

**ANDRZEJ GRZYWACZ**

## Nowe możliwości i potrzeby w zakresie kontrolowanej mikoryzacji drzew i krzewów

The new opportunities and needs related to controlled tree and shrub mycorrhization

### ABSTRACT

Grzywacz A. 2009. Nowe możliwości i potrzeby w zakresie kontrolowanej mikoryzacji drzew i krzewów. Sylwan 1: 8-15.

Basing on recent findings and experiments of the State Forests National Forest Holding with controlled seedling mycorrhization, the new research and practical needs have been presented. They should serve the broadening of the spectrum of fungal species to be applied in controlled mycorrhization of trees and embracing a broader species and age range of trees and shrubs subject to mycorrhization treatments in the future.

### KEY WORDS

controlled mycorrhization, tree seedling, ectomycorrhiza, endomycorrhiza, State Forests National Forest Holding

### ADDRESSES

Andrzej Grzywacz – Zakład Mikologii i Fitopatologii Leśnej; SGGW;  
ul. Nowoursynowska 159; 02-776 Warszawa; e-mail: andrzej\_grzywacz@sggw.pl

## Wstęp

Postęp techniczny i biologiczny w polskim szkółkarstwie leśnym, wykorzystujący między innymi kontrolowaną mikoryzację sadzonek, spowodował wyhodowanie wysokiej jakości materiału sadzeniowego, który z powodzeniem zastosowano do zalesień i odnowień głównie gruntów zdegradowanych, tzw. gruntów trudnych. Są to tereny porolne i leśne w rejonach przemysłowych o podwyższonej i dużej koncentracji zanieczyszczeń powietrza, wody i gleby, rekultywowane i przekazywane na cele leśne nieużytki przemysłowe (hałdy, wysypiska, wyrobiska kopalń odkrywkowych, w tym materiału podsadzkowego, niektóre obszary szkód górniczych), tereny leśne po wielkopowierzchniowych pożarach, były poligony wojskowe, grunty porolne do zalesień, zalesione grunty porolne o drzewostanach w bardzo silnym stopniu porażonych przez patogeny korzeniowe, przeznaczanych do przebudowy i uzupełnień, a także tereny wzdłuż istniejących oraz budowanych autostrad i dróg szybkiego ruchu. Dla potrzeb odnowień i zalesień takich gruntów wyprodukowano w 1999 roku jeden milion mikoryzowanych sadzonek różnych gatunków drzew i był to pierwszy rok szkółkarskiej produkcji tego typu na większą skalę. W ostatnich latach produkuje się 8,5-10,0 mln sadzonek mikoryzowanych, co oznacza, że temu zabiegowi poddaje się mniej niż 1% wszystkich sadzonek drzew leśnych i 12-14% sadzonek wyprodukowanych metodami specjalistycznymi w szkółkach Lasów Państwowych [Grzywacz 2007a]. W 2001 roku mikoryzacja sadzonek miała miejsce w 4 szkółkach i odbywała się przy wykorzystaniu 4,6 tys. litrów szczepionki. W roku 2006 w programie uczestniczyły już 34 jednostki

z przyrządowaniem procesów technologicznych w warunkach kontrolowanych, w inspektach i korytach oraz w szkółkach polowych z hodowlą mikoryzowanego materiału sadzeniowego w glebie [Lasy... 2007]. Zainteresowanie stosowaniem kontrolowanej mikoryzacji wzrasta.

Na problematykę kontrolowanej mikoryzacji drzew i krzewów leśnych mają obecnie wpływ dwie tendencje o przeciwnym działaniu. Liczba szkółek w Lasach Państwowych w latach 1997-2006 zmniejszyła się z 1408 do 937, czyli o 1/3, zaś powierzchnia produkcyjna spadła z 3578 do 2920 ha, czyli odpowiednio o 1/5. Skutkowało to zmniejszeniem produkcji sadzonek prawie o 25% [Leśnictwo 2007]. Jest to efekt zmniejszających się zadań z zakresu odnowień i zalesień oraz poprawek i uzupełnień. W 2006 roku zalesiono tylko 4,5 tys. ha gruntów Skarbu Państwa, co jest jedną z najmniejszych powierzchni w całym sześćdziesięcioleciu po II wojnie światowej. Wynika to z bardzo małej podaży gruntów własności państwa przekazywanych Lasom Państwowym z przeznaczeniem do zalesień, a tym samym zmniejsza się zapotrzebowanie na sadzonki drzew leśnych, w tym mikoryzowane. Miejmy nadzieję, że ma to miejsce tylko przejściowo.

