

HANNA KWAŚNA, PIOTR ŁAKOMY, ROMAN GORNOWICZ, JOLANTA BOROWCZYK-BEHNKE, ROBERT KUŹMIŃSKI

Wpływ sposobu przygotowania gleby na aktywność biologiczną gleby względem patogenów korzeni w 40-letnim drzewostanie sosnowym*

Effect of pre-planting soil preparation on biological activity of soil towards root rot pathogens in 40-year-old Scots pine stand

ABSTRACT

Kwaśna H., Łakomy P., Gornowicz R., Borowczyk-Behnke J., Kuźmiński R. 2015. Wpływ sposobu przygotowania gleby na aktywność biologiczną gleby względem patogenów korzeni w 40-letnim drzewostanie sosnowym. Sylwan 159 (2): 117-125.

Effects of pre-planting soil preparation on the clear-cut on the community structure of soil fungi and bacteria, their possible biological activity towards *Armillaria* and *Heterobasidion*, and mortality of Scots pine trees were studied in 40-year-old Scots pine plantation in Międzychód Forest District (W Poland). Pre-planting soil preparation included: (i) deep ploughing, (ii) shallow furrowing, (iii) making holes for planting, and (iv) shallow turning of the topsoil. The soil-dilution method was used for detection of fungi and bacteria in soil. Morphotyping was used for identification of fungi. Phenotypic traits and biochemical properties were used for identification of bacteria. Molecular method, MID-66 or BIOLOG® systems were additionally applied for identification of the most common bacteria. Deep furrowing, making holes for planting or shallow turning of the topsoil before planting increased abundance of fungi and bacteria in soil 40 years after treatment. Increased abundance of fungi and bacteria was associated with increased presence of taxa considered as antagonistic to *Armillaria* and *Heterobasidion*. The highest mortality of Scots pines was observed on sites with deep ploughing or shallow furrowing before planting, while the lowest mortality was found on sites with making holes for planting or shallow turning of the topsoil. The majority of dead trees were infected by *H. annosum*. Moderate intervention into the soil habitat on the clear-cut site before planting of Scots pine seedlings seems to create the habitat beneficial for the future growth of trees.

KEY WORDS

Armillaria, *Heterobasidion*, Scots pine, soil preparation, soil suppressiveness

ADDRESSES

Hanna Kwaśna ⁽¹⁾ – e-mail: kwasna@up.poznan.pl
 Piotr Łakomy ⁽¹⁾ – e-mail: plakomy@up.poznan.pl
 Roman Gornowicz ⁽²⁾ – e-mail: gornowic@up.poznan.pl
 Jolanta Borowczyk-Behnke ⁽¹⁾ – e-mail: jbehnke@up.poznan.pl
 Robert Kuźmiński ⁽³⁾ – e-mail: kuzminski@up.poznan.pl

⁽¹⁾ Katedra Fitopatologii Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań

⁽²⁾ Katedra Techniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań

⁽³⁾ Katedra Entomologii Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań

*Badania zostały sfinansowane ze środków Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych.

Wstęp

Armillaria i *Heterobasidion* to najważniejsi sprawcy chorób systemu korzeniowego drzew leśnych w klimacie umiarkowanym. Oba są groźne dla drzew iglastych i liściastych, zwłaszcza młodych (3-20 lat). Powodują straty w przyroście bieżącym, zwiększają śmiertelność drzew, rozluźniają zwarcie drzewostanu i mają duży wpływ na ekosystem leśny. Następstwem chorób są żery owadów, głównie szkodników wtórnych, powodujących dodatkową redukcję aparatu asymilacyjnego drzew. Dochodzi do zmian w strukturze drzewostanów, różnorodności biologicznej oraz w rozkładzie i krążeniu pierwiastków, a także do spadku produkcji surowca drzewnego. W 2013 roku opieńkowa zgnilizna korzeni (*Armillaria* spp.) i korzeniowiec sosnowy (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) w stopniu silnym wystąpiły w Polsce odpowiednio na 83 800 i 136 200 ha [Małecka 2013]. Roczne straty z powodu występowania obu chorób w Europie szacuje się na 1,5 miliarda euro [Samils i in. 2008].

