

HANNA STĘPNIEWSKA, PAWEŁ RĘBISZ

## Mikoryzy siewek jodły (*Abies alba* Mill.) hodowanych na podłożach trocinowo-torfowych o różnym okresie użytkowania\*

Mycorrhizae of fir (*Abies alba* Mill.) seedlings growing on sawdust-peat substrates of different periods of utilization

### ABSTRACT

The frequency of occurrence and diversification of mycorrhizae in 1- and 2-year-old fir seedlings were investigated. It was found that seedlings growing on substrates used earlier were better mycorrhized than seedlings growing on a fresh substrate.

### KEY WORDS

mycorrhizae, fir seedlings, sawdust-peat substrata

### Wstęp

Hodwla sadzonek jodły prowadzona jest zwykle w warunkach kontrolowanych, pod osłonami, na specjalnie przygotowanych podłożach, najczęściej torfowych lub torfowo-trocinowych [Sobczak 1999]. Badania w Terenowej Stacji Dydaktyczno-Badawczej AR w Krakowie w Kopciowej koło Krynicy wykazały, że nawet przy wielokrotnym wykorzystywaniu tego samego podłoża trocinowo-torfowego można na nim wyhodować sadzonki o dobrych parametrach jakościowych [Bałut i in. 1988, Skrzyszewska 1994]. Postępowanie takie nie stwarza także większego zagrożenia dla siewek ze strony grzybów zgorzelowych [Stępniewska 1999]. Słabo poznany jest natomiast wpływ tego sposobu hodowli sadzonek jodły na występowanie mikoryz. Wstępne wyniki badań sugerują, że sadzonki hodowane na podłożu dłużej użytkowanym mogą być lepiej zaopatrzone w mikoryzy, niż hodowane na podłożu świeżym [Stępniewska 2004].

Celem niniejszych badań było określenie częstości występowania mikoryz oraz ich zróżnicowania jakościowego u siewek jodły, hodowanych na podłożach trocinowo-torfowych o różnym okresie użytkowania, w wybranych szkółkach leśnych o charakterze górskim.

### Materiały i metody

Materiał badawczy to jedno i dwuletnie siewki jodły pobierane w latach 2000-2001 w czterech szkółkach leśnych: Falsztyn (Nadl. Krościenko), Feleczyn (Nadl. Nawojowa), Łomnica (Nadl.

\* Temat finansowany przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych

#### HANNA STĘPNIEWSKA

Katedra Fitopatologii Leśnej  
Wydział Leśny AR  
Al. 29 Listopada 46  
31-425 Kraków  
rlstepni@cyf-kr.edu.pl

#### PAWEŁ RĘBISZ

Katedra Fitopatologii Leśnej  
Wydział Leśny AR  
Al. 29 Listopada 46  
31-425 Kraków

Piwniczna) i Kopciowa (Terenowa Stacja Dydaktyczno-Badawcza Katedry Nasiennictwa, Szkół-karstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie) (tab. 1). Szkołki Falsztyn, Feleczyn i Łomnica położone są na zbliżonej wysokości n.p.m. tj. 500-550 m, a szkołka w Kopciowej na wysokości 720 m n.p.m. Wszystkie szkołki zlokalizowane są w obrębie drzewostanów: jodłowo-świerkowo-bukowego (Falsztyn, Kopciowa, Łomnica) i daglezwowo-świerkowo-sosnowego (Feleczyn). W szkołkach Falsztyn i Feleczyn sadzonki jodły produkowane są w inspektach, na podłożu trocinowo-torfowym o składzie trociny iglaste : torf wysoki (1:1). W szkołce Kopciowa sadzonki produkowane są w namiotach foliowych na substracie o takim samym składzie. W szkołce Łomnica stosowany jest substrat trocinowo-torfowy zmieszany w stosunku 1:3. W tej szkołce sadzonki produkowane są na polach siewnych o powierzchni namiotu foliowego.

W szkołce Falsztyn, Feleczyn i Łomnica pobrano siewki hodowane na podłożu świeżym, tj. wykorzystywanym po raz pierwszy jako podłoże hodowlane oraz na podłożu już użyt-kowanym do hodowli sadzonek. Podłoże to, każdorazowo po wyjęciu sadzonek z poprzedniego cyklu produkcyjnego, uzupełniano warstwą świeżego substratu. W szkołce Kopciowa siewki pobrano z podłoża użytkowanych od 2, 7 i 12 lat, które w trakcie użytkowania nie były uzupeł-niane świeżym substratem (tab. 1).

Każdorazowo próbcę stanowiło 30 siewek pobranych z różnych miejsc inspektu /namiotu. Jednocześnie, ze strefy korzeni siewek (głębokość 10-20 cm) pobrano próbki podłoża, celem zbadania ich właściwości chemicznych (analizy wykonano w Katedrze Gleboznawstwa Leśnego AR w Krakowie). Po przewiezieniu do laboratorium określono parametry siewek, liczbę korzeni troficznych oraz liczbę i zróżnicowanie mikoryz. Zastosowano postępowanie opisane we wcześniejszej pracy [Stępniewska 2004]. Łącznie analizie poddano 390 siewek jodły.

