

AGNIESZKA HAMERA-DZIERŻANOWSKA, MARTA ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA, STANISŁAW DROZDOWSKI

Wpływ Sincocinu AL na wzrost i kolonizację mykoryzową sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) hodowanej w kontenerach

Effect of Sincocin AL on the growth and mycorrhizal colonization of container-grown Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)

ABSTRACT

Hamera-Dzierżanowska A., Aleksandrowicz-Trzcńska M., Drozdowski S. 2014. Wpływ Sincocinu AL na wzrost i kolonizację mykoryzową sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) hodowanej w kontenerach. Sylwan 158 (2): 107-116.

The aim of the study was to assess the effect of the application of Sincocin AL and inoculation with the fungi *Hebeloma crustuliniforme* or *Laccaria bicolor* on the growth and level of mycorrhizal colonization of Scots pine seedlings. Sincocin had no effect on the development of biometric parameters of pine seedlings inoculated with *L. bicolor*; it limited the growth of non-inoculated seedlings and stimulated the growth of the seedlings from the variant with *H. crustuliniforme*. Sincocin did not cause changes in the proportion of the mycorrhizae formed by *H. crustuliniforme* or *L. bicolor*, and affected in different ways (stimulation, inhibition, no effect) the spontaneous formation of mycorrhizae.

KEY WORDS

actomycorrhiza, *Hebeloma crustuliniforme*, *Laccaria bicolor*, Sincocin AL, *Pinus sylvestris*, growth

ADDRESSES

Agnieszka Hamera-Dzierżanowska ⁽¹⁾ – e-mail: a_hamera@o2.pl

Marta Aleksandrowicz-Trzcńska ⁽¹⁾ – e-mail: marta_aleksandrowicz_trzcinska@sggw.pl

Stanisław Drozdowski ⁽²⁾ – e-mail: stanislaw_drozdowski@sggw.pl

⁽¹⁾ Katedra Ochrony Lasu i Ekologii; SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159; 02-776 Warszawa

⁽²⁾ Katedra Hodowli Lasu; SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159; 02-776 Warszawa

Wstęp

Produkcji materiału sadzeniowego w szkółkach leśnych może zagrażać około 40-60 chorób o znaczeniu gospodarczym [Grzywacz 1993]. Dla sosny największe zagrożenie stanowi pasożytnicza zgorzel siewek i osutka. Siewki i sadzonki chronione są przed tymi chorobami, nie zawsze z sukcesem, przez aplikację fungicydów [Sierota 1997]. Alternatywą dla zabiegów chemicznych jest stosowanie metod biologicznych, obejmujących m.in. mykoryzację i stosowanie biofungicydów [Stocka 2008].

Sosna zwyczajna jest gatunkiem obligatoryjnie mykoryzowym. Obecność symbionta grzybowego zapewnia drzewu nie tylko prawidłowy wzrost i rozwój, ale również pełni ważną rolę ochronną. Kondycja drzewa jest lepsza dzięki zwiększeniu powierzchni chłonnej korzeni i dostarczaniu większej ilości składników mineralnych, szczególnie tych niedostępnych dla korzeni bez mykoryzy. Mykoryza chroni również drzewo przed niekorzystnymi czynnikami biotycznymi

mi i abiotycznymi, jak atak patogenicznych grzybów, susza, wysoka temperatura, przemysłowe zanieczyszczenia powietrza [Smith, Read 1997]. Mimo że siewki i sadzonki zaopatrzone w dobrze rozwiniętą mykoryzę są odporniejsze, w produkcji szkółkarskiej stosuje się różne środki ochrony roślin. Wiele z tych preparatów niekorzystnie wpływa na symbiozę mykoryzową [Aleksandrowicz-Trzcińska 2007a, b]. Środki biologiczne uważane są za przyjazne środowisku, lecz również w efekcie ich aplikacji może nastąpić ograniczenie mykoryzy. Badania takie dotychczas nie były jednak prowadzone.

Jednym z biologicznych środków ochrony roślin jest Sincocin AL – nisko skoncentrowany (0,56%) wyciąg z tkanek roślin: dębu (*Quercus palcata*), opuncji (*Opuntia lindheimeri*), sumaka (*Rhus aromatica*) i mangrowca czerwonego (*Rhizophoria mangle*). Znajduje on zastosowanie przede wszystkim jako nematocyd [El-Nagdi, Youssef 2004]. Jednak możliwości wykorzystania tego środka w ochronie roślin są znacznie szersze. Gado [2007] wykazał skuteczność Sincocinu w zwalczaniu cercosporiozy. Preparat ten posiada również właściwości stymulatora odporności roślin dzięki indukcji syntezy fitoaleksyn [Mustafa, Gado 2007]. El-Nagdi i Youssef [2004] wskazują na właściwości inhibowania wzrostu patogenicznych grzybów w glebie w wyniku hydrolizy glikozydów, zawartych w Sincocinie, do fenoli. Dzięki aktywności podobnej do cytokinin preparat ten, zastosowany doglebowo lub dolistnie, może wykazywać właściwości stymulacji wzrostu roślin [Copping 2004]. W wyniku aplikacji środka wzrasta populacja mikroorganizmów glebowych, w tym roztoczy [Osman, Salem 1995].

