

Jerzy Kubiak

Katedra Organizacji Inżynierii Produkcji

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## TECHNOLOGIE I KOSZTY MIKORYZACJI DRZEW I KRZEWÓW ROŚLIN OZDOBNYCH W RÓŻNYCH FAZACH WZROSTU

### Streszczenie

Dyrektywy UE wprowadzają bardzo rygorystyczne zasady korzystania z nawozów, zarówno granulowanych stosowanych do glebowo, jak i ciekłych stosowanych dolistnie, a także środków ochrony roślin. Mikoryza może być jednym z efektywniejszych rozwiązań w przypadku wielu problemów produkcji szkółkarstwa ozdobnego, związanych z poziomem nawożenia, sposobem nawożenia i ochroną roślin, zwłaszcza przed chorobami systemu korzeniowego. Ilorazbieżności roboczej powstaje z grzybni matki i ilorazbieżności przypadającej na jedną roślinę przy mikoryzacji pozwala na określenie kosztów wynikających z użycia grzybni. W przypadku kosztów szczepionki matki 2 tycy z<sup>3</sup>, koszty mikoryzacji wykazują zmienność w zakresie od 0,02 z<sup>3</sup> do 18,5 z<sup>3</sup>, odpowiednio do ilości użytej szczepionki mikoryzowej w danej fazie rozwojowej.

**Słowa kluczowe:** mikoryza, grzybnia matka, szczepionka mikoryzowa

### Wstęp

Dyrektywy Unii Europejskiej zobowiązują państwa członkowskie do respektowania rygorystycznych przepisów dotyczących ochrony środowiska, nawożenia i pro-ekologicznych zasad produkcji roślinnej - w tym szkółkarskiej i leśnej. Przepisy te zmuszają do poszukiwania innych rozwiązań zamiast chemicznej ochrony roślin, dezynfekcji substratu i nawożenia mineralnego roślin, skutkujących nie tylko poprawie jakości i zdrowotności materiału roślinnego, lecz i sprzyjających ochronie środowiska. Dyrektywy unijne ograniczają między innymi warunki i dopuszczalny zakres stosowania nawozów i chemicznych środków ochrony roślin, oraz zabraniają stosowania chemicznych metod dezynfekowania substratów w celu zminimalizowania możliwości zaatakowania materiału roślinnego przez drobnoustroje chorobotwórcze. W warunkach masowej - monokulturowej produkcji roślin w szkółkach wymienione zagrożenia są o wiele większe niż w środowiskach wielogatunkowych, a przy tym z tych

powodów będzie wzrastająca rola technologii wykorzystujących bioregulatory, biologiczne środki ochrony roślin i inne techniki niż ochrona chemiczna i nawożenie mineralne. Mikoryza może być jednym z efektywniejszych rozwiązań wielu problemów produkcji szkółkarskiej, związanych z poziomem nawożenia i ochrony roślin przed chorobami wywoływanymi zwłaszcza przez grzyby chorobotwórcze. Współżycie roślin z grzybami jest procesem wzajemnie korzystnym, wykształconym w ciągu setek milionów lat ewolucji i charakterystycznym dla większości roślin naczyniowych.

Symbioza mikoryzowa polega na zaopatrywaniu grzybów w produkty fotosyntezy wytwarzane przez rośliny, w zamian za dostarczanie do korzeni rośliny związków mineralnych i wody pobieranej z gleby przez sieć grzybowych strzępek pozakorzeniowych. Grzybnia ma zdolność wykorzystywania niedostępnych dla roślin form fosforu i azotu organicznego oraz innych składników, jak cynk czy miedź, które następnie dostarczane są do korzeni rośliny za pomocą strzępek symbionta grzybowego.

