

TOMASZ KUC, MARTA ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA

Sterowana mikoryzacja i doglebowa aplikacja fungicydów w hodowli dębu szypułkowego. II. Wpływ zabiegów wykonanych w szkółce na kolonizację mikoryzową i wzrost w uprawie*

Artificial mycorrhization and soil application of fungicides in pedunculate oak silviculture.

II. Effect of treatments performed in the nursery on the level of mycorrhizal colonization and growth in the plantation

ABSTRACT

Kuc T., Aleksandrowicz-Trzcńska M. 2012. Sterowana mikoryzacja i doglebowa aplikacja fungicydów w hodowli dębu szypułkowego. II. Wpływ zabiegów wykonanych w szkółce na kolonizację mikoryzową i wzrost w uprawie. Sylwan 156 (11): 803-811.

The aim of the study was to examine the effect of the treatments of commercial vegetative inoculum of *Hebeloma crustuliniforme* in the nursery and soil application of the fungicides Siarkol Extra 80 WP and Falcon 460 EC in the recommended and higher doses on the growth, survival and the level of mycorrhizal colonization of transplants in the forest plantation of pedunculate oak.

KEY WORDS

fungicides, *Hebeloma crustuliniforme*, mycorrhiza, *Quercus robur*, plantation

ADDRESSES

Tomasz Kuc – e-mail: tomasz.kuc@radom.lasy.gov.pl

Marta Aleksandrowicz-Trzcńska⁽²⁾ – e-mail: marta_aleksandrowicz_trzcinska@sggw.pl

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

Wstęp

Wzrost i przeżywalność sadzonek w uprawie zależy między innymi od jakości wyprodukowanego w szkółce materiału sadzeniowego. Stąd też w szkółkarstwie leśnym cały czas wprowadza się nowe technologie i techniki [Szabla, Pabian 2003]. Hodowanie sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w kontenerach umożliwiło wdrożenie i rozwój na skalę gospodarczą sterowanej mikoryzacji, czyli szczepienia korzeni biopreparatami grzybów ektomikoryzowych [Kowalski 2007]. Liczne badania, prowadzone w różnych warunkach siedliskowych i klimatycznych, pokazały zróżnicowany wpływ sterowanej mikoryzacji na wzrost i przeżywalność sadzonek w uprawach. W zależności od gatunku drzewa, gatunku i szczepu grzyba oraz jego udziału na korzeniach i tolerancji w stosunku do warunków w miejscu przesadzenia, wzrost i przeżywalność sadzonek mikoryzowanych w uprawie może być istotnie lepszy, porównywalny lub gorszy od sadzonek niepoddanych zabiegowi sterowanej mikoryzacji [Bledsoe i in. 1982; Riffie, Tinus 1982; Shaw i in. 1987; Stenström, Ek 1990; Browning, Whitney 1992, 1993; Garbaye, Churin

* Badania zostały sfinansowane przez MNiSW w ramach projektu N 309 015 31/2245.

1997; Selsos i in. 2000]. Fungicydy stosowane w szkółkach leśnych w ochronie sadzonek przed patogenami mogą mieć wpływ na wzrost i poziom mikoryzacji drzew nie tylko w szkółce, ale również po wysadzeniu na uprawie [Owston i in. 1986; Aleksandrowicz Trzcńska 2004].

Celem pracy była ocena wpływu zabiegów wykonanych w szkółce (sterowana mikoryzacja grzybem *Hebeloma crustuliniforme* i doglebowa aplikacja Falconu 460 EC i Siarkolu Extra 80 WP) na wzrost, przeżywalność i poziom zmikoryzowania sadzonek dębu szypułkowego w uprawie leśnej.

Material i metody

Obiektem badań była uprawa dębu szypułkowego, założona na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Rogowie, w Leśnictwie Strzelna Nadleśnictwa Rogów (oddział 131f). Uprawę założono na siedlisku Lśw, z jednorocznych kontenerowych sadzonek, mikoryzowanych grzybem *H. crustuliniforme* i niemikoryzowanych. Sadzonki w szkółce potraktowano doglebowo fungicydami (Falcon 460 EC i Siarkol Extra 80 WP) w pojedynczej, podwójnej i potrójnej dawce odpowiadającej ilości fungicydu potencjalnie otrzymywanej przez sadzonkę przy aplikacji dolistnej według zaleceń ochrony dębu w szkółkach leśnych. Charakterystykę fungicydów przedstawiono w pracy [Kuc, Aleksandrowicz-Trzcńska 2012a].

