

**UPRAWA GRZYBÓW KAPELUSZOWYCH W WARUNKACH
OGRODU PRZYDOMOWEGO I WPŁYW MIKORYZY
NA ROZWÓJ ROŚLIN NACZYNIOWYCH**

*THE CULTIVATION OF HAT MUSHROOMS IN THE CONDITIONS
OF THE HOME GARDEN AND THE EFFECT OF MYCORRHIZIA ON THE DEVELOPMENT
OF VASCULAR PLANTS*

Natalia Górska

ABSTRACT

All hat mushrooms called basidiomycetes (*Basidiomycota*) are characterized by the production of above-ground parts called fruiting bodies. These fruiting bodies are made of a hat and a stalk, and they grow above the surface of the earth, and their hymenophorus, in which spores are produced, is always on the underside of the hat. Hat mushrooms are found mainly in three rows, including Boletales (*Boletales*), Mushrooms (*Agaricales*) and Doves (*Russulales*). The mycelial development environment may be the meadows (mushroom-growing areas) as well as forested areas (boletus and downy-winged pigeons). Among hat mushrooms, the type of interspecific interactions is known as mycorrhiza. The mycorrhiza is based on establishing intercourse between the mycelium and the roots of vascular plants. Coexistence is based on mutual benefits. The most important function of mycorrhizal fungi is the use of soil resources and then transferring them to the cells of the plant's roots, using instead the assimilates produced by the plant. This type of intercourse causes a 1000-fold enlargement of the soil penetration zone through the mycorrhizal root system of the mycorrhizal plant, which significantly affects the flow of water and nutrients, which increases the possibilities for plant growth. Mutual nutrition of partners causes that mycorrhizal plants are more vital and more competitive in settling ecosystems than plants without mycorrhiza. This phenomenon was used in the cultivation of hat mushrooms in the conditions of the home garden. The aim of the research was to test mycorrhizal vaccines and their effectiveness in the development of mycelium and the condition of vascular plants that have been vaccinated. To this end, a vaccine was used in which the radicular had been located. The vaccine was introduced into the soil in a flower potting garden. As a result of observations carried out over a period of 7 months, a 14-centimeter growth of the plant was found. No development of aboveground part of the fruiting bodies of the grafted fungus was observed, which may be caused by a specific time, characteristic for the species, necessary for the development of the fruiting bodies of the fungus.

Słowa kluczowe: grzyby, gatunek, owocnik, mikoryza

Key words: fungus, species, fruiting bodies, mycorrhiza

Natalia Górska, kl. III, I Ogólnokształcące Liceum Akademickie im. Janiny Kossakowskiej-Dębickiej w Kielcach, e-mail: natalia.gorska@onet.pl

Opiekun merytoryczny/*Guardian substantive*: dr hab. Małgorzata Anna Józwiak

Wprowadzenie

Mikoryza, mykoryza (mycorrhiza) – jest to typ oddziaływań międzygatunkowych, polegający na współżyciu korzeni lub nasion roślin naczyniowych z grzybami. Ten typ oddziaływań spotykany jest u około 85% gatunków roślin wyższych. W symbiozie mikoryzowej z grzybami współżyje większość roślin zasiedlających ekosystemy lądowe, ponieważ ten typ relacji międzygatunkowych polepsza wzrost roślin, wzmacnia odporność na choroby korzeniowe, ułatwia pobór wody, umożliwia pobieranie składników mineralnych, zmniejsza wrażliwość rośliny na przesuszanie lub przelanie, znacznie zwiększa powierzchnię chłonną korzeni (Carney 2000). Większość przypadków mikoryzy to mikoryza mutualistyczna, czyli tzw. symbioza nieodzowna. Dla wielu gatunków roślin powstanie mikoryzy jest koniecznym warunkiem rozwoju. Bez grzybni nasiona roślin należących między innymi do storczykowatych (fot. 1) i wrzosowatych nie są w stanie wykiełkować (fot. 2). Symbioza mikorytyczna umożliwia grzybom, będącym organizmami heterotroficznymi, zaopatrzenie w związki organiczne, wytwarzane przez rośliny w procesie fotosyntezy. W zamian rośliny zaopatrywane są przez strzępki grzyba w związki mineralne, głównie fosforowe i azotowe. Badania wykazują również poprawę w zaopatrzeniu roślin w mikroelementy, takie jak cynk i miedź (Falińska 2004, Starck 2002).

