

MARTA ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA

Dokładność określania stopnia mikoryzacji sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) ze szkółki otwartej na podstawie prób o różnej długości systemu korzeniowego

Mycorrhization accuracy assessment of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings raised in an open-terrain nursery based on different lengths of root system samples

ABSTRACT

One-year-old pine seedlings were raised in the open-terrain nurseries in Biłgoraj and Spała. Part of the seedlings were treated with fungicides, the untreated seedlings were used as a control. The level of mycorrhization was determined on the basis of the number of autotrophic and mycorrhizal apices along the root system. Differences in the results were defined on the basis of the samples 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 and 0.9 of the root length. The greatest difference $\pm 18.2\%$ was found for one of the variants sprayed with fungicides in the nursery in Spała for the sample 0.1, and the smallest -0.1% – for the variant with Gwarant and the sample 0.9 and $+0.1\%$ for the variant with Sadoplon and the sample 0.4 in the nursery in Biłgoraj.

KEY WORDS

Pinus sylvestris, ectomycorrhiza, mycorrhizal colonisation level

Wstęp

Ocena jakości materiału sadzeniowego produkowanego w szkółkach leśnych będzie pełniejsza, jeżeli obok pomiarów cech biometrycznych sadzonek określimy również stopień zmikoryzowania ich systemów korzeniowych [Aleksandrowicz-Trzcińska 2003]. Jedną z najprostszych metod oceny poziomu kolonizacji mikoryzowej, która z powodzeniem może być stosowana w praktyce leśnej, jest liczenie wierzchołków autotroficznych i mikoryzowych przypadających na cały system korzeniowy, jego część lub na jednostkę objętości gleby. Najdokładniejsze wyniki otrzymamy licząc udział krótkich korzeni mikoryzowych na całej długości systemu korzeniowego. Jest to jednak metoda bardzo pracochłonna.

Celem pracy było określenie różnicy w ocenie stopnia zmikoryzowania korzeni rocznych sadzonek sosny na podstawie liczenia wierzchołków autotroficznych i mikoryzowych na całej długości systemu korzeniowego oraz jego różnej wielkości próby.

Wyniki podobnych badań dotyczących sadzonek sosny hodowanych z zakrytym systemem korzeniowym na podłożu torfowo-perlitowym w namiocie foliowym przedstawiono we wcześniejszym opracowaniu [Aleksandrowicz-Trzcińska 2001]. Prezentowane wyniki badań dotyczą sadzonek sosny produkowanych w szkółkach otwartych.

MARTA ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA

Katedra Ochrony Lasu i Ekologii SGGW

ul. Rakowiecka 26/30

02-528 Warszawa

aleksandrow@delta.sggw.waw.pl

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

Material i metody

Material empiryczny pochodził z doświadczeń testujących wpływ fungicydów na wzrost i rozwój mikoryz jednorocznych sadzonek sosny. Badania wykonano w szkółkach otwartych dwóch nadleśnictw: Biłgoraj i Spała. W obu szkółkach doświadczenia założono w układzie czterech bloków losowych. Składały się one z czterech (Biłgoraj) lub trzech (Spała) wariantów.

Wariantami doświadczenia w szkółce w Biłgoraju były sadzonki opryskiwane fungicydami: Sadoplon 75 WP (F_1) lub Gwarant 500 SC (F_2), oboma fungicydami (F_1F_2) oraz kontrolne (K) nie traktowane żadnym fungicydem. W szkółce w Spale dwa równoważne warianty F_1 i F_2 stanowiły sadzonki opryskiwane pięcioma fungicydami: Dithane M-45 80 WP, Folpan 80 WG, Gwarant 500 SC, Previcur 607 SL i Sadoplon 75 WP. Porównaniem były sadzonki nieopryskiwane (K).

