

THE INFLUENCE OF FLAX SEED ORGANIC DRESSING ON FUNGUS FLORA DIVERSITY IN THE SOIL

Summary

The aim of this study was to assess the effect of dressing of the oil flax variety Alba seeds on the changes in composition of fungal flora in the soil (and) rhizosphere at the green maturity of flax bolls. In 2004-2005 at the Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants in Poznań, studies were carried out on the effect of seed dressing with biological preparations such as: Polyversum (containing oospores of *Pythium oligandrum*), Cedomon (containing the bacteria *Pseudomonas fluorescens*), and EM (containing a mixture of photosynthetic bacteria, lactic acid bacteria and yeasts), on fungus flora diversity in the soil. The control samples of untreated flax seeds and the seeds treated with Oxafun T 75 DS chemical seed dressing (containing carboxin and tiuram). The comparison of the results of the tests for soil fungi composition in the samples where no seed dressing was applied with the samples where biological seed dressing was used indicate that the applied seed dressing affected the fungal population in the soil. *Pythium oligandrum* inhibited most intensively the formation of fungal colonies. *Pseudomonas* bacteria had much weaker inhibition effect on the fungal growth than the chemical fungicide.

WPLYW ZAPRAWIANIA NASION LNU METODAMI EKOLOGICZNYMI NA ZRÓŻNICOWANIE FLORY GRZYBOWEJ W GLEBIE

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu zaprawiania nasion lnu włóknistego Alba na zmianę flory grzybowej w glebie, w warstwie ryzosfery. Badania wykonano w fazie zielonej dojrzałości torebek nasiennych lnu. W Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu w latach 2004-2005 badano wpływ zaprawiania nasion biologicznymi preparatami: Polyversum (zawierającym oospory *Pythium oligandrum*) oraz Cedomon (zawierającym bakterię *Pseudomonas fluorescens*), preparatem EM (zawierającym mieszaninę bakterii fotosyntetycznych, bakterii kwasu mlekowego oraz drożdży), na zróżnicowanie flory grzybowej w glebie. Kontrolę stanowiły nasiona lnu niezaprawione żadnym preparatem oraz zaprawione chemiczną Zaprawą Nasienną Oxafun T 75 DS (zawierającą karboksynę i tiuram). Wyniki składu gatunków grzybów glebowych w kombinacji, gdzie nie zastosowano żadnej zaprawy nasiennej w porównaniu z kombinacjami, gdzie do zaprawiania nasion użyto biologicznych zapraw wskazują, że zaprawy te mają wpływ na zmianę populacji grzybów w glebie. *Pythium oligandrum* najsilniej hamowało tworzenie się kolonii grzybów w glebie. Bakterie *Pseudomonas* znacznie słabiej hamowały rozwój kolonii grzybów w glebie niż fungicyd.

1. Wprowadzenie

Wyniki badań składu gatunków grzybów glebowych w obiektach z nasionami zaprawionymi i niezaprawionymi wskazują, że zastosowane zaprawy mają wpływ na zróżnicowanie flory grzybowej w glebie.

Na plantacjach lnu w Polsce od wielu lat główny problem stanowi fuzarioza lnu, choroba powodowana przez kilka gatunków grzybów z rodzaju *Fusarium*, głównie *F. oxysporum* f. sp. *lini* Schlecht. Objawy fuzariozy lnu mogą wystąpić we wszystkich fazach rozwojowych tej rośliny, powodując bardzo duże straty w plonach. Szczególnie niebezpieczne jest wystąpienie choroby w początkowym stadium kiełkowania, dlatego też najskuteczniejszą metodą ochrony lnu przed fuzariozą jest zaprawianie nasion. Biopreparaty zawierające bakterie *Pseudomonas fluorescens* [1, 2, 3], jak również bakterie fotosyntetyzujące oraz bakterie kwasu mlekowego [4] mogą zahamować rozwój grzybów patogenicznych w stosunku do rośliny. Silnym organizmem antagonistycznym w stosunku do *Fusarium oxysporum* jest *Pythium oligandrum* Dreschler, gatunek należący do królestwa *Chromista* [5, 6].

