

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN—POLONIA

VOL. IX, 1.

SECTIO C

1934

Z Zakładu Fizjologii Roślin Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi U. M. C. S.
Kierownik: prof. dr Adam Paszewski

Wanda STANČZAK-BORATYŃSKA

**Badania anatomiczne mykorhizy egzotycznych
roślin Palmiarni Poznańskiej**

**Анатомические исследования Микоризы
экзотических растений Познанской Оранжереи**

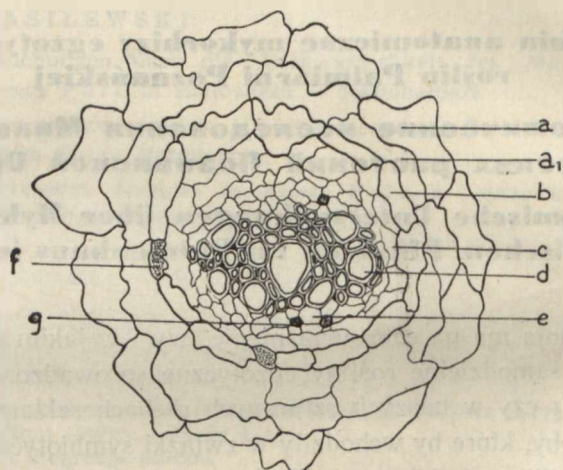
**Anatomische Untersuchungen über Mykorhiza
bei exotischen Pflanzen im Palmenhaus in Poznań**

Praca moja ma na celu wyjaśnienie, czy i w jakim stopniu zdane są na życie samodzielne rośliny egzotyczne sprowadzone do naszych szklarni, oraz czy w naszych sztucznych glebach szklarniowych znajdują się grzyby, które by wchodziły w związki symbiotyczne z zupełnie obcymi im roślinami zielonymi. Obok tego zbadałam pierwotne struktury korzeni roślin egzotycznych, których część jest mało znana, albo nieznana w ogóle.

Jedyną wątpliwością, która nasuwała się przy badaniu najcieńszych korzonków, w których mogłyby występować strzępki grzybowe, było wyróżnienie rhizodermy i egzodermy. Często po złuszczeniu rhizodermy, czasem w niewielkiej odległości od stożka wzrostu, zastępująca ją egzoderma zbudowana była z komórek o silnie wypukłych błonach zewnętrznych, które ludzko przypominały komórki rhizodermy. Często znów rhizoderma dawała reakcje na skutynizowanie błon lub suberyzację i wtedy można było ją uważać za egzodermę.

Do pracy zebrałam korzenie roślin egzotycznych z Palmiarni Poznańskiej. Materiał zakonserwowałam w utrwalczu Nawashina, następnie odpowietrzyłam, przepłukałam wodą bieżącą i przełożyłam

na 24 godziny do alkoholu 95%. Preparaty mikroskopowe uzyskiwałam stosując metodę parafinową wg. K i s s e r a. Przed zatopieniem w balsamie część preparatów przeznaczoną do barwienia uwodniłam. Do wybarwienia strzępeków grzybowych stosowałam Bleu de Cotton w laktopenolu Amanna. Drewno wybarwiałam wodnym roztworem Safraniny, błony skorkowaciale i skutynizowane Sudanem III, błony celulozowe wodnym roztworem hematoksyliny, garbniki wykrywałam chlorkiem żelazowym. Wybarwione preparaty zatapiałam w balsamie kanadyjskim. Badania mikroskopowe przeprowadzałam głównie pod immersją, uzyskując powiększenie 1500 x.



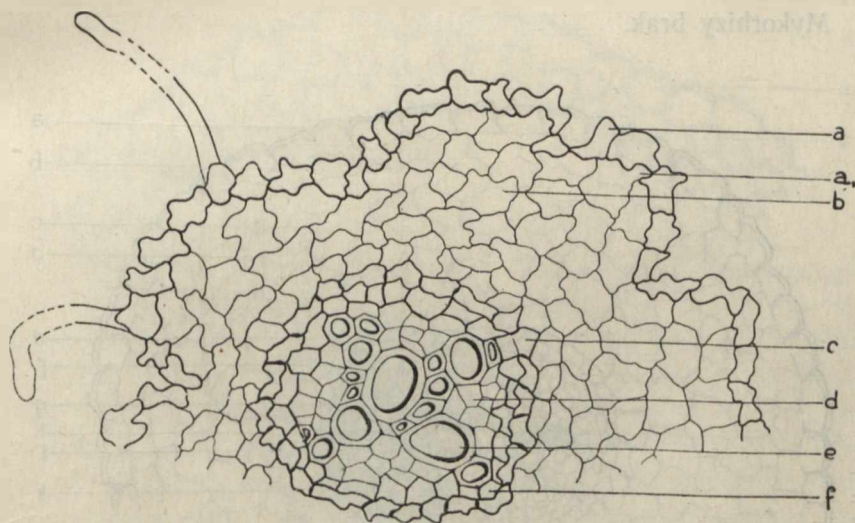
Ryc 1. *Acalypha Wilkesiana* Muell.—Arg. Przekrój poprzeczny korzenia: a — egzoderma, a₁ — miękisz korowy, b — endoderma, c — pericykl, d — xylem, e — floem, f — komórka przepustowa, g — komórka z sokiem mlecznym.

Przy zbieraniu materiału korzeniowego przeprowadzałam pobieżne badania gleboznawcze z określeniem odczynu gleby, stosując uniwersalny indykator Mercka. Zachowuję kolejność alfabetyczną 41 przebadanych gatunków.

Acalypha Wilkesiana Muell. - Arg. (*Euphorbiaceae*). System korzeniowy jest dobrze rozwinięty. Najstarsze korzenie są kształtu walcowego o powierzchni gładkiej, barwie ciemno-wiśniowej. Korzenie młodsze są bardzo długie, rozgałęziają się wielokrotnie, wytwarzając króciutkie korzonki ostatniego rzędu, barwy jasno-żółtej,

średnicy wynoszącej od 0,1—0,2 mm. Włośników wytwarzają niewiele. W niedużej odległości od stożka wzrostu, bezpośrednio nad partią włośnikową, tkankę okrywającą stanowi egzoderma (ryc. 1). Rhizoderma została wcześniej złuszczona i odrzucona, tak, że tylko w niewielu miejscach występują jej szczątki. Duże komórki egzodermny mają błony wprawdzie skutykizowane, ale w tak minimalnym stopniu, że prawdopodobnie obok roli ochronnej pełnią rolę tkanki chłonnej, o czym świadczyłyby liczne wypukłości błon zewnętrznych. Poniżej zalega jedna warstwa parenchymy mięksiszowej. Walec osiowy tworzy nieregularna wiązka naczyniowa, z dwustronnie przylegającymi pasami floemu i jednowarstwowy niezgrubiały perycykl. Walec otacza endoderma w II stadium rozwoju. W odrębie floemu występują komórki z sokiem mlecznym.

Mykorhizy brak.

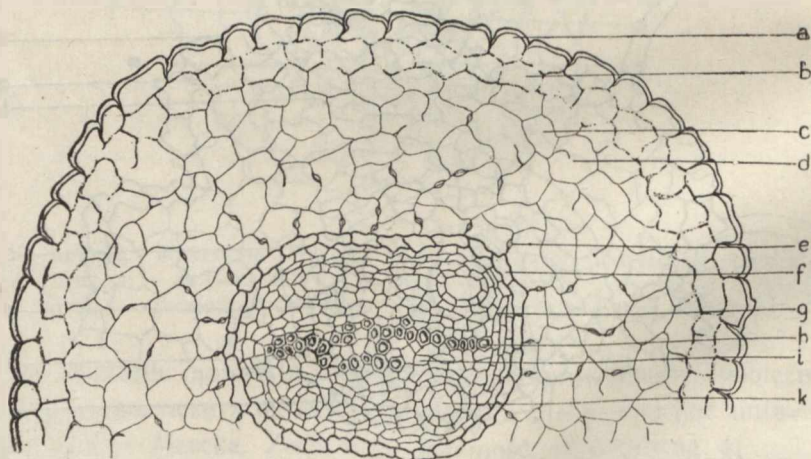


Ryc. 2. *Alocasia indica* C. Koch. ex. p. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, a₁ — egzoderma, b — miękisz korowy, c — endoderma, d — floem, e — xylem, f — perycykl.

Alocasia indica C. Koch. ex. p. (*Araceae*). Korzenie są silnie powyginane we wszystkich kierunkach, starsze są barwy ciemno-brunatnej, młodsze jasno-żółtej. Na korzeniach młodszych występują liczne bulwkowate zgrubienia. Powierzchnia korzonków ostatniego rzędu jest nierówna, średnia ich wynosi około 0,2 mm. Włośników wy-

tworzą niewiele. Na przekroju poprzecznym (ryc. 2) widzimy, że linia obwodu korzenia jest silnie pofalowana. Komórki rhizodermy mają błony zgrubiałe i skutynizowane. Najsilniej są skutynizowane błony zewnętrzne łącznie z włósnikami (G u t t e n b e r g). Głębiej występuje jednowarstwowy pierścień egzodermy, o cienkich błonach komórkowych. Tkanka miększu korowego jest zwarta, bez przestworów międzykomórkowych, 1—5 warstwowa. Endoderma z I-ego stadium rozwoju przechodzi w II-ie: przy dobrze widocznych pasenkach Caspary'ego, zgrubiałe i zdrewniałe są błony tangencjalne. Jednowarstwowy, o nieco zgrubiałych błonach komórkowych, perycykl otacza wiązki układu tetrarchicznego. W środku korzenia znajduje się duże naczynie metaxylemu, otoczone komórkami zdrewniałego miększu. Bulwkowate zgrubienia, o których wspominałam na początku zostały spowodowane obecnością węgorzków, masowo pasożytujących na korzeniach roślin w palmiarni.

Mykorhizy brak.



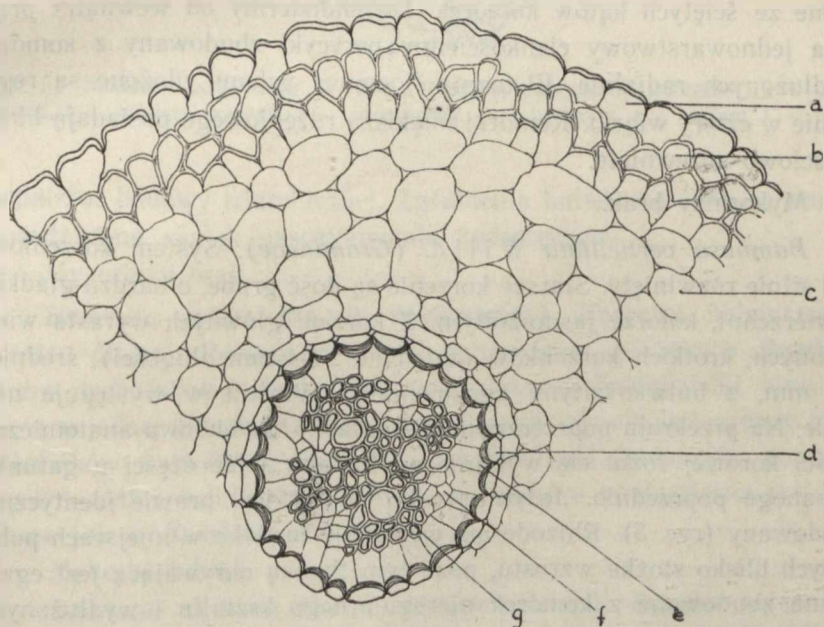
Ryc. 3. *Araucaria excelsa* R. Br. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, c — miększu korowy, d — listwy, e — komórki „fi”, f — endoderma, g — perycykl, h — xylem, i — floem, k — przewód żywiczny.

Araucaria excelsa R. Br. (*Pinaceae*). System korzeniowy jest dość słabo rozwinięty. Boczne korzonki są krótkie, o średnicy 0,5 mm, barwy ciemnobrązowej. Włóśników z reguły araukarie nie wytwarzają. Komórki rhizodermy nie występują na całym obwodzie badanych ko-

rzeni, ulegając dość wczesnie złuszczeniu. W miejscach tych tkankę okrywającą stanowi jedno- lub czasem dwuwarstwowa egzoderma. Komórki rhizodermy (jeśli występują) (ryc. 3) są wydłużone stycznie, trochę spłaszczone, o lekko zgrubiałej i skutykizowanej błonie zewnętrznej. Komórki egzodermy są także spłaszczone, ale cienkościenne z nieco zdrewniałymi błonami. Na całej szerokości parenchymy, na błonach radialnych i tangencjalnych występują listwy i komórki „fi”. Niezależnie od tego komórki „fi” tworzą zwarty pierścień wokół endodermy, która jest w II stadium rozwoju. Głębiej zalega perycykl 2—4 warstwowy. Po obu stronach wiązki diarchicznej, w każdym pasie floemu, występują po dwa przewody żywiczne.

Mykorhizy brak.

Bambusa reticulata var. *macrophylla* Rupr. (Gramineae). Korzenie przedostatniego rzędu posiadają na znacznej długości



Ryc. 4. *Bambusa reticulata* var. *macrophylla* Rupr. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, c — miękisz korowy, d — endoderma, e — perycykl, f — floem, g — xylem.

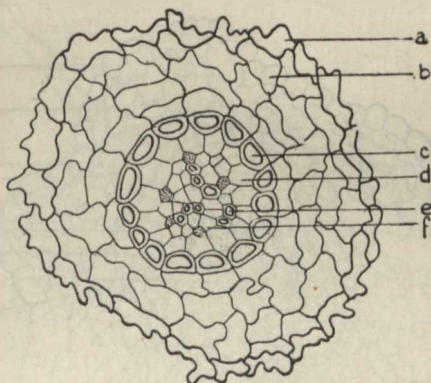
boczne rozgałęzienia krótkie i cienkie (0,3 mm). Powierzchnia korzeni jest gładka, barwa u starszych jest jasno-brązowa, u młodszych pra-

wie biała. Włośników brak. Na przekroju poprzecznym badanych korzonków (ryc. 4) stwierdzono, że zewnętrzne błony rhidodermy są zgrubiałe i skutynizowane z wyraźnym uwarstwieniem. Jednolity 1—2 warstwowy pierścień egzodermy składa się z komórek o błonach zgrubiałych i częściowo zdrewniałych. Kilkuwarstwowy miękisz korowy stanowi luźną tkankę, z dużymi przestworami międzykomórkowymi. Najgłębiej położone warstwy parenchymy, przylegające do samej endodermy, tworzą pierścienie stanowiące na przekroju poprzecznym koncentryczne koła. Endoderma jest w III stadium rozwoju, tzn., że posiada błony zgrubiałe i zdrewniałe w kształcie litery U z wyraźnymi warstwami. Powstała ona z najbardziej wewnętrznego pierścienia parenchymy (co widać na ryc. 4, porównując najbardziej wewnętrzny pierścień parenchymy z endoderma). Między obu pierścieniami występują czteroboczne przestwory międzykomórkowe, utworzone ze ściętych kątów komórek. Do endodermy od wewnątrz przylega jednowarstwowy cienkościenny perycykl zbudowany z komórek wydłużonych radialnie. Elementy floemu i xylemu ułożone są regularnie w cztery wiązki. Komórki miękiszu rdzeniowego posiadają błony częściowo zdrewniałe.

Mykorhizy brak.

Bambusa verticillata Willd. (*Gramineae*). System korzeniowy jest silnie rozwinięty. Starsze korzenie są dość grube, o bardzo gładkiej powierzchni, kolorze jasno-żółtym. Z korzeni głównych wyrasta wiele drobnych, krótkich korzonków (zaledwie 2—4 mm długości), średnicy 0,1 mm, z bulwkowatymi zgrubieniami. Włośników występuje niewiele. Na przekroju poprzecznym stwierdzono, że budowa anatomiczna części korowej różni się wybitnie od budowy tejże części u gatunku opisanego poprzednio. Jedynie walec osiowy jest prawie identycznie zbudowany (ryc. 5). Rhizoderma występuje tu tylko w miejscach położonych blisko stożka wzrostu, poza tym tkanką okrywającą jest egzoderma zbudowana z komórek nieregularnego kształtu i wydłużonych stycznie. Błony komórkowe są pofalowane (szczególnie zewnętrzne), tworzą liczne wypustki na zewnątrz; są one przy tym cienkie, ale jednocześnie przepojone suberyną. Komórki miękiszu korowego tworzą zwartą tkankę (2—3 warstwy). Są one także wydłużone stycznie, prawie czteroboczne, z nieco pofalowanymi błonami radialnymi. Endoderma w II stadium rozwoju posiada wszystkie błony równo-

miernie zgrubiałe i zdrewniałe; komórki jej są kształtu półkolistego. Perycykl składa się z komórek 6-cio bocznych, promienisto wydłużonych, o cienkich błonach. Wiązki przewodzące nie posiadają wyraźnego układu promienistego. Po dłuższych badaniach można się było



Ryc. 5. *Bambusa verticillata* Willd. Przekrój poprzeczny korzenia: a — egzoderma, b — miękisz korowaty, c — endoderma, d — perycykl, e — xylem, f — floem.

dopatrzyć budowy triarchicznej. Zgrubienia bulwkowate na korzeniach powstały na skutek pasożytywania zwierzęcego.

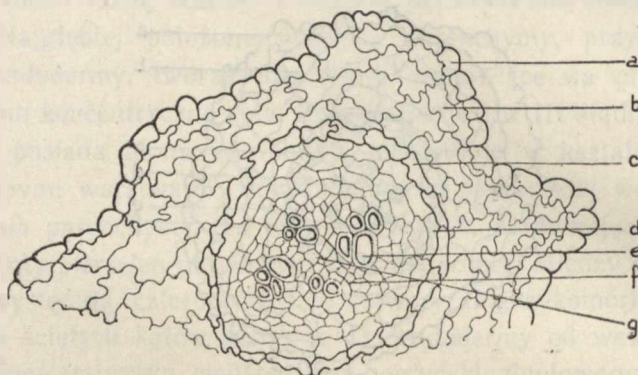
Mykorhizy brak.

Bambusa stricta Roxb. (*Gramineae*). Korzenie najstarsze są bardzo długie. Posiadają, jak w poprzednich gatunkach *Bambusa*, liczne drobniutkie i cienkie korzonki boczne o średnicy 0,1 mm, ułożone w jednej płaszczyźnie poziomej. Barwa korzeni jest prawie biała; włosników wytwarzają niewiele. Z przebadania przekrojów poprzecznych i podłużnych korzeni wynika, że budowa anatomiczna jest taka sama jak u *Bambusa verticillata*.

Mykorhizy brak.

