

# Badania mykotrofizmu siewek modrzewia polskiego i sudeckiego w naturalnych i sztucznych warunkach rozwoju

*Mycotrophy of the seedlings of Larix polonica and L. sudetica in natural and artificial conditions*

ROMAN PACHLEWSKI

(Wpłynęło dn. 2. IV. 52 r.)

Interesując się hodowlą modrzewia w naszych gospodarstwach leśnych a przede wszystkim naszego modrzewia rodzimego *Larix polonica* Rac., trudno byłoby pominąć dziś zagadnienie mykorhizy w całokształcie rozwoju tego rodzaju czy gatunku.

Wychodzę z założenia, że słusznym będzie sięgnięcie do najpierwotniejszych stanowisk i prześledzenie kształtowania się mykorhizy w najbardziej naturalnych warunkach.

W Polsce najpierwotniejsze zespoły modrzewia leżą w paśmie Gór Świętokrzyskich, stanowiących główne centrum naturalnego zasięgu *Larix polonica* Rac. (J e d l i ń s k i, 1922).

Poznawszy rozwój mykorhizy w rodzimym gnieździe modrzewia polskiego, będziemy mogli poznać jego wymagania i potrzeby w odniesieniu do tego zjawiska, co nam ułatwi często trudne jeszcze do tej pory rozpowszechnianie tego gatunku.

Badań nad mykorhizą u modrzewia jest dość dużo (M e l i n 1922, H a m m a r l u n d 1923, E a s t o e 1941), ale badania nad mykorhizą u modrzewia polskiego. prowadził tylko D o m i n i k (1950). Wnioskując ogólnie na podstawie tych prac można powiedzieć, że typową mykorhizą dla modrzewia jest mykorhiza ektotroficzna.

Obserwacje terenowe prowadzone przez G i l b e r t'a (1928), wykazały dla modrzewia istnienie pewnych szczególnie wiernych grzybów mykorhizowych jak: *Hygrophorus lucorum*, *Boletus elegans*

*Boletus tridentinus*, *Boletus viscidus*, *Boletus laricinus*, *Clavaria palmata*.

Badania M e l i n a (1922, 1925) odnoszą się do czystych kultur i mają duże znaczenie ale raczej tylko teoretyczne: wykazały one, że na korzeniach *Larix europea* występuje mykorhiza ektotroficzna tworzona przez takie grzyby kapeluszowe jak: *Amanita muscaria*, *Boletus elegans*, *Boletus luteus*, *Boletus variegatus*, *Cortinarius camphoratus*, *Tricholoma psammopus*. Poza tym autor ten wyszczególnia jeszcze mykorhizę ektotroficzną tworzoną przez grzyby nie owocujące, które nazwał wspólną nazwą *Rhizoctonia silvestris*.

Na korzonkach *Larix occidentalis* zaobserwował M e l i n (1922) tworzenie mykorhizy tylko przez *Boletus elegans* i *Boletus luteus*.

D o m i n i k (1950) w swojej pracy nad mykorhizą modrzewia polskiego w Czerniejewie, obserwuje występowanie *Boletus elegans* i *Boletus erythropus* pod koronami modrzewia, z czego wysnuwa słuszny wniosek, że te właśnie gatunki mogą być twórcami występującej tam mykorhizy.

I tu właśnie zaczyna się wyłaniać zagadnienie: mykorhiza a zespół, lub szerzej ująwszy, mykorhiza a biocenoza, tak silnie akcentowane przez D o m i n i k a w Polsce a B j ö r k m a n a w Szwecji.

Doświadczenia w czystych kulturach, bezwarunkowo bardzo cenne, nigdy jednak nie dadzą nam istotnego obrazu, a przede wszystkim nie dadzą leśnikom rozwiązania zagadnień czysto nieraz praktycznych, związanych ze skomplikowanym stanem mykorhiz w naszych biocenozach leśnych. W czystych kulturach grzyb jest podawany roślinie, roślina podawana grzybowi. W przyrodzie nie możemy się tego spodziewać. Tam nie mamy do czynienia z jednym grzybem ani jedną rośliną, tam mamy do czynienia ze skomplikowanym stanem zespołów naturalnych.

Najlepszym przykładem tych różnic, są wyniki uzyskiwane z doświadczeń w czystych kulturach i z obserwacji w terenie. I tak, M e l i n (1925) z obserwacji nad mykorhizą tworzoną przez *Rhizoctonia silvestris* w czystych kulturach, stwierdza, że grzyb w tych warunkach wykazuje wysoką wirulencję i tworzy na siewkach sosny pseudomykorhizy, podczas gdy w terenie wykazuje w odniesieniu do wyższych symbiontów dodatni stosunek i żyje w mutualistycznej symbiozie, spełniając taką samą rolę jak właściwe grzyby mykorhizowe.

To samo obserwujemy jeśli weźmiemy pod uwagę takie zagadnienie jak wpływ odczynu gleby na występowanie i rozwój mykorhizy. W czystych kulturach *Melin* stwierdza optimum przy  $\text{pH} = 5$  dla rozwoju mykorhizy u sosny i świerka, przy dolnej granicy równej  $\text{pH} = 3,5$  a górnej  $\text{pH} = 7$ . Porównując te dane z danymi z terenu *Melin* stwierdza, że następuje tu całkowite pogmatwanie tych granic, i że mykorhiza tak samo dobrze się rozwija przy  $\text{pH} = 3,5$  czy też  $\text{pH} = 7$ . Oczywiście bardziej krańcowe odczyny gleby w naturalnych warunkach powodują zakłócenia w rozwoju mykorhiz.

Oprócz tych czynników (faktorów jak nazywa *Melin*) wpływających na rozwój i występowanie takiej czy innej mykorhizy, istnieje jeszcze cały szereg innych rozpatrywanych osobno przez różnych badaczy. Do takich należą, na przykład składniki glebowe jak: próchnica, związki azotowe, fosforowe i inne. Badają je: *Melin* (1925), *Björkman* (1942), *Möller* (1929). Związki hamujące rozwój grzybów badał *Melin* (1925). Ostatnio *Björkman* (1942) badał wpływ światła na rozwój mykorhiz.

W dalszym ciągu podkreślam, że wszystkie te zagadnienia traktowane były w oderwaniu od całości i od wzajemnych wpływów na siebie, jakie bezwątpienia muszą mieć miejsce w naturalnych warunkach.

Weźmy jeszcze pod rozważanie twierdzenie *Björkmana*, że występowanie mykorhizy ektotroficznej typu  $D_n$ , tak zwanej „czarnej mykorhizy“ u sosny i świerka jest uzależnione od silniejszego ocieniania czyli, jak on pisze od gęstości drzewostanu, przy równoczesnym stwierdzeniu, że mykorhiza  $D_n$  w pierwotnych drzewostanach jest bardzo częsta, a w młodych drzewostanach sosnowych całkiem jej brak. Jeśli teraz uwzględnimy jeszcze dodatni wpływ światła na rozwój mykorhiz w ogóle (*Björkman* 1942), to od razu nasuwa się nam przypuszczenie, czy raczej nie należy tłumaczyć tego zjawiska ustaloną równowagą między mikroflorą gleby i zespołem roślin zielonych w pierwotnych drzewostanach, której brak w młodych kulturach sosnowych badanych przez *Björkmana*.

Jasno sprecyzował pogląd na tę sprawę *Dominiak* (1950) w swojej pracy nad modrzewiem czarniejewskim, z której zacytuję urywek:

„W zespołach leśnych zrównoważonych od pokoleń ustala się pewien stan harmonijnego składu mikroflory glebowej przy czynnym udziale roślinności zielonej (trawienie gatunków nie odpowiadających symbiontów w warstwie trawiennej, która może objąć całą

korę pierwotną mykorhizy endotroficznej). Korzenie starych drzew przekazują młodym siewkom, powstającym z ich nasienia, odpowiednie rasy czy odmiany grzybowych symbiontów, z którymi już ułożył się odpowiedni stosunek korzystnego współżycia. Dlatego w naturalnych zespołach roślinnych pseudomykorhizy muszą być niezmiernie rzadkim objawem“.

O tym jaki wpływ ma zespół roślinny na kształtowanie się mykorhizy u danego rodzaju czy gatunku, świadczą dotychczasowe prace B j ö r k m a n a w Szwecji, który stwierdza, badając różne typy drzewostanów iglastych, zmienną frekwencję mykorhizy u młodych siewek w zależności od różnych typów drzewostanów (kładzie on główny nacisk raczej na warunki świetlne niż rodzaj zespołu), a przede wszystkim prace prowadzone przez D o m i n i k a, który w badaniach mykotrofizmu roślinności wydm nadmorskich i śródlądowych wykazuje zależność, czy to w ogóle występowania, czy to występowania takiego czy innego rodzaju mykorhizy u danego gatunku, od zespołu w którym on występuje. I tak, *Artemisia campestris* f. *maritima* w *Ammophiletum* jest autotroficzna, gdy w *Pinetum empetrosum* i w *Salicetum repentis* wykazuje obfitą mykorhizę endotroficzną.

W odniesieniu do drzew leśnych, a w tym wypadku do modrzewia, zagadnienie staje się o tyle ważne, że gdy zechcemy go wprowadzić na tereny, gdzie warunki ekologiczne nie będą w optimum jakiego wymaga, zawiązanie się korzystnej mykorhizy może się stać tym czynnikiem, który zadecyduje o udaniu się upraw.

Góra Chełmowa gdzie przeprowadziłem swoje badania nad mykorhizą siewek modrzewia polskiego, stanowi naturalny i pierwotny ośrodek jego występowania w Górach Świętokrzyskich.

Tamtejsze zespoły leśne kształtowały się przez szeregi pokoleń leśnych i wytworzyły swoistą dla siebie biocenozę, w ramach której musi wykształcać się korzystna i bogata mykorhiza.

Na zakończenie tego ogólnego rozważania chciałbym jeszcze zaznaczyć, że wspomniana przeze mnie praca D o m i n i k a (1950) nad modrzewiem polskim w Czarniejewie jest dla mnie cennym punktem oparcia w rozważaniach nad rozwojem mykorhizy u *Larix polonica* Rac. w zależności od zespołów.

Modrzew czarniejewski jak i drzewostan w którym występuje jest sztucznie wprowadzony na dawne tereny porolne, przy równoczesnym zachowaniu typowego charakteru naturalnych drzewostanów Wielkopolski. Widzimy więc, że zarówno z punktu widzenia



zespołu jak i ekologicznego różni się jego stanowisko od naturalnych stanowisk modrzewia polskiego na Górze Chełmowej.

Wyniki analizy korzonków, na obecność i jakość mykorhizy, z obu zespołów, to znaczy z Góry Chełmowej i Czerniejewa wykażą jak to zobaczymy w dalszych częściach tej pracy zasadnicze różnice, dokumentujące jeszcze raz wpływ warunków fitosocjologicznych na rozwój mykorhizy.

Materiał przeanalizowany w tej pracy zebrałem z Góry Chełmowej w Górach Świętokrzyskich, ze szkółek w Górach Świętokrzyskich, z Kocich Gór koło Wrocławia (z drzewostanu mieszanego i szkółki).