Stosowanie jako zaprawy biologicznych preparatów zawierających mikroorganizmy antagonistyczne w stosunku do patogena grzybowego oprócz ochrony przed wystą-

pieniem choroby, niesie za sobą wywołanie zmian w naturalnym składzie gatunkowym grzybów glebowych [7].

2. Cel badań

Oceniano wpływ zaprawiania nasion preparatami biologicznymi na rozwój grzybów glebowych na poziomie ryzosfery, w celu porównania z populacją grzybów w kombinacjach, gdzie nie zastosowano żadnego preparatu do zaprawiania nasion oraz zastosowano standardowy fungicyd chemiczny.

3. Materiał i metody badań

W doświadczeniu polowym uprawiano odmianę lnu włóknistego Alba, która jest średnio podatna na fuzariozę. Poletka doświadczalne założono w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Pętowie. Dwuletni cykl badań przeprowadzono w latach 2004-2005, każda kombinacja w 4 powtórzeniach, w układzie bloków losowanych. Wielkość poletka wynosiła 6 m² (5 m² do zbioru).

Do zaprawiania nasion wykorzystano następujące mikroorganizmy: bakterie *Pseudomonas aureofaciens* Kluyver (preparat Cedomon, Bioagri S.A., Uppsala, Szwecja), *Pseudomonas fluorescens* Migula (wyizolowane z korzeni

rzepaku), *Pythium oligandrum* Dresch. (preparat Polyversum, Biopreparaty, Czechy), mieszaninę bakterii fotosyntetycznych, bakterii kwasu mlekowego i drożdży (preparat EM-A, Greenland, Japonia). Oprócz kombinacji kontrolnej, którą stanowiły nasiona niezaprawione żadnym preparatem, dla porównania do cyklu doświadczeń włączono nasiona zaprawione Zaprawą Oxafun T 75 DS. (Azot Jaworzno, Polska), zawierającą karboksynę i tiuram.

Izolację grzybów z gleby przeprowadzano metodą Warcupa [8] udoskonaloną przez Mańkę [9]. Pobrane próby ziemi z pola, z każdej kombinacji dokładnie mieszano. Następnie z każdej reprezentatywnej próby odważono 5 g i wysypywano do kolby Erlenmayera, zawierającej 150 g drobnego, sterylne-go piasku kwarcowego. Całość mieszano dokładnie przez 10 minut, a uzyskaną mieszaninę o objętości 30 mm³ umieszczano na sterylnych płytkach Petri'ego, a następnie zalewano schłodzonym agarem Martina. W celu równomiernego rozmieszczenia ziemi, płytki te wprowadzano w łagodny ruch obrotowy. Po około jednodobnym okresie inkubacji w temperaturze 22°C kolonie grzybów odczepiano na skosy pożywki PDA do dalszej identyfikacji. Kultury grzybów opisane makro i mikroskopowo oznaczano do rodzaju i gatunku [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

Uzyskane wyniki poddano statystycznej analizie wa-

riancji (rok, gatunek grzyba, zaprawa nasienna). Badano wpływ poszczególnych czynników na liczbę występujących kolonii grzybów na poletkach, gdzie zastosowano różne biopreparaty. Analizowano interakcję między występowaniem grzybów w glebie a preparatami do zaprawiania nasion. Dla oceny występowania grzybów w glebie z lmem przeprowadzono analizę kontrastową [18, 19].

4. Wyniki badań

W 2003 roku najliczniej występowały następujące gatunki grzybów: *Fusarium solani* Sacc., *Alternaria* sp. Nees ex Fr., *Fusarium chlamydosporum* Wollenw. et Reinking, *Penicillium Janczewski* Zaleski oraz *Acremonium falciforme* (Carrion) W. Gams a w roku 2004 *Alternaria* sp Nees ex Fr., *Fusarium chlamydosporum* Wollenw. et Reinking, *F. solani* Sacc., *Phoma eupyrea* Sacc., *Penicillium lividum* Westling i *P. Janczewski* Zaleski (tab. 1).