Pośrednio przez zmianę liczebności populacji mezofauny glebowej Sincocin może wywierać wpływ na tworzenie i funkcjonowanie mykoryzy. Interakcje między grzybami mykoryzowymi i mezofauną glebową są wielokierunkowe. Wiele gatunków nicieni, skoczogonków i roztoczy jest mykożernych. Preferencje troficzne tych organizmów w stosunku do grzybów mykoryzowych, patogenicznych i saprotroficznych są zróżnicowane. Skoczogonek (*Proisotoma minuta*) słabiej zgryzał grzyby mykoryzowe niż *Rhizoctonia solani*. Natomiast z gatunków mykoryzowych chętniej konsumował *Pisolithus tinctorius* w porównaniu z *Laccaria laccata*, *Thelephora terrestris* i *Suillus luteus* [Hiol i in. 1994]. Roztocz (*Oribatula tibialis*) preferował patogeniczny *Alternaria alternata* i mykoryzowy *Hymenoscyphus ericae* [Schneider in. 2005]. Żerowanie na grzybach niemykoryzowych może sprzyjać rozwojowi mykoryz przez ograniczanie populacji gatunków konkurencyjnych w stosunku do grzybów mykoryzowych. Również niezbyt intensywne zgryzanie grzybni działa korzystnie dzięki stymulacji jej wzrostu [Lussenhop 1992]. Drapieżna mezofauna glebowa, regulując wielkość populacji gatunków mykożernych, wywiera wpływ na rozwój mykoryz. Wysokie zagęszczenie mykożerców wpływa ograniczająco na rozwój grzybni i tworzenie mykoryz przez zbyt intensywne zgryzanie grzybni. Podobnie niskie zagęszczenia – przez brak stymulacji rozwoju grzybni [Gange 2000].

Celem pracy była analiza wpływu Sincocinu, stosowanego jako biologiczny środek ochrony przed chorobami grzybowymi w szkółce, na wzrost i poziom kolonizacji mykoryzowej sosny zwyczajnej. Sadzonki hodowano na podłożach z dodatkiem szczepionki mykoryzowej z grzybem *Hebeloma crustuliniforme* lub *Laccaria bicolor* oraz niemykoryzowanym. W związku z tym będzie można określić, czy i w jakim kierunku Sincocin powoduje zmiany w udziale mykoryz tworzonych przez grzyby wprowadzone ze szczepionką oraz z mykoryzacji spontanicznej.

Material i metody

Badania przeprowadzono w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Rogowie. Sosnę hodowano w nieogrzewanym namiocie foliowym, w kontenerach szwedzkiej firmy BCC z 40 pojemnikami o objętości każdego 120 cm³ i głębokości 110 mm, na

podłożu torfowo-perlitowym. Niesterylizowany torf wysoki z Estonii, o odczynie $\text{pH}=4,5$ stanowił 85% podłoża hodowlanego, pozostałe 15% to perlit o najgrubszej frakcji (nr 3). Do podłoża dodano mieszanek nawozów Osmocote typ Exact, o okresie uwalniania składników od 3 do 9 miesięcy, w ilości 3 kg/m^3 .

Doświadczenie założono w układzie czterech bloków losowych. Składało się ono z sześciu wariantów, wyróżnionych ze względu na rodzaj podłoża: mykoryzowane grzybem *H. crustuliniforme* lub *L. bicolor* i niemykoryzowane oraz aplikację Sincocinu (siewki opryskiwane i nieopryskiwane).

Nasiona I klasy jakości pochodziły z Nadleśnictwa Maskulińskie. Do każdej doniczki wysiano po trzy nasiona, a po skielkowaniu dokonano redukcji wschodów do jednej siewki w doniczce.

W doświadczeniu wykorzystano dwa biopreparaty z grzybnią vegetatywną grzybów mykoryzowych, wytworzone w laboratorium szkółki kontenerowej Nadleśnictwa Rudy Raciborskie: polski preparat z grzybnią *H. crustuliniforme* i preparat francuskiej firmy Robin Pepinieres oparty na grzybni *L. bicolor*. Oba dodano do podłoża hodowlanego w ilości objętościowej 6%.

Zastosowany w doświadczeniu preparat Sincocin AL jest wyciągiem z tkanek roślin, produkowanym przez firmę Chemimpex Poland Sp. z o.o. Stosowano go w stężeniu 2%, w ilości 1000 l/ha. Zabieg opryskiwania wykonano, jak w ochronie przed pasożytniczą zgorzelą, pięciokrotnie, co tydzień od momentu wejścia siewek.

Po zakończeniu sezonu vegetacyjnego pobrano po 40 sosen z każdego wariantu doświadczenia (po 10 z wariantu w bloku), łącznie 240. Każdą bryłkę korzeniową zawinięto w folię aluminiową i zaetykietowano. W laboratorium dokonano pomiaru części nadziemnej: długości pędu i grubości w szyjce korzeniowej oraz określono liczbę pędów bocznych. Części nadziemne i systemy korzeniowe (po analizie mykoryz) wysuszono w temperaturze 105°C i określono suchą masę.

Korzenie płukano na sicie pod bieżącą wodą. Analizę wierzchołków mykoryzowych wykonano na próbie korzeni o długości 1 m. Próby analizowano pod mikroskopem stereoskopowym przy powiększeniu 6-50 razy. Określano poziom zmykoryzowania (w %), licząc korzenie krótkie, autotroficzne i mykoryzowe. Wierzchołki mykoryzowe identyfikowano na podstawie braku włóśników, hipertrofii korzeni drobnych, obecności mufki grzybniowej, zabarwienia, występowania strzępek i sznurów grzybniowych. Po wykonaniu przekrojów poprzecznych, analizowanych pod mikroskopem ze światłem przechodzącym, mykoryzy klasyfikowano do morfotypów na podstawie kluczy [Agarer 1987-2006; Ingleby i in. 1990; Agarer, Rambold 2004-2007].