Doświadczenie założono w układzie trzech bloków losowych. Składało się z 14 wariantów (2 rodzaje podłoża, 2 fungicydy, każdy aplikowany w 3 dawkach i wariant kontrolny, na każdym z podłoży, bez stosowania fungicydów). Wariant w bloku reprezentowany był przez 20 sadzonek. Łącznie wysadzono 840 sadzonek, w więźbie 0,75×1,5 m. Glebę przygotowano frezem.

Wysokość sadzonek na uprawie mierzono bezpośrednio po wysadzeniu i po zakończeniu pierwszego sezonu wegetacyjnego. Jesienią pobrano losowo po 12 prób korzeni z glebą z każdego wariantu (łącznie 160). Próby pobierano cylindrem o średnicy 3,6 cm. Wbijano go na głębokość około 15 cm w odległości około 3 cm od szyi korzeniowej. Sposób pobierania próby związany był ze specyfiką wzrostu korzeni sadzonek w glebie na uprawie oraz metodą hodowli materiału sadzeniowego z zakrytym systemem korzeniowym. Miał on na celu pobranie do badań korzeni sadzonek wyrastających z bryłki korzeniowej w bezpośrednim jej sąsiedztwie. Próby korzeni z glebą pakowano w oznaczone worki i do czasu prowadzenia badań laboratoryjnych przechowywano w temperaturze -18°C.

Po wyflukaniu z gleby korzenie skanowano, a następnie powstałe obrazy poddano analizie z wykorzystaniem programu WinRHIZO. Określono sumaryczną długość korzeni w próbie, przeciętną średnicę korzenia oraz sumaryczną długość korzeni krótkich w próbie. Za korzenie krótkie uznano (ustawiono w parametrach programu WinRHIZO) korzenie o średnicy do 0,2 mm.

Poziom zmikoryzowania określono metodą liczenia wierzchołków autotroficznych i mikoryzowych z podziałem na morfotypy. Ocenę wierzchołków mikoryzowych prowadzono na tegorocznych odcinkach korzeni. Próbę stanowił odcinek, na którym występowało 100 wierzchołków korzeniowych lub w przypadku braku 100 korzeni krótkich – wszystkie korzenie pobrane cylindrem z próbą gleby. Po ocenie wierzchołków mikoryzowych określano długość korzeni badanej próby metodą Böhma [1979], opartą na liczbie przecięć losowo ułożonych korzeni z liniami siatki kwadratów o dowolnym boku:

$$L = \frac{11}{14} \times n \times a$$

gdzie:

L – długość korzenia,

n – liczba przecięć,

a – długość boku kwadratu (w prowadzonych badaniach 0,5 cm).

Pozwoliło to również na obliczenie wskaźnika rozgałęzienia korzeni, tj. liczby korzeni krótkich na długości 1 cm korzenia. Analizy statystyczne przeprowadzono analogicznie jak w części pierwszej artykułu [Kuc, Aleksandrowicz-Trzcińska 2012b].

Wyniki

Przeżywalność sadzonek po pierwszym roku w uprawie wynosiła 77,1% dla dębów poddanych zabiegowi sterowanej mikoryzacji i 86,5% dla dębów niemikoryzowanych. Najniższą przeżywalnością cechowały się inokulowane sadzonki w wariacie z Falconem w dawce pojedynczej (65,0%), najwyższą – sadzonki wyhodowane na substracie bez szczepionki również w wariacie z Falconem w dawce pojedynczej (93,3%) (tab. 1).

Po pierwszym roku wzrostu w uprawie dęby niemikoryzowane nie różniły się cechami wzrostowymi części nadziemnej w zależności od zastosowanego w szkółce fungicydu i jego dawki (wysokość $p=0,0565$; przyrost wysokości $p\geq 0,05$). Sadzonki mikoryzowane i traktowane w szkółce doglebowo Falconem przyrastały istotnie słabiej w porównaniu z dębami kontrolnymi. W przypadku wysokości dotyczy to jedynie wariantu z trzykrotną dawką fungicydu ($p=0,0439$), a w przypadku przyrostu wysokości – dawki pojedynczej ($p=0,0388$) i potrójnej ($p=0,0118$) (tab. 1).