Skład gatunkowy grzybów wyizolowanych z próbek gleb, pobranych z poszczególnych kombinacji doświadczenia był podobny, ale występowała różnica w ich liczebności (tab. 2). Liczba wyizolowanych kolonii grzybów w obydwu latach doświadczenia była najwyższa w glebie, gdzie nasiona lnu nie zaprawiono żadnym preparatem (tab. 1)

Tab. 1. Występowanie grzybów w glebie z poletek gdzie nasiona lnu nie zaprawiono żadnym preparatem
Table 1 Occurrence of fungi in soil of plots with flax plants grown from not treated seeds

Grzyby /Fungi	Kolonie tworzące jednostki grzybowe (10 ⁴ x g ⁻¹ ziemi) /Colonies forming units of fungi (10 ⁴ x g ⁻¹ of soil)	
	2003	2004
<i>Acremonium falciforme</i> (Carrion) W. Gams	7.2 ^d	6.1 ^{cdefg}
<i>Alternaria</i> sp. Nees ex Fr.	14.5 ^{ab}	14.0 ^a
<i>Chrysosporium pannorum</i> (Link) Hughes	3.6 ^{fg}	3.0 ^{ghi}
<i>Cladosporium</i> sp. Fres.	7.2 ^d	8.5 ^{bc}
<i>Fusarium chlamydosporum</i> Wollenw. et Reinking	14.2 ^{ab}	12.9 ^a
<i>F. gibbosum</i> Appel et Wollenw.	7.2 ^d	6.1 ^{cdefg}
<i>F. merismoides</i> Corda	0.1 ^j	4.6 ^{defgh}
<i>F. oxysporum</i> Schlecht.	15.4 ^a	10.9 ^{ab}
<i>F. solani</i> Sacc.	13.0 ^{bc}	4.6 ^{defgh}
<i>F. venenatum</i> Schwabe	4.5 ^{ef}	5.7 ^{cdefgh}
<i>Gliocladium penicilloides</i> Corda	6.2 ^{de}	6.1 ^{cdefg}
<i>Gonytrichum</i> sp. (Grove) Höhnelt	3.0 ^{fghi}	0.0 ⁱ
<i>Microdochium nivale</i> Samuels et Hallett	0.2 ^j	7.0 ^{cdef}
<i>Mortierella polycephala</i> Coemans	0.1 ^j	7.4 ^{cde}
<i>Phoma eupyrea</i> Sacc.	3.3 ^{fgh}	7.0 ^{cdef}
<i>P. exigua</i> Desm.	7.5 ^d	3.8 ^{fgh}
<i>P. finetti</i> Sialer, Ciancio, Gallitelli	7.2 ^d	4.6 ^{defgh}
<i>P. hedericola</i> Boerema	3.6 ^{fg}	3.8 ^{fgh}
<i>Penicillium adametzi</i> Zaleski	7.8 ^d	7.0 ^{cdef}
<i>P. citrinum</i> Thom	3.6 ^{fg}	0.0 ⁱ
<i>P. janczewski</i> Zaleski	11.0 ^c	8.9 ^{bc}
<i>P. lividum</i> Westling	1.5 ^{ij}	2.7 ^{hi}
<i>P. nigricans</i> (Bankier) Thom	2.7 ^{ghi}	4.2 ^{efgh}
<i>P. purpurogenum</i> Stoll	3.0 ^{fghi}	0.0 ⁱ
<i>P. vinaceum</i> Gilman & Abbott	8.1 ^d	6.6 ^{cdef}
<i>P. waksmani</i> Zaleski	8.1 ^d	5.7 ^{cdefgh}
<i>P. vermiculatum</i> Dangeard	12.1 ^c	7.7 ^{bcd}
<i>Trichoderma coningii</i> Oud.	3.6 ^{fg}	7.4 ^{cde}
<i>T. viride</i> Pers. ex Gray	1.8 ^{hi}	0.0 ⁱ
<i>Ulocladium botrytis</i> Preuss	1.5 ^{ij}	5.7 ^{cdefgh}
<i>Umbelopsis vinacea</i> (Dixon-Stewart) von Arx	7.2 ^d	0.0 ⁱ
Razem /Total	190.0	172.0

