Przyczynek do znajomości mykorhizy u niektórych paproci

Contribution à l'étude de mycorrhizes de quelques fougères.

napisali

T. Dominik i W. Truszkowska

Jedną z pierwszych prac na temat mykorhizy u paproci jest *Botrychiorum monographia* Mildego (1869), w której autor podaje, że wszystkie *Botrychia* mają w miękiszu korowym masę skrobi, a poza skrobią znajduje się prawie u każdego gatunku jeszcze specyficzna, bezkształtna substancja wypełniająca 3 warstwy komórek miękiszu odległego od skórki korzeniowej o trzy warstwy miękiszu normalnego. Substancja ta tworzy duże żółtawe, podobne do wosku kłęбки masy, które pojedyncze komórki całkowicie wypełniają. Jednakże Milde nie wie jeszcze, że jest to mykorhiza, mimo, że dokładnie opisuje warstwę trawienną w momencie gdy paprocie rozpuszczają strzępki grzyba.

Russow (według Greviliusa 1895) znalazł w korze pierwotnej u *Ophioglossum vulgatum* podobne twory jak Milde, o których pisze: „Podpadająco wyglądają występujące wewnątrz komórek zewnętrznej części kory pierwotnej żółto brunatne masy protoplazmatyczne, które najczęściej są spowite w bezbarwne albo brązowe nitki grzyba. Te nitki przebijają błony komórkowe i przechodzą na dłuższych przestrzeniach w przestworach komórkowych aż do granicy między zewnętrzną a wewnętrzną korą...”

Grevilius (1895) twierdzi, że znalezione i opisane przez Kühna mykorhizy u rodzaju *Botrychium* zostały w jego badaniach odnalezione. Autor ten zbadał następujące gatunki:

Botrychium lunaria, *B. lanceolatum*, *B. matricariaefolium*, *B. simplex*, *B. boreale*, *B. ternatum*, *B. australasicum*, *B. obliquum*, *B. subbifoliatum*, *B. lanuginosum*, *B. daucifolium*, *B. virginianum* i u wszystkich tych gatunków stwierdził występowanie grzyba w korzeniach.

Asai (1934) podaje, że pomiędzy paprociami istnieje kilka rodzajów, których sporofit w korzeniach gości grzyba. Według niego w Japonii następujące paprocie tworzą mykorhizę: *Botrychium ternatum*, *Ophioglossum nudicaule*, *Cyathea spinulosa*, *Pteridium aquilinum*, *Gleichenia linearis*, *Lygodium japonicum*, *Osmunda regalis* v. *japonica*. Autor ten stwierdza, że paprocie wysp japońskich są mykotroficzne za wyjątkiem wodnych.

Natomiast Stahl (1900) podaje, że mykorhizy u paproci są rzadkim zjawiskiem, występującym tylko w wyjątkowych wypadkach. Jako pozbawione mykorhizy z reguły wymienia on: *Aspidium filix mas*, *Aspidium lobatum*, *Asplenium filix femina*, *Pteridium aquilinum*, *Osmunda regalis* itd.

Wobec takich sprzecznych poglądów postanowiliśmy zbadać kilka gatunków spornych i dla porównania kilka gatunków pewnych pod względem występowania mykorhizy.

Materiał zbieraliśmy w ciągu maja i czerwca ze stanowisk naturalnych i sztucznych. Zawsze opisywaliśmy i badaliśmy glebę na tyle dokładnie, aby wyniki badań były możliwe do porównywania. Poza glebę podajemy skład gatunkowy zespołów w których paprocie zebrane występowały.

Zgromadziliśmy następujące gatunki: *Ophioglossum vulgatum* (stan. naturalne), *Botrychium lunaria* (stan. naturalne), *Aspidium filix mas* (stan. naturalne), *Osmunda regalis* (stan. naturalne), *Pteridium aquilinum* (stan. naturalne), *Scolopendrium vulgare* i jego f. *crispum* (stan. sztuczne), *Struthiopteris germanica* (stan. sztuczne).

Korzenie zostały zakonserwowane w alkoholu 95%. Celem pozyskania preparatów mikroskopowych stosowaliśmy metodę parafinową, zaczerpniętą z Kissera - Leitfaden der botanischen Mikrotechnik, Jena 1926.

Preparaty barwiono roztworem Bleu de Cotton w laktofenolu Ammana, lub alkoholowym roztworem fioletu gencyjany. Potem zatapiano w balsamie kanadyjskim.

Samo badanie przeprowadzano pod immersją przy powiększeniu 1350. Wykonano kilkanaście zdjęć fotograficznych z mikroskopu, lecz koszt reprodukcji zmusza nas do zaniechania podawania tego materiału dokumentarycznego, natomiast z ciekawszych szczegółów załączamy rysunki.

Ophioglossum vulgatum L.

Zebrano w Iłowcu VI.1946 r.

Gleba stanowiska piaszczysto-próchniczna, średnio-głęboka, pulchna, przewiewna, w powierzchniowej warstwie przerośnięta gęsto korzeniami, świeża, $pH = 7,0$.

Nr 1 *Ophioglossum vulgatum*;
cały system korzeniowy (mykorhiza).

Nr 2. *Ophioglossum vulgatum*.
Pow. 1390x.

Przekrój podłużny mykorhizy.
1 — jądra, 2 — strzępka grzyba.

Asocjacja roślinna — łąka podleśna: występowały: *Ophioglossum vulgatum*, *Achillea millefolium*, *Veronica chamaedrys*, *Ranunculus acer*, *Plantago lanceolata*, *Cerastium arvense*, *Potentilla anserina*, *Hieracium pilosella*, *Potentilla verna*, *Geum rivale*, *Rumex acetosa*, *Galium mollugo*, *Campanula glomerata*, *Sedum acre*, *Briza media*, *Dactylis glomerata*, *Avena pubescens*, *Anthoxanthum odoratum*, *Poa pratensis*, *Holcus lanatus*, *Phleum pratense*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Hypericum perforatum*, *Alopecurus pratensis*, *Trisetum flavescens*, *Polygala comosa*, *Epipactis latifolius*, *Orchis militaris*, *Orchis incarnatus*, *Medicago lupulina*, *Leontodon autumnalis*, *Luzula campestris*, *Brunella vulgaris*, *Betonica officinalis*, *Thalictrum flavum*, *Filipendula ulmaria*, *Euphrasia Rostkoviana*, *Valeriana dioica*, *Succisa pratensis*, *Hypochoeris radicata*, *Anacamptis pyramidalis*, *Dianthus superbus*, *Armeria vulgaris*, *Filipendula hexapetala*, *Centaurea jacea*, *Equisetum palustre*, *Plantago maior*, *Plantago minor*, *Plantago intermedia*, *Galium praecox*, *Calamintha acinos*, *Molinia coerulea*, *Brachythecium albicans*, *Thuidium abietinum*.