Z drugiej zaś strony, bardzo rozwija się wiedza teoretyczna i praktyczna o mikoryzach. Są nowe inicjatywy, powstają nowe zespoły badawcze zajmujące się tą problematyką, zwiększa się zainteresowanie prywatnych firm produkcją i dystrybucją szczepionek mikoryzowych. Działania praktyczne obejmują nie tylko leśnictwo, ale również rolnictwo, sadownictwo, warzywnictwo i produkcję roślin ozdobnych oraz dotyczą wszystkich typów mikoryz. Działania praktyczne mają przyczynić się do polepszenia żyzności gleby, zmniejszenia zużycia chemicznych środków produkcji (nawozy mineralne, pestycydy), poprawy właściwości i jakości uzyskiwanych plonów oraz ochrony środowiska. Kompleksowe technologie uprawowe stosujące grzyby mikoryzowe, mieszanki bakterii i grzybów ryzosferowych, bionawozy, biopestycydy, hydrożele – mają zwiększyć ich odporność na stresy środowiskowe. Zaproponowano już takie całościowe technologie, np. w stosunku do truskawek, po zbadaniu roli mikroorganizmów ryzosferowych w odżywianiu tych roślin [Sas-Paszt i in. 2008; Głuszek i in. 2008].

Sukcesy nauki i praktyki oraz nabyte już doświadczenia, pozwalają na planowanie dalszych badań i prób, zastosowań, rozszerzenie mikoryzacji poprzez stosowanie większej ilości gatunków grzybów oraz objęcie tym zabiegiem coraz szerszego kręgu gatunkowego i wiekowego roślin.

Celem pracy jest przedstawienie wybranych propozycji, uwag i informacji ukazujących nowe możliwości i potrzeby w zakresie mikoryzacji drzew i krzewów. Skoncentrowano się na syntetycznym ukazaniu 15 problemów.

## **Nowe potrzeby badawcze**

W leśnych placówkach badawczych problematyką mikoryz zajmują się zespoły z Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku, Instytutu Badawczego Leśnictwa w Sękocinie Starym, a także z uniwersyteckich Wydziałów Leśnych w Krakowie i Poznaniu oraz SGGW w Warszawie. W ostatnich latach włączają się do tej problematyki badawczej również zespoły z Instytutu Sadownictwa i Kwaciarnictwa w Skierniewicach, Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach, Zakładu Mikrobiologii Rolniczej IUNG w Puławach, Akademii Rolniczej w Szczecinie, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, Instytutu Botaniki PAN w Krakowie, Ogrodu Botanicznego – Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej PAN w Powsinie koło Warszawy. Powołano Polskie Towarzystwo Mikoryz, którego siedziba mieści się w Instytucie Sadownictwa i Kwaciarnictwa w Skierniewicach. Towarzystwo to zorganizowało sympozja naukowe na temat mikoryz w architekturze krajobrazu oraz w uprawie wierzby energetycznej.

Wydaje się, że byłoby korzystnie nawiązać kontakty i współpracę, zapoznać się z osiągnięciami i doświadczeniami tych zespołów, przy świadomości, że leśne zespoły badawcze zajmują się głównie zagadnieniami ektomikoryz, a „nieleśne” zespoły przede wszystkim endomikoryzami, mikoryzą erikoidalną, mikoryzą storczyków, chociaż również ektomikoryzami drzew leśnych. Proponuję, aby organizując kolejną konferencję naukową o roli i znaczeniu mikoryz, rozszerzyć ją o problematykę nieleśnych roślin, tworzących inne niż ektomikoryza typy symbioz. Może to wzbogacić naszą wiedzę i działania praktyczne w leśnictwie.