Analiza cech wzrostowych korzeni nie wykazała istotnych różnic w wielkości parametrów między średnimi dla wariantów na podłożu mikoryzowanym (długość korzeni $p=0,2598$; średnica korzenia $p\geq 0,05$; długość korzeni krótkich $p=0,7362$; wskaźnik rozgałęzienia $p=0,2907$). Natomiast sadzonki niemikoryzowane charakteryzowały się istotnie mniejszą wartością sumarycznej długości korzeni krótkich w próbie w wyniku aplikacji Falconu w dawce podwójnej

Tabela 1.

Parametry biometryczne części nadziemnej mikoryzowanych i niemikoryzowanych sadzonek dębu, traktowanych doglebowo w szkółce fungicydami po roku wzrostu w uprawie

Biometric parameters of the aboveground parts of mycorrhized and non-mycorrhized oak seedlings treated with fungicides applied to the soil in the nursery, after one year of growth in the plantation

	Wysokość [cm]				Przyrost		Przeżywalność sadzonek [%]
	po wysadzeniu		po pierwszym roku		wysokości [cm]		
	x	v%	x	v%	x	v%	
Dęby mikoryzowane							
Kontrola	35 ab	28,6	44 a	28,6	8,83 a	77,0	79,7
Falcon 1×	35 ab	24,8	40 ab	25,2	5,42 bc	68,1	65,0
Falcon 2×	32 b	18,3	40 ab	24,7	8,85 a c	94,4	78,3
Falcon 3×	33 ab	25,1	37 b	21,9	5,09 b	82,8	80,0
Siarkol 1×	32 ab	25,2	42 ab	23,9	9,06 a	72,1	66,1
Siarkol 2×	35 ab	26,0	43 ab	26,3	10,78 a	69,8	86,7
Siarkol 3×	36 a	23,3	43 ab	22,3	8,55 a	65,2	84,2
Dęby niemikoryzowane							
Kontrola	34 a	28,4	43 a	26,5	8,53 a	69,4	84,5
Falcon 1×	34 a	26,7	40 a	30,3	8,62 a	106,0	93,3
Falcon 2×	33 a	26,6	40 a	28,0	9,45 a	100,4	86,7
Falcon 3×	37 a	23,5	40 a	24,0	6,21 a	65,6	86,4
Siarkol 1×	37 a	25,8	46 a	24,3	9,13 a	68,0	85,0
Siarkol 2×	33 a	28,3	41 a	27,2	10,16 a	81,8	81,7
Siarkol 3×	37 a	24,0	43 a	24,2	7,85 a	72,3	87,9

1× – pojedyncza dawka fungicydu; 2× – podwójna dawka fungicydu; 3× – potrójna dawka fungicydu; x – średnia; v% – współczynnik zmienności; ta sama litera w kolumnach dla wariantów oznacza wartości różniące się statystycznie przy $p<0,05$

1× – single dose of the fungicide; 2× – double dose of the fungicide; 3× – triple dose of the fungicide; x – mean; v% – coefficient of variation; the same letter in columns for variants indicates no significant difference at $p<0,05$

($p=0,0117$) i potrójnej ($p=0,0031$) oraz istotnie wyższym wskaźnikiem rozgałęzienia w wariancie z Falconem w dawce potrójnej ($p=0,0343$) (tab. 2).

Na korzeniach badanych dębów, obok wprowadzonego ze szczepionką w szkółce *H. crustuliniforme*, stwierdzono występowanie mikoryz brunatnych o gładkiej mufce, typu *Laccaria* i *Cenococcum geophilum*, najprawdopodobniej przeniesionych ze szkółki. Trzy niezidentyfikowane morfotypy zostały utworzone przez autochtoniczne gatunki grzybów.

Po roku wzrostu w uprawie istotnie większy średni procent korzeni mikoryzowych obserwowano u sadzonek inokulowanych w szkółce grzybem *H. crustuliniforme* (91,7%) w porównaniu z nieinokulowanymi (82,9%; $p=0,0005$). Doglebowa aplikacja Siarkolu w pojedynczej dawce u dębów inokulowanych istotnie ograniczyła ogólny poziom zmikoryzowania korzeni w uprawie w stosunku do wariantu kontrolnego ($p=0,0147$). U sadzonek niepoddanych zabiegowi sterowanej mikoryzacji, doglebowe stosowanie fungicydów w szkółce nie miało wpływu na poziom zmikoryzowania dębów w uprawie ($p=0,1921$; ryc.). Procentowy udział korzeni z *H. crustuliniforme* po roku wzrostu w uprawie sadzonek mikoryzowanych był równy średnio 5%. Nie stwierdzono różnic w udziale tego gatunku w zależności od zastosowanego w szkółce fungicydu i jego dawki ($p\geq 0,05$; ryc.).