\* \* \*

Przechodząc do części szczegółowej badań, wskazanym będzie dokładne zapoznanie się z opisami i klasyfikacją różnych typów mykorhiz drzew leśnych, ustalonymi przez szwedzkich badaczy. Jest to podział w obrębie mykorhizy ektotroficznej.

M e l i n i jego szkoła w ogólnym typie mykorhizy ektotroficznej wyróżnia jeszcze szereg podtypów. Klasyfikacja ta uwzględnia rodzaj drzewa, budowę morfologiczną korzonków mykotroficznych, budowę mufki grzybowej i rozmieszczenie jej na korzonku, jak i charakter strzępek grzyba tworzącego mufkę. Wyróżniono następujące podtypy:

- mykorhiza A* — u sosny i świerka, morfologicznie daje się rozpoznać po korzonkach widlasto lub monopodialnie rozgałęzionych. Mufka od szaro-białej aż do ciemno brązowej, o grubości 0—80  $\mu$ .
- mykorhiza B* — u wszystkich iglastych, charakteryzuje się tym, że symbiotyczny grzyb tworzy mufkę tylko na szczycie korzonka mykotroficznego, podczas gdy reszta korzonka wykazuje charakter pseudomykorhiz.
- mykorhiza C* — u różnych rodzajów drzew, morfologicznie przekształca kilka korzonków w bulwki. Mufka grzybowa przeważnie bardzo gruba 100  $\mu$ , barwy żółto szarej, posiada z reguły odchodzące od niej wokół liczne sznury strzępek.
- mykorhiza D* — znana również pod nazwą czarnej mykorhizy dzieli się na dwa podtypy:

mykorhiza  $D_n$  — tworzona przez grzyba *Mycelium Radicis atrovi-*  
*rens*, o cienkich strzępkach, czarno brązowych,  
 które tworzą wtórną mufkę na mufce mykorhi-  
 zy A.

mykorhiza  $D_n$  — tworzona przez grzyba *Cenococcum graniforme*  
 (*Rhizoctonia silvestris* Melin, *Mycelium Radicis*  
*nigrostrigosum* Hatch), o grubych, prawie czar-  
 nych strzępkach, odchodzących od mufki promie-  
 niście. Mufka grzybowa bardzo charakterystycz-  
 na, czarna, o wyraźnej budowie pseudoparenchy-  
 matycznej.

Podział ten jest dość zawiły i rzadko używany, przytaczam go jednak ze względu na konieczność porównywania różnorodnych ty-  
 pów mykorhiz, znalezionych przeze mnie u modrzewia polskiego,  
 z opisami autorów szwedzkich, dotyczącymi innych rodzajów i ga-  
 tunków drzew.

Mykorhiza typu  $D_n$  po raz pierwszy opisana została na *Pinus*  
*silvestris* przez M e l i n a, jako tak zwana „czarna mykorhiza“  
 w Grünewald koło Berlina. Grzyba, który tworzy tą mykorhizę M e-  
 l i n określił jako *Rhizoctonia silvestris*, uznając ten typ mykorhizy  
 za bardzo rzadki.

Szczegółową pracę nad tego typu mykorhizą i grzybem two-  
 rzącym ją u *Pinus strobus*, *Pinus silvestris* przeprowadził H a t c h  
 (1934), w lasach doświadczalnych północnej Szwecji, stwierdzając,  
 że mykorhiza ta jest zewnętrznie charakterystyczną przez obfitość  
 szorstkich, błyszczących czarnych strzępek, odchodzących od mufki  
 grzybowej na wszystkie strony. Pojedyncze strzępki posiadają wy-  
 miary 4—15  $\mu$  grubości, sama mufka 30—60  $\mu$  grubości o charaktery-  
 stycznej budowie pseudoparenchymatycznej. Strzępki wewnątrz ko-  
 mórek 4—5  $\mu$  grube sięgają aż do endodermy, tworząc siatkę Harti-  
 ga. Określa on tego grzyba jako *Mycelium Radicis nigrostrigosum*  
 i stwierdza, że grzyb ten jest szeroko rozpowszechniony w Szwecji  
 oraz Stanach Zjednoczonych a wydaje się być także znaleziony w Ja-  
 poni. Najobficiej rozwija się w ubogich glebach. Uważa za rzecz nie-  
 wątpliwą, że to właśnie on tworzy czarną mykorhizę, którą M e l i n  
 przypisywał *Rhizoctonia silvestris*.

Ciekawe obserwacje nad występowaniem i kształtowaniem się  
 mykorhizy typu  $D_n$  w terenie u świerka i sosny, przeprowadził  
 B j ö r k m a n (1942). Stwierdza on, że mykorhiza ta jest częstą  
 i dobrze wykształconą u sosny i świerka w pewnych typach drzewo-

stanów jak np.: w *Picetum vacciniosum*, borze mieszanym mszystym, borze mieszanym typu *Hylocomium*, podczas gdy w *Picetum geranium*, *Quercetum anemonum*, *Pinetum cladoniosum* w ogóle nie wysępuje lub bardzo rzadko.

W dalszych swych spostrzeżeniach stwierdza, że mykorhiza  $D_n$  w pierwotnych drzewostanach jest częstą, podczas gdy w drzewostanach sztucznych, szczególnie na otwartych przestrzeniach w ogóle jej brak i co tłumaczy dodatnim wpływem ocienienia na rozwój tego typu mykorhizy. Można by raczej przyjąć negatywny wpływ światła na jej rozwój.

*L i h n e l l* (1942) w swej pracy nad *Cenoccocum graniforme* jako twórcy mykorhizy  $D_n$  u drzew leśnych stwierdza, że *Cenoccocum graniforme* i *Mycelium Radicis nigrostrigosum* Hatch, są tymi samymi organizmami, różnią się tylko nazwą, przy czym nazwa *M. R. nigrostrigosum*, której używa Hatch, jako nowsza musi ustąpić starszej nazwie *Cenoccocum graniforme*. W dokładnym opisie *C. graniforme* z czystych kultur *L i h n e l l* podaje: strzępki 4—5  $\mu$ , grubości, czarne, w mikroskopie przy ostrym świetle prześwietlającym żółto-brązowe aż do czarno-brązowych, gładkie lub gęsto oblamowane małymi, brodawkowatymi tworami, prawdopodobnie stwardniałymi kroplami wydzielin, nigdy nie tworzące sprzążek. W czystych kulturach sklerot nie tworzy, podczas gdy w terenie *L i h n e l l* obserwuje tworzenie przez tego grzyba typowych sklerot.

Na podstawie własnych badań i literatury *L i h n e l l* stwierdza, że *Cenoccocum graniforme* tworzy mykorhizę typu  $D_n$  u *Pinus silvestris*, *Pinus strobus*, *Pinus resinosa*, *Picea abies*, *Betula verrucosa*, *Populus tremula*, *Tilia cordata*.

We wnioskach swych *L i h n e l l* nadmienia: „Uważam, że *Cenoccocum graniforme* jest typem grzyba polyphagicznego w odniesieniu do tworzenia mykorhizy, i należy przypuszczać, że tworzy on również mykorhizę z innymi drzewami, co jednak dotąd nie zostało zbadane“.

Ponieważ dotychczas, jako miejsce występowania *Cenoccocum graniforme* podawano Szwecję, St. Zjednoczone i Japonię, *L i h n e l l* stawia drugie przypuszczenie o powszechności występowania tego grzyba.

Na zakończenie swej pracy porównuje on i wykazuje podobieństwo między budową i strukturą mufki *Cenoccocum*-mykorhizy, a strukturą ścian perytheciów u grzyba z klasy workowców, rzędu *Plectascales*, rodzaju *Cephaloteca*, na podstawie której stawia hipotezę przynależności *Cenoccocum graniforme* do klasy workowców.

\* \* \*

Góra Chełmowa leży koło Nowej Słupi na północ od głównego pasma Gór Świętokrzyskich. Sama Góra Chełmowa wznosi się na 347 m nad poziomem morza, podnóże 280 m. Średnia opadów 700 mm, średnia ciepłoty 6—6,5°C (J e d l i ń s k i, 1922).

Badania geologiczno-gleboznawcze, wykazały, że Góra Chełmowa składa się z twardego, jasno szarego, ścisłego, do kwarcytu podobnego piaskowca, pokrytego lessem. Jak podaje J e d l i ń s k i (1922) wschodnio-południowe zbocze różni się pod tym względem, posiadając gorsze warunki dla upraw leśnych, ze względu na to, że less leży tam na płytkim i nie zwiertzałym podłożu, tracąc swą żyzność wskutek stałego wymywania przez wodę i zbyt intensywnego dostępu światła. Natomiast zachodnie i północne zbocza (teren moich badań) posiadają szczególnie korzystne warunki dla uprawy leśnej.

Analiza mechaniczna gleb w Górach Świętokrzyskich według M u s i e r o w i c z a (1951), przedstawia się następująco:

| Miejscowość<br>i grupa<br>mechaniczna                                        | Części                          |                              | Średnica cząstek ziemistych w mm |          |          |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------|----------|------|------|------|------|
|                                                                              | szkieletowe<br>1 mm<br>∧<br>0/0 | ziemiste<br>1 mm<br>∨<br>0/0 | 1—0,5                            | 0,5—0,25 | 0,25—0,1 | 0,1  | 0,05 | 0,05 | 0,02 |
|                                                                              |                                 |                              | 0/0                              | 0/0      | 0/0      | 0/0  | 0/0  | 0/0  | 0/0  |
| Święty Krzyż<br>less<br>pochodzenia<br>eolicznego<br>z głębokości<br>0—20 cm | 0,5                             | 99,5                         | 4,8                              | 4,8      | 4,8      | 15,3 |      | 59,2 | 20,7 |
| od 120 cm                                                                    | —                               | 100                          | 3,5                              | 3,5      | 3,5      | 13,2 |      | 55,6 | 27,7 |

Wykopany przeze mnie profil w drzewostanie na zboczu północno-zachodnim Góry Chełmowej przedstawia się następująco:

- A<sub>0</sub> — różnej grubości warstwa ściółki dobrze się rozkładającej.
- A<sub>1</sub> — 5 cm warstwa kumulacyjna z dużą domieszką próchnicy, koloru ugru naturalnego, pH = 4,5, łagodnie przechodzi w warstwę eluwalną.
- A<sub>2</sub> — 20 cm warstwa eluwalna lessu, jaśniejsza od poprzedniej, koloru jasno kakaowego, przechodzi łagodnie w warstwę iluwalną.
- B — optycznie nie wyróżnialna.

C — bardzo głęboki less koloru czerwono-kakaowego, pH = 5.

Korzenie drzew sięgają głęboko w warstwę C. Korzenie badanych siewiek przerastają wszystkie horyzonty A.

Jak widać z podanego profilu jest to typ gleb lessowych, głębokich, o słabym zbielicowaniu. Pod względem wilgotności i kwasowości należy je zaliczyć do gleb świeżych i kwaśnych.

Przechodząc do opisu zespołów roślinnych północno-zachodniego zbocza Góry Chełmowej, pragnę jeszcze raz podkreślić, że pomimo iż drzewostan wchodzący w skład tamtejszych zespołów ulegał różnym zmianom na skutek gospodarki ludzkiej, jednakże zachował typowy charakter pierwotnych zespołów, warunkowany ciągłością pokoleń.