Muzeum i Instytut Zoologii PAN w Warszawie koordynuje badania wykorzystujące kod paskowy DNA, wykonywane w ramach powstałego niedawno Krajowego Banku DNA Roślin, Grzybów i Zwierząt. W skład tego konsorcjum naukowego wchodzi na razie 5 instytutów. Zastosowanie genetycznego metkowania (DNA barcoding) stanowi wielki przełom w metodach identyfikowania gatunków wykorzystujących osiągnięcia biologii molekularnej. Zaletą tej metody jest identyfikacja organizmów również w stadiach rozwojowych trudnych do oznaczenia metodami tradycyjnymi, np. jaja i larwy owadów, nasiona i siewki roślin, fragmenty piór i kości zwierząt kręgowych, a w przypadkach problematyki mikroryzowej – grzybni, zarodników, fragmentów zmikoryzowanych korzeni krótkich. Oznaczanie kodu paskowego DNA znajduje szerokie zastosowanie w praktyce, nie tylko w systematyce organizmów, np. w badaniach wpływu antropopresji na różnorodność biologiczną, prognozowaniu i ograniczaniu inwazji obcych gatunków dzięki poznaniu powiązań filogenetycznych gatunków, monitorowaniu stanu środowiska, oznaczaniu alergenów u ludzi, a także gatunków sprawców zatruć pokarmowych u ludzi powodowanych przez grzyby i rośliny oraz w wielu działach medycyny sądowej [Bogdanowicz i in. 2008]. W problematyce mikoryzowej można takimi metodami oznaczać precyzyjnie gatunki grzybów, co do tej pory było niemożliwe przy braku pojawu owocników. Należy zainteresować się działalnością tego konsorcjum naukowego i skorzystać z jego potencjału aparaturowego, warsztatowego i banku genów do oznaczania kodów paskowych DNA grzybów tworzących różne typy mikoryz. Byłoby to korzystne dla rozszerzenia naszej wiedzy o naturalnej gatunkowej i odmianowej różnorodności biologicznej mikoryz pojedynczego drzewa w różnych stadiach wiekowych, jak i u poszczególnych gatunków drzew i krzewów leśnych.

Należy zwrócić uwagę na rozwijające się w bardzo szybkim tempie badania mikologiczne, wnoszące nową wiedzę i fakty do problematyki mikoryzowej. Mianem prawdziwej rewolucji można nazwać zmiany, jakie nastąpiły w systematyce po opublikowaniu bardzo obszernych badań genetycznych nad pochodzeniem grzybów w oparciu o metody biologii molekularnej [Cannon, Kirk 2007; Hibbett i in. 2007]. Niektóre podobieństwa w budowie grzybów i jak się wydawało ich pokrewieństwo, nie znalazły uzasadnienia w świetle analiz genetycznych i budowy struktur DNA. Dla ilustracji tempa zdobywania nowej wiedzy można dla przykładu podać następujący fakt: w tomie 10 „Grzyby” z serii „Rośliny zarodnikowe Polski i ziem ościenych” znajduje się opis rzędu *Endogonales* – kłębiankowe [Ławrynowicz 1979]. Wtedy, przed prawie 30 laty, wiedza na temat tej ważnej grupy grzybów endomikoryzowych była niepełna. Znanych było około 20 gatunków na świecie, z czego w tej polskiej monografii opisano 14 gatunków wchodzących w skład 6 rodzajów, w tym tylko 1 gatunek wówczas znany i stwierdzony z terenu naszego kraju – *Glomus macrocarpus*. Obecnie rząd *Endogonales* w systematyce grzybów uległ przekształceniu i znacznemu zawężeniu. Utworzono oddzielny rząd *Glomales* z 6 rodzajami i 157 gatunkami, zgrupowanymi w 3 rodzinach [Kirk i in. 2001], a według najnowszych poglądów utworzono nawet oddzielną klasę grzybów *Glomeromycota*, akceptując ich oddzielne pochodzenie i znaczenie przyrodnicze, między innymi jako wyjątkowo powszechnej grupy grzybów endomikoryzowych, w tym limitującej zasięgiem swojego występowania istnienie dzikich

i uprawnych traw w umiarkowanej i tropikalnej strefie klimatycznej [Cannon, Kirk 2007]. Opisywane są nowe gatunki kłębianek (*Glomus*), rozszerza się wiedza o biologii i ekologii tych grzybów oraz o zastosowaniach praktycznych w kontrolowanej mikoryzacji. Znaczące zasługi ma w tym zakresie między innymi Błaszowski [1993, 1994], Błaszowski i in. [2004], którego prace są szeroko cytowane w światowej literaturze mikologicznej. Przykładów o intensywnym rozwoju wiedzy o innych grupach grzybów mikoryzowych można podać więcej.