Sadzonki wyjęto do badań na początku listopada. Każdy wariant doświadczenia był reprezentowany przez 16 losowo wybranych sadzonek (łącznie pomierzono 112 sadzonek – 64 Biłgoraj, 48 Spała). Korzenie sadzonek przechowywano zamrożone wraz z bryłką gleby i pobierano sukcesywnie do badań. W tym celu korzenie płukano na sitach i analizowano pod mikroskopem stereoskopowym przy powiększeniu od 6,3 do 40 razy. Pobierając kolejne korzenie, metodą Bøhna [1985], zmierzono całkowitą długość systemu korzeniowego oraz policzono wierzchołki autotroficzne i mikoryzowe. Stopień zmikoryzowania systemów korzeniowych w wariancie obliczono na podstawie ilorazu liczby wierzchołków mikoryzowych i ogólnej liczby korzeni krótkich sadzonek. Tak obliczoną wartość przyjęto za poziom odniesienia do oceny różnicy w stopniu zmikoryzowania określonym na podstawie próby 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 długości korzenia. Dla każdego wariantu podobnie jak na podstawie całego systemu korzeniowego, określono stopień jego zmikoryzowania przy pobieraniu coraz większej próby.

Wyniki i dyskusja

CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW KORZENIOWYCH. Systemy korzeniowe sadzonek opisano trzema cechami: całkowitą długością systemu korzeniowego, liczbą korzeni krótkich oraz stopniem zmikoryzowania wyrażonym procentowym udziałem wierzchołków mikoryzowych. Wyniki przedstawiono w tabelach 1A i B.

Średnia długość systemów korzeniowych sadzonek ze szkółki w Biłgoraju wynosiła 107,4 cm i była o 71 cm mniejsza od średniej długości korzeni sadzonek ze Spały. Najmniejszą wartość tej cechy wykazywały sadzonki ze szkółki w Biłgoraju opryskiwane Gwarantem – 93,5 cm. Ponad dwa razy dłuższy system korzeniowy miały sadzonki ze szkółki w Spale traktowane pięcioma fungicydami – 208 cm.

Tabela 1A.

Średnia długość korzeni, liczba korzeni krótkich (X), współczynniki zmienności tych cech (V%) oraz procentowy udział wierzchołków mikoryzowych rocznych sadzonek sosny ze szkółki w Biłgoraju
Mean root length, number of short roots (X), variance coefficients of these characteristics (V%) and a percentage of mycorrhizal apices of one-year-old pine seedlings from the nursery in Biłgoraj

Wariant	Długość korzeni [cm]		Liczba korzeni krótkich		Udział wierzchołków mikoryzowych [%]
	X	V%	X	V%	
Sadoplon 75 WP	114,2	39,1	537	41,7	38,9
Gwarant 500 SC	93,5	24,3	450	26,0	34,8
Sadoplon i Gwarant	100,9	30,2	463	25,1	26,7
Kontrola	121,1	37,9	603	30,9	28,4
Szkółka	107,4	36,0	513	34,0	32,2

Tabela 1B.

Średnia długość korzeni, liczba korzeni krótkich (X), współczynniki zmienności tych cech (V%) oraz procentowy udział wierzchołków mikoryzowych rocznych sadzonek sosny ze szkółki w Spale
 Mean root length, number of short roots (X), variance coefficients of these characteristics (V%) and a percentage of mycorrhizal apices of one-year-old pine seedlings from the nursery in Spala

Wariant	Długość korzeni [cm]		Liczba korzeni krótkich		Udział wierzchołków mikoryzowych [%]
	X	V%	X	V%	
5 fungicydów	179,8	37,3	747	41,1	28,9
5 fungicydów	208,0	35,4	834	33,7	32,2
Kontrola	147,4	30,3	657	34,1	33,1
Szkółka	178,4	37,3	746	32,2	31,4

Długość korzeni jest cechą dość zróżnicowaną. Współczynnik zmienności tej cechy dla sadzonek z obu szkółek wyniósł odpowiednio 36,0% (Biłgoraj) i 37,3% (Spala). Współczynnik zmienności długości korzeni sadzonek hodowanych w szkółce w Biłgoraju zawierał się w przedziale od 24,3% dla wariantu z Gwarantem do 39,1% dla wariantu z Sadoplomem. Mniejsze różnice w wartości współczynnika zmienności stwierdzono między wariantami doświadczenia w Spale od 30,3% do 37,3%.

