

KOLONIZACJA MIKORYZOWA I WZROST SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) W UPRAWIE ZAŁOŻONEJ Z SADZONEK W RÓŻNYM STOPNIU ZMIKORYZOWANYCH*

Marta Aleksandrowicz-Trzcińska

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. W Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Rogowie założono uprawę z sadzonek sosny zwyczajnej, różniących się zmikoryzowaniem ilościowo i jakościowo. Miejszem doświadczenia była powierzchnia leśna wykorzystywana uprzednio przez blisko 40 lat jako szkółka. Uprawę założono z sadzonek wyhodowanych na niesterylnym podłożu torfowo-perlitowym. Do połowy podłoża dodano szczepionkę mikoryzową z grzybem *Hebeloma crustuliniforme*. Sadzonki w szkółce traktowano sześcioma fungicydami, pozostawiając w celu porównania sosny nieopryskiwane. Mimo wystąpienia istotnych statystycznie różnic w poziomie kolonizacji mikoryzowej między sadzonkami z poszczególnych wariantów doświadczenia, nie różniły się one wysokością. Po pierwszym roku wzrostu sadzonek w uprawie poziom kolonizacji mikoryzowej wyrównał się i wynosił średnio ponad 80%. Sadzonki mikoryzowane osiągnęły istotnie statystycznie mniejszy roczny przyrost wysokości w porównaniu z niemikoryzowanymi. Przeżywalność sadzonek wszystkich wariantów była wysoka i wynosiła średnio 97%.

Słowa kluczowe: *Pinus sylvestris*, ektomikoryza, *Hebeloma crustuliniforme*, wzrost sadzonek, uprawa

WSTĘP

Jednym z warunków dużej udatności upraw jest stosowanie do odnowień i zalesień sadzonek zaopatrzonych w obfitą i zróżnicowaną mikoryzę. Między innymi dlatego w Polsce od kilku lat wdrażany jest program sterowanej mikoryzacji sadzonek. Do jednej

* W artykule przedstawiono fragment badań realizowanych w ramach tematu 506 030400 04 finansowanego przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych.

ze stosowanych szczepionek, opracowanej przez prof. Stefana Kowalskiego (Katedra Fitopatologii Leśnej, AR Kraków), użyto grzyba *Hebeloma crustuliniforme* (Bull.) Quél. – włośnianka rosista. Obecnie ważne jest poznanie reakcji gatunku stanowiącego inokulum na zabiegi rutynowo wykonywane w szkółkach leśnych, a szczególnie na fungicydy stosowane w ochronie sadzonek przed chorobami grzybowymi. Równie interesujące są informacje o wzroście i przeżywalności sadzonek mikoryzowanych w uprawach założonych w różnych warunkach, a także, niezależnie od wdrażanego programu sterowanej mikoryzacji, w jaki sposób zabiegi wykonywane w szkółce wpływają na dalszy wzrost sadzonek.

Celem pracy była ocena wzrostu i poziomu kolonizacji mikoryzowej sadzonek sosny zwyczajnej, w uprawie założonej na powierzchni leśnej wykorzystywanej uprzednio jako szkółka. Sadzonki użyte do założenia uprawy charakteryzowały się różnym zmikoryzowaniem zarówno pod względem ilościowym jak i jakościowym, spowodowanym dodaniem do podłoża szczepionki mikoryzowej z grzybem *H. crustuliniforme* i zastosowaniem fungicydów.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Rogowie (51°40'N, 19°55'E, 195 m n.p.m.), na glebach płowych typowych i płowych opadowo-glejowych, utworach pyłowych i pylastych oraz piaskach fluwioglacjalnych, tworzących potencjalny zespół leśny – *Tilio-Carpinetum typicum*. W miejscu założenia uprawy, w latach 1957-1989, prowadzono produkcję szkółkarską. Od 1989 roku teren ten, położony w środku kompleksu leśnego, wykorzystywany był czasowo jako poletko łowieckie.

Uprawę założono z sadzonek pochodzących z doświadczenia testującego wpływ fungicydów na wzrost i poziom kolonizacji mikoryzowej sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) [Aleksandrowicz-Trzcńska 2002]. Sadzonki wyhodowano w kasetach V-120 na podłożu torfowo-perlitowym. Połowę sadzonek poddano sterowanej mikoryzacji szczepionką prof. Stefana Kowalskiego z grzybem *H. crustuliniforme*. Sadzonki w szkółce opryskiwano fungicydami: Bayleton 25 WP, Bravo 500 SC, Dithane M-45 80 WP, Euparen 50 WP, Topsin M 70 WP, Zaprawa Funaben T w zalecanych dawkach i stężeniach. Podłoża nie sterylizowano, co spowodowało z jednej strony wystąpienie dość obfitych mikoryz na korzeniach sadzonek nieinokulowanych (48,5%), z drugiej jednak było przyczyną pojawienia się mikoryz przygodnych (stanowiących średnio około połowy wszystkich wierzchołków mikoryzowych) na korzeniach sadzonek inokulowanych.