Bauhinia diphylla Ham. (*Leguminosae*). System korzeniowy jest silnie rozwinięty. Korzenie starsze i młodsze są bardzo długie. Powierzchnia starszych jest gładka, młodszych bruzdkowana. Barwa wszystkich korzeni jest ciemno-brązowa. Grubość korzonków ostatniego rzędu waha się od 0,8 do 1,0 mm. Włosników brak. Na przekroju poprzecznym (ryc. 6) obwód korzenia przedstawia się jako silnie pofalowana linia. Tkanką okrywającą jest rhizoderma zbudowana

z drobnych komórek, których błony zewnętrzne są wypukłe, koloru brunatnego. Błony wewnętrzne są celulozowe. Mięksisz korowy przylega bezpośrednio do rhizodermy, egzodermy w tym wypadku brak. Komórki miększysu są kilkakrotnie większe od komórek tkanki chłonnej z cha-

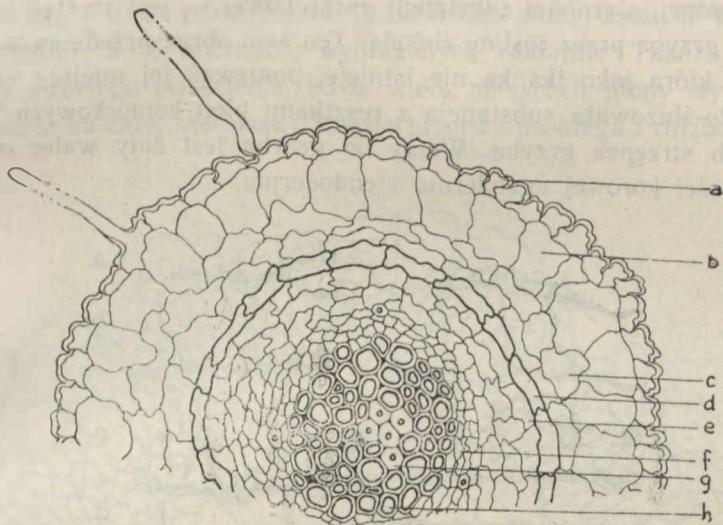


Ryc. 6. *Bauhinia diphylla* H a m. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — mięksisz korowy, c — endoderma, d — pericykl, e — xylem, f — floem, g — mięksisz rdzeniowy.

rakterystycznie pośladowanymi błonami. Endoderma jest w II stadium rozwoju komórki jej są wydłużone stycznie, a błony także nieco pośladowane. Na walec osiowy składa się wielowarstwowy pericykl i wiązka tetrarchiczna. W środku korzenia występuje mięksisz rdzeniowy. Mykorhizy brak.

Ceratonia siliqua L. (*Leguminosae*). System korzeniowy jest słabo rozwinięty. Korzonki ostatnich rzędów są słabo rozgałęzione, starsze spośród nich mają powierzchnię gładką, barwę ciemno-brązową; najmłodsze są w pewnych partiach gładkie, w innych zaś mają powierzchnię nierówną; barwa ich jest jasno-kremowa; średnica wynosi 0,3—0,5 mm. Włośników jest mało. Z analizy przekrojów poprzecznych wynika, że małe komórki rhizodermy posiadają zewnętrzne błony wypukłe, zgrubiałe i celulozowe. Pod rhizodermą leży jednowarstwowa egzoderma zbudowana z komórek dużych, 6—8 krotnie większych od komórek tkanki okrywającej. Kształt komórek jest mniej więcej czworoboczny, wydłużony nieco w kierunku promienistym; błony komórkowe są cienkie, celulozowe (pod immersją widoczne bardzo słabo skut-

nizowane błony radialne). Tkanka mięsista ogranicza się tu za-
ledwie do 2 warstw. Jej komórki są wydłużone stycznie. Endoderma
jest w II stadium rozwoju, komórki jej są płaskie. Wielowarstwowy
perytyl otacza wiązki sitowe i naczyniowe (układ poliarchiczny)

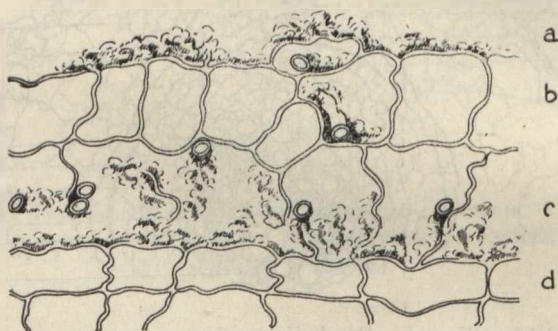


Ryc. 7. *Ceratonia siliqua* L. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, c — miąższ korowy, d — endoderma, e — perytyl, f — floem, g — włókna drzewne, h — xylem.

W środku korzenia widoczne są włókna sklerenchymatyczne, tworzące zbite gniazdo komórek; w części sitowej występują one pojedynczo (rycina 7). Z powyższego opisu widać, że budowa anatomiczna jest prawie taka sama, jak u poprzednio opisanej *Bauhinii*, należącej do tej samej rodziny *Leguminosae*. Różnica polega jedynie na występowaniu egzodermy, której nie ma u *Bauhinii*.

Mykorhiza. Opis tkanki mykotroficznej (ryc. 8). Zdrowe strzępki grzyba występują w rhizodermie w dość dużej ilości. W obrębie komórek miąższu korowego widoczne są pojedyncze nitki grzybowe. Strzępki dość grube wypełniają niejednokrotnie całe światło komórki; barwią się intensywnie na kolor niebieski Bleu de Cotton. W pierścieniu parenchymy strzępki przebijają często błony komórek sąsiadujących. Obok strzępek zdrowych, znajdują się strzępki w sta-

dium trawienia. Na innym odcinku korzenia, wykazującym zmiany morfologiczne, a mianowicie pewną nierówność, widzimy inny obraz anatomiczny mykorhizy (ryc. 8). Strzępki grzyba obficie wypełniają zniszczoną partię komórek miększu korowego, na miejscu którego widoczne są tylko ślady błon komórkowych. Strzępki te są zanurzone w brunatnej, ziarnistej substancji garbnikowej — jest to stadium trawienia grzyba przez roślinę zieloną. Ten sam obraz przedstawia rhizoderma, która jako tkanka nie istnieje, ponieważ jej miejsce zajmuje ziarnisto-śluzowata substancja z resztkami błon komórkowych i strawionych strzępek grzyba. Wolny od grzyba jest cały walec osiowy, a w części korowej egzoderma i endoderma.

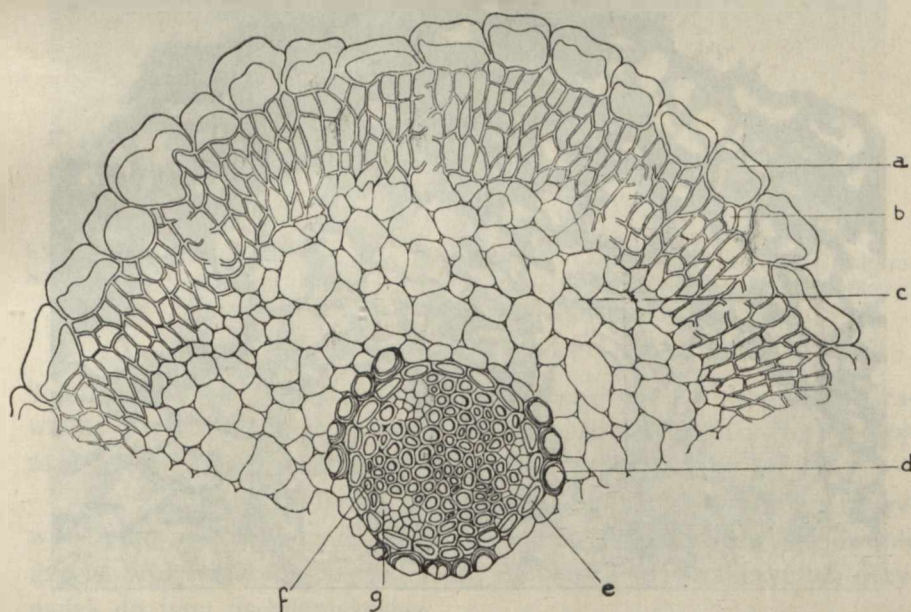


Ryc. 8. *Ceratonia siliqua* L. Przekrój poprzeczny korzenia: a — miejsce rhizodermy zajmuje śluzowato-ziarnista substancja z resztkami strawionych strzępek grzyba, b — egzoderma prawie wolna od strzępek, c — miększ kory pierwotnej ze zniszczonymi błonami radialnymi i resztkami trawionych strzępek, d — endoderma.

Oba wyżej opisane obrazy anatomiczne przedstawiają nam walkę grzyba z rośliną. Pierwszy wypadek, gdzie występuje warstwa garbnikowa i trawienna, określimy jako mykorhizę endotroficzną, która przechodzi miejscami w jednostronny pasożytyzm (obraz drugi), nieszkodliwy dla rośliny, bo jak widzimy na ryc. 8 strzępki są natychmiast trawione. Można by ewentualnie wysnuć z powyższego wniosek, że brak bulwek na korzeniach, przy dobrym rozwoju *Ceratonii*, z której pobrano materiał, a tym samym brak bakteryjnego wiązania wolnego azotu, został zastąpiony azotem z próchnicy pobieranym przez grzyba.

Chamaerops humilis L. (*Palmae*). System korzeniowy jest słabo rozwinięty. Nieliczne drobne korzonki ostatniego rzędu o średnicy

0,2—0,5 mm rozgałęziają się zawsze pod kątem prostym. Włośników brak. Na przekrojach poprzecznych korzeni (ryc. 9) stwierdzono, że komórki rhizodermy są duże, o silnie zgrubiałych i skutynizowanych błonach zewnętrznych; nie wytwarzają one nigdy włośników. Bezpośrednio pod rhizodermą leży wielowarstwowy pierścień egzodermy, zbudowany z drobnych komórek (kilkakrotnie mniejszych od komórek rhizodermy), 5—6 bocznych, wydłużonych radialnie. Tkanka ta nie tworzy zwartego pierścienia, bo w wielu miejscach błony styczne są przerwane na całej szerokości. Często przerwaniu ulega i rhizoderma—



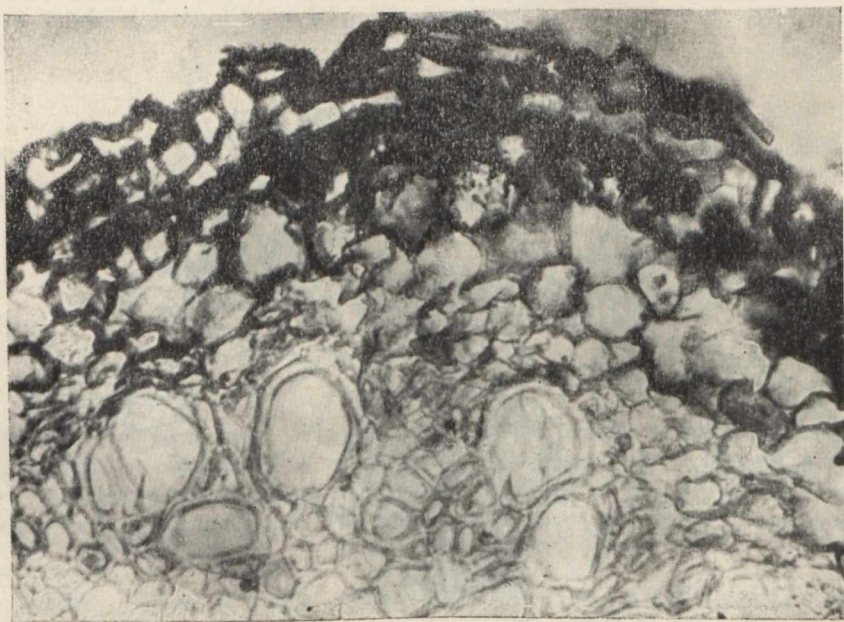
Ryc. 9. *Chamaerops humilis* L. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, c — miękisz korowy, d — endoderma, e — prycykl, f — xylem, g — iloem.

są to miejsca dla korzeni bocznych (Guttenberg). Komórki miękiszu parenchymatycznego są różnej wielkości, izodiametryczne, mniej więcej owalne, tworzą dość luźną tkankę z przestworami międzykomórkowymi. Endoderma jest w III stadium rozwoju; błony wewnętrzne i promieniste są wyraźnie uwarstwione. Komórki przepustowe występują w dużej ilości, tak że endoderma nie tworzy zwartego pierścienia

złożonego ze zgrubiałych komórek, ale ogranicza się do 3 partii, złożonych z 3—5 komórek. Do endodermy przylega jednowarstwowy, zgrubiały pericykl. Korzeń ten jest poliarchiczny ze zdrewniałym miękiszem rdzeniowym.

Mykorhizy brak.

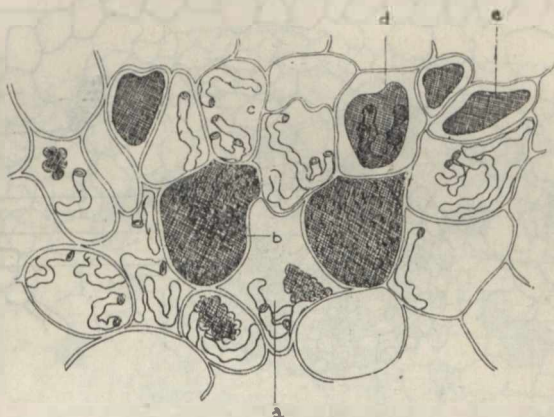
Cinnamomum burmanii Bl. (*Lauraceae*). Korzenie są bardzo cienkie, słabo rozgałęziające się. Korzonki ostatnich rzędów są krótkie, o średnicy od 0,2—0,3 mm. Powierzchnia korzonków najmłodszych jest



Ryc. 10. *Cinnamomum burmanii* Bl. Przekrój poprzeczny korzenia.

nierówna, barwy ciemno-brązowej do czarnej. Włósniki nie występują. Analiza mikroskopowa korzeni z przyrostem na grubość (brak było w zebranych materiale korzonków z budową pierwotną) wykazała, że tkanką okrywającą jest wielowarstwowy korek (fot. 10), głębiej zalega kilkuwarstwowa parenchyma korowa, której błony są silnie skorkowiałe, barwy ciemno-brązowej. Tkanka ta posiada przestwory międzykomórkowe. Środek korzenia wypełnia drewno. Strzępki grzyba występują na całej szerokości kory (ryc. 11). Komórki zawierają pojedyncze

zdrowe strzępki, albo utworzone z nich kłębki; u innych możemy zaobserwować pierwsze stadia trawienia grzyba. Obok nich występują komórki wypełnione ziarnistą substancją protoplazmatyczną z resztkami trawionych nitek. Grzyb występuje także w dużych ilościach w ele-



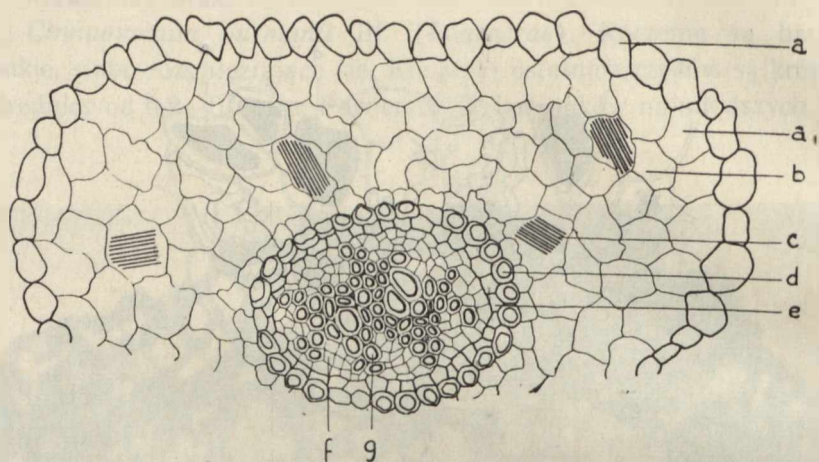
Ryc. 11. *Cinnamomum Burmanni* Bl. Przekrój poprzeczny mykorhizy endotroficznej: a, b — komórki trawienne; c, d — komórki tworzące warstwę garbnikową; e — komórki z substancją garbnikową.

mentach drewna. Obok zdrowych strzępek widzimy fragmenty trawienia grzyba, a także komórki ze strzępkami zanurzonymi w brązowej substancji garbnikowej.

Mykorhiza. Obrazy anatomiczne w części korowej wskazywałyby na mykorhizę endotroficzną, jednak jednoczesne występowanie grzyba w drewnie ma charakter pasożytniczy i każe zaliczyć ten przypadek do typu pseudomykorhiz.

Cordyline australis Hook. fil. (*Liliaceae*). System korzeniowy jest dobrze rozwinięty. Bogato rozgałęzione są korzonki ostatnich rzędów. Barwa korzeni jest prawie biała; przeciętna średnica najmłodszych wynosi 0,5 mm. Włośników brak. Na przekrojach badanych korzeni (ryc. 12) widać, że pierścień rhizodermy posiada komórki małe o błonach zewnętrznych silnie wypukłych, niezgrubiałych, słabo skutynizowanych. Jednowarstwowa egzoderma zbudowana jest z komórek 3—4 razy większych od komórek rhizodermy, są one wydłużone radialnie; błony mają także niezgrubiałe, bardzo słabo skorkowaciałe. Parenchyma jest zbudowana z dużych cienkościennych komó-

rek bez przestworów międzykomórkowych. Bardzo drobne komórki parenchimy tworzą najbardziej wewnętrzny pierścień przylegający do endodermy. W komórkach parenchimy często występują rafidy. Endo-



Ryc. 12. *Cordyline australis* Hook fil. Przekrój poprzeczny korzenia:
a — rhizoderma, a₁ — egzoderma, b — miękisz korowy, c — rafidy,
d — endoderma, e — perycykl, f — floem, g — xylem.

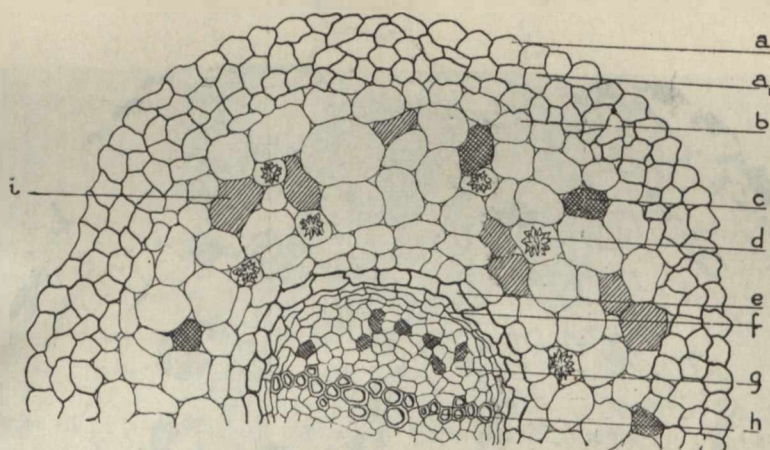
derma jest w III stadium rozwoju. Perycykl jednowarstwowy posiada błony komórkowe nieco skorkowaciałe. Korzeń jest typu poliarchicznego.

Mykorhizy brak.

Cycas sp. (*Cycadaceae*). System korzeniowy jest dobrze rozwinięty. Poszczególne korzenie wielokrotnie się rozgałęziają, wytwarzając liczne, krótkie korzonki boczne o średnicy od 0,9—1,2 mm. Barwa korzeni jest jasno-brązowa, powierzchnia dość gładka, kształt walcowaty. Włośników brak.

