

MARTA ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA, HENRYK ŻYBURA, STANISŁAW DROZDOWSKI

Wpływ rodzaju podłoża, sterowanej mikoryzacji i aplikacji fungicydów w szkółce na wzrost dębu szypułkowego w uprawie

Effect of the substrate type, controlled mycorrhization and application of fungicides in the nursery on the growth of pedunculate oak in the plantation

ABSTRACT

Aleksandrowicz-Trzcńska M., Żybura H., Drozdowski S. 2013. Wpływ rodzaju podłoża, sterowanej mikoryzacji i aplikacji fungicydów w szkółce na wzrost dębu szypułkowego w uprawie. Sylwan 157 (3): 187-196.

The effect of the controlled mycorrhization with the fungus *Hebeloma crustuliniforme*, the application of fungicides (Bayleton 25 WP, Falcon 450 EC, Nimrod 250 EC and Starkol Extra 80 WP) in the nursery and the use of two types of substrate (a mixture of sterilized Estonian peat with vermiculite and unsterilized Polish peat with perlite) on the growth, level of infestation by powdery mildew and form (single, multi-stem) of oak trees in the first four years after planting was analysed. The type of the substrate and controlled mycorrhization did not affect the growth of young trees. Oaks treated with Nimrod in the nursery were the tallest after outplanting, but grew slower compared to trees in other variants. The oaks protected with the triazole fungicides (Falcon and Bayleton) in the nursery showed higher level of infestation by powdery mildew in the plantation

KEY WORDS

fungicides, *Quercus robur*; mycorrhization, plantation, seedling growth, powdery mildew

ADDRESSES

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

Henryk Żybura ⁽²⁾ – e-mail: henryk_zybura@sggw.pl

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

⁽¹⁾ Zakład Mikologii i Fitopatologii Leśnej; SGGW w Warszawie; Nowoursynowska 159; 02-776 Warszawa

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

Wstęp

Udatność uprawy oraz tempo wzrostu i żywotność sadzonek zależą między innymi od jakości materiału sadzeniowego użytego do założenia uprawy. Obecny stan wiedzy i postęp techniczny w szkółkarstwie leśnym pozwalają na stosowanie różnych środków i technologii mających na celu wyhodowanie wysokiej jakości sadzonek drzew leśnych. W wielu nowoczesnych szkółkach produkowane są sadzonki mikoryzowane z zakrytym systemem korzeniowym z wykorzystaniem różnych substratów [Szabla, Pabian 2003].

Zabiegi wykonywane w szkółce mają wpływ na jakość upraw, jednak uzyskiwane wyniki badań w tym zakresie nie są jednoznaczne. W wielu pracach stwierdzono pozytywny wpływ zabiegu sterowanej mikoryzacji na wzrost i przeżywalność sadzonek na uprawie [Riffie, Tinus

1982; Garbaye, Churin 1997; Selosse i in. 2000; Domínguez Núñez i in. 2006]. W innych nie stwierdzano ewidentnych korzyści z zabiegu. Drzewka nie przyrastały lepiej, chociaż charakteryzowały się większą przeżywalnością i odpornością na suszę [Browning, Whitney 1993; Richter, Bruhn 1989]. Niekiedy sadzonki mikoryzowane wykazywały gorszy wzrost od sadzonek niemikoryzowanych [Bledsoe i in. 1982; Shaw i in. 1987; Browning, Whitney 1992]. Efekt zabiegu zależy jest więc od wielu czynników, obejmujących: gatunek i szczep grzyba, jego udział na korzeniach i tolerancję w stosunku do warunków w miejscu przesadzenia, a także gatunek drzewa [Bledsoe i in. 1982; Riffie, Tinus 1982; Shaw i in. 1987; Stenström, Ek 1990; Browning, Whitney 1992, 1993; Garbaye, Churin 1997; Selosse i in. 2000].

Rodzaj podłoża hodowlanego zastosowanego w szkółce nie tylko decyduje o jakości uzyskanego materiału sadzeniowego [Szabla, Pabian 2003], ale również może wpływać na przeżywalność sadzonek w uprawie. Owston i in. [1986] wykazali wyższą przeżywalność daglezi wyhodowanej na podłożu sterylizowanym w porównaniu z drzewkami z podłoża niesterylizowanego.