Doświadczenie założono w układzie czterech bloków losowych. Składało się ono z czternastu wariantów. Wariantami doświadczenia były sadzonki mikoryzowane i niemikoryzowane, traktowane w pierwszym roku hodowli sześcioma fungicydami oraz nieopryskiwane. Glebę przygotowano w bruzdy. Więźba sadzenia wynosiła 1,4 × 0,7 m, odstęp między blokami – 2 m. Wariant w bloku reprezentowany był przez 10 sadzonek. Łącznie wysadzono 560 sadzonek. Schemat doświadczenia przedstawia rysunek 1.

Pierwszy pomiar wysokości sosen wykonano tuż po ich posadzeniu w kwietniu. Na początku listopada dokonano powtórnego pomiaru wysokości oraz pobrano próby korzeni z glebą cylindrem o średnicy 3,1 cm. Cylinder wbijano w ziemię na głębokość ok.

12-15 cm tuż przy szyi korzeniowej sadzonki. Taki sposób pobierania próby podyktowany był dość specyficznym wzrostem korzeni, wynikającym z produkcji sadzonek w pojemnikach, a także, najprawdopodobniej, suszą, szczególnie dotkliwą w maju i w czerwcu po założeniu uprawy. Tylko pojedyncze korzenie odrastały od bocznych powierzchni bryłki korzeniowej, tak więc próba zawierała nieliczne korzenie zeszlazoczone z torfem, wszystkie korzenie wrastające do gleby na całej długości bryłki korzeniowej, a także część korzeni wrastających w głąb gleby poniżej bryłki korzeniowej. Z każdego wariantu pobrano 20 próbek, łącznie 280. Bryłki gleby z próbą korzeni zawijano w folię aluminiową i oznaczano. W laboratorium każdą próbkę płukano wodą na sitach i pod mikroskopem stereoskopowym, w powiększeniu 6,3-40 razy, liczone wierzchołki mikoryzowe i autotroficzne tylko na odcinkach korzeni tegorocznych. Wierzchołki mikoryzowe identyfikowano na podstawie braku włosników, obecności mufki grzybniowej, zabarwienia, występowania strzępek i sznurów grzybniowych, pogrubienia (hipertrofii) drobnych korzeni oraz przekształcenia ich w charakterystyczne formy mikoryzowe.

I	II	III	IV
MK	CD	MBr	CF
CK	MD	CBr	MF
MB	CT	ME	CBr
CB	MT	CE	MBr
MD	CK	MF	CB
CD	MK	CF	MB
MF	CBr	MT	CE
CF	MBr	CT	ME
ME	CB	MK	CD
CE	MB	CK	MD
MBr	CF	MD	CT
CBr	MF	CD	MT
MT	CE	MB	CK
CT	ME	CB	MK

Rys. 1. Schemat doświadczenia. M – sadzonki mikoryzowane *H. crustuliniforme*, C – niemikoryzowane; opryskiwane: B – Bayleton 25 WP, Br – Bravo 500 SC, D – Dithane M-45, E – Euparen 50 WP, T – Topsin M 70 WP, F – Zaprawa Funaben T, K – kontrola, I, II, III, IV – numery bloków

Fig. 1. Experimental design. M – seedlings inoculated with *H. crustuliniforme*, C – non-inoculated, treated with: B – Bayleton 25 WP, Br – Bravo 500 SC, D – Dithane M-45, E – Euparen 50 WP, T – Topsin M 70 WP, F – Funaben T, K – untreated; I, II, III, IV – numbers of blocks

Wykorzystując program Statgraphics Plus 4.1, po uprzednim zbadaniu zgodności z rozkładem normalnym, wykonano analizę wariancji badanych cech sadzonek. Jednorodne grupy zostały utworzone na podstawie testu Duncana. Oceniono istotność różnic między wartościami cech w obrębie dwóch grup sadzonek: mikoryzowanych i niemikoryzowanych, a także między tymi grupami.