Sam drzewostan północno-zachodniego zbocza Góry Chełmowej, należy do typu Fageto-Abietetum mixtum, z wyspowo występującymi fragmentami boru mieszanego ze znacznym udziałem *Larix polonica* Rac. Udział poszczególnych rodzajów drzew w tym drzewostanie przedstawia się następująco:

Górne piętro — modrzew 0,3, buk 0,3, jodła 0,1, dąb 0,2, sosna 0,1. Piętro to osiąga przeciętną wysokość 28—31 m przy nierównomiernym zadrzewieniu 0,3—0,5. Średni wiek 100—120 lat ze starszymi okazami modrzewia i dębu, które sięgają tu wieku przeszło 140 lat.

Drugie piętro o lukowatym zwarcie tworzy młody buk, osiągając wysokość 18 m i wykazując dużą dynamikę rozwojową.

W podroście na lukach występuje dobrze rozwijający się buk, rzadziej modrzew, jodła, dąb.

Podszyt stanowi głównie szakłak kruszyna, jarzębina i sporadycznie osika.

Na lukach obserwujemy obfity nalot modrzewia, poza tym buka, jodły a sporadycznie deba i sosny.

W piętrze roślinności zielnej występuje zespół runa w skład którego wchodzi: *Oxalis acetosella*, *Majanthemum bifolium*, *Fragaria vesca*, *Veronica officinalis*, *Hieracium murorum*, *Luzula pilosa*, *Agrostis vulgaris*, *Scrophularia nodosa*, *Lactuca muralis*, *Vaccinium myrtillus*, *Pirola minor*, *Pirola secunda*, *Viola silvestris*, *Hypericum perforatum*, *Carex sempervirens*, *Genista tinctoria*, *Epilobium angustifolium*, *Aspidium filix mas*, *Aspidium filix femina*.

Z mchów: *Polytrichum commune* (kępami) i *Hypnum Schreberi*.

Z owocujących w tym okresie grzybów kapeluszowych znalazłem: *Boletus elegans*, *Craterellus cornucopioides*, *Galera tenera*.

Siewki modrzewia polskiego na Górze Chełmowej z których pobrałem materiał korzeniowy do badań, rosły wokół starych macierzystych modrzewi, kępami, w miejscach odsłoniętych.

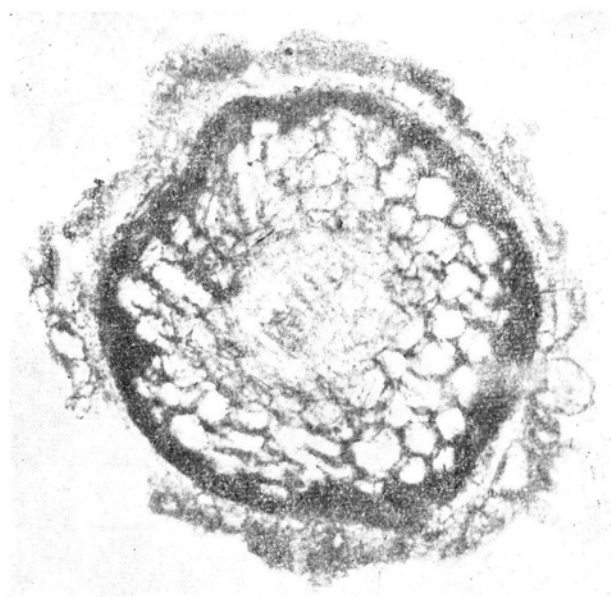
Rozwój siewek dobry, systemy korzeniowe dobrze rozwinięte, koloru czarno-brązowego. Przeciętna wysokość siewek wynosiła:

|                   |   |        |
|-------------------|---|--------|
| 1-dno rocznych    | — | 15 cm  |
| 2-u letnich       | — | 25 cm  |
| 3-y letnich       | — | 40 cm  |
| 4 i 5-cio letnich | — | 120 cm |

Materiał korzeniowy do badań zbierałem 29.IX.1950 r. Celem zbadania kształtowania się mykorhizy u siewek modrzewia sporządzałem preparaty mikroskopowe, krając korzonki ręczną brzytwą. Skrawki umieszczałem w kropli gliceryny. Nie stosowałem w moich badaniach normalnie stosowanej metody parafinowej ze względu na to, że w balsamie kanadyjskim pseudoparenchymatyczna mufka grzybowa jest bardzo słabo widoczna.

\* \* \*

U 1-dno rocznych siewek modrzewia polskiego z Góry Chełmowej makroskopowo dają się wyróżnić różne typy morfologiczne korzeni mykotroficznych:



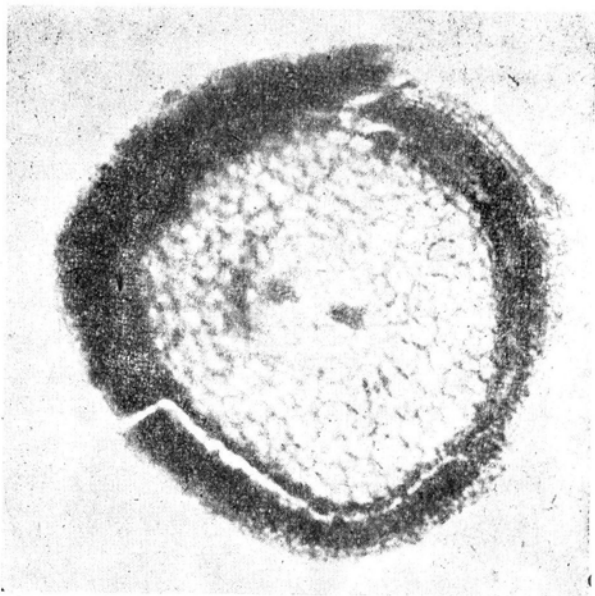
Ryc. 1. Jedna z form mufki grzybowej przy mykorhizie ektotroficznej typu A, u 1-dno rocznych siewek *L. polonica* z G. Chełmowej. Pow. 100 $\times$  (fot. autor).

1. krótkie, proste korzonki mykotroficzne, z luźną, szaro kutnerową mufką,
2. krótkie korzonki dichotomicznie rozwidłone, bez wyraźnej mufki,
3. krótkie, buławkowato na końcach zgrubiałe korzonki, czarne, bez widocznej gołym okiem mufki. Pod binokulem widzimy odchodzące od nich na wszystkie strony długie, czarne strzępki.

Mikroskopowo w morfologicznym typie opisanym w punkcie 1 obserwujemy, dobrze wykształconą mufkę grzybową o budowie pseudoparenchymatycznej, barwy brudno białej, bardziej zbitej przy powierzchni korzonka a luźniejszej z licznymi cząsteczkami gleby



Ryc. 2. Fragment pod dużym powiększeniem mufki z ryc. 1, z warstwą zbitą strzępek tuż przy korzonku i luźną, z cząsteczkami gleby po stronie zewnętrznej. Pow. 440  $\times$  (fot. autor.).



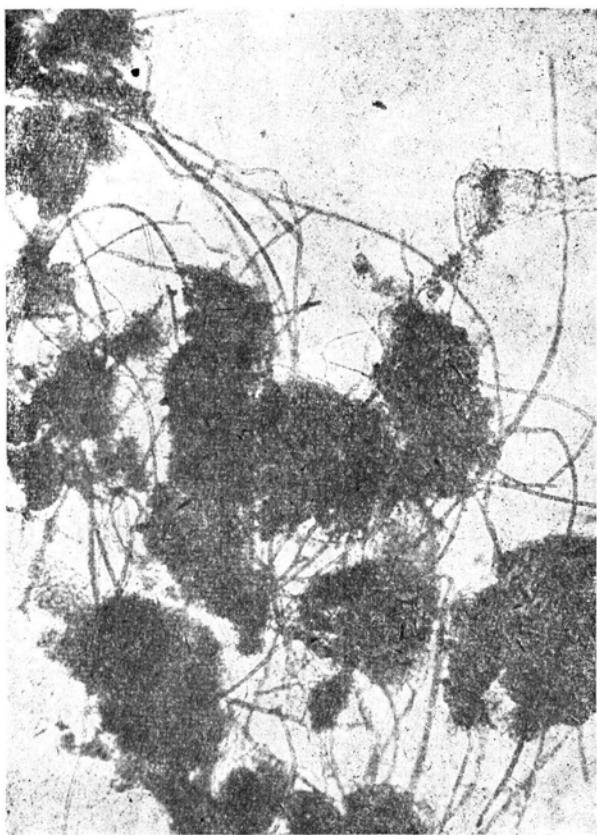
Ryc. 3. Inna forma mufki grzybowej mykorhizy ektotroficznej typu A, u 1-dno rocznych siewek *L. polonica* z G. Chełmowej. Pow. 100  $\times$  (fot. autor.).



Ryc. 4. Fragment dużego powiększenia mufki z ryc. 3, z dobrze widoczną, typową budową pseudoparenchymatyczną. Pow. 440  $\times$  (fot. autor.).



w partii zewnętrznej (ryc. 1, 2). Grubość mufki 22  $\mu$ . Istnieje wyraźna łączność anatomiczna między grzybem i tkanką korzenia. Strzępki grzyba przenikają do wnętrza korzenia między błonami komórkowymi kory pierwotnej. Endoderma i perycykl obficie wypełnione skrobią. Jest to mykorhiza ektotroficzna typu A.

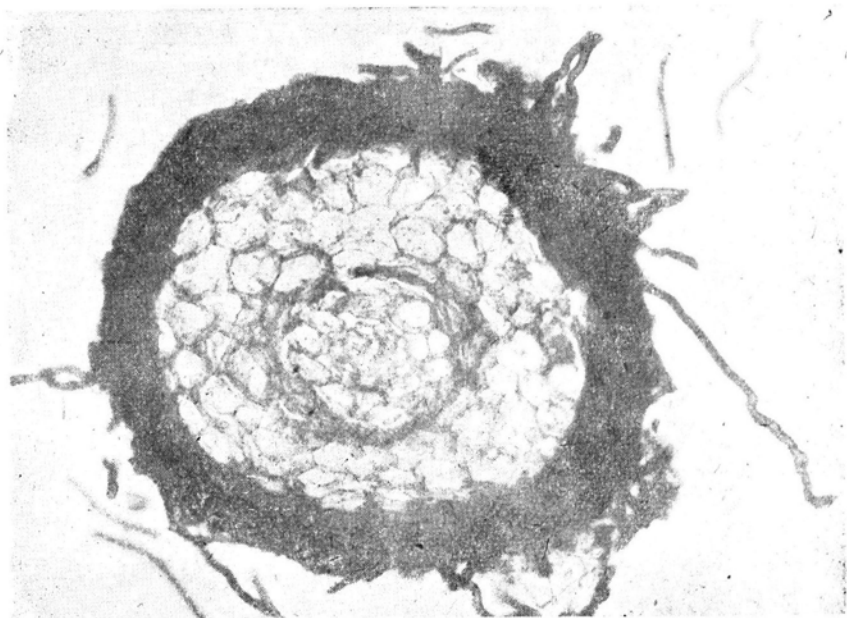


Ryc. 5. Skleroty i strzępki *Cenococcum graniforme*. Pow. 200  $\times$  (fot. T. Dominik).