Fungicydy są powszechnie stosowane w ochronie roślin przed chorobami grzybowymi. Wiele środków posiada jednocześnie właściwości regulatorów wzrostu [Gomathinayagam i in. 2007; Jaleel i in 2008b]. Doświadczenia wykazały, że fungicydy triazolowe chronią rośliny również przed takimi szkodliwymi czynnikami abiotycznymi jak susza [Jaleel i in 2007b], zasolenie gleby czy niska i wysoka temperatura [Jaleel i in 2007a, 2008a]. Tylko w przypadku niektórych środków poznano mechanizm działania na wzrost roślin i indukowania odporności na czynniki abiotyczne [Gomathinayagam i in. 2007; Jaleel i in 2007b]. Większość badań dotyczy roślin zielnych i obejmuje jedynie krótki okres po aplikacji fungicydu. Nieliczne doświadczenia wykonano na roślinach drzewiastych, a obserwacje prowadzono w okresie kilku lat. Wynika z nich, że fungicydy stosowane w ochronie siewek w szkółce mogą w różnicowany sposób wpływać na wzrost drzewek w uprawie: stymulować, hamować lub nie wykazywać wpływu [Owston i in. 1986; Kuc, Aleksandrowicz-Trzcńska 2012].

Celem pracy była analiza wzrostu, formy pędu i stopnia porażenia przez mączniaka prawdziwego dębu szypułkowego w czterech pierwszych latach po wysadzeniu na uprawie. Oceniono także wpływ podłoża hodowlanego oraz sterowanej mikoryzacji i aplikacji czterech fungicydów w ochronie przed mączniakiem.

Materiał i metody

Obiektem badań była uprawa dębu szypułkowego, założona w Leśnictwie Strzelna (oddział 148a) w należącym do SGGW w Warszawie Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Rogowie. Uprawę założono na siedlisku Lśw. Glebę przygotowano w bruzdy leśnym pługiem dwuodkładnicowym LPz 75. Materiał sadzeniowy stanowiły jednolatki dębowe wyhodowane w kasetach V-370 na trzech rodzajach podłoża. Podłoże M1 stanowił sterylizowany parą wodną pochodzący z Estonii torf sfagnowy, charakteryzujący się niskim (do 15%) stopniem rozkładu i odczynem na poziomie 4,5. Dodano do niego 30% wermikulitu, nawóz Osmocote typ Exact firmy Substrat w ilości 3,5 kg/m³ oraz szczepionkę mikoryzową opartą na grzybni vegetatywnej *Hebeloma crustuliniforme* w ilości 3% objętości substratu. Podłoże M2 oparte było na niesterylizowanym torfie wysokim „ogrodniczym”. Torf ten charakteryzował się odczynem na poziomie 3,3-3,8 i przed użyciem został odkwaszony tlenkiem wapnia do uzyskania pH około 4,5. Nie badano stopnia rozkładu torfu. Wzrokowo oceniono jedynie, że był on znacznie wyższy niż w przypadku torfu estońskiego. Do tego torfu dodano perlit w stosunku 2:1, nawóz Osmocote Plus mini firmy Substrat w ilości 3 kg/m³ oraz szczepionkę mikoryzową z grzybnią vegetatywną *H. crustuliniforme* w ilości 6% objętości substratu. Trzecie podłoże (N) różniło się od M2 brakiem szczepionki mikoryzowej z *H. crustuliniforme*.

Siewki w szkółce chroniono chemicznie przed mączniakiem prawdziwym dębu. Do doświadczenia wybrano następujące preparaty: Bayleton 25 WP, Falcon 450 EC, Nimrod 250 EC i Siarkol Extra 80 WP (tab. 1). Porównanie stanowiły dęby kontrolne nietraktowane fungicydami. Wykonano cztery zabiegi, które rozpoczęto po rozwinięciu pierwszych liści. Drugi zabieg wykonano dwa tygodnie po pierwszym, a kolejne w odstępach trzytygodniowych. Na wszystkich podłożach, bez względu na dodanie szczepionki mikoryzowej, korzenie dębów utworzyły symbiozę z miejscowymi gatunkami grzybów. Udział mikoryz z grzybem *H. crustuliniforme* wynosił 15,4% (podłoże M1) i 1% (podłoże M2). Ogólny poziom zmikoryzowania sadzonek był wysoki, lecz zróżnicowany. Dęby wyhodowane na podłożu M1 były najlepiej zmikoryzowane (91,4%), istotnie słabiej były zmikoryzowane jednatki pochodzące z podłoża M2 (71,4%), a najslabiej – sadzonki niepoddane zabiegowi sterowanej mikoryzacji z podłoża N (63,0%). Nimrod, który aplikowany był u sadzonek hodowanych na podłożu M1 i N, istotnie ograniczył poziom zmikoryzowania korzeni, podobnie Siarkol, który w ten sposób zadziałał tylko u dębów niemikoryzowanych (podłoże N). U sadzonek hodowanych na podłożu M2 aplikacja Falconu stymulowała tworzenie mikoryz [Kuc 2011].

