

is en een wat ruwere steel heeft dan *brumale*. Bovendien heeft *granulosum* een peristoom (mondje), dat onregelmatig gevormd is en op een tepel gelijk, terwijl *brumale* een gaafrandig buisje heeft met een donkere rand eromheen. In de duinen groeit *brumale* graag in open duin, *granulosum* daarentegen liever op grazige plekken, aan de rand van duinbosjes, etc.

Ook hier houd ik mij aanbevolen voor opgave van vondsten.

Literatuur.

- VI. 1926. Kits van Waveren, E. — De Nederlandsche soorten der Genera *Geaster*, *Myriostoma* en *Astraeus*. Meded. ned. mycol. Vereen. XV, p. 85—129, f. 1—8.
- X. 1937. Eyndhoven, G. L. van — Uebersicht über die Verbreitung der Genera *Geastrum*, *Myriostoma* und *Astraeus* in den Niederlanden. Idem, XXIV, p. 20—48, met 8 kaartjes.
- V. 1942. Eyndhoven, G. L. van — Idem ibidem, erstes Supplement. XXVII, p. 17—36, met 1 kaart.

Haarlem, Floraplein 9, November 1950.

MYCORRHIZA — EEN SYMBIOSE TUSSEN BOMEN EN ZWAMMEN.

Prof. Dr. A. J. P. OORT (Wageningen)

Iedere paddenstoelenzoeker, die de bossen intrekt om hetzij voor de keuken, hetzij voor bestudering en onderzoek, materiaal te verzamelen, weet dat bepaalde soorten veelal slechts in bepaalde bossen zijn te vinden. De vliegenzwam vindt men meestal in de buurt van berken, de kastanjeboleet en de glanzende ridderzwam in naaldboutbossen, om maar enige voorbeelden te noemen. Op zichzelf is dit niet merkwaardig, immers ook bij hogere planten is het een bekend verschijnsel, dat sommige alleen in bepaalde bos- of vegetatietypen voorkomen. Merkwaardiger is het dat er enkele paddenstoelen zijn, die *uitsluitend* onder of in de onmiddellijke nabijheid groeien van zeer bepaalde boomsoorten. De larixboleet (*Boletus elegans*) bijv. wordt alleen onder *Larix* gevonden, de rose melkzwam (*Lactarius controversus*) alleen onder populieren. Dit geeft te denken. En men zou geneigd zijn naar een bepaald verband te zoeken tussen boom en paddenstoel.

Langs een geheel andere weg is men er achter

gekomen, dat er inderdaad in vele gevallen een nauw verband bestaat tussen deze beiden.

Omstreeks 1880 richtte de Duitse regering aan de botanicus Prof. Frank te Berlijn het verzoek zijn medewerking te verlenen bij een onderzoek omtrent het voorkomen en de mogelijke cultuur van de truffel. De truffel was toentertijd reeds zo gezocht als delicatessen, dat zelfs regeringen hiervoor belangstelling hadden. Zoals het zo veel gaat bij onderzoekingen: veel nieuws omtrent de truffels werd niet ontdekt, maar wel deden Frank en zijn medewerkers bij het graven in de grond een geheel andere ontdekking. Zij vonden zijworteltjes van bomen met een geheel afwijkende vorm, verdikt en gedrongen (zie afbeeldingen), die bij microscopisch onderzoek geheel omsponnen bleken te zijn met een dicht vlechtwerk van schimmeldraden (mycelium). Ook namen zij de schimmel waar binnen in de wortels tussen de cellen.



Fig. 1.

Gaffelvormige mycorrhiza van de oranje-groene melkzwam (*Lactarius deliciosus*) en de Weymouthden (*Pinus strobus*).

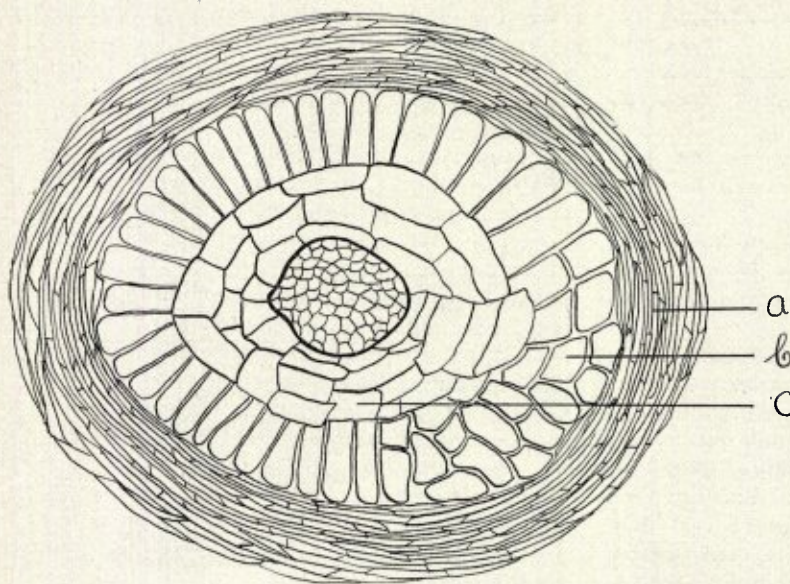


Fig. 2.