Dyskusja

Sposób produkcji materiału sadzeniowego, zabiegi uprawowe wykonywane w szkółce oraz ilościowy i jakościowy stan mikoryz mają wpływ na udatność upraw i tempo wzrostu sadzonek [Owston i in. 1986; Garbaye, Churin 1997; Selosse i in. 2000]. Liczne doświadczenia Szabli [2004, 2007] przeprowadzone zarówno na zrębach po usunięciu starodrzewia, jak i na gruntach trudnych do odnowienia (wielkopowierzchniowe pożarzysko, tereny zdegradowane imisjami

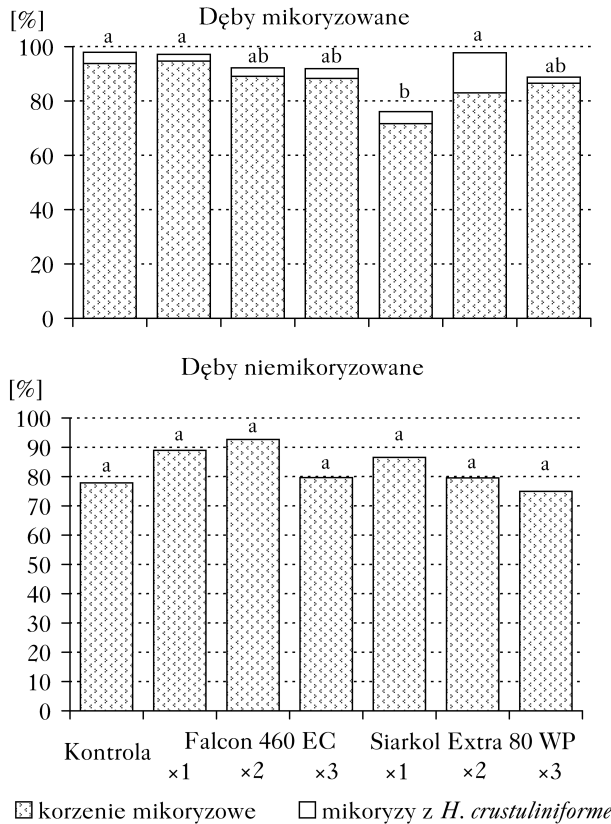
Tabela 2.

Parametry biometryczne korzeni mikoryzowanych i niemikoryzowanych sadzonek dębu, traktowanych doglebowo w szkółce fungicydami po roku wzrostu w uprawie

Biometric parameters of roots of mycorrhized and non-mycorrhized oak seedlings treated with the fungicides applied to soil in the nursery after one year of growth in the plantation

	Długość korzeni w próbie [cm]		Przeciętna średnica korzenia [mm]		Długość korzeni krót- kich w próbie [cm]		Wskaźnik rozga- łęzienia [szt./cm]	
	x	v%	x	v%	x	v%	x	v%
Dęby mikoryzowane								
Kontrola	24,4 a	34,5	0,33 a	36,7	14,9 a	28,9	4,5 a	26,1
Falcon 1×	22,4 a	36,2	0,41 a	66,1	13,5 a	36,1	5,3 a	57,8
Falcon 2×	26,4 a	32,6	0,32 a	21,0	14,7 a	29,6	4,1 a	25,4
Falcon 3×	26,1 a	48,4	0,28 a	16,8	16,7 a	53,1	4,4 a	34,1
Siarkol 1×	36,7 a	62,2	0,32 a	33,5	17,1 a	34,5	3,4 a	41,9
Siarkol 2×	29 1 a	37,7	0,31 a	45,2	15,7 a	32,4	3,8 a	30,5
Siarkol 3×	27,5 a	48,2	0,33 a	23,7	17,9 a	53,5	4,3 a	41,5
Dęby niemikoryzowane								
Kontrola	29,7 a	31,8	0,36 a	33,3	19,5 a	18,9	3,7 b	32,4
Falcon 1×	22,3 a	22,5	0,28 a	37,2	15,6 ab	23,8	4,7 ab	22,0
Falcon 2×	22,3 a	18,0	0,31 a	30,1	15,3 b	18,6	4,6 ab	18,4
Falcon 3×	19,1 a	35,9	0,37 a	48,8	11,5 c	40,9	6,0 a	42,5
Siarkol 1×	26,5 a	53,5	0,42 a	87,3	17,7 abc	58,0	5,0 ab	61,8
Siarkol 2×	25,1 a	44,1	0,30 a	31,9	18,3 abc	47,4	4,6 ab	35,3
Siarkol 3×	30,9 a	42,9	0,33 a	28,9	19,3 ab	43,1	3,7 b	35,3

Oznaczenia jak w tabeli 1; detotes as in table 1



Ryc.