Drugi typ morfologiczny o korzonkach dichotomicznie rozwidlonych opisany w punkcie 2, wykazuje pod mikroskopem bardzo dobrze wykształconą mufkę grzybową koloru ciemno brązowego, o typowej pseudoparenchymatycznej budowie, tworzącej delikatną siateczkę z prostokątnych oczek (ryc. 3, 4). Grubość mufki 66  $\mu$ . Strzępki grzyba tworzące mufkę są cienkie (3  $\mu$ ), przezroczyste. Endoderma i perycykl obficie wypełnione skrobią. Jest to mykorhiza ektotroficzna typu A.

Zanim przejdę do opisu mikroskopowego trzeciego typu morfologicznego, opisanego w punkcie 3, nadmienię, że daję tu bardzo dokładny opis tak grzyba, który tworzy tę mykorhizę, jak i jej samej, ze względu na dotychczasowy brak tych opisów w naszej literaturze.

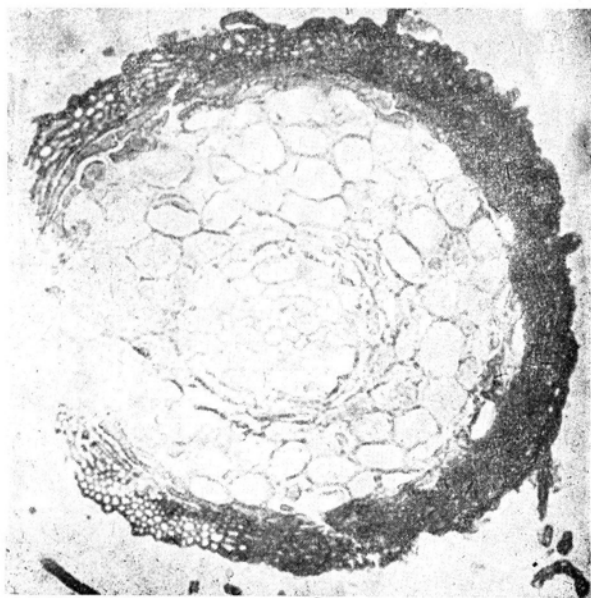
Mykorhiza ta, jak już pisałem we wstępie, została nazwana czarną mykorhizą i zakwalifikowana jako typ  $D_n$ . Tworzy ją grzyb pospolity w glebach leśnych, określony jako *Cenoccocum graniforme*.



Ryc. 6. Dobrze widoczna czarna mufka grzybowa mykorhizy  $D_n$  z charakterystycznie odchodzącymi od niej strzępkami, u 1-dno rocznych siewek *L. polonica* z G. Chełmowej. Pow. 100  $\times$  (fot. T. Dominik).

Badane przeze mnie strzępki *Cenoccocum graniforme* pod mikroskopem, w świetle prześwietlającym posiadały kolor od ciemno żółtawo-brązowych aż do ciemno fioletowych, przeważnie gęsto obasypanych małymi brodawkowatymi tworami (jak *L i h n e l l* podaje, są to stwardniałe krople wydzieliny). Rzadziej strzępki są gładkie. Grubość strzępek wynosi 4—6  $\mu$ . Sprzążki nie występują. *Cenoccocum graniforme* w moich obserwacjach charakteryzuje się wytwarzaniem dużej ilości czarnych sklerot (ryc. 5). Żadnych form rozmnażania tego grzyba nie zaobserwowałem. Nie zaobserwowałem również tworzenia się rhizomorf.

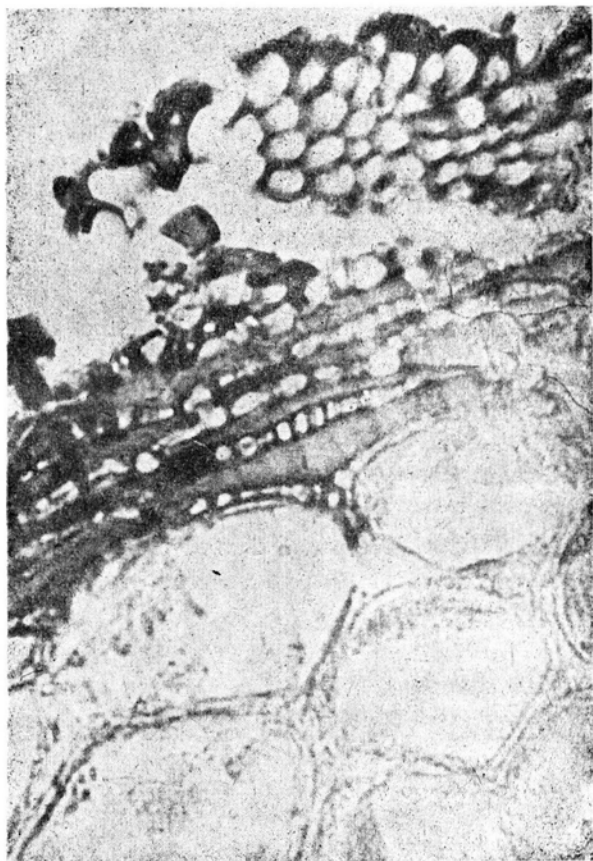
Badania anatomiczne na przekrojach poprzecznych wykazały, że *C. graniforme* tworzy mykorhizę ektotroficzną, z charakterystyczną czarną mufką grzybową, zbudowaną z pseudoparenchymy grzybowej w formie dość regularnej siateczki (ryc. 7, 9) z odchodzącymi od niej na boki długimi strzępkami (ryc. 6). Mufka ta obejmuje tylko sam zgrubiały wierzchołek korzonka, podczas gdy w starszych partiach już jej nie obserwujemy. Grubość mufki waha się w granicach 20—60  $\mu$ . W korze pierwotnej widać wnikanie strzępek między błonami komórkowymi w głąb korzonka aż do endodermy. Strzępki te tworzą wyraźną sieć Hartiga (ryc. 8). Jest rzeczą charakterystyczną, że strzępki wnikaające między komórkami do wnętrza korzenia, zachowują swoją ciemną barwę, a tylko w głębszych partiach komórek kory pierwotnej stają się bezbarwne. Endoderma i perycykl są obficie wypełnione skrobią bez śladów grzyba.



Ryc. 7. Czarna mufka mykorhizy typu  $D_n$  u 1-dno rocznych siewek *L. polonica* z G. Chełmowej. Pow. 200  $\times$  (fot. T. Dominik).

Druga forma mykorhizy tworzonej przez *C. graniforme*, a obserwowanej przeze mnie również na tych samych siewkach, występuje na normalnie wykształconych korzonkach bocznych ostatniego rzędu, nie posiadających żadnych morfologicznych cech korzonków mykotroficznych. Dopiero badania anatomiczne pozwalają zaobserwować specyficzną formę mykorhizy tworzonej przez tego grzyba

(ryc. 10). U korzonków tych obserwujemy dokładnie w trzech zewnętrznych warstwach komórek kory pierwotnej przerośnięcie ich strzępkami grzyba, który występuje tu nie tylko między błonami komórkowymi, lecz również wnika do wnętrza komórek. Partia tych komórek wykazuje bardzo silne zgrubienie błon komórkowych, wybarwionych na kolor szaro-fioletowy a wyglądem swym przypomina cienką mufkę (ryc. 11), którą L i h n e l l nazywa pseudomufką. Komórki te w dalszym rozwoju, ulegają skorkowaceniu i złuszczeniu. Wnikanie grzyba do wnętrza komórek jak już wyżej zaznaczyłem, obserwujemy tylko w trzech zewnętrznych warstwach komórek, gdzie występuje on przeważnie w formie niestrawionych strzępek (ryc. 12), a tylko w nielicznych komórkach ulega trawieniu



Ryc. 8. Fragment wnikania strzępek w głąb kory pierwot. przy mykorhizie  $D_a$ .  
Pow. 440  $\times$  (fot. T. Dominik).

(ryc. 13). Strzępki grzyba między komórkami mogą sięgać znacznie dalej, dochodząc nieraz aż do endodermy. Endoderma i perycykl wypełnione są skrobią, bez śladu grzyba.

Tę formę mykorhizy, możnaby uznać za formę przejściową między mykorhizą endo- i ektotroficzną.

U 2-u letnich siewek modrzewia polskiego z Góry Chełmowej makroskopowo daje się wyróżnić jeden typ morfologiczny korzonków mykotroficznych. Są to krótkie, dichotomicznie rozgałęzione korzonki pokryte widoczną gołym okiem, szarą, wołokowatą mufką grzybową.

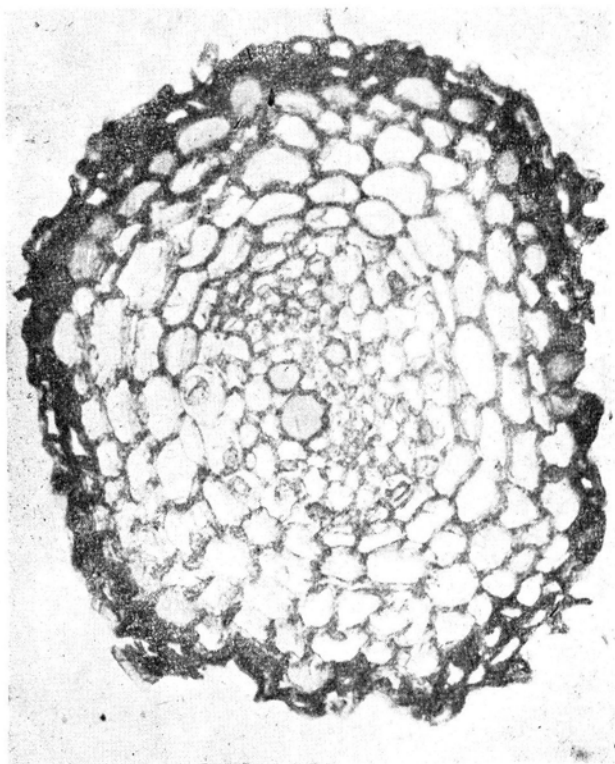


Ryc. 9. Fragment pod dużym powiększeniem mufki grzybowej przy mykorhizie typu D<sub>n</sub>, z dobrze zaznaczoną pseudoparenchymatyczną budową i czarną barwą. Pow. 440 × (fot. autor).

Mikroskopowo daje się zaobserwować dobrze wykształconą mufkę, 22  $\mu$  grubości, z pseudoparenchymy grzybowej koloru szarego, z wyraźnym przenikaniem strzępek w głąb korzonka między komórkami i wytwarzaniem sieci Hartiga. Endoderma i perycykl wypełnione skrobią bez śladu grzyba. Jest to mykorhiza ektotroficzna typu A.