Uprawę założono w układzie czterech bloków losowych. W bloku było 15 wariantów doświadczenia (3 podłoża×4 fungicydy i wariant kontrolny). Wariant w bloku stanowiło 10 dębów, wysadzonych w wiązbie 1,5×0,8 m. Łącznie wysadzono 600 sadzonek. Pomiar wysokości drzewek wykonano pięciokrotnie: po wysadzeniu, po pierwszym sezonie wegetacyjnym, w połowie lipca i po zakończeniu drugiego sezonu wegetacyjnego oraz po czterech latach wzrostu w uprawie. W drugim sezonie wzrostu określono: liczbę pędzeń, formę pędu (pojedynczy, wielopęd) oraz stopień porażenia sadzonek przez mączniaka prawdziwego w skali czterostopniowej (1 – liście bez objawów choroby, 2 – porażenie liści do 30%, 3 – porażenie liści od 31 do 60%, 4 – porażenie liści powyżej 60%). Wskaźnik porażenia przez mączniaka obliczono jako średnią ważoną, gdzie wagą był stopień porażenia w przyjętej skali.

Przed przystąpieniem do analiz statystycznych sprawdzono zgodność rozkładu poszczególnych parametrów z rozkładem normalnym, stosując test W Shapiro-Wilka oraz porównano 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 jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) oraz test NIR.

Tabela 1.

Charakterystyka zastosowanych fungicydów
Applied fungicides characterisation

Nazwa handlowa preparatu	Zawartość substancji biologicznie czynnej	Klasa toksyczności	Producent
Bayleton 25 WP	triadimefon 25%	szkodliwy	Z. Ch. Organika-Sarżyna S.A. – Nowa Sarżyna na licencji Bayer CropScience AG – Niemcy
Falcon 460 EC	spiroksamina 250 g/l tebukonazol 167 g/l triadimenol 43 g/l	szkodliwy	Bayer CropScience AG – Niemcy
Nimrod 250 EC	bupiryamat 250 g/l	sklasyfikowany jako pozostałe	Makhteshim Chemical Works – Izrael
Siarkol Extra 80 WP	siarka 80%	sklasyfikowany jako pozostałe	Z. Ch. Organika-Sarżyna S.A. – Nowa Sarżyna

Wyniki

Po wysadzeniu najwyższe były dęby wyhodowane na mikoryzowanym podłożu torfowo-wermikulitowym (M1), istotnie niższe były sadzonki niemikoryzowane (N), a najniższe mikoryzowane z podłoża torfowo-perlitowego (M2). Po zakończeniu pierwszego sezonu wegetacyjnego wysokość dębów z poszczególnych podłoży nie różniła się istotnie (tab. 2). Sadzonki wyprodukowane na podłożu M1 nie różniły się wysokością po wysadzeniu oraz po zakończeniu pierwszego i drugiego sezonu wegetacyjnego w zależności od zastosowanego w szkółce fungicydu (po wysadzeniu $p=0,8647$, po pierwszym sezonie $p=0,8318$, po drugim sezonie $p=0,0963$). Po czwartym roku wzrostu w uprawie dęby traktowane w szkółce Nimrodem były istotnie najniższe ($p=0,0475$; tab. 3). Sadzonki wyhodowane na podłożu torfowo-perlitowym, zarówno mikoryzowanym, jak i niemikoryzowanym, istotnie różniły się wysokością w uprawie w zależności od zastosowanego w szkółce fungicydu. W obrębie dębów pochodzących z podłoża M2, po wysadzeniu w uprawie istotnie najwyższe okazały się sadzonki traktowane Nimrodem i Siarkolem ($p=0,0057$), a po zakończeniu pierwszego sezonu wciąż istotnie najwyższe były drzewka z wariantu z Nimrodem ($p=0,0391$). W kolejnych latach nie stwierdzono istotnych różnic w wysokości badanych dębów (po drugim roku $p=0,3089$, po czwartym $p=0,2979$; tab. 3). Sadzonki hodowane na podłożu niemikoryzowanym, po aplikacji Nimrodu i wysadzeniu w uprawie okazały się wyższe w porównaniu do dębów nietraktowanych fungicydami ($p=0,0290$). W kolejnych latach drzewka z poszczególnych wariantów doświadczenia na tym podłożu nie różniły się wysokością (tab. 3).

Udział dębów wykazujących drugie i trzecie pędzenie był niższy u drzewek traktowanych Nimrodem. Natomiast udział dębów z pojedynczym pędem był zbliżony we wszystkich wariantach. Dla poszczególnych podłoży wynosił on 34,5% (M1), 34,7% (M2) i 39,3% (N). W zależności od zastosowanego w szkółce fungicydu wahał się od 29,6% dla dębów traktowanych Siarkolem do 39,8% po aplikacji Falconu (tab. 4). Dęby z wariantów z Bayletonem i Falconem były silniej porażone przez mączniaka prawdziwego w porównaniu z drzewkami z pozostałych wariantów. Wskazuje na to zarówno udział drzewek nieporażonych, jak również wielkość wskaźnika porażenia (tab. 4).