Opis mikroskopowy korzeni: Korzenie rozbiegają się palczasto we wszystkich kierunkach, jest ich zawsze tylko kilka. Są to korzenie proste, walcowate, o średnicy $\pm$ 2 mm, nierozgałęzione i nie posiadające włosników. Długością dochodzą do 15 cm. Młode są koloru białego, prawie przezroczyste, starsze brudno-kremowego, najstarsze ugru-jasnego.

Opis anatomiczny: Przekrój poprzeczny przez korzeń: na zewnątrz warstwa okrywająca (skórka korzeniowa, gdyż trudno nazwać ją rhizodermą, gdy nie tworzy włosników) posiada od zewnętrznej strony błony zgrubiałe podobnie jak u epidermy na łodygach. Komórki kształtu $+$ nieregularnie kolistego lub wielobocznego o łagodnych kątach. Pod warstwą okrywającą znajduje się pokład miękiszu korowego złożony z ponad 10 warstw (do 16) komórek parenchymatycznych, bliżej zewnętrznej części korzenia kolistych, w środkowej części 5-cio do 10-ciobocznych z kątami wyraźnymi i z małą ilością przestworów międzykomórkowych. Głębiej miękisz ten znów składa się z komórek o zarysie kolistym, a między komórkami występuje dużo wielkich przestworów międzykomórkowych. Centrum korzenia zajmuje walec osiowy, bez morfologicznie wyróżnialnej endodermy i pericyklu, poprostu jest to wiązka łyko-drzewna, albo dwie zrośnięte. Drewno i łyko charakterystycznie i wyraźnie wykształcone. W młodszych korzonkach, to jest zebranych w początkach czerwca, występuje masa skrobi, a grzyba trudno znaleźć. W materiale zebranym 28.6. już skrobia w wielu miejscach jest zlikwidowana, a nitki grzyba wyraźnie występują. Grzyb występuje najczęściej dopiero w 3-ciej lub 4-tej warstwie miękiszu korowego, gdzie tworzą się splątki. W komórkach tych lub sąsiadujących z nimi wyróżnia się olbrzymie jądra bardzo ziarniste. Strzępki przebijają błony komórkowe w różnych kierunkach, przegród poprzecznych nie znaleziono w strzępkach, ani żadnych innych cech, któreby wskazywały na przynależność grzyba przynajmniej do jakiejś wielkiej grupy świata grzybowego.

O działalności grzyba tego szkodliwej lub korzystnej dla *Ophioglossum vulgatum* z obrazów anatomicznych nic nie można powiedzieć.

Jest to typowa mykorrhiza endotroficzna. Warto zaznaczyć, że Bleu de Cotton w laktofenolu Ammana nie wybarwiało dostatecznie strzępek ani plazmy komórek paproci, dopiero po zastosowaniu alkoholowego roztworu gencjany można było uzyskać preparat więcej zróżnicowany.

Częsty obraz spotykany u *Ophioglossum vulgatum* był tego rodzaju: tam gdzie grzyb przedarł się nitką do komórki warstwy głębszej, plazma kurczyła się gwałtownie dokoła niej, odstawała od błon komór-

kowych i ulegała degeneracji gruboziarnistej. Naogół grzyb zajmował na przekroju tylko tą partię miękiszu, gdzie komórki były wieloboczne, a między nimi nie było przestworów międzykomórkowych. Do warstw głębszych miękiszu korowego typowego grzyb nie wchodził.

Na przekroju podłużnym stwierdzić można było, że komórki miękiszowe są typu parenchymy o długości około 4 razy większej niż szerokości, pozatym można było widzieć, że strzępki grzyba leżały najczęściej w komórkach wzdłuż błon dłuższych. Błony poprzeczne komórek paproci były prostopadłe do osi podłużnej lub zastrzone podobnie do ostrosłupów, rzadko kiedy ścięte skośnie.

Botrychium lunaria Sw.

zebrano na Cmentarzu Regionalnym w Poznaniu, w dolince biegnącej wzdłuż kolei warszawskiej, równoległej do szosy warszawskiej, V i VI.1946 r.

Głębokość stanowiska piaszczysta, horyzont Ao składa się z gęsto splecionych korzonków żywych i obumarłych, między którymi znajduje się piasek o średniego wymiaru ziarnie z domieszką próchnicy. Warstwa ta ma około 10 cm miąższości. Zakwaszenie wynosi $\text{pH} = 5,5$. Głębiej zalega horyzont suchego piasku, zabarwionego na kolor jasnej ochry o zakwaszeniu $\text{pH} = 5,5$ i głębokości 45 cm. Pod tą warstwą znajduje się 30 cm mierzący horyzont szarego piasku z wyraźnymi zaciekami próchnicznymi (iluwium), warstwa piasku średnio i drobno-ziarnistego, koloru jasnej ochry, o $\text{pH} = 5,5$ tu zatracają się już wszelkie ślady korzeni. Poniżej znajduje się czysty, kremowy, drobnoziarnisty piasek o kwasowości $\text{pH} = 6,0$. W całym profilu piasek wykazuje ziarnistość nieregularną i minimalną domieszkę cząsteczek koloidalnych.

Cały teren wykazuje lekką pochyłość w kierunku południowym, a od północy jest zasłonięty kilkametrowym wzgórzem, porośłym na szczycie skarłalymi osikami, tworzącymi gęste zarośla.