Materiał do badań zebrany był dwukrotnie: 1) krótko po sprowadzeniu cycasów do palmiarni, 2) po zaobserwowaniu bujnego rozwoju w kilka miesięcy później. Przekroje poprzeczne badanych korzeni (ryc. 13) wykazały, że jednowarstwowa rhizoderma posiada zewnętrzne błony słabo skorkowaciałe. Skorkowacenie przechodzi na błony radialne, natomiast błony wewnętrzne są celulozowe. Wielowarstwowa egzoderma (2—3 warstwy) posiada komórki drobne, cienkościenne,

także słabo skorkowaciale. Komórki miękiszu korowego są różnej wielkości, wszystkie kształtu owalnego. W tkance tej występują dość duże przestwory międzykomórkowe. Błony komórek parenchymy nie wykazują charakterystycznych dla danego gatunku zgrubień (Guttenberg). Natomiast wszystkie są intensywnie zabarwione na kolor

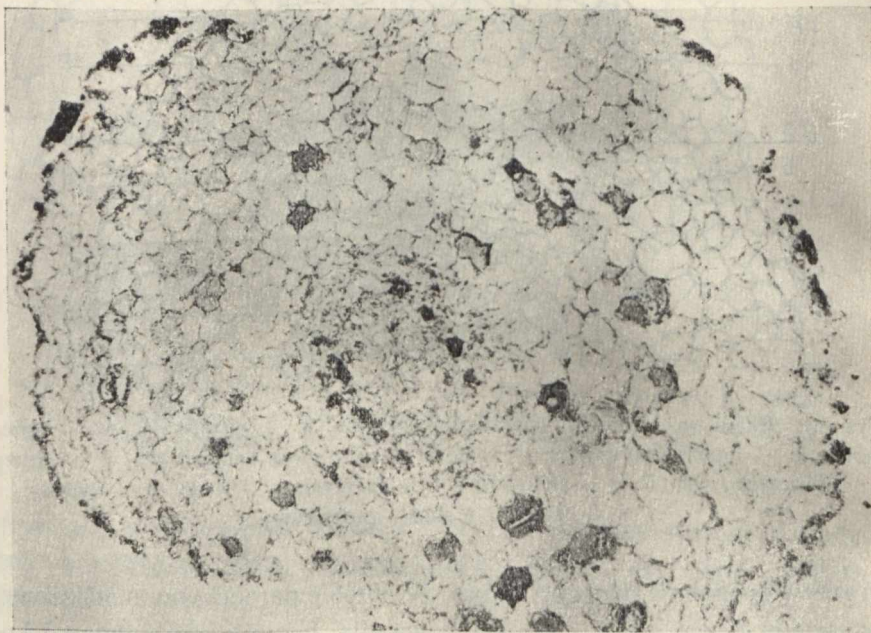


Rys. 13. *Cycas* sp. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, a₁ — egzoderma, b — miękisz korowy, c — komórki z substancją kauczukową, d — druzy szczawianu wapnia, e — endoderma, f — perycykl, g — floem, h — xylem, i — komórki z subst. garbnikową.

brązowy (podobnie jak egzoderma). W obrębie parenchymy mięgiszowej występują liczne druzy szczawianu wapnia, komórki garbnikowe i komórki z substancją gumową. Te ostatnie znajdują się także w obrębie walca osiowego. Endoderma jest w II stadium rozwoju. Perycykl 2—4 warstwowy zbudowany jest z komórek silnie spłaszczonych. Centrum korzenia zajmuje wiązka przewodząca diarchiczna.

Obraz anatomiczny wyżej opisany dotyczy korzeni zebranych po raz pierwszy. Badane korzenie otoczone były gęsto splecioną mufką grzybni bezbarwnej, z której bezpośrednio wyrastały owocniki kształtu muszlowatego, odstające od podłoża, barwy różowo-kremowej. Powierzchnia ich porośnięta była nieregularnymi wyrostkami, z lekko zaznaczonym strefowaniem i warstwą hymenialną na dolnej stronie. Owocniki miały konsystencję skórzasto-korkową. Warstwa hymenialna lekko garbata, miejscami pokryta jakby drobnymi kolcami, zawierała tylko basidia.

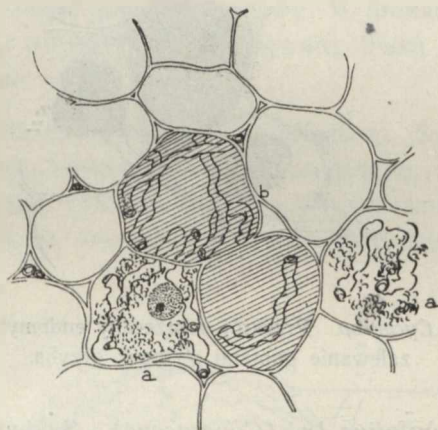
Zarodniki bezbarwne, gładkie. Jest to rodzaj *Stereum*, którego z istniejących europejskich flor nie dało się bliżej oznaczyć. Owocniki opisanego *Stereum* sp. pojawiły się dopiero w palmiarni w pobliżu cykasów po sprowadzeniu ich. Grzybnia *Stereum* sp. nie atakowała korzeni, dokoła których tworzyła gęste sploty, jest więc to typ mykorhizy perytroficznej (J a h n).



Ryc. 14. *Cycas* sp. Przekrój poprzeczny mykorhizy endotroficznej. Widoczna warstwa trawienna i garbnikowa w obrębie kory pierwotnej.

W powtórnie zebranych materiale korzeniowym (przerwa kilka miesięcy) zaobserwowałam zmiany anatomiczne w pierwotnej budowie korzonków, jak również i zmiany morfologiczne. Rozwój systemu korzeniowego, długość i grubość korzonków ostatnich rzędów pozostały bez zmian, jedynie barwa i powierzchnia uległy zmianie; barwa stała się ciemno-brązowa, a na powierzchni miejscami pojawiły się niewielkie zgrubienia. Badania mikroskopowe korzonków lekko zgrubiałych wykazały, że tkanką okrywającą jest egzoderma (ryc. 14). Rhizoderma uległa przeważnie zniszczeniu, a pozostały po niej jedynie ślady błon tangen-

cialnych. Pod nią zalegająca wielowarstwowa egzoderma posiada ściany komórkowe silnie impregnowane suberyną, o barwie ciemno-brązowej. Podobny obraz przedstawia parenchyma miękiszowa, której komórki

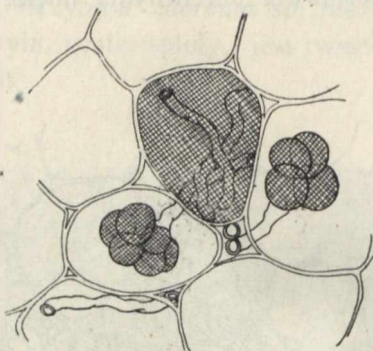


Ryc. 15. *Cycus* sp. Przekrój poprzeczny mykorhizy endotroficznej; a — komórki trawienne w miększu korowym (z lewej strony widać silnie powiększone ziarniste jądro), b — komórki garbnikowe.

mają błony zabarwione także na brązowo i zgrubiałe, niezależnie od tego, czy są one wypełnione garbnikami, gumą, czy też wolne od tych zawartości. Walec osiowy łącznie z endodermą nie uległ zmianie.

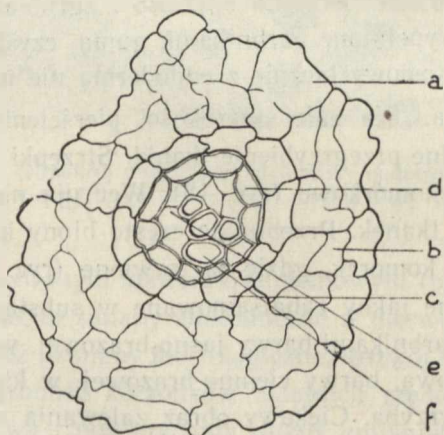
Mykorhiza. Na całej szerokości pierścienia miękiszu korowego wystąpiło silne przegrzybienie tkanki. Strzępki wypełniają liczne przestwory międzykomórkowe (ryc. 15). Wędrują niemi aby zaatakować dalsze partie tkanek. Przebijając często błony komórkowe, wchodzą do sąsiednich komórek, gdzie są trawione (ryc. 15a), albo pozostają nieuszkodzone jakby zabalsamowane w substancji garbnikowej. Obok komórek z garbnikami barwy jasno-brązowej, występują komórki z substancją gumową, barwy ciemno-brązowej, w której są także zanurzone strzępki grzyba. Ciekawy obraz zalewania strzępek kroplami gumy widać na ryc. 16. Komórki mykotroficzne dla mykorhizy endotroficznej tworzą warstwy: garbnikową i trawienną w obrębie parenchymy. Wolne od grzyba są egzoderma i walec osiowy. Tak więc grzybnia, początkowo zaobserwowanej mykorhizy perytroficznej, weszła w kontakt anatomiczno-fizjologiczny z korzeniami rośliny zielonej,

powodując rozwój mykorhizy endotroficznej i tym samym bujniejszy rozwój sagowców.



Ryc. 16. *Cycas* sp. Przekrój poprzeczny endomycorzizy — zalewanie gumami strzępek grzyba.

Cyperus alternifolius L. (*Cyperaceae*). System korzeniowy jest dobrze rozwinięty. Licznie rozgałęziają się korzonki ostatnich rzędów. Barwa korzeni jest prawie czarna; średnica najmłodszych korzonków waha się od 0,08 do 0,05 mm. Włośników brak. Z analizy mikrosko-



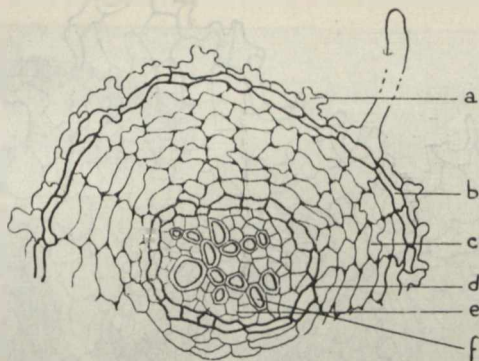
Ryc. 17 *Cyperus alternifolius* L. Przekrój poprzeczny korzenia: a — egzoderma, b — parenchyma, c — endoderma, d — perycykl, e — floem, f — xylem.

powej przebadanych przekrojów korzeni (ryc. 17) wynika, że w niewielkiej odległości od stożka wzrostu korzonki nie posiadają już rhizo-

dermy. Tkanką okrywającą jest jednowarstwowa egzoderma, o błonach skorkowaciłych, barwy jaskrawo-brązowej. Parenchyma miękiszowa jest ograniczona w wielu miejscach do jednej warstwy komórek, których błony są także lekko skorkowaciłe. Endoderma jest w II stadium rozwoju. Perycykl jednowarstwowy, o błonach komórkowych zgrubiałych, otacza nieregularnie zbudowany floem i xylem.

Mykorhizy brak.

Dizygotheca Kerchoviana hort. (*Araliaceae*). System korzeniowy jest dobrze rozwinięty. Korzonki ostatnich rzędów są silnie rozgałęzione, o średnicy dochodzącej do 0,2 mm. Barwa ich jest jasno-żółta. Korzonki najmłodsze pokryte są bulwkowatymi zgrubieniami. Włośników jest



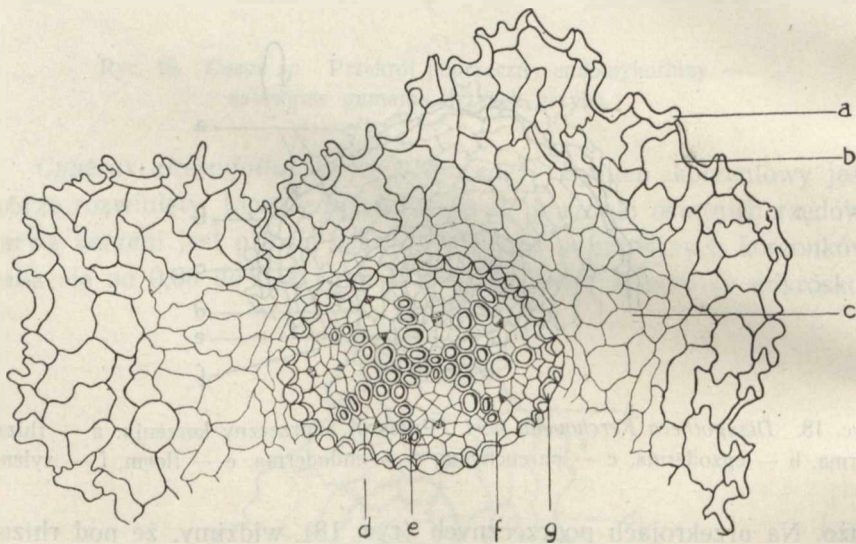
Ryc. 18. *Dizygotheca Kerchoviana* hort. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, c — parenchyma, d — endoderma, e — floem, f — xylem.

dużo. Na przekrojach poprzecznych (ryc. 18) widzimy, że pod rhizodermą, której komórki są cienkościenne, wydłużone stycznie, z licznymi wypustkami błony zewnętrznej, znajduje się jednowarstwowa egzoderma. Komórki egzodermny są spłaszczone, błony komórkowe są koloru intensywnie żółtego — przepojone suberyną. Głębiej leży kilkuwarstwowy pierścień parenchymy mięksiszowej. Komórki parenchymatyczne są również wydłużone stycznie, spłaszczone, ułożone regularnie drabinkowato, z niewielkimi zgrubieniami błon w kątach, które silnie załamują światło. Błony komórek parenchymy są celulozowe. Na przekroju podłużnym przedstawiają się one jako silnie wydłużone komórki, tępo zakończone. Wydaje się, że parenchyma miękiszowa spełnia w tym wypadku rolę tkanki mechanicznej. Endoderma jest w II sta-

dium rozwoju. Perycykl jest słabo wyróżnialny. Elementy floemu i xylemu nie wykazują układu promienistego. W miejscach bulwkowatych zgrubień, poza zmianami morfologicznymi, widać duże zmiany anatomiczne spowodowane występowaniem pasożytów zwierzęcych (węgorzków) ulokowanych w obrębie walca osiowego.

Mykorhizy brak.

Dracaena fragrans G a w l. var. *Lindeniana* hort. (*Liliaceae*). System korzeniowy jest słabo rozwinięty. Poszczególne korzenie wykazują nieliczne rozgałęzienia boczne. Najstarsze korzenie są barwy ciemno-brązowej, najmłodsze jasno-żółtej. Wszystkie korzenie posiadają bruzdkowate zagłębienia biegnące wzdłuż osi korzenia (rys. 19),



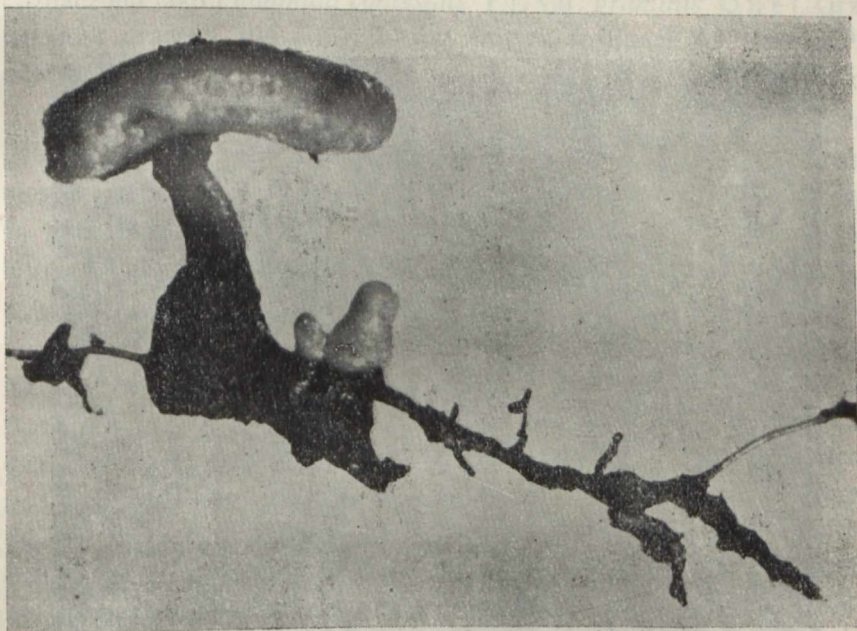
Ryc. 19. *Dracaena fragrans* G a w l. var. *Lindeniana* hort. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, c — miękisz korowy, d — floem, e — xylem, f — perycykl, g — endoderma.

średnica korzonków ostatniego rzędu wynosi od 0,5—1,0 mm. Włośniki występują w niewielkiej ilości. Przekroje poprzeczne badanych korzonków wykazały (ryc. 19), że obwód ich stanowi linia silnie pofalowana. Komórki rhizodermisy mają kształt miseczek (zewnętrzne błony są wklęsłe i silnie skutynizowane). Głębiej zalega pierścień dwuwarstwowej egzodermisy zbudowany z komórek niejednolitego kształtu, wydłużonych radialnie; błony komórek są skorkowiałe. Skorkowa-

cenie przechodzi częściowo na błony komórek parenchymatycznych bezpośrednio przylegających do egzodermy. Parenchyma mięsista ogranicza się tu do dość wąskiego pierścienia komórek cienkościennych, większych w części zewnętrznej, zupełnie małych przy endodermie. Endoderma jest w III stadium rozwoju. Perycykl jest jednowarstwowy i cienkościenny. Elementy xylemu i floemu ułożone są promieniowo — jest to korzeń poliarchiczny. Środek korzenia wypełniają włókna sklerenchymatyczne.

Mykorhizy brak.

Dracaena Draco L. (*Liliaceae*). Okaz, z którego zebrano materiał korzeniowy rósł w osobnej drewnianej skrzyni, odizolowany zupełnie od reszty roślin. Razem z korzeniami zebrano owocniki grzyba, które



Ryc. 20. *Dracaena Draco* L. Mykorhiza z wyrośniętymi owocnikami *Flammula conissans* Fr. var. *graminis* Quel. (pow. ok. 10 x).

pojawiały się co kilka miesięcy. Korzenie są bogato rozgałęzione, tworzą liczne drobne korzonki ostatnich rzędów. Starsze korzenie mają barwę jasno-żółtą, najmłodsze prawie białą, poza tymi miejscami, gdzie występuje ciemno-wiśniowej barwy mufka mykorhizowa (ryc. 20).

Srednica korzonków ostatniego rzędu wynosi od 0,1—0,2 mm. Włośników brak. Badania mikroskopowe przekrojów korzeni nie posiadających mufki mykorhizowej wykazują, że na zewnątrz korzenia znajduje się rhizoderma, nie wytwarzająca nigdy włośników. Komórki rhizodermy posiadają błony zewnętrzne silnie skutynizowane i wypukłe. Egzoderma składa się z dwóch pierścieni komórek o ścianach skorkowaciałych. Zewnętrzny pierścień ma komórki większe od komórek pierścienia wewnętrznego. Parenchyma miękkiszowa jest kilkuwarstwowa, cienkościenna; posiada ona liczne komórki ze zgrubiałymi i skorkowaciałymi błonami, wypełnione zawartością garbnikową. Endoderma jest w III stadium rozwoju. Głębiej występuje jedno- lub dwuwarstwowy perycykl o zgrubiałych błonach. Wiązki przewodzące są ułożone promieniowo. Korzeń wykazuje budowę poliarchiczną.



Ryc. 21. *Dracaena Draco* L. Przekrój poprzeczny mykorhizy: na lewo fragment walca osiowego otoczonego endodermą, na prawo mufka grzybowa.