Dyskusja

Rodzaj podłoża hodowlanego miał istotny wpływ na wysokość i poziom zmikoryzowania wprowadzonego na uprawę materiału sadzeniowego oraz na zróżnicowanie wzrostu dębów w pierwszych latach po wysadzeniu, lecz tylko w zależności od zastosowanego fungicydu. Najlepsze sadzonki (najwyższe i najlepiej zmikoryzowane) wyprodukowano na podłożu, które stanowił

Tabela 2.

Wysokość [cm] dębu w uprawie w zależności od zastosowanego w szkółce podłoża hodowlanego
Height [cm] of oaks in the plantation depending on the substrate used in the nursery

Podłoże	Po wysadzeniu		Po pierwszym roku		Po drugim roku		Po czwartym roku	
	μ	v%	μ	v%	μ	v%	μ	v%
M1	27,0 c	24,8	38,6 a	25,0	60,6 a	28,6	147,7 a	26,5
M2	23,5 a	28,7	36,1 a	28,6	60,8 a	31,3	146,7 a	26,5
N	24,9 b	27,6	37,1 a	28,1	60,8 a	32,6	147,6 a	30,1

μ – średnia; v% – współczynnik zmienności; ta sama litera w kolumnach oznacza brak istotnej różnicy przy $p<0,05$; liczba spostrzeżeń dla wariantu wynosi 200

μ – mean; v% – coefficient of variation; the same letter in columns indicates lack of significant difference at $p<0,05$; number of observations for the variant is 200

Tabela 3.

Wysokość [cm] dębu w uprawie w zależności od zastosowanego w szkółce podłoża hodowlanego i fungicydu

Height [cm] of oaks in the plantation depending on the substrate and fungicide used in the nursery

Fungicyd	Po wysadzeniu		Po pierwszym roku		Po drugim roku		Po czwartym roku	
	μ	v%	μ	v%	μ	v%	μ	v%
Podłoże M1								
Bayleton	26,0 a	22,5	39,5 a	27,4	62,1 a	30,2	152,5 b	29,4
Falcon	27,3 a	25,6	38,9 a	24,6	65,2 a	28,0	158,6 b	29,0
Nimrod	27,5 a	23,9	39,2 a	23,0	54,6 a	26,9	133,3 a	26,3
Siarkol	26,9 a	29,7	38,1 a	28,1	59,6 a	30,3	143,0 ab	25,4
Kontrola	27,2 a	22,5	37,2 a	22,1	61,1 a	25,5	150,7 b	18,5
Podłoże M2								
Bayleton	23,0 ab	27,1	33,9 a	29,8	56,4 a	35,0	135,0 a	35,2
Falcon	22,0 ab	28,1	35,5 a	27,8	62,6 a	29,4	151,7 a	22,7
Nimrod	26,2 c	25,7	40,3 b	24,7	64,2 a	25,3	148,7 a	25,2
Siarkol	24,9 bc	29,3	36,8 ab	29,2	62,6 a	33,0	153,1 a	23,0
Kontrola	21,4 a	29,3	33,8 a	29,8	57,8 a	33,8	144,3 a	26,9
Podłoże N								
Bayleton	24,8 ab	30,4	35,4 a	35,5	60,2 a	38,9	135,4 a	35,5
Falcon	22,9 a	28,0	36,4 a	28,5	64,2 a	29,2	147,0 a	30,7
Nimrod	27,8 b	24,2	38,9 a	21,8	57,2 a	29,4	144,7 a	26,1
Siarkol	24,9 ab	26,5	37,5 a	31,8	60,1 a	32,0	156,8 a	32,9
Kontrola	24,3 a	26,7	37,2 a	22,7	62,0 a	33,4	153,0 a	24,5

liczba spostrzeżeń dla wariantu wynosi 40; pozostałe oznaczenia jak w Tabeli 2.

number of observations for the variant is 40; other denotes as in Table 2

Tabela 4.