Udział procentowy mikoryz uśredniono w obrębie poszczególnych prób siewek i porów-nano na podstawie analizy wariancji i testu *t* Studenta na poziomie istotności 0,05. Wykorzystano program STATISTICA wersja 6.0.

## Wyniki

Parametry siewek hodowanych na podłożu świeżym i użyt-kowanym były zbliżone (tab. 1). Tylko w szkołce Kopciowa, parametry siewek 2-letnich hodowanych na podłożach dłużej użyt-kowanych, tj. 7- i 12-letnim były lepsze, niż siewek hodowanych na podłożu 2-letnim.

Udział procentowy mikoryz na korzeniach siewek 1-rocznych wynosił średnio 28,3%, a na korzeniach siewek 2-letnich 34,8% (tab. 1). Mikoryzy stwierdzano najczęściej u siewek pobranych w szkołce Łomnica. Wyraźnie najslabiej natomiast, zmikoryzowane były siewki ze szkołki Kopciowa. Średnia częstość występowania mikoryz u siewek 1-rocznych hodowanych na podłożu użyt-kowanym była 1,9 razy większa (37,3%) niż u siewek na podłożu świeżym (19,4%) (tab. 1). Tylko w szkołce Łomnica, częstość występowania mikoryz u siewek z podłoża świeżego i użyt-kowanego była taka sama (brak różnic statystycznych). W szkołce Feleczyn mikoryzy stwierdzano 6,8 razy częściej u siewek na podłożu użyt-kowanym, niż na świeżym (różnica statystyczna). W szkołce w Falsztynie, u siewek z podłoża użyt-kowanego mikoryzy stanowiły 4,8% korzeni troficznych, podczas gdy u siewek z podłoża świeżego nie stwierdzono ich w ogóle. Średni udział procentowy mikoryz u siewek 2-letnich hodowanych na podłożu użyt-kowanym w szkołkach Feleczyn i Łomnica był 1,4 razy większy (69%), niż u siewek na podłożu świeżym (50,2%) (tab. 1). W Feleczynie, częstość występowania mikoryz u siewek na podłożu użyt-kowanym była prawie 6 razy większa, niż na świeżym (różnica statystyczna). Z kolei w szkołce Łomnica, miko-ryzy stwierdzano 1,3 razy częściej u siewek na podłożu świeżym (różnica statystyczna). Badaniami objęto także siewki 2-letnie ze szkołki Kopciowa, hodowane na podłożach użyt-kowanych od 2,

Tabela 1.

Porównanie średnich wartości cech morfologiczno-rozwojowych i mikoryz badanych siewek  
Mean values of morphological and developmental features and the mycorrhizae of seedlings

Szkółka	Podłoże	Termin pobrania siewek	Parametry siewek [mm]			Procentowy udział ektomikoryz podtypu						Ogółem	
			a	b	c	A	B	C	F	G	I		
Jodła 1/0													
Falsztyn	świeże*	IX.2001	48	1,2	124	0	0	0	0	0	0	0	0
	użytkowane*	IX.2001	43	1,2	141	4,8	0	0	0	0	0	0	4,8
Feleczyn	świeże**	X.2000	35	1,4	186	8,8	0	0	0	0	0	0	8,8**
	użytkowane*	X.2000	38	1,6	158	10,7	38,5	0	4	3,8	2,8	0	59,8 <sup>a</sup>
Łomnica	świeże*	X.2000	44	2	163	48,5	0,5	0	0,4	0,02	0,02	0	49,4
	użytkowane*	X.2000	38	1,7	117	37	4	0	4,4	0,1	1,7	0	47,2
Jodła 2/0													
Feleczyn	świeże**	IX.2001	77	2,9	210	11,7	0	0	0	0	0	0	11,7 <sup>b</sup>
	użytkowane*	IX.2001	68	2,4	152	40,9	18,4	6,9	0	1,1	0,2	0	67,5 <sup>b</sup>
Kopciowa	2-letnie*	X.2000	85	1,9	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	7-letnie*	X.2000	94	2,8	-	3,3	0	0	0	0,02	0	0	3,3
	12-letnie*	X.2000	124	3,3	-	1,7	0	0	0	0	0	0	1,7
Łomnica	świeże*	IX.2001	108	3,4	170	58	0	0	11,7	0,7	18,3	0	88,7 <sup>c</sup>
	użytkowane*	IX.2001	106	3,2	130	67,4	0	0	0,8	1,1	1,1	0	70,4 <sup>c</sup>