Średnia liczba korzeni krótkich przypadająca na jedną sadzonkę produkowaną w szkółce w Biłgoraju wynosiła 513. Sadzonki hodowane w szkółce w Spale charakteryzujące się dłuższym systemem korzeniowym w porównaniu z sosnami z Biłgoraja posiadały średnio więcej o 233 korzeni krótkich. Dla poszczególnych wariantów w obu szkółkach wartość tej cechy zawierała się w przedziale od 450 (wariant z Gwarantem w szkółce w Biłgoraju) do 834 (jeden z wariantów z fungicydami w szkółce w Spale).

Współczynnik zmienności liczby korzeni krótkich wynosił od 25,1% (sadzonki opryskiwane Sadoplomem i Gwarantem w szkółce Biłgoraju) do 41,7% (wariant z Sadoplomem w szkółce w Biłgoraju). Dane te wskazują na znaczną zmienność liczby korzeni krótkich przypadających na jedną sadzonkę.

Poziom kolonizacji mikoryzowej był wyrównany w obu szkółkach. Korzenie sadzonek ze wszystkich wariantów były zmikoryzowane w około 30%.

POZIOM MIKORYZACJI KORZENI SADZONEK SOSNY OKREŚLONY NA PODSTAWIE PRÓBY. Dążąc do zmniejszenia pracochłonności liczenia korzeni autotroficznych i mikoryzowych na całej długości systemu korzeniowego, określono stopień zmikoryzowania na podstawie próby, pobranej ze stałej dla wariantu liczby sadzonek. Dla każdego wariantu pobrano 9 prób, najmniejsza stanowiła 0,1 łącznej długości korzeni, a każda następna była o 0,1 większa. Największa stanowiła 0,9 długości systemów korzeniowych. Dla wariantu na podstawie każdej z prób, określono poziom mikoryzacji, a następnie obliczono różnicę w odniesieniu do stopnia zmikoryzowania określonego na podstawie liczenia wszystkich wierzchołków mikoryzowych i autotroficznych 16 sadzonek rocznej sosny. Obliczone różnice dla wariantów doświadczenia z obu szkółek z uwzględnieniem wielkości próby zestawiono w tabelach 2A i 2B.

Stopień zmikoryzowania określony na podstawie próby stanowiącej 0,1 całkowitej długości korzeni 16 sadzonek, reprezentujących warianty doświadczenia różni się od wartości rzeczywistej od +18,2% do -11,1%. Przy tej wielkości próby, dla wariantów ze szkółki w Spale, pojawiły się wyłącznie różnice ze znakiem dodatnim, co oznacza, że stopień zmikoryzowania określony na podstawie próby był zawyżony w porównaniu z otrzymanym w wyniku liczenia wszystkich korzeni krótkich. Odwrotnie, w większości ujemne różnice, dla wariantów z Biłgoraja, oznaczają

zaniżenie stopnia zmikoryzowania określonego na podstawie próby 0,1 długości systemu korzeniowego.

Zwiększenie wielkości próby systemu korzeniowego z 0,1 do 0,2 nie zawsze łączy się ze zmniejszeniem różnicy w ocenie poziomu mikoryzacji sadzonek reprezentujących wariant. W szkółce w Biłgoraju różnice te, wprawdzie nieznacznie, lecz zwiększyły się dla wariantów z Sadoplone i Gwarantem.

Określając stopień zmikoryzowania na podstawie 16 sadzonek sosny licząc wierzchołki autotroficzne i mikoryzowe na połowie długości systemu korzeniowego, różnica w odniesieniu do wartości rzeczywistej wynosi już tylko od +3,5% do -0,9%. Dalsze zwiększanie wielkości próby powoduje niewielkie zmiany w ocenie stopnia zmikoryzowania pod względem wartości i znaku. Nie przekraczają one jednak w żadnym wariancie 4,5%.