Mykorhiza. W obrębie parenchymy miękkiszowej liczne komórki zainfekowane grzybem wytwarzają typową warstwę garbnikową i trawienną. Jest więc to typ mykorhizy endotroficznej. Poza tym

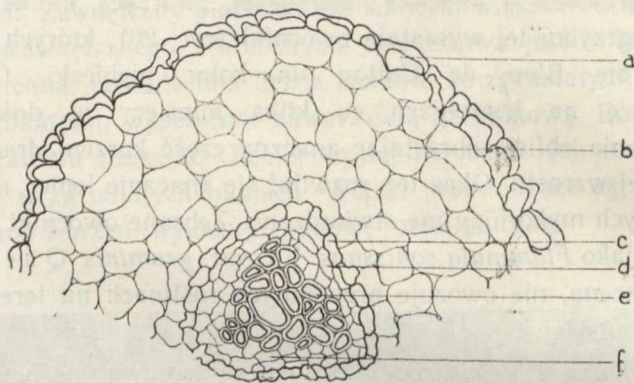
zbadano mikroskopowo przekroje korzonków obrośniętych mufką grzybową i okazało się, że poza walcem osiowym i endodermą, grzyb występuje we wszystkich tkankach części korowej w formie zwartej grzybni złożonej z cienkich strzępek, barwy jasno-brązowej (ryc. 21). Błony komórek rośliny zielonej są zupełnie zniszczone, jedynie słabo zarysowują się ślady błon rhizodermi i egzodermi. Na zewnątrz tej warstwy występuje grzybnia o budowie luźniejszej, tworząca mufkę w koło korzenia. Z grzybni tej wyrastają owocniki (ryc. 20), których strzępki wybarwiły się Bleu de Cotton na kolor niebieski. Owocniki pojawiały się na korzeniach co kilka miesięcy w dość dużej ilości. Grzybnia obficie obrastając znaczną część korzeni draceny nie hamowała jej wzrostu. Okaz ten rozwijał się znacznie lepiej, niż pozostałe, u których mykorhizy nie stwierdzono. Zebrane owocniki zbadano i oznaczono jako *Flammula conissans* Fr. var. *graminis* Quel. Grzyb ten poza draceną, nie owocuje przy innych roślinach na terenie Palmiarni Poznańskiej.

Erica arborea L. (*Ericaceae*). System korzeniowy jest bogato rozgałęziony, a szczególnie dużo jest długich i cienkich korzonków ostatniego rzędu; średnica ich wynosi od 0,1—0,2 mm. Wszystkie korzenie są barwy ciemno-brązowej. Najmłodsze korzonki o powierzchni wybitnie gruzelkowatej wykazywały tak dużą kruchość po procesie konserwacji, że nie można było z nich uzyskać preparatów do badań anatomicznych. W tym celu wzięłam korzonki starsze z przyrostem. Na przekroju poprzecznym widać, że kilkuwarstwowy korek tworzy tkankę okrywającą. Głębiej zalega kilkuwarstwowa parenchyma, a środek korzenia wypełniają elementy drewna. Strzępki grzyba widzimy w dużej ilości w komórkach parenchymy tuż pod tkanką korkową. Obok komórek ze zdrowymi strzępkami występują komórki z garbnikami, a w nich zanurzone strzępki grzyba, które często przechodzą do sąsiednich komórek przebijając błony komórkowe. Nie spotyka się zupełnie strzępek strawionych przez roślinę zieloną.

Mykorhiza. Jest to nietypowe współżycie dla wrzosowatych, które należy przyjąć za pseudomykorhizę.

Eucalyptus globulus Labill. (*Myrtaceae*). System korzeniowy jest bogato rozgałęziony, a najobficiej korzonki ostatnich rzędów, które tworzą często silnie splecione kłębki. Starsze korzenie są barwy ciemno-brązowej, młodsze są prawie białe i bardzo cienkie (0,1 mm).

Włośników brak. Po przebadaniu przekrojów korzeni ostatniego rzędu stwierdzono, że na zewnątrz znajdują się drobne komórki rhizodermy, posiadające silnie uwypuklone błony zewnętrzne (ryc. 22). Bezpośrednio pod rhizodermą zalega pierścień 4—5 warstwowy parenchymy miększowej — tkanki luźnej z dużymi przestworami międzykomórko-



Ryc. 22. *Eucalyptus globulus* Labill. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — miękisz korowy, c — endoderma, d — perycykl, e — xylem, f — floem.

wymi. Komórki parenchymatyczne są mniej więcej wszystkie jednakowej wielkości i owalnego kształtu. Endoderma jest w II stadium rozwoju. Walec osiowy ma kształt trójkąta. Cienkościenne perycyki jest jednowarstwowy. Jest to korzeń diarchiczny; duże naczynia występują w środku korzenia.

Mykorhizy brak.

Ficus hispida (Moraceae). Korzenie są słabo rozgałęzione. Nieliczne korzonki ostatnich rzędów mają średnicę od 0,5—1,0 mm. Barwa wszystkich korzeni jest jasno-brązowa, kształt walcowaty. Włośników wytwarzają niewiele. Przekroje poprzeczne korzonków ostatniego rzędu wykazały, że na zewnątrz znajdują się komórki rhizodermy nie wytwarzające dużej ilości włośników. Zwiększają one natomiast powierzchnię chłonną korzenia przez wypustki na błonach zewnętrznych. Błony komórek rhizodermy są lekko skutynizowane. Do rhizodermy przylega 2—3 warstwowy cienkościenne miękisz korowy. Głębiej występuje pierścień zdrewniałej endodermy. Z perycyklu powstał już kilkuwarstwowy korek, którego komórki leżące bliżej endo-

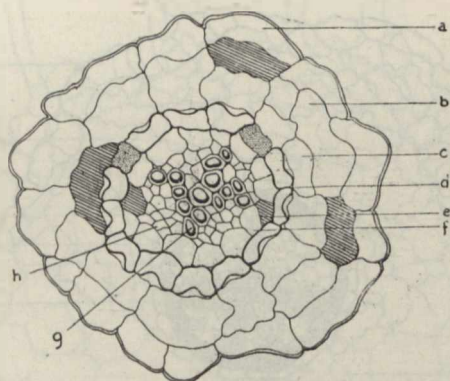
dermy, są bardziej skorkowaciałe, natomiast leżące bliżej środka korzenia posiadają jeszcze błony celulozowe (phelloid). Jest to korzeń tetrarchiczny. Wszystkie elementy xylemu są zdrewniałe. W obrębie floemu, przypuszczalnie w miękiszu floemowym, występują liczne druzy szczawianu wapnia. Część korowa aż do endodermy bardzo szybko odpada, a wtedy skorkowaciała endoderma tworzy tkankę okrywającą.

Mykorhizy brak.

Ficus carica L. (*Moraceae*). Korzenie silnie się rozgałęziają. Najmłodsze korzonki tworzą często pęczki. Powierzchnia ich jest nierówna, barwa jasno-żółta. Korzenie najstarsze mają barwę ciemno-brązową; grubość korzonków ostatniego rzędu wynosi 0,1—0,2 mm. Włośniki występują w niedużej ilości. Budowa anatomiczna korzenia jest taka jak u *Ficus hispida*. Nie ma żadnych zmian anatomicznych, mimo występujących na korzeniach zmian morfologicznych.

Mykorhizy brak.

Ficus elastica Roxb. (*Moraceae*). System korzeniowy jest silnie rozgałęziony. Licznie występują drobne korzonki ostatniego

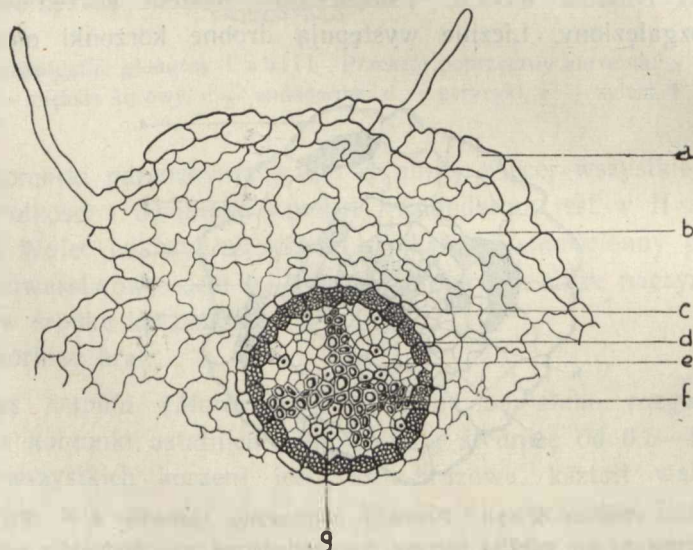


Ryc. 23. *Ficus elastica* Roxb. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, c — miękisz korowy, d — endoderma, e — komórki z substancją kauczukową, f — pericykl, g — xylem, h — floem.

rzędu, na których widoczne są niewielkie bulwki. Barwa starszych korzeni jest ciemno-brązowa, najmłodszych jasno-żółta. Średnica korzonków ostatniego rzędu wynosi około 0,3 mm. Włośników brak. Na zewnątrz korzonków ostatniego rzędu znajduje się pierścień rhizo-

dermy (ryc. 23) utworzony z komórek dużych, o błonach zewnętrznych skutynizowanych. Głębiej leży egzoderma, która na znacznej przestrzeni przylega bezpośrednio do endodermy. W tych miejscach brak jest zupełnie komórek parenchymy mięksiszowej, która ogranicza się najczęściej do jednej tylko warstwy. Endoderma jest w II stadium rozwoju. Zewnętrzne błony komórek endodermy są miseczkowato wklęsłe. Perycykl jest jednowarstwowy. Jest to korzeń tetrarchiczny. Pośród komórek miększu korowego występują komórki z brązową substancją kauczukową. Pojedyncze strzępki grzyba nie tworzące nigdy kłębków występują w niektórych komórkach miększu korowego. Spotykamy je również w nielicznych komórkach tkanki okrywającej — chłonnej. Nigdy jednak grzyb nie występuje w obrębie walca osiowego. Wolne od grzyba są również komórki z substancją kauczukową. Strzępki są barwy jasno-żółtej.

Mykorhiza. Udało się jedynie stwierdzić mykotrofizm korzeni *Ficus elastica*, ponieważ nie wykazują one objawów chorobowych.

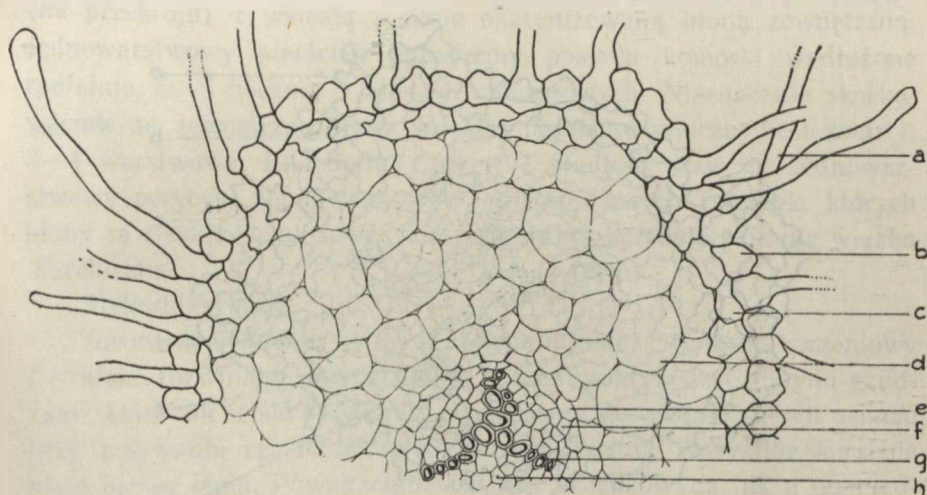


Ryc. 24. *Ficus pandurata* Hance. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — miększ korowy, c — endoderma, d — perycykl (komórki wypełnione skrobią), e — floem, f — xylem, g — włókna floemowe.

Brak natomiast charakterystycznych warstw dla mykorhizy endotroficznej nie pozwala określić tego przypadku z całą pewnością. Można przypuszczać, że jest to próba stworzenia endomykorhizy.

Ficus pandurata H a n c e. (*Moraceae*). Korzenie są bardzo słabo rozgałęzione. W niewielkiej ilości występują korzonki ostatnich rzędów. Starsze korzenie są barwy jasno-brązowej najmłodsze jasno-żółtej. Średnica korzonków ostatniego rzędu waha się od 0,2—0,3 mm. Włośników jest bardzo dużo. Na przekrojach poprzecznych korzonków ostatniego rzędu stwierdzono, że na zewnątrz znajduje się pierścień rhizodermy (ryc. 24), składający się z komórek płaskich i stycznie wydłużonych. Błony tych komórek są skutynizowane łącznie z włosnikami; barwa ich jest jasno-żółta. Głębiej zalega 3—4 warstwowy miękisz parenchymatyczny. Komórki parenchymy mają błony cienkie, silnie pofalowane. Walec osiowy otacza endoderma w III stadium rozwoju. Perycykl jednowarstwowy wypełniony jest ziarnami skrobi. Jest to korzeń tetrarchiczny. W środku korzenia znajdują się włókna sklerenchymatyczne. Pojedyncze włókna spotyka się także we floemie. Mykorhizy brak.

Hibiscus Rosa sinensis L. (*Malvaceae*). System korzeniowy jest dobrze rozwinięty. Korzonki ostatnich rzędów rozgałęziają się wielo-



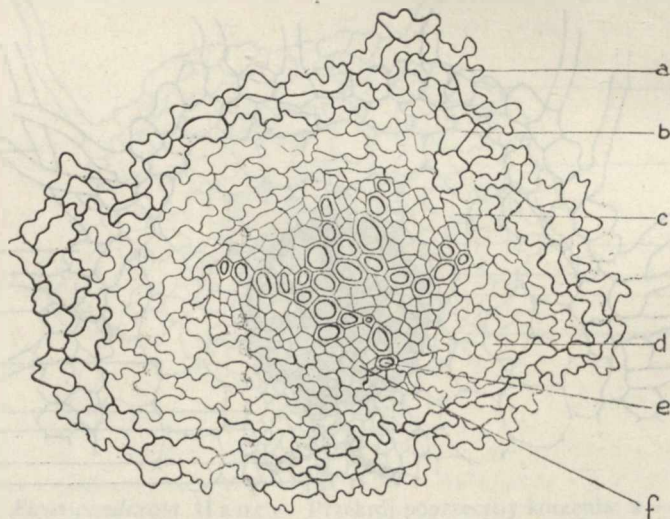
Ryc. 25. *Hibiscus Rosa sinensis* L. Przekrój poprzeczny korzenia: a — włosniki, b — rhizoderma, c — egzoderma, d — miękisz korowy, e — endoderma, f — perycykl, g — xylem, h — floem.

krotnie. Włośników jest bardzo dużo. Barwa wszystkich korzeni jest jasno-żółta. Na korzeniach starszych występują liczne bulwkowate

zgrubienia; pokrywają one duże powierzchnie korzeni. Każda z bulwek posiada w środku otwór. Są to *zoocaecidia* spowodowane przez pasożyta *Heterodera radicolu* Greef. (Frank. A. B.). Mimo znacznej ilości narośli na korzeniach okazy, z których pobrano materiał, doskonale się rozwijały. Tkanką okrywającą korzenia jest rhizoderma, którą tworzą drobne komórki o błonach słabo skutynizowanych, z licznymi włóśnikami (ryc. 25). Głębiej napotykamy na jednowarstwową egzodermę, której błony są nieco skorkowaciałe. Komórki parenchymy są duże, owalne, kilkakrotnie większe od komórek tkanki okrywającej. Błony komórek parenchymy są cienkie. W tkance tej występują przestwory międzykomórkowe. Komórki endodermy, w I stadium rozwoju, są wydłużone stycznie z ledwo widocznymi pod immersją pasenkami Caspary'ego. Walec osiowy w stosunku do całej szerokości korzenia jest bardzo mały, otacza go jednowarstwowy perycykl. Jest to korzeń triarchiczny.

Mykorhizy brak.

Jacobinia magnifica Voss (*Acanthaceae*). Korzenie główne rozgałęziają się w małym stopniu na krótkie korzenie boczne. Średnica



Ryc. 26. *Jacobinia magnifica* Voss. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, c — endoderma, d — miękisz korowy, e — xylem, f — floem.

korzonków ostatniego rzędu wynosi około 0,2 mm. Powierzchnia korzeni jest nierówna, widoczne są drobne bruzdki biegnące wzdłuż osi korzenia. Barwa korzeni jest jasno-brązowa. Włóśników brak zupełnie.

Linia obwodu korzenia na przekroju poprzecznym wykazuje dużą falistość (ryc. 26). Poszczególne komórki rhizodermy mają błony zewnętrzne także silnie pofalowane. Zwiększa to w dużym stopniu powierzchnię chłonną korzenia przy zupełnym braku włosników. Błony komórek rhizodermy są lekko skutynizowane. Jednowarstwowy perycykl złożony jest z komórek nieregularnie zbudowanych o ścianach słabo skorkowaciących. Komórki parenchymy miększowej, podobnie jak komórki tkanki okrywającej, są nieregularne o błonach pofalowanych. Walec osiowy otacza endoderma w I stadium rozwoju. Nie stwierdzono obecności perycyklu. Jest to korzeń typu poliar-chicznego.

Mykorhizy brak.

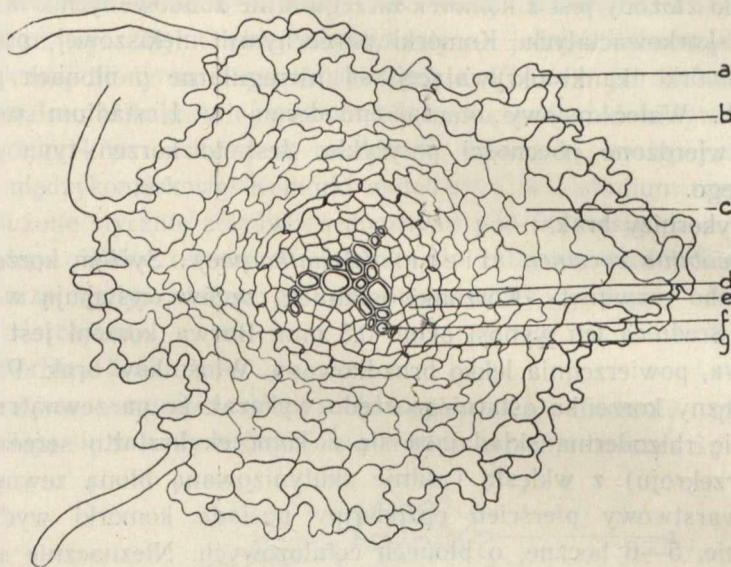
Jacobinia coccinea Hiern. (*Acanthaceae*). System korzeniowy jest słabo rozwinięty. Korzonki ostatnich rzędów występują w małej ilości. Średnica ich wynosi około 0,5 mm. Barwa korzeni jest jasno-brązowa, powierzchnia lekko bruzdkowana. Włosników brak. Przekrój poprzeczny korzonka ostatniego rzędu wykazał, że na zewnątrz znajduje się rhizoderma składająca się z komórek kształtu sercowatego (na przekroju) z wklęsłą i silnie skutynizowaną błoną zewnętrzną. Jednowarstwowy pierścień egzodermny posiada komórki wydłużone radialnie, 5—6 boczne, o błonach celulozowych. Nieznacznie skorkowaciałe są zewnętrzne błony. Miększ parenchymatyczny jest zwarty, 3—4 warstwowy. Endoderma jest w I stadium rozwoju. Jednowarstwowy perycykl zbudowany jest z nieregularnych komórek, których błony są cienkie, celulozowe. Część centralną korzenia zajmuje wiązka diarchiczna.