Grzyby mikorytyczne wytwarzają także fitohormony, takie jak: auksyny, gibereliny i cytokininy. Są to powszechnie znane regulatory wzrostu i rozwoju roślin. Znaczenie dla roślin mają również substancje o charakterze antybiotyków, które wydzielane są przez grzyby do gleby, zmniejszając w ten sposób prawdopodobieństwo zakażenia rośliny patogenami obecnymi w podłożu. Wydzielane związki przyczyniają się także do wzrostu odporności roślin mikorytycznych na parametry fizyczne środowiska, które mogą być czynnikami stresowymi. Podwyższona odporność dotyczy skrajnych temperatur, obecności substancji toksycznych w środowisku oraz niekorzystnego pH.

Grzybnia mikorytyczna może łączyć wiele roślin należących do jednego gatunku lub do różnych gatunków, umożliwiając połączonym roślinom wymianę związków węgla, substancji regulatorowych, związków mineralnych oraz allelopatin (Manthey i in. 2004). Struktury nazywane sieciami mikoryzowymi występują powszechnie w wielu ekosystemach. Większą przeżywalność i ekspansywność roślin mikoryzowych wspomagają również inne funkcje mikoryzy: bierna i czynna ochrona systemu korzeniowego przed chorobami odglebowymi, modyfikacje środowiska bio-

tycznego w strefie korzeniowej, sklejanie cząsteczek glebowych w gruzelki (agregaty) glebowe – co sprzyja zwiększeniu żyzności gleby (Nieckuła 2006).



Fot. 1. *Cephalanthera austiniiae* z rodziny storczykowatych pobiera związki węgla od grzyba, z którym tworzy mikoryzę
Photo 1. *Cephalanther austiniiae* from the orchid family takes carbon compounds from the fungus with which it forms mycorrhiza

Źródło/Source: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Mikoryza>.



Fot. 2. Grzyb mikoryzowy wyizolowany z rośliny wrzosowatej *Woollisia pungens*
Photo 2. Mycorrhizal fungi isolated from the heather plant of *Woollisia pungens*

Źródło/Source: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Mikoryza>.

Najbardziej rozpowszechniona w przyrodzie jest endomikoryza, określana jako arbuskularna (AM, AMF) lub pęcherzykowo-arbuskularna (VA, VAM). W endomikoryzie strzępki pokonują ściany komórkowe tkanek roślinnych i kontaktują się bezpośrednio z błoną komórkową. Strzępki wewnątrz komórki tworzą struktury w kształcie pęcherzyków albo rozgałęzionych zgrubień.

Drugim rodzajem mikoryzy jest ektomikoryza. Zdolne do tworzenia relacji tego typu są głównie rośliny drzewiaste. W ektomikoryzie strzępki grzybni

oplatają na zewnętrznej powierzchni korzenie roślin, tworząc tzw. opilśń (mufkę) oraz wnikają do wnętrza, wypełniając przestrzemy międzykomórkowe. Powstaje w ten sposób sieć Hartiga, dzięki której grzyby mogą przejąć funkcje włośników, które zanikają (fot. 3).



Fot. 3. Strzępki *Amanita muscaria*, grzyba tworzącego ektomikoryzę

Photo 3. Fractures of *Amanita muscaria*, a fungus that forms ectomycorrhiza

Źródło/Source: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Mikoryza>.