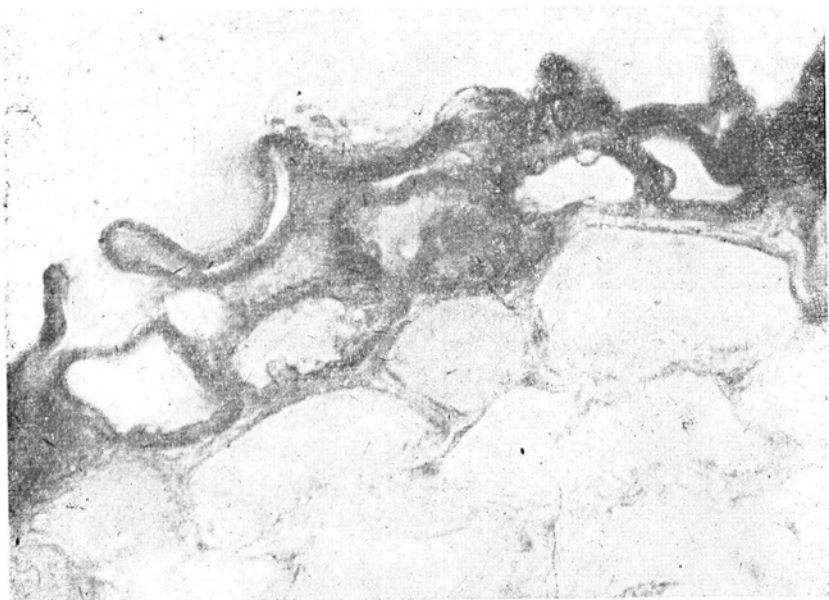
U 3-ch letnich siewek modrzewia polskiego z Góry Chełmowej makroskopowo wyróżniłem dwa typy morfologiczne korzonków mykotroficznych:

1. krótkie, dichotomicznie rozgałęzione korzonki, z widoczną gołym okiem filcowatą mufką koloru brudno białego,
2. krótkie, proste, zebrane w grona korzonki mykotroficzne z widoczną gołym okiem bardzo dobrze wykształconą, silnie zbitą mufką grzybową koloru brudno białego.

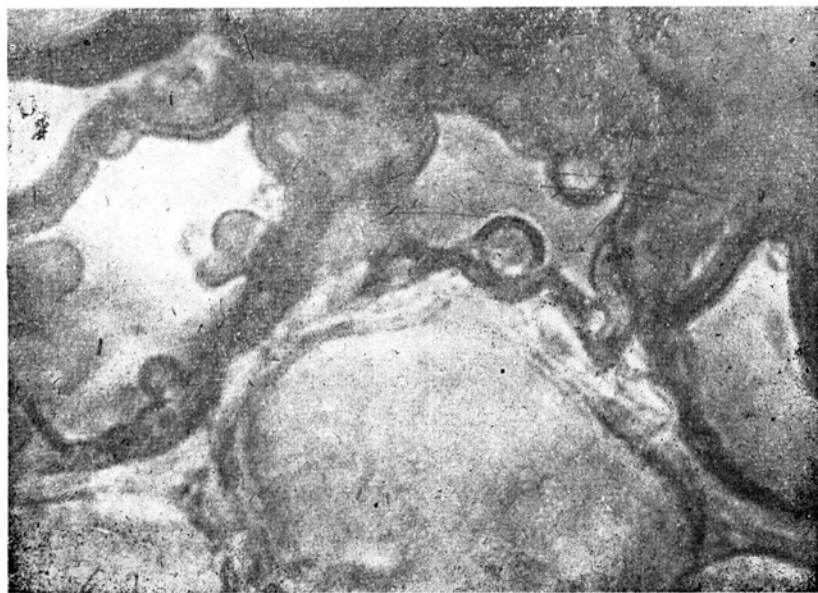


Ryc. 10. Przekrój poprzeczny korzonka z formą przejściową mykorhizy D. .  
Widoczna wokół korzonka „pseudomufka” u 1-dno rocznych siewek *L. polonica* z G. Chełmowej. Pow. 200 × (fot. T. Dominik).

Mikroskopowo, w morfologicznie opisanym typie w punkcie 1, wyróżniamy bardzo dobrze wykształconą mufkę grzybową o budowie pseudoparenchymatycznej, koloru białego, z widoczną warstwą złuszczaających się komórek kory, barwy brązowej. Grubość mufki 31  $\mu$  (ryc. 14). Strzępki grzyba wnikają międzykomórkowo w głąb korzonka, wytwarzając sieć Hartiga. Jest to typowa mykorhiza ektotroficzna typu A.



Ryc. 11. Fragment pod dużym powiększeniem z przekroju opisanego na rys. 10. Wyraźnie widać przegrzybienie trzech zewnętrznych warstw komórek korzonka, tworzących „pseudomufkę”. Pow. 880  $\times$  (fot. T. Dominik).



Ryc. 12. Fragment z dobrze widocznym grzybem wewnątrz komórek, z przekroju opisanego na rys. 10. Pow. 1900  $\times$ . Immersja. (fot. T. Dominik).



Drugi typ morfologiczny, opisany w punkcie 2, w badaniach anatomicznych wykazuje dobrze wykształconą mufkę z pseudoparenchymy grzybowej koloru szarego, o grubości 77  $\mu$  (ryc. 15). Grzyb nie wnika tu w głąb korzonka międzykomórkowo i nie wytwarza sieci Hartiga, jak to obserwujemy u typowej mykorhizy ektotroficznej, lecz przerasta prawie wszystkie warstwy komórek kory pier-



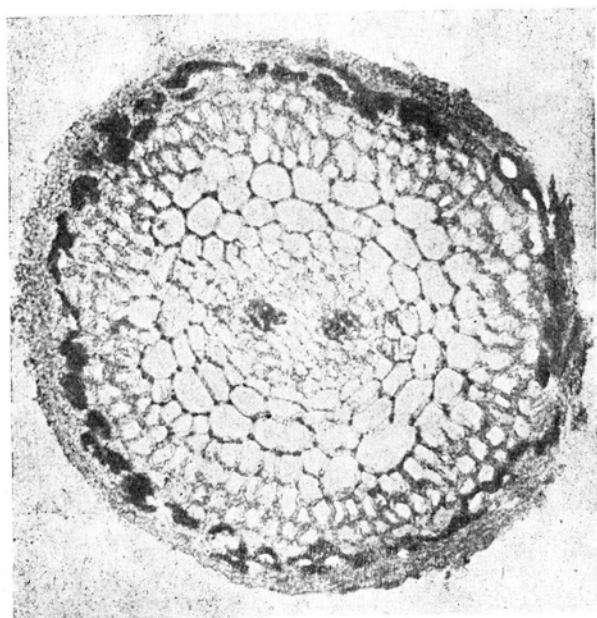
Ryc. 13. Jedna z zewnętrznych komórek kory wypełniona trawionym grzybem, widocznym w postaci grubej ziarnistości. Z przekroju opisanego na ryc. 10. Pow. 1900  $\times$ . Immersja. (fot. T. Dominik).

wotnej aż do endodermy (ryc. 16). Obraz ten jak pisze Dominik „robi wrażenie, że nie grzyb tkwi między komórkami miększu korowego, a raczej komórki miększu tkwią w pseudoparenchymie grzybowej“. Endoderma i cały walec osiowy bez śladu grzyba świadczą o korzystnym charakterze tego współżycia. Jest to specjalna forma mykorhizy ektotroficznej typu A.



U 4-o i 5-cio letnich siewek modrzewia polskiego z Góry Chełmowej wyróżniamy trzy morfologiczne typy korzonków mykotroficznych:

1. krótkie, dichotomicznie rozwidlone, pokryte szarą, filcowatą mufką,
2. krótkie, na końcach buławkowato zgrubiałe, czarne, bez widocznej gołym okiem mufki. Pod binokulem widzimy odchodzące od nich na wszystkie strony długie, czarne strzępki,
3. krótkie, proste, zebrane w grona korzonki z silnie zbitą, filcowatą mufką grzybową koloru szarego.

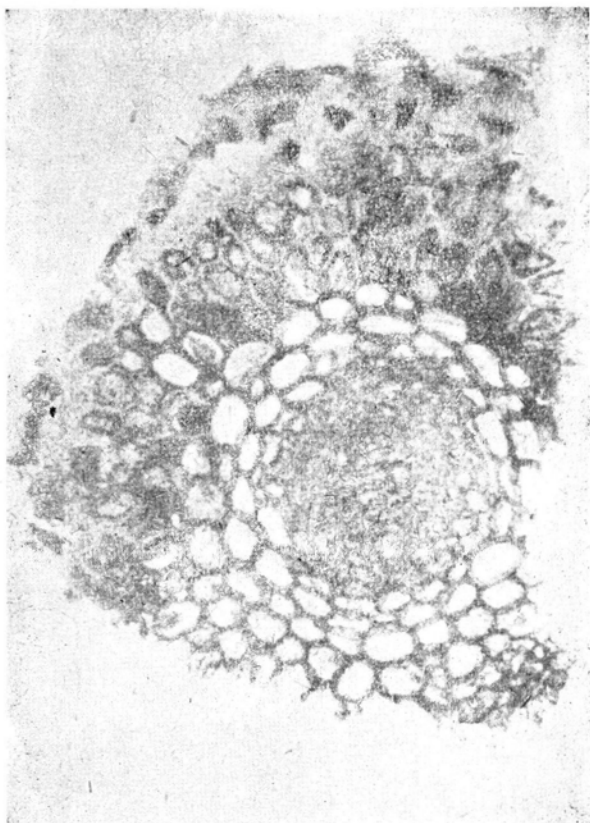


Ryc. 14. Przekrój poprzeczny korzonka 3-letniej siewki *L. polonica* z G. Chełmowej. Widać bardzo dobrze wykształconą, białą mufkę grzybową z ciemnymi plamami złączającymi się komórek kory. Pow. 100 $\times$  (fot. autor).

Mikroskopowo, w typie morfologicznym opisanym w punkcie 1, widzimy dobrze wykształconą mufkę z pseudoparenchymy grzybowej, koloru brudno białego, grubości 28  $\mu$ , ze strzępkami wnikałymi międzykomórkowo w głąb korzonka i oplatającymi komórki kory, dobrze wykształconą siecią Hartiga. Endoderma i perycykl wypełniony skrobią bez śladu grzyba. Jest to mykorhiza ektotroficzna typu A.

Mykorhizy typu morfologicznego, opisanego w punkcie 2, nie będę tu opisywał, gdyż jest identyczna z opisaną już mykorhizą ektotroficzną typu D<sub>n</sub> u 1-dno rocznych siewek.