W ostatnim okresie coraz więcej uwagi poświęca się wykorzystaniu mikoryzy w aspekcie zwiększania odporności roślin na stresy zarówno biotyczne, a więc głównie patogeny glebowe, oraz abiotyczne, jak susza, zbyt wysoka lub niska temperatura otoczenia, niedobór lub nadmiar światła. Duże znaczenie przypisuje się zdolności grzybów do neutralizacji oddziaływania na rośliny metali ciężkich oraz innych substancji toksycznych. Udowodniono też, że grzyby mikoryzowe podnoszą około 20% intensywność fotosyntezy.

Mikoryza ma szczególne znaczenie dla roślin otrzymywanych metodami kultur in vitro oraz ukorzenianych w podłożach bezglebowych lub na podłożu sterylnym. Rośliny rozmnażane w ten sposób pozbawione są wszelkich mikroorganizmów, a więc i symbiotycznych, co utrudnia, a czasami uniemożliwia funkcjonowanie w warunkach naturalnych. Wyprodukowane w warunkach in vitro rośliny poddawane są hartowaniu w podłożu ogrodniczym i w tej fazie wzrostu mogą być równocześnie mikoryzowane, w zależności od gatunku rośliny szczepionkami erikoidalnymi lub endomikoryzowymi.

Dzięki mikoryzie podany wzrost roślin można otrzymać obniżając zalecane dawki nawozu nawet o 50%, a współczynnik wykorzystania nawozu może wzrosnąć 4-5 razy. Rezultatem aktywności grzybów mikoryzowych w pobieraniu składników nawozowych jest również ograniczenie strat powodowanych wymywaniem nawozów (z pojemników, z gleby przykorzeniowej w uprawie gruntowej).

Obniżenie dawek nawozu staje się w tym przypadku niezbędne i w efekcie daje zarówno oszczędności na kosztach nawożenia, jak i sprzyja ochronie środowiska glebowego i wód gruntowych. Wymienione korzyści dla roślin i wymierne korzyści ekonomiczne dla producenta uzyskiwane są w warunkach wykorzystywania technologii mikoryzacji w produkcji szkółkarskiej.

Celem pracy było określenie optymalnych parametrów zabiegu mikoryzacji roślin w różnych fazach wzrostowych oraz analiza ekonomiczna kosztów mikoryzacji roślin szczepionkami wykorzystanymi w badaniach.