Objaśnienia: a – wysokość; części nadziemnej; b – grubość; w szczy korzeniowej; c – długość; korzenia głównego; \* siewki hodowane z odkrytym systemem korzeniowym; \*\* siewki hodowane w osłonach wg Kosterkiewicz; \*\*\* wartości oznaczone tą samą literą różnią się statystycznie (p=0,05)  
Explanations: height of the overground; b – diameter of the root collar; c – length of the main root; \* bare-rooted seedlings; \*\* seedlings grown in pots of Kosterkiewicz method; \*\*\* the values followed by the same letter are significantly different at (p=0,05)

7 i 12 lat. Jednak udział mikoryz u siewek z podłoża 7- i 12-letniego wynosił średnio 2,5%, a u siewek z podłoża 2-letniego nie stwierdzono ich w ogóle (tab. 1). Stąd trudno, w przypadku tej szkółki analizować związek między okresem użytkowania podłoża, a występowaniem mikoryz u hodowanych na nich siewek.

Na korzeniach badanych siewek stwierdzono tylko mikoryzy ektotroficzne, które przyporządkowano do 6 podtypów [Dominik 1969]: A, B, C, F, G, I (tab. 1):

Podtyp A: mikoryzy pojedyncze; na przekroju poprzecznym opilśni brak lub opilśni cienka, fragmentaryczna, okrywająca korzeń płatowato, pokryta luźnymi strzępkami grzybni, prozenchymatyczna (ryc. 1 i 2).

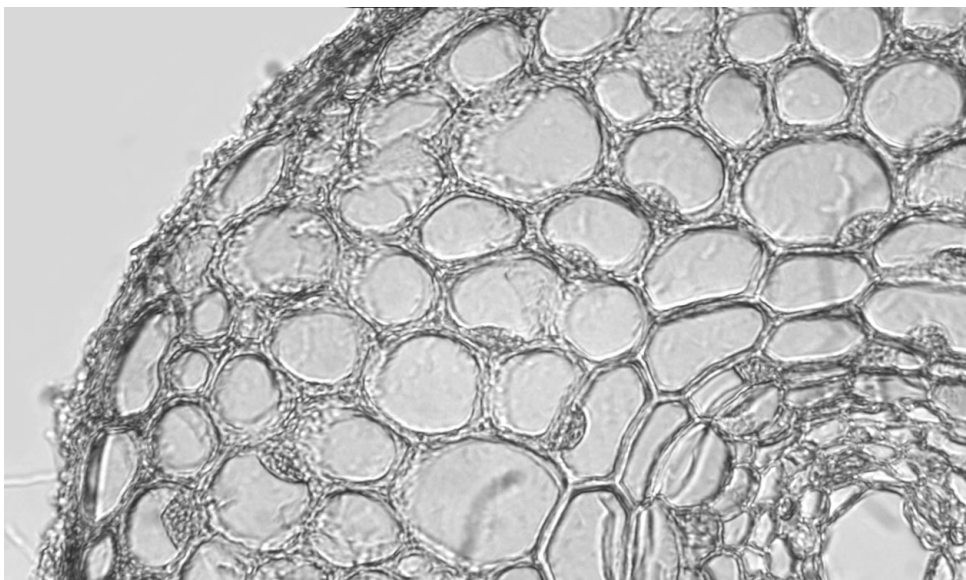
Podtyp B (rodzaj Ba, Bb): mikoryzy białoszare lub kremowe,

gładkie, połyskujące lub matowe, pojedyncze lub monopodialnie rozgałęzione; na przekroju poprzecznym opilśni zwarta, prozenchymatyczna.

Podtyp C (rodzaj Cd): mikoryzy kremowo-szare, pokryte sznurami grzybni, pojedyncze; na przekroju poprzecznym opilśni cienka, prozenchymatyczna.

Podtyp F (rodzaj Fg): mikoryzy brązowo-miodowe, gładkie, matowe, silnie zgrubiałe, pojedyncze lub monopodialnie rozgałęzione; na przekroju poprzecznym opilśni dobrze wykształcona, pseudoparenchymatyczna (ryc. 3).

