadczenie wykazało negatywny wzajemny wpływ *C. albicans* oraz grzybów z rodzaju *Trichoderma*.

5. Bibliografia

- [1] Al-Obaidy O. M., Al-Rijabo M.A.: Antagonistic Activity and production of antifungal compound(s) from selected *Trichoderma* spp. J. Edu. & Sci., 2010, 23(3): 18-27.
- [2] Benitez T., Rincon A. M., Limon M. C., Codon A. C. Bio-control mechanisms of *Trichoderma* strains. Int. Microbiol., 2004, 7: 249-260.
- [3] Dharma P.: Complexity of *Trichoderma-Fusarium* interaction and manifestation of biological control. Aust. J. Crop Sci., 2011, 5(8): 1027-1038.
- [4] Droby S., Wisniewski M., Macarisin D., Wilson C.: Twenty years of postharvest biocontrol research: I sit time for a new paradigm? Postharvest Biol. Technol., 2009, 52: 137-145.
- [5] El-Tarabily K. A., Sivasithamparan K.: Potential of yeasts as biocontrol agent of soil-born fungal plant pathogens and as plant growth promoters. Mycosci., 2006, 47: 25-35.
- [6] Geremia R. A., Goldman G. H., Jacobs D., Ardiles W., Vila S. B., Montagu M. V., Herrera-Estrella A.: Molecular characterization of the proteinase-encoding gene, *prb1*, related to mycoparasitism by *Trichoderma harzianum*. Mol. Microbiol., 1993, 8: 603-613.
- [7] Gupta V. K., Mishra A. K., Gupta A., Pandey B. K., Gaur R. K.: RAPD-PCR of *Trichoderma* isolates and *in vitro* antagonism against *Fusarium* wilt pathogens of *Psidium guajava* L. J. Plant Protection Res., 2010, 50(3): 256-262.
- [8] Hajieghrari B., Torami-Giglou M., Mohammadi M. R., Davari M.: Biological potential of some Iranian *Trichoderma* isolates in the control of soil borne plant pathogenic fungi. Afr. J. Biotechnol., 2008, 7(8): 967-972.
- [9] Harman G. E., Hayes C.K., Lorito M., Broadway R. M., Di P. A., Peterbauer c., Tronsmo A.: Chitinolytic enzymem of *Trichoderma harzianum* purification of chitobiosidase and endochitinase. Phytopathol., 1993, 83: 313-318.
- [10] Itoh Y., Kodama K., Furuya K., Takahashi S., Haneishi T., Takigichi Y., Arai M. A New sesquiterpene antibiotic, heptalidic acid producing organista, fermentation, isolation and characterization. J. Antibiot., 1980, 33: 468-473.
- [11] Kordowska-Wiater M.: Drożdże jako czynniki ochrony biologicznej roślin. Post. Microbiol., 2011, 50(2): 107-119.
- [12] Kumeda Y., Asao T., Iida A., Wada S., Futami S., Fujita T.: Effects of ergokonin A produced by *Trichoderma viride* on the growth and morphological development of fungi. J. Antibacterial Antifungal Agents, 1994, 22: 663-670.
- [13] Meyer C. E., Reusser F.: A polypeptide antibacterial agent isolated from *Trichoderma viride*. Experientia, 1967, 23: 85-89.
- [14] Perveen K., Bokhari N.A.: Antagonistic activity of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* isolated from soil of date palm field against *Fusarium oxysporum*. Afr. J. Microbiol. Res., 2012, 6(13): 3348-3353.
- [15] Pezet R., Pont V., Tabacchi R.: Simple analysis of 6-pentyl- α -pyrone, a major antifungal metabolite of *Trichoderma* spp., useful for testing the antagonistic activity of these fungi. Phytochem. Anal., 1999, 10: 285-288.
- [16] Pięga M., Stolaś J., Kancelista A., Witkowska D.: Wpływ grzybów rodzaju *Trichoderma* na wzrost patogennych grzybów strzępkowych w testach biotycznych na nietypowych źródłach

- węglu. Acta Sci. Pol., Biotechnologia, 2009, 8(1): 3-14.
- [17] Popiel D., Kwaśna H., Chełkowski J., Stepień Ł., Laskowska M.: Impact of selected antagonistic fungi on *Fusarium* species – toxigenic cereal pathogens. Acta Mycol., 2008, 43(1): 29-40.
- [18] Qin G., Tian S., Xu Y.: Biocontrol of postharvest diseases on sweet cherries by four antagonistic yeasts in different storage conditions. Postharvest Biol. Technol., 2004, 31: 51-58.
- [19] Rejeswari P., Kannabiran B.: *In vitro* effects of antagonistic microorganisms on *Fusarium oxysporum* [Schlecht. Emend. Synd & Hans] infecting *Arachid hypogaea L.* J. Phytol., 2011, 3(3): 83-85.
- [20] Sahi I. Y., Khalid A. N.: *In vitro* biological control of *Fusarium oxysporum*- causing wilt in *Capsicum annum.* Myco-path., 2007, 5(2): 85-88.
- [21] Schuster A., Schmoll M.: Biology and biotechnology of *Trichoderma*. Appl. Microbiol. Biotechnol., 2010, 87: 787-799.
- [22] Sempere Ferre F., Santamarina M. P. Efficacy of *Trichoderma harzianum* in suppression of *Fusarium culmorum*. Ann. Microbiol., 2010, 60: 335-340.
- [23] Senthil R., Prabakar K., Rajendran L., Karthikeyan G.: Efficacy of different biological control agents against major postharvest pathogens of grapes under room temperature storage conditions. Phytopathol. Mediterr., 2011, 50: 55-65.
- [24] Świerczyńska I., Perek A.: Antagonistyczny wpływ *Trichoderma spp.* Na grzyby patogeniczne rodzaju *Fusarium* w warunkach *in vitro*, Progress in Plant Prot. 51(3): 2011.
- [25] Vincente M. f., Cabello A., Platas G., Brasilio A., Giacobbe R. A., Onishi J. C., Meinz M., Kurtz M. B., Rosenbach M., Thompson J., Abruzzo G., Flattery A., Kong L., Tsiouras A., Wilson K. E., Pelaez F.: Antimicrobial activity of ergokonin A from *Trichoderma longibrachiatum*. J. Appl. Microbiol., 2001, 91: 806-813.
- [26] Wiest A., Grzegorski D., Xu B., Goulard C., Rebuffat S., Ebbola A. J., Bodo B., Kenerley C.: Identification of peptaibols from *Trichoderma virens* and cloning of peptaibol synthetase. J. Biol. Chem., 2002, 277(23): 20862-20868.
- [27] Wojtkowiak-Gębarowska E.: Mechanizmy zwalczania fitopatógenów glebowych przez grzyby z rodzaju *Trichoderma*. Post. Microbiol., 2006, 45(4): 261-273.
- [28] Yamano T., Hermmi S., Yamamoto I., Tsubaki K.: Trichoviridin, a New antibiotic. Japanes Kokai, Patent Jap. 7015435, Chem. Abstr., 1970, 73: 65093.