Przed przystąpieniem do analiz statystycznych sprawdzono zgodność rozkładu poszczególnych cech z rozkładem normalnym, stosując test W Shapiro-Wilka, oraz oceniono jednorodność wariancji testem Levene'a. Ponieważ rozkład testowanych parametrów nie różnił się istotnie od rozkładu normalnego, a wariancje porównywanych ze sobą wariantów badawczych były jednorodne, do testowania wartości średnich cech wykorzystano dwuczynnikową analizę wariancji oraz test *post-hoc* NIR. Dla wszystkich testów przyjęto poziom istotności $\alpha=0,05$. Wartości zmykoryzowania korzeni wyrażone w procentach transformowano na wartości kątowe, wykorzystując transformację Bliss'a.

Wyniki

Średnia długość pędu sosny w doświadczeniu wynosiła 8,8 cm, przy współczynniku zmienności 22,0%. Zabieg mykoryzacji nie miał istotnego wpływu na wielkość analizowanego parametru ($P=0,1489$), podobnie jak aplikacja Sincocinu ($P=0,2289$). Analiza wariancji wskazała natomiast istotny wpływ współdziałania obu tych czynników ($P=0,0018$). Istotnie najkrótszym pędem charakteryzowały się sosny mykoryzowane grzybem *H. crustuliniforme* nietraktowane Sincocinem (ryc. 1).

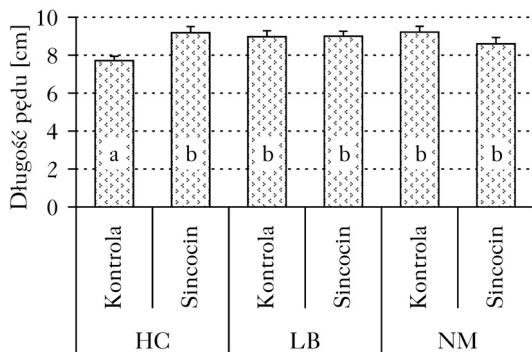
Grubość w szyjce korzeniowej sadzonek wynosiła średnio 2,2 mm i była cechą stosunkowo mało zmienną, współczynnik zmienności wynosił 17,6%. Wykonane zabiegi nie miały wpływu na kształtowanie tego parametru: mykoryzacja $P=0,0698$, aplikacja Sincocinu $P=0,2960$, współdziałanie obu czynników $P=0,5716$ (ryc. 2).

Najmniejszą wartością suchej masy części nadziemnej charakteryzowały się sosny mykoryzowane grzybem *H. crustuliniforme* i nieopryskiwane Sincocinem (0,483 g), a największą – sadzonki niemykoryzowane i nietraktowane Sincocinem (0,649 g). W obrębie obu wymienionych podłoży aplikacja Sincocinu była źródłem istotnych różnic w wielkości analizowanego parametru, chociaż kierunek zmian był przeciwny. Dwuczynnikowa analiza wariancji wskazała na brak istotnego wpływu aplikacji Sincocinu ($P=0,3816$). Natomiast zastosowanie zabiegu mykoryzacji oraz współdziałanie obu tych czynników miało istotny wpływ na kształtowanie suchej masy części nadziemnej (P odpowiednio 0,0199 i 0,0005) (ryc. 3).

Średnia sucha masa korzeni sosny w doświadczeniu wynosiła 0,372 g, przy współczynniku zmienności 30,6%. Mykoryzacja sadzonek oraz traktowanie ich Sincocinem nie miało wpływu na wielkość tego parametru (mykoryzacja $P=0,5264$, aplikacja Sincocinu $P=0,7829$, współdziałanie obu czynników $P=0,1458$) (ryc. 4).

Sadzonki sosny posiadały średnio 2,3 pędów bocznych. Współczynnik zmienności tej cechy wynosił 52,2%. Analiza wariancji wskazała na istotny wpływ – na kształtowanie analizowanego parametru – zabiegu mykoryzacji ($P=0,0435$) i współdziałania mykoryzacji i aplikacji Sincocinu ($P=0,0177$) oraz brak istotnego wpływu aplikacji Sincocinu ($P=0,4703$) (ryc. 5).

Na korzeniach sadzonek stwierdzono 10 morfotypów mykoryz, które do analiz statystycznych podzielono na 5 grup:



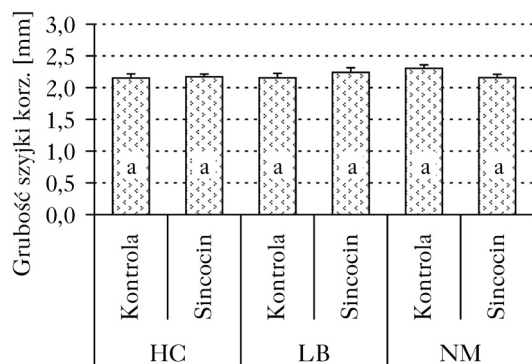
Ryc. 1.