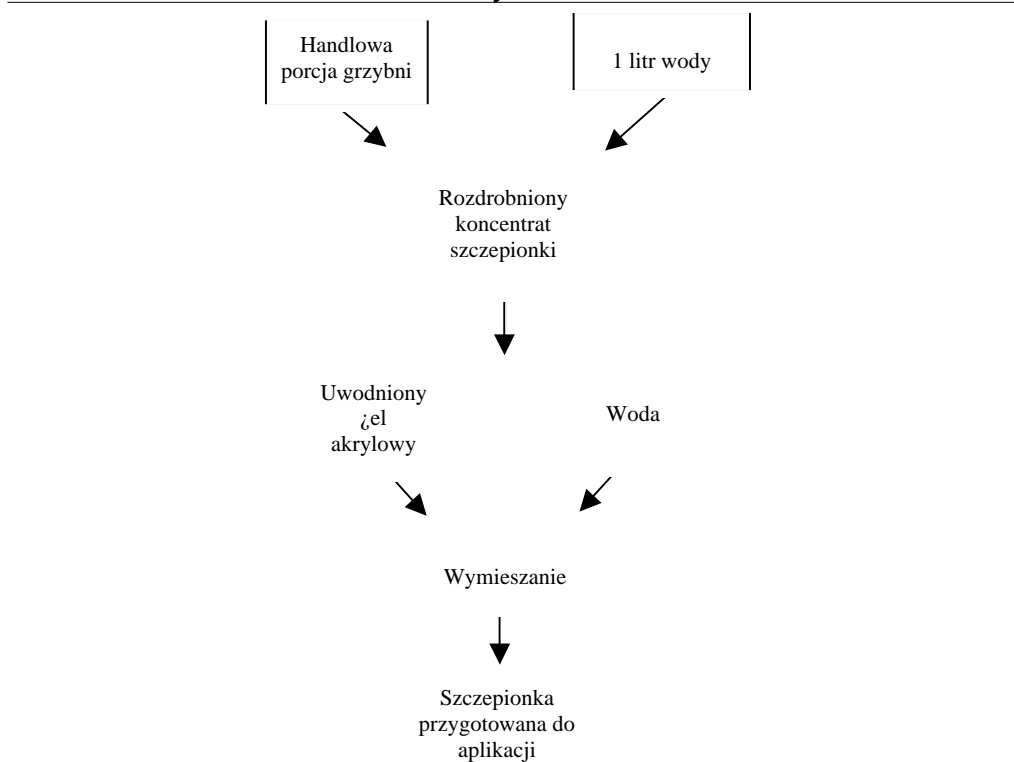
### **Materiały i metody**

W badaniach wykorzystano szczepionki mikoryzowe opracowane przez Mykoflor, które zawierają wyciągi z siedlisk drzew leśnych w różnych regionach Polski. Jest to więc grzybnia endemiczna dla Polski, a nawet dla poszczególnych rejonów. Cykliczność grzybni w temp. 3-5°C wynosi 6 - 8 miesięcy [Kubiak 2004]. Użytkownik otrzymuje szczepionki przygotowywane zgodnie z procedurą zalecaną przez jej producenta (rys.1). Do pojemnika czteronożowego miksera (np. MPM typ Zosia) zawierającego 1 litr wody dodawano wstępnie rozdrobnioną porcję szczepionki i przy obrotach miksera 1400 obr/min (pozycja 1) miksowano 18-20 s. [Kubiak 2004]. Do rozdrobnionej grzybni wlewano uprzednio przygotowany żel i uzupełniano wodą do 20 l, dokładnie mieszając 1 c. Trwałość przygotowanej szczepionki w temp. około 15°C wynosi 4-5 dni. Niezwykle istotny jest stopień rozdrobnienia grzybni i powtarzalność tego procesu, przy nadmiernym rozdrobnieniu zmniejsza się bowiem aktywność biologiczna szczepionki, natomiast przy zbyt małym rozdrobnieniu szczepionka może okazać się czynnikiem hamującym wzrost rośliny w efekcie siedliskowej konkurencyjności grzybni mikoryzowej.

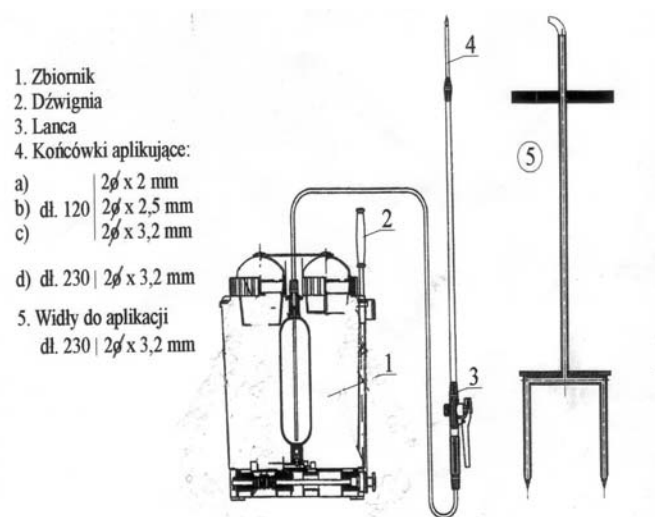
Do mikoryzowania roślin przystosowany został aplikator Mikor firmy Kwazar (rys. 2). Jest on wyposażony w trzy różne końcówki, z podwójnymi otworami na różnych wysokościach po bokach o średnicach:  $\varnothing$  2 mm, 2,6 mm, 3,2 mm (rys.3). Przy użyciu końcówek o różnych średnicach do iniekcji szczepionki badano zależności natężenia wypływu od rodzaju cieczy i zastosowanej końcówki aplikatora.