Udział dębów [%] wykazujących drugie i trzecie pędzenie, z pojedynczym pędem, nieporażonych przez mączniaka prawdziwego oraz wskaźnik porażenia przez mączniaka w zależności od aplikowanego w szkółce fungicydu

Frequency of oaks [%] showing the second and third shoot development, oaks with single shoot, uninfected by powdery mildew and the rate of infestation by powdery mildew depending on the fungicide applied in the nursery

Fungicyd	Z drugim pędzeniem	Z trzecim pędzeniem	Z pojedynczym pędem	Nieporażone przez mączniaka	Wskaźnik porażenia przez mączniaka
Bayleton	83,3	19,3	37,7	43,0	1,96
Falcon	89,8	19,5	39,8	35,6	2,10
Nimrod	77,4	9,6	38,3	50,0	1,68
Siarkol	87,0	23,3	29,6	53,9	1,60
Kontrola	82,2	22,0	35,6	52,5	1,67

Liczba spostrzeżeń dla wariantu wynosi 120; number of observations for the variant is 120

sterylizowany estoński torf wysoki z dodatkiem wermikulitu i szczepionki mikoryzowej z *H. crustuliniforme*. Dęby pochodzące z tego podłoża były nie tylko najwyższe po wysadzeniu, ale również charakteryzowały się najmniejszą zmiennością wysokości. Nie wystąpiły różnice w wysokości sadzonek w zależności od zastosowanego w szkółce fungicydu. Słabszy materiał sadzeniowy (niższe drzewka i gorzej mikoryzowane) wyhodowano na podłożach, które składały się z niesterylizowanego polskiego torfu wysokiego i perlitu z dodatkiem lub bez szczepionki mikoryzowej. Sadzonki z tych podłoży były niższe po wysadzeniu i istotnie różniły się wysokością

w zależności od aplikowanego w szkółce fungicydu, a różnice w wysokości utrzymywały się przez jeden lub dwa sezony wegetacyjne. Główną przyczyną powyższych różnic w jakości podłoża był rodzaj użytego torfu. Do produkcji szkółkarskiej wykorzystuje się torf wysoki sfagnowy. Jednym z podstawowych parametrów go określających jest stopień rozłożenia (mineralizacji), od którego zależą porowatość oraz pojemność wodna. Ze wzrostem mineralizacji torfu zmniejsza się porowatość, przez co obniża się pojemność powietrzna, a wzrasta wodna. Stopień rozkładu torfu decyduje o jakości podłoża hodowlanego. Najlepsze uzyskuje się z torfu o niskim stopniu rozkładu. Optymalny stopień rozkładu wynosi 10-15%. Polskie torfowiska zawierają torf o wysokim stopniu rozkładu. Najbardziej przydatne w szkółkarstwie kontenerowym są torfy z torfowisk Skandynawii i Europy północnej [Szabla, Pabian 2003]. Tak więc wykorzystany w podłożu M1 torf estoński, charakteryzujący się optymalnym stopniem rozkładu, pozwolił na uzyskanie najlepszych parametrów materiału sadzeniowego.

Stosowanie chemicznej ochrony dębu przed mączniakiem prawdziwym w szkółce w istotny sposób wpłynęło na wzrost sadzonek w uprawie zarówno ze względu na aplikowany fungicyd, jak i rodzaj podłoża hodowlanego. Substancje czynne wszystkich zastosowanych w doświadczeniu fungicydów znane są z wywierania wpływu na wzrost ochraniających roślin. Fungicydy siarkowe aplikowane wielokrotnie w sezonie wegetacyjnym powodują spadek zawartości chlorofilu i ograniczenie fotosyntezy, czego efektem może być zahamowanie wzrostu ochraniających roślin [Byrdy i in. 1976; Borecki 1981, 1996; Kryczyński 2005]. Triadimefon, substancja czynna Bayletonu, oraz triadimenol i tebuconazol, substancje czynne Falconu, należąca do grupy fungicydów triazolowych i uznawane są za regulatory wzrostu roślin. Ich działanie polega między innymi na naruszeniu równowagi w zawartości hormonów roślinnych – inhibicji syntezy giberelin i wzroście zawartości kwasu abscysynowego i cytokinin [Jaleel i in. 2007b]. Większość badań wskazuje, że w wyniku aplikacji fungicydów triazolowych następuje ograniczenie wzrostu pędu, liczby liści i ich powierzchni, ale także zwiększenie masy oraz zawartości chlorofilu. Długość korzeni może być większa lub mniejsza, lecz ich masa z reguły wzrasta [Buchenaue, Röhner 1981; Fletcher i in. 1988; Srivastave, Fletcher 1992; Gomathinayagam i in. 2007; Jaleel i in. 2008b]. Jednak w naszych badaniach zarówno Siarkol, jak też fungicydy zawierające związki triazolowe (Bayleton i Falcon) pozostawały bez wpływu na wysokość dębów po wysadzeniu i ich wzrost w kolejnych latach w uprawie. Dęby traktowane Nimrodem hodowane na niesterylizowanym podłożu torfowo-perlitowym (M2 i N) były istotnie wyższe po wysadzeniu, lecz już po pierwszym roku wzrostu w uprawie na podłożu niemikoryzowanym i po drugim dla podłoża mikoryzowanego wysokości drzewek w uprawie były wyrównane. Natomiast dęby pochodzące z podłoża sterylizowanego torfowo-wermikulitowego (M1) i traktowane Nimrodem nie różniły się wysokością po wysadzeniu, lecz przyrastały w uprawie wolniej, co spowodowało, że po czterech latach były istotnie najniższe w porównaniu z sadzonkami z pozostałych wariantów (z wyjątkiem dębów traktowanych Siarkolem). Tak więc Nimrod aplikowany w szkółce powodował wolniejszy wzrost dębów w uprawie.