Poziom ogólnego zmikoryzowania i udział mikoryzy z *H. crustuliniforme* [%] u mikoryzowanych i niemikoryzowanych sadzonek dębu, traktowanych w szkółce doglebowo fungicydami po roku wzrostu w uprawie Overall mycorrhization level and the share of *H. crustuliniforme* mycorrhiza [%] in mycorrhized and non-mycorrhized oak seedlings treated with the fungicides applied to soil in the nursery after one year of growth in the plantation

Oznaczenia jak w tabeli 1; detotes as in table 1

przemysłowymi, grunty porolne) wykazały, w porównaniu z naszymi wynikami, znacznie wyższą przeżywalność w pierwszych 4-5 latach wzrostu w uprawie zarówno sadzonek mikoryzowanych *H. crustuliniforme*, jak i niemikoryzowanych. Dla dębów poddanych zabiegowi sterowanej mikoryzacji wypadki w badaniach Szabli [2004, 2007] nie przekraczały 9%, średnio dla wszystkich upraw, a dla dębów niepoddanych zabiegowi wynosiły około 11,5%. W naszych doświadczeniach przeżywalność sadzonek dębu i ich wzrost w pierwszym roku w uprawie były zaledwie zadowalające. Czynniki, które wpływały ograniczająco na powyższe parametry, było stosunkowo silne porażenie liści przez mączniaka prawdziwego dębu i silne zachwaszczenie uprawy, wynikające z wysokiej żyzności siedliska i sposobu przygotowania gleby frezem. Stosunkowo najmniejszy wpływ miało niewielkie uszkodzenie sadzonek od zwierzyny, które nastąpiło przed ogrodzeniem uprawy. Być może przesadzenie dębów w trudne warunki gruntów nieleśnych nie spowodowałyby mniejszej udatności uprawy, ze względu na fakt wysadzenia stosunkowo dobrze zmikoryzowanych (przez kilka różnych gatunków grzybów) sadzonek z bryłką, o wysokich parametrach wzrostowych.

Z licznych badań przeprowadzonych w uprawach dębowych znany jest fakt silnego rozbudowywania systemów korzeniowych przez sadzonki w pierwszych latach wzrostu, co skutkuje niewielkimi przyrostami na wysokość [Andrzejczyk 2009]. Potwierdzeniem tego może być wielkość wskaźnika rozgałęzienia korzeni (liczba korzeni krótkich przypadających na centymetr długości korzenia), prawie dwukrotnie większa u sadzonek na uprawie w porównaniu z dębami w szkółce [Kuc, Aleksandrowicz-Trzcńska 2012b]. Tak więc zachwaszczenie uprawy, porażenie przez mączniaka i silne rozbudowywanie korzeni może tłumaczyć niewielkie przyrosty na wysokość dębów w doświadczeniu.

Badania Owstona i in. [1986] wykazały istotny wpływ fungicydów stosowanych w szkółce na przeżywalność i wzrost sadzonek daglezi w uprawie. Ethazol ograniczył przeżywalność sadzonek, a fenaminsulfur ich wysokość. Fungicydy aplikowane w naszym doświadczeniu dogłębowo w szkółce miały wpływ zarówno na wysokość, jak i przyrost wysokości badanych dębów. Zjawisko to dotyczy sadzonek mikoryzowanych i traktowanych Falconem, które były istotnie niższe w porównaniu z mikoryzowanymi dębami kontrolnymi. Podobnych zależności nie stwierdzono jednak w obrębie sadzonek niemikoryzowanych. Często zdarza się, że fungicydy stosowane w ochronie siewek przed chorobami w szkółce mogą powodować różnice w tempie wzrostu sadzonek w uprawie, zwłaszcza jeśli powodują one zmiany w poziomie kolonizacji mikoryzowej korzeni [Aleksandrowicz-Trzcńska 2004]. W przeprowadzonym doświadczeniu słabszy przyrost na wysokość dębów traktowanych Falconem nie miał jednak związku z poziomem zmikoryzowania korzeni. Sadzonki z porównywanych wariantów nie różniły się kolonizacją mikoryzową. Trudno więc obecnie jednoznacznie wyjaśnić przyczynę uzyskania takiego wyniku. Być może jest to związane z nieco innym sposobem wzrostu korzeni dębów traktowanych Falconem w porównaniu z sadzonkami kontrolnymi. Świadczyć może o tym specyficzny rozwój korzeni dębów niepoddanych zabiegowi sterowanej mikoryzacji. Cechowały się one istotnie wyższym wskaźnikiem rozgałęzienia i istotnie mniejszą wartością sumarycznej długości korzeni krótkich w próbie w porównaniu z dębami nietraktowanymi fungicydami.