WYNIKI

Wysokość sadzonek mikoryzowanych, po wysadzeniu w uprawie, wynosiła średnio 11,7 cm (tab. 1). Najniższe były sadzonki opryskiwane w szkółce Bravo – 10,4 cm, a najwyższe z wariantu kontrolnego – 12,7 cm. Zbliżonymi wysokościami po wysadzeniu charakteryzowały się sadzonki niemikoryzowane (tab. 2). Najmniejszą wysokość osiągnęły sosny opryskiwane w szkółce Topsinem – 10,1 cm, a największą sadzonki nieopryskiwane – 13,6 cm. Średnia wysokość sadzonek niemikoryzowanych wynosiła 11,8 cm. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w wysokości sadzonek po wysadzeniu w uprawie między sosnami mikoryzowanymi i niemikoryzowanymi oraz w obrębie tych dwóch grup sadzonek między wariantami doświadczenia.

Tabela 1. Cechy biometryczne i przeżywalność mikoryzowanych sadzonek sosny w uprawie (X – średnia, V% – współczynnik zmienności)

Table 1. Biometric traits and survival rates of inoculated pine seedlings grown in plantation (X – mean values, V% – coefficient of variability)

Wariant Treatment	Wysokość, cm – Height, cm				Przyrost wysokości, cm Height increment, cm		Przeżywalność Survival %
	po wysadzeniu after planting		po pierwszym roku after one year		X	V%	
	X	V%	X	V%			
Bayleton 25 WP	11,2	23,3	16,3	20,7	5,1	37,4	97,5
Bravo 500 SC	10,4	32,0	16,8	27,9	6,4	37,6	100
Dithane M-45	11,3	28,2	16,8	23,4	5,4	45,8	97,5
Euparen 50 WP	12,4	36,5	17,4	33,2	4,9	49,6	97,5
Topsin M 70 WP	12,1	21,7	16,9	20,9	5,1	44,8	97,5
Zaprawa Funaben T	12,3	19,8	17,9	23,8	5,5	47,7	92,5
Kontrola Control	12,7	24,0	18,0	26,6	5,3	43,7	97,5
Sadzonki mikoryzowane Inoculated seedlings	11,7	27,5	17,2	25,6	5,4	44,1	97,1

Po pierwszym roku wzrostu w uprawie najwyższe okazały się niemikoryzowane sadzonki kontrolne (20,0 cm), a najniższe sosny niemikoryzowane, traktowane w szkółce Topsinem (14,8 cm). Sadzonki z tych wariantów charakteryzowały się równocześnie najwyższą i najniższą wysokością tuż po wysadzeniu. Sosny mikoryzowane po pierwszym roku hodowli w uprawie były średnio o 1 cm niższe niż niemikoryzowane, a ich średnia wysokość wynosiła 17,2 cm. Jednak różnica ta okazała się nieistotna statystycznie. Współczynnik zmienności wysokości po wysadzeniu sadzonek i w pierwszym roku wzrostu w uprawie wynosił 19,8%-42,1% (tab. 1 i 2).

Roczny przyrost wysokości sadzonek mikoryzowanych wynosił średnio 5,4 cm. Był on najniższy dla sosen opryskiwanych w szkółce Euparenem – 4,9 cm, a najwyższy dla wariantu z Bravo – 6,4 cm. Przyrost wysokości sadzonek niemikoryzowanych był istotnie statystycznie wyższy ($p = 0,0174$) od mikoryzowanych i wynosił 6,2 cm. Najwyższym

Tabela 2. Cechy biometryczne i przeżywalność niemikoryzowanych sadzonek sosny w uprawie (X – średnia, V% – współczynnik zmienności)

Table 2. Biometric traits and survival rates of noninoculated pine seedlings grown in plantation (X – mean values, V% – coefficient of variability)

Wariant Treatment	Wysokość, cm – Height, cm				Przyrost wysokości, cm Height increment, cm		Przeży- walność Survival %
	po wysadzeniu after planting		po pierwszym roku after one year		X	V%	
	X	V%	X	V%			
Bayleton 25 WP	11,1	27,6	17,4	29,2	6,3	42,8	97,5
Bravo 500 SC	10,6	42,1	17,7	35,0	6,5	44,4	90,0
Dithane M-45	11,6	29,3	18,8	26,1	7,0	40,8	97,5
Euparen 50 WP	12,5	31,3	19,1	28,0	6,7	38,7	97,5
Topsin M 70 WP	10,1	33,2	14,8	33,8	4,8	55,5	97,5
Zaprawa Funaben T	13,4	24,8	19,4	26,2	5,8	51,3	97,5
Kontrola Control	13,6	20,0	20,0	21,3	6,4	45,3	100
Sadzonki niemiko- ryzowane Noninoculated seedlings	11,8	31,1	18,2	29,3	6,2	45,9	96,8

rocznym przyrostem wysokości (7,0 cm) charakteryzowały się niemikoryzowane sosny traktowane w szkółce Dithane, a najniższym – Topsinem (4,8 cm). Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w przyroście wysokości między wariantami w obrębie sadzonek mikoryzowanych i niemikoryzowanych.