Dęby charakteryzują się rytmicznym wzrostem na wysokość w sezonie wegetacyjnym, wykazując w naszych warunkach najczęściej dwa pędzenia (wiosenne i wczesnoletnie, tzw. „świętojańskie”). W korzystnych warunkach meteorologicznych (przede wszystkim przy dużych opadach) możliwy jest trzeci okres przyrostu na wysokość na przełomie lipca i sierpnia [Michalak 1977; Andrzejczyk 2009]. Jednocześnie u dębu występuje silny związek między długością okresu wzrostu a wielkością rocznego przyrostu wysokości. Drzewka charakteryzujące się długim okresem wzrostu w sezonie wegetacyjnym wytwarzają dłuższy pęd roczny [Michalak

1977]. W badaniach niniejszych dęby miały trzy przyrosty w drugim sezonie wzrostu w uprawie. Najniższy udział dębów z drugim i trzecim pędzeniem odnotowano w wariancie z Nimrodem, bez względu na rodzaj podłoża, co dodatkowo wskazuje na słabszy przyrost drzewek po zastosowaniu tego fungicydu. Nimrod, zawierający bupiryumat jako substancję czynną, stymulował wzrost dębów w szkółce, na co wskazuje ich wysokość po wysadzeniu, lecz hamował w uprawie. Niewiele wiadomo na temat wpływu tego fungicydu na wzrost ochraniających roślin. Kenyon i in. [1997], stosując bupiryumat w ochronie rododendronu przed mączniakiem prawdziwym, stwierdził stymulację wzrostu roślin i tworzenia liści, uzyskując wyniki podobne do naszych. Swait [1982] otrzymał największe owoce maliny w wyniku traktowania krzewów bupirymatem w porównaniu z roślinami kontrolnymi i chronionymi innymi fungicydami. Nie znając jednak mechanizmu działania tego fungicydu na procesy fizjologiczne rośliny, trudno wytłumaczyć zarówno stymulację wzrostu dębów w szkółce, jak i inhibicję w uprawie.

Zaskakujący wydaje się zróżnicowany stopień porażenia dębów przez mączniaka prawdziwego w drugim roku wzrostu w uprawie. Drzewka traktowane w szkółce fungicydami triazolowymi, a szczególnie Falconem, były silniej porażone w porównaniu z dębami z pozostałych trzech wariantów. Być może o wyższej podatności zdecydował fakt silnej ingerencji fungicydów triazolowych w różne procesy fizjologiczne rośliny – zmiany w równowadze hormonalnej, aktywności enzymów, natężeniu fotosyntezy, peroksydacji lipidów czy syntezy różnych związków, np. eugenolu [Gomathinayagam i in. 2007; Jaleel i in. 2008b; Nair i in. 2012]. Nie badano dotąd, jak długo utrzymuje się wpływ triazoli na metabolizm rośliny i czy fungicydy wysoce skuteczne w zwalczaniu mączniaka mogą w długim okresie zmieniać podatność rośliny na tę chorobę.

Tak jak oczekiwano, zabieg sterowanej mikoryzacji nie miał wpływu na wzrost dębów w uprawie. Złożyło się na to kilka czynników. Udział wprowadzonego ze szczepionką *H. crustuliniforme* nie był wysoki. Na podłożu M1 wynosił on 15%, a na M2 – zaledwie 1% [Kuc 2011]. Pozostałe morfotypy na korzeniach dębów mikoryzowanych, jak i niemikoryzowanych utworzone zostały spontanicznie przez miejscowe gatunki grzybów. Sadzonki hodowano bowiem w szkółce Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Rogowie, w niewielkiej odległości od miejsca, gdzie zostały potem wysadzone. Istotne statystycznie różnice w poziomie zmikoryzowania dębów pochodzących z poszczególnych podłoży [Kuc 2011] miały niewielkie znaczenie wobec faktu założenia uprawy na nieprzelegującym zrębie po usuniętym drzewostanie sosnowym z drugim piętrzem dębowym. W glebie zachowały się wszystkie rodzaje inokulum: korzenie mikoryzowe, grzybnia, zarodniki i formy przetrwalnikowe, sprawiając, że wprowadzone na uprawę dęby szybko znalazły właściwych partnerów mikoryzowych [Hagerman i in. 1999a, b].