Trzecim rodzajem mikoryzy jest mikoryza eriko-idealna (ERM, ER), nazywana też ektendomikoryzą. Strzępki w tym rodzaju mikoryzy jednocześnie wnikają do komórek roślinnych i tworzą na zewnątrz opilśń. Jako oddzielny rodzaj wyróżniana jest też mikoryza storczykowata. Jej szczególną cechą jest transport węgla z grzyba do rośliny. Częstość zachodzenia różnych typów mikoryzy, czy ogólniej symbiozy korzeniowej roślin, związana jest z klimatem. W miejscach, gdzie warunki klimatyczne sprzyjają szybkiemu rozkładowi ściółki, czyli w ciepłym i wilgotnym klimacie, wśród drzew, przeważają gatunki z mikoryzą arbuskularną. W miejscach z zauważalną sezonowością klimatu, a więc z przerwami w rozkładzie materii organicznej, dominuje ektomikoryza. W strefach umiarkowanych obie formy współwystępują. W strefach o klimacie suchym z wysokimi temperaturami maksymalnymi, na glebach zasadowych z kolei częsta jest symbioza drzew z mikroorganizmami wiążącymi azot cząsteczkowy (Simard i in. 2012). Celem prowadzonych badań była ocena wpływu szczepionek mikoryzowych na przyrost pędów wierzchołkowych tui szmaragdowej *Thuja occidentalis* L., uprawianej w ogrodzie przydomowym.

Materialy i metody

Ponieważ szczepionki mikoryzowe są najbardziej naturalną, a jednocześnie bezpieczną dla środowiska metodą wspomaganie wzrostu i zdrowotności roślin

użytkowych i ozdobnych, zastosowano je w celu zbadania ich wpływu na przyrost pędów wierzchołkowych tui szmaragdowej uprawianej w ogrodzie przydomowym. W warunkach uprawy ogrodowej zastosowanie szczepionek eliminuje stosowanie syntetycznych podłoży wzrostowych i chemizację, co w kontekście oddziaływania na środowisko i organizm człowieka ma znaczenie zdrowotne. W tym celu zakupiono szczepionkę mikoryzową, zawierającą grzybnie borowika szlachetnego. Szczepionki ektomikoryzowe występują w postaci płynnej, ponieważ tylko w takiej postaci mogą przetrwać grzyby ektomikoryzowe. W opakowaniu znajdują się dwie torebki. Jedna z nich zawiera płynną mikoryzę, druga to proszek, w którym zawarty jest hydrożel, nawozy i inne substancje poprawiające start mikoryzy po wprowadzeniu na korzenie roślin (ryc. 1).



Ryc. 1. Grzybnia mikoryzowa borowika szlachetnego

Fig. 1. Mycorrhizal fungus of the *boletus edulis*

Źródło/Source: <https://www.bing.com/search?q=GRZYBNIA+MIKORYZOWA+BOROWIKA&form>.

W celu zaszczepienia systemu korzeniowego sadzonek tui zawartość obu torebek rozpuszczono w wodzie, aby powstał żel. Otrzymany żel naniesiono na korzenie roślin już posadzonych, wprowadzając go do otworów wykonanych w ziemi, w taki sposób, aby miał on styczność z korzeniami. Po podaniu preparatu otwory zakopano i obficie podlano. Aplikacji dokonano w pierwszym tygodniu września 2018 roku. Uwzględniono w ten sposób warunki niezbędne dla powodzenia zaprojektowanego eksperymentu, tj. dużą wilgotność gleby i temperaturę podłoża nieprzekraczającą 10°C. Dołki pod wybranymi drzewami wykopano w odległości około 10 szerokości pnia drzewa na głębokość 10–20 cm. Do dołków wiano po jednej porcji płynu, tj. około 20 ml.

Rozpoczęcie dalszego etapu eksperymentu zaplanowano na miesiące marzec, kwiecień i maj 2019 roku. Badania polegały na pomiarach przyrostu długości pędów wierzchołkowych czterech tui szmaragdowych, wśród których jedna była próbą odniesienia (nie zastosowano wobec niej szczepionki mikoryzowej), pozostałe trzy to drzewa eksperymentalne, zaszczepione.

Pomiaru długości pędu wierzchołkowego dokonano 07 III 2019, 07 IV 2019, 07 V 2019.