To ukształtowanie terenu, zaleganie wody gruntowej naokoło 3,5 do 5 m pod powierzchnią, silna przepuszczalność gleby, mała ilość opadów rocznych, w okresie wegetacyjnym, silne nagrzewanie powierzchni przez słońce wytwarza warunki zbliżone do stepowych. To też i szata roślinna formuje się podobnie do stepu.

Na powierzchni tej wynoszącej kilkanaście hektarów nie widać ani jednego krzaczka, ani jednego drzewa.

Powierzchnia jest pięknie zazieleniona począwszy od początku maja do pierwszych dni lipca, potem przybiera wygląd szaro-brązowo-zielonawy i widać masę roślin obumierających, które skończyły swą wegetację.

Potem po przerwie letniej znów zazielenia się teren jesienią, kiedy to trawy zaczynają poraz wtóry wypuszczać nowe listki i pojawiają się masy mchów. Kres tej zieloności kładzie dopiero mróz i śnieg.

Asocjacja roślinna: *Alyssum calycinum*, *Arabis arenosa*, *Arenaria serpyllifolia*, *Anchusa officinalis*, *Artemisia campestris*, *Astragalus arenarius*, *Agrostis vulgaris*, *Agrostis alba*, *Achillea millefolium*, *Allium vineale*, *Bromus mollis*, *Bromus tectorum*, *Berteroa incana*, *Capsella bursa pastoris*, *Cerastium arvense*, *Carex praecox*, *Carex hirta*, *Carex ericetorum*, *Carex caryophylla*, *Chondrilla juncea*, *Coronilla varia*, *Calamagrostis epigaeos*, *Campanula rotundifolia*, *Calluna vulgaris*, *Corynephorus canescens*, *Cichorium intybus*, *Centaurea rhenana*, *Dianthus carthusianorum*, *Diploxys muralis*, *Erophila verna*, *Euphorbia cyparissias*, *Equisetum arvense*, *Equisetum hiemale*, *Elymus arenarius*, *Erigeron acer*, *Erigeron canadensis*, *Echium vulgare*, *Euphrasia Rostkoviana*, *Festuca ovina*, *Gypsophila fastigiata*, *Galium verum*, *Holosteum umbellatum*, *Hieracium umbellatum*, *Hieracium pilosella*, *Hieracium laevigatum*, *Helichrysum arenarium*, *Hypochoeris radicata*, *Jasione montana*, *Knautia arvensis*, *Linaria vulgaris*, *Luzula campestris*, *Leontodon autumnalis*, *Myosotis arenaria*, *Medicago lupulina*, *Onobrychis viciaefolia*, *Oenothera biennis*, *Picris hieracioides*, *Potentilla arenaria*, *Plantago lanceolata*, *Plantago ramosa*, *Pulsatilla nigricans*, *Polygala comosa*, *Papaver argemone*, *Poa trivialis*, *Peucedanum oreoselinum*, *Ranunculus bulbosus*, *Rumex acetosella*, *Senecio vulgaris*, *Spergula vernalis*, *Scleranthus annuus*, *Silene chlorantha*, *Silene otites*, *Sedum acre*, *Tragopogon maior*, *Trifolium alpestre*, *Trifolium arvense*, *Thymus ovatus*, *Thymus serpyllum*, *Tunica prolifera*, olbrzymie egzemplarze z podpadająco wielkimi kwiatami, *Veronica triphylos*, *Veronica verna*, *Veronica chamaedrys*, *Veronica spicata*, *Vicia lathyroides*, *Vicia hirsuta*, *Vicia tetrasperma*, *Viola canina*, oraz kilka gatunków mchów porostów i *Botrychium lunaria* (dawniej i *B. ramosum*).

Opis makroskopowy korzeni: Korzenie rozbiegają się palczasto we wszystkich kierunkach, jest ich dość duża wiązka. Są to korzenie proste, walcowate, o średnicy mniej więcej 1 mm, słabo rozgałęziają się i nie posiadają włóśników, długością dochodzą do 10 cm. Młode korzenie są koloru białego, starsze jasno-brunatnego, najstarsze ciemno-brunatnego.

Opis anatomiczny: Stosunki anatomiczne w korze pierwotnej bardzo zbliżone do *Ophioglossum vulgatum* — ponad 10 do 13 warstw miękiszu korowego, z tego miękisz wewnętrzny z przestworami międzykomórkowymi zalega znacznie mniejszym pokładem. Przestwory międzykomórkowe małe, trójkątne, grzyb pojawia się dopiero w 2 — 3 warstwie pod tkanką okrywającą, warstwa trawienna nie jest umiejscowiona tak jak u roślin wyższych, lecz poszczególne komórki w obrębie pokładu mykotroficznego mogą być albo trawienne, albo za-

chowują grzyba nieuszkodzonego. Rzadko tylko można wyróżnić wyraźnie wyżej wymienione pokłady.

Błony komórkowe miększu korowego u *Botrychium lunaria* są masywniejsze niż u *Ophioglossum vulgatum*, a w warstwie mykotroficznej występują przestwory międzykomórkowe.

O ile u *Ophioglossum vulgatum* grzyb charakteryzował się bardzo cienkimi błonami komórkowymi i szerokim światłem, o tyle u *Botrychium lunaria* strzępki posiadają bardzo grubą błonę komórkową, a stosunkowo wąskie światła. I tutaj można obserwować przebijanie błon komórkowych i przechodzenie strzępek przez kilka warstw komórkowych.

Nr 3. *Botrychium lunaria*. Pow. 930x.

Przekrój poprzeczny mykorhizy.

- 1 — komórki ze zdrowymi strzępkami.
2 — warstwa trawienna.

Warstwa okrywająca korzeń nigdy nie wykazuje grzyba jak i tuż pod nią leżący miększ korowy. Zewnętrzne błony komórkowe warstwy okrywającej wykazują wyraźne uwarstwienie. Pozatem Bleu de Cotton w laktofenolu Ammana silnie wybarwia plazmę i jądra komórkowe na niebiesko. Część błon komórkowych również na niebiesko, a mniej więcej połowę błony komórkowej warstwy okrywającej wybarwia na piękny kolor turkusowy.