Na podstawie przeprowadzonych badań przyjęto, że w uprawie kontenerowej (pojemnikowej) na 1 litr podłoża należy przygotować szczepionkę do aplikacji z 10 ml szczepionki wyjściowej. Ciężar roboczy w czasie aplikacji żelu o gęstości 1: 400 powinno wynosić  $2 \times 10^{-1}$  MPa.

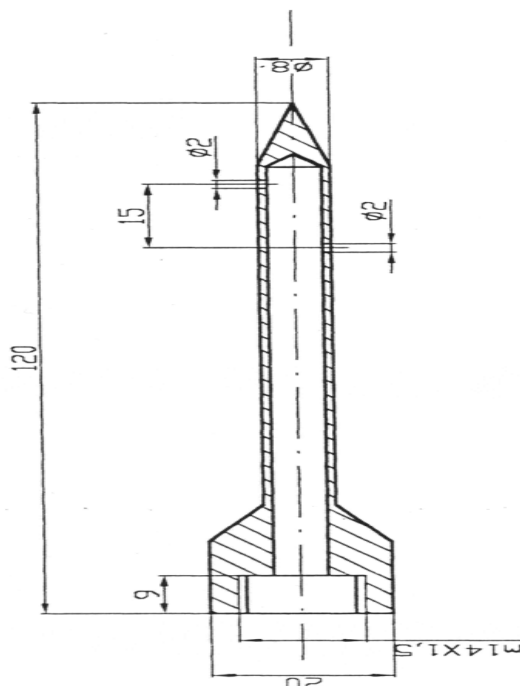
Jerzy Kubiak



Rys. 1. Schemat przygotowania szczepionki mikoryzowej  
Fig. 1. Diagram of the method of mycorrhiza vaccine preparation



Rys. 2. Schemat urz¹dzenia do mikoryzacji firmy Kwazar  
Fig. 2. Scheme of mycorrhiza applicator manufactured by Kwazar



Rys. 3 Schemat końcówki do mikoryzacji aplikatora KWAZAR  
Fig. 3. Scheme of mycorrhiza applicator tip (terminal)

## Wyniki

W szkółkarstwie możliwa jest mikoryzacja roślin w różnych fazach wzrostu i produkcji - począwszy od pikówek aż do roślin rosnących w gruncie. W każdym przypadku podawanie szczepionki wymaga dostosowania dawki szczepionki do wielkości rośliny i powierzchni (lub objętości) podłoża, na którym rosną mikoryzowane rośliny - tak, aby stosowanie tej technologii było efektywne i zarazem ekonomiczne.

Koszty jednostkowe mikoryzacji roślin zależą od ich wielkości - fazy wzrostu oraz zastosowania różnych technik aplikacji szczepionki - iniekcyjnie, lub przez zamaczanie multiplatów (w kuwecie ze szczepionką) i roślin z odkrytym korzeniem (tab. 1). Na koszty mikoryzacji mają wpływ również inne czynniki - w przypadku stosowania aplikatora ciśnieniowego do mikoryzacji duże znaczenie ma natężenie wypływu i dawka szczepionki wprowadzana iniekcyjnie do strefy korzeniowej roślin, co uzależnione jest również od średnicy otworów w końcówkach aplikatora (tab. 2).

Natężenie wypływu szczepionki badano przy zastosowaniu różnych końcówek aplikatora i różnych postaci użytkowej szczepionki (tab. 3).