.Charakterystyka obiektu badań

Żywotnik zachodni (*Thuja occidentalis*) to gatunek drzewa z rodziny cyprysowatych. Pochodzi ze wschodniej części Ameryki Północnej – południowej Kanady i północnych rejonów USA. Osobniki rosnące na trudno dostępnych stanowiskach, nienarażone osiągają wiek do 1000. W naszej strefie klimatycznej znalazł zastosowanie jako drzewo ozdobne. Gatunek rośnie na terenach nizinnych, w dolinach rzek. Preferuje podmokłe gleby wapienne, najlepiej rośnie w klimacie chłodnym i wilgotnym. Wytrzymały jest na niskie temperatury i odporny nawet na duże zanieczyszczenia powietrza. Rośnie w miejscach nasłonecznionych, jak i w cieniu. W Polsce gatunek ten uprawiany jest lokalnie i uważany jest za zadomowiony (kenofit). Pokrój zewnętrzny charakteryzuje wąskostożkowata lub kolumnowa korona (fot. 4). Pień roślin rosnących w Polsce osiąga wysokość do 15 m. Początkowo rośnie szybko, ale po 15–20 latach tempo wzrostu maleje. Liście są luskowate, zimozielone, igły na końcach zaostrome, odstające, rozmieszczone rzadko. Szyszki początkowo żółtozielone, po dojrzewaniu jasnobrązowe (fot. 5), długości 8–12 mm, złożone z 8–10 łusek zbliżonej długości. Wyrastają na krótkich rozgałęzieniach. Drewno pozbawione jest żywicy, ale trwałe i odporne na gnienie (znacznie trwalsze niż drewno dębowe). Świeża roślina zawiera 0,4–1% olejku eterycznego, cukry redukujące, polisacharydy, rozpuszczalne w wodzie minerały, kwas taninowy oraz taniny. Głównymi składnikami olejku eterycznego otrzymanego ze świeżych liści są: tujon (65%), izotujon, fenchon oraz inne monoterpyny i glikoproteiny o wysokiej masie cząsteczkowej. Zawartość olejku eterycznego w suchej roślinie *Herba Thujae occidentalis* wynosi od 1,4 do 4%. Olejek eteryczny pozyskuje się z liści, gałązek i kory. Jest wykorzystywany w medycynie oraz w przemyśle perfumeryjnym. Żywotnik zachodni jest stosowany w homeopatii oraz w fitoterapii.

Borowik szlachetny (*Boletus edulis* Bull.) – grzyb z rodziny borowikowatych (*Boletaceae*) (fot. 6). W Polsce spotykany zwłaszcza w górach, rzadziej na niżu, zwykle rzadki w okolicach wielkich miast. Kapelusz borowika ma średnicę do 25 cm. Młody jest zwykle barwy białej, później piaskowej. Powierzchnia kapelusza jest matowa, ale w czasie deszczu staje się gładka i lepka. Hymenofor – spodnia część kapelusza – ma drobne, okrągławe na przekroju rurki, które oddzielają się od miąższu kapelusza. Rurki u młodych owocników są barwy białej bądź kremowej. Podstawki są maczugo-



Fot. 4. Wąskostożkowata korona tui szmaragdowej (fot. Józwiak)

Photo 4. Narrow conical crown of an emerald tui (photo. Józwiak)



Fot. 5. Dojrzałe, jasnobrązowe szyszki tui (fot. Józwiak)

Photo 5. Mature, light-brown tui cones (photo. Józwiak)

wate z 4 zarodnikami (ryc. 2). Trzon ma wysokość do 20 cm. Jest koloru białego. U młodych osobników borowika szlachetnego trzon jest pękaty i głęboko osadzony w ziemi, podczas wzrostu grzyba wydłuża się, staje się maczugowaty. Miąższ u młodych osobników jest twarde, a u starszych gąbczasty. Zarodniki rozprzestrzeniane są przez ruchy powietrza (ryc. 2). Borowik szlachetny występuje zarówno w lasach iglastych, liściastych, jak i mieszanych. Grzyb ten tworzy mikoryzę z licznymi gatunkami drzew, jednak głównie ze świerkami, dlatego najobficiej występuje w górskich drzewostanach świerkowych. Do prawidłowego rozwoju borowika szlachet-