Mniejsze różnice w ocenie stopnia kolonizacji mikoryzowej wystąpiły przy analizowaniu prób ze wszystkich sadzonek reprezentujących szkółki (tab. 2A i 2B). W tym przypadku największą różnicę +9,2% odnotowano dla szkółki w Biłgoraju przy wielkości próby 0,2. Należy jednak mieć na uwadze fakt, że stopień zmikoryzowania był obliczony na podstawie 64 sadzonek ze szkółki w Biłgoraju i 48 ze szkółki w Spale, co przy znacznej zmienności ma istotny wpływ na dokładność określania tej cechy. Pewnym zaskoczeniem jest fakt, że różnice w określaniu stopnia zmikoryzowania na podstawie mniejszej liczby sadzonek pochodzących ze szkółki w Spale są dla wszystkich wielkości prób, oprócz 0,9 mniejsze w porównaniu z odpowiednimi wartościami obliczonymi na podstawie większej liczby sadzonek ze szkółki w Biłgoraju.

Różnice określania stopnia zmikoryzowania na podstawie różnej wielkości próby systemu korzeniowego obliczone dla rocznych sadzonek sosny hodowanych w warunkach kontrolowa-

Tabela 2A.

Różnica (%) w określaniu stopnia zmikoryzowania sadzonek sosny ze szkółki w Biłgoraju w zależności od wielkości próby systemu korzeniowego

The difference (%) in defining the micorrhization level of pine seedlings from the nursery in Biłgoraj depending on root sample size

Wariant	Różnica (%) w określaniu stopnia zmikoryzowania przy wielkości próby								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Sadoplone 75 WP	-3,4	-4	-4,4	+0,1	+1,8	+3,8	+4,4	+1,3	+0,8
Gwarant 500 SC	-11,1	-14,4	-8,4	-2,5	-0,6	-0,3	-0,7	+0,2	-0,1
Sadoplone i Gwarant	+13,3	+8,3	+10,8	+4,9	+2,3	+2,2	+0,5	+1,2	+0,2
Kontrola	-4,6	-3,2	+2,5	+4,7	+1,5	+1,7	+1,3	+2,9	+1,6
Szkółka	+5,4	+9,2	+6,9	+5,9	+4,8	+2,9	+1,8	+1,2	+0,8

Tabela 2B.

Różnica (%) w określaniu stopnia zmikoryzowania sadzonek sosny ze szkółki w Spale w zależności od wielkości próby systemu korzeniowego

The difference (%) in defining the micorrhization level of pine seedlings from the nursery in Spala depending on root sample size

Wariant	Różnica (%) w określaniu stopnia zmikoryzowania przy wielkości próby								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
5 fungicydów	+14,3	+12,0	+7,1	+5,8	+3,5	+3,4	+2,1	+1,8	+0,5
5 fungicydów	+18,2	+6,6	+1,6	+0,2	-0,5	+1,8	+3,6	+1,6	+0,2
Kontrola	+12,4	+7,2	+0,2	-0,2	-0,9	+0,5	+4,5	+4,0	+1,6
Szkółka	+4,7	+0,9	+2,1	+0,4	+1,1	+0,7	+1,2	+0,5	+1,1

nych były nieco większe w porównaniu z różnicami określonymi dla sosny pochodzącej ze szkółek otwartych [Aleksandrowicz-Trzczińska 2001]. Sadzonki te charakteryzowały się średnią długością systemu korzeniowego nieco ponad 6 m i występowaniem około 2000 korzeni krótkich. Największą różnicę w określaniu poziomu mikoryzacji +22,6% odnotowano dla niemikoryzowanych sadzonek kontrolnych przy wielkości próby 0,2. Wystąpienie tej większej różnicy mogło być spowodowane większą zmiennością cech charakteryzujących korzenie, a także mniejszą próbą sadzonek w wariancie – 12 sztuk. Analogiczne obliczenia wykonane dla rocznych sadzonek sosny hodowanych z zakrytym systemem korzeniowym w namiocie foliowym, traktowanych fungicydami dogłębowo wykazały bardzo zbliżone wielkości różnic w określaniu stopnia zmikoryzowania na podstawie różnej wielkości próby jak w prezentowanych tu badaniach dla sosny ze szkółek otwartych (dane niepublikowane).