* w kolumnach z jednakowymi literami nie występują istotne różnice /* in columns means followed by the same letters are not significantly different

W kombinacjach z biopreparatami i badanymi substancjami biologicznymi uzyskano znacznie mniej izolatów grzybów niż w kombinacji kontrolnej (tab. 2). W obydwu latach doświadczeń najwięcej kolonii grzybów odnotowano po zastosowaniu biopreparatu EM-A i Cedomon. Najmniej kolonii grzybów zarówno w roku 2003 jak i 2004 uzyskano w kombinacjach z preparatem Polyversum oraz Zaprawą Oxafum T. (tab. 3 i 4).

Analiza kontrastowa występowania grzybów w ziemi, wy

kazująca istotne różnice liczebności kolonii między kombinacją kontrolną a pozostałymi zaprawami wykazała, że w 2003 roku, we wszystkich kombinacjach doświadczenia występowanie gatunków *Fusarium merismoides* Corda, *Mortierella polycephala* Coemans, *Trichoderma viride* Pers. ex Gray i *Trichoderma viride coningii* Oud było podobne do kombinacji kontrolnej (tab. 3). W 2004 roku we wszystkich kombinacjach doświadczenia występowanie gatunku *Penicillium vermiculatum* Dangeard było podobne jak w kombinacji kontrolnej.

Tab. 2. Występowanie grzybów w glebie z poletek gdzie nasiona lnu zaprawiono różnymi preparatami

Table 2. Occurrence of fungi in soil of plots with flax plants grown from seeds treated in different way

Zastosowane zaprawy do nasion przed siewem /Treatments of seeds before sowing		Liczba kolonii tworzących jednostki grzybowe ($10^4 \times g^{-1}$ ziemi) /Colonies forming units of fungi ($10^5 \times g^{-1}$ of soil)*		
Preparat /Preparations (substances)	ml(g)/1 kg nasion /ml(g)/1kg of seeds	2003	2004	
1. Kontrola /Control	-	19.0 ^a	17.2 ^a	
2. Zaprawa Oxafun T 75DS	3	5.4 ^g	6.6 ^e	
3. Cedomon	15	8.2 ^e	7.9 ^e	
4. PSR	10	7.1 ^f	7.5 ^e	
5. Polyversum	5	4.9 ^g	4.6 ^f	
6. EM-A	50	12.3 ^b	13.2 ^b	

* w kolumnach z jednakowymi literami nie występują istotne różnice /* in columns means followed by the same letters are not significantly different

Tab. 3. Analiza kontrastowa występowania grzybów w ziemi z lnem włóknistym (Pętkowo 2003)

Table 3. Contrast analysis of occurrence of fungi in soil with riber flax (Petkovo, 2003)