Długość pędu (średnia i błąd standardowy) sadzonek sosny mykoryzowanych grzybami *H. crustuliniforme* (HC) lub *L. bicolor* (LB) i niemykoryzowanych (NM) traktowanych Sincocinem

Shoot length (mean and standard error) of Scots pine seedlings inoculated with *Hebeloma crustuliniforme* (HC) or *Laccaria bicolor* (LB) and non-inoculated treated with Sincocin

Ta sama litera wskazuje brak różnic istotnych statystycznie między wariantami w teście NIR dla $P<0,05$

The same letter indicates lack of significant difference among variants in NIR test at $P<0,05$

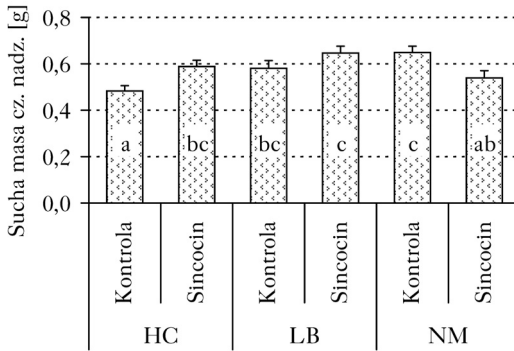


Ryc. 2.

Grubość szyjki korzeniowej (średnia i błąd standardowy) sadzonek sosny mykoryzowanych grzybami *H. crustuliniforme* (HC) lub *L. bicolor* (LB) i niemykoryzowanych (NM) traktowanych Sincocinem

Root collar diameter (mean and standard error) of Scots pine seedlings inoculated with *Hebeloma crustuliniforme* (HC) or *Laccaria bicolor* (LB) and non-inoculated treated with Sincocin

Oznaczenia jak na rycinie 1; Denotes as in figure 1

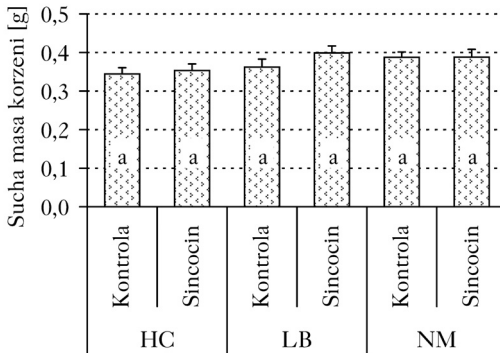


Ryc. 3.

Sucha masa części nadziemnej (średnia i błąd standardowy) sadzonek sosny mykoryzowanych grzybami *H. crustuliniforme* (HC) lub *L. bicolor* (LB) i niemykoryzowanych (NM) traktowanych Sincocinem

Dry aboveground biomass (mean and standard error) of Scots pine seedlings inoculated with *Hebeloma crustuliniforme* (HC) or *Laccaria bicolor* (LB) and non-inoculated treated with Sincocin

Oznaczenia jak na rycinie 1. Denotes as in figure 1.

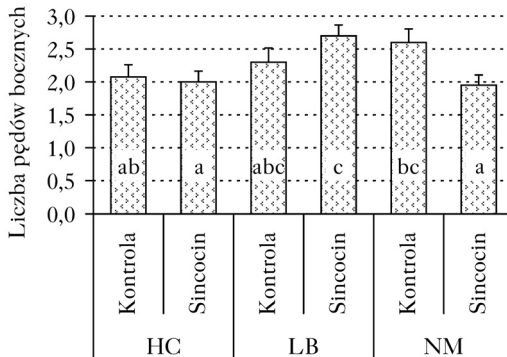


Ryc. 4.

Sucha masa korzeni (średnia i błąd standardowy) sadzonek sosny mykoryzowanych grzybami *H. crustuliniforme* (HC) lub *L. bicolor* (LB) i niemykoryzowanych (NM) traktowanych Sincocinem

Dry biomass of roots (mean and standard error) of Scots pine seedlings inoculated with *Hebeloma crustuliniforme* (HC) or *Laccaria bicolor* (LB) and non-inoculated treated with Sincocin

Oznaczenia jak na rycinie 1. Denotes as in figure 1.



Ryc. 5.

Liczba pędów bocznych (średnia i błąd standardowy) sadzonek sosny mykoryzowanych grzybami *H. crustuliniforme* (HC) lub *L. bicolor* (LB) i niemykoryzowanych (NM) traktowanych Sincocinem

Number of lateral shoots (mean and standard error) of Scots pine seedlings inoculated with *Hebeloma crustuliniforme* (HC) or *Laccaria bicolor* (LB) and non-inoculated treated with Sincocin

Oznaczenia jak na rycinie 1. Denotes as in figure 1.

1. Typ *H. crustuliniforme* – ektomykoryzy jasne, wydłużone, słabo rozgałęzione, z welonem białej grzybni ekstramatrykalnej.
2. Typ *Laccaria* obejmował ektomykoryzy utworzone przez *L. bicolor* wprowadzony ze szczepionką i *L. laccata* kolonizujący korzenie spontanicznie i owocujący w kasetach. Były to ektomykoryzy pomarańczowe, od powierzchni mufki odrastały czasami nieliczne białe strzępki.
3. Typ *Wilcoxina mikolae* – ektendomykoryzy o zabarwieniu od jasnobrązowego do ciemnobrązowego z gładką mufką. Stwierdzano mykoryzy pojedyncze, dychotomiczne i korlawate.
4. Typ *Suillus* obejmował ektomykoryzy tworzone przez trzy gatunki. *S. luteus* – ciemnobrązowe mykoryzy z grubą mufką, od której odrastały grube, długie, czarne ryzomorfy

i niewielka ilość szarej grzybni. *S. variegatus* – mykoryzy w różnych odcieniach brązu, skrócone i zgrubiałe. Grzybnia absorpcyjna brązowa, szara lub biała, czasem nieliczne ryzomorfy. *S. bovinus* – mykoryzy jasnoróżowe do łososiowo-pomarańczowych. Gruba mufka z obfitą, watowatą grzybnią o kolorze biało-różowym lub szaro-różowym i ryzomorfami takiego samego koloru.