Mykorhizy brak.

Jacobinia Pohliana Voss. (*Acanthaceae*). System korzeniowy jest słabo rozwinięty. Powierzchnia korzeni pokryta jest białymi grudkami, które tak ściśle przylegały do korzenia, że niedało się ich usunąć przy zmywaniu cząsteczek gleby z powierzchni. Wszystkie korzenie mają barwę sepia. Powierzchnia ich jest bruzdkowana jak u poprzednich gatunków. Średnica korzonków ostatniego rzędu wynosi około 0,3 mm. Włosniki występują. Budowa anatomiczna korzenia jest taka jak u *Jacobinia coccinea* Hiern, z tym, że *Jacobinia Pohliana* Voss wytwarza duże ilości włosników. Białe grudki przylegające do korzenia okazały się drobnymi cząsteczkami gleby z dużą ilością wapnia.

Mykorhizy brak.

Justicia Adathoda L. (*Acanthaceae*). System korzeniowy jest słabo rozwinięty. Rozgałęzienia boczne są nieliczne, krótkie i dość grube (0,4—0,5 mm). Powierzchnia korzonków jest silnie bruzdkowana, barwa ciemno-brązowa. Włośniki występują. Budowa anatomiczna korzonka najmłodszego jest bardzo zbliżona do budowy ko-



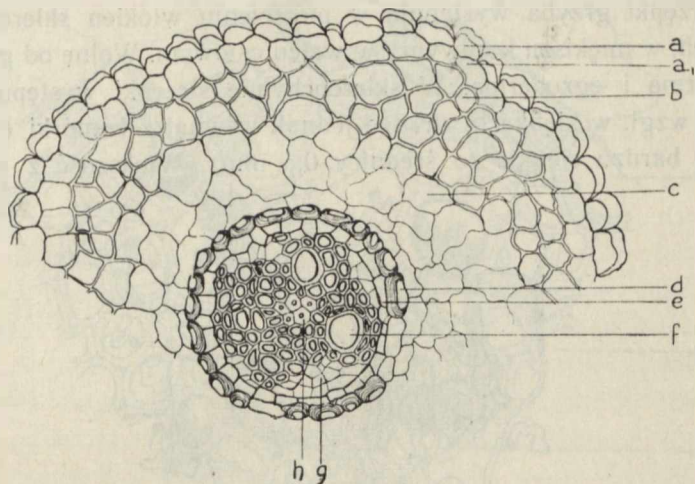
Ryc. 27. *Justicia Adathoda* L. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, c — miękisz korowy, d — endoderma, e — floem, f — xylem, g — perycykl.

rzonka u *Jacobinia magnifica* V o s s. Komórki rhizodermy z wklęsłymi silnie błonami zewnętrznymi wytwarzają liczne włośniki. Egzoderma ma błony lekko skorkowiałe. Parenchyma mięksiszowa jest zbudowana z kilku warstw komórek silnie spłaszczonych w kierunku stycznym. Głębiej leżąca endoderma jest w I stadium rozwoju. Przylegający do niej od środka perycykl utworzony jest z komórek cienkościennych. Jest to korzeń driarchiczny.

Mykorhizy brak.

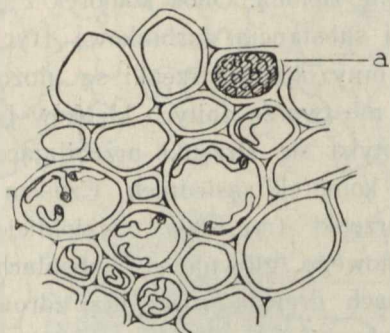
Livistona chinensis Mart. (*Palmae*). System korzeniowy jest słabo rozwinięty. Korzonki ostatniego rzędu są bardzo cienkie (0,1—0,2 mm), krótkie i rozgałęziające się pod kątem prostym; powierzchnia ich jest pokryta bulwkowatymi zgrubieniami. Barwa korzeni jest jasno-brązowa. Włośników brak. Przekroje poprzeczne

korzonków ostatniego rzędu (ryc. 28) wykazały, że tkanką zewnętrzną jest rhizoderma posiadająca silnie zgrubiałe błony zewnętrzne, skut-



Ryc. 28. *Livistona chinensis* Mart. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, a₁ — egzoderma, b — pochwa sklerenchymatyczna, c — miękisz korowy, d — endoderma, e — perycykl, f — xylem, g — floem, h — włókna sklerenchymatyczne.

nizowane i wyraźnie warstwowane. Od wewnątrz przylega do niej jednowarstwowy pierścień cienkościennej, nieskorkowaciałej egzodermy. Rolę tkanki mechanicznej spełnia tu wewnętrzny kilkuwarstwowy

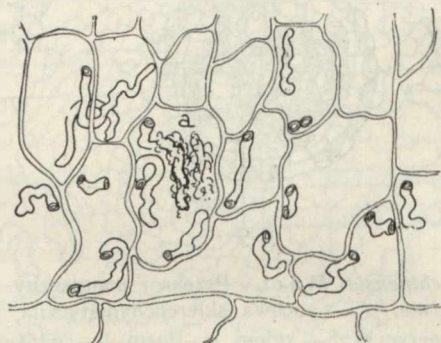


Ryc. 29. *Livistona chinensis* Mart. Fragment pochwy sklerenchymatycznej ze strzępkami grzyba; a — komórka z ziarnistą substancją garbnikową.

pierścień włókien sklerenchymatycznych. Głębiej zalega 2—3 warstwowa parenchyma. Endoderma w III stadium rozwoju; wykazuje ona wyraźne warstwowanie w zgrubiałych błonach. Perycykl jest

jednowarstwowy zgrubiały. W środku walca osiowego znajdują się pojedyncze naczynia otoczone zdrewniałą parenchymą i włóknami.

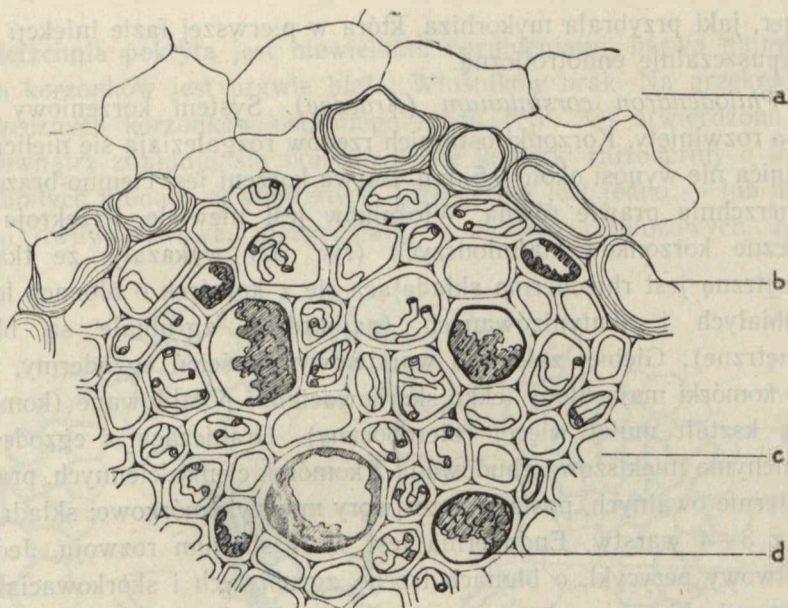
Strzępki grzyba występują w pierścieniu włókien sklerenchymatycznych, w miękiszu korowym i w walcu osiowym. Wolne od grzyba są rhizoderma i egzoderma. W sklerenchymie strzępki występują pojedynczo wzgl. w kłębkach, zawsze jednak wewnątrz komórki (ryc. 29). Są one bardzo cienkie (o średnicy 0,5 mm). Większość z nich jest



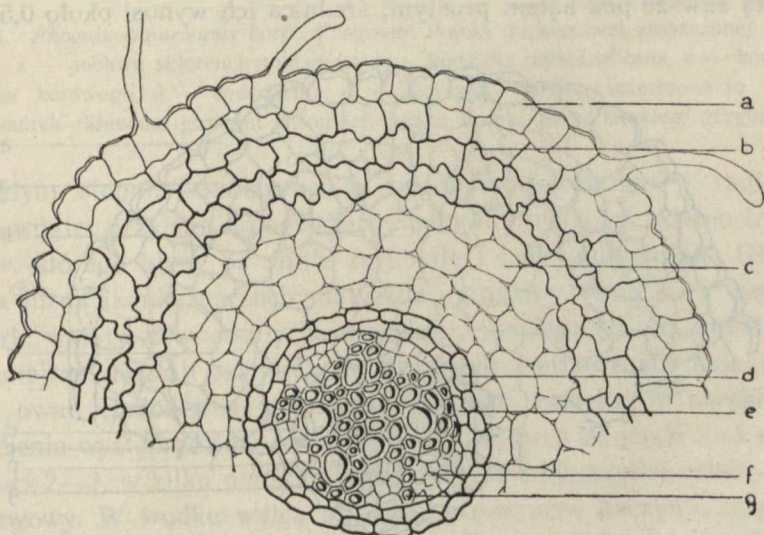
Ryc. 30. *Livistona chinensis* Mart. Fragment przegrzybionego miękiszu korowego, a — trawione strzępki grzyba.

zdrowa. W niewielu tylko komórkach zaczyna się proces trawienia strzępek przez roślinę zieloną. Obok komórek z grzybem spotyka się komórki z ziarnistą substancją garbnikową (ryc. 29a). W miękiszu korowym widzimy inny obraz: strzępki są ułożone luźno wewnątrz komórek (ryc. 30), nie tworzą zbitych kłębków jak w tkance mechanicznej. Często spotyka się strzępki przebijające błony komórkowe i przechodzące do komórek sąsiednich. Czasem trafia się również obraz trawionej strzępki (ryc. 30a). Najobficiej występuje grzyb w obrębie walca osiowego, głównie w elementach drewna (ryc. 31). W jednych komórkach drewna występują zdrowe strzępki grzyba, w innych widać gruboziarnistą substancję odstającą od błon komórkowych i w niej zanurzone strawione częściowo cienkie strzępki, wybarwiające się Bleu de Cotton na kolor niebieski. Strzępki występujące w tkance mechanicznej i w miękiszu korowym nie wybarwiają się.

Mykorhiza. W wyżej opisanym materiale występuje zainfekowanie grzybem walca osiowego. Wskazuje to na pasożytniczy cha-



Ryc. 31. *Livistona chinensis* Mart. Fragment walca osiowego zaatakowanego grzybem: a — komórki miększu korowego, b — endoderma, c — komórki drewna, d — komórka z ziarnistą substancją garbnikową.



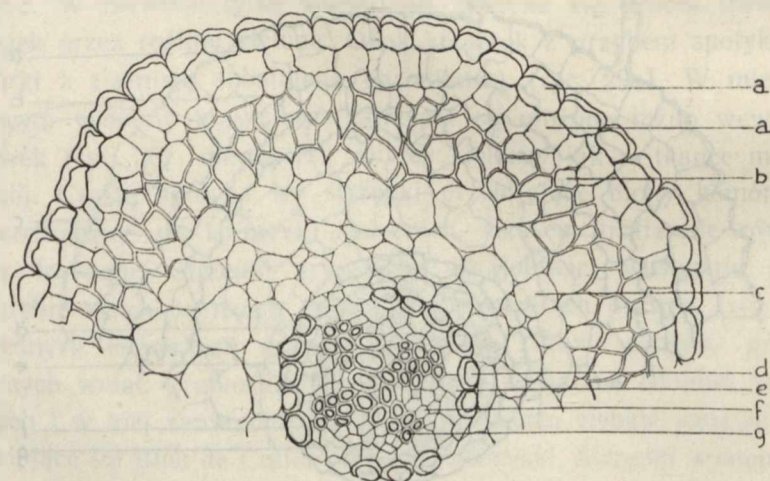
Ryc. 32. *Philodendron corsinianum*. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, c — miększu korowy, d — endoderma, e — perycykl, f — floem, g — xylem.

rakter, jaki przybrała mykorhiza, która w pierwszej fazie infekcji była przypuszczalnie endotroficzna.

Philodendron corsinianum (Araceae). System korzeniowy jest słabo rozwinięty. Korzonki ostatnich rzędów rozgałęziają się nielicznie, średnica nie wynosi około 0,5 mm. Barwa korzeni jest ciemno-brązowa, powierzchnia prawie równa. Włośników jest niewiele. Przekroje poprzeczne korzonków najmłodszych (ryc. 32) wykazały, że tkanką zewnętrzną jest rhizoderma składająca się z komórek o błonach lekko zgrubiałych i skutynizowanych (najbardziej zgrubiałe są błony zewnętrzne). Głębiej zalega 3 warstwowy pierścień egzodermy, którego komórki mają błony lekko skorkowiałe i pośladowane (komórki mają kształt mniej więcej czteroboczny). Granicząca z egzodermą parenchyma miękiszowa zbudowana z komórek cienkościennych, prawie regularnie owalnych, posiada przestwory międzykomórkowe; składa się ona z 3—4 warstw. Endoderma jest w II stadium rozwoju. Jednowarstwowy perycykl, o błonach trochę zgrubiałych i skorkowiałych otacza wiązki przewodzące w układzie poliarchicznym.

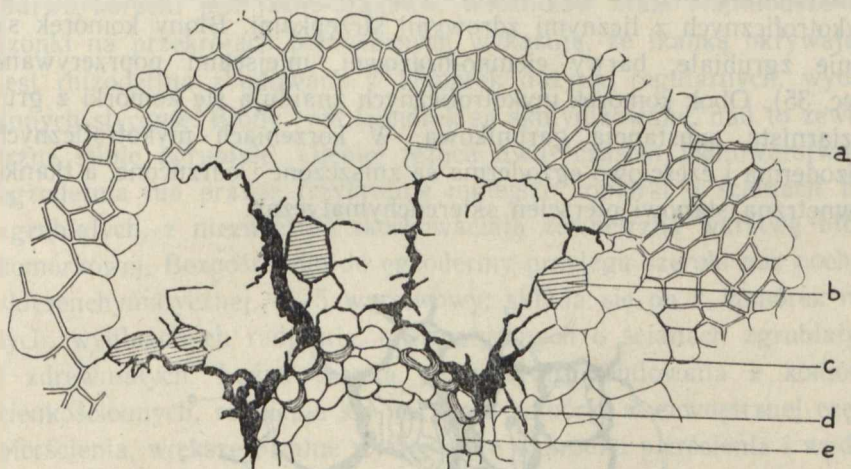
Mykorhizy brak.

Phoenix canariensis hort. (Palmae). System korzeniowy jest słabo rozgałęziony. Drobne rozgałęzienia najcieńszych korzonków odchodzą zawsze pod kątem prostym; średnica ich wynosi około 0,5 mm.



Ryc. 33. *Phoenix canariensis* hort. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, a₁ — egzoderma, b — pochwa sklerenchymatyczna, c — miękisz korowy, d — endoderma, e — perycykl, f — floem, g — xylem.

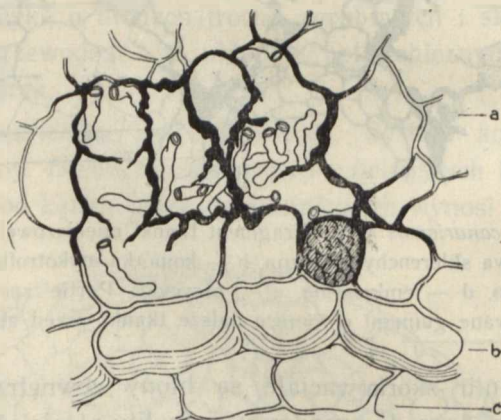
Powierzchnia pokryta jest niewielkimi zgrubieniami, barwa najmłodszych korzonków jest prawie biała. Włośników brak. Na przekrojach poprzecznych korzonków ostatniego rzędu (ryc. 33) stwierdzono, że na zewnątrz znajdują się skutynizowane komórki rhizodermy o silnie zgrubiałych błonach zewnętrznych. Egzoderma jest jedno — lub miejscami dwuwarstwowa, niezgrubiała, o błonach celulozowych, tylko



Ryc. 34. *Phoenix canariensis hort.* Fragment tkanki miększowej zniszczonej przez grzyba: a — pochwa sklerenchymatyczna, b — komórka mykotroficzna, c — komórki miększu korowego, d — endoderma, e — perycykl. Partie zaczernione to błony komórek zalewane gumami chroniące dalsze tkanki przed atakiem grzyba.

w małym stopniu skorkowaciałe są błony zewnętrzne i radialne. Od wewnątrz przylega do egzodermy jednolity pierścień sklerenchymatyczny, którego błony są silnie zgrubiałe i lekko zdrewniałe. Głębiej leżąca luźna tkanka parenchymatyczna ogranicza się tu do 3 warstw, komórki warstw zewnętrznych są większe, przylegające do endodermy — mniejsze. Kształt komórek na przekroju poprzecznym daje regularny owal. Endoderma jest w III stadium rozwoju. W obrębie jej pierścienia występuje dużo komórek przepustowych leżących obok siebie w ilości 2—3, w kilku partiach. Perycykl jest dwu, a miejscami jedno-warstwowy. W środku walca osiowego pojedyncze naczynia otoczone są zdrewniałą parenchymą i włóknami. Floem występuje w czterech wiązках. W obrębie miększu parenchymatycznego widzimy duże przestwory międzykomórkowe, występujące prawie na całej szerokości

tkanki: Powstały one na skutek poprzerywania przez grzyb błon komórkowych poprzecznych i podłużnych (ryc. 34). Pozostałe części błon są silnie zgrubiałe, barwy ciemno-brązowej, biegną pasami radialnymi poprzez tkankę parenchymatyczną do endodermy. Grzyb występuje tu w niewielkiej ilości. Obok pojedynczych zdrowych strzępek, widzimy już częściowo strawione. W innych partiach mięksiszu korowego, najczęściej tuż nad endodermą, spotykamy po kilka komórek mykotroficznych z licznymi zdrowymi strzępkami. Błony komórek są silnie zgrubiałe, barwy ciemno-brązowej, miejscami poprzerywane (ryc. 35). Obok komórek mykotroficznych znajdują się komórki z gruboziarnistą substancją garbnikową. W korzeniach mykotroficznych rhizoderma i częściowo egzoderma są zniszczone i odrzucone, a tkankę zewnętrzną stanowi pierścień sklerenchymatyczny.



Ryc. 35. *Phoenix canariensis hort.* Powiększony fragment z ryc. 34: a — zniszczone przez grzyba partie mięksiszu korowego, b — endoderma, c — perycykl.