Właściwości fizykochemiczne gleby kształtują jej właściwości biologiczne i fitosanitarne. Różne postępowanie z pozostałościami zrębowymi i różne przygotowanie gleby na zrębie wpływają poprzez zmianę stosunków wodno-powietrznych i pokarmowych na skład zbiorowisk mikroorganizmów glebowych, które mogą kształtować oporność gleby w stosunku do patogenów korzeni, m.in. *Armillaria* i *Heterobasidion*, w późniejszym okresie wzrostu drzew.

Indukcja oporności gleby w stosunku do patogenów glebowych nie jest efektem trwałym. Z reguły ustępuje po wyczerpaniu się stymulanta, czyli wprowadzonej materii organicznej. Trwałość efektu zależy od ilości i rozmiarów materii organicznej, stopnia zmieszania z glebą, tempa rozkładu dyktowanego przez właściwości fizykochemiczne gleby i warunki środowiska [Kwaśna i in. 2015].

Celem badań było poznanie wpływu różnych sposobów przygotowania gleby na: (i) ilościowy i jakościowy skład zbiorowisk mikroorganizmów glebowych, (ii) zakres bioróżnorodności gatunkowej mikroorganizmów, (iii) potencjalną aktywność biologiczną gleby w stosunku do *Armillaria* i *Heterobasidion*, (iv) zdrowotność sosny zwyczajnej, (v) stopień porażenia sosny przez *Armillaria* i *H. annosum* 40 lat po zastosowanych zabiegach.

Materiał i metody

POWIERZCHNIA DOŚWIADCZALNA I JEJ CHARAKTERYSTYKA. Powierzchnia z 40-letnią sosną zwyczajną (*Pinus sylvestris* L.) założona dla celów doświadczalnych znajdowała się w północno-zachodniej Polsce, w nadleśnictwie Międzychód, oddz. 30 (52°36'03,60"N 15°53'23,58"E). Na powierzchni występuje gleba bielcowa na piasku słabogliniastym zalegającym płytko na piasku luźnym. Zawierała piasek luźny – 95,5%, pyły – 4%, iły – 1,4%. Średnia zawartość składników odżywczych w poziomie próchnicznym w momencie pobierania próby wynosiła: węgiel organiczny (C) – 44,60%, azot (N) – 1,31%, stosunek C:N=34. Czterdzieści lat wcześniej na zrębie przed założeniem uprawy zastosowano następujące sposoby przygotowania gleby: 1 – pełną głęboką orkę pługiem PGL, 2 – wyoranie bruzd na głębokość 20 cm pługiem talerzowym aktywnym, 3 – wykonanie jamek świdrem i 4 – wruszenie gleby broną talerzową na krzyż. W kombinacji były cztery rozmieszczone losowo powtórzenia, 400 m² każde. Kontrolę stanowiło tradycyjne postępowanie gospodarcze – pozostawienie pozostałości zrębowych, a następnie wyoranie bruzd pługiem PGL.

SPOSÓB POBIERANIA I PRZYGOTOWANIA GLEBY DO ANALIZ. W lipcu 2011 roku z każdego powtórzenia każdej kombinacji pobrano 10×100 g gleby z poziomu A1 (10-15 cm głębokości), z miejsc

odległych od siebie o 5-6 m. W laboratorium próby indywidualne łączono, przesiewano przez sito o średnicy oczek 3 mm i dokładnie mieszano przez 20-minutowe toczenie, tworząc w ten sposób próbę zbiorczą gleby.

IZOLACJA I IDENTYFIKACJA GRZYBÓW GLEBOWYCH. Izolację wykonano klasyczną metodą rozcieńczeń Warcupa [1950] w modyfikacji Mańki [1964]. Kultury reprezentacyjne identyfikowano na podstawie cech morfologicznych na pożywkach specjalistycznych.

IZOLACJA I IDENTYFIKACJA BAKTERII GLEBOWYCH. Izolację wykonano metodą posiewu ilościowego po 3-krotnym seryjnym rozcieńczeniu przesącza z gleby. Kultury reprezentacyjne identyfikowano na podstawie cech fenotypowych i właściwości biochemicznych oraz metodą molekularną (sekwencjonowanie 16S rRNA), zestawem Microgen MID-66 i systemem BIOLOG®.