5. Pozostałe morfotypy – zaliczono tu trzy morfotypy występujące rzadko: ektomykoryzy tworzone przez *T. terrestris* – jasne, wydłużone, o gładkiej mufce; ektomykoryzy z *Cenococcum geophilum* – czarne z czarnymi, sztywnymi strzępkami; ektomykoryzy czarne z gładką mufką.

Ogólny poziom zmykoryzowania sosny w doświadczeniu wyniósł 85,4%, przy współczynniku zmienności 9,8%. Dwuczynnikowa analiza wariancji wskazała na istotny wpływ zastosowania szczepionek mykoryzowych ($P=0,0002$) i współdziałania mykoryzy i aplikacji Sincocinu ($P<0,0001$) oraz brak istotnego wpływu traktowania sadzonek Sincocinem ($P=0,5284$). Aplikacja Sincocinu w zróżnicowany sposób wpływała na poziom mykoryzacji sosny w zależności od rodzaju podłoża hodowlanego. Na podłożach z dodatkiem szczepionek mykoryzowych aplikacja Sincocinu istotnie ograniczała zmykoryzowanie korzeni. Natomiast na podłożu niemykoryzowanym siewki traktowane Sincocinem charakteryzowały się istotnie wyższym udziałem korzeni mykoryzowych w porównaniu z sosnami nietraktowanymi Sincocinem (tab.).

Udział *H. crustuliniforme* na korzeniach sosen hodowanych na podłożu z dodatkiem szczepionki z tym gatunkiem grzyba był niski i wynosił około 20%. Analiza wariancji wskazała jedynie na istotny wpływ zastosowania mykoryzacji ($P<0,0001$). Aplikacja Sincocinu ($P=0,0757$) i współdziałanie obu czynników ($P=0,9459$) nie miało istotnego wpływu na udział *H. crustuliniforme* na korzeniach sosny w doświadczeniu (tab.).

Korzenie sadzonek hodowanych na podłożu ze szczepionką z *L. bicolor* charakteryzowały się 26% udziałem mykoryz tworzonych przez typ *Laccaria*. Na poziom zmykoryzowania korzeni tym morfotypem nie miała wpływu aplikacja Sincocinu ($P=0,3102$), w przeciwieństwie do zastosowania szczepionek mykoryzowych ($P<0,0001$) i współdziałania obu tych czynników ($P=0,0246$) (tab.).

Na korzeniach sadzonek we wszystkich wariantach dominowały ektomykoryzy tworzone przez *W. mikolae*. W wariantach na podłożach z dodatkiem szczepionek mykoryzowych aplikacja Sincocinu istotnie obniżyła udział tego morfotypu. Natomiast traktowanie sosny z podłoża nie-

Tabela.

Udział poszczególnych typów mykoryz i ogólny poziom zmykoryzowania [%] sadzonek sosny mykoryzowanych grzybami *H. crustuliniforme* (HC) lub *L. bicolor* (LB) i niemykoryzowanych (NM) traktowanych Sincocinem

Share of different types of mycorrhizae and the overall mycorrhization level [%] of Scots pine seedlings inoculated with *H. crustuliniforme* (HC) or *L. bicolor* (LB) and non-inoculated seedlings (NM) treated with Sincocin

Wariant	Typ <i>H. crustuliniforme</i>	Typ <i>Laccaria</i>	Typ <i>W. mikolae</i>	Typ <i>Suillus</i>	Poziom zmykoryzowania
HC kontrola	17,7 c	2,2 a	56,3 bc	10,5 d	88,2 cd
HC Sincocin	19,0 c	6,6 b	50,5 a	6,1 c	83,7 b
LB kontrola	0,5 ab	25,2 c	60,1 c	2,3 a	89,5 d
LB Sincocin	0,9 b	27,0 c	51,8 ab	3,1 ab	85,9 bc
NM kontrola	0,3 a	4,1 ab	68,6 d	4,5 bc	79,6 a
NM Sincocin	0,5 ab	3,0 a	68,1 d	12,2 d	85,4 bc

Ta sama litera wskazuje brak różnic istotnych statystycznie między wariantami w teście NIR dla $P<0,05$

The same letter indicates lack of significant difference among variants in NIR test at $P<0,05$

mykoryzowanego nie powodowało różnic w udziale *W. mikolae* (mykoryzacja $P < 0,0001$; aplikacja Sincocinu $P = 0,0016$; współdziałanie obu czynników $P = 0,1107$) (tab.).

Najniższy udział typu *Suillus* obserwowano u sosen mykoryzowanych grzybnią *L. laccata*. Sadzonki z tych wariantów nie różniły się udziałem tego morfotypu w zależności od aplikacji Sincocinu. Sosny hodowane na podłożu mykoryzowanym *H. crustuliniforme* w wyniku traktowania Sincocinem posiadały mniej mykoryz typu *Suillus*. Natomiast sadzonki z podłoża niemykoryzowanego w wyniku aplikacji Sincocinu charakteryzowały się istotnie wyższym udziałem tego morfotypu w porównaniu z sosnami nietraktowanymi tym biofungicydem (mykoryzacja $P < 0,0001$; aplikacja Sincocinu $P = 0,1459$; współdziałanie obu czynników $P < 0,0001$) (tab.).