Mykorrhiza. Duże zmiany anatomiczne wywołane atakiem pasożytniczymi grzyba wskazują na to, że jest to pseudomykorrhiza. Dowodem tego jest zalewanie gumami tkanki otaczającej zniszczone miejsca. Poza pseudomykorrhizą spowodowaną przez nieznaną grzybnię, znalazłam na korzeniach tego gatunku typową mykorrhizę perytroficzną spowodowaną przez *Psatyrella disseminata*, której obfite skupienia grzybni gęsto posplatanej otaczały ściśle korzonki zarówno ostatniego rzędu, jak i grubsze. Pochwa grzybowa nie miała łączności

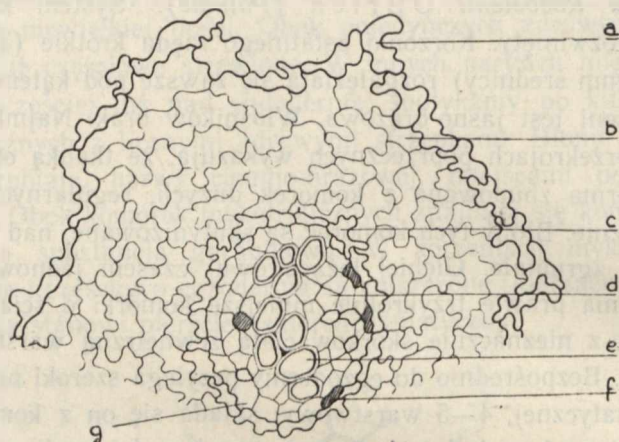
anatomicznej z tkankami korzeni i dawała się łatwo usunąć przez splukiwanie wodą. Owocniki *Psatyrelli* pojawiały się na korzeniach *Phoenix canariensis* hort. co kilka tygodni.

Phoenix Roebelenii O'Brien (*Palmae*). System korzeniowy jest słabo rozwinięty. Korzonki ostatniego rzędu krótkie (3 mm długości i 0,5 mm średnicy) rozgałęziają się zawsze pod kątem prostym. Barwa korzeni jest jasno-brązowa. Włośników brak. Najmłodsze korzonki na przekrojach poprzecznych wykazują, że tkanką okrywającą jest rhizoderma zbudowana z komórek dużych, regularnych, wydłużonych stycznie. Błony tych komórek są skutynizowane, nad to zewnętrzne silnie zgrubiałe. Głębiej leżąca dwu- czasem jednowarstwowa egzoderma ma prawie trzykrotnie mniejsze komórki o ścianach niezgrubiałych, z nieznacznie skorkowaciałą zewnętrzną warstwą błony komórkowej. Bezpośrednio do egzodermy przylega szeroki pas pochwy sklerenchymatycznej, 4—5 warstwowy; składa się on z komórek małych, wydłużonych radialnie, pryzmatycznych o ścianach zgrubiałych i zdrewniałych. Luźna tkanka parenchymy zbudowana z komórek cienkościennych, różnicuje się na: małe komórki w zewnętrznej części pierścienia, większe owalne występujące w środku pierścienia i wydłużone stycznie, płaskie przylegające do endodermy. W tkance parenchymatycznej spotykamy komórki o zgrubiałych błonach, z ziarnistą substancją. Endoderma w III stadium rozwoju zawiera po kilka obok siebie leżących komórek przepustowych, które przerywają zwarty pierścień komórek zgrubiałych. Perycykl posiada w niewielkim stopniu zgrubiałe błony komórkowe. Elementy floemu i xylemu w układzie promieniowym tworzą poliarchiczny typ korzenia.

Mykorhizy brak.

Phyllanthus latifolius Sw. (*Euphorbiaceae*). Wszystkie korzenie są silnie rozgałęzione. Korzonki ostatnich rzędów występują w dużej ilości; są one przy tym bardzo długie i dochodzą do 0,5 mm średnicy. Barwa korzeni jest ciemno-brązowa, powierzchnia bruzdkowana. Włośników jest niewiele. Badania anatomiczne wykazały, że komórki rhizodermy o błonach na całej powierzchni równomiernie zgrubiałych i skutynizowanych są silnie pofalowane (ryc. 36). To samo pofalowanie błon wykazują cienkościenne komórki jednowarstwowej egzodermy i zwartej parenchymy miękkiszowej. Endoderma jest w II stadium rozwoju, komórki jej są nieregularne, błony zdrewniałe o **barwie jasno-**

żółtej. Od wewnątrz do endodermy przylega jednowarstwowy perycykl, który otacza wiązkę diarchiczną. Między elementami części sitowej i w komórkach perycyklu spotykamy komórki z brązowymi błonami,



Ryc. 36. *Phyllanthus latifolius* Sw. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — miękisz korowy, c — endoderma, d — floem, e — xylem, f — przewody mleczne, g — perycykl.

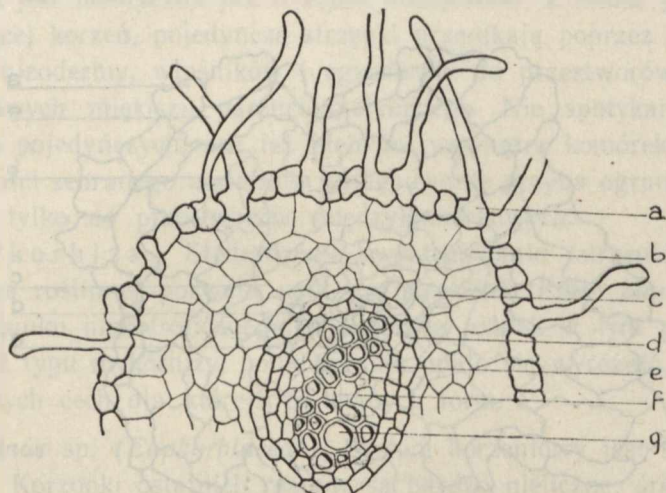
silnie zgrubiałymi, z jednolitą substancją ciemno-brązową wypełniającą światło komórki. Są to przewody mleczne charakterystyczne dla rodziny Euphorbiaceae, do której należy rodzaj *Phyllanthus*.

Mykorhizy brak.

Phyllanthus nivosus Bull. (Euphorbiaceae). System korzeniowy dość dobrze rozwinięty. Korzonki ostatnich rzędów wielokrotnie się rozgałęziają. Starsze korzenie mają powierzchnię gładką, barwę ciemno-brązową; młodsze mają barwę żółtą z występującymi gdzieś bulwkowatymi zgrubieniami. Średnica korzonków najmłodszych waha się od 0,3 do 0,6 mm. Włośniki występują. Przekroje poprzeczne korzonków ostatniego rzędu wykazały (ryc. 37), że rhizoderma tworzy obficie włośniki. Komórki jej są niewielkie, błony skutynizowane łącznie z włośnikami. Głębiej leży jednowarstwowa, cienkościenna egzoderma. Miękisz korowy jest tkanką zwartą, bez przestworów międzykomórkowych, 2—3 warstwowy. Endoderma jest w I stadium rozwoju. Perycykl jednowarstwowy posiada błony komórkowe nieco skorkowiałe. W środku korzenia znajduje się wiązka diarchiczna.

Bulwkowate zgrubienia zewnętrzne nie wykazują zmian anatomicznych. U gatunku *Phyllanthus nivosus* Bull. nie spotkałam komórek z soki mlecznym.

Mykorhizy brak.

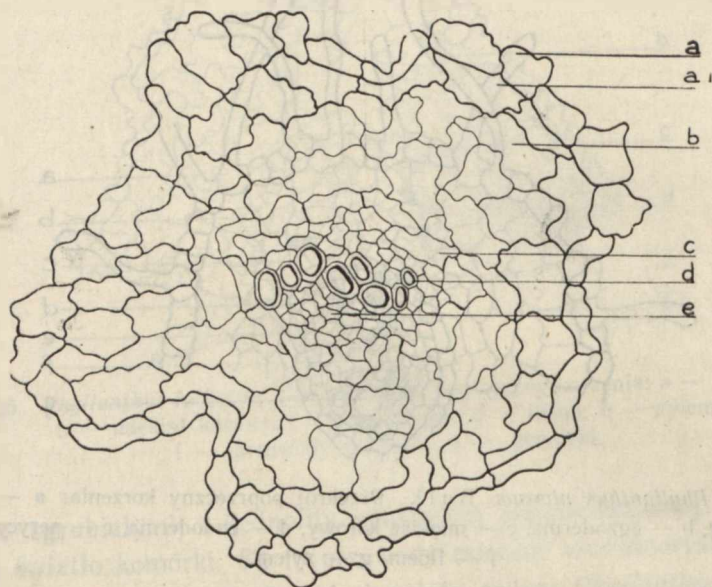


Ryc. 37. *Phyllanthus nivosus* Bull. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, c — mięksisz korowy, d — endoderma, e — pericykl, f — floem, g — xylem.

Piper liliaefolium (Piperaceae). System korzeniowy jest dobrze rozwinięty. Korzonki ostatnich rzędów występują w dużej ilości. Średnica najmłodszych korzonków wynosi od 0,3—0,4 mm. Barwa starszych korzeni jest jasno-brązowa, młodszych żółta. Powierzchnia wszystkich korzeni jest zupełnie gładka. Włósniki występują. Na przekroju poprzecznym korzonka najmłodszego widzimy, że tkanką zewnętrzną jest rhizoderma. Posiada ona bardzo cienkie i słabo skutykizowane błony. Głębiej zalega pierścień parenchymy mięksiszowej 4—5 warstwowy zbudowany z luźno ułożonych owalnych komórek mniej więcej jednakowej wielkości. Endoderma jest w I stadium rozwoju. Głębiej leżący pericykl zbudowany jest z wydłużonych stycznie komórek o cienkich błonach. Elementy xylemu nie wykazują wyraźnego układu promienistego — pojedyncze naczynia otoczone są zdrewniałym miększem i włóknami.

Mykorhizy brak.

Piper nigrum (Piperaceae). System korzeniowy jest dobrze rozwinięty. Wszystkie korzenie są silnie powyginane; powierzchnia ich jest porośnięta bruzdkami biegnącymi wzdłuż osi korzenia; barwa korzeni jasno-brązowa; średnica korzonków ostatniego rzędu wynosi 0,3 mm. Włośniki występują w niewielkiej ilości. Przekrój poprzeczny



Ryc. 38. *Piper nigrum*. Przekrój poprzeczny korzenia; a — rhizoderma, a₁ — egzoderma, b — miękisz korowy, c — endoderma, d — xylem, e — floem.

korzonka (ryc. 38) wykazuje silnie pofalowaną linię obwodu. Komórki rhizodermisy o błonach zgrubiałych i skutynizowanych nie posiadają budowy regularnej. Podobnie zbudowana jest jednowarstwowa egzoderma, której komórki mają błony zgrubiałe i skorkowaciałe. Na skutek dużych zakłębłości na obwodzie korzenia warstwa miękiszu ograniczona jest często do jednego szeregu komórek. Komórki endodermisy w I stadium rozwoju posiadają tak cienkie błony, że ledwo widoczne są pod immersją pasemka Caspary'ego. W środku korzenia znajduje się wiązka diarchiczna.

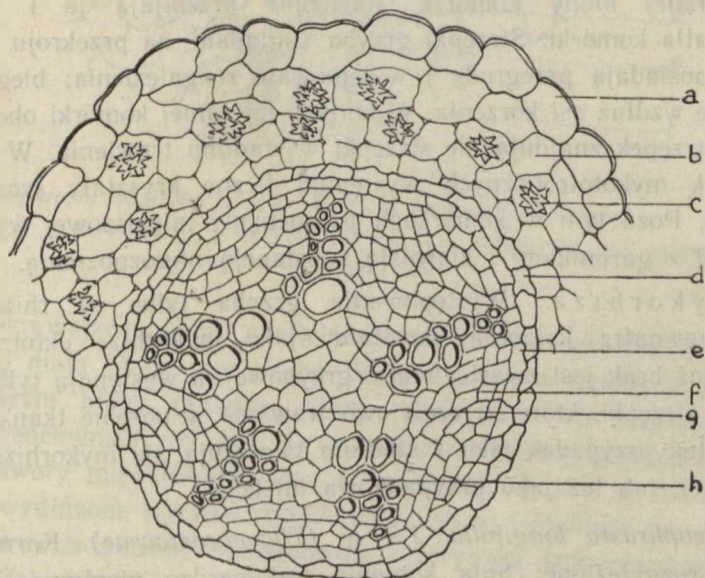
Mykorhizy brak.

Piper plantaginum (Piperaceae). System korzeniowy jest słabiej rozwinięty niż u poprzednich gatunków *Piper*. Korzonki ostatnich

rzędów są niewiele rozgałęzione. Powierzchnia starszych korzeni jest gładka, kształt walcowaty, barwa ciemno-brązowa. Korzonki ostatniego rzędu mają powierzchnię nierówną — gdzieś występują niewielkie zgrubienia bulwkowate o barwie jasno-żółtej. Średnica ich wynosi od 0,2—0,3 mm. Włośniki występują. Budowa anatomiczna korzenia jest identyczna jak u *Piper liliaefolium*. Z mufki grzybowej otaczającej korzeń, pojedyncze strzępki przenikają poprzez błony komórek rhizodermy, włośników i egzodermy do przestworów międzykomórkowych miększu parenchymatycznego. Nie spotykamy nigdy strzępek pojedynczych, ani też kłębów wewnątrz komórek. W dość dużej ilości zebranego materiału występowanie grzyba ograniczało się zawsze tylko do przestworów międzykomórkowych.

Mykorhiza. Stwierdzenie występowania strzępek grzyba w tkance roślinnej pozwala nam na określenie *Piper plantagineum* jako gatunku mykotroficznego. Nie można jednak w tym przypadku oznaczyć typu mykorhizy, ponieważ nie udało się wyróżnić charakterystycznych cech dla którejś ze znanych form.

Ricinus sp. (*Euphorbiaceae*). System korzeniowy jest słabo rozwinięty. Korzonki ostatnich rzędów są bardzo nieliczne; średnica ich



Ryc. 39. *Ricinus* sp. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — miękisz korowy, c — druzgi szczawianu wapnia, d — endoderma, e — pericykl, f — floem, g — miękisz rdzeniowy, h — xylem.

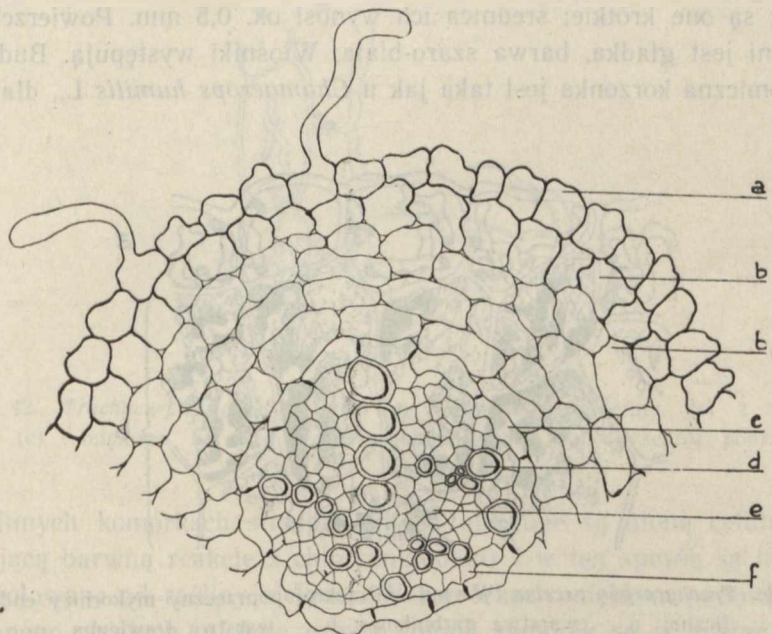
wynosi od 0,1—0,3 mm; barwa korzeni jest jasno-żółta. Włośników brak. Na przekrojach poprzecznych korzonków ostatniego rzędu widać, że na zewnątrz znajduje się rhizoderma (ryc. 39) o błonach zewnętrznych zgrubiałych i skutynizowanych. Egzodermy brak. Parenchyma miękiszowa ogranicza się tu zaledwie do dwóch lub trzech warstw: jest to tkanka luźna, cienkościenna. Większość komórek miękiszu korowego wypełniona jest kryształami szczawianu wapnia w formie druzów, wobec czego parenchyma miękiszowa na przekroju poprzecznym wygląda jak błyszczący pierścień, a na przekroju podłużnym komórki z kryształami widoczne są jako długie błyszczące sznury. Endoderma jest w II stadium rozwoju. Walec osiowy w stosunku do części korowej jest bardzo gruby — zajmuje prawie połowę średnicy korzenia. Do endodermy od strony wewnętrznej przylega jednowarstwowy, niezgrubiały perycykl. Wiązki przewodzące są w układzie pentarchicznym. W środku korzenia znajduje się niezdrewniały miękisz rdzeniowy. Elementy floemu mają charakterystyczny lukowaty układ — końce luków oparte są o perycykl.

W komórkach rhizodermy występują pojedyncze strzępki grzyba o błonach jasno-żółtych; jedne z nich przylegają do zewnętrznej błony komórek, następnie przebijają je i wnikają do światła komórki. Strzępki grzyba (oglądane na przekroju podłużnym) posiadają przegrody i widelkowate rozgałęzienia; biegną one głównie wzdłuż osi korzenia. W obrębie tej samej komórki obok zdrowych strzępek znajdują się strzępki w stadium trawienia. W pobliżu komórek mykotroficznych występują liczne kryształy szczawianu wapnia. Poza tym w komórkach parenchymy miękiszowej występują komórki z garbnikami i ziarnistą substancją nierozpoznaną.

Mykorhiza. Występowanie grzyba tylko w rhizodermie i na zewnątrz korzenia określamy jako mykorhizę ektotroficzną. Ponieważ brak jest zwartej mufki grzybowej, a występują tylko pojedyncze strzępki, które są częściowo trawione w obrębie tkanki, określamy ten przypadek jako I stadium tworzenia się mykorhizy endotroficznej, lub też jako przypadkową infekcję.

Theophrasta longifolia Jacq (*Theophrastaceae*). Korzenie są bogato rozgałęzione; linia korzenia jest bardzo nierówna. Na ich powierzchni występują liczne bulwkowate zgrubienia. Barwa wszystkich korzeni jest jasno-żółta; średnica najmłodszych korzonków

wynosi ok. 0,1 mm. Włośniki występują. Ryc. 40 przedstawia budowę anatomiczną korzonka ostatniego rzędu. Tkanką okrywającą jest rhizoderma, którą tworzą komórki dość regularne, mniej więcej czworoboczne, z nieco wypukłymi błonami zewnętrznymi, zgrubiałymi i skutykizowanymi. Pierścień rhizodermy dość wcześnie odpada,



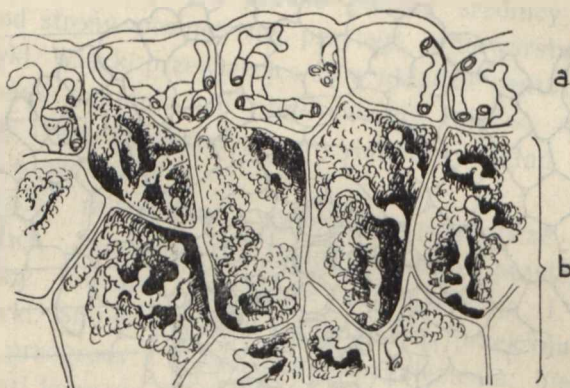
Ryc. 40. *Treophrasta longifolia* J a c q. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, b₁ — miękisz korowy, c — endoderma, r — xylem, c — floem, f — perycykl.

a tkankę okrywającą tworzy wtedy jednowarstwowa egzoderma, której komórki mają błonę zewnętrzną skorkowaciałą w dużym stopniu i w mniejszym błony radialne; błony wewnętrzne są celulozowe. Miękisz parenchymatyczny, trzy — do czterowarstwowy, posiada dość duże przestwory międzykomórkowe; komórki miękiszowe są kształtu owalnego, wydłużone stycznie. Endoderma jest w I stadium rozwoju. Elementy drewna ułożone nieregularnie przerywają jednowarstwowy perycykl. Zaburzenia w budowie anatomicznej walca osiowego widoczne są przez odwrócenie porządku w ułożeniu naczyń. Spowodowane są masowym występowaniem pasożytów zwierzęcych (nicieni)

w całym systemie korzeniowym badanej rośliny. One również powodują zgrubienia bulwkowate, o których była mowa w opisie morfologicznym.