Mikoryzy utworzone na korzeniach w szkółce pomagają przetrwać sadzonkom szok związany z przesadzeniem na uprawę i adaptację w nowym miejscu. Wpływ grzybów mikoryzowych zasiedlających korzenie siewek 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; Rudawska 2000]. Najczęściej gatunki występujące na korzeniach w szkółce, wprowadzone zarówno drogą sterowanej mikoryzacji, jak też pojawiające się spontanicznie, w ciągu pierwszych lat wzrostu sadzonek na uprawie są zastępowane przez gatunki autochtoniczne [Riffie, Tinus 1982; Garbaye i in. 1988; Dahlberg, Stenström 1991]. Taka sytuacja miała miejsce w przypadku wprowadzonego ze szczepionką *H. crustuliniforme*, którego udział zmniejszył się średnio z 11,3% w szkółce do 5% w uprawie. Podobne wyniki dla tego gatunku ektomikoryzowego obserwowali inni autorzy w uprawach sosnowych. Aleksandrowicz-Trzcńska [2004] stwierdziła zmniejszenie się udziału *H. crustuliniforme* po pierwszym roku wzrostu sadzonek w uprawie o około 40%, a Hamera [2009] po dwóch latach o 70%. Biorąc pod uwagę fakt, że szczepy grzybów ektomikoryzowych o niskiej konkurencyjności mogą być zastępowane przez miejscowe gatunki w ciągu kilku miesięcy od wysadzenia w nowe miejsce [Bledsoe i in. 1982; Valleneuve i in 1991], grzyb *H. crustuliniforme* należy uznać za wysoce konkurencyjny wobec gatunków pojawiających się spontanicznie, skoro mimo niskiego udziału na korzeniach w szkółce jest nadal obecny w uprawie po dwóch latach. O konkurencyjności *H. crustuliniforme* świadczy również fakt, że w niektórych wariantach (Siarkol w dawce podwójnej) udział tego gatunku w uprawie zwiększył się.

Większość badań wskazuje, że pozytywny efekt sterowanej mikoryzacji można zaobserwować w miejscu o niskim potencjale inokulacyjnym i trudnych warunkach klimatycznych lub siedliskowych [Bledsoe i in. 1982; Shaw i in. 1987; Browning, Whitney 1992]. Nasza uprawa została założona na siedlisku lasu świeżego, na nowym zrębie, co decydowało o wysokim potencjale różnych form inokulum: zarodników, sklerocjów i strzępek [Aleksandrowicz-Trzczińska 2007]. Najprawdopodobniej lepsze efekty sterowanej mikoryzacji grzybem *H. crustuliniforme*, nawet przy niskim jego udziale na korzeniach, można byłoby obserwować, gdyby uprawę założono na terenach przemysłowych [Szabla 2007].

Wykonanie zabiegu sterowanej mikoryzacji w szkółce, mimo że udział wprowadzonego ze szczepionką *H. crustuliniforme* był niski [Kuc, Aleksandrowicz-Trzczińska 2012a, b], spowodowało, że korzenie dębów były istotnie lepiej zmikoryzowane zarówno na etapie produkcji w szkółce, jak i w uprawie w porównaniu z sadzonkami niemikoryzowanymi. Podobny wynik uzyskali Richter i Bruhn [1989], ale tylko w stosunku do sosen inokulowanych *Laccaria bicolor*. W przypadku dwóch innych gatunków (*Scleroderma citrinum* i *Cantharellula umbonata*), mimo nieudanej sterowanej mikoryzacji, ogólny poziom zmikoryzowania sadzonek poddanych zabiegowi był niższy w porównaniu z sosnami nieinokulowanymi.