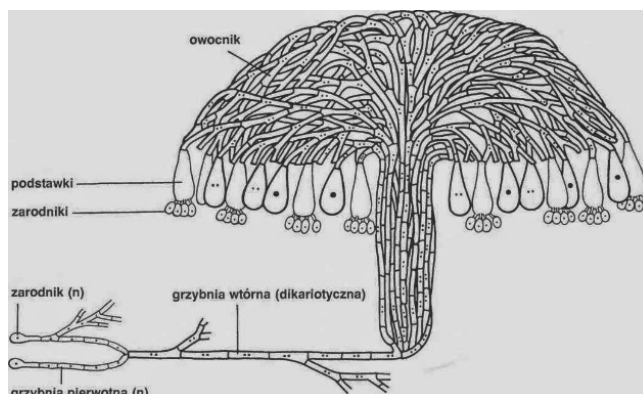
nego potrzebne są nie tylko korzenie właściwego gatunku drzewa (Svrček, Vančura 1993).



Fot. 6. Borowik szlachetny (*Boletus edulis* Bull.)

Photo 6. *Boletus edulis* (*Boletus edulis* Bull)

Źródło/Source: <https://www.bing.com/videos/search?q=borowik+szlachetny&qpv=borowik+szlachetny&FORM=VDRE>



Ryc. 2. Strzępki grzybni tworzące owocnik kapeluszowaty

Fig. 2. Fungal mycelium forming hawse fruiting body

Źródło/Source: <https://www.bing.com/videos/search?q=borowik+szlachetny&qpv=borowik+szlachetny&FORM=VDRE>

Wyniki

Tabela 1. Porównanie przyrostów pędu wierzchołkowego tui szmaragdowej bez szczepionki mikoryzowej i zaszczipionej grzybnią mikoryzową

Table 1. Comparison of sprout growths of emerald thuja without mycorrhizal inoculation and inoculated with mycorrhizal mycelium

Próby doświadczenia	Terminy pomiaru pędu wierzchołkowego tui, długość w cm		
	marzec – 6 cm	kwiecień – 12 cm	maj – 16 cm
Kontrolna (bez grzybni mikoryzowej)			
	marzec – 13 cm	kwiecień – 22 cm	maj – 29 cm
Badawcza (z grzybnią mikoryzową)			
	marzec – 13 cm	kwiecień – 22 cm	maj – 29 cm

Podsumowanie i wnioski

Obydwie próby zarówno badawcza, jak i kontrolna tui szmaragdowej charakteryzował przyrost wierzchołkowy. W próbie odniesienia (bez szczepionki) w pierwszym miesiącu od marca do kwietnia wyniósł 6 cm, w drugim miesiącu obserwacji, tj. od kwietnia do maja 4 cm. Pomiar przyrostu długości pędu wierzchołkowego okazów tui zaszczerpionych szczepionką mikoryzową były większe i wynosiły kolejno od marca do kwietnia 9 cm, od kwietnia do maja 7 cm. W ciągu dwóch miesięcy łączny przyrost pędu wierzchołkowego tui, wobec której nie stosowano szczepionki, wyniósł 10 cm, podczas gdy łączny przyrost tui z zastosowaną szczepionką wyniósł 16 cm.

Nie zaobserwowano rozwoju nadziemnej części owocników szczepionego grzyba, co może być spowodowane określonym, charakterystycznym dla gatunku czasem niezbędnym do rozwoju owocników tego grzyba. Cykl rozwojowy, w którym następuje przemiana faz jądrowych, jest długotrwały. Przerastająca podłoże haploidalna grzybnia dopiero po wytworzeniu dikariotycznych strzępek formuje nadziemną część, zwaną owocnikiem. Proces ten wymaga pełnego cyklu wegetacyjnego.

Różnice w przyrostach długości pędów tui szczepionej i nieszczepionej wskazują na wyraźnie pozytywny i znaczący wpływ grzybni na wzrost elongacyjny tego drzewa. Wprowadzanie do podłoża szczepionek mikoryzowych niesie podwójne korzyści. Rozwój strzępek grzybni i wytwarzanie owocników grzybów jadalnych wzbogaca dietę, ale także mikoryza korzeniowa wspomaga wzrost, rozwój i odporność roślin współżyjących ze strzępkami grzybów mikoryzowych.