Najzewewnętrzniejsza warstwa błony okrywającej komórki skórki korzeniowej nie wybarwia się w Bleu de Cotton i dzięki temu widać zróżnicowanie w samych błonach.

Kłębki wewnątrz warstwy trawiącej lub ściślej mówiąc komórek trawiących grzyba barwią się Bleu de Cotton na kolor wyraźnie niebieski, ale niejednolicie, tak że łatwo jest wyróżnić strzępki grzybowe, olbrzymie jądra komórkowe i plazmę gruboziarnistą oderwaną od błon komórkowych.

Nr 4. *Osmunda regalis*.

Pow. 1390x.

Przekrój podłużny mykorhizy.
Spłątek trawionych nitów grzyba.

Wszystko to tworzy chaotyczny kłębuszek, w kłębku tym Bleu de Cotton barwi nawet błony grzybowe. Natomiast w komórkach, gdzie grzyb jest zachowany w całości, błony grzybowe tylko wyjątkowo i słabo przyjmują barwik.

Nitki spotyka się również w przestworach międzykomórkowych i w błonach lub między błonami komórkowymi. W komórkach zawierających kłębki wyżej opisane można wykryć cieniutką warstwę protoplazmy drobnoziarnistej tapetującą błony komórkowe. Jednakże bardzo często, najprawdopodobniej na skutek grubych metod barwienia, cieniutka ta warstwa bywa poprzerrywana i miejscami odstaje w formie drobnutkich łusek od błon komórkowych.

Centrum korzenia zajmuje walec osiowy odgraniczony od miększu korowego słabo wyróżnialną anatomicznie endodermą z wyraźnym pericyklem i 2 wiązkami łykodrzewnymi.

Osmunda regalis L.

zebrano w Baszkowie dnia 24.6.46 r.

Gleba stanowiska torfiasto-próchniczna, wilgotna, średnio głęboka o wysokim poziomie wody gruntowej. Dokoła wzgórza piaszków jałowych. $\text{pH} = 4,4$.

Asocjacja roślinna: runo: *Osmunda regalis*, *Pteridium aquilinum*, *Aspidium spinulosum*, *Alnus incana*, *Alnus glutinosa* (siewki), *Rhamnus cathartica*, *Trientalis europea*, *Oxalis acetosella*, *Vaccinium myrtillus*, *Sorbus aucuparia* (siewki), *Viola epipsila*, *Lycopus europeus*, *Peucedanum palustre*, *Lysimachia vulgaris*.

Górne piętro stanowi 20-letni młodnik sosnowy z kępiastą domieszką brzozy (*Betula pubescens* i *Betula verrucosa*). W lesie zwraca uwagę duży opad liści.

Opis makroskopowy korzeni: Korzenie są bardzo bujnie rozrośnięte, rozbiegają się we wszystkich kierunkach, tworząc duży silnie splątany kłąb. Mają one kształt walcowaty (starsze bywają lekko spłaszczone). Grubość ich jest rozmaita, u starych korzeni dochodzi do 3 mm średnicy, u młodych do 0,5 mm. Długość dochodzi do 25 cm, są barwy czarnej, wytwarzają włośniki.

Opis anatomiczny: Na przekroju poprzecznym, nazewnątrz korzenia widać warstwę drobnych komóreczek włośnikorodnych, z których tylko niektóre wytwarzają włośniki. Warstwa ta ma bardzo grube błony komórkowe, zabarwione z natury na kolor ciemno-brązowy. Wewnątrz występuje jakaś substancja żywicowata lub gumowata, często szczelnie wypełniająca komórkę, czasem odstająca od błon komórkowych, tworząca słupy, sople, krople i tym podobne utwory. W warstwie tej grzyba nie znaleziono.

Pod nią leży warstwa komórek znacznie większych, również mająca błony komórkowe silnie zabarwione na brązowy kolor oraz wyraźnie warstwowane. I tutaj występuje substancja gumowata czy żywicowata, wyściełająca błony komórkowe lub tworząca olbrzymie krople wewnątrz komórek. W warstwie tej występują już strzępki grzybów, przebiegające wzdłuż osi korzenia, grube, niebarwiące się w Bleu de Cotton. Równocześnie występują ciała aleuronu formy kulistej z otworem wewnątrz.

Głębiej leży pokład miękiszu korowego złożony z 2—3 warstw komórek 4-ro do 6-cio bocznych. Między komórkami występują nikielce przestwory międzykomórkowe, najczęściej pozalewane żółtą substancją. Pokład ten jest mykotroficzny, z tem, że zewnętrzna warstwa komórek zawiera bardzo niewiele grzybów, a często zupełnie jest ich pozbawiona, natomiast dwie do trzech warstw przylegających do endodermy z reguły zawierają grzyba. I tutaj komórki trawiące naogół grupują się bliżej walca osiowego, jednakże można znaleźć tuż przy samej endodermie zdrowe strzępki. Stosunki cytologiczne w komórkach z grzybem zdrowym tym się tylko różnią od poprzednich z opisanych gatunków (*Ophioglossum vulgatum* i *Botrychium lunaria*), że grzyb posiada bardzo cienkie błony i strzępki są jakoby poprzeciskane i pozgniatane. W komórkach trawiennych stosunki cytologiczne są identyczne jak u *Botrychium lunaria*. Kłębuszki tutaj barwią się na kolor zgniło-zielony Bleu de Cotton w laktofenolu Ammana, a tylko niektóre szczątki grzyba przybierają kolor niebieski. Często widać strzępki jeszcze nie zniszczone, przebijające ściany komórkowe i łączące dwa lub więcej kłębki sąsiadujących komórek.

Charakterystycznym obrazem na przekroju podłużnym jest występujący aleuron w formie kulek z dziurką wewnątrz. Aleuron występuje jak już wspomniano w komórkach warstw zewnętrznych, zabarwionych na brązowo jak również i w perycyklu. Ziarna aleuronu dają reakcję na białko (Millon, kwas azotowy). Są one wewnątrz komórek przesączone brązową substancją i dopiero na bardzo cienkich skrawkach gdzie ziarna aleuronu są poprzecinane widać, że barwik tylko je otacza od zewnątrz. Strzępki grzyba występujące w komórkach razem z aleurem posiadają przegrody poprzeczne i również są zabarwione na kolor brązowy wyżej opisaną substancją żywicowatą lub gumowatą. W niektórych komórkach aleuron przybiera kształty podobne do bakteroidów, skrobi nie zauważono.