Grzyby /Fungi	Istotne różnice między poszczególnymi zaprawami /Significant differences between treatments*			
	1-2	1-3,4	1-5	1-6
<i>Acremonium falciforme</i>	+ [#]	+++	+++	+++
<i>Alternaria</i> sp.	+++	+++	+++	+++
<i>Chrysosporium pannorum</i>	+++	+++	+++	+++
<i>Cladosporium</i> sp.	+++	+++	+++	+
<i>Fusarium chlamydosporum</i>	+++	+++	+++	+++
<i>F. gibbosum</i>	+++	+++	+++	+++
<i>F. merismoides</i>	0	0	0	---
<i>F. oxysporum</i>	+++	+++	+++	+++
<i>F. solani</i>	+++	+++	+++	+++
<i>F. venenatum</i>	-	+++	+++	+++
<i>Gliocladium penicilloides</i>	+++	+++	+++	+++
<i>Gonytrichum</i> sp.	+++	0	+++	+++
<i>Microdochium nivale</i>	+++	0	+++	+++
<i>Mortierella polycephala</i>	0	0	0	---
<i>Phoma eupyrena</i>	+++	0	++	0
<i>P. exigua</i>	+++	+++	+++	+++
<i>P. finetti</i>	+++	+++	+++	+++
<i>P. hedericola</i>	++	++	+++	0
<i>Penicillium adametzi</i>	+++	+++	+++	+++
<i>P. citrinum</i>	+++	+	+++	--
<i>P. janczewski</i>	+++	+++	+++	+++
<i>P. lividum</i>	+++	-	0	0
<i>P. nigricans</i>	+++	0	--	++
<i>P. purpurogenum</i>	+++	+++	+++	---
<i>P. vinaceum</i>	+++	+++	+++	+++
<i>P. waksmani</i>	+++	+++	+++	+++
<i>P. vermiculatum</i>	+++	+++	+++	+++
<i>Trichoderma koningii</i>	0	0	-	0
<i>T. viride</i>	0	---	--	0
<i>Ulocladium botrytis</i>	0	0	0	+++
<i>Umbelopsis vinacea</i>	+++	+++	+++	+++

* numery kombinacji z opisem są wymienione w tab. 2, /* numbers of treatments are explained in table 2

+, ++, +++ (-, --, ---) oznaczają wartości kontrastowe pozytywne (negatywne) przy poziomie istotności odpowiednio 0.05, 0.01, 0.001 / # - +, ++, +++ (-, --, ---) means significant positive (negative) contrast value at 0.05, 0.01, 0.001 level, respectively, 0 - means statistically not significant contrast value

Tab. 4. Analiza kontrastowa występowania grzybów w ziemi z lnem włóknistym (Pętkowo 2004)
 Table 4. Contrast analysis for occurrence of fungi in soil with flax 'Alba' (Petkovo, 2004)

Grzyby /Fungi	Istotne różnice między poszczególnymi zaprawami /Significant differences between treatments*			
	1-2	1-3,4	1-5	1-6
<i>Acremonium falciforme</i>	0 [#]	+++	+++	0
<i>Alternaria</i> sp.	+++	+++	+++	+++
<i>Chrysosporium pannorum</i>	+	0	0	0
<i>Cladosporium</i> sp.	+++	+++	+++	0
<i>Fusarium chlamyosporum</i>	0	0	+	+
<i>F. gibbosum</i>	+++	+++	+++	+++
<i>F. merismoides</i>	+++	++	+++	0
<i>F. oxysporum</i>	+++	+++	+++	+++
<i>F. solani</i>	+++	+++	+++	+++
<i>F. venenatum</i>	+	0	+++	---
<i>Gliocladium penicilloides</i>	++	+++	+++	++
<i>Microdochium nivale</i>	++	+++	+++	0
<i>Mortierella polycephala</i>	+++	+++	+++	0
<i>Phoma eupyrena</i>	+++	+++	+++	0
<i>P. exigua</i>	+++	+	0	+++
<i>P. finetti</i>	+++	+	++	0
<i>P. hedericola</i>	0	+++	+++	-
<i>Penicillium adametzi</i>	+++	+	+++	0
<i>P. janczewski</i>	+	+	+++	--
<i>P. lividum</i>	+++	+++	+++	0
<i>P. nigricans</i>	+++	+++	+++	0
<i>P. vinaceum</i>	++	0	+	0
<i>P. waksmani</i>	+++	+++	+++	0
<i>P. vermiculatum</i>	0	--	0	---
<i>Trichoderma koningii</i>	+++	+++	+++	+++
<i>Ulocladium botrytis</i>	+	++	+++	0

* numery kombinacji z opisem są wymienione w tab. 2, /* numbers of treatments are explained in table 2

-, ++, +++ (-, --, ---) oznaczają wartości kontrastowe pozytywne (negatywne) przy poziomie istotności odpowiednio 0.05, 0.01, 0.001