OCENA ZDROWONOŚCI SOSNY. Zamarłe i zamierające sosny oceniano w 2011 roku na podstawie objawów (głównie etiologicznych) *Armillaria* i *Heterobasidion* (płaty grzybniowe, wycieki żywicy, ryzomorfy, owocniki, zgnilizna drewna). Z owocników i drewna izolowano grzybnię i identyfikowano gatunki za pomocą testów zgodności genetycznej [Korhonen 1978a, b].

ANALIZA STATYSTYCZNA. Różnice między liczebnością mikroorganizmów w poszczególnych kombinacjach analizowano przy pomocy testu χ^2 , zgodnie ze wzorem:

$$\chi^2 = \sum (n_i - nP_i)^2 / nP_i, i=1$$

gdzie:

n – liczba izolatów,

P – prawdopodobieństwo wystąpienia.

Dla wykazania zależności między liczebnością grzybów antagonistycznych w glebie i śmiertelnością sosny zwyczajnej zastosowano analizę korelacji i regresji.

Wyniki

W glebie 40-letniego drzewostanu sosnowego w Międzychodzie stwierdzono występowanie 62 gatunków grzybów i nielicznych gatunków bakterii. Sporadycznie wystąpiły grzyby z gromady *Zygomycota* (*Mortierella* spp.). Licznie reprezentowana była gromada *Ascomycota*. Najwięcej grzybów izolowano po wzruszeniu gleby broną talerzową na krzyż. Niewiele mniej po wykonaniu jamek świdrem, a najmniej po wyoraniu bruzd na głębokość 20 cm pługiem talerzowym aktywnym. Gatunki bardziej liczne zgrupowane na podstawie taksonomii i funkcji prezentuje tabela. Mniej liczne *Ascomycota* (z frekwencją <1%), obejmowały *Acremonium fusidoides* (Nicot) W. Gams, *Aspergillus* spp., *Candida albicans* (C.P. Robin) Berkhout, *Chaetomium aureum* Chivers, *Cladosporium* spp., *Geomyces pannorum* (Link) Sigler & J.W. Carmich., *Humicola* spp., *Leptosphaeria coniothyrium* (Fuckel) Sacc., *Sphaerodes fimicola* (E.C. Hansen) P. F. Cannon & D. Hawksw. Tylko 9 gatunków (*Memnoniella echinata*, *Oidiodendron scytaloides*, *Penicillium adametzii*, *P. daleae*, *P. janczewskii*, *P. spinulosum*, *P. steckii*, *Tolypocladium geodes* i *Trichoderma viride*) wystąpiło na wszystkich badanych powierzchniach, a 28 gatunków grzybów wystąpiło tylko na jednej powierzchni.

Najwięcej grzybów określanych w literaturze jako antagonistyczne w stosunku do *Armillaria* i *Heterobasidion* (*Clonostachys* + *Gliocladium* + *Penicillium* + *Talaromyces* + *Trichoderma*) wystąpiło po przygotowaniu gleby w jamki wykonane świdrem (1079 izolatów) lub wzruszeniu gleby broną talerzową na krzyż (910 izolatów). Potencjalne stymulanty obu patogenów (*Humicola fuscoatra* Traaen, *H. grisea* Traaen, *Phialophora bubakii* (Laxa) Schol-Schwarz) wystąpiły nielicznie.

Tabela.

Liczoność grzybów i bakterii w glebie 40-letniego drzewostanu sosnowego rosnącego na glebie przygotowanej po zrzębie za pomocą pełnej głębokiej orki pługiem PGL (Plug PGL), wyorania bruzd na głębokość 20 cm pługiem talerzowym aktywnym (Plug talerzowy), wykonania jamek świrdrem (Jamki), wzruszenia gleby broną talerzową na krzyż (Brona) i w wariancie kontrolnym (Kontrola)

Abundance of fungi and bacteria in soil of the 40-year-old Scots pine plantation growing on soils prepared on the clear cut with deep ploughing (Plug PGL), shallow furrowing (Plug talerzowy), making holes for planting (Jamki), shallow turning of the topsoil (Brona) and in the control (Kontrola)