Trzeci morfologiczny typ, opisany w punkcie 3, pod mikroskopem wykazał dobrze wykształconą mufkę z pseudoparenchymy grzy-

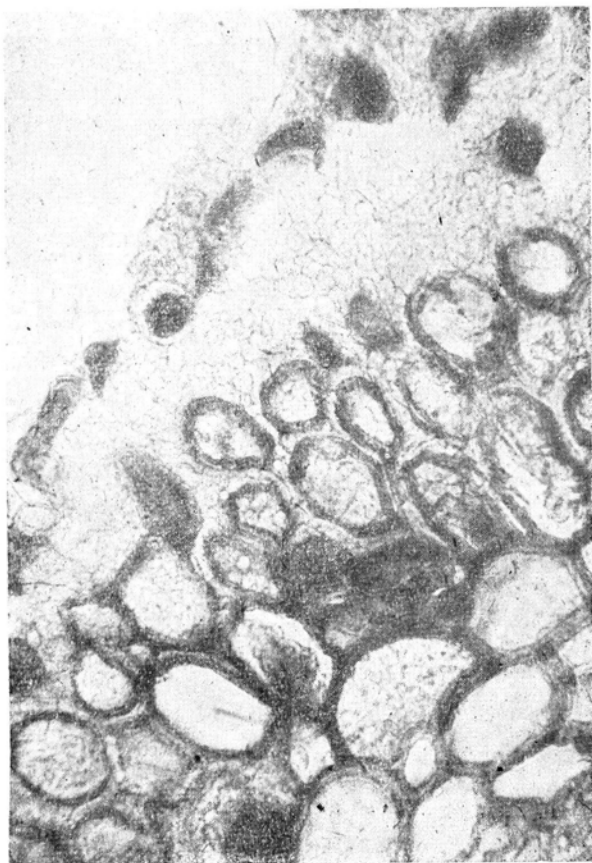


Ryc. 15. Przekrój poprzeczny korzonka 3-letniej siewki *L. polonica* z G. Chełmowej ze specjalną formą mykorhizy ektotroficznej typu A.

Pow. 200 × (fot. T. Dominik).

bowej, koloru brudno białego, grubości 50  $\mu$ , z przerośnięciem przez grzyba bardziej zewnętrznych warstw kory pierwotnej (dokładny opis anatomiczny jak u siewek 3-letnich, ryc. 16). Endoderma i perycykl wypełniony skrobią, bez śladu grzyba. Jest to specjalna forma mykorhizy ektotroficznej typu A.

Szkółki modrzewiowe w Górach Świętokrzyskich (Nadleśnictwo Św. Katarzyna) z których pobrałem materiał korzeniowy do badań, położone są w 60-cio letnim drzewostanie jodłowym z domieszką buka, sosny i jawora.



Ryc. 16. Fragment pod dużym powiększeniem, z przekroju opisanego na ryc. 15. Widać dobrze wykształconą mufkę i rozepchanie komórek kory pierwotnej przez grzyba. Pow.  $440\times$  (fot. T. Dominik).

Gleba tych szkółek da się określić jako przeszlamowany less z dużym udziałem części szkieletowych w postaci żwiru (0,5—15 mm). Pomiar kwasowości do głębokości 20 cm wykazał  $\text{pH} = 5$  przy silnej wilgotności gleby.

Modrzew został tu wysiany z nasion *L. polonica* Rac. zbieranych na Górze Chełmowej. Wysiewano go płytko w rowki, przysypując lekko ziemią próchniczną.

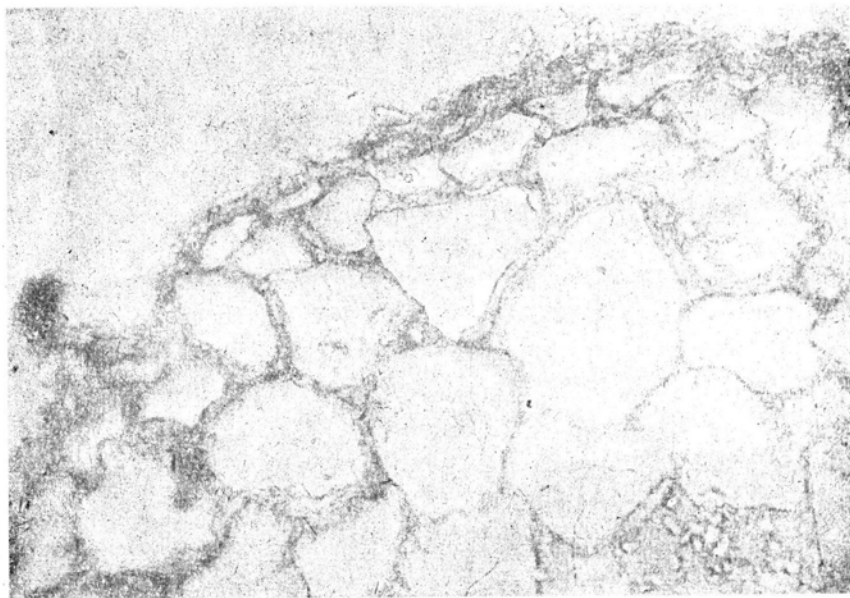
Rozwój siewek bardzo dobry. Systemy korzeniowe dobrze rozwinięte, koloru brązowo-żółtego. Przeciętna wysokość siewek wynosiła:

|                    |         |
|--------------------|---------|
| 7-mio miesięcznych | — 20 cm |
| 1-dno rocznych     | — 20 cm |
| 2-u letnich        | — 35 cm |
| 3-ch letnich       | — 70 cm |

Materiał korzeniowy do badań zbierałem 28.IX.1950 r.

\*  
\*   \*  
\*

U 7-mio miesięcznych siewek ze szkółki w Górach Świętokrzyskich makroskopowo brak jakichkolwiek objawów świadczących o mykorhizie.



Ryc. 17. Fragment przekroju poprzecznego korzonka 7-mio miesięcznej siewki *L. polonica* z szkółki w G. Świętokrzyskich z mykorhizą endotroficzną.

Widać wnikanie grzyba między błonami komórek kory w głąb korzonka.

Pow. 440 × (fot. T. Dominik).

Mikroskopowo obserwujemy występowanie obfitej mykorhizy endotroficznej typu tolypophagicznego. Grzyb wnika tu między błonami komórek w głąb kory pierwotnej (ryc. 17), skąd przenikając do wnętrza komórek tworzy splątki bezbarwnych strzępek, całych lub

trawionych (ryc. 18, 19). Komórki mykotroficzne występują w bardziej zewnętrznej partii kory pierwotnej. Endoderma i cały walec osiowy czysty, bez śladu grzyba. W niektórych wypadkach dają się zaobserwować dobrze wykształcone włosniki. Przeważnie jednak włosników brak a rhizoderma posiada błony silnie zgrubiałe.



Ryc. 18. Dwie komórki korzonka 7-mio miesięcznej siewki *L. polonica* ze szkółki w G. Świętokrzyskich. Dobrze widać całe strzępki grzyba wewnątrz komórek. Pow. 1900  $\times$ . Immersja. (fot. T. Dominik).

U 1-dno rocznych siewek ze szkółki w Górach Świętokrzyskich makroskopowo dają się już wyróżnić bardzo nieliczne korzonki dichotomicznie rozwidłone. Pod mikroskopem obserwujemy na nich cieniutką ( $15\ \mu$ ) mufkę pseudoparenchymy grzybowej, barwy szaro brązowej (ryc. 20), ze strzępkami wnikającymi między komórkami w głąb kory pierwotnej i tworzącymi dobrze wykształconą sieć Har-

tiga (ryc. 21). Jest to słabo wykształcona mykorhiza ektotroficzna typu A.

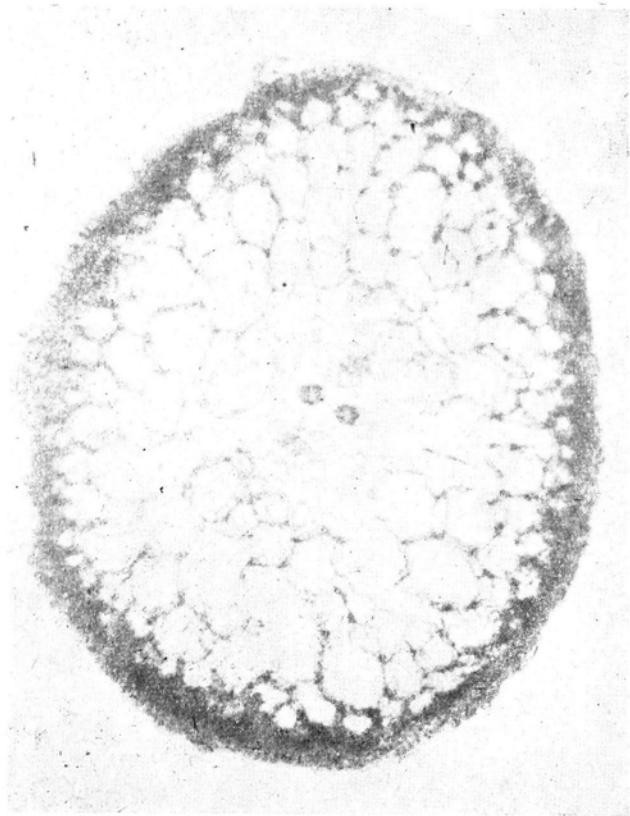
Oprócz tej rzadko występującej mykorhizy ektotroficznej, u siewek jednorocznych obserwujemy jeszcze obficie występującą mykorhizę endotroficzną typu tolypophagicznego (opis anatomiczny jak u siewek 7-mio miesięcznych).



Ryc. 19. Fragment parenchymy wypełnionej trawionym grzybem u tego samego korzonka co na ryc. 18. Pow. 1900  $\times$ . Immersja (fot. T. Dominik).

U 2-u letnich siewek ze szkółki w Górach Świętokrzyskich głównie występuje typowa mykorhiza endotroficzna typu tolypophagicznego, bez wyraźnego zróżnicowania na warstwę trawienną i garbnikową. Grzyb występuje tu bardzo obficie, wnikając między błonami komórkowymi w głąb korzenia, prawie aż do endodermy, i wypełnia dokładnie wnętrza komórek bezbarwnymi splątkami strzępek (ryc. 22), które w większości komórek kory pierwotnej ulegają inten-

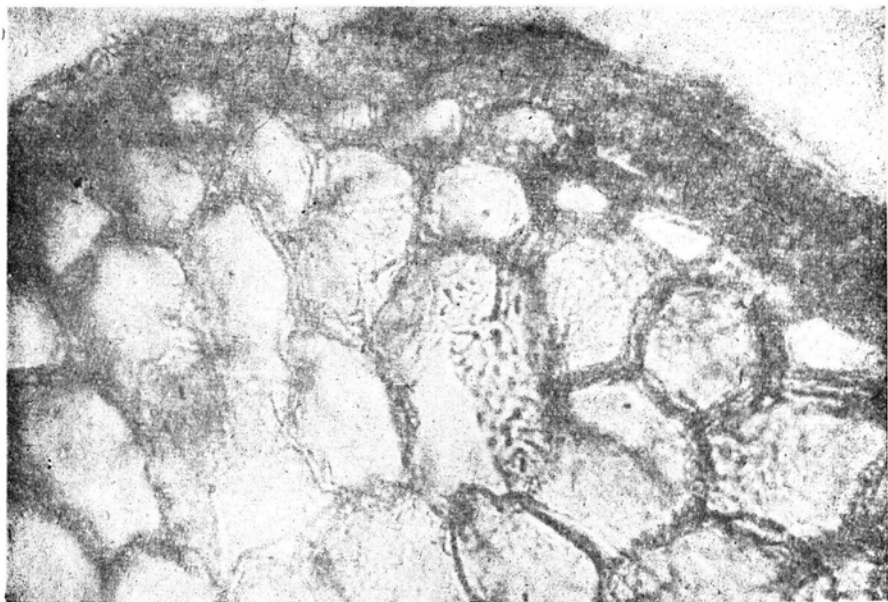
sywnemu trawieniu przez roślinę tak, że grzyb przedstawia się w nich w postaci żółtej masy (ryc. 23). Endoderma i perycykl wypełniony skrobią bez śladów grzyba. Sporadycznie występują korzonki, na których można obserwować próby zawiązywania się mykorhizy ektotroficznej. W tych wypadkach korzonek opłatany jest luźnymi strzępkami z próbą wnikania w głąb.