Za endodermą występuje perycykl, wypchany aleuronem wyżej opisanym i wiązka łyko-drzewna lub dwie zrośnięte.

Jest to typowa mykorhiza endotroficzna bardzo wyraźna i pospolita.

Aspidium filix mas. Sw.

zebrano w Czerniejewie dnia 10.6.46 roku w 56 oddziale rewiru Głóżyńna.

Gleba stanowiska piaszczysta z niewielką domieszką gliny. pH. = 4.5.

Asocjacja roślinna: runo: *Aspidium filix mas*, *Oxalis acetosella*, *Stachys silvatica*, *Molinia coerulea*, *Urtica dioica* (masowo), *Stellaria holostea*, *Carex digitata*.

Piętro drzewiaste tworzą: dąb, świerk, grab i brzoza.

Podszyt: nieregularnie rozmieszczone kępami: świerk, czarny bez, grab, nalot dębu. Wśród tego stoją pojedynczo dęby o przeciętnym obwodzie na wysokości 130 cm — 4 m., najgrubszy z nich w sąsiedztwie, którego zebrano paproć, miał obwód wynoszący 6 m. Jest to sztuczny drzewostan o budowie kępowej z przestojami dębowymi.

Opis makroskopowy korzeni: Korzenie rozbiegają się we wszystkich kierunkach, tworząc splątana wiązkę. Bardzo silnie się rozgałęziają, kształt mają walcowaty, są bardzo cienkie o przeciętnej średnicy nie przekraczającej 0,5 mm, a długości dochodzącej do 20 cm. Włósników nie wytwarzają, barwy są czarnej.

Opis anatomiczny. Zewnętrzna część korzonków wytwarzających mykorhizę ektotroficzną pokryta jest mufką grzybową dość silnie zbitą, z której nazewnątrz odbiegają pojedyncze strzępki do gleby, a do wewnątrz wciskają się między błony komórkowe strzępki znacznie krótsze. Strzępki grzyba zabarwione są na kolor oliwkowy, posiadają przegrody poprzeczne, nie barwią się Bleu de Cotton, rozpychają błony komórek zewnętrznych. Strzępki dochodzą w niektórych miejscach aż do endodermi, trudno wyróżnialnej.

Walec osiowy jest stosunkowo bardzo duży i zawiera 2—3 wiązek łykodrzewnych.

Mufka grzybowa jest nieregularnej grubości i w wielu miejscach na korzonku zerwana.

Miękisz korowy w miejscach gdzie niema mykorhizy ektotroficznej posiada olbrzymie jądra silnie barwiące się Bleu de Cotton i bardzo rzadko gości wewnątrz komórek grzyba, jest to więc słaba mykorhiza endotroficzna. Grzyb ten lekko zabarwia się Bleu de Cotton i rzeczywiście występuje rzadko.

Z wyżej podanych obserwacji wynika, że gatunek ten w siedlisku czerniejewskim wytwarza 2 typy mykorhizy, ektotroficzną i endotro-

ficzną, obie typowe, lecz obie rzadkie i może dlatego, że strzępki te są trudne do odszukania, w literaturze uchodzi *Aspidium filix mas* za gatunek autotroficzny.

Blechnum spicant With.

zebrano w Kórniku dnia 16.6.46 r. w parku.

Gleba stanowiska torfiasto-próchniczna, wilgotna do mokrej nad brzegiem rowu płynącego, przewiewna, pulchna i silnie prześnięta korzeniami. pH = 7,0.

Asocjacja roślinna: Roślinność sztucznie utrzymywana, górne piętro drzewiaste złożone z olsz i brzoź.

Opis makroskopowy korzeni: Korzenie rozbiegają się we wszystkich kierunkach, są bardzo silnie rozgałęzione, walcowatego kształtu. Przeciętna średnica u starszych korzeni dochodzi do 2 mm u młodych do 0,5 mm, długość do 15 cm. Włosniki wytwarzają się. Stare korzenie są barwy ciemno-brunatnej, młode jasno-żółtej.

Opis anatomiczny: Nazewnątrz korzonka znajduje się warstwa włosnikorodna, która z czasem niszczy się i pozostawia po sobie ślad w formie zgrubiałych błon wewnętrznych.

Pod tą warstwą leży 2—3 warstw egzodermy o błonach powyginanych, bez przestworów międzykomórkowych. Błony komórkowe egzodermy zabarwione są z natury na kolor ciemno-brązowy.

Głębiej zalega około 5—6 warstw komórek mięsistowych 5-cio bocznych bez przestworów międzykomórkowych, z nikłą zawartością protoplazmy i z małymi jądrami komórkowymi. Pod endodermą występuje perycykl, a na wewnątrz od niego występują dwie wiązki łyko-drzewne, tak ułożone, że na przekroju poprzecznym ogólny zarys walca osiowego jest wrzecionowaty.

Począwszy od mięsisku korowego aż do centrum korzenia wszystkie błony zabarwione są Bleu de Cotton na kolor granatowy lub niebieski.

Na przekroju podłużnym widać, że mięsisk korowy posiada komórki typowo parenchymatyczne. Wewnątrz komórek bogatych w protoplazmę występuje skrobia w formie nieregularnych ziaren, kanciatych lub owalnych, obłonionych leukoplastami.

Centrum korzenia zajmuje walec osiowy z delikatnie wykształconymi wiązkami sitowo-naczyniowymi.

U *Blechnum spicant* mimo usilnych starań grzyba nie odkryto.

Pteridium aquilinum Kühn

zebrano w Baszkowie dnia 26.VI.46 r.

Gleba stanowiska głęboki piasek, średnio i grubo-ziarnisty z domieszką próchnicy, bezstrukturalny. W górnej warstwie zabarwiony na ciemno-brunatno, głębiej rozjaśniający się, pulchny, przewiewny, $\text{pH} = 4.5$.