Dyskusja

Aplikacja Sincocinu na żadnym z podłoży nie powodowała zmiany w udziale gatunków wprowadzonych ze szczepionką: *H. crustuliniforme* i *L. bicolor*. Stąd można wnioskować, że zróżnicowanie ogólnego zmykoryzowania sadzonek, zależnego od rodzaju podłoża hodowlanego, jest wynikiem wpływu obu zastosowanych zabiegów (mykoryzacji i aplikacji Sincocinu) na tworzenie mykoryz przez gatunki pojawiające się spontanicznie.

Wszystkie gatunki grzybów, z mykoryzacji naturalnej, stwierdzone w doświadczeniu – *W. mikolae*, *L. laccata*, *C. geophilum*, *T. terrestris*, gatunki z rodzaju *Suillus* – są typowymi symbiontami sosny w szkółce. Ich udział na korzeniach może być zróżnicowany w zależności od sposobu produkcji sadzonek, miejscowych warunków i konkurencyjności poszczególnych szczepów [Menkis i in 2005; Leski i in. 2009]. Częste stwierdzanie tych gatunków w naszym doświadczeniu na korzeniach sadzonek poddanych sterowanej mykoryzacji jest najprawdopodobniej wynikiem braku sterylizacji torfu, hodowli w nieogrzewanym namiocie, ręcznego (nieprecyzyjnego) napełniania kaset i deszczowania siewek, czyli wynikiem niedopełnienia wszystkich wymagań technologicznych, opracowanych dla technologii sterowanej mykoryzacji sadzonek drzew leśnych [Szabla, Pabian 2003; Pietras, Śliwa 2007].

We wszystkich wariantach, w których zastosowano szczepionki mykoryzowe, udział gatunków kolonizujących korzenie spontanicznie był mniejszy o około 20-25%. Konkurencyjność *L. bicolor* była większa w porównaniu z *H. crustuliniforme*. Obecność typu *Laccaria* na korzeniach istotnie obniżyła udział mykoryz tworzonych przez grzyby z rodzaju *Suillus* i *W. mikolae*, podczas gdy w przypadku wariantów z *H. crustuliniforme* obserwowano wprawdzie istotnie mniejszy udział ektendomykoryz, lecz udział wierzchołków mykoryzowych typu *Suillus* był zbliżony do stwierdzonego na podłożu niemykoryzowanym.

Najbardziej zróżnicowany wpływ Sincocinu obserwowano w stosunku do mykoryz typu *Suillus*. Preparat powodował inhibicję tworzenia symbiozy na korzeniach sosny z wariantu z *H. crustuliniforme*, stymulację u sadzonek niemykoryzowanych i brak wpływu na tworzenie mykoryz przez sosny z wariantu z *L. bicolor*. Jednokierunkowe oddziaływanie Sincocinu miało miejsce w odniesieniu do ektendomykoryz z *W. mikolae*. Preparat obniżał udział tego morfotypu: istotnie w wariantach ze szczepionkami mykoryzowymi i nieistotnie w wariantach bez szczepionki. Efekt wpływu Sincocinu na mykoryzę może być wynikiem oddziaływania preparatu na populację nicieni i mikrostawonogów glebowych [Osman, Salem 1995]. Różnokierunkowy wpływ preparatu na mykoryzy tworzone przez poszczególne gatunki może wynikać z hodowli sadzonek w osobnych celach i w związku z tym zróżnicowania populacji wymienionych grup organizmów i ich preferencji troficznych. Jednak na potwierdzenie tej teorii konieczne byłoby przeprowadzenie dalszych badań dotyczących zgrupowań nicieni, roztoczy i skoczogonków w mykoryzosferze.

Aplikacja Sincocinu w zróżnicowany sposób wpływała na wzrost sosny w zależności od analizowanej cechy i rodzaju podłoża. W przypadku suchej masy korzeni i grubości w szyjce korzeniowej oraz sadzonek hodowanych na podłożu z dodatkiem szczepionki z *L. bicolor* nie zanotowano różnic we wzroście sosen traktowanych i nietraktowanych Sincocinem. U sadzonek rosnących na podłożu niemykoryzowanym aplikacja środka hamowała rozwój pędów bocznych, co przekładało się na zmniejszenie suchej masy części nadziemnej. Odwrotnie – w wariantach z *H. crustuliniforme* aplikacja Sincocinu stymulowała wzrost pędu i suchej masy części nadziemnej, chociaż w porównaniu z sadzonkami z pozostałych podłoży parametry tych sosen nie były większe. Część środków ochrony roślin zarówno chemicznych, jak i biologicznych może wywierać wpływ na wzrost ochraniających roślin. Fungicydy siarkowe mogą powodować spadek zawartości chlorofilu i ograniczenie fotosyntezy, czego efektem może być zahamowanie wzrostu roślin [Kryczyński 2005]. Fungicydy triazolowe działają jak regulatory wzrostu roślin. Powodują inhibicję syntezy giberelin i wzrost zawartości kwasu abscysynowego i cytokinin [Jaleel i in. 2007]. W wyniku naruszenia równowagi w zawartości hormonów następuje ograniczenie wzrostu pędu, liczby liści i ich powierzchni, lecz zwiększenie masy oraz zawartości chlorofilu. Długość korzeni może być większa lub mniejsza, lecz ich masa z reguły wzrasta [Buchenauer, Röhner 1981; Fletcher i in. 1988; Srivastave, Fletcher 1992; Gomathinayagam i in. 2007; Jaleel i in. 2008]. Chitozan, będący środkiem biologicznym, charakteryzuje się właściwościami stymulacji wzrostu i rozwoju roślin. Traktowanie chitozaniem powoduje, że rośliny są wyższe, mają większą średnicę i liczbę liści. Stosowanie chitozanu skraca fazę wegetatywną roślin i przyspiesza zakwitanie [Placek i in. 2009; Aleksandrowicz-Trzcińska i in. 2013]. Również Sincocin, dzięki aktywności podobnej do cytokinin, może wykazywać właściwości stymulacji wzrostu roślin [Copping 2004]. Wydaje się jednak, że w naszych badaniach zróżnicowany wzrost sosny w wyniku aplikacji Sincocinu w niewielkim stopniu jest efektem wpływu środka na procesy fizjologiczne rośliny. Wynika on raczej ze zmiany w poziomie zmykoryzowania sadzonek i udziału mykoryz tworzących poszczególne gatunki grzybów.