Takson Taxon	Plug PGL Deep ploughing	Plug talerzowy Shallow furrowing	Jamki Making holes for planting	Brona Shallow turning of the topsoil	Kontrola Control
Grzyby z gromady <i>Ascomycota</i> Fungi from division <i>Ascomycota</i>					
<i>Clonostachys candelabrum</i> (Bonord.) Schroers + <i>Gliocladium virens</i> J.H. Mill., Giddens & A.A. Foster + <i>Trichoderma fertile</i> Bissett, <i>T. aurroviride</i> Rifai, <i>T. hamatum</i> (Bonord.) Baimier, <i>T. koningii</i> Oudem., <i>T. longibrachiatum</i> Rifai, <i>T. polysporum</i> (Link) Rifai, <i>T. pseudokoningii</i> Rifai, <i>T. viride</i> Pers. <i>Monnionella echinata</i> (Rivolta) Galloway	9a	20a	17a	64	57
<i>Penicillium adametsii</i> Zaleski + <i>P. citreonigrum</i> Dierckx, <i>P. daleae</i> Zaleski, <i>P. janeczowskii</i> Zaleski, <i>P. spinulosum</i> Thom, <i>P. steckii</i> Zaleski, <i>P. terlikowskii</i> Zaleski, <i>Talaromyces funiculosus</i> (Thom) Samson, Yilmaz, Frisvad & Seifert, <i>T. pinophilus</i> (Hedge.) Samson, Yilmaz, Frisvad & Seifert, <i>T. variabilis</i> (Sopp) Samson, Yilmaz, Frisvad & Seifert	25	50	29	8	22
<i>Tolypocladium godes</i> W. Gams	333e+443a	93e+588a	199e+832a	544e+223a	1172+612
Grzyby mykoryzowe Mycorrhizal fungi	14	25	31	78	14
<i>Othodendron chlamydosporicum</i> Morrall, <i>O. griseum</i> Robak, <i>O. periconioides</i> Morrall, <i>O. rhodogonium</i> Robak, <i>O. sylvaticoides</i> W. Gams & B.E. Söderstr., <i>O. tenuissimum</i> (Peck) S. Hughes	32	46	53a	242a	33
Entomofagi i nematofagi Entomophagous and nematophagous fungi	5	30a	0	1	1
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.-Criv.) Vuill., <i>Isaria farinosa</i> (Holmsk.) Fr. + <i>Paeecilomyces eictoriae</i> (Svilv.) A.H.S. Br. & G. Sm. + <i>Sagenomella griseoviridis</i> (Onions & G.L. Barron) W. Gams + <i>Simplilium lamellicola</i> (F.E.V. Sm.) Zare & W. Gams.	800a	726a	1079acd	910a	1855
Potencjalni antagoniści <i>Armillaria</i> i <i>Heterobasidion</i> Potential antagonists of <i>Armillaria</i> and <i>Heterobasidion</i>					

Tabela cd.

Takson Taxon	Plug PGL Deep ploughing	Plug talerzowy Shallow furrowing	Jamki Making holes for planting	Brona Shallow turning of the topsoil	Kontrola Control
Potencjalne stymulanty <i>Armillaria</i> Potential stimulants of <i>Armillaria</i>	6	0	0	5	3
Liczba izolatów wszystkich grzybów Number of isolates of all fungi	875a	861a	1167acd	1184acd	1919
Liczba gatunków grzybów Number of species of fungi	29	20	24	33	27
Bakterie Bacteria					
<i>Actinomyces</i> sp. ¹	1	0	5	11	14
<i>Bacillus</i> spp.	26	12	21	22	13
	3	4	12	2	9
	28	7	56	55	46
Liczba izolatów bakterii Number of bacteria isolates	58b	23a	94	90	82

a, b, c, d – istotnie różne odpowiednio od kontroli (P<0,001), od kontroli (P<0,05), od orski plugiem PGL (P<0,001) i od wyorania bruzd plugiem talerzowym (P<0,001) (test χ^2); e – liczebność *P. adamsii*; ¹ – według cech fenotypowych i właściwości biochemicznych, ² – oznaczony metodą molekularną, ³ – oznaczony zestawem MID-66, ⁴ – oznaczony systemem BIOLOG®

a, b, c, d – significant difference respectively from the control (P<0,001) and in comparison to deep ploughing (P<0,001) from the control (P<0,05), in comparison to shallow furrowing (P<0,001) (test χ^2), e – number of *P. adamsii* isolates; ¹ – based on the phenotypic traits and biochemical properties, ² – identified with the molecular method, ³ – identified with MID-66 system, ⁴ – identified with BIOLOG® system