*Jerzy Kubiak*

---

*Tabela 1. Technologia i koszt mikoryzacji roślin w różnych fazach produkcji*  
*Table 1. Technology and cost of mycorrhiza process according to various production phases*

*Technologie i koszty mikoryzacji drzew i krzewów.....*

---

*Tabela 2. Zużycie szczepionki i koszty jednostkowe mikoryzacji przy różnych parametrach aplikatora*

*Table 2. Amount of used mycelium and unit costs of mycorrhiza process at different parameters of applicator*

Tabela 3. Natężenie wypływu cieczy w zależności od rodzaju końcówki dla porównywalnych opcji: woda; woda + żel + szczepionka Juni X

Table 3. Intensity of fluid flow according to type of injector, including the following options: water; water+gel+Juni X mycelium

Rodzaj cieczy	Ciężnienie		
	$1 \times 10^{-1}$ MPa	$2 \times 10^{-1}$ MPa	$3 \times 10^{-1}$ MPa
Wynik pomiaru [ ml/s ]			
Kończówka dozuj <sup>1</sup> ca 2 x ? 2 mm			
woda	18	23	29
żel o średni 5 gram	11	15	19
Kończówka dozuj <sup>1</sup> ca 2 x ? 2,6			
woda	25	29	33
żel o średni 5 gram	20	26	30
Kończówka dozuj <sup>1</sup> ca 2 x ? 3,2			
woda	38	46	55
żel o średni 5 gram	29	37	46

### Omówienie wyników i dyskusja

Przedstawione w tabelach 1 i 2 wyniki wskazują<sup>1</sup>, że jednostkowe koszty mikoryzacji roślin w produkcji szkółkarskiej mogą<sup>1</sup> być niewielkie przy zastosowaniu odpowiedniej do wielkości i rodzaju roślin techniki ich mikoryzacji. W celu uzyskania skutecznego i zarazem efektywnego zabiegu, korzystne wydaje się stosowanie aplikatora iniekcyjnego z wymiennymi końcówkami, dostosowanymi do wielkości systemu korzeniowego rośliny. Taka technologia mikoryzacji może znacząco podnieść nie tylko skuteczność, ale i opłacalność zabiegu dzięki precyzyjnemu dawkowaniu szczepionki [Kubiak 2004].

Opracowanie technologii efektywnej i zarazem ekonomicznie opłacalnej mikoryzacji roślin dla szkółkarstwa i zalesień jest niezbędne z uwagi na prognozowane zapotrzebowanie na materiał roślinny do nasadzeń gruntów przeznaczonych między innymi do zalesień gruntów porolnych.

Ogólna powierzchnia użytków rolnych w Polsce (wg stanu na początek 2001r.) wynosi 18 534 tys. ha, co stanowi ok. 60% powierzchni kraju. Gleby lekkie kl.



V, VI i VIz zajmują 6312 tys. ha czyli 34% użytków rolnych. Gleby najsłabsze VI i VIz zajmują 2115 tys. ha, przy czym znaczny w nich udział mają tzw. grunty marginalne, czyli takie, które powinny być przekwalifikowane na inną niż rolniczą formę użytkowania. Łączna powierzchnia gruntów marginalnych to obecnie 2,3 mln ha. Są to grunty, które mogą być przeznaczone do zalesienia. Równocześnie w 2001 r. powierzchnia odłogów i ugorów wynosiła 1676 tys. ha. W okresie 2001-2020 przyjmuje się do zalesienia powierzchnię 680 tys. ha, z czego grunty państwowe stanowią 130 tys. ha, a niepaństwowe 550 tys. ha.

Przyjmuje się w sposób uproszczony do wyliczeń, że na 1 ha potrzeba od 10 tys. sadzonek do ok. 13 tys. i więcej. Szacuje się że do 2010 r. potrzeba będzie docelowo ok. 150 mln sadzonek, a do 2020 ok. 300 mln sadzonek. Dobrze byłoby, aby były to sadzonki mikoryzowane. Sadzonki mikoryzowane szczególnie będą zalecane do nasadzeń na obszarach przy autostradach, na gruntach trudnych dla wegetacji roślin, jak hałdy pokopalniane, obszary polygonów i nieużytki porolne.