Przeprowadzone badania wskazują na nieznacznie ograniczający wpływ Siarkolu na poziom zmikoryzowania dębów w uprawie. Są one zgodne z wynikami uzyskanymi przez nas w doświadczeniach przeprowadzonych w szkółce z dolistną i doglebową aplikacją fungicydów [Kuc, Aleksandrowicz-Trzczińska 2012a, b]. Tak więc Siarkol jest środkiem, który powinien być stosowany z dużą ostrożnością w ochronie sadzonek przed patogenami, jeżeli jednocześnie chcemy chronić mikoryzy, najlepiej naprzemiennie z innymi fungicydami.

Wnioski

- ✦ Doglebowa aplikacja Siarkolu Exstra 80 WP (w dawkach zalecanych i wyższych od zalecanych) w szkółce nie wpływa na kształtowanie parametrów biometrycznych sadzonek, zarówno mikoryzowanych grzybem *H. crustuliniforme*, jak i niemikoryzowanych, w pierwszym roku wzrostu na uprawie.
- ✦ Traktowanie doglebowe dębów w szkółce Falconem 460 EC miało istotny wpływ na wzrost sadzonek w uprawie; u sadzonek mikoryzowanych ograniczyło wysokość i przyrost wysokości, a u niemikoryzowanych wpłynęło na liczniejsze wykształcenie korzeni krótkich na jednostkę długości korzenia, lecz ograniczyło długość korzeni drobnych (do 0,2 mm).
- ✦ Zastosowanie w szkółce sterowanej mikoryzacji grzybem *H. crustuliniforme* skutkuje istotnie wyższym poziomem zmikoryzowania dębów po pierwszym roku wzrostu w uprawie.
- ✦ Falcon zastosowany doglebowo w szkółce nie wpływa na poziom zmikoryzowania dębów w uprawie, natomiast Siarkol może nieznacznie obniżyć poziom mikoryzacji sadzonek po pierwszym roku wzrostu na uprawie.

Literatura

- Aleksandrowicz-Trzczińska M. 2004. Kolonizacja mikoryzowa i wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w uprawie założonej z sadzonek w różnym stopniu zmikoryzowanych. Acta Scientiarum Polonorum Silvorum Colendarum Ratio et Industria Lignaria 3 (1): 5-15.
- Aleksandrowicz-Trzczińska M. 2007. Mikoryzy siewek i sadzonek drzew leśnych w odnowieniach na powierzchniach zrębowych. Sylwan 151 (11): 3-9.
- Andrzejczyk T. 2009. Dąb szypułkowy i bezszypułkowy. Hodowla. PWRiL, Warszawa.
- Bledsoe C. S., Tennyson K., Lopushinsky W. 1982. Survival and growth of outplanted Douglas-fir seedlings inoculated with mycorrhizal fungi. Can. J. For. Res. 12: 720-723.