[#] -, ++, +++ (-, --, ---) means significant positive (negative) contrast value at 0.05, 0.01, 0.001 level, respectively, 0 – means statistically not significant contrast value

5. Dyskusja

Mikroorganizmy glebowe silnie reagują na zabiegi agrotechniczne jak i na zmiany klimatyczne [20]. Skład gatunkowy populacji zależy od typu gleby [21], nawożenia i wilgotności gleby [23], płodozmianu [22, 23] i wielu innych czynników. Stosowanie fungicydów czy biopreparatów do zaprawiania nasion również ma wpływ na zmianę składu gatunkowego grzybów w glebie. Aktywność mikrobiologiczna gleby zmienia się przez zastosowane fungicydy i inne pestycydy [24, 25, 26]. Zaprawa Oxafun T 75 DS wpłynęła na zmniejszenie liczby gatunków grzybów w glebie w stosunku do kombinacji kontrolnej. Zaprawianie nasion preparatami zawierającymi oospory *Pythium oligandrum* powoduje zmniejszenie populacji grzybów glebowych [27], co również zaobserwowano w powyższych badaniach. Preparat Polyversum zadziałał znacznie niż Zaprawa Oxafun T 75 DS. Zaobserwowano, że zaprawianie nasion lnu włóknistego preparatami zawierającymi bakterie z rodzaju *Pseudomonas* (*fluorescens* i *aureofaciens*), także obniżają liczbę gatunków grzybów w warstwie ryzosfery. Najslabiej ogólną liczbę kolonii grzybowych w glebie obniżał preparat EM-A. Może być to związane z dużą liczbą różnych gatunków występujących w preparacie EM-A.

Różnice w składzie gatunkowym grzybów glebowych i ich liczbie w poszczególnych latach spowodowane są zapewne między innymi różnymi warunkami pogodowymi, panującymi w 2004 i 2005 roku.

6. Wnioski

1. Zaprawianie nasion ma wpływ na populację grzybów w glebie.
2. Najwięcej kolonii grzybów występowało w glebie, gdzie nasiona lnu nie były zaprawione żadnym preparatem.
3. Zaprawy chemiczne obniżają liczbę kolonii grzybów w glebie.
4. Preparat Polyversum zawierający oospory *Pythium oligandrum* silniej niż Zaprawa Oxafun T 75 DS obniżył liczbę kolonii grzybów w glebie.
5. Grzyby *Fusarium merismoides*, *Mortierella polycephala* i *Trichoderma viride* (2003) oraz *Penicillium vermiculatum* (2004) we wszystkich kombinacjach doświadczenia występowały w podobnej liczbie oraz w kombinacji kontrolnej.

7. Literatura

- [1] Capper A.I., Higgins K.P.: Application of *Pseudomonas fluorescens* isolates to wheat as potential biological control agents against take-all. Plant Pathol., 1993, 42, 560.
- [2] Pierson E.A., Weller D.M.: Use of mixtures of fluorescent *Pseudomonas* to suppress take-all and improve the growth of wheat. Phytopathology, 1994, 84, 940.
- [3] Amein T., Weber Z.: Seed treatment with strains of *Pseudomonas fluorescens* as potential biocontrol agents of wheat take-all. J. Plant Dis. Protect., 2002, 109, 655.