Sadzonki z obu grup: mikoryzowanych i niemikoryzowanych charakteryzowały się wysoką przeżywalnością, wynoszącą od 90% dla wariantu z Bravo wśród sosen nieinokulowanych, do 100% dla tego samego wariantu wśród sadzonek inokulowanych i kontrolnego dla sosen nieinokulowanych (tab. 1 i 2).

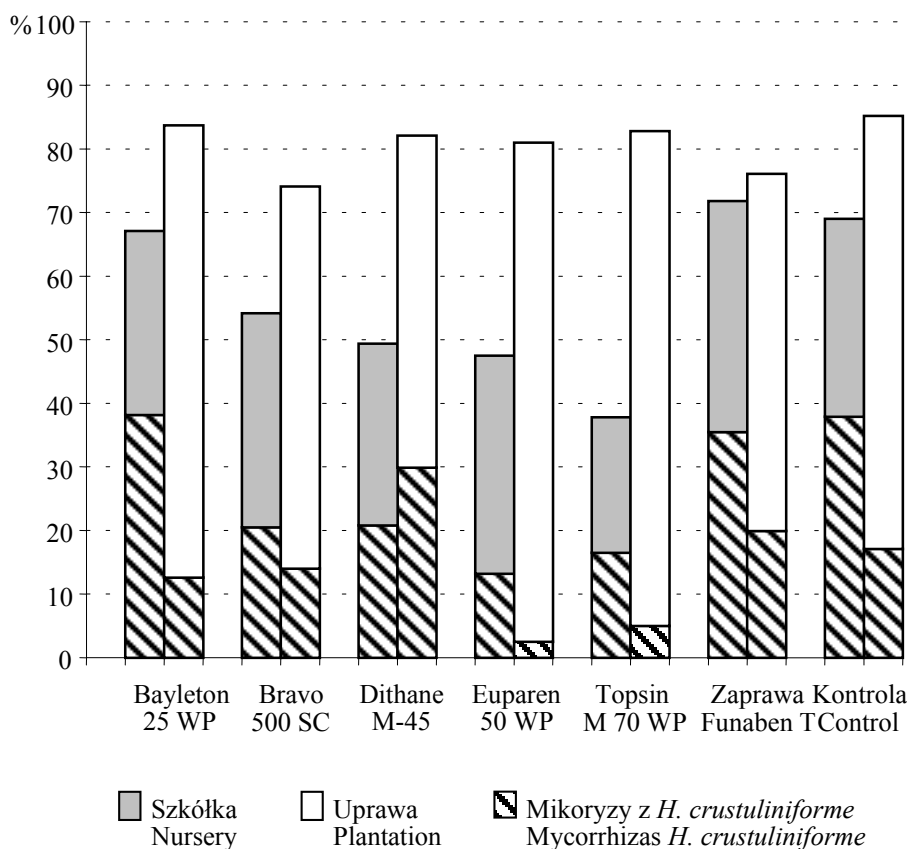
W momencie wysadzenia sadzonki inokulowane były istotnie lepiej zmikoryzowane (54,9%) od nieinokulowanych (48,5%, $p = 0,0363$). Analizując poziom mikoryzacji w obrębie obu grup sosen jedynie u sadzonek inokulowanych po aplikacji Dithane, Euparenu i Topsinu stwierdzono istotne zmniejszenie ogólnego zmikoryzowania korzeni ($p = 0,0008$) w porównaniu z kontrolą (ryc. 2 i 3).

Po roku wzrostu w uprawie poziom kolonizacji mikoryzowej wyrównał się (rys. 2 i 3). Sadzonki inokulowane były zmikoryzowane średnio w 80,8%, a nieinokulowane w 83,4%. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w ogólnym stopniu zmikoryzowania korzeni ani między sosnami inokulowanymi i nieinokulowanymi, ani w obrębie tych dwóch grup.

Na korzeniach sadzonek w szkółce występowało 5 morfotypów mikoryz:

1. *H. crustuliniforme* tworzyła mikoryzy jasne, najczęściej nieco wydłużone, słabo rozgałęziające się, dominowały mikoryzy pojedyncze i dychotomiczne. Od powierzchni mufki grzybniowej odrastała obfita biała grzybnia absorpcyjna. Występowały one wyłącznie na korzeniach sadzonek inokulowanych, a ich średni udział wynosił 25,1% (rys. 2).