Mykorhizy brak.

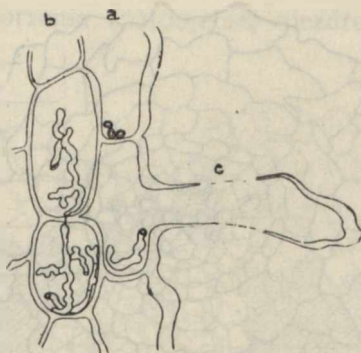
Trachycarpus excelsa Wendl. (*Palmae*). System korzeniowy jest dobrze rozwinięty. Korzonki ostatnich rzędów licznie się rozgałęziają; są one krótkie; średnica ich wynosi ok. 0,5 mm. Powierzchnia korzeni jest gładka, barwa szaro-biała. Włosniki występują. Budowa anatomiczna korzonka jest taka jak u *Chamaerops humilis* L., dlatego



Ryc. 41. *Trachycarpus excelsa* Wendl. Przekrój poprzeczny mykorhizy endotroficznej: a — warstwa garbnikowa, b — warstwa trawienna.

tutaj nie podaję szczegółowego opisu anatomicznego tkanek. Strzępki grzyba spotykamy w rhizodermie (ryc. 41). W poszczególnych komórkach występuje dość dużo zdrowych strzępek nie tworzących jednak zbitych kłębków. Strzępki ułożone są wzdłuż osi korzenia i ciągną się poprzez kilka komórek rhizodermy, przebijając błony komórkowe (ryc. 42). Strzępki posiadają wyraźne przegrody poprzeczne i rozgałęziają się dichotomicznie. Do komórek rhizodermy dostaje się grzyb przez włosniki, ulegając w egzodermie częściowemu trawieniu. Obok zdrowych strzępek występują strzępki w stanie rozkładu zanurzone w gruboziarnistej protoplazmie. W miękiszu korkowym widoczne są różne stadia procesu trawienia strzępek. W niektórych komórkach strzępki ulegają zupełnemu rozpadowi ziarnystemu. Każda komórka

trawienna wypełniona jest gruboziarnistą protoplazmą, w której tkwi silnie powiększone jądro. W wielu komórkach protoplast jest skurczony i jak przy plazmolizie silnie odstaje od błony; nazewnątrz występują ziarnistości plazmatyczne. Podobne obrazy anatomiczne i cytologiczne szczegółowo opisał w swej pracy Dominik (1948).

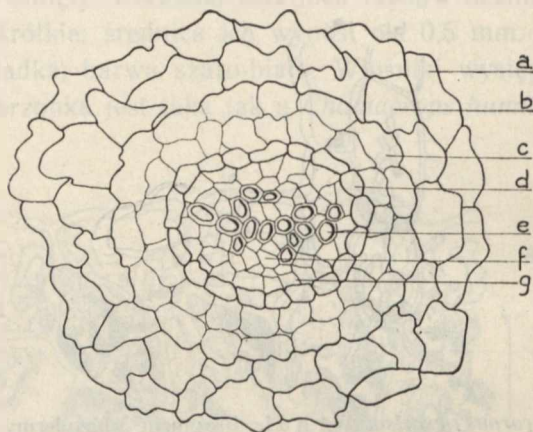


Ryc. 42. *Trachycarpus excelsa* Wendl. Fragment rhizodermy (a) z włosnikiem (c) i miększu korowego ze strzępkami grzyba (b). Przekrój poprzeczny.

W innych komórkach strzępki grzyba otoczone są błoną celulozową (dającą barwną reakcję z chlorcynekjodem) i w ten sposób są niejako odizolowane od rośliny zielonej. W komórkach miększu parenchymatycznego objętych infekcją grzyba, błony komórek są w dużym stopniu zgrubiałe o barwie ciemno-brązowej. Niektóre błony komórek są zupełnie zniszczone i to zarówno celulozowe jak i skorkowaciale. Na przekroju podłużnym przez warstwę trawienną lepiej są widoczne fragmenty procesu rozkładu strzępek. Obok opisanych wyżej obrazów, widać tu silnie zwakuolizowane strzępki.

Mykorhiza. Pomijając nieliczne momenty niszczenia błon komórkowych przez grzyba, określamy mykorhizę u gatunku *Trachy-*

młodsze korzonki wykazał (ryc. 43), że nazewnątrz znajdująca się rhizoderma posiada komórki duże, nieregularne, błony równomiernie skutynizowane. Głębiej występująca jednowarstwowa egzoderma składa się z komórek o błonach silnie skorkowaciałych. Pierścień parenchymy mięksiszowej ogranicza się do dwóch warstw. Endoderma



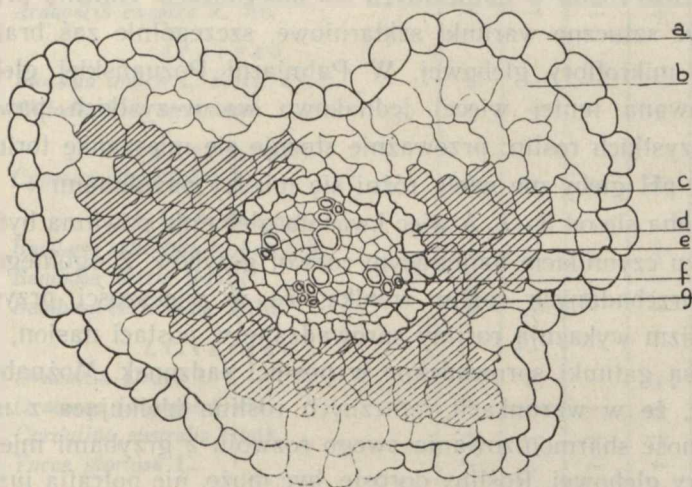
Ryc. 43. *Vitis vinifera* L. Przekrój poprzeczny korzenia: a — rhizoderma, b — egzoderma, c — miękisz korowy, d — endoderma, e — xylem, f — floem, g — pericykl.

jest w III stadium rozwoju. Jednowarstwowy pericykl otacza nieregularnie zbudowaną wiązkę. Należy przypuszczać, że jest to wiązka diarchiczna. Strzępki grzyba występują pojedynczo w tkance chłonnej korzenia. Ten sam obraz widzimy w egzodermie. Często występują strzępki przylegające do zewnętrznej błony komórek rhizodermi; te jednak nie wchodzi w związek anatomiczny z korzeniem.

Mykorhiza. Jest to początkowe stadium mykorhizy endotroficznej, albo też przypadkowy atak grzyba.

Yucca gloriosa L. (*Liliaceae*). Korzenie są proste i długie, o średnicy od 0,8—1,2 mm. Powierzchnia korzeni jest gładka, barwa prawie biała. Przez cienkie i przezroczyste błony komórek kory pierwotnej widać walec osiowy. Włośników brak. Badania anatomiczne przekroju poprzecznego korzonków ostatniego rzędu (ryc. 44) wykazały, że tkanką okrywającą jest rhizoderma. Zbudowana jest ona z drobnych komórek o silnie wypukłych zgrubiałych i skutynizowanych błonach

zewnątrznych. Egzoderma jest jednowarstwowa; komórki jej mają błony cienkie, nieznacznie skorkowaciale. Głębiej zalegający miękisz parenchymatyczny tworzy tkankę zwartą bez przestworów międzykomórkowych. Endoderma jest w III stadium rozwoju, komórki jej są wydłużone radialnie. Wiązki przewodzące w układzie tetrarchicznym otacza jednowarstwowy perycykl o cienkich błonach komórkowych. W środku korzenia znajduje się niezdrewniały miękisz. Tuż



Ryc. 44. *Yucca gloriosa* L. Przekrój poprzeczny mykorhizy endotroficznej: partia komórek zakreskowanych to tkanka mykotroficzna, a — rhizoderma, b — egzoderma, c — miękisz korowy, d — endoderma, e — perycykl, f — xylem, g — floem.

pod egzoderma ciągnie się pas komórek parenchymatycznych wypełnionych zdrowymi strzępkami grzyba, które tworzą niekiedy zwarte kłębki — jest to warstwa garbnikowa. Głębiej znajduje się kilkuwarstwowy pierścień trawienny dochodzący aż do endodermy, ale jej nie przekraczający. W warstwie trawiennej strzępki są w stanie rozkładu otoczone ziarnistą substancją plazmatyczną. W komórkach warstwy trawiennej jądra są silnie powiększone z wyraźną ziarnistą budową. Tkanka mykotroficzna nie stanowi zwartego pierścienia, lecz jest w pewnym miejscu przerwana, jak to widać na ryc. 44.

Mykorhiza. Jest to typowa mykorhiza endotroficzna.

Z zestawienia tabelarycznego jakie podaję na końcu pracy widzimy, że mały procent roślin wchodzi w związki symbiotyczne z grzybami, bo na 42 zbadane gatunki mykorrhiza występuje zaledwie u 13-tu, a więc stanowi to 31%. Ta niewielka liczba zmusza nas do zastanowienia się nad przyczyną tego zjawiska; bo przecież ogólnie znaną jest powszechność mykorrhizy. Ograniczona ilość badań mykorrhizowych nad roślinami egzotycznymi, nie pozwala na porównanie przeze mnie osiągniętych wyników, z faktycznym stopniem mykotrofizmu tychże roślin w naturalnych ich biocenozach. Główną przyczyną mogą być sztuczne warunki szklarniowe, szczególnie zaś brak odpowiedniej mikroflory glebowej. W Palmiarni Poznańskiej gleba jest przygotowana mniej więcej jednakowo we wszystkich pawilonach i dla wszystkich roślin: przeważnie stosuje się mieszankę torfu, gliny i piasku. pH gleby nie wiele różni się między pawilonami — średnio biorąc waha się od 5—7. A więc kwasota gleby nie powinna być w tym przypadku czynnikiem hamującym rozwój grzybów. Z ogólnego zestawienia przebadanych roślin wynika, że w większości przypadków mykotrofizm wykazują rośliny sprowadzane w postaci nasion, a autotrofami są gatunki sprowadzane w postaci sadzonek. Można by przypuszczać, że w warunkach sztucznych roślina kiełkująca z nasienia ma możliwość scharmonizowania swego rozwoju z grzybami miejscowej mikroflory glebowej. Rośliny dorosłe, być może, nie potrafią już dostosować się do form grzybowych, nowej dla siebie mikroflory. (P a c z o s k i).

Na szczególne omówienie zasługuje *Ceratonia siliqua* L. należąca do rodziny *Leguminosae*, która nie tworzy w warunkach szklarniowych bulwek z *Bacillus radicolis*, natomiast tworzy typową mykorrhizę endotroficzną, zastępującą wiązanie wolnego azotu z powietrza — azotem z próchnicy. Natomiast *Bauhinia diphylla* Ham., należąca także do rodziny *Leguminosae*, żyje w symbiozie z bakteriami tworząc na korzeniach charakterystyczne bulwki. Dokładne badanie mykorrhizy u *Dracaena Draco* L. wykazało, że przy doskonałym stanie zdrowotnym rośliny zielonej, nastąpiło kompletne zniszczenie przez grzyba symbionta kory pierwotnej (co się rzadko zdarza w stosunkach mykotroficznych) i zastąpienie jej przez bardzo obfitą pochwę plechy grzybowej. Nawet w tym przypadku endoderma i warstwy głębsze pozostały nie zaatakowane. A zatem

T a b l i c a

1	2	3	4	5	6		7
L p.	Nazwa rodziny i gatunku	Auto- trof.	Myko- trof.	Inny rodz. symb.	Kształt k. kory pierw.		Wystę- p. w śr.-n. k.
					reg.	nle- reg.	
	<i>Cycadaceae</i>						
1	<i>Cycas</i> sp.	—	+	+	+	—	—
	<i>Pinaceae</i>						
2	<i>Araucaria excelsa</i> R. Br.	+	—	—	+	—	—
	<i>Araceae</i>						
3	<i>Alocasia indica</i> C. Koch. ex. p.	+	—	—	—	+	+
4	<i>Philodendron corsinianum</i>	+	—	—	+	—	+
	<i>Cyperaceae</i>						
5	<i>Cyperus alternifolius</i> L.	+	—	—	+	—	—
	<i>Gramineae</i>						
6	<i>Bambusa reticulata</i> v. <i>marcr.</i> R.	+	—	—	+	—	—
7	<i>Bambusa stricta</i> Roxb.	+	—	—	—	+	+
8	<i>Bambusa verticillata</i> Wild.	+	—	—	—	+	+
	<i>Liliaceae</i>						
9	<i>Dracaena Draco</i> L.	—	+	—	+	—	—
10	<i>Dracaena fragrans</i> Gawl.	+	—	—	—	+	+
11	<i>Cordyline australis</i> Hook.	+	—	—	+	—	—
12	<i>Yucca gloriosa</i> L.	—	+	—	—	+	—
	<i>Palmae</i>						
13	<i>Chamaerops humilis</i> L.	+	—	—	+	—	—
14	<i>Livistona chinensis</i> Mart.	—	+	—	+	—	—
15	<i>Phoenix canariensis</i> hort.	—	+	—	+	—	—
16	<i>Phoenix Roebelenii</i> O'Brien	+	—	—	+	—	—
17	<i>Trachycarpus excelsa</i> Wendl.	—	+	—	+	—	+
	<i>Acanthaceae</i>						
18	<i>Jacobinia coccinea</i> Hiern.	+	—	—	—	+	—
19	<i>Jacobinia magnifica</i> Voss	+	—	—	—	+	—
20	<i>Jacobinia Pohlana</i> Voss	+	—	—	—	+	+
21	<i>Justicia Adathoda</i> L.	+	—	—	—	+	+
	<i>Ericaceae</i>						
22	<i>Erica arborea</i> L.	—	+	—	+	—	—
	<i>Araliaceae</i>						
23	<i>Dizygotheca Kerchoneana</i> hort.	+	—	—	+	—	+

(c. d. tabl.)

1	2	3	4	5	6		7
Lp.	Nazwa rodziny i gatunku	Auto- trof.	Myko- trof.	Inny rodz. symb.	Kształt k. kory pierw.		Wystę- p. w łośnik.
					reg.	nie- reg.	
	<i>Euphorbiaceae</i>						
24	<i>Acalypha Wilkesiana</i> Muell.-Arg.	+	-	-	-	+	+
25	<i>Phyllanthus latifolius</i> Sw.	+	-	-	-	+	+
26	<i>Phyllanthus nirousus</i> Bull.	+	-	-	+	-	+
27	<i>Ricinus</i> sp.	-	+	-	+	-	-
	<i>Lauraceae</i>						
28	<i>Cinnamomum burmanni</i> Bl.	-	+	-	+	-	-
	<i>Leguminosae</i>						
29	<i>Bauhinia diphylla</i> Ham.	+	-	+	-	+	-
30	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	-	+	-	+	-	±
	<i>Malvaceae</i>						
31	<i>Hibiscus Rosa sinensis</i> L.	+	-	-	+	-	+
	<i>Moraceae</i>						
32	<i>Ficus carica</i> L.	+	-	-	+	-	+
33	<i>Ficus elastica</i> Roxb.	-	+	-	+	-	-
34	<i>Ficus hispida</i>	+	-	-	+	-	±
35	<i>Ficus pandurata</i> Hance	+	-	-	-	+	+
	<i>Myrtaceae</i>						
36	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	+	-	-	+	-	-
	<i>Piperaceae</i>						
37	<i>Piper liliaefolium</i>	+	-	-	+	-	+
38	<i>Piper nigrum</i>	+	-	-	-	+	+
39	<i>Piper plantagineum</i>	-	+	-	+	-	+
	<i>Theophrastaceae</i>						
40	<i>Theophrasta longifolia</i> Jacq	+	-	-	+	-	+
	<i>Vitaceae</i>						
41	<i>Vitis vinifera</i> L.	-	+	-	+	-	±

mykorhiza ektotroficzna nie ogranicza się jedynie do drzew leśnych, lecz może występować także u roślin z rodziny *Liliaceae*.

Stosunek symbiotyczny między grzybem kapeluszowym, przedstawiony na ryc. 20, i dracną w warunkach całkiem sztucznych i w masie gleby ograniczonej do niewielkiej drewnianej donicy, podsuwa możliwość prowadzenia doświadczeń mykorhizowych w wazonach z glebą.

W szczególności tutaj nie można wchodzić, ale wydaje się, że wyniki takich doświadczeń, gdyby opracowano odpowiednią metodykę, byłyby więcej realne od wyników doświadczeń prowadzonych dotychczas w laboratoriach *in vitro*. Niewielki procent roślin mykotroficznych przywiezionych z krajów egzotycznych oraz ograniczanie się ich przy wchodzeniu w związki mykotroficzne do typu mykorhizy endotroficznej, wskazuje na brak odpowiednich symbiontów, z którymi by wprowadzone rośliny tworzyły właściwe współżycie.

Araucaria w moich badaniach, przy kilkakrotnym zbieraniu materiału korzeniowego, wykazywała zawsze autotrofizm, mimo, że jest podawana w literaturze jako roślina mykotroficzna. Jest to na pewno przyczyną złego rozwoju araukarii i degeneracji w późniejszych latach.

Przy badaniu korzeni rzuca się w oczy fakt, że bardzo duży procent roślin egzotycznych nie tworzy wogóle włośników (tablica, rubr. 6), co mogłoby być również wskazówką, że są one przyzwyczajone do życia mykotroficznego. W bardzo wielu korzeniach roślin egzotycznych spotkałam próby nawiązania kontaktu między grzybem i rośliną zieloną. Próby te prowadziły albo do współżycia, albo do pasożytowania. Niekiedy pasożytowanie było zupełnie wyraźne z objawami degeneracji korzeni. Te obserwacje winny skłonić fitopatologów do szczegółowszych badań korzeni, aby znajdowali rzeczywiste powody chorób roślin, a nie wtórne objawy na łodygach i liściach. Sprawa chorób roślin związanych ze zjawiskiem pseudomykorhiz jest zaledwie rozpoznana i nie rozpracowana, a przecież jest to najważniejszy punkt infekcyjny.