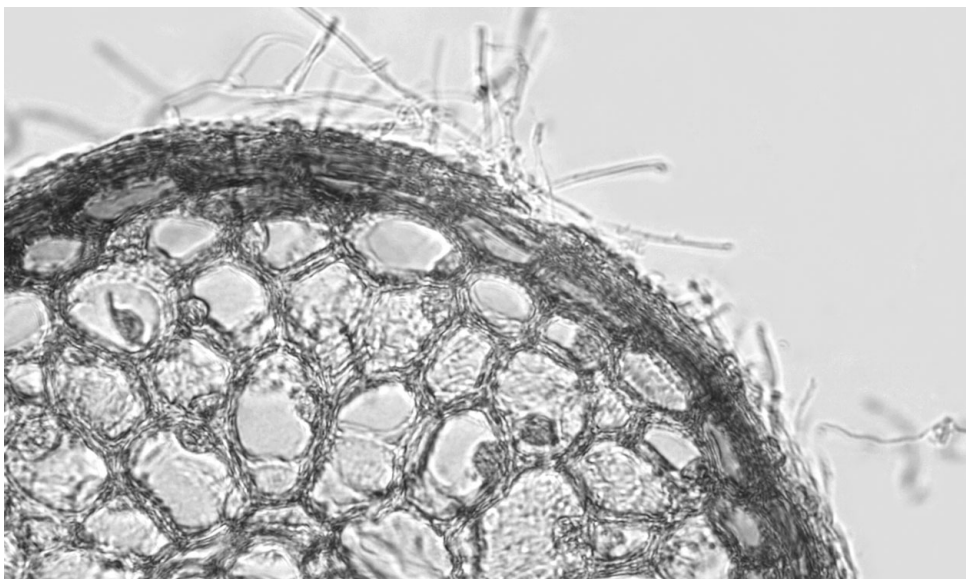
Podtyp G (rodzaj Ga): mikoryzy pojedyncze lub monopodialnie rozgałęzione, czarne do czarno – brunatnych, pokryte sztywnymi, brunatno – czarnymi strzępkami lub gładkie; na przekroju poprzecznym opilśni czarna, pseudoparenchymatyczna, różnej grubości (ryc. 4).



Ryc. 1.

Przekrój poprzeczny ektomikoryzy podtypu A z 2-letniej siewki jodły z podłoża użytkowanego ze szkółki Łomnica (pow. 275×). Mikoryza pozbawiona opilśni. (fot. H. Stępniewska)

Cross section of ectomycorrhiza of subtype A from 2-year-old fir seedling grown on substrate used earlier in Łomnica forest nursery (magn. 275×). Mycorrhiza without fungal mantle (photo by H. Stępniewska)

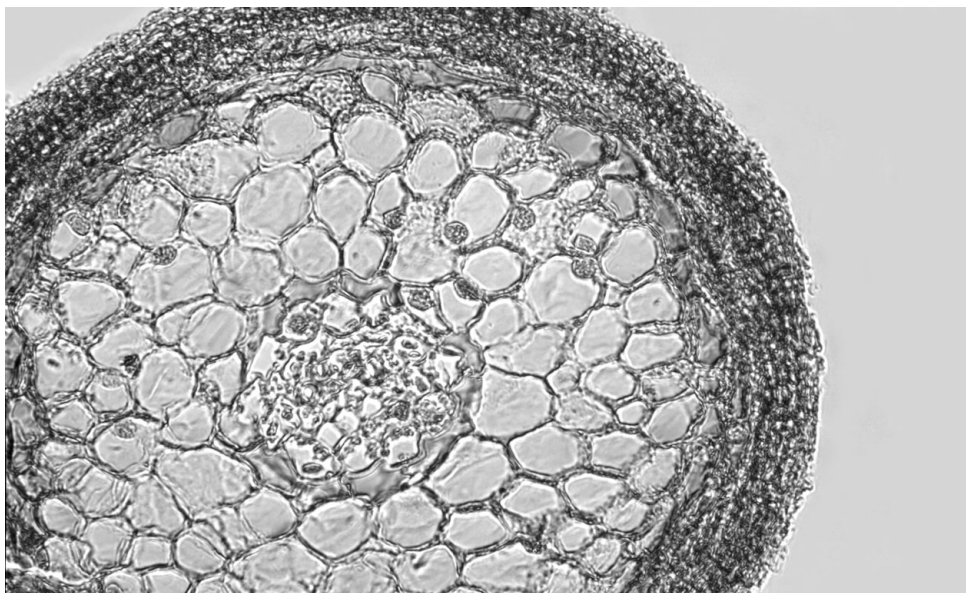


Ryc. 2.

Przekrój poprzeczny ektomikoryzy podtypu A z 2-letniej siewki jodły z podłoża użytkowanego ze szkółki Feleczyn (pow. 250×). Widoczna fragmentaryczna opilśń i luźne strzępki grzybni wyrastające z jej powierzchni. (fot. H. Stępniewska)

Cross section of ectomycorrhiza of subtype A from 2-year-old fir seedling grown on substrate used earlier in Feleczyn forest nursery (magn. 250×), showing fragmentary fungal mantle and loose hyphae growing out from its surface (photo by H. Stępniewska)