Dwarsdoorsnede van een eikenworteltje met mycorrhiza.

- a. mantel van myceliumdraden.
- b. buitenste cellagen met mycelium tussen de cellen.
- c. niet geïnfecteerde weefsels.

Lengtedoorsnede door de top van een eikenworteltje met mycorrhiza. a, b en c als in fig. 2.

Hoewel de wortels dus geïnfecteerd zijn met een schimmel wees niets er op, dat deze infectie schadelijk was voor de plant: geen voortijdig afsterven van de wortels, geen ziekelijke verschijnselen van de bomen. Frank vermoedde dan ook al dat we hier te doen hebben met een symbiose tussen wortel en schimmel en hij noemde deze abnormale wortels zwamwortels of mycorrhiza (myces = schimmel, rhiza = wortel).

Frank nam aan dat de zwam de taak overneemt van de bij normale wortels voorkomende wortelharen, die hier niet gevormd worden. Deze wortelharen, fijne buisvormige uitstulpingen van de buitenste cellaag van de wortels, zijn in staat uit de bodem vocht en voedingszouten op te nemen, bij de mycorrhiza zou de schimmel deze taak op zich hebben genomen. Een aanwijzing hiervoor was ook dat van de mycorrhiza uit fijne zich vertakkende schimmeldraden een eind in de bodem zijn te vervolgen, waardoor een nauw contact tussen wortel en grond tot stand komt. Bovendien meende Frank

dat deze schimmeldraden zelfs in staat zouden zijn voor de wortels onoplosbare stoffen in een oplosbare vorm te brengen. Zo zou dus de schimmel een belangrijke rol spelen bij de groei van de boom.

Alvorens ons verder in het wederzijdse hulpbetoon van schimmel en boom te verdiepen eerst iets over de schimmels, die aan de mycorrhiza-vorming deelnemen. Men had reeds waargenomen, dat er verschillende typen, zoals bol-, gaffelen koraalvormige zwamwortels voorkomen en dat zij verschillende kleuren, variërende tussen wit, rose, geel, bruin en zwart, vertonen, en zo vermoedde men al dat er vele schimmelsoorten aan de mycorrhiza kunnen deelnemen. Maar welke? Volgde men voorzichtig de schimmeldraden, die van de mycorrhiza uitstraalden, dan lukte het wel eens een enkele maal de verbinding vast te stellen met een

paddenstoel, maar in de meeste gevallen gingen deze schimmeldraden door hun fijnheid in de bodem verloren.

Het is de Zweedse onderzoeker Melin geweest aan wie het gelukte in reïncultuur de verbinding tussen wortels en bepaalde schimmels tot stand te brengen. Hij kweekte daartoe zaailingen van allerlei bomen in gesteriliseerd zand, waaraan een voedingsoplossing was toegevoegd. Werd hierbij een stukje mycelium van een of andere paddenstoel gebracht, dan kon hij vaststellen of er al of geen mycorrhiza werd gevormd. Men moet daarbij zeer zorgvuldig te werk gaan om verontreinigingen met andere schimmels en bacteriën te vermijden. Op deze wijze kon dus onomstotelijk vastgesteld worden welke schimmels mycorrhiza vormen en het bleek, dat het bijna uitsluitend hogere zwammen (Basidiomyceten) waren. Van de ± 50 onderzochte paddenstoelen-soorten, die een symbiose met de wortels kunnen aangaan, behoren de meeste soorten tot de geslachten *Amanita*, *Tricholoma*, *Russula*, *Lactarius* en *Boletus*. Ook de

Hanekam (*Cantharellus cibarius*), de Aardappelbovist (*Scleroderma vulgare*), de schijntruffel (*Rhizopogon*) en een enkele *Cortinarius*-, *Entoloma*- en *Clitopilus*soort kunnen mycorrhiza vormen.

Onder de onderzochte *Marasmius*- en *Mycena*-soorten was geen enkele mycorrhizavormer. Van de ridderzwammen (*Tricholoma*) waren het alleen soorten als *albo*- en *flavobrunneum*, *imbricatum* en *pessundatum* en niet soorten als *nudum*, *gambosum*, *personatum* en *brevipes*.