2. Mikoryzy tworzone przez *Laccaria laccata* (Scop.: Fr.) Berk. et. Br. były jasne, o gładkiej mufce, czasami z nielicznymi białymi strzępkami. Często dominowały formy



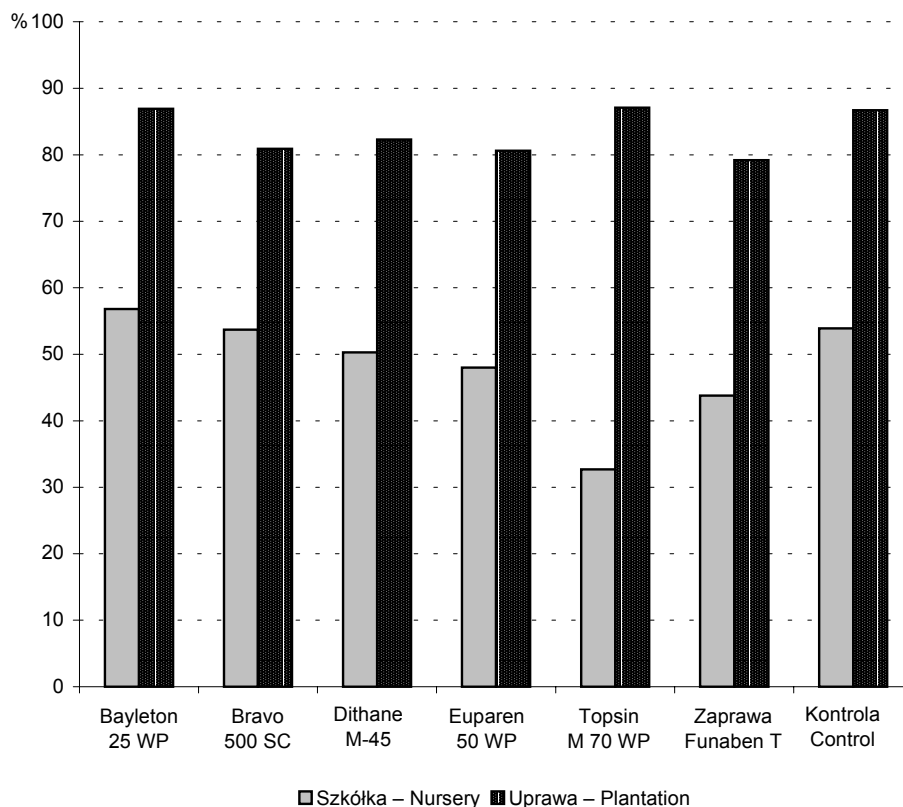
Rys. 2. Stopień zmikoryzowania inokulowanych sadzonek sosny w szkółce i w uprawie oraz udział mikoryz tworzonych przez *H. crustuliniforme* (%)

Fig. 2. Degree of mycorrhizal colonisation of inoculated pine seedlings growing in tree nursery and in plantation, and proportion of mycorrhizas formed by *H. crustuliniforme* (%)

złożone, zwłaszcza wielokrotnie dychotomicznie rozgałęzione. Mikoryzy te stanowiły 10,7% udziału na korzeniach sadzonek inokulowanych i 17,3% – na korzeniach sadzonek nieinokulowanych.

3. Mikoryzy brązowe o gładkiej mufce. Stwierdzono wszystkie formy mikoryz: pojedyncze, dychotomicznie i wielokrotnie dychotomicznie rozgałęzione oraz koralowate. Mikoryzy te dominowały u sadzonek nieinokulowanych (średnio 26,8%) i stanowiły 16,0% mikoryz utworzonych na korzeniach sadzonek inokulowanych.

4. Mikoryzy pomarańczowe, których intensywna barwa występowała w momencie wyjmowania sadzonek z kasety. Później zmieniała się przez łososiową do jasnoróżowej. Mikoryzy te charakteryzowały się bardzo grubą mufką grzybniową oraz obfitą białą lub szarą grzybnią absorpcyjną i takiego samego koloru ryzomorfami. Dominowały mikoryzy typu grono. Morfotyp ten skolonizował ok. 2% korzeni krótkich.



Ryc. 3. Stopień zmykoryzowania nieinokulowanych sadzonek sosny w szkółce i w uprawie (%)
 Fig. 3. Degree of mycorrhizal colonization of noninoculated pine seedlings growing in tree nursery and in plantation (%)

5. Mikoryzy tworzone przez *Cenococcum geophilum* Fr.: Fr. charakteryzowały się czarną mufką od której promieniście odrastały czarne, sztywne strzępki. Udział tego morfotypu wynosił ok. 1%.