Asocjacja roślinna: runo: *Pteridium aquilinum* (masowo, dorasta do 2 m). *Oxalis acetosella*, *Hypnum Schreberi*, nalot *Rhamnus frangula*. Górne piętro tworzy drzewostan sosnowy z pojedynczą domieszką brzozy brodawkowatej i pojedynczymi egzemplarzami dębu w podszyciu.

Opis makroskopowy korzeni: *Pteridium aquilinum* wytwarza grube, walcowate kłącze o średnicy 1 cm, od którego odchodzą korzenie właściwe, cienkie, długie, o walcowatym kształcie i średnicy dochodzącej do 1 mm. Długość korzeni dochodzi do 12 cm. Posiadają one liczne rozgałęzienia boczne i wytwarzają włosniki. Barwy są czarnej.

Nr 5. *Pteridium aquilinum*. Pow. 930x. Przekrój poprzeczny mykorhizy w komórkach rhizodermy widać strzępki.

Nr 6. *Pteridium aquilinum*. Pow. 930x. strzępki wewnątrz miększu korowego

Opis anatomiczny: Najzewnątrzniejszą warstwą korzenia jest warstwa włosnikorodna, na korzonkach starszych pozbawiona już włosników i fantastycznie powyginana. W warstwie tej spotyka się strzępki grzyba o dość grubych błonach i ogólnie dość znacznej średnicy. Strzępki te niekiedy wybiegają poza korzeń, często wzdłuż szczątków po włosnikach.

Pod warstwą włosnikorodną występuje miękisz korowy, mający około 3 — 4 warstw komórek. Wewnątrz tego miększu spotyka się

w komórkach strzępki grzyba z przegrodami poprzecznymi o średnicy od 2 — 5 mikronów, gdy tymczasem średnica strzępków zewnętrznej warstwy korzenia dochodziła do 10 mikronów. Strzępki z miękiszu nie barwią się dobrze Bleu de Cotton, posiadają przegrody poprzeczne i dość wyraźną protoplazmę.

Głębiej między miękiszem korowym i walcem osiowym zalega 4 — 5 warstwowy pokład sklerenchymy, której komórki zmniejszają się w miarę przybliżenia się do walca osiowego, a równocześnie wzrasta grubość błon komórkowych, bliżej centralnego walca osiowego robią one wrażenie ściśle przylegających do siebie komórek kamiennych, a typowo sklerenchymatycznie wykształcone są komórki zewnętrzniejsze tej samej warstwy.

Cała warstwa wybarwiona jest bardzo silnie na kolor szjony palonej, widać jamki, przez które komunikują się poszczególne protoplasty, a jednocześnie w komórkach tych występują strzępki grzybowe typu opisanego w miękiszu korowym oraz strzępki znacznie cieńsze od 0,75 do 1 mikrona średnicy, rozgałęzione pod kątem prostym, w których nie udało się dostrzec przegród poprzecznych. Jest to przypuszczalnie jakiś *Actinomyces*.

Bezpośrednio pod wyżej opisaną warstwą komórek sklerenchymatycznych znajduje się walec osiowy złożony z dwu wiązek łykodrzewnych, tak, że ksylem zajmuje centrum walca osiowego, a floem otacza go dokoła. Trudno tu jest powiedzieć, czy endodermą jest ostatnia warstwa lub dwie sklerenchymy, czy też bezpośrednio do nich przylegająca warstwa komórek spłaszczonych o cienkich błonach komórkowych, które zalegają tuż pod warstwą sklerenchymatyczną i raz nadlegają ostatniej warstwie sklerenchymy, a w innym wypadku są międzyległe. W walcu osiowym jak i w ostatnich 2 warstwach sklerenchymy grzyba nie spotkano.

Jest to typowa mykorhiza endotroficzna z tym, że udział w niej biorą trzy gatunki grzybów.

Scolopendrium vulgare i *Scolopendrium vulgare crispum*
zebrano w Kórniku dnia 16.VI.46 r. w parku.

Gleba stanowiska torfiasto próchniczna, wilgotna do mokrej, nad brzegiem rowu płynącego, przewiewna, pulchna, silnie prześnięta korzeniami, pH = 7,0.

Asocjacja roślinna: Roślinność sztucznie utrzymywana, górne piętro drzewiaste złożone z olsz i brzoź.

Opis makroskopowy korzeni: Korzenie rozbiegają się we wszystkich kierunkach, tworząc spletaną wiązkę. Silnie się rozga-

łęzają, mają kształt walcowaty, grubości są od 1 mm średnicy do 0,2 mm, długości do 15 cm. Wytwarzają włosniki bardzo długie, barwy są ciemno-brunatnej do czarnej u korzeni starych, u młodych jasno-brunatnej.

Opis anatomiczny: Nazewnątrz korzenia znajduje się warstwa włosnikorodna typowa, pod nią warstwa miękiszu, a u starszych korzeni pseudoegzoderma. Podajemy pseudo, gdyż nie jest typowo wykształcona i w jednym miejscu na powierzchni korzenia istnieje, a w innym jej wcale nie ma.

Głębiej zalega warstwa komórek o błonach celulozowych, lekko wybarwionych na kolor żółty, posiadających błony styczne zgrubiałe, a błony promieniste bardzo krótkie, tak, że wszystko razem robi wrażenie jakiejś tkanki wzmacniającej.

Głębiej występuje warstwa komórek parenchymatycznych zabarwionych na kolor pomarańczowo-żółty, na bardzo cienkich skrawkach na cytrynowo-żółty lub sjeny palonej.

W ogólnym zarysie na przekroju poprzecznym komórki te są 5-cio lub 6-cio boczne, pierwotne błony tych komórek (być może, że to jest substancja międzykomórkowa) są zawsze ciemniej zabarwione niż warstwy wtórne.

Ciekawie układają się same zgrubienia błon; początkowo nakładają się warstwy w kształcie litery „U” jak u typowej endodermy, jednakże nakładanie nie kończy się na tym i w rezultacie, niektóre komórki zostają wogóle zamurowane nowymi przyrostami tak, że światło komórkowe pozostaje jako maleńka szparka, albo zupełnie zanika.