Wnioski

- ✦ Sincocin nie powodował zmian w udziale mykoryz tworzonych przez gatunki wprowadzone ze szczepionką *H. crustuliniforme* lub *L. bicolor* i w zróżnicowany sposób (stymulacja, inhibicja, brak wpływu) wpływał na spontaniczne tworzenie mykoryz.
- ✦ Aplikacja Sincocinu istotnie obniżyła ogólny poziom zmykoryzowania sosny hodowanej na podłożach szczepionych *H. crustuliniforme* lub *L. bicolor* i istotnie podniosła ten poziom u sadzonek niemykoryzowanych.
- ✦ Aplikacja Sincocinu nie miała wpływu na kształtowanie parametrów biometrycznych sosny hodowanej na podłożu ze szczepionką *L. bicolor*, ograniczała wzrost siewek niemykoryzowanych oraz stymulowała wzrost sosen z wariantu z *H. crustuliniforme*.

Literatura

- Aleksandrowicz-Trzcińska M. 2007a. Zabiegi chemicznej ochrony roślin a technologie sterowanej mykoryzacji sadzonek drzew leśnych. W: Kowalski S. [red.]. Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. CILP. 145-152.
- Aleksandrowicz-Trzcińska M. 2007b. Wpływ środków chemicznych stosowanych w szkółkach leśnych w ochronie różnych gatunków drzew na mikoryzy tworzone przez grzyb *Hebeloma crustuliniforme*, pochodzący ze sterowanej mikoryzacji. W: Kowalski S. [red.]. Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. CILP. 152-160.
- Aleksandrowicz-Trzcińska M., Hamera-Dzierżanowska A., Żybura H., Drozdowski S. 2013. Wpływ mykoryzacji i chitozanu na wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w szkółce i na uprawie. Sylwan 157 (12): 899-908.
- Agarar R. 1987-2006. Colour Atlas of Ectomycorrhizae. Einhorn Verlag, Schwabisch-Gmünd.