Dąb szypułkowy wykazuje skłonność do tworzenia rozwidleń i wielopędów. Na tworzenie tych zniekształceń mają wpływ zarówno czynniki genetyczne, jak i środowiskowe. Na etapie uprawy trudno rozpoznać, czy wady zależą od czynników zewnętrznych, czy też są wynikiem dziedziczenia [Andrzejczyk i in. 1999; Andrzejczyk 2009]. W naszych badaniach, niezależnie od wariantu, w drugim roku wzrostu w uprawie, tylko około $\frac{1}{3}$ dębów charakteryzowała się pojedynczym pędem. Proporcje te w kolejnych latach mogą zmieniać się. Proces powstawania i eliminacji zniekształceń będzie uzależniony od stanowiska biosocjalnego i konkurencyjności drzewa, a także porażenia dębów przez mączniaka, występowania przymrozków, uszkodzeń mechanicznych, żerów owadów i innych czynników [Andrzejczyk i in. 1999; Andrzejczyk 2009]. Nasze doświadczenie pokazało, że rodzaj podłoża hodowlanego, jak również zabiegi wykonywane w szkółce, sterowana mikoryzacja i aplikacja fungicydów nie miały wpływu na tworzenie rozwidleń i wielopędów u dębów w uprawie.

Wnioski

- ✦ Rodzaj podłoża hodowlanego decydował o wysokości dębów w momencie wysadzenia i nie miał wpływu na ich wzrost w uprawie. O jakości badanych podłoży decydował głównie rodzaj użytego torfu, najlepszym podłożem był estoński torf z wermikulitem i szczepionką mikoryzową.
- ✦ Nimrod stosowany w szkółce w ochronie dębu przed mączniakiem prawdziwym stymulował wzrost sadzonek w szkółce, a ograniczał w pierwszych latach w badanej uprawie. Bayleton, Falcon i Siarkol pozostawały bez wpływu na wzrost dębów.
- ✦ Rodzaj podłoża hodowlanego oraz zabiegi wykonywane w szkółce (sterowana mikoryzacja i aplikacja fungicydów) nie miały wpływu na formę pędu (pojedynczy, wielopęd) dębu w uprawie.
- ✦ Dęby traktowane w szkółce fungicydami triazolowymi, a szczególnie Falconem, były silnie porażone przez mączniaka prawdziwego w uprawie w porównaniu z drzewkami chronionymi chemicznie Nimrodem i Siarkolem oraz dębami z wariantu kontrolnego.
- ✦ Założenie uprawy na siedlisku leśnym i nieprzelegującym zrębie zadecydowało o braku wpływu zabiegu sterowanej mikoryzacji na wzrost dębów.

Literatura

- Andrzejczyk T. 2009. Dąb szypułkowy i bezszypułkowy. Hodowla. PWRiL, Warszawa.
- Andrzejczyk T., Mirek J., Zajäckowski J. 1999. Formy zniekształceń pędu u dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w fazie młodnika. Sylwan 143 (4): 21-34.
- 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.
- Borecki Z. 1981. Materiały do zajęć specjalizacyjnych z fitopatologii. Część IV. Fungicydy stosowane w ochronie roślin. Skrypt SGGW-AR, Warszawa.
- Borecki Z. 1996. Nauka o chorobach roślin. PWRiL, Warszawa.
- 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.
- 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.
- Byrdy S., Górecki K., Łaszcz E. 1976. Pestycydy. PWRiL, Warszawa.
- Dominguez Núñez J. A., Selva Serrano J., Rodríguez Barreal J. A., Saiz de Omeñaca González J. A. 2006. The influence of mycorrhization with *Tuber malanosporum* in the afforestation of a Mediterranean site with *Quercus ilex* and *Quercus faginea*. For. Ecol. Manage. 231: 226-233.
- 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.
- 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.
- 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.
- Hagerman S. M., Jones M. D., Bradfield G. E., Gillespie M., Durall D. M. 1999a. Effects of clear-cut logging on the diversity and persistence of ectomycorrhizae at a subalpine forest. Can. J. For. Res. 29: 124-134.
- Hagerman S. M., Jones M. D., Bradfield G. E., Sakakibara S. M. 1999b. Ectomycorrhizal colonization of *Picea engelmannii* × *Picea glauca* seedlings planted across cut blocks of different sizes. Can. J. For. Res. 29: 1856-1870.
- Jaleel C. A., Gopi R., Manivannan P., Panneerselvam R. 2007a. Responses of antioxidant defense system of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. to paclobutrazol treatment under salinity. Acta Physiol. Plant. 29: 205-209.
- Jaleel C. A., Manivannan P., Sankar B., Kishorekumar A., Gopi R., Somasundaram R., Panneerselvam R. 2007b. 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.