Na podstawie dotychczasowych analiz można z pewnym przybliżeniem stwierdzić, że błąd w określaniu poziomu kolonizacji mikoryzowej rocznych sadzonek sosny nie przekroczy 20% jeżeli dla 15 sadzonek policzymy wierzchołki autotroficzne i mikoryzowe na próbce o długości 20 cm korzenia dla sosny ze szkółki otwartej i 1 m dla sosny z produkcji kontenerowej. Zwiększając liczbę sadzonek do 60 można oczekiwać, że przy podanej wielkości próby systemu korzeniowego (20 cm i 1 m) błąd w określeniu stopnia zmikoryzowania nie przekroczy 10%.

W celu porównania w praktyce szkółkarskiej w USA określanie stopnia zmikoryzowania wykonuje się na 80 sadzonkach sosny pobranych z 8 różnych miejsc w szkółce, licząc wierzchołki autotroficzne i mikoryzowe na próbce korzeni o długości 10 cm [Kelley 1982].

Podanych tutaj wartości nie należy traktować jako ostateczne. Zostały one określone na podstawie analiz materiału empirycznego pochodzącego z czterech doświadczeń. Podobne porównania większej liczby sadzonek hodowanych zarówno w szkółkach otwartych jak i kontenerowych pozwolą na bardziej precyzyjne określenie optymalnej wielkości próby. Opracowanie prostej i niezbyt pracochłonnej metody oceny stopnia zmikoryzowania systemów korzeniowych, która mogłaby być wykorzystywana w praktyce szkółkarskiej jest jednym z pilnych zadań w badaniach mikoryz.

Serdecznie dziękuję Panu dr. inż. Jackowi Zajączkowskiemu za opracowanie programu komputerowego do wykonania obliczeń.

Literatura

- Aleksandrowicz-Trzczińska M. 2001. Określanie stopnia zmikoryzowania systemu korzeniowego rocznych sadzonek sosny na podstawie próby. Sylwan 2: 5-13.
- Aleksandrowicz-Trzczińska M. 2003. Ocena jakości hodowlanej dwuletnich sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) poddanych sterowanej mikoryzacji. Sylwan 2: 48-56.
- Bóhm W. 1985. Metody badania systemów korzeniowych. PWRiL, Warszawa.
- Kelley W. D. 1982. Effect of triadimefon (Bayleton) on ectomycorrhizae of Loblolly and Slash pine in Alabama. Forest Sci. 28 (2): 232-236.

SUMMARY

Mycorrhization accuracy assessment of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings raised in an open-terrain nursery based on different lengths of root system samples

One-year-old pine seedlings were raised in the open-terrain nurseries in Biłgoraj and Spała. Part of the seedlings were treated with fungicides, the untreated seedlings were used as a control. The level of mycorrhization was established on the basis of the number of autotrophic and

mycorrhizal apices along the root system. Differences in the results were defined on the basis of the samples 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 and 0.9 of the root length. The greatest difference $\pm 18.2\%$ was found for one of the variants sprayed with fungicides in the nursery in Spała. The research results and analyses made on containerised seedlings have shown that the supposed error in assessing mycorrhizal colonisation level of one-year-old pine seedlings should not exceed 20% provided that the counts of autotrophic and mycorrhizal apices for 15 seedlings for pine from the open-terrain nursery will be done on a 20 cm root length sample and for containerised pine – on a 1 m sample. It is likely that raising the number of seedlings to 60, with the same sample size (20 cm and 1 m root length), the error in assessing the mycorrhization level should not be greater than 10%.