Korzenie sadzonek w uprawie skolonizowane były przez 8 morfotypów mikoryz. Cztery, a być może pięć z nich, było morfotypami, które stwierdzono w szkółce. Udział mikoryz tworzonych przez *H. crustuliniforme* zmniejszył się średnio do 14,6%. Dominującym morfotypem były mikoryzy brązowe gładkie. Ich udział na korzeniach sadzonek nieinokulowanych wynosił 50,9%, a inokulowanych – 37,0%. Mikoryzy tworzone przez *L. laccata* stanowiły 22,5% udziału u sadzonek nieinokulowanych i 17,9% u inokulowanych. Mikoryzy pomarańczowe skolonizowały średnio ok. 1% korzeni krótkich wszystkich sadzonek, a *C. geophilum* ok. 0,2%. Ponieważ nie przeprowadzono badań genetycznych nie można mieć pewności czy mikoryzy w szkółce i w uprawie tworzone były przez te same gatunki grzybów. O ile jednak mikoryzy z *H. crustuliniforme*, *L. laccata*, *C. geophilum* i mikoryzy różowe charakteryzowały się dość specyficznymi cechami, pozwalającymi na identyfikację morfotypów, co w wypadku mikoryz z *L. laccata* ułatwiało dodatkowo owocowanie zarówno w szkółce, jak i w uprawie, to dla

mikoryz brązowych z gładką mufką, stosunkowo najmniej specyficznych, wrażliwości czy w szkółce i w uprawie tworzone były przez sam gatunek grzyba są największe. Obok wymienionych morfotypów mikoryz na korzeniach sadzonek, po pierwszym roku wzrostu w uprawie, pojawiły się trzy nowe morfotypy:

1. Mikoryzy brązowe z obfitą białą lub szarawą grzybnią oraz nielicznymi ryzomorfi. Dominowały formy koralowate. Morfotyp ten stanowił średnio 5,8% udziału.

2. Jasno-żółte mikoryzy pokryte cienką warstwą białej błyszczącej grzybni, znikającej po dotknięciu. Od powierzchni mufki odrastała obfita biała grzybnia absorpcyjna i białe sznury grzybniowe. Mikoryzy te skolonizowały średnio 2,1% korzeni krótkich.

3. Mikoryzy żółte z odrastającymi od mufki grubymi poskręcanymi szarymi lub prawie czarnymi strzępkami. Dominowały mikoryzy pojedyncze i dychotomiczne. Udział tego morfotypu wynosił 1,1%.

DYSKUSJA

Do zalesiania i odnawiania gruntów trudnych, których gleba pozbawiona jest właściwych dla drzew leśnych gatunków grzybów ektomikoryzowych przeznaczane są sadzonki z dobrze wykształconą mikoryzą lub poddane w szkółce sterowanej mikoryzacji. W przeprowadzonym doświadczeniu uprawę sosnową założono w miejscu gdzie przez ponad 30 lat prowadzono produkcję szkółkarską. Uważa się, że w szkółkach, nawet założonych na gruntach leśnych, jedynie do około 10 roku użytkowania nie występują zakłócenia w mikotrofizmie sadzonek. W starszych szkółkach obserwuje się obniżenie poziomu kolonizacji mikoryzowej i zmniejszenie bioróżnorodności grzybów ektomikoryzowych oraz zastępowanie właściwych dla większości gatunków drzew leśnych ektomikoryz, ektendomikoryzami. Zanikanie w tych szkółkach grzybów ektomikoryzowych wiąże się najczęściej z nadmierną alkalizacją gleby, nawożeniem, permanentną mechaniczną uprawą gleby, stosowaniem pestycydów, co w konsekwencji prowadzi do zmian mikrobiologicznych gleb leśnych [Kowalski 2000].

Po zakończeniu produkcji szkółkarskiej, teren na którym założono uprawę wykorzystywany był przez prawie 10 lat jako polećko łowieckie, obsiewane przede wszystkim zbożami, tworzącymi mikoryzę arbuskularną, a ostatnie dwa lata – odłogowany. Jednak, jak pokazały wyniki doświadczenia, w glebie na której założono uprawę nie wystąpiły znaczne zmiany mikrobiologiczne, czego dowodem jest dobre zmikoryzowanie korzeni sadzonek oraz występowanie wyłącznie ektomikoryz. Jedną z przyczyn takiego stanu może być to, że teren byłej szkółki, na którym założono uprawę, był stosunkowo niewielki (1,54 ha) i położony w środku kompleksu leśnego.

Mikoryzy utworzone na korzeniach w szkółce pomagają przetrwać sadzonkom szok związany z przesadzeniem na uprawę i adaptację w nowym miejscu. Wpływ grzybów wprowadzonych zarówno drogą sterowanej mikoryzacji, jak też pojawiających się spontanicznie w szkółkach może trwać tylko przez krótki czas po przeniesieniu sadzonek na uprawę, lecz często decyduje o przeżyciu i początkowym wzroście [Valleneuve i in. 1991, Ektomikoryza... 2000]. Najczęściej grzyby mikoryzowe ze szkółki w ciągu pierwszych lat wzrostu sadzonek w uprawie są zastępowane przez gatunki autochtoniczne [Riffle i Tinus 1982, Garbaye i in. 1988, Dahlberg i Stenström 1991]. Taką sytuację obserwujemy w wypadku wprowadzonego ze szczepionką w szkółce *H. crustuliniforme*. Jego udział po pierwszym roku wzrostu sadzonek w uprawie zmniejszył się o ok.