Bakterie wystąpiły liczniej po przygotowaniu gleby w jamki wykonane świdrem (94) lub wzruszeniu gleby broną talerzową na krzyż (90) (tab.). Zwiększonej liczebności bakterii w glebie towarzyszyła zwiększona liczebność grzybów.

Dyskusja

Różny sposób przygotowania gleby mógł wpłynąć na ilościowy i jakościowy skład zbiorowisk mikroorganizmów glebowych, zakres bioróżnorodności gatunkowej, oporność gleby w stosunku do *Armillaria* i *Heterobasidion*, a nawet na zdrowotność sosny zwyczajnej i stopień porażenia sosny przez *A. ostoyae* i *H. annosum* w okresie 40 lat od zastosowanych zabiegów.

Najliczniejsze zbiorowiska grzybów i bakterii wystąpiły po ograniczonej uprawie gleby, tj. po wyoraniu bruzd (kontrola), wzruszeniu gleby broną talerzową na krzyż lub wykonaniu jamek świdrem. Wydaje się, że umiarkowana interwencja w środowisko glebowe na zrębie zapobiegła nadmiernemu wzrostowi natlenienia, co spowolniło rozkład materii organicznej. W konsekwencji utrzymywała się stała i wysoka liczebność oraz różnorodność mikroorganizmów. Ograniczona uprawa gleby i stały opad igliwia stymulowały rozwój przede wszystkim grzybów z gromady *Ascomycota* – organizmów tlenowych, kolonizujących materię organiczną gromadzącą się na/w górnych warstwach gleby.

Wszystkie zbiorowiska były zróżnicowane i bogate pod względem jakościowym. W porównaniu z glebami uprawy i młodnika zawierały często mniej grzybów z rodzaju *Penicillium*, gatunków uważanych za antagonistyczne w stosunku do *Armillaria* i *Heterobasidion* i bakterii [Kwaśna i in. 2015]. Zawierały natomiast mykoryzowe *Ascomycota* oraz entomo- i nematofagi, nieobecne lub rzadkie w glebach upraw i młodników sosnowych. Sposób przygotowania gleby nie wpłynął na poziom bioróżnorodności mierzony liczbą gatunków, ale oddziaływał na zakres bioróżnorodności mierzony liczbą gatunków wspólnych. Stwierdzono tylko 14% gatunków wspólnych dla wszystkich powierzchni. Były one typowymi gatunkami glebowymi środowisk leśnych. Ich obecność oznacza, że wszystkie badane gleby posiadały cechy umożliwiające rozwój gatunków uniwersalnych, kolonizujących gleby niezależnie od ich lokalnych, specyficznych właściwości. 47% grzybów wystąpiło tylko na jednej powierzchni. Identyczna materia organiczna gromadząca się na badanych powierzchniach przez 40 lat stworzyła bardzo stabilne środowisko, które z reguły sprzyja wzrostowi nie tylko liczebności, ale również bioróżnorodności grzybów [Breure 2004].