Ryc. 20. Przekrój poprzeczny korzonka 1-dno rocznej siewki *L. polonica* ze szkółki w G. Świętokrzyskich, ze słabo wykształconą mufką mykorhizy ektotroficznej typu A. Pow. 100  $\times$  (fot. autor.).

U 3-ech letnich siewek ze szkółki w Górach Świętokrzyskich makroskopowo widać krótkie, proste korzonki mykotroficzne, pokryte widoczną gołym okiem mufką grzybową koloru szarego.

Badania anatomiczne wykazały obecność mykorhizy ektotroficznej typu A, z dobrze wykształconą mufką z pseudoparenchymy grzybowej, grubość 25  $\mu$ , koloru białło-żółtego, z wyraźną łącznością anatomiczną z korzeniem, uwidocznioną przez wnikanie strzępek



Ryc. 21. Fragment pod dużym powiększeniem przekroju z ryc. 20. Widać strzępki grzyba oplatające komórki i tworzące sieć Hartiga. Pow. 440  $\times$  (fot. autor).

między błony komórkowe kory pierwotnej. Sieć Hartiga słabo zaznaczona. Endoderma i perycykl wypełniony skrobią bez śladu grzyba.

\* \* \*

Dalsze badania prowadziłem nad mykorhizą u modrzewia sudeckiego w szkółkach i drzewostanach położonych w Kocich Górach koło Wrocławia, na glebach piaszczystych, dość silnie zbielicowanych, z domieszką cząstek gliniastych w warstwach głębszych i domieszką próchnicy w warstwie kumulacyjnej.

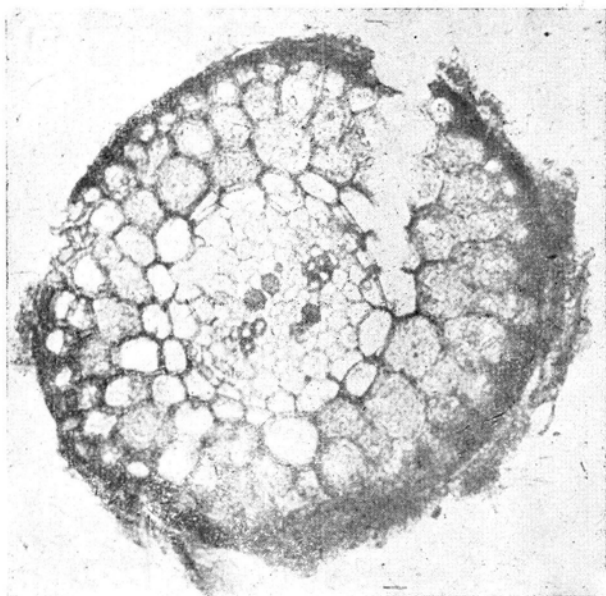
Materiał korzeniowy do badań zbierałem w maju 1951 r. Siewki modrzewia sudeckiego ze szkółek w tym terenie wykazywały bardzo słaby rozwój, często można było obserwować żółknięcie igieł. Wysokość 2-u letnich siewek wahała się w granicach 5—10 cm, 4-o letnich dochodziła do 25 cm.

Badania anatomiczne stwierdziły u siewek 2-u letnich całkowity brak mykorhizy tak ekto- jak i endotroficznej. Sporadycznie tylko występowały tu wokół korzonków luźno ułożone strzępki grzybów z rhizosfery, jednak bez żadnego związku anatomicznego z korzeniem. W wielu wypadkach występowały włósniki



U 4-o letnich siewek z innej szkółki w tym samym terenie Kocich Gór, mikroskopowo stwierdziłem występowanie bardzo słabo wykształconej mykorhizy ektotroficznej typu A, z cieniutką (13  $\mu$ ) mufką z pseudoparenchymy grzybowej, barwy szarej, i dobrze wykształconą siecią Hartiga. Endoderma i perycykl częściowo wypełniony skrobią, bez śladu grzyba.

W tymże samym terenie Kocich Gór, przeprowadziłem badania nad dobrze rozwijającymi się siewkami modrzewia sudeckiego z samosiewu, w sztucznym drzewostanie mieszanym 60-cio letnim (sosna, dąb, modrzew, jodła). W podroście występuje tu tylko jodła i dąb, odnowienie zaś modrzewia nastąpiło na skutek przypadkowego powstania luki w czasie huraganu.



Ryc. 22. Przekrój poprzeczny korzonka 2-u letniej siewki *L. polonica* ze szkółki w G. Świętokrzyskich z mykorhizą erdotroficzną. Widać obfite wypełnienie grzybem wszystkich warstw komórek kory pierwotnej korzonka. Pow. 100 $\times$ (fot. T. Dominik).

U siewek tych już pierwszorocznych, dała się wyróżnić mykorhiza ektotroficzna typu A; makroskopowo w postaci korzonków dichotomicznie rozwidlonych, bez widocznej gołym okiem mufki; mikroskopowo w postaci dobrze wykształconej mufki, barwy popielatej 30  $\mu$  grubości, z wyraźną siecią Hartiga (ryc. 24). Endoderma i perycykl wypełniony skrobią bez śladu grzyba.

Rozważając uzyskane wyniki mogę stwierdzić, że w naturalnym drzewostanie północno zachodniego zbocza Góry Chełmowej znalazłem na korzeniach siewek modrzewia polskiego, pochodzenia naturalnego, w granicach wieku 1—5 lat, bogatą pod względem ilościowym i jakościowym mykorhizę ektotroficzną, przy całkowitym braku mykorhizy endotroficznej nawet u rocznych siewek.



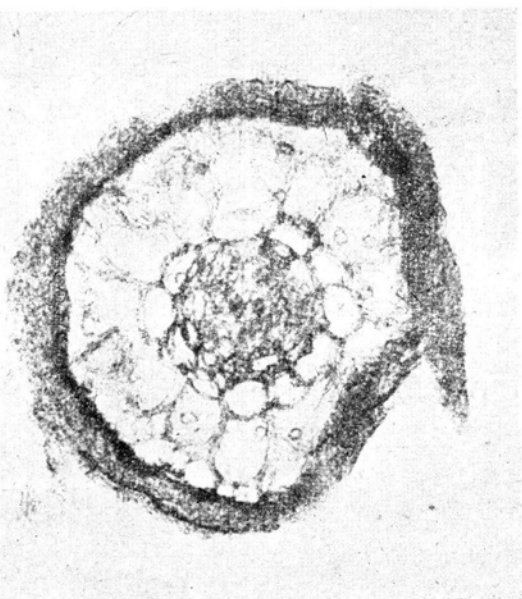
Ryc. 23. Komórki kory pierwotnej wypełnionej trawionym grzybem, u korzonka opisanego na ryc. 22. Pow. 1900  $\times$  (fot. T. Dominik).

Bogactwo krzystnych typów mykorhizy ektotroficznej, jakiego w innych badanych zespołach u siewek modrzewia nie spotykałem, a również Dominik u modrzewia polskiego w Czerniejewie nie podaje, wybitnie świadczy o wpływie zespołu roślinnego na rozwój mykorhiz i ich różnorodność.

Na podstawie wyników badań można wnioskować, że między modrzewiem a mikroflorą glebową na Górze Chełmowej, ustalił się

w ciągu szeregu pokoleń stan ścisłej i wyspecjalizowanej symbiozy, korzystnej tak dla rozwoju modrzewia, jak i grzybów mykorhizowych, czego wynikiem jest dobry rozwój siewek tam rosnących.

Stwierdziłem i opisałem u siewek *Larix polonica*. Rac. na Górze Chełmowej nie notowaną dotąd na modrzewiu mykorhizę ektotroficzną typu D<sub>n</sub>, zwaną inaczej „czarną mykorhizą“, tworzą przez *Cenococcum graniforme*, a opisaną dotychczas w Szwecji na *Pinus silvestris*, *Pinus strobus*, *Pinus resinosa*, *Picea abies*, *Populus tremula*, *Betula verrucosa*, *Tilia cordata*.



Ryc. 24. Przekrój poprzeczny mykorhizy ektotroficznej typu A u pierwszoroocznych siewek *L. sudetica* z drzewostanu w Kocich Górach. Widoczna mufka grzybowa wokół korzonka. Pow. 100 × (fot. autor).

Twierdzenie Björkmana (1942) jakoby ten typ mykorhizy występował szczególnie często u drzew ocienionych w drzewostanie i wykazujących słabszy rozwój, nie potwierdza się w moich badaniach, gdyż mykorhiza ta występowała u siewek modrzewia, wykazujących dobry rozwój i rosnących na lukach w pełnym świetle.

Słuszniejszym byłoby tłumaczyć tworzenie mykorhizy D<sub>n</sub> u badanych przeze mnie siewek, raczej specyficznym edafonem pierwotnych zespołów leśnych.

Wyda się to tym bardziej wiarogodne gdy weźmiemy pod uwagę stwierdzenie przez Ferdinansen - Winge (według

**L i h n e l l a**) powszechność występowania *Cenoccocum graniforme* w różnych asocjacjach roślinnych i hipotezy **L i h n e l l a** o możliwości tworzenia przez *Cenoccocum graniforme* mykorhizy typu  $D_n$  nie tylko z gatunkami przez niego i poprzedników zbadanymi, lecz również z masą innych gatunków drzewiastych. Dodając tu jeszcze obserwacje **D o m i n i k a** i współpracowników nad mykorhizą w różnych zespołach, w których często znajdowano strzępki *Cenoccocum graniforme*, przy korzeniach roślin drzewiastych i zielnych, możemy śmiało jeszcze raz stwierdzić, że tworzenie się mykorhizy  $D_n$  uzależnione jest od specyficznych warunków biocenozy.

Rozpatrując mykorhizę u siewek modrzewia polskiego w szkołkach, położonych w naturalnym zasięgu *Larix polonica* w Górach Świętokrzyskich, stwierdzamy bogatą i świetnie wykształconą mykorhizę endotroficzną typu tolypophagicznego.

Ten rodzaj mykorhizy jest jedynym rodzajem u siewek 7-miesięcznych, ale już u siewek rocznych i dwuletnich widzimy próby zawiązywania się mykorhizy ektotroficznej, przy równocześnie dalej panującej, bogatej mykorhizie endotroficznej.

Natomiast 3-y letnie siewki rosnące w tej samej szkółce, wykazują już mykorhizę ektotroficzną przy prawie całkowitym zaniknięciu mykorhizy endotroficznej, która tylko sporadycznie zachowuje się u niektórych siewek.