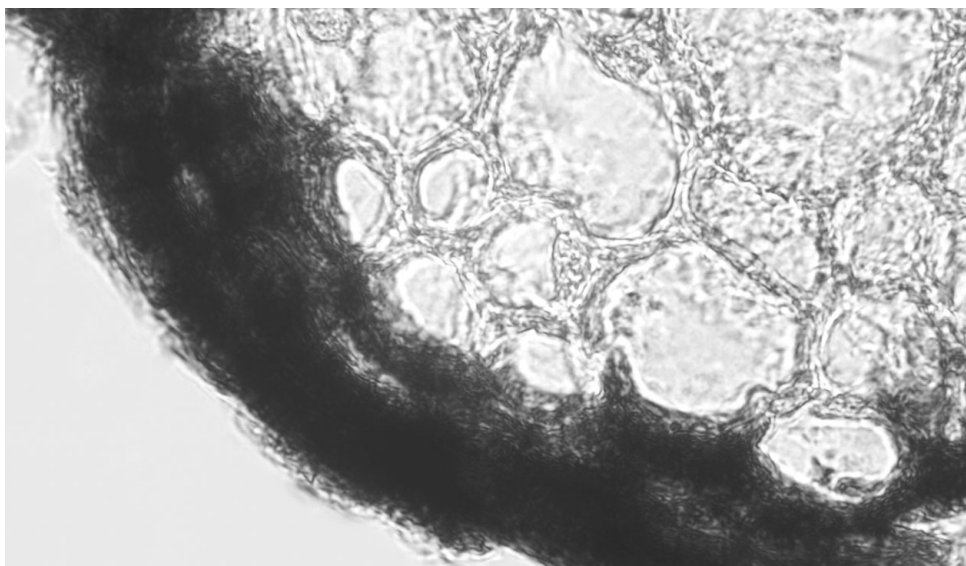




Ryc. 3.

Przekrój poprzeczny ektomikoryzy rodzaju Fg z siewki 1-roczonej z podłoża użytkowanego ze szkółki Łomnica (pow. 158×). Widoczna gruba, pseudoparenchymatyczna opilsń. (fot. H. Sępniewska)

Cross section of ectomycorrhiza of Fg kind from 1-year-old seedling grown on substrate used earlier in Łomnica forest nursery (magn. 158×), showing thick, pseudoparenchymatic fungal mantle (photo by H. Sępniewska)



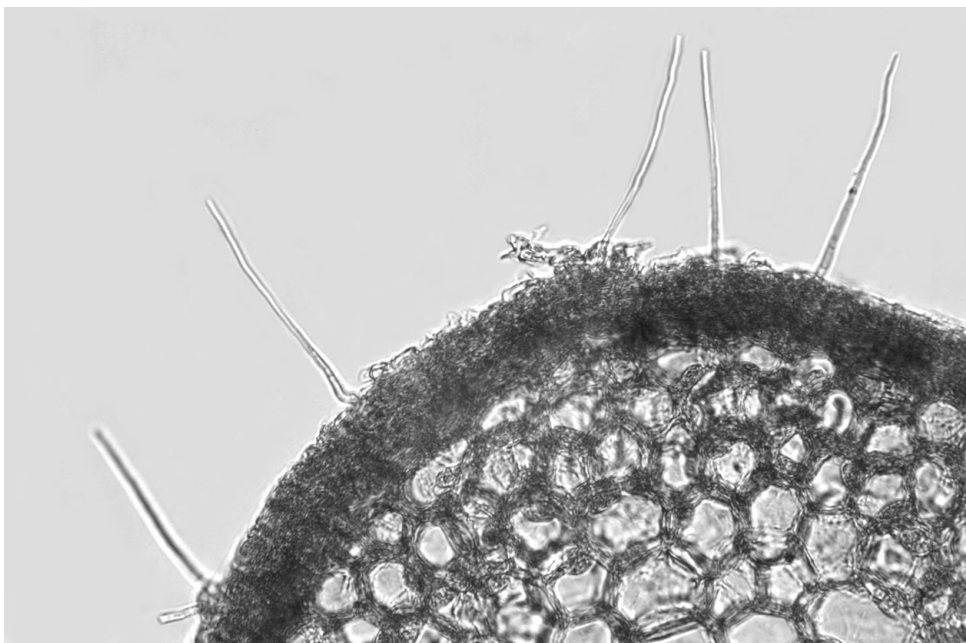
Ryc. 4.

Przekrój poprzeczny ektomikoryzy rodzaju Ga z 2-letniej siewki jodły z podłoża użytkowanego ze szkółki Łomnica (pow. 400×). Widoczna czarna, pseudoparenchymatyczna opilsń. (fot. H. Sępniewska)

Cross section of ectomycorrhiza of Ga kind from 2-year-old fir seedling grown on substrate used earlier in Łomnica forest nursery (magn. 400×), showing black, pseudoparenchymatic fungal mantle (photo by H. Sępniewska)

Podtyp I (rodzaj Ia): mikoryzy pojedyncze lub monopodialnie rozgałęzione, brązowe, pokryte promieniście odchodzącymi od opilśni szczecinkami; szczecinki długie, bezbarwne, zaostrome; na przekroju poprzecznym opilśń gruba, pseudoparenchymatyczna (ryc. 5).