Enkele soorten waren zeer kieskeurig in de keuze van hun partner, zo maakt *Boletus elegans* in reïncultuur uitsluitend mycorrhiza met de *Larix*. Dit klopt dus volkomen met waarnemingen buiten. Andere zijn minder gespecialiseerd. De rosse boleet (*B. rufus*) kan bijv. een verbinding aangaan met de wortels van den berk en populier. Ook de boom is vaak weinig kieskeurig. De den kan bijv. mycorrhiza vertonen met verschillende *Amanita*- en *Boletus*-soorten, met de Cantharel, Aardappelbovist, e.a.

Door het kweken van boom en paddenstoel in reïncultuur was het ook mogelijk iets meer te weten te komen van het voordeel of nadeel dat de beide partners hebben van hun symbiose.

Het nut voor de boom is vooral evident, wanneer men bossen aanlegt op plaatsen waar nog nooit bos heeft gestaan. Men heeft o.a. in

Amerika bij de bebossing van prairiegronden en in Indonesië bij die van berghellingen in Oost-Java met *Pinus* veel resultaat gehad met het enten van de grond met schimmelcultures, door het uitstrooien van bosgrond of door tussenbeplanting met jonge boompjes, die in bosgrond zijn opgekweekt. In het laatste geval ontwikkelen de zaailingen rondom dergelijke „moeder”-boompjes zich veel voorspoediger. Uit analyses blijkt dat de bomen met mycorrhiza veel meer stikstof-, phosphor- en kaliverbindingen bevatten, zodat dus het vermoeden van Frank juist is, dat de schimmel in staat is onoplosbare bodemstoffen voor de plant opneembaar te maken. Geheel in overeenstemming hiermee is ook dat er geen of weinig mycorrhiza wordt gevormd in zeer vruchtbare grond; hier heeft de boom voldoende voedsel tot zijn beschikking. Evenmin wordt er mycorrhiza gevormd in zeer arme grond; hieruit kan blijkbaar ook de schimmel geen voedsel meer putten.

Niet alleen de boom, maar ook de schimmel profiteert van het partnerschap. In de eerste plaats betreft de schimmel suikers van de boom. Plaatst men bomen in de schaduw zodat de assimilatie geringer is, of ringt men de bomen, zodat de afvoer van de assimilatieproducten (koolhydraten: suikers) belemmerd is, dan wordt vrijwel geen mycorrhiza gevormd. Terwijl de meeste in bosgrond levende schimmels in staat zijn gecompliceerde koolhydraten en andere koolstofverbindingen af te breken en te gebruiken (de meeste boom paddenstoelen benutten de houtstof of lignine, de bladverterende paddenstoelen de celstof of cellulose) hebben de mycorrhizavormende schimmels dit vermogen geheel of vrijwel geheel verloren, zij zijn dus aangewezen op de enkelvoudige koolhydraten zoals suikers en zij kunnen dus alleen goed groeien, wanneer de boom hun deze in voldoende mate ter beschikking stelt.

Behalve suikers ontleent de schimmel ook nog andere stoffen aan de boom. Vitamine B komt niet in de bodem voor, terwijl de schimmel dit voor een normale groei absoluut nodig heeft. Ook aminozuren bevorderen de groei van de mycorrhizavormers, en het is niet onmogelijk dat ook deze ten dele door de boom beschikbaar worden gesteld.

De natuur in al zijn grootsheid geeft ons mensen vaak een voorbeeld, dat wij ons ter harte kunnen nemen. In eendrachtige samen-

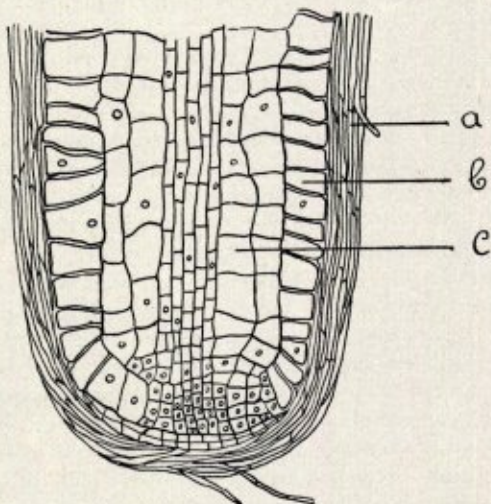


Fig. 3.

Lengtedoorsnede door de top van een eikenworteltje met mycorrhiza. a, b en c als in fig. 2.