Oczekiwane i bardzo potrzebne są dalsze prace naukowe nad rozpoznawaniem i znacznym rozszerzeniem zestawu gatunków grzybów stosowanych w kontrolowanej mikoryzacji z przeznaczeniem dla różnych gatunków drzew i krzewów oraz różnych klas ich wieku. Do kontrolowanych ektomikoryz stosuje się obecnie w Polsce zaledwie kilka gatunków grzybów, głównie włośnianki (*Hebeloma*) i lakówki (*Laccaria*). Jest to bardzo niewiele w stosunku do występujących w lasach co najmniej 880 gatunków rodzimych podstawczaków i ponad 20 wielkoowocnikowych workowców tworzących ektomikoryzy [Grzywacz 2007a, b]. W endomikoryzach również stosuje się kilka gatunków, głównie z rodzaju *Glomus*. Do mikoryzacji erikoidalnej zastosowano grzyby z rodzajów *Hymenoscyphus*, *Oidiodendrom* i *Phialocephala* [Nawrocka-Grzeškowiak 2001]. Jest to bardzo skromny zestaw w stosunku do znacznej ilości gatunków, które mogłyby być praktycznie użyteczne, głównie z dawnych klas *Zygomycota* i *Deuteromycota*.

Konieczne są szerokie badania selekcyjne nad gatunkami, rasami i szczepami grzybów mikoryzowych o najbardziej korzystnym, łagodzącym działaniu w stosunku do abiotycznych i antropogenicznych stresów u roślin – susza, ekstremalna temperatura, zasolenie gleby, wysoka zawartość metali ciężkich, niewłaściwy odczyn gleby, zanieczyszczenia powietrza, zbyt wysoka koncentracja pestycydów oraz stresów biotycznych – bakterie i grzyby chorobotwórcze, szkodliwotwórcze owady i nicienie [Czajkowska-Strzemska 1998].

Posiadamy zbyt małą wiedzę o mikoryzacji drzew tworzących inne typy symbioz niż ektotroficzne, w sposób przejściowy lub stały, np. o mikoryzach i grzybach mikoryzowych u jesionu wyniosłego, klonów, olsz, brzoź, topól, dzikiej jabłoni, gruszy, czereśni ptasiej i innych. Obecnie są dowody na to, że pionierskość tzw. lekkonasiennych gatunków drzew, np. brzozy brodawkowatej i topoli osiki, na terenach spontanicznej sukcesji lasu na gruntach porolnych, pożarzystkach, nieużytkach przemysłowych tylko w części uzależniona jest od ich drobnych nasion mogących za pomocą wiatru przemieszczać się na dalsze odległości. W znacznie większym stopniu ich sukces w zasiedlaniu nowych terenów zależy od możliwości tworzenia w młodym wieku endomikoryz z różnymi gatunkami *Glomus*, obficie występujących nawet w bardzo ubogich mikrobiologicznie glebach [Sumorok 2001].

## Nowe potrzeby działań praktycznych

Coraz częściej mówi się i powoli zaczyna stosować w praktyce, potrzebę wielokrotnego, w całym okresie życia drzewa, dokonywania zabiegów domikoryzujących na wybranych terenach lub obiektach. Mikoryzacja powinna być stosowana nie tylko do sadzonek drzew, ale również w uprawach, młodnikach, tyczkownikach, drągowinach, drzewostanach dojrzewających i dojrzałych [Kubiak 2006a, b]. Wydaje się, że domikoryzowanie mogłoby przynieść korzyści w poprawie stanu zdrowotnego i kondycji naszych najbardziej cennych przyrodniczo i historycznie drzew, sędziwych pomników przyrody. Wymagać to będzie lepszego rozpoznania gatunków grzybów towarzyszących drzewom na różnych etapach życia, w różnych klasach wieku. Ponad 94% wszystkich pozycji rejestru pomników przyrody w Polsce to pojedyncze drzewa, grupy drzew i aleje. Wśród nich 3/4 stanowią dęby i lipy, które obok cisów należą do naszych najbardziej długowiecznych drzew [Grzywacz 2002]. Należałoby rozecznać skład

gatunkowy grzybów tworzących mikoryzy u przeszlórębnych dębów i lip, ustalić różnice pomiędzy drzewami zdrowymi i osłabionymi, rosnącymi w lasach i na terenach nieleśnych, zwłaszcza zurbanizowanych i zaproponować właściwe dla tych wyróżnionych kategorii składy gatunkowe grzybów w szczepionkach mikoryzowych (być może mieszanki kilku gatunków). Miałyby to na celu wzmocnienie troficzne i zdrowotne sędziwych, cennych drzew, w ramach zabiegów profilaktycznych i terapeutycznych. Zabiegi takie, przykładem medycyny, można by nazwać geriatrycznymi.