40%. Mimo to szczep ten można uznać za dość konkurencyjny względem gatunków pojawiających się spontanicznie. Szczepy grzybów ektomikoryzowych o niskiej konkurencyjności mogą być zastępowane przez gatunki miejscowe nawet w ciągu kilku miesięcy od wysadzenia na nowe miejsce [Villeneuve i in. 1991, Tammi i in. 2001]. Istnieją jednak również wyselekcjonowane szczepy (np. *L. bicolor* S 238N), które wykorzystywane do sterowanej mikoryzacji w szkółce przeżywają jako dominujący gatunek ektomikoryzowy, skutecznie ograniczając tworzenie mikoryz z innymi grzybami [Villeneuve i in. 1991, Selosse i in. 1988]. W przeprowadzonych badaniach za autochtoniczne można uznać nie tylko te gatunki, które utworzyły 3 morfotypy mikoryz pojawiające się na korzeniach sadzonek w uprawie, a niewystępujące w szkółce, ale również mikoryzy powstające spontanicznie w szkółce, ponieważ leży ona w bezpośrednim sąsiedztwie kompleksu leśnego, w którym założono uprawę.

Często zdarza się, że sposób traktowania sadzonek w szkółce wpływa przez wiele lat na ich wzrost w uprawie. Fungicydy stosowane w ochronie sadzonek przed chorobami występującymi w szkółce mogą powodować znaczne różnice w przeżywalności i tempie wzrostu sadzonek w uprawie, zwłaszcza jeżeli powodują one zmiany w poziomie kolonizacji mikoryzowej korzeni [Owston i in. 1986].

W przeprowadzonym doświadczeniu, istotnie statystycznie różnice w stopniu zmikoryzowania sadzonek spowodowane produkcją na różnych podłożach i stosowaniem fungicydów w szkółce, zostały zniwelowane w pierwszym roku wzrostu w uprawie. Powodem była najprawdopodobniej obecność w glebie, odpowiednich dla sosny, aktywnych gatunków grzybów ektomikoryzowych i dobre warunki do ich rozwoju i tworzenia związków mikoryzowych. Można przypuszczać, że duże różnice w poziomie kolonizacji mikoryzowej utrzymałyby się lub nawet pogłębiły gdyby sadzonki trafiły na uprawę założoną na gruncie pozbawionym grzybów ektomikoryzowych.

Stopień zmikoryzowania korzeni wpływa na wzrost roślin. Może zdarzyć się, zwłaszcza w pierwszych latach życia sadzonek, że obfite mikoryzy powodują hamowanie wzrostu rośliny, co spowodowane jest koniecznością odprowadzania nawet do 30% produktów fotosyntezy przez roślinę-gospodarza do partnera grzybowego. Zjawisko to należy traktować jako naturalny proces fizjologiczny. Zwykle po upływie 2-3 lat sadzonki dobrze zmikoryzowane wyrównują wzrost i nawet przewyższają te słabiej zmikoryzowane [Stenström i Ek 1990]. Takim właśnie zjawiskiem można wytłumaczyć istotnie statystycznie mniejszy przyrost wysokości sadzonek mikoryzowanych w stosunku do niemikoryzowanych. Wprawdzie ogólny stopień zmikoryzowania sosen inokulowanych i nieinokulowanych był zbliżony, ale różniły się one udziałem poszczególnych morfotypów. Decydujące znaczenie mogła mieć obecność mikoryz z *H. crustuliniforme*. Mikoryzy te tworzą dość obfitą grzybnię absorpcyjną przerastającą podłoże. Być może utrzymanie tego morfotypu wiązało się z dużym wydatkiem energetycznym sadzonek.

Wysoka przeżywalność sosen, średnio ok. 97%, wiązała się z dobrym zmikoryzowaniem korzeni przez kilka gatunków grzybów. Nie bez znaczenia również było to, że sadzonki produkowano z zakrytym systemem korzeniowym.

WNIOSKI

1. Sposób hodowli i ochrony sadzonek w szkółce (różne podłoża, stosowanie fungicydów), który spowodował powstanie różnic w stopniu zmikoryzowania korzeni, nie wpływał na poziom kolonizacji mikoryzowej sadzonek po pierwszym roku wzrostu w uprawie, lecz był przyczyną istotnie mniejszego rocznego przyrostu wysokości sosen inokulowanych w porównaniu z nieinokulowanymi.