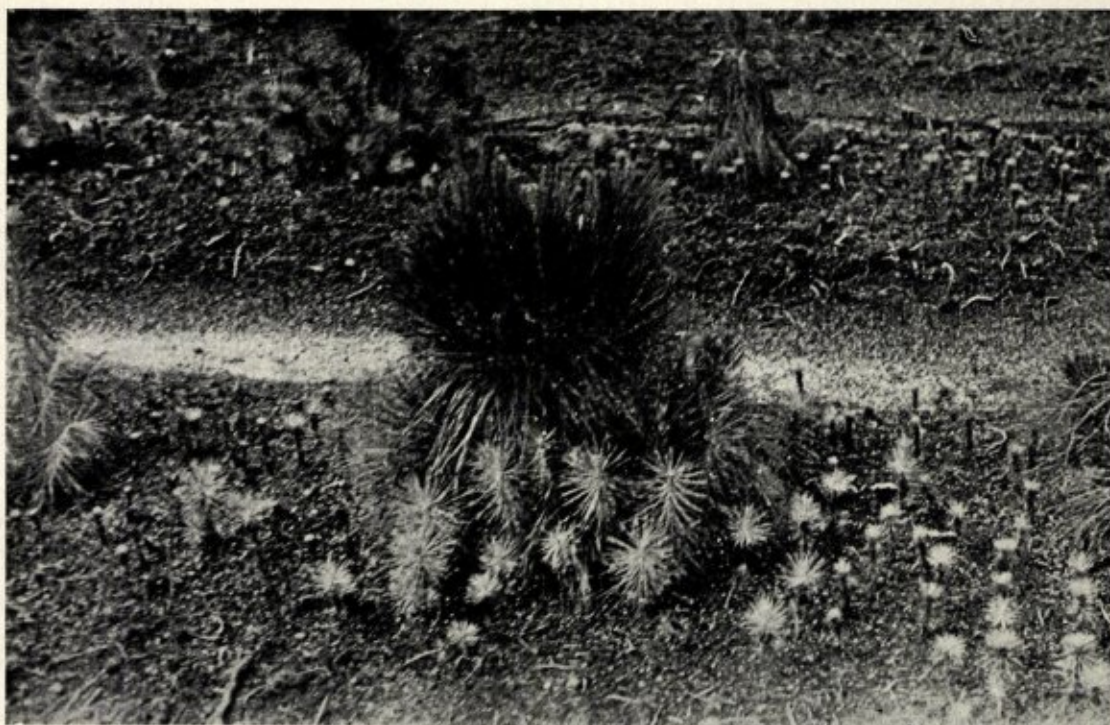


Fig. 4.

Zaailingen van *Pinus merkusii* met ertussen geplante op natuurlijke wijze met mycorrhiza-schimmels geïnfecteerde planten („moeder-boompje”). Zaailingen rond het „moeder”-boompje duidelijk beter ontwikkeld.

(Uit Ned. Bosbouw Tijdschrift, April 1948).

werking is meestal meer te bereiken dan wanneer ieder voor zich werkt.

Tot besluit nog een kleine aanwijzing voor de speurders, die de mycorrhiza zelf wel eens willen zien. Het gemakkelijkst te vinden is deze in jong goed groeiend dennenbos op de enig-

zins zure zandgronden. Na het aflichten van het mosdek zoekt men in de min of meer compacte bovenlaag van half verteerde naalden enz. naar jonge wortels. Vijftig procent kans dat U bij de eerste keer graven al wat vindt.

OVERZICHT OVER DE ZUID-LIMBURGSE VONDSTEN.

Na determinatie van de vondsten, gedaan op onze herfstexcursies, willen wij vaak weten, of de betreffende paddenstoelen reeds eerder bekend zijn uit Zuid-Limburg.

Meestal kost het veel moeite het antwoord te vinden, omdat de gegevens zeer verspreid staan in de literatuur. Vroegere vondsten worden vaak over het hoofd gezien; Bels-Koning en Bels, 1948; Daams, 1949; Maas Geesteranus,

1950, ondervonden dit o.a. bij het opstellen van hun artikelen.

Daarom zijn ondergetekenden bezig de gegevens uit de literatuur (vooral de werken van Oudemans en de periodieken *Fungus*, *Mededelingen van de Mycologische Vereniging* en *Natuurhistorisch Maandblad*) op te sporen, om ze, onder de thans geldende namen in een overzichtelijke lijst te rangschikken. Het is onze bedoeling eventueel museummateriaal (o.a. coll. Rick) ook in deze publicatie te betrekken.

Wij hebben uit de gegevens in de literatuur