U siewek 1-letnich, zarówno u hodowanych na podłożu świeżym jak i na użytkowanym stwierdzono mikoryzy podtypu A, B, F, G oraz I (tab. 1). U siewek na podłożu świeżym wyraźnie dominowały mikoryzy A, a pozostałe typy mikoryz występowały sporadycznie. Z kolei, u siewek na podłożu użytkowanym średnia częstość występowania mikoryz A i B była zbliżona, a pozostałe podtypy mikoryz występowały wyraźnie mniej licznie. W szkółce Feleczyń, bogatsze spektrum mikoryz stwierdzono u siewek z podłoża użytkowanego (5 podtypów), niż ze świeżego (tylko podtyp A). W szkółce Łomnica, spektrum mikoryz u siewek hodowanych na podłożu świeżym i użytkowanym było jednakowe (5 podtypów), jednak u siewek z podłoża świeżego mikoryzy podtypu A stwierdzano aż 54 razy częściej, niż pozostałe podtypy mikoryz łącznie, podczas gdy u siewek z podłoża użytkowanego tylko 3,6 razy częściej (tab. 1). U siewek 2-letnich hodowanych w szkółkach Feleczyń i Łomnica na podłożu świeżym, stwierdzono odpowiednio 1 podtyp (A) i 4 podtypy (A, F, G, I) ektomikoryz, podczas gdy na podłożu użytkowanym odpowiednio 5 podtypów (A, B, C, G, I) i 4 podtypy (A, F, G, I) (tab. 1). Zarówno u siewek na podłożu świeżym jak i użytkowanym dominowały mikoryzy A. W szkółce Łomnica, u siewek z podłoża świeżego stosunkowo licznie stwierdzano także mikoryzy I oraz F. Z kolei, u siewek z podłoża użytkowanego w szkółce Feleczyń stosunkowo liczne były także mikoryzy B. Pozostałe podtypy mikoryz stwierdzano nielicznie lub sporadycznie.



Ryc. 5.

Przekrój poprzeczny ektomikoryzy rodzaju Ia z 1-letniej siewki jodły z podłoża świeżego ze szkółki Łomnica (pow. 158×). Widoczne bezbarwne, zaostrome szczecinki wyrastające z powierzchni opilśni. (fot. H. Stępniewska)

Cross section of ectomycorrhiza of Ia kind from 1-year-old fir seedling grown on the fresh substrate in Łomnica forest nursery (magn. 158×), showing colourless, sharp bristles growing out from the surface of fungal mantle (photo by H. Stępniewska)

## Dyskusja

Z nielicznych prac dotyczących mikoryz siewek drzew hodowanych na podłożach trocinowo-torfowych [Stępniewska i Krupińska 2002, Stępniewska 2004] wynika, że spektrum mikoryz u tych siewek jest ubogie. Najczęściej stwierdza się stosunkowo prymitywne, pozbawione opilśni ektomikoryzy A oraz ektomikoryzy B, o opilśni cienkiej, prozenchymatycznej. Także w niniejszych badaniach ektomikoryzy podtypu A zwykle dominowały na korzeniach siewek jodły, choć dominacja ta zaznaczyła się słabiej u siewek hodowanych na podłożu użytkowanym, niż u siewek z podłoża świeżego. U siewek hodowanych na podłożu użytkowanym różnorodność mikoryz była zwykle większa, podobnie jak częstość ich występowania. Potwierdza to wcześniejsze doniesienia [Stępniewska 2004], że hodowla siewek jodły na podłożu już wcześniej użytkowanym, w większym stopniu sprzyja nawiązywaniu kontaktów mikoryzowych z grzybami występującymi w szkółce niż hodowla na podłożu świeżym. Sprzyjają temu z pewnością resztki zmikoryzowanych korzeni pozostałe w podłożu po wyjęciu sadzonek z poprzedniego cyklu produkcyjnego. W podłożu świeżym natomiast, źródłem inokulum grzybów mikoryzowych mogą być tylko zarodniki dostające się tam drogą powietrzną z owocników występujących w drzewostanie otaczającym szkółkę i w samej szkółce. Właściwości chemiczne podłoży, takie jak pH czy zawartość azotu, które mogą wpływać na powstawanie kontaktów mikoryzowych u drzew [Rudawska 2000], w przypadku badanych podłoży nie były w sposób jednoznaczny związane z częstością występowania mikoryz u hodowanych na nich siewkach jodły (tab. 2). Mikoryzy stwierdzano częściej u siewek z podłoża użytkowanego niż ze świeżego, podczas gdy odczyn tych podłoży, w obrębie poszczególnych szkółek, był zbliżony (tab. 2). Z kolei, zasobność porównywanych podłoży w azot była, w zależności od szkółki, zbliżona albo większa w podłożu użytkowanym (tab. 2), ale nie wiązała się jednoznacznie z częstością wys-

Tabela 2.