Obecnie kontrolowana mikoryzacja koncentruje się głównie na sadzonkach w szkółkach leśnych, przy ich produkcji z zakrytym systemem korzeniowym (baloty, doniczki, różnego typu pojemniki oraz kontenery). Istnieje potrzeba mikoryzacji drzew z przeznaczeniem ich na tereny pozaleśne – do zadrzewień przydrożnych i ulicznych, różnego typu obiektów zieleni, zwłaszcza na terenach zurbanizowanych, przy przesadzaniu drzew w starszym wieku, co zwykle powoduje zranienia i zredukowanie systemów korzeniowych oraz w nasadzeniach specjalnych. Na przykład w niektórych miastach sadi się starsze drzewa na reprezentacyjnych ulicach, przed siedzibami urzędów i obiektów zabytkowych. Drzewa takie często mają dodatkowe wyposażenie do areacji i nawadniania systemu korzeniowego, do zasilania w płynne nawozy sztuczne, ale bez zabiegów mikoryzacyjnych, które mogłyby wzmocnić takie drzewa i zapewnić lepszą wegetację w trudnych warunkach środowiska miejskiego. Taka sytuacja ma miejsce obecnie, np. na Szlaku Królewskim w Warszawie, na ulicach Nowy Świat i Krakowskie Przedmieście, gdzie posadzono liczne starsze klony zwyczajne z urządzeniami zabezpieczającymi dopływ do systemu korzeniowego powietrza i wody, ale bez zastosowania dodatkowej mikoryzacji.

Potrzeby mikoryzacji materiału sadzeniowego zgłaszają właściciele plantacji i producenci roślin energetycznych, głównie wierzyb wiciowej różnych gatunków i kultywarów topól. Szkółkarze z Lasów Państwowych mają doświadczenie z matecznikami topolowymi, uprawą wierzyb, w tym wierzyb ogryzowej na poletka łowieckie. Wydaje się, że można byłoby zaoferować usługi w produkcji wysokiej jakości materiału sadzeniowego dla takich celów. Zapewne na razie poza obszarem zainteresowań leśników-szkółkarzy pozostaną problemy mikoryzacji zielnych roślin energetycznych, np. różnych gatunków ślazuca, topinamburu, róży, rdestu, miskantu i spartiny.

Należałoby przejść do praktycznego stosowania koinokulacji mikoryzowej, czyli kontrolowanego szczepienia drzew dwoma lub większą ilością gatunków grzybów. W naturze, w lesie, systemy korzeniowe drzew wchodzi w związki mikoryzowe z różnymi gatunkami grzybów równocześnie, w zależności od fazy rozwojowej rośliny-gospodarza i konkretnych warunków i sytuacji siedliskowych. Zapewnić to może zwiększone zdolności adaptacyjne do zmian środowiska. Koinokulacja w zależności od doboru gatunków może prawdopodobnie oddziaływać na mikoryzy konkurencyjnie, amensalistycznie lub addycyjnie, stymulująco czy wręcz synergistycznie. Zastosowania praktyczne musiałyby być poprzedzone licznymi i trudnymi metodycznie badaniami w zakresie stosunków biotycznych między grzybami mikoryzowymi w ramach tego samego systemu korzeniowego pojedynczego drzewa lub biogrupy drzew [Rudawska, Leski 2007].

Dość podobne problemy występują między różnymi typami mikoryz u tego samego drzewa, co niekiedy ma miejsce w odniesieniu do drzew leśnych. Na przykład u olszy czarnej może występować równocześnie aktinoryza z promieniowcem *Frankia alni*, mikoryza wezikularna-arbuskularna, np. z *Glomus fasciculatus* oraz ektomikoryza, np. z *Paxillus involutus* (krowiak podwinięty, olszówka). Na razie są dość nieliczne badania nad stosunkami biotycznymi między grzybami w ramach różnych typów mikoryz, jak i wpływem na stan odżywienia i zdrowotność konkretnych gatunków drzew z różnymi typami mikoryz – tworzącymi je oddzielnie, pojedynczo