Z punktu widzenia anatomicznego nasuwa się wniosek, że korzenie autotroficzne posiadają komórki kory pierwotnej, głównie komórki tkanki okrywającej, o konturze bardzo nieregularnym, gdy natomiast korzenie mykotroficzne charakteryzują się komórkami regularnymi (porównaj rubrykę 3 i 5 z tablicy). Dla usunięcia możliwego przypuszczenia, że korzenie o zarysie komórek nieregularnym i błonach pofalowanych były martwe, tzn. straciły turgor i dlatego przybrały takie kształty, podaję, że nie tylko poszczególne komórki kory miały silnie pofalowane błony, ale nawet linia obwodu korzenia w przekroju poprzecznym układa się falisto. Stwierdzono to wielokrotnie na materiale świeżym po przebadaniu korzeni pod silną lupą; zjawisko to występowało w postaci bruzdek biegną-

cych wzdłuż osi korzenia (podaję to przy opisach morfologicznych). Jest to zjawisko powszechne, bo poza Strzemińską, która stwierdziła je u korzeni owsa, podają to inni: jak Dominik. Zjawisko to wydaje się być w związku z koniecznością zwiększenia powierzchni chłonnej korzeni autotroficznych. Mimo to jednak rośliny żyjące w mykotrofizmie pobierają 2—4 krotnie więcej wody z substratu niż rośliny autotroficzne.

Gdybyśmy chcieli uprawiać rośliny w naturalniejszy sposób w naszych szklarniach, winniśmy je sprowadzać w wazonach z większą ilością gleby z naturalnych stanowisk ich występowania. Nie byłoby wtedy nadmiernie szybkiego obumierania roślin, jak to można obserwować u araukarii. Doświadczenia ze storczykami i wrzosowatymi nauczyły nas uwzględniania w ich uprawie specjalnych mieszanek gleb i zapewnienia obecności w nich odpowiednich symbiontów. Przy dzisiejszym stanie znajomości strony fizjologicznej mykorhizy, zaniedbywanie w uprawie roślin egzotycznych dostarczania sprowadzanym roślinom odpowiednich mikrobiocenoz glebowych, jest zaniedbaniem uprawowym, które prowadzi do produkcji okazów osłabionych lub zdegenerowanych.

Pracę ukończono w r. 1951.

LITERATURA

1. Dominik T. — Mykorhiza. Sylwan, 1950.
2. Dominik T. — Modrzew polski w lasach czerniejewskich k. Gniezna i dynamika rozwoju jego mykorhizy. Acta Soc. Bot. Pol., 1949/50.
3. Dominik T. — Badanie mykotrofizmu roślinności wydm nadmorskich i śródlądowych. Acta Soc. Bot. Pol., Vol. XXI, Nr 1—2, 1951.
4. Frank A. B. — Die tierparasitären Krankheiten der Pflanzen. Breslau, 1896.
5. Guttenberg H. — Der primäre Bau der Angiospermenwurzeln. Handb. der Pflanzenanat., Bd. VIII, Lf. 39, Berlin, 1940.
6. Guttenberg H. — Der primäre Bau der Gymnospermenwurzeln. Handb. der Pflanzenanat. Bd. VIII, Lf. 41, Berlin, 1941.
7. Jaczewski A. — Osnovy mykologii. Moskwa, 1933.
8. Jahn E. — Die peritrophe Mykorhiza. Ber. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 52, 1934.
9. Paczowski J. — Bioindukcja w państwie roślinnym. Odb. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Poznań, 1947.
10. Strzemińska J. — Zagadnienie mykorhizy u zbóż. Cz. I - owies. Puławy, 1949

Р Е З Ю М Е

Целью настоящей работы является выяснение выступает ли у экзотических растений, возделываемых в оранжереях явление микоризы. Автором исследовано 42 вида из 19 семейств. Материал был законсервирован в смеси Навашина, затем проветрен, промыт водопроводной водой и помещен на 24 часа в 95% спирт. Микроскопические препараты были получены по парафинному методу Киссера.

С целью обеспечения ключев грибов автором применялся *Bleu de Cotton* в лактофеноле Аммана. Микроскопические исследования производились главным образом под иммерсией при увеличении 1500 $\times$.

Из таблицы приведенной в конце работы, видим, что лишь у незначительного процента растений выступают симбиотические связи с грибами, так как на 42 изученных вида — микориза наблюдалась автором только у 13 видов, что составляет 31%.

Столь небольшое число заставляет нас выяснить причину этого явления, так как широко известна распространенность микоризы. Сравнительно небольшое число исследований над микоризой экзотических растений не позволяет сравнить полученные автором результаты с действительной степенью микотрофизма у тех же растений в их естественных биоценозах. Главной причиной могут быть искусственные, оранжерейные условия, в особенности недостаток почвенной микрофлоры. В Познанской Оранжерее почва приготовлена более или менее одинаково во всех ее павильонах и для всех растений. Применяется смесь торфа, глины и песка. — рН почвы не представляет больших отличий между отдельными павильонами в среднем колеблется в границах от 5 до 7. Следовательно кислотность почвы не должна быть фактором, задерживающим развитие гриба.

Из общего сопоставления исследованных растений следует, что в большинстве случаев микотрофизм выступает у растений привезенных в виде семян, а автотрофными являются виды

привезенные в виде саженцев. Предполагаем, что в искусственных условиях, прорастающие из семени растение имеет возможность согласовать свое развитие с процессом развития грибов местной почвенной микрофлоры. Зрелые растения, быть может, не умеют уже приспособиться к грибным формам повой для себя микрофлоры. (Пачоский).

Подробного обсуждения в заключительных выводах заслуживает *Ceratonia siliqua* L. принадлежащая к семейству *Leguminosae*. Это растение в оранжерейных условиях не образует клубеньков с *Bacillus radicola*, но вместо этого здесь возникает типичная эндотрофическая микориза, замещающая связывание свободного азота из воздуха азотом из гумуса. С другой стороны *Bauhinia diphylla* Ham, принадлежащая также к семейству *Leguminosae* живет в симбиозе с бактериями, образуя на корнях характерные корневые клубеньки.

Подробные исследования микоризы у *Dracaena Draco* L. показали, что при вполне хорошем состоянии зеленого растения наступило полное разрушение грибом—симбионтом первоначальной коры, (что случается весьма редко в микрофических условиях) и замещение ее очень вместительным влагалищем грибного мицелия.

Даже и в этом случае эндодерма и более глубокие слои не подвергнуты повреждению. Следовательно не выступает эктотрофическая микориза лишь у лесных деревьев, но может появляться также у растений из семейства *Liliaceae*.

Симбиотические отношения между шляпным грибом, представленные на рис. 20, и драценой растущих всецело в искусственных условиях и в количестве почвы, находящейся в небольшом деревянном ящике, дают возможность производить микоризные опыты в вазонах с почвой. Автор не может заниматься деталями, но вполне возможно, что результаты таких опытов при разработке соответствующей методики, были бы более реальны, чем результаты опытов, производимых до сих пор в лабораториях *in vitro*.

Небольшой процент микотрофических растений, происходящих из экзотических стран, а также и факт, что эти растения при вступлении в микотрофические связи, ограничиваются лишь до типа микоризы, эндотрофического типа, указывает на отсутствие в этой местности соответствующих симбионтов, с которыми бы данные растения могли вступать в натуральное сожи-

тельство. Араукария при неоднократном собирании корневого материала всегда обнаруживала автотрофизм, помимо того, что в литературе представлена как растение микотрофическое. В этом, несомненно, заключается причина плохого развития и вырождения в позднейшее время араукарии.

При исследовании корней ярко виден факт, что очень большой процент экзотических растений вообще не образует корневых волосков (таблица стр. 49, рубр. 6), что также может указывать на приспособление их к микотрофической жизни. У многочисленных корней экзотических растений автор нашел как бы попытки установления связи между грибом и зеленым растением.

Попытки эти приводили или к симбиозу или к паразитизму. Иногда паразитизм был совершенно отчетлив с симптомами вырожденных корней. Эти наблюдения должны побудить фитопатологов к более подробным исследованиям корней для установления действительных причин болезней растений, а не вторичных симптомов их на стеблях и листьях. Проблема болезней растений, связанных с явлением псевдомикориз лишь только поставлена и совсем не разработана, а ведь это самый важный источник инфекции.

С анатомической точки зрения можно прийти к заключению, что автотрофические корни имеют клетки первоначальной коры, главным образом клетки покровной ткани, с весьма неправильными очертаниями, тогда как микотрофические корни характеризуются клетками регулярными (ср. рубрики 3 и 5 из таблицы). Для исключения возможного предположения, что корни с неправильными очертаниями клеток и с волнообразными их оболочками были мертвы т. е. потеряли жизнеспособность и потому приняли такие очертания, автор сообщает, что не только отдельные клетки коры имели в значительной степени волнообразные оболочки, но даже линия контура корня в поперечном разрезе укладывалась волнообразно. Это было неоднократно констатировано на свежем материале на основании исследования корней под сильно увеличивающей лупой; это явление выступало в виде малых борозд, бегущих вдоль оси корня. (Об этом подробно сообщается при морфологических описаниях). Это — общее явление, ибо, кроме Стржемской установившей это явление у корней овса, описывают то же самое и другие, как Доминик. Кажется, что это явление остается

в связи с необходимостью увеличения поглощающей поверхности автотрофических корней.

Однако несмотря на это, растения, живущие в микотрофизме поглощают 2—4 раза больше воды из субстрата, чем растения автотрофные.

Если бы мы хотели разводить экзотические растения более естественным способом в наших оранжереях, мы должны привозить их в сосудах (вазонах) с большим количеством почвы их естественных местообитаний.

Не имела бы места тогда слишком скорая гибель растений, как это можно наблюдать у араукарии. Опыты с орхидеями и с вересковатыми убедили нас, что при их возделывании следует готовить специальные смеси почвенного материала и обеспечивать наличие соответствующих симбионтов.

При современном состоянии знания физиологии микоризы, игнорирование при возделывании экзотических растений снабжения их соответственной микрофлорой является ошибкой, которая ведет к выращиванию ослабленных или дегенеративных экземпляров.

Работу окончено в 1951 г.

ZUSAMMENFASSUNG

Meine Abhandlung hat sich als Ziel gesetzt aufzuklären, ob egzotische Pflanzen, die in Treibhäusern kultiviert werden, die Erscheinung der Mykorrhiza aufweisen.

Ich habe 42 Arten aus 19 Familien bearbeitet. Das Material konservierte ich mit Nawashin Fixierlösung, dann entlüftete ich es, spülte es in fliessendem Wasser und legte es auf 24 Stunden in 95% Alkohol. Mikroskopische Präparate erhielt ich durch Anwendung der Paraffinmethode nach Kisser.

Nach der Entfärbung der Pilzhyphen wandte ich Bleu de Cotton in Lactophenol von Amman an. Mikroskopische Untersuchungen führte ich grösstenteils unter Immersion bei einer Vergrösserung von 1500 x durch.

Aus der tabellarischen Zusammenstellung, welche ich am Ende meiner Abhandlung beigefügt habe, ersehen wir, dass ein kleiner Prozent von Pflanzen in symbiotische Verbindungen mit Pilzen tritt, denn bei 42 untersuchten Arten kommt die Mykorrhiza kaum 13 mal vor, was 31% darstellt.

Die geringe Anzahl veranlassen uns über die Ursachen dieser Erscheinung nachzudenken, denn die Allgemeinheit der Mykorrhiza ist überall bekannt. Die begrenzte Anzahl von Mykorrhizauntersuchungen bei egzotischen Pflanzen lässt eine Vergleichung der von mir erlangten Ergebnisse mit dem tatsächlichen Grade des Mykotrophismus dieser Pflanzen in ihren natürlichen Biocenosen nicht zu. Als Hauptursachen mögen hier die künstlichen Bedingungen der Treibhäuser gelten, besonders aber das Fehlen einer entsprechenden Bodenmikroflora. In Palmenhaus zu Poznań ist der Boden ungefähr gleichmässig in allen Pavillons und für alle Pflanzen vorbereitet, meistens gebraucht man eine Mischung von Torf, Lehm und Sand. Das Boden pH unterscheidet sich zwischen den Pavillons nicht wesentlich — durchschnittlich angenommen schwankt es von 5—7. Die Bodensazidität sollte also in diesem Falle kein hemmender Faktor für die Pilzentwicklung sein.

Aus der ganzen Zusammenstellung der untersuchten Pflanzen geht hervor, dass in den meisten Fällen diejenigen Pflanzen Mykotrophismus aufweisen, welche in Gestalt von Samen eingeführt wurden, autotroph aber sind diejenigen Arten, welche als Stecklinge eingeführt wurden. Man könnte vermuten, dass in künstlichen Bedingungen die aus dem Samen keimenden Pflanzen die Möglichkeit haben sich den Pilzen der lokalen Bodenmikroflora anzupassen, dagegen erwachsene Pflanzen vermögen es nicht mehr zu tun (Paczoski).

In den Folgerungen verdient einer besonderen Erwähnung die zur Familie *Leguminosae* gehörende *Cerastionia siliqua* L., welche in Treibhausbedingungen keine *Bacillus radicola* Knollen bildet, dafür aber eine typische endotrophische Mykorrhiza entwickelt — indem sie die Bindung des freien Stickstoffes aus der Luft mit Stickstoff aus dem Humus ersetzt. Die zur Familie *Leguminosae* gleichfalls angehörende *Bauhinia diphylla* Ham. dagegen lebt in Symbiose mit Bakterien, indem sie auf den Wurzeln charakterische Knöllchen bildet.

Genaue Mykorrhizauntersuchungen bei *Dracaena Draco* L. erwiesen, dass bei einem vorzüglichen Gesundheitszustand der grünen Pflanze eine komplette Vernichtung der ursprünglichen Rinde durch den Symbiontenpilz (dieses kommt in mykotrophischen Verhältnissen selten vor; und ihre Ersetzung durch eine umfangreiche Scheide des Pilztallus erfolgte.

Sogar in diesem Falle wurden Endoderma und tiefere Schichten nicht angegriffen. Die ektotrophische Mykorrhiza ist also nicht nur auf Waldbäume beschränkt, aber sie kann auch bei Pflanzen aus der Familie *Liliaceae* auftreten. Das symbiotische Verhältnis zwischen *Dracaena* und Hutpilz (s. Zeichnung 20) sowie die Tatsache, dass dieses in durchaus künstlichen Bedingungen nachgewiesen wurde (es handelt sich um eine in einem Holzkübel mittlerer Grösse in an organischen Stoffen reicher Erde wachsenden Pflanze) sprechen für die Möglichkeit Mykorrhizaversuche mit *Dracaena* in Blumentöpfen durchzuführen. Ohne sich zunächst in Einzelheiten einzulassen scheinen mir derartige (wissenschaftlich einwandfreier) Blumentopfversuche von grosserem Wert, als entsprechende Versuche „in vitro“, sofern erstere unter Anwendung wissenschaftlich korrekter Methoden durchgeführt werden.

Das geringe Prozent der aus egzotischen Ländern eingeführten mykotrophischen Pflanzen und die Schwierigkeiten in der An-

bauung von mykotrophischen Verbindungen, besonders endotrophischen Mykorrhizatypus, weisen auf das Fehlen eines entsprechenden Symbionten hin, mit welchen die eingeführten Pflanzen ein eigentliches Zusammenleben führen könnten. Die *Araucaria* aus meinen Versuchen wies bei mehrmaliger Sammlung von Wurzelmaterial immer Autotrophismus auf, obwohl sie stets in der Literatur als mykotrophische Pflanze angegeben wird. Das ist gewiss die Ursache der schlechten Entwicklung der *Araucaria* und ihre Degeneration in späteren Jahren. Bei Wurzeluntersuchungen ist die Tatsache sehr augenscheinlich, dass ein grosser Prozentsatz von egzotischen Pflanzen überhaupt keine Haarwurzeln bildet (Taf. s. 49, Spalte 6), was ebenfalls ein Hinweis dafür sein könnte, dass diese an ein mykotrophisches Leben gewöhnt sind. Bei vielen Wurzeln von egzotischen Pflanzen traf ich Proben einer Kontaktbildung zwischen Pilz und Grünpflanze an. Diese Proben führten entweder zum Zusammenleben oder zum Schnarotzertum.

Manchmal ist Parasitismus mit ganz deutlichen Wurzeldegenerationserscheinungen verbunden. Die Ergebnisse der oben dargestellten Beobachtungen sollten die Phytopathologen anregen bei diagnostischen Untersuchungen genaue Wurzeluntersuchungen durchzuführen, um so die wirklichen Krankheitsursachen zu ermitteln, statt sich mit der Feststellung der sekundären Krankheiterscheinungen zu begnügen. Pflanzenkrankheiten, welche mit der Erscheinung der Pseudomykorrhiza in Verbindung stehen, sind kann bekannt und das Wichtigste ist noch nicht ausgearbeitet worden, aber gerade hier ist die Wichtigste Infektionsstelle zu suchen.

Vom anatomischen Gesichtspunkt aus erhebt sich die Behauptung, dass autotrophische Wurzeln Zellen von ursprünglicher Rinde besitzen, hauptsächlich Zellen von epidermalem Bindegewebe mit sehr unregulären Konturen, mykotrophische Wurzeln sind dagegen durch reguläre Zellen charakterisiert (Vergleiche, Spalte 3 u. 5 der Tafel).

Um die eventuelle Vermutung auszuschalten, dass Wurzeln mit nichtregulären Zellumrissen und gewellten Membranen eingegangen sind, dass heisst, ihren Turgordruck verloren und daher solche Gestalt angenommen haben, gebe ich an, dass nicht nur die einzelnen Rindenzellen stark gewellte Membranen haben, aber dass sogar die Umkreislinie der Wurzel im Querschnitt wellenförmig ist. Diese wurde vielfach auf frischem Material nach erfolgter Untersuchung mit-

einer sehr starken Lupe festgestellt. Diese Erscheinung trat in Gestalt von längs der Wurzelachse laufenden Furchen auf. Dieses gebe ich bei morphologischen Beschreibungen an. Dieses ist eine allgemeine Erscheinung, denn ausser Strzemska, welche dieses bei Hafer wurzeln festgestellt hatte, geben es auch andere an, wie zum Beispiel Dominik.

Diese Erscheinung wird wohl mit der Notwendigkeit der Vergrößerung der Absorbierungsfläche der autotrophischen Wurzeln in Verbindung stehen. Trotzdem aber nehmen die im Mykotrophismus lebenden Pflanzen 2—4 fach mehr Wasser aus dem Substrat auf als autotrophischen Pflanzen.

Wenn wir Pflanzen auf mehr natürliche Weise in unseren Treibhäusern anbauen wollen, so müssen wir diese in Blumentöpfen mit grösserer Erdmenge aus ihren natürlichen und ihnen eigenen Standorten einführen. Es würde dann kein übermässig schnelles Absterben der Pflanzen geben, wie wir es bei der *Araucaria* beobachtet haben. Experimente mit Orchideen und Heidekraut lernten uns bei ihrem Anbau spezielle Bodenmischungen und die Anwesenheit von für sie entsprechenden Symbionten zu berücksichtigen. Bei der heutigen Kenntnis der physiologischen Seite der Mykorrhiza ist die Vernachlässigung, entsprechende Microbiozönoseböden für egzotischen Pflanzen miteinzuführen, ein anbaufehler, der zur Produktion geschwächter oder degenerierter Pflanzen führt.

Diese Abhandlung ist im Jahre 1951 geschrieben worden.