U formy *crispum* pochwa ta najczęściej ograniczała się do 1 — 2 warstw komórek i robiła wrażenie typowej endodermy, a w walcu osiowym można było wyróżnić perycykl, zatem możemy przypuścić, że jest to odpowiednik endodermy u roślin wyższych.

W miękiszu pod rhizodermą występowały pojedynczo strzępki grzyba, przebiegające wzdłuż osi korzenia..

W walcu centralnym nie wyróżnia się perycyklu, natomiast tworzą go dwie zrosnięte wiązki łykodrzewne. Ciekawą jest rzeczą, że elementy ksylemu wybarwiają się Bleu de Cotton intensywnie na piękny kolor zielony lub niebiesko-zielony.

Strzępki opisane w miękiszu pod rhizodermą występują bardzo rzadko, tak, że przy pobieżnym badaniu można ich nie odkryć. Natomiast włosniki gatunek ten wytwarza w dużej obfitości, bardzo szerokie i długie.

Przypuszcza się, że odczyn gleby bliski alkalicznemu ($\text{pH} = 7,0$) wpłynął na osłabienie infekcji grzybem. Jednakże obecność strzępek w żywych komórkach miękiszu, chociaż bardzo rzadka każe nam przypuszczać, że gatunek ten tworzy mykorhizę endotroficzną.

Struthiopteris germanica (L) Hoffm.

Zebrano w Kórniku dnia 16.VI.46 r. w parku.

Gleba stanowiska torfiasto-próchniczna, wilgotna do mokrej, nad brzegiem rowu płynącego, przewiewna, pulchna, silnie prześnięta korzeniami, $\text{pH} = 7,0$.

Asocjacja roślinna: Jak u poprzedniego rodzaju.

Nr 7. *Struthiopteris germanica*.

Pow. 1390x.

Przekrój podłużny mykorhizy.
Wnętrze komórki mykotroficznej.

Opis makroskopowy korzeni: Korzenie rozbiegają się we wszystkich kierunkach, są bardzo silnie rozgałęzione, walcowatego kształtu, cienkie, o średnicy dochodzącej przeciętnie do 0,2 — 1,5 mm długość dochodzi do 12 cm. Wytwarzają włosniki. Młode korzenie mają kolor jasno-brunatny, stare czarne.

Opis anatomiczny: Nazewnątrz korzenia znajduje się typowa warstwa rhizodermis z bardzo dobrze wykształconymi włosnikami. Pod rhizodermą leży 4 — 5 warstw komórek miękiszu korowego. Mięksis ten od zewnętrznej do ostatniej warstwy wypchany jest splątanymi strzępkami grzybowymi.

W zewnętrznych partiach miękiszu spotykaliśmy w niektórych komórkach strzępki zdrowe, natomiast bliżej endodermy grzyby były w stanie rozkładu. Mięgisz korowy posiada komórki nieregularne o cienkich błonach, przestwory międzykomórkowe prawie, że nie istnieją.

Głębiej zalega typowa endoderma o komórkach beczułkowatych. W niektórych partiach endoderma jest trudniej wyróżnialna i komórki ma popłaszczone. Pod endodermą występuje perycykl wykształcony typowo. Centrum zajmują dwie wiązki sitkowo-naczyniowe.

Jest to typowa mykorhiza endotroficzna.

Wnioski.

Przeglądając literaturę o występowaniu mykorhizy u różnych roślin, natrafiono na zdanie, że większość paproci obywa się bez mykorhizy.

Z zestawień wynikało, że tylko niektóre gatunki ją wytwarzają, ponieważ prace Stahla (1900), Asai (1934) i Dominika (1936) wykazały wielką powszechność występowania mykorhiz tak u roślin rodzimych jak i sprowadzanych z obcych zespołów (Dominik 1936), więc wydawało się, że i paprocie powinny ją tworzyć powszechnie.

Nazwa paproci	Mykorhiza ektotroficz.	Mykorhiza endotrof.	Włośniki	pH gleby	grubość korzeni mykotrof. w mikron.
<i>Ophioglossum vulgatum</i>		+	—	7.0	1160
<i>Botrychium lunaria</i>		+	—	6.0	1160
<i>Osmunda regalis</i>		+	+	4.4	450
<i>Aspidium filix mas.</i>	+	+	—+	4.5	200
<i>Blechnum spicant</i>	—	—	+	7.0	190—430
<i>Pteridium aquilinum</i>		+	+	4.4	600
<i>Scolopendrium vulgare</i>		+—	+	7.0	230—460
<i>Scolopendrium vulg. f. crispum</i> . . .		+—	+	7.0	440
<i>Struthiopteris germanica</i>		+	+	7.0	170—350

I w rzeczywistości po dokładnym zbadaniu gatunków dobranych w ten sposób, że u niektórych z nich mykorhiza była znana, a u innych negowano jej występowanie, okazało się, jak to widać z tabeli załączonej, że jedynie *Blechnum spicant* pozbawione było wszelkich śladów grzybów w tkankach korzeni.

Poza tym gatunkiem tylko *Scolopendrium vulgare* i forma jego *crispum* tworzyły mykorhizę niepewną.

Inne gatunki, o których w literaturze podawano, że obywają się bez mykorhizy, wykazały ją bardzo wyraźnie.

I tak stwierdzono wbrew dotychczasowym danym z literatury (Stahl 1900), że *Osmunda regalis*, *Pteridium aquilinum* i *Struthiopteris germanica* tworzą typową mykorhizę endotroficzną.

Natomiast u *Aspidium filix mas* znaleziono mykorhizę ektotroficzną i endotroficzną.

O występowaniu mykorhiz można nabrać pewności dopiero po zastosowaniu barwienia (Bleu de Cotton w laktofenolu Ammana lub alkoholowy roztwór gencjany), gdyż grzyby w wielu wypadkach bez wybarwienia są niewidoczne (*Struthiopteris*, *Ophioglossum*).

Pozatym należy stosować duże powiększenie przy badaniu i immersję, gdyż niektóre grzyby są bardzo cienkie (*Pteridium aquilinum*), a pozatym dopiero pod immersją, stosując największe powiększenia, można rozwikłać stosunki cytologiczne.