i wspólnie [Chatarpaul i in. 1989; Aleksandrowicz-Trzcńska 2007]. Postęp praktyczny w tym zakresie wymagać będzie ścisłego współdziałania z badaniami naukowymi. Jest to stwierdzenie oczywiste. Potwierdzeniem takiej prawidłowości są wystąpienia na międzynarodowej konferencji „Rola i znaczenie ektomikoryz dla optymalnego wzrostu i rozwoju drzew leśnych – 10 lat realizacji programu wdrożenia polskiej technologii mikoryzacji sadzonek drzew leśnych w Lasach Państwowych” (Jaszowiec – Rudy Raciborskie, 23-25 czerwca 2008 roku).

W produkcji roślin ozdobnych występuje problem korelowania poziomu nawożenia mineralnego i organicznego do udziału mikoryz w odżywieniu drzew i krzewów, w szczególności optymalizowaniu dawek nawozów o spowolnionym działaniu, np. Agri-Form Mg, Basacote, Osmocote, Silvamix Mg [Kubiak 2006a]. Nadal należy ulepszać metody aplikacji do gruntu mieszanek mikoryzowych, w tym doskonalać konstrukcyjnie różne typy aplikatorów i dozowników [Kubiak 2005, 2006a].

W handlu znajduje się sporo różnych, szeroko reklamowanych szczepionek mikoryzowych, np. firm Mycoflor, Biopon, Vaxi-Root. Zalecane są różne zestawy: mikoryza uniwersalna do trawników, do rododendronów, iglastych roślin ozdobnych (iglaków), szczepionki endomikoryzowe, do storczyków, do roślin wrzosowatych, szczepionki z Fytobak, czyli z bakteriami wykazującymi duży antagonizm wobec grzybobłytki *Phytophthora cinnamomi*, nawozy do trawników Superal mikro z grzybnią Vaxi-Root, pałeczki nawozowe Quick Start z Guano i grzybnią Vaxi-Root. Mocno zaskakuje barwnie reklamowany w Internecie produkt mikoryzowy: *Twój ogród pełen grzybów leśnych – hit sezonu, ektomikoryzowa szczepionka Vaxi-Root zawierająca jadalne grzyby leśne: borowik szlachetny, borowik sosnowy, rydz, maślak zwyczajny, koźlarz babka, kurka, smardz wyniosły. Efekt w postaci własnych grzybów powinien pojawić się po 2-3 latach. Opakowanie wystarcza na 500-1 000 m<sup>2</sup> lasu iglastego i mieszanego.*

Są również mieszanki mikoryzowe do pomidorów i papryki, roślin kwiatowych, winorośli, roślin doniczkowych itd. Mycoflor oferuje żywą grzybnię mikoryzową w postaci 8 typów, ze zróżnicowanym przeznaczeniem. W Internecie (hasło: szczepionka mikoryzowa) znajduje się wiele ofert z wykazem producentów, zakładów naukowych certyfikujących skuteczność i przydatność tych szczepionek, adresy sklepów i centrów ogrodniczych, gdzie można je nabyć. Oferta ta, a głównie jej jakość i skuteczność, winna stać się przedmiotem zainteresowania leśnych placówek badawczych. Dopóki nie zostanie zweryfikowana, to w szkółkach Lasów Państwowych należy stosować szczepionki mikoryzowe, których skuteczność potwierdzono wieloletnimi badaniami naukowymi i badaniami terenowymi na uprawach w wielu nadleśnictwach w kraju.

W strategiach przeciwdziałania skutkom globalnych zmian klimatu w leśnictwie, należy zwrócić uwagę nie tylko na zagadnienia związane z możliwymi zmianami w składzie gatunkowym drzewostanów – ubywaniem gatunków borealnych (mrozoodpornych) i zwiększoną obecnością gatunków ciepłolubnych oraz składem roślinności runa leśnego – ale na zmianę składu gatunkowego grzybów tworzących różne typy mikoryz oraz praktyczne problemy jakie mogą w tym względzie nastąpić na skutek globalnego ocieplenia. Są to zagadnienia dalszej przyszłości, ale już dzisiaj należy je sygnalizować i badać. Z drugiej zaś strony współczesne gatunki drzew są ewolucyjnie tymi samymi, które przetrwały ostatnie zlodowacenie i zapewne będą tak samo jak w przeszłości reagować na zmiany klimatu. Zapewne dotyczy to również grzybów towarzyszących drzewom w formie mikoryz, następowała tu przecież koewolucja (ewolucyjne dostosowywanie się grzybów do drzew i drzew do grzybów mikoryzowych). Potwierdzeniem tak przedstawionej opinii w tym względzie, jest brak różnic w analizach DNA między najstarszymi obecnie znanymi drzewami na świecie, odnalezionymi niedawno w szwedzkiej