2. Wyrównanie stopnia zmikoryzowania sadzonek, po pierwszym roku wzrostu w uprawie, było spowodowane założeniem jej w miejscu sprzyjającym występowaniu grzybów ektomikoryzowych oraz tworzeniu i rozwojowi związków ektomikoryzowych.

3. Istotnie mniejszy przyrost wysokości sadzonek inokulowanych w stosunku do nieinokulowanych mógł być spowodowany różnym udziałem poszczególnych morfotypów mikoryz i koniecznością odprowadzania przez sadzonki inokulowane większych ilości produktów fotosyntezy do struktur mikoryz.

PIŚMIENNICTWO

- Aleksandrowicz-Trzcńska M., 2002. Wpływ fungicydów na wzrost i kolonizację mikoryzową sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) hodowanych w kontenerach. Wyd. SGGW Warszawa.
- Dahlberg A., Stenström E., 1991. Dynamic changes in nursery and indigenous mycorrhiza of *Pinus sylvestris* seedlings planted out in forest and clearcuts. *Plant Soil* 136, 73-86.
- Ektomikoryza, jej znaczenie i zastosowanie w leśnictwie. 2000. Red. M. Rudawska. Instytut Dendrologii PAN Kórnik.
- Garbaye J., Delwaille J.C., Diangana D., 1988. Growth response of eucalypts in the Congo to ectomycorrhizal inoculation. *For. Ecol. Manage.* 24, 151-157.
- Kowalski S., 2000. Mikoryzy, ich znaczenie dla optymalnego wzrostu i rozwoju drzew leśnych oraz potrzeby i możliwości sztucznej mikoryzacji materiału sadzeniowego. *Leśny Bank Genów Kostrzyna, Miłków* 19, 18-30.
- Owston P.W., Thies W.G., Fender W., 1986. Field performance of Douglas – fir seedlings after treatment with fungicides. *Can. J. For. Res.* 16, 1369-1371.
- Riffle J.W., Tinus R.W., 1982. Ectomycorrhizal characteristics, growth, and survival of artificially inoculated Ponderosa and Scots pine in a greenhouse and plantation. *For. Sci.* 28 (3), 646-660.
- Selosse M.A., Jacquot D., Bouchard D., Martin F., Le Tacon F., 1988. Temporal persistence and spatial distribution of American inoculant strain of the ectomycorrhizal basidiomycete *Laccaria bicolor* in a French forest plantation. *Mol. Ecol.* 7 (5), 561-573.
- Stenström E., Ek M., 1990. Field growth of *Pinus sylvestris* following nursery inoculation with mycorrhizal fungi. *Can. J. For. Res.* 20, 914-918.
- Tammi H., Timanen S., Sen R., 2001. Spatiotemporal colonization of Scots pine roots by introduced and indigenous ectomycorrhizal fungi in forest humus and nursery *Sphagnum* peat microcosmos. *Can. J. For. Res.* 31, 746-756.
- Villeneuve N., Le Tacon F., Bouchard D., 1991. Survival of inoculated *Laccaria bicolor* in competition with native ectomycorrhizal fungi and effects on the growth of outplanted Douglas – fir seedlings. *Plant Soil* 135, 95-107.

MYCORRHIZAL COLONISATION AND GROWTH IN A PLANTATION OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) SEEDLINGS OF DIFFERENT DEGREE OF MYCORRHIZAL FUNGUS INFESTATION

Abstract. A Scots pine tree plantation has been established in the area of the Experimental Forest Station of the Warsaw Agricultural University. The plantation consisted of seedlings colonised by different species and numbers of mycorrhizal fungi. Formerly, the experimental forest area was used as a tree nursery for over almost 40 years. Before planting, the seedlings were grown on non-sterile peat-perlite medium. One half of the medium was supplied with mycorrhizal inoculum containing fungus *Hebeloma crustuliniforme*. In the nursery, the seedlings were treated with six fungicides, with untreated ones left as a reference. In spite of statistically significant differences in degree of mycorrhizal colonisation among different treatments, the seedlings had similar heights. After the first year, the degree of mycorrhizal colonisation of the seedlings grown in plantation became similar and exceeded 80%. The seedlings inoculated at the start of the experiment had significantly smaller height increments when compared with non-inoculated ones. Regardless of the treatment, survival rates of seedlings were high and averaged 97%.

Key words: *Pinus sylvestris*, ectomycorrhiza, *Hebeloma crustuliniforme*, seedling growth, tree plantation

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 28.01.2004 r.