Najsilniejszymi antagonistami *Armillaria* i *H. annosum* w glebie były z pewnością grzyby z rodzaju *Trichoderma*, *P. adametzii* i *T. godes* [Lundgren i in. 1978; Johansson, Marklund 1980; Kwaśna i in. 2001a, b; Harman 2006]. *Trichoderma* zasługuje na szczególną uwagę. Posiada wiele cech dobrego antagonisty: szybko rośnie, obficie zarodnikuje, występuje powszechnie w środowisku glebowym, łatwo rozkłada wiele substratów, ma możliwość korzystania z licznych związków organicznych i nieorganicznych, tworzy enzymy hydrolityczne i celulolityczne, wytwarza liczne substancje fungitoksyczne, pasożytuje na innych grzybach oraz indukuje odporność rośliny-gospodarza. W różnych sytuacjach *Trichoderma* wykorzystuje różne mechanizmy działania. W przypadku *Armillaria* często jest to mykopasożytnictwo ryzomorf. Ryzomorfa *A. gallica* Marxm. & Romagn. pasożytowana przez *T. viride* jest rozkładana w ciągu jednego tygodnia [Dumas, Boyonowski 1992]. Wyrażna grubościennosc i szorstkość konidiów zwiększa trwałość i wytrzymałość na urazy mechaniczne i brak wilgoci. Większej aktywności *Trichoderma* można spodziewać się przy wyższej temperaturze (15-32°C), pH 5,5-8,5, umiarkowanej wilgotności, dużej zawartości świeżej materii organicznej. Grzybnie *P. adametzii* i *T. godes* hamowały wzrost *Armillaria* i *Heterobasidion* *in vitro* w kulturach dwugrzybniowych. Metabolity *P. adametzii*: (i) hamowały wzrost ryzomorf *Armillaria* *in vivo* na/w pędach dębowych w glebie leśnej, (ii) zmniejszały

zasięg zgnilizny korzeni powodowanej przez *Armillaria* i zasięg nekrozy podstawy pędu powodowanej przez *H. annosum* u sadzonek sosny zwyczajnej i innych gatunków drzew, (iii) stymulowały wzrost sosny zwyczajnej inokulowanej *Armillaria* [Kwaśna i in. 2001a, b; Sz wajkowska-Michałek i in. 2012]. Powszechność występowania *P. adametzii* w glebach leśnych skłania do przypuszczeń, że podobnych efektów można spodziewać się w naturze.

Bardzo licznie, zwłaszcza po wzruszeniu gleby broną talerzową na krzyż, wystąpiły grzyby mykoryzowe z rodzaju *Oidiodendron*. Tworzą one mykoryzę erikoidalną, najczęściej z roślinami wrzosowatymi (*Ericaceae*), głównie z borówką (*Vaccinium* spp.). Niewątpliwie obfitość izolatów tego gatunku była związana z obecnością roślin-partnerów. Z uwagi na niewielkie rozmiary kolonii *in vitro*, sugerujących niewielkie możliwości konkurencyjne, *Oidiodendron* nie był badany z punktu widzenia antagonizmu w stosunku do *Armillaria* i *Heterobasidion* [Kwaśna i in. 2001a, b]. Antagonizm *Oidiodendron* sp. z ektomykoryzy świerka sitkajskiego w stosunku do gatunku patogenicznego dla roślin – *Phytophthora cinnamomi* Rands. – był obserwowany przez Schilda i in. [1988]. Budzi to pewne nadzieje na udział *Oidiodendron* w kształtowaniu oporności gleb leśnych drzewostanów iglastych.

Promieniowce (*Actinomycetes*) i bakterie z rodzaju *Bacillus* (m.in. często stwierdzany *B. cereus*) są typowymi bakteriami glebowymi. Chronią rośliny przed organizmami patogenicznymi, poprawiają zdrowotność i kondycję roślin [Silo-Suh i in. 1994; Jensen i in. 2003]. Mają zdolność mykolizy – enzymatycznego rozpuszczania ściany komórkowej grzybów z udziałem produkowanej chitynazy i β -1,3-glukanazy. Mogą hamować wzrost grzybów *Ascomycota* i *Basidiomycota* [Vasilev 1968].

Rzadko bada się wpływ bakterii na wzrost *Armillaria* i *Heterobasidion*. Hutchins [1980] oraz Baumgartner i Warnock [2006] obserwowali, że *Bacillus* spp. (w tym stwierdzany często w badanych glebach *B. cereus*) hamował wzrost *A. mellea in vitro*. Jeżeli podobny efekt w stosunku do innych gatunków *Armillaria* wystąpi w glebie, aktywność grzybów antagonistycznych może być wzmocniona lub zastąpiona aktywnością bakterii.