- Jaleel C. A., Gopi R., Kishorekumar A., Manivannan P., Sankar B., Panneerselvam R. 2008a. Interactive effects of triadimefon and salt stress on antioxidative status and ajmalicine accumulation in *Catharanthus roseus*. *Acta Physiol. Plant.* 30: 287-292.
- Jaleel C. A., Gopi R., Manivannan P., Panneerselvam R. 2008b. Exogenous application of triadimefon affects the antioxidant defense system of *Withania somnifera* Dunal. *Pestic. Biochem. Physiol.* 91: 170-174.
- Kenyon D. M., Nixon G. R., Helfer S. 1997. The repression and stimulation on growth of *Erysiphe* sp. on *Rhododendron* by fungicidal compounds. *Plant Pathology* 46: 424-431.
- Kryczyński S. 2005. Podstawy fitopatologii. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Kuc T. 2011. Wpływ fungicydów na wzrost i kolonizację mikoryzową siewek dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) hodowanych w kontenerach. Praca doktorska. Wydział Leśny SGGW.
- Kuc T., Aleksandrowicz-Trzczińska M. 2012. Sterowana mikoryzacja i doglebowa aplikacja fungicydów w hodowli dębu szypułkowego. Część II. Wpływ zabiegów wykonanych w szkółce na kolonizację mikoryzową i wzrost w uprawie. *Sylvan* 156 (11): 803-811.
- Michalak K. 1977. Wzrost i przyrost wysokości w sezonie wegetacyjnym ważniejszych gatunków drzew leśnych. *Sylvan* 121 (12): 23-39.
- Nair V. D., Mohankumar M., Kavina J., Panneerselvam R. 2012. Effect of triadimefon: a triazole fungicide on oxidative stress defense system and eugenol content in *Ocimum tenuiflorum* L. *Acta Physiol. Plant.* 34: 599-605.
- 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.
- 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 C. G. III, 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.
- Srivastava H. S., Fletcher R. A. 1992. Triadimenol increases nitrate levels and nitrate reductase activity in canola leaves. *J. Exp. Bot.* 43: 1267-1271.
- Stenström E., Ek M. 1990. Field growth of *Pinus sylvestris* following nursery inoculation with mycorrhizal fungi. *Can. J. For. Res.* 20: 914-918.
- Swait A. A. J. 1982. Fungicide programmes for the control of spur blight, powdery mildew and grey mould on raspberry. *Ann. Applied Biol.* 100: 289-295.
- Szabla K., Pabian R. 2003. Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym. CILP, Warszawa.

SUMMARY

Effect of the substrate type, controlled mycorrhization and application of fungicides in the nursery on the growth of pedunculate oak in the plantation

The object of the research was the plantation of pedunculate oak established from container-grown seedlings on three types of substrates: M1 (a mixture of sterilized Estonian peat with vermiculite and a mycorrhizal inoculum of *Hebeloma crustuliniforme*), M2 (a mixture of unsterilized Polish peat with perlite and a mycorrhizal inoculum of *H. crustuliniforme*), N (like M2 without the inoculum). The oaks in the nursery were chemically protected against powdery mildew with the fungicides (Bayleton 25 WP, Falcon 450 EC, Nimrod 250 EC and Siarkol Extra 80 WP) at the recommended rates and concentrations. The oaks not treated with the fungicides were used for comparison. Tree height was measured five times: after planting, after the first growing season, in mid-July and after the second growing season and after four years of growth in the plantation. In the second season of growth of oaks in the plantation, the number of shoots, the form (single-

-stem, multi-stem) of oak trees and the level of infestation of trees by powdery mildew were determined.

The type of substrate had a significant effect on the height of oak trees during planting, and had no effect on their growth in the plantation. The best substrate was the Estonian peat mixed with vermiculite and mycorrhizal inoculum. It is likely that the type of peat used decided about the quality of the tested substrates. Nimrod used in the nursery to protect oak seedlings against powdery mildew enhanced their growth in the nursery, while it reduced the growth of oak seedlings in the early years of growth in the plantation. Bayleton, Falcon and Siarkol had no effect on the growth of oaks trees. The type of soil and treatments performed in the nursery, such as controlled mycorrhization and fungicide application had no effect on the form (single-stem, multi-stem) of oak stems in the plantation. The oaks treated with triazole fungicides in the nursery, especially Falcon, showed a high level of infestation by the powdery mildew in the plantation compared to oaks chemically protected with and Siarkol as well as oaks in the control. No effects of controlled mycorrhization on the growth of oaks were found in the plantation established in the forest habitat and recently cut areas.