provincji Dalarna – świerkami pospolitymi, liczącymi ponad 8 tys. lat, z których najstarszy ma około 9 550 lat, a znacznie młodszymi, występującymi w ich sąsiedztwie. Do niedawna dendrologzy sądzili, że najstarszymi drzewami są sosny długowieczne w USA, spokrewnione z sosnami ościstymi (kolczastymi) lub traktowanymi jako ich podgatunek. Rosnące obecnie okazy mają 3 000-4 600 lat, choć najstarszy odnaleziony martwy już pień miał 7 112 przyrostów rocznych [Grzywacz 2001]. Bardzo ciekawym, fascynującym problemem badawczym byłby projekt dotyczący stanu jakościowego i ilościowego mikoryz ektotroficznych tak starych drzew – sosen i świerków rosnących od wielu tysięcy lat.

## Literatura

- Aleksandrowicz-Trzcicka M. 2007. Symbiozy korzeniowe olszy W: Grzywacz A. [red.] Biotyczne przyczyny i ich ekologiczne uwarunkowania w procesie zamierania drzewostanów olszy czarnej (*Alnus glutinosa*). Dokumentacja badań w latach 2005-2007. SGGW i IBL, Warszawa.
- Błaszczkowski J. 1993. Comparative studies of the occurrence of arbuscular fungi and mycorrhizae (*Glomales*) in cultivated and uncultivated soil of Poland. *Acta Mycologica* 28: 93-140.
- Błaszczkowski J. 1994. Arbuscular fungi and mycorrhizae (*Glomales*) of the Hel Peninsula, Poland. *Mycorrhiza* 5: 71-88.
- Błaszczkowski J., Blanke V., Renker C., Buscot F. 2004. *Glomus aurantium* and *G. xanthium*, new species in *Glomeromycota*. *Mycotaxon* 90: 447-467.
- Bogdanowicz W., Draber-Mońko A., Malewski T. 2008. Biological barcodes. *Academia* 1 (17): 31-33.
- Cannon P. F., Kirk P. M. 2007. Fungal families of the world. CABI, Egham.
- Chatarpaul L., Chakravarty P., Subramaniam P. 1989. Studies in tetrapartite symbiosis. I. Role of ecto – and endomycorrhizal fungi and *Frankia* on the growth performance of *Alnus incana*. *Plant and Soil* 188: 145-150.
- Czajkowska-Strzemska J. 1998. Mikoryza roślin użytkowych. PWN, Warszawa.
- Głuszek S., Sas-Paszt, Sumorok B., Derkowska E. 2008. Wpływ mikoryz na wzrost i plonowanie roślin ogrodniczych. *Postępy Nauk Rolniczych* 6.
- Grzywacz A. 2001. Drzewa pomniki przyrody świata i Polski. *Agricola* 51: 29-41.
- Grzywacz A. 2002. Drzewa – pomniki przyrody. *Las Polski* 5: 19-21.
- Grzywacz A. 2007a. Potrzeby w zakresie produkcji sadzonek drzew leśnych szczepionych grzybami ektomikoryzowymi. W: Kowalski S. [red.] Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. CILP, Warszawa. 38-47.
- Grzywacz A. 2007b. Grzyby ektomikoryzowe. W: Kowalski S. (red.). Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. CILP, Warszawa, 11-16.
- Hibbett D. S. et al. 2007. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological Research* 111: 509-547.
- Kirk P. M., Cannon P. F., David J. C., Stalpers J. A. [red.] 2001. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi, 9<sup>th</sup> Edition. CABI Publishing.
- Kubiak J. 2005. Mikoryzacja roślin i aplikacja szczepionek mikoryzowych. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 2: 25-32.
- Kubiak J. 2006a. Technologie i koszty mikoryzacji drzew i krzewów roślin ozdobnych w różnych fazach wzrostu. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 2: 135-146.
- Kubiak J. 2006b. Aplikacja nawozów o spowolnionym działaniu przy mikoryzacji w szkółkarstwie ozdobnym. *Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych*, z. 508: 77-85.
- Lasy w Polsce. 2007. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Leśnictwo. 2007. Informacje i opracowanie statystyczne GUS, Warszawa.
- Ławrynowicz M. 1979. Grzyby. Rośliny zarodnikowe Polski i ziem ościennych. *Endogonales*. T. 10. PWN, Warszawa-Kraków.
- Nawrocka-Grzeskowiak M. 2001. Endomikoryza u krzewów z rodzaju *Rhododendron* jako czynnik wpływający korzystnie na ukorzenianie sadzonek i wzrost młodych roślin w różnych warunkach środowiska. *Rozprawy Akademii Rolniczej w Szczecinie* 204: 1-58.
- Rudawska M., Leski T. 2007. Doświadczenia światowe w praktycznym stosowaniu mikoryzacji sadzonek drzew Leśnych – historia i współczesność. W: Kowalski S. [red.] Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. CILP, Warszawa, 17-27.
- Sas-Paszt L., Żurawicz E., Filipeczak J., Głuszek S. 2008. Rola ryzosfery w odżywianiu roślin truskawki. *Postępy Nauk Rolniczych* 1: 57-68.
- Sumorok B. 2001. Rola grzybów w regeneracji pożarzystka w rezerwacie Jelonka w sąsiedztwie Puszczy Białowieskiej. Maszynopis rozprawy doktorskiej, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki.