Obecnie produkcja sadzonek mikoryzowych dla upraw leśnych wynosi zaledwie ok. 1,5% zapotrzebowania. Mikoryzowanie upraw leśnych powinno być prowadzone równoległe z mikoryzowaniem w szkółkach roślin ozdobnych, będących potraktowane w sposób szczególny [A.Grzywacz 2000].

W 113 gospodarstwach szkółkarskich zrzeszonych w Związku Szkółkarzy Polskich, w 2003 r. uprawy gruntowe wynosiły 897,3 ha oraz 423,0 ha stanowiły uprawy pojemnikowe. Szacuje się że ok. 1000 gospodarstw szkółkarskich jest niezrzeszonych.

Jeżeli mikoryzowaniu będą poddane rośliny na "etapie pikówek" wysadzanych do skrzynek, to szybkość rozwoju grzybni na korzeniach można oszacować na podstawie jej wzrostu na szalkach, w warunkach laboratoryjnych. Grzybnia badanej szczepionki rozrasta się na szalce o średnicy 9 cm i w temperaturze 18 - 20 °C, w ciągu 5-7 dni. Należy jednak pamiętać że grzyby mikoryzowe do długotrwałego wzrostu muszą mieć zapewniony kontakt z korzeniami roślin podatnych na mikoryzowanie. W związku z tym, w uprawie poza szklarnią czas potrzebny na rozwój grzybni może przedłużyć się do około 14 dni, ale po zasiedleniu korzeni nabierze on tempa wzrostu [ Kubiak 2004].

Do podłoża znajdującego się w skrzynce ogrodniczej o wymiarach 30 x 50 cm należy podać szczepionkę w 3-6 punktach, używając do iniekcji końcówki o średnicy 2 x Ø 2 mm. Szczepionka powinna być rozmieszczana równomiernie w całej objętości skrzynki.

Na podstawie przeprowadzonych badań przyjęto że w uprawie kontenerowej (pojemnikowej) na 1 liter podłoża należy przygotować szczepionkę do aplikacji z 15 ml szczepionki wywołowej. Ciężnienie robocze w czasie aplikacji żelu o gęstości 1:400 powinno wynosić  $2 \times 10^{-1}$  MPa. Jeżeli sadzone są rośliny z głębokimi korzeniami lub przesadzane z tac wielodoniczkowych do większych doniczek-pojemników, to należy zanurzyć system korzeniowy w szczepione. Zużycie wynosi 0.5-1,0 ml na roślinę [Kubiak 2004].

Przy przesadzaniu roślin z doniczek 9 x 9 cm do większych, mikoryzację wykonujemy nanosząc grzybnicę za pomocą żoplatki.

Mikoryzację przeprowadza się raz na całe życie rośliny, najlepiej na początku cyklu produkcyjnego. Można jednak zaistnieć konieczność ponownej mikoryzacji przy przesadzaniu roślin z mniejszego do większego pojemnika. Wtedy nową porcję szczepionki najlepiej jest podać pomiędzy bryłkami korzeniową a nową glebę w kontenerze.

Przy mikoryzacji roślin już rosnących w kontenerach, szczepionka powinna być podana w miejsce występowania największej liczby korzeni. Dla roślin rosnących dłużej czas w kontenerze szczepionkę podaje się przy obrzeżu bryłki korzeniowej. Szczepionka podana na krawędzi bryłki korzeniowej zajmie największą powierzchnię, co w konsekwencji przyczyni się do szybszej i wydajniejszej mikoryzacji.

Prezentowane wyniki badań wskazują, że możliwe jest prowadzenie masowej mikoryzacji roślin przy zastosowaniu odpowiedniej technologii do wielkoetapowej fazy wzrostowej roślin, zapewniającej równocześnie opłacalność stosowania w produkcji szkółkarskiej. Równocześnie należy podkreślić że efekty poprawy jakości materiału roślinnego po zabiegu mikoryzacji ujawniają się po pewnym czasie - stąd wynika potrzeba kontynuacji tego rodzaju badań i prowadzenia obserwacji skuteczności mikoryzacji w dłuższym okresie, niż tylko w pierwszym sezonie wegetacyjnym.