Literatura

- Cairney J.W., 2000. Evolution of mycorrhiza systems. „Naturwissenschaften”. 87 (11), s. 467-75, Nov PMID: 11151665.
- Falińska F., 2004. Ekologia roślin. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. s. 121. ISBN 83-01-14222-7.
- Manthey K., Krajinski F., Hohnjec N., Firnhaber C. i inni. Oct 2004. Transcriptome profiling in root nodules and arbuscular mycorrhiza identifies a collection of novel genes induced during *Medicago truncatula* root endosymbioses. „Mol Plant Microbe Interact”. 17(10), s. 1063-77, DOI: 10.1094/MPMI.2004.17.10.1063. PMID: 15497399.
- Nieckuła E., 2006. W koalicji z grzybem, „Wiedza i Życie”. 9, s. 32–35,
- Simard S. W., Beiler K. J., Bingham M. A., Deslippe J. R. i inni. 2012. Mycorrhizal networks: Mechanisms, ecology and modelling, „Fungal Biology Reviews”.

26(1), s. 39–60, DOI: 10.1016/j.fbr.2012.01.001. ISSN 17494613 (ang.).

Starck Z., 2002. Pobieranie i dystrybucja jonów. W: Fizjologia roślin, J. Kopcewicz, S. Lewak (red.), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. s. 259-2271. ISBN 83-01-13753-3.

Svrček M., Vančura B., 1993. Atlas grzybów. Polska Oficyna Wydawnicza „BGW”, Warszawa. ISBN 83-7066-361-3.

Netografia

- <https://pl.wikipedia.org/wiki/Mikoryza>.
- <https://www.bing.com/search?q=GRZYBNIA+MIKORYZOWA+BOROWIKA&form>.
- <https://www.bing.com/videos/search?q=borowik+szlachetny&qvt=borowik+szlachetny&FORM=VDRE>.

STRESZCZENIE

Wszystkie grzyby kapeluszowe nazywane podstawczakami (*Basidiomycota*) charakteryzują się wytwarzaniem części nadziemnych nazywanych owocnikami. Owocniki te zbudowane są z kapelusza i trzonu i to one wyrastają nad powierzchnią ziemi, a ich hymenofor, w którym wytwarzane są zarodniki, zawsze znajduje się na spodniej stronie kapelusza. Grzyby kapeluszowe występują głównie w trzech rzędach i są to borowikowce (*Boletales*), pieczarkowce (*Agaricales*) i gołąbkowce (*Russulales*). Środowiskiem rozwoju grzybni mogą być obszary łąk (pieczarkowce), jak również obszary zalesione (borowikowce i gołąbkowce). Wśród grzybów kapeluszowych obserwuje się typ oddziaływań międzygatunkowych określany jako mikoryza. Mikoryza polega na nawiązaniu współżycia między strzępkami grzybni a korzeniami roślin naczyniowych. Współżycie to oparte jest na obopólnych korzyściach. Najważniejszą funkcją grzybów mikoryzowych jest wykorzystanie zasobów glebowych, a następnie przekazanie ich komórkom korzeni rośliny, korzystając w zamian z asymilatów wytworzonych przez roślinę. Ten typ współżycia powoduje 1000-krotne powiększenie strefy penetrowania gleby przez system grzybowo-korzeniowy rośliny mikoryzowej, co znacząco wpływa na przepływ wody i składników pokarmowych, przez co zwiększa możliwości wzrostu rośliny. Wzajemne odżywianie partnerów powoduje, że rośliny mikoryzowe są żywotniejsze i bardziej konkurencyjne w zasiedlaniu ekosystemów niż rośliny bez mikoryzy. Zjawisko to zostało wykorzystane w uprawie grzybów kapeluszowych w warunkach ogrodu przydomowego. Celem prowadzonych badań było przetestowanie szczepionek.