## SUMMARY

## The new opportunities and needs related to controlled tree and shrub mycorrhization

Technological development in the Polish nursery sector employing controlled seedling mycorrhization has resulted in the production of a high quality planting material. This material has been successfully used for the regeneration and afforestation of degraded areas damaged by industrial emissions and fires, post-agricultural land, wasteland, or trees planted along motorways and expressways. These successes allow planning further research and practical tests with different types of mycorrhizae and for other purposes and applications, not only for renewal with selected tree species seedlings.

15 issues were selected for analysis in the framework of the research. Paper discusses the need for multiple use of re-mycorrhizing treatments in selected areas throughout the tree life cycle, particularly for the old weakened nature monuments. Use of mycorrhization not only for forest trees, but also for the trees growing along roads and streets, in urban greens of various type, replanted old trees, trees planted for special purposes, plantations for energy production including common osier, or various poplar species and varieties are analysed. Problem of selection of fungal inocula that is most effective against abiotic stress (draughts, low temperature, disadvantageous soil pH, salinity, heavy metals, air contamination, pesticides) and biotic factors (pathogenic fungi, nematodes, insects) is examined. Broadening of the range of fungal species applied in controlled mycorrhization (only a few ectomycorrhizal species are used against about 880 native species of *Basidiomycota* and 20 *Ascomycota*) as well as improvement of the methods of applying mycorrhizae mixtures to soil, correlating the mineral and organic fertilization levels to mycorrhizae participation in tree nutrition, particularly optimization of slow-release fertilizer doses are described. The National Plant, Fungi and Animal DNA Bank in Poland participates in framework coordinated by the Museum & Institute of Zoology PAS in Warsaw operating within the Consortium for the Barcode of Life (CBOL) – a patron of the DNA-bar coding programs – which would speed up the identification of mycorrhizal fungi species in the development stages difficult to classify by traditional methods (mycelium, spores, sclerotia). Article considers study of the mycorrhizae of trees forming symbiosis types other than ectotrophic or different mycorrhizal types, simultaneously (e.g. ash, maple, alder, birch, poplar, crab apple and pear, bird cherry), as well as attempts at using this knowledge for controlled mycorrhization. Entering into contacts with "non-forest" research institutes dealing with artificial plant mycorrhization for the purpose of extending knowledge and cooperation for forest practice needs matters. Attention is drawn to the fast developing mycological knowledge based on molecular biology methods and the need to use it in practice, the need for co-inoculation, that is tree inoculation with a larger number of fungal species, as it happens in natural environment; the exceptionally rich variety of available mycorrhizal inocula of different producers and for different applications should attract interest of the State Forests National Forest Holding, which should be subject to practical verification and evaluation. Possibility of occurrence of various changes in the fungi-tree symbiotic interactions in connection with predicted climate warming is stressed.