Memnoniella echinata jest antagonistą grzybów zgorzelowych z rodzajów *Fusarium* i *Rhizoctonia* [Hinkley i in. 1999; Siddiqui i in. 2000]. Brakuje informacji na temat wpływu grzyba na *Armillaria* i *Heterobasidion*. Ciemny kolor grzybni oraz duża śmiertelność sosny przy dużej liczebności grzyba w glebie skłaniają do przypuszczeń, że może być stymulantem patogenów korzeni.

Stwierdzono [Łakomy, Gornowicz 2008], że aktywność *A. ostoyae* i *H. annosum* wzrasta po przygotowaniu gleby pługiem lub pługofrezarką w porównaniu z mniej inwazyjnymi formami przygotowania gleby przed sadzeniem. Wzrostowi aktywności obu patogenów towarzyszyła zmniejszona liczebność grzybów i bakterii w glebie (w tym taksonów uważanych za antagonistyczne w stosunku do *Armillaria* i *H. annosum* i pożytecznych gatunków mykoryzowych). Interpretowanie wzrostu aktywności patogenów w kategoriach braku inhibicji przez organizmy antagonistyczne to podejście czysto mykologiczne. Nie należy zapominać, że ograniczone ingerowanie w wierzchnie warstwy gleby zmniejsza liczbę przerwanych korzeni oraz ryzomorf *Armillaria* i zapobiega rozprzestrzenianiu się *Heterobasidion*, co może zmniejszyć zagrożenie ze strony obu patogenów [Rykowski 1985, 1990; Sierota 2013].

Podsumowanie

Umiarkowana interwencja w środowisko glebowe (poprzez wykonanie jamek, płytkie wzruszenie gleby broną talerzową na krzyż, ale również wzruszenie gleby frezem – do 10 cm głębokości lub tworzenie wału naorywaczem wałków) lub rezygnacja z przygotowania gleby przed założeniem uprawy okazały się korzystne z mikrobiologicznego punktu widzenia [Kwaśna i in.

2015]. Metody te owocują wzrostem liczebności grzybów i bakterii, w tym gatunków uważanych za antagonistyczne w stosunku do patogenicznych dla drzew – *Armillaria* i *Heterobasidion* – po 1 roku, 10 i 40 latach od zabiegu. Mogą one zwiększyć oporność gleby w stosunku do patogenów korzeni.