- [4] Markellou E., Malathrakis N.E., Walker R., Edwards S.G., Powell A.A., Seddon B.: Characterisation of bacterial antagonists to *Botrytis cinerea* from the biotic environment and its importance with respect to *Bacillus* species and biocontrol considerations. In: Mańka M. (ed) Environmental Biotic Factors In Integrated Plant Disease Control. Proceedings of 3rd Conference of European Foundation for Plant Pathology. The Polish Phytopathological Society, Poznań, 1995, pp. 385-389.
- [5] Foley M.F., Deacon J.W.: Susceptibility of *Pythium* spp. and other fungi to antagonism by the mycoparasite *Pythium oligandrum*. *Soil Biol.*, 1986, 18, 91.
- [6] Handelsman J., Stabb E.V.: Biocontrol of soilborne plant pathogens. *Plant Cell*, 1996, 8, 1855.
- [7] Warcup J.H.: The soil plate method for isolation of fungi from soil. *Nature*, 1950, 166, 117.
- [8] Mańka K.: Historical background to the study of fungal biotic interactions in soil. In: Mańka M. (ed) Environmental Biotic Factors In Integrated Plant Disease Control. Proceedings of 3rd Conference of European Foundation for Plant Pathology. The Polish Phytopathological Society, Poznań, 1995, pp. 21-26.
- [9] Mańka K., Błońska A., Wnękowski S.: Researches on the composition of the microflora of several kinds of soils and its reaction on the development of some parasitic soil fungi. *Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roślin*, 1961, 3 (2), 145.
- [10] Ellis M.B. More *Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute: Kew, Surrey, 1971, pp. 1-608.
- [11] Gams W. *Cephalosporium-artige Schimmelpilze (Hyphomycetes)*. Gustav Fischer Verlag: Jena, 1971, pp. 1-262.
- [12] Gerlach W., Nirenberg H.: *The Genus Fusarium – a Pictorial Atlas*. Herausgegeben von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Mikrobiologie: Berlin-Dahlem, 1982, pp. 1-407.
- [13] Nelson P.E., Toussoun T.A., Marasas W.F.O.: *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press: University Park and London, 1983, pp. 1-193.
- [14] Raper K.B., Thom C.H., Fennel D.: *A manual of the Penicillia*. Hafner Publishing Comp.: New York a. London, 1968, pp. 1-875.
- [15] Rifai M.A.: A revision of the genus *Trichoderma*. *Mycol Papers*, 1969, 116, pp. 1-56.
- [16] Sutton B.C.: *The Coelomycetes*. Commonwealth Mycological Institute: Kew, Surrey, 1980, pp. 1-696.
- [17] Zycha H., Siepmann R.: *Mucorales*. Verlag von J. Cramer: Münden, 1969, pp. 1-355.
- [18] Steiger J.H.: Beyond the F test: Effect size confidence intervals and tests of close fit in the analysis of variance and contrast analysis. *Psychol. Methods*, 2004, 9, 164.
- [19] Payne R., Murrey D., Harding S., Baird D., Soutou D., Lane P.: *GenStat for Windows (7th edition) – Introduction*. VSN International, Oxford, 2003, pp. 1-342.
- [20] Doran J.W., Zeiss M.R.: Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Appl. Soil Ecol.*, 2000, 15, 3.
- [21] Mańka K., Błońska A., Wnękowski S.: Researches on the composition of the microflora of several kinds of soils and its reaction on the development of some parasitic soil fungi. *Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roślin*, 1961, 3 (2), 145.
- [22] Weber Z.: Occurrence of soil fungi on potato plantation. *Acta Mycol.*, 1977, 13 (1), 125.
- [23] Płażkowska E.: Investigation on health of winter wheat after different forecrops. *Zesz. Nauk. AR Wrocław*, 1996, 67 (300), 67.
- [24] Martinez-Toledo M.V., Salmeron V., Rodelas B., Pozo C., Gonzalez-Lopez J.: Effects of the fungicide Captan on some functional groups of soil microflora. *Appl. Soil Ecol.*, 1998, 7, 245.
- [25] Smith M.D., Hartnett D.C., Rice C.W.: Effects of long-term fungicide applications on microbial properties in tallgrass prairie soil. *Soil Biol. Biochem.*, 2000, 32, 935.
- [26] Chen S.K., Edwards C.A., Subler S.: A microcosm approach for evaluating the effects of the fungicides benomyl and captan on soil ecological processes and plant growth. *Appl. Soil Ecol.*, 2001, 18, 69.
- [27] Pastucha A., Kołodziej B.: Microbial communities in the soil under forest – grown American ginseng. *Acta Agrobot.*, 2005, 58 (2), 179.