Wybrane właściwości chemiczne podłoży spod uprawy badanych siewek  
Some chemical properties of substrates used for growing of tested seedlings

Szkółka	Podłoże	pH		N [%]	C [%]	C/N	Substancja organiczna [%]	P [mg/100g gleby]	K	
		H <sub>2</sub> O	KCl							
Jodła 1/0										
Falsztyn	świeże	5	4,1	0,61	43,1	70,6	74,2	12	83,3	
	użytkowane	4,7	3,9	0,63	38,8	61,6	66,9	8,2	39	
Feleczyn	świeże	5	3,7	0,59	46,4	78,6	80	12,3	159,5	
	użytkowane	4,5	3,6	0,89	35,2	39,6	60,7	15,4	69,6	
Łomnica	świeże	5,9	5,4	0,72	33	45,8	56,9	17,8	39,7	
	użytkowane	6	5,7	0,68	25,3	64,1	43,6	20,8	32,5	
Jodła 2/0										
Feleczyn	świeże	4,2	3,4	0,71	42,6	60	73,5	8,8	65,4	
	użytkowane	4,3	3,4	1,09	33,4	30,7	57,6	14,3	38,4	
Kopciowa	2-letnie	4,2	3,3	0,43	24,9	57,9	42,9	8,9	46,7	
	7-letnie	4	3	0,39	17,7	45,4	30,5	12,7	39,3	
Łomnica	12-letnie	3,8	2,9	0,33	10,5	31,8	18,1	24,2	25,1	
	świeże	6	5,5	0,5	17,3	34,6	29,9	13	15,6	
	użytkowane	6,4	6	0,63	21,3	33,9	36,8	25,1	20,6	

Metodyka: pH – potencjometrycznie; C – metodą Tiurina; N – metodą Kjeldahla; P, K – metodą Egnera-Riehma  
Methods: pH – potentiometrically; C – Tiurin's method; N – Kjeldahl's method; P, K – Egner-Riehman's method

tępowania mikoryz u badanych siewek. Za główny czynnik różnicujący to zjawisko, uznać należy wiek (okres użytkowania) podłoża hodowlanego. Wyjątkiem na tle pozostałych była szkółka w Łomnicy, gdzie częstość występowania i zróżnicowanie mikoryz u siewek hodowanych na podłożu świeżym i użytkowanym były u jednolatek zbliżone, a u dwulatek większe na podłożu świeżym. Stosunkowo korzystniejsze warunki do powstawania mikoryz występowały więc w podłożu świeżym. Mogło na to wpłynąć bardzo dobre napowietrzenie korzeni hodowanych na nim siewek. Podłoże to znajdowało się na nowo założonym polu siewnym, na zdrenowanej powierzchni i ok. 15 cm grubości warstwie piasku i żwiru. Napowietrzenie gleby uznawane jest za istotny czynnik wpływający na wzrost grzybni grzybów mikoryzowych. Między innymi brakiem tlenu tłumaczy się zanik grzybów mikoryzowych wraz ze wzrostem głębokości gleby [Meyer 1973]. Cechą wyróżniającą szkółkę w Łomnicy było także stosunkowo wysokie pH podłoża, w granicach 5,9 do 6,4. W pozostałych szkółkach, pH podłoża kształtowało się na poziomie 4,0 – 5,0. Grzyby ektomikoryzowe uznawane są za organizmy kwasolubne, jednak różnice w zakresie ich tolerancji co do pH mogą być znaczne, zarówno między gatunkami jak i w obrębie tego samego gatunku [Hung 1983]. Z badań Kowalskiego, Obłozy i Wojewody [1996] wynika, że w środowisku silnie kwaśnym wzrost niektórych z tych grzybów ulega zahamowaniu. Można przypuszczać, że w mniej kwaśnych podłożach w szkółce w Łomnicy liczniejsze grzyby znalazły odpowiednie warunki do rozwoju niż w pozostałych szkółkach. Znalazło to swoje wyraźne odbicie w poziomie zaopatrzenia w mikoryzy siewek w tej szkółce. Zarówno częstość ich występowania jak i zróżnicowanie jakościowe były największe wśród badanych. Nie można wykluczyć, że wpłynął na to także skład substratu, który w szkółce Łomnica zawierał trociny i torf w stosunku zmieszania 1:3, podczas gdy w pozostałych szkółkach 1:1. Sugestia ta wymaga jednak weryfikacji w toku dalszych badań.

### Podziękowanie

Nadleśnictwom w Krościenku, Nawojowej i Piwnicznej dziękuję za udostępnienie do badań szkółek leśnych. Dziękuję także Panu Prof. dr hab. Januszowi Saborowi, Kierownikowi Katedry Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych AR w Krakowie za udostępnienie Terenowej Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Kopciowej.