Z obrazów anatomicznych w warstwie trawiennej mykorhizy wynika, że roślina zielona rozpuszcza grzyba i trawi go. W tym wypadku możnaby za Kostyczewem (1926) przeprowadzić analogię między mykorhizą a roślinami owadożernymi (mięsożernymi), czyli możemy przypuszczać, że mykorhiza u paproci stanowi dla nich źródło pozyskiwania węglowodanów i aminokwasów, które zdaniem wyżej wymienionego uczonego, mogą być przez rośliny zielone asymilowane bezpośrednio.

Z innych badań nad mykorhizą wynika (Melin), że rośliny mogą rozwijać się bez niej, ale lepiej rozwijają się gdy ją tworzą i to z odpowiednimi gatunkami grzybów.

Wychodząc z tych danych z literatury postanowiliśmy badać materiał zebrany ze stanowisk naturalnych, oraz materiał przeniesiony na teren dla niego obcy.

Ophioglossum vulgatum, *Botrychium lunaria*, *Osmunda regalis*, *Aspidium filix mas*, *Pteridium aquilinum* były zebrane ze stanowisk naturalnych i gatunki te bez wyjątku tworzą wyraźne mykorhizy, a rozwój ich w całości przedstawia się bardzo dobrze.

Blechnum, *Scolopendrium* i *Struthiopteris* były zebrane z warunków sztucznych (Ogrody Kórnickie); okazało się, że *Blechnum spicant* wogóle mykorhizy nie wytworzyło, *Scolopendrium vulgare* i jego for-

ma *crispum* wytworzyło niewyraźną (bardzo skąpą mykorhizę), natomiast *Struthiopteris* wytworzyło mykorhizę bardzo obfitą i wyraźną.

Blechnum spicant rozwija się w Kórniku bardzo źle, jest znacznie mniejsze aniżeli na naturalnych stanowiskach. *Scolopendrium* wykazuje wzrost dobry a *Struthiopteris* doskonały.

Z powyższego wynika potwierdzenie wniosków z doświadczeń Melina i Dominika.

Pozatym chciano stwierdzić zależność występowania mykorhiz od kwasowości gleby, jednakże zależność ta ze zbadanego materiału nie wynika.

Być może, że gdyby udało się zebrać materiał identycznego gatunku z gleb o krańcowej kwasowości, przypuścimy pH 4,0 i pH 7,5, zależność ta wystąpiłaby.

Jednakże spełnienie tych warunków jest trudne do pozyskania w naturze, wymagałoby nastawienia specjalnych doświadczeń.

z Zakładu Botaniki Ogólnej U. P.

Wykaz literatury.

1. Asai, T. (1934). Über das Vorkommen und die Bedeutung der Wurzelpilze in den Landpflanzen. Mit. aus dem bot. Lab. d. Fünften Höheren Schule zu Kumamoto.
2. Dominik, T. (1935). Zagadnienie mykorhizy w świetle historii badań. (Kosmos, ser. B. LX).
3. Dominik, T. (1936). Badania nad mykorhizą niektórych obcych drzew iglastych aklimatyzowanych w Polsce. Roczn. Nauk Roln. Leśn.
4. Dominik, T. (1944). Nowe stanowisko rzadkiej paproci *Botrychium ramosum* (Roth.) Asch. (rękopis oddany do Wyd. Tow. Przyjaciół Nauk w Poznaniu).
5. Dominik, T. (1946). Znaczenie mikroflory glebowej dla rozwoju sadzonek sosnowych. Przegląd leśniczy, zeszyt 5.
6. Dominik, T. i Jagodziński, S. (1946). Badania nad mykorhizą niektórych drzew owocowych w ogrodach kórnickich. Pamiętnik Ogródów Kórnickich.
7. Grevilius, A. J. (1895). Über Mykorhizen bei der Gattung *Botrychium* nebst einigen Bemerkungen über das Auftreten von Wurzelsprossen bei *Botrychium virginianum* Schw. Flora, 80.
8. Germ H. (1934). Ueber den Mykorhizaplasten der Orchideen. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. LII.
9. Jaczewski, A. (1934). Osnovy mikołogii. Moskwa.
10. Kisser, J. (1926). Leitfaden der Botanischen Mikrotechnik. Jena.
11. Melin, E. Methoden der experimentellen Untersuchung mykotropher Pflanzen. Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmethoden. Abt. XI, 4.
12. Milde, J. (1869). *Botrychiorum* Monographia. Verh. d. K.-k. zool. bot. Ges. in Wien Bd. XIX.
13. Stahl, S. (1900). Der Sinn der Mykorhizenbildung (Filicinen). Jahrb. wiss. Bot.
14. Weber, U. (1938). Geschnittene Drogen. (Ein Hilfsbuch für Unterricht u. Praxis.

Resumé.

Les auteurs avaient étudiés les racines des espèces de fougères suivantes: *Ophioglossum vulgatum*, *Botrychium lunaria*, *Osmunda regalis*, *Aspidium filix mas*, *Blechnum spicant*, *Pteridium aquilinum*, *Scolopendrium vulgare typicum*, *Scolopendrium vulgare f. crispum*, *Struthiopteris germanica*.

D'après Stahl (1900) les fougères vivent en général sans mycorrhizes et spécialement il souligne que *Aspidium filix mas*, *Osmunda regalis* et *Pteridium aquilinum* sont de plantes par excellence autotrophiques.

Dans nos recherches anatomo-cytologiques nous avons trouvé dans ces espèces des mycorrhizes endotrophiques très nettes et dans l'*Aspidium filix mas* encore une mycorrhize faible éctotrophique.

Seulement *Blechnum spicant* vivait sans symbiose, mais on doit savoir, que cette station, dont nous avons pris les matériaux pour l'étude, n'était pas naturelle, le sol avait $\text{pH} = 7,0$ et la localité se trouvait en dehors d'aréal naturel.

Notre travail confirme l'opinion d'Asai (1934), qui dit que tous les fougères (en Japon) sont mycotrophiques sauf des fougères aquatiques.