- Böhm W. 1979. Methods of studying root systems. Ecological studies. Springer-Verlag, Berlin.
- Browning M. H. R., Whitney R. D. 1992. Field performance of black spruce and jack pine inoculated with selected species of ectomycorrhizal fungi. Can. J. For. Res. 22: 1974-1982.
- Browning M. H. R., Whitney R. D. 1993. Infection of containerized jack pine and black spruce by *Laccaria* species and *Thelephora terrestris* and seedling survival and growth after outplanting. Can. J. For. Res. 23: 330-333.
- Dahlberg A., Stenström E. 1991. Dynamic changes in nursery and indigenous mycorrhiza of *Pinus sylvestris* seedlings planted out in forest and clearcuts. Plant and Soil 136: 73-86.
- Garbaye J., Churin J.-L. 1997. Growth stimulation of young oak plantations inoculated with the ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus* with special reference to summer drought. For. Ecol. Manage. 98: 221-228.
- Garbaye J., Delwaulle J. C., Diangana D. 1988. Growth response of eucalypts in the Congo to ectomycorrhizal inoculation. For. Ecol. Manage. 24: 151-157.
- Hamera A. 2009. Wpływ preparatów biologicznych stosowanych w ochronie siewek przed pasożytniczą zgorzelą na wzrost i kolonizację mikoryzową sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Praca doktorska wykonana na Wydziale Leśnym SGGW.
- Kowalski S. 2007. Ekologiczne aspekty ektomikoryz – od badań podstawowych do praktycznego zastosowania w polskim leśnictwie. W: Kowalski S. [red.]. Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. CILP. 28-37.
- Kuc T., Aleksandrowicz-Trzcińska M. 2012a. Wpływ fungicydów stosowanych w ochronie przed mączniakiem prawdziwym na wzrost i kolonizację mikoryzową hodowanych w kontenerach sadzonek dębu. Sylwan 156 (9): 672-683.
- Kuc T., Aleksandrowicz-Trzcińska M. 2012b. Sterowana mikoryzacja i doglebowa aplikacja fungicydów w hodowli dębu szypułkowego. I. Kolonizacja mikoryzowa i wzrost sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w szkółce. Sylwan 156 (10): 765-775.
- 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.
- Richter D. L., Bruhn J. N. 1989. Field survival of containerized red and jack pine seedlings inoculated with mycelial slurries of ectomycorrhizal fungi. New Forest 3: 247-258.
- Riffle J. W., Tinus R. W. 1982. Ectomycorrhizal characteristics, growth, and survival of artificially inoculated Ponderosa and Scots pine in a greenhouse and plantation. Forest Sci. 28 (3): 646-660.
- Rudawska M. [red.]. 2000. Ektomikoryza, jej znaczenie i zastosowanie w leśnictwie. Instytut Dendrologii PAN, Kórnik.
- Selosse M. A., Bouchard D., Martin F., Le Tacon F. 2000. Effect of *Laccaria bicolor* strains inoculated on Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) several years after nursery inoculation. Can. J. For. Res. 30: 360-371.
- Shaw III C. G., Sidle R. C., Harris A. S. 1987. Evaluation of planting sites common to a southeast Alaska clear-cut. III. Effects of microsite type and ectomycorrhizal inoculation on growth and survival of Sitka spruce seedlings. Can. J. For. Res. 17: 334-339.
- Stenström E., Ek M. 1990. Field growth of *Pinus sylvestris* following nursery inoculation with mycorrhizal fungi. Can. J. For. Res. 20: 914-918.
- Szabla K. 2004. Wpływ biopreparatów z grzybami ektomikoryzowymi na kształtowanie się mikoryz, wzrostu i rozwoju sadzonek wybranych gatunków drzew leśnych w szkółce kontenerowej i w uprawach w różnych warunkach środowiskowych. Praca doktorska wykonana na Wydziale Leśnym Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.
- Szabla K. 2007. Różnicowanie się w uprawach leśnych parametrów wzrostowych, żywotności i biomasy sadzonek drzew leśnych, poddanych i niepodanych w szkółce kontenerowej zabiegowi sterowanej mikoryzacji grzybem *Hebeloma crustuliniforme* i *Laccaria bicolor*. W: Kowalski S. [red.]. Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. CILP. 289-336.
- Szabla K., Pabian R. 2003. Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym. CILP, Warszawa..
- 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 and Soil 135: 95-107.

SUMMARY

Artificial mycorrhization and soil application of fungicides in pedunculate oak silviculture.

II. Effect of treatments performed in the nursery on the level of mycorrhizal colonization and growth in the plantation

Study was performed on an oak plantation established from seedlings not-mycorrhized and mycorrhized with the fungus *Hebeloma crustuliniforme* after application of the fungicides Siarkol Extra 80 WP and Falcon 460 EC to the soil in the nursery. Fungicides were applied in single, double and triple dose (i.e. equivalent to the amount of the fungicide that is potentially receivable by a seedling in foliar application recommended for oak protection in forest nurseries).

After the first growing season, the survival of seedlings, their height and height growth were determined. Samples of roots with soil were collected using a cylinder with a diameter of 3.6 cm. The total length of roots in the sample, the average diameter of the root and the total length of short roots in the sample were measured. The mycorrhization level of roots was determined on the basis of the number of mycorrhizal and autotrophic tips.

The survival of mycorrhized seedlings was lower (77.1%) compared to the non-mycorrhized seedlings (86.5%). The application of Siarkol Extra (in the recommended and higher dose) to the soil in the nursery did not affect the development of biometric parameters of seedlings, either not-mycorrhized and mycorrhized with the fungus *H. crustuliniforme* in the first year of growth in the plantation. The application of Falcon in the nursery reduced the height and height growth of the mycorrhized seedlings, and resulted in a better development of short roots per root length unit in the non-mycorrhized seedlings but reduced the fine root length (up to 0.2 mm).

The use of commercial vegetative inoculum of *H. crustuliniforme* in the nursery resulted in significantly higher levels of mycorrhization of oaks after the first year of growth in the plantation. The soil application of Falcon in the nursery had no effect on the mycorrhization level in oaks in the plantation, while the application of a single dose of Siarkol reduced the mycorrhization level in inoculated seedlings.