Najważniejszym dowodem skuteczności mikoryzacji będzie jednak wegetacja i zdrowotność roślin wysadzonych poza szkółkę, w siedlisku docelowym. Wówczas rośliny mikoryzowane mogą wykazywać przewagę zarówno we wzroście, jak i w przeżywalności, zwłaszcza w środowiskach szczególnie trudnych dla wegetacji roślin.

## **Bibliografia**

Aleksandrowicz-Trzcińska M. 2005 Stan mikoryz sosny zwyczajnej w uprawie zaobojonej na gruncie porolnym. Sylwan, 2: 42-49

Czajkowska-Strzemska S. 1998. Mikoryza rocin uytkowych. PWN, Warszawa

Dahm H. 2000: Mikroorganizmy stymulujce symbiozê ektomikoryzow<sup>1</sup>. Postêpy Techniki w Leownictwie. SITLiD, Warszawa

Grzywacz A. 2000. Stan i potrzeby w zakresie mikoryzacji sadzonek drzew leonaych w Polsce. Postêpy Techniki w Leownictwie. SITLiD, Warszawa

Hilszczańska D. 2000. Wpzyw podzozy szkokarskich na rozwój mikoryz sosny Pinus sylvestris L. Sylwan, 4

Kubiak J. 2004a. Sposoby aplikacji szczepionek mikoryzowych. Dlaczego mikoryza jest szans<sup>1</sup> sukcesu dla rocin ogrodniczych i leonaych. WieceJutra, 21.01: 54-60

Kubiak J. 2004b. Techniczne metody i koszty mikoryzacji. Materiazy IV Konferencji naukowej nt. Organizacja i inzynieria produkcji w rolnictwie i leownictwie SGGW, Warszawa, ss. 25-26

Kubiak J. 2004c. Wpzyw mikoryzacji na kosodrzewinê w uprawie kontenerowej. Materiazy IV Konferencji naukowej nt. Organizacja i inzynieria produkcji w rolnictwie i leownictwie. SGGW, ss. 27-28

Kubiak J. 2004d: Efekty mikoryzy w uprawach leonaych - sosna. Materiazy IV Konferencji naukowej nt. Organizacja i inzynieria produkcji w rolnictwie i leownictwie SGGW Warszawa, ss. 25-26

Pachlewski R. 1993: Mikoryzacja sadzonek w szkokach leonaych. SITLiD. Postêpy Techniki w Leownictwie, 53: 46-52

Puchalski T.H. 2001. Krajowy program zwiêkszenia lesistocci. Poradnik od A do Z. Zalesienia porolne. PWRiL, Warszawa

Rudawska M. 2000. Ektomikoryza, jej znaczenie i zastosowanie w leownictwie. Instytut Dendrologii PAN, Kórnik

**TECHNOLOGY AND MYCORRHIZA COSTS FOR TREES  
AND DECORATIVE BUSHES AT DIFFERENT GROWTH PHASES**

**Summary**

EU standards introduce very rigorous rules covering use of granular fertilisers to soil as well as fluid fertilizers used by leaves and chemical plant protection means. Mycorrhiza can be one of the most effective solutions in the case of many problems, which can occur in nursery covering garden plants and include fertilisation level, methods of fertilisation and plant protection, especially against roots system illnesses. Amount of working liquid produced from (mother) mycelium and size of dose of the mycelium per one plant decide about costs resulting from mycorrhiza process. When we include cost of (mother) mycelium amounted to 2,000 zł then the expected unit costs are as follows: from 0.02 to 18.5 zł per plant, according to amount of used mycelium in the considered phase of plant growth.

**Key words:** mycorrhiza, (mother) mycelium

*Recenzent: Jan Pabis*

---