Zestawiając te wszystkie dane dla rozwoju mykorhizy siewek modrzewia polskiego w szkołkach, położonych w jego naturalnym zasięgu wnioskujemy, że dla siewek modrzewia w hodowli szkółkowej w pierwszych dwóch latach rozwoju mykorhiza ektotroficzna jest zastąpiona mykorhizą endotroficzną, która dopiero zanika u siewek 3-ech letnich, na korzyść mykorhizy ektotroficznej. Prawdopodobnie jest to czas potrzebny na regenerację właściwych grzybów symbiotycznych, zniszczonych przeróbką gleby w szkółce.

Jeśli weźmiemy teraz pod rozważania siewki modrzewia sudeckiego, czy to ze szkółki, czy to z drzewostanów sztucznie zaprowadzonych przez człowieka, choć z zachowaniem charakteru naturalnych drzewostanów mieszanych, leżących poza naturalnym zasięgiem *Larix sudetica* w Kocich Górach i porównamy rozwój ich mykorhizy z rozwojem mykorhizy siewek *L. polonica* z Gór Świętokrzyskich, to zauważymy wyraźne różnice.

Jak już opisywałem w części szczegółowej badań, pierwszoroczne siewki modrzewia sudeckiego z samosiewu, w drzewostanie mieszanym, wykazały tworzenie się bezpośrednio, mykorhizy ektotroficznej typu A, z dobrze wykształconą mufką. Należy więc stwier-

dzić, że siewki te znalazły również tutaj symbionta grzybowego potrzebnego im do rozwoju. Jednakże brak tu tego bogactwa form i typów mykorhizy, warunkowanych różnorodnością grzybów mykorhizowych, jakie obserwowaliśmy na siewkach modrzewia polskiego w drzewostanach Góry Chełmowej.

Jeszcze ciekawiej wypada porównanie mykorhizy siewek modrzewia polskiego ze szkółek w Górach Świętokrzyskich z mykorhizą siewek modrzewia sudeckiego ze szkółek w Kocich Górach.

Źle rozwijające się siewki szkółkowe modrzewia sudeckiego w Kocich Górach, wykazują brak jakichkolwiek mykorhiz. Obserwacje nad nimi wykazały, że żadnych innych przyczyn ich złego rozwoju nie ma, a jedynym możliwym powodem jest właśnie brak mykorhizy, która tak obficie występuje u świetnie rozwijających się siewek szkółkowych modrzewia polskiego w G. Świętokrzyskich. Występująca, zresztą bardzo rzadko, u 4-o letnich siewek szkółkowych modrzewia sudeckiego w Kocich Górach mykorhiza ektotroficzna, jest bardzo słabo wykształcona i widać wybitną różnicę, gdy porównamy ją z świetnie wykształconą mykorhizą ektotroficzną u 3-ech letnich siewek szkółkowych modrzewia polskiego w G. Świętokrzyskich.

Zastanawiając się nad powodami całkowitego braku lub bardzo słabego rozwoju mykorhiz u siewek modrzewia sudeckiego w Kocich Górach, można przypuszczać, że jest to spowodowane brakiem odpowiednich dla modrzewia grzybów symbiotycznych poza jego naturalnym zasięgiem.

### S t r e s z c z e n i e

1. Badania anatomiczne dobrze rozwijających się 1—5-cio letnich siewek *Larix polonica* Rac., rosnących w naturalnych zespołach leśnych na Górze Chełmowej, wykazały we wszystkich wypadkach bardzo dobrze wykształconą mykorhizę ektotroficzną typu A, z bogactwem różnorodnych form opilśni.
2. Na siewkach tych znalazłem poza tym mykorhizę ektotroficzną typu D<sub>n</sub>, zwaną także „czarną mykorhizą“, tworzoną przez *Cenococcum graniforme*, bardzo dobrze wykształconą i zróżnicowaną na dwie formy.
3. U 6-cio miesięcznych, 1-dno i 2-u letnich siewek *Larix polonica* Rac., hodowanych w szkółkach w Górach Świętokrzyskich i wykazujących bardzo dobry rozwój, zaobserwowano obficie

występującą mykorhizę endotroficzną typu tolypofagicznego, przy czym zaobserwowano u 1-dno i 2-u letnich siewek próby zawiązania się mykorhizy ektotroficznej.

4. U 3-ch letnich siewek *Larix polonica* Rac., rosnących w tychże szkółkach i wykazujących również dobry rozwój, stwierdzono występowanie mykorhizy ektotroficznej typu A.
5. Badania anatomiczne źle rozwijających się 2-u letnich siewek *Larix sudetica* ze szkółek w Kocich Górach, wykazały całkowity brak mykorhizy tak ekto- jak i endotroficznej.
6. U 4-o letnich siewek z tychże szkółek, wykazujących słaby rozwój, badania anatomiczne korzeni stwierdziły słabo wykształconą mykorhizę ektotroficzną typu A.
7. Badania anatomiczne 6-cio miesięcznych i 1-dno rocznych, dobrze rozwijających się siewek *Larix sudetica* z samosiewu w sztucznych drzewostanach mieszanych w Kocich Górach, wykazały występowanie mykorhizy ektotroficznej jednolitego typu A.

Z Zakładu Fitopatologii i Ochrony Roślin  
Uniwersytetu we Wrocławiu

Panu Profesorowi Dr Tadeuszowi D o m i n i k o w i składam serdeczne podziękowanie za pomoc i cenne uwagi w pracy.

## L I T E R A T U R A

- B j ö r k m a n E. 1942. Über die Bedingungen der Mykorhizabildung bei Kiefer und Fichte. Symb. Bot. Ups. VI: 2.
- C i e s l a r A. 1914. Studien über die Alpen und Sudetenlärche. Cbl. f. d. ges. F. W. 40.
- C i e s l a r A. 1904. Waldbauliche Studien über die Lärche. Cbl. f. d. ges. F. W. 30.
- D o m i n i k T. 1950. Modrzew w lasach czerniejewskich pod Gnieznem i dynamika rozwojowa jego mykorhizy. Acta Soc. Bot. Pol. 20, 305—330.
- D o m i n i k T. 1950. Mykorhiza. P. W. R. i L. Warszawa.
- D o m i n i k T. 1951. (praca zbiorowa) Badania mykotrofizmu roślinności wydym nadmorskich i śródlądowych. Acta Soc. Bot. Pol. 21, 125—164.
- D z i u b a ł t o w s k i S. 1935. Guide des excursions en Pologne. XIV Partie Kraków.
- D z i u b a ł t o w s k i S. 1935. Dynamika zespołów leśnych w rejonie Łysogórskim. Praca I Pol. Nauk Zjazd Leś. Poznań.
- E a s t o e H. J. 1941. The mycorrhizal relations of larch. The role of the larch root in the nutrition of *Boletus elegans*. Ann. of Bot.
- G i l b e r t E. J. 1928. La mycologie sur le terrain. Paris.
- H a m m a r l u n d C. 1923. *Boletus elegans* Schum. und *Larix-Mycorrhiza*. Bot. Not.

- H e r m a n n E. 1920. Beitrag zur Biologie und zum forstlichen Verhalten der Lärche in Schlesien. Jahrbuch der Schles. Forstver.
- H a t c h A. A jet-black mycelium forming ectotrophic mycorrhizae. Svensk. Bot. Tidskr 28, Stockholm.
- J a c z e w s k i A. 1933. Osnowy mikologii. Moskwa.
- J e d l i ŋ s k i W. 1922. Modrzew polski. Zamość.
- K o b e n d z a R. 1925. Modrzewina w Małej Wsi pod Grójcem. Las Polski Nr 8.
- K u l e s z a 1927. Modrzew polski na Górze Chełmowej i w Majdowie pod Skarżyskiem. Sylwan XLV.
- L a n g R. 1932. Der Standort der Lärche innerhalb und ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiet. Cbl. f. d. ges. Forstwesen 54, 15—35.
- L i h n e l l D. 1942. Cenococcum graniforme als Mykorrhizabildner von Waldbäumen. Symb. Bot. Ups. V: 2, 3—18.
- L i n d q u i s t B. 1937. Om nagra parasitiska marksvampar i nordsvenska Rohmusmarker. Nord. Skogsvard. Tidsk. 2, 289—317.
- M e l i n E. 1921. Über die Mykorrhizenpilze von Pinus silvestris L. und Picea abies (L) Karst. Svensk Bot. Tidskr. Bd. 15, 192—203.
- M e l i n E. 1922. Untersuchungen über die Larix-Mykorrhiza I Sythese der Mykorrhiza in Reinkultur. Svensk Bot. Tidskr. 16.
- M e l i n E. 1925. Untersuchungen über die Larix-Mykorrhiza II. Svensk. Bot. Tidskr. 19.
- M e l i n E. 1925. Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza. Jena.
- M e l i n E. 1936. Methoden der experimentellen Untersuchung mykotroph Pflanzen. Abt. XI. Handb. d. biol. Arb. Abt. XI, 1015—1108.
- M o d e s s O. 1941 Zur Kenntnis der Mykorrhizabildner von Kiefer und Fichte. Symb. Bot. Ups. V: 1, 1—146.
- M ö l l e r A. 1929. Der Waldbau. Bd. I. Berlin.
- N a u m o w N. A. 1937. Metody mikologiczeskich i fitologiczeskich issledowanii. Moskwa.
- S c h r e i b e r H. 1921. Beitrage zur Biologie der Lärche. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen.
- S z a f e r W. 1913. Przyczynek do znajomości modrzewi eur-azjatyckich ze szczególnym uwzględnieniem modrzewia w Polsce. Kosmos. 10—12, 1282—1322.
- T y s z k i e w i c z S. 1938. Próby ustalenia wytycznych dla hodowli modrzewia polskiego w Górach Świętokrzyskich. Las Polski Nr 5.

## S U M M A R Y

- 1 to 5 years old seedlings of *Larix polonica* Rac., well growing in natural forest associations of Góra Chełmowa in Poland were the object of anatomical studies. In all cases there could be established a well developed ectotrophical mycorrhiza of the „A“ type, with many different forms of fungus mantle, which are dependent on the kind of mycorrhizal fungi present in the soil-microflora.

2. On these seedlings was also found an ectotrophic mycorrhiza of the „D<sub>n</sub>“ type named „black mycorrhiza“ caused by *Cenococcum graniforme*. This type of mycorrhiza was well developed and differentiated in two forms.
3. A rich endotrophical mycorrhiza of the tolypophagic type was found by the author on 1 and 2 years old seedlings. Roots of 2 years old seedlings showed the beginning of ectotrophical mycorrhiza. All examined seedlings originated from the tree nurseries in „Góry Świętokrzyskie“.
4. 3 years old seedlings of *Larix polonica* growing well in the above nurseries showed a well developed ectotrophical mycorrhiza.
5. Anatomical studies of some poorly developed 2 years old seedlings of *Larix sudetica*, taken from the tree nurseries in „Kocie Góry“ near Wrocław showed a complete absence both of the ecto- and endotrophical mycorrhiza.
6. 4 years old, weakly growing seedlings of the Sudetean larch taken from the above tree nurseries showed a poorly developed ectotrophic mycorrhiza of the „A“ type.
7. Well growing, self-sown seedlings of *Larix sudetica* 6 and 12 months old, taken from the artificial, mixed forest of „Kocie Góry“ showed the presence of ectotrophical mycorrhiza of the type „A“.