- Agarar R., Rambold G. 2004-2007. DEEMY – An information system for characterization and determination of ectomycorrhizae, <http://www.deemy.de>, Munch. Ludwig Maximilians University.
- Buchenauer H., Röhner E. 1981. Effect of triadimefon and triadimenol on growth of various plant species as well as on gibberellin content and sterol metabolism in shoots of barley seedlings. *Pestic. Biochem. Physiol.* 15: 58-70.
- Copping L. G. 2004. The manual of biocontrol agents. Alton, UK.
- El-Nagdi W. M. A., Youssef M. M. A. 2004. Soaking faba bean seed in some bio-agents as prophylactic treatment for controlling *Meloidogyne incognita* root-knot nematode infection. *J. Pest Sci.* 77: 75-78.
- Fletcher R. A., Asare-Boamah N. K., Krieg L. C., Hofstra G., Dumbroff E. B. 1988. Triadimefon stimulates rooting in bean hypocotyl. *Physiologia Plantarum* 73: 401-405.
- Gado E. A. M. 2007. Management of *Cercospora* leaf spot disease of sugar beet plants by some fungicides and plant extracts. *Egypt. J. Phytopathol.* 35 (2): 1-10.
- Gange A. 2000. Arbuscular mycorrhizal fungi, *Collembola* and plant growth. *Tree* 15: 369-372.
- Gomathinayagam M., Jaleel C. A., Lakshmanan G. M. A., Panneerselvam R. 2007. Changes in carbohydrate metabolism by triazole growth regulators in cassava (*Manihot esculenta* Crantz); effects on tuber production and quality. *C. R. Biologies* 330: 644-655.
- Grzywacz A. 1993. Chemiczna ochrona szkółek leśnych przed chorobami. *Post. Tech. Leś.* 53: 53-59.
- Hiol F., Dixon R. K., Curl E. A. 1994. The feeding preference of mycophagous *Collembola* varies with the ectomycorrhizal symbiont. *Mycorrhiza* 5: 99-103.
- Ingleby K., Mason P. A., Last F., Fleming L. V. 1990. Identification of ectomycorrhizas. HMSO, London.
- Jaleel C. A., Gopi R., Manivannan P., Panneerselvam R. 2008. Exogenous application of triadimefon affects the antioxidant defense system of *Withania somnifera* Dunal. *Pestic. Biochem. Physiol.* 91: 170-174.
- Jaleel C. A., Manivannan P., Sankar B., Kishorekumar A., Gopi R., Somasundaram R., Panneerselvam R. 2007. Induction of drought stress tolerance by ketoconazole in *Catharanthus roseus* in mediated by enhanced antioxidant potentials and secondary metabolite accumulation. *Colloids Surf. B: Biointerfaces* 60: 201-206.
- Kryczyński S. 2005. Podstawy fitopatologii. Wyd. III, Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Leski T., Aučina A., Skridaila A., Pietras M., Riepišas E., Rudawska M. 2010. Ectomycorrhizal community structure of different genotypes of Scots pine under forest nursery conditions. *Mycorrhiza* 20: 473-481.
- Lussenhop J. 1992. Mechanisms of microarthropod-microbial interactions in soil. *Advances in Ecological Research* 23: 1-33.
- Menkis A., Vasiliauskas R., Taylor A. F. S., Stenlid J., Finalay R. 2005. Fungal communities in mycorrhizal roots of conifer seedlings in forest nurseries under different cultivation systems, assessed by morphotyping, direct sequencing and mycelial isolation. *Mycorrhiza* 16: 33-41.
- Mustafa M. H., Gado E. A. M. 2007. Inducing resistance in potato plants against late blight disease in relation to elicitation of phytoalexins. *Egypt. J. Phytopathol.* 35 (2): 11-22.
- Osman G. Y., Salem F. M. 1995. Bio-efficacy of sincocin AGTM to control *Tylenchulus semipenetrans* (*Tylenchida*, *Nematoda*) in citrus orchard. *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 68: 179-181.
- Pietras Z., Śliwa S. 2007. Warunki hodowli i rozwoju sadzonek poddanych zabiegowi sterowanej mikoryzacji grzybem *Hebeloma crustuliniforme* w szkółce kontenerowej. W: Kowalski S. [red.]. *Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym*. CILP. 104-127.
- Placek A., Dobrowolska A., Wraga K., Zawadzińska A., Żurawik P., 2009. Wykorzystanie chitozanu w uprawie, przechowalnictwie i ochronie roślin ogrodniczych. *Postępy Nauk Rolniczych* 3-4: 101-109.
- Schneider K., Renker C., Maraun M. 2005. Oribatid mite (*Acari, Oribatida*) feeding on ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 16: 67-72.
- Sierota Z. 1997. Ochrona szkółek przed grzybami pasożytniczymi. *Sylwan* 141 (5): 5-13.
- Smith S. E., Read D. J. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, San Diego.
- Srivastava H. S., Fletcher R. A. 1992. Triadimenol increases nitrate levels and nitrate reductase activity in canola leaves. *J. Exp. Bot.* 43: 1267-1271.
- Stocka T. 2008. Biologiczne metody ochrony przed chorobami grzybowymi w szkółkach leśnych. *Post. Tech. Leś.* 104: 28-38.
- Szabla K., Pabian R. 2003. *Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym*. CILP, Warszawa.

SUMMARY

Effect of Sincocin AL on the growth and mycorrhizal colonization of container-grown Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)

The aim of the study was to assess the impact of the Sincocin AL on the growth and level of mycorrhizal colonization of Scots pine seedlings. Pine seedlings were grown in containers in

a plastic greenhouse on three types of peat-perlite substrate: with the addition of 6% inoculum of *Hebeloma crustuliniforme* or *Laccaria bicolor* and without inoculums. Sincocin 2% was applied at a dose of 1000 l/ha, of five times at weekly intervals,

The growth of pine seedlings was assessed on the basis of the following characteristics: root collar diameter, shoot length, number of lateral shoots, dry mass of shoots and roots. The level of root mycorrhization was assessed by counting the non-mycorrhizal and mycorrhizal tips categorised into morphotypes.

Sincocin had no effect on the development of biometric parameters of pines grown on a substrate inoculated with *L. bicolor*; it showed an inhibiting effect on the formation of lateral shoots and dry mass of the aboveground parts of non-inoculated pines, whereas it stimulated the shoot growth and dry mass of the aboveground parts of pines grown from the seedlings in the variant with *H. crustuliniforme*.

In addition to *H. crustuliniforme* and *L. bicolor*, mycorrhizae on the seedling roots formed by *Wilcoxina mikolae*, *Suillus luteus*, *Suillus bovinus*, *Suillus variegatus*, *Laccaria laccata*, *Cenococcum geophilum*, *Thelephora terrestris* were identified.

Sincocin did not cause changes in the share of mycorrhizae formed by inoculated fungi *H. crustuliniforme* or *L. bicolor*. It showed a diverse effect on mycorrhizae formation by the fungi of the *Suillus* genus. Sincocin inhibited the mycorrhizal symbiosis on the roots of pine seedlings inoculated with *H. crustuliniforme*, stimulated the formation of mycorrhizae by non-inoculated seedlings and had no effect on the formation of mycorrhizae by pine seedlings from the variant with *L. bicolor*. Sincocin inhibited the formation of *W. mikolae* mycorrhizae. The application of Sincocin significantly reduced an overall level of mycorrhization of the pine seedlings inoculated with *H. crustuliniforme* and *L. bicolor* and significantly raised the level of mycorrhization of the non-inoculated seedlings. A diverse effect of Sincocin on mycorrhizae may be due to the impact of the medium used on the population of fungal predators such as nematodes and soil arthropods.