### Literatura

- Bałut S., Kulej M., Sabor J., Sobolewska K., Wojtas R. 1988. Wpływ czasokresu użytkowania podłoża trocinowo-torfowych na ich bilans nawożeniowy oraz wzrost i jakość sadzonek produkowanych w kontrolowanych warunkach zewnętrznych. Informator Regionalny Zakładu Upowszechniania Postępu Akademii Rolniczej w Krakowie 271: 121-130.
- Dominik T. 1969. Key to ectotrophic mycorrhizae. Fol. For. Pol. Ser. A, 15: 309-328.
- Hung L.-L. 1983. Growth variation between and within species of ectomycorrhizal fungi in response to pH in vitro. Mycologia 75 (2): 234-241.
- Kowalski S., Obłozą E., Wojewoda W. 1996. Susceptibility of ectomycorrhizal and ectendomycorrhizal fungi to pH of the environment. Acta Mycol. 31 (2): 127-136.
- Meyer F. H. 1973. Distribution of Ectomycorrhizae in Native and Man-Made Forests. W: Marks G.C., Kozłowski T.T. [red.]. Ectomycorrhizae. Their ecology and physiology. Academic Press, New York, London: 79-105.
- Rudawska M. [red.] 2000. Ektomikoryza, jej znaczenie i zastosowanie w leśnictwie. Instytut Dendrologii PAN, Kórnik.
- Skrzyszewska K. 1994. Wpływ 5-letniego użytkowania substratów trocinowo-torfowych na cechy wzrostowe oraz jakość sadzonek jodły pospolitej i buka zwyczajnego. Biuletyn Regionalny Zakładu Doradztwa Rolniczego Akademii Rolniczej w Krakowie 308: 117-128.
- Sobczak R. [red.] 1999. Szkółkarstwo leśne, ozdobne i zadrzewieniowe. Wydawnictwo Świat, Warszawa.
- Stępniewska H. 1999. Zdrowotność siewek drzew leśnych hodowanych na substratach trocinowo-torfowych zróżnicowanych pod względem czasu użytkowania. Sylwan 163, 1: 43-49.



- Stępniewska H. 2004. Mikoryzy siewek jodły (*Abies alba* Mill.) hodowanych na substracie trocinowo-torfowym w szkółce Feleczyn w Nadleśnictwie Nawojowa. Sylwan (w druku).
- Stępniewska H., Krupińska M. 2002. Zagrożenie zgorzelą i mikotrofizm siewek świerka (*Picea abies* (L.) H. Karst.) hodowanych na substratach trocinowo-torfowych o różnym okresie użytkowania w szkółce leśnej. Acta Agr. Silv. Ser. Silv. 40: 87-96.

## SUMMARY

### Mycorrhizae of fir (*Abies alba* Mill.) seedlings growing on sawdust-peat substrates of different periods of utilization

The frequency of occurrence and diversification of mycorrhizae in 1- and 2-year-old fir seedlings growing on substrates of different periods of utilization were investigated in four forest nurseries. In three nurseries the mycorrhizae in seedlings growing on a fresh substrate were compared with mycorrhizae in seedlings growing on substrates used earlier. These latter substrates, each time after removal of seedlings of the previous production cycle, were supplemented with a fresh substrate. In the fourth nursery comparison was made between mycorrhizae in seedlings growing on substrates used for 2, 7, and 12 years without addition of a fresh substrate. It was found that a mean frequency of mycorrhizal occurrence in seedlings of individual nurseries varied from 2.4% to 48.3% in 1-year-old seedlings, and from 1.7% to 79.6% in 2-year-old stock. On the average the mycorrhizae in 1-year-old seedlings growing on a substrate used before occurred 1.9 times more frequently (37.3%) than in seedlings growing on a fresh substrate (19.4%). Also in the case of 2-year-old seedlings in those growing on a substrate used earlier the mycorrhizae occurred more frequently (69%) than in seedlings on a fresh substrate (50.2%). In the fourth nursery, in seedlings growing on substrates utilized for 7 and 12 years mycorrhizae occurred sporadically (1.7-3.3%), while there were no mycorrhizae in seedlings growing on a substrate used for 2 years. Only ectotrophic mycorrhizae were observed. According to the Dominik's classification they belonged to 6 subtypes: A, B, C, F, G, and I. The mycorrhizae of the subtype A dominated in 1-year-old seedlings (18.3%) as well as in 2-year-old ones (26.1%). They were relatively primitive, without a fungal mantle, or with a reduced mantle. The mycorrhizae B, with a thin prosenchymatous mantle, occurred quite numerously in one of the nurseries. The remaining mycorrhizal subtypes were not numerous, or they were sporadic, however, in the case of seedlings growing on a substrate used earlier the quality spectrum of mycorrhizae was usually richer than in seedlings from a fresh substrate. The frequency of occurrence and diversification of mycorrhizae were not related to chemical properties of substrates (pH, nitrogen and phosphorus contents). The results of this study suggest that age (utilization period) of a substrate was a decisive factor in respect of the mycorrhization level of fir seedlings. Growing of these seedlings on substrates used earlier turned out to be better than growing them on a fresh substrate.