Literatura

- Baumgartner K., Warnock A. E. 2006. A soil inoculant inhibits *Armillaria mellea* *in vitro* and improves productivity of grapevines with root disease. *Plant Disease* 90: 439-444.
- Breure A. M. 2004. Soil biodiversity: measurements, indicators, threats and soil functions. I International Conference 'Soil and compost eco-biology', September 15-17th León, Spain. 83-96.
- Dumas M. T., Boyonoski N. W. 1992. Scanning electron microscopy of mycoparasitism of *Armillaria* rhizomorphs by species of *Trichoderma*. *European Journal of Forest Pathology* 22: 379-383.
- Harman G. E. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 96: 190-194.
- Hinkley S. F., Fettingler J. C., Dudley K., Jarvis B. B. 1999. Memnobotrins and memnoconols: novel metabolites from *Memnoniella echinata*. *The Journal of Antibiotics* 52: 988-997.
- Hutchins A. S. 1980. *In vitro* inhibition of root-rot pathogens *Phellinus [Inonotus] weirii*, *Armillariella [Armillaria] mellea*, *Fomes annosus [Heterobasidion annosum]*, and *Phytophthora cinnamomi* by a newly isolated *Bacillus* sp. *Microbial Ecology* 6: 253-259.
- Jensen G., Hansen B., Eilenberg J., Mahillon J. 2003. The hidden lifestyles of *Bacillus cereus* and relatives. *Environmental Microbiology* 5: 631-640.
- Johansson M., Marklund E. 1980. Antagonists of *Fomes annosus* in the rhizosphere of grey alder (*Alnus incana*) and Norway spruce (*Picea abies*). *Forest Pathology* 10: 385-395.
- Korhonen K. 1978a. Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 94: 1-25.
- Korhonen K. 1978b. Interfertility and clonal size in *Armillaria mellea* complex. *Karstenia* 18: 31-42.
- Kwaśna H., Kotyńska U., Łakomy P., Mallett K. 2001a. Stimulation of *Armillaria* rhizomorph formation by oak root fungi. *Acta Mycologica* 36: 257-272.
- Kwaśna H., Łakomy P., Gornowicz R., Mikiciński A., Borowczyk-Behnke J., Gałżka S. 2015. Struktura zbiorowisk grzybów i bakterii w glebie 1-roczej uprawy i 10-letniego młodnika w zależności od sposobu przygotowania gleby. *Sylwan* 159 (1): 71-81.
- Kwaśna H., Łakomy P., Mańka M., Szewczyk W., Sierota Z., Oszako T. 2001b. Określenie czynników wpływających na zagrożenie chorobowe drzewostanów ze strony opieńek oraz sposobów przeciwdziałania im. Katedra Fitopatologii Leśnej, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu; Zakład Fitopatologii Leśnej, Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie.
- Lundgren B., Bääth E., Söderström B. E. 1978. Antagonistic effect of *Tolyposcladium* species. *Transactions of British Mycological Society* 70: 305-307.
- Łakomy P. 1998. Monitoring huby korzeni i opieńkowej zgnilizny korzeni w wybranych uprawach sosnowych Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej. *Rozprawy Naukowe, Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* 283.
- Łakomy P., Gornowicz R. 2008. Influence of different soil preparation and wood debris utilization on *Armillaria ostoyae* root rot development in Scots pine plantations. *Proceedings of the 12th International Conference on Root and Butt Rots of Forest Trees. IUFRO Working Party 7.02.01*. W: Garbelotto M., Gonthier P. [red.]. 12-19th August 2007, Berkeley, California, Medford, Oregon (USA). 233-235.
- Małecka M. 2013. Choroby korzeni. W: Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych w Polsce w 2014 roku. Instytut Badawczy Leśnictwa, *Analizy i Raporty* 22: 144-146.
- Mańka K. 1964. Próby dalszego udoskonalenia zmodyfikowanej metody Warcupa izolowania grzybów z gleby. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych PTPN* 17: 29-43.
- Rykowski K. 1985. Niektóre troficzne uwarunkowania patogeniczności *Armillaria mellea* (Vahl.) Quél. w uprawach sosnowych. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa* 640: 1-138.
- Rykowski K. 1990. Opieńkowa zgnilizna korzeni. *Choroby Drzew Leśnych* 4. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.
- Samils N., Olson A., Stenlid J. 2008. The capacity in *Heterobasidion annosum* s.l. to resist overgrowth by the biocontrol agent *Phlebiopsis gigantea* is a heritable trait. *Biological Control* 45: 419-426.
- Schild D. E., Kennedy A., Stuart M. R. 1988. Isolation of symbiont and associated fungi from ectomycorrhizas of Sitka spruce. *Forest Pathology* 18: 51-61.
- Siddiqui I. A., Ehteshamul-Haque S., Zaki M. J., Ghaffar A. 2000. Use of *Pseudomonas aeruginosa* with *Memnoniella echinata* in soil amended with neem cake and chemical fertilizers for the management of root-rot and root-knot disease in Mungbean. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 3: 627-629.

- Sierota Z.** 2013. Heterobasidion root rot in forests on former agricultural lands in Poland: Scale of threat and prevention. Scientific Research and Essays, Academic Journals 8: 2298-2305.
- Silo-Suh L., Lethbridge B., Raffel S. J., He H., Clardy J., Handelsman J.** 1994. Biological activities of two fungistatic antibiotics produced by *Bacillus cereus* UW85. Applied Environmental Microbiology 60: 2023-2030.
- Szwajkowska-Michałek L., Kwaśna H., Łakomy P., Perkowski J.** 2012. Inhibition of *Armillaria* and *Heterobasidion* growth by *Penicillium adametzii* isolated from *Pinus sylvestris* forest soil. Forest Pathology 42: 454-466.
- Vasilev O. A.** 1968. Using the antagonism of fungi and bacteria in wood protection. Nauc Trudy Leningrad Lesotehnickeskaja Akademija 110: 28-33.
- Warcup J. H.** 1950. The soil-plate method for isolation of fungi from soil. Nature 166: 117-118.