

# OVER DE VOEDING VAN SOMMIGE BOOMEN DOOR SCHIMMELS,

(een aanhangsel bij het artikel »Compagnieschap tusschen organismen van verschillende soort; — symbiose», voorkomende in 't *Album der Natuur* 1885, pagg. 176 en 197),

DOOR

Dr. J. RITZEMA BOS.

In deel III van de »Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft» (Berlin, 1885) komt een hoogst belangrijk artikel voor van dr. B. FRANK, Hoogleeraar aan de Berlijnsche hoogeschool voor landbouw, met welk artikel ik de lezers van het »Album der Natuur» bekend wil maken, te meer omdat FRANK's onderzoekingen op een merkwaardig geval van samenleven tusschen twee planten van onderscheiden soort betrekking hebben, op een onderwerp dus, waarop ik vroeger de aandacht dier lezers vestigde.

De Minister van Landbouw in Pruisen had, om de teelt van truffels te bevorderen, den heer B. FRANK de opdracht gegeven, de levensvoorwaarden en de ontwikkelingsgeschiedenis dezer paddestoelachtige planten nauwkeurig te bestudeeren, meenende dat — wanneer eenmaal een uitvoerig theoretisch onderzoek aangaande de hier genoemde zaken mocht zijn in 't werk gesteld — weldra middelen zouden kunnen worden gevonden om de truffelteelt meer rationeel, dus voordeelijker en op grooter schaal uit te oefenen.

Vóórdat ik de onderzoekingen van FRANK bespreek, moge hier 't een en ander over de *truffels* volgen, te meer omdat uit deze mededeelingen zal blijken, dat hetgeen reeds vroeger uit de praktijk bekend was,

aanleiding gaf tot het onderzoek van den Duitschen geleerde, 'twelk zoo belangrijke resultaten opleverde. De truffels dan behooren tot de schimmels en wel tot de *Ascomyceten*, nader tot de familie der *Tuberaceen*: paddestoelen, bij welke het sporenvortbrengende lichaam knolvormig en meer of min vleezig is en onder den grond leeft. De eetbare truffels worden alle tot het geslacht *Tuber Mich.* gebracht, maar behooren niet alle tot dezelfde soort. 't Zijn hoofdzakelijk vier soorten, welke worden gegeten, nl. *Tuber brumale Vittad.*, *T. melanosporum Vittad.*, *T. aestivum Vittad.* en *T. mesentericum Vittad.* De eerste, die zeer verschillend van grootte kan zijn, ja zelfs tusschen de grootte van eene hazelnoot en die van eene vuist kan variëeren, is zwart en toont veelhoekige wratten; van binnen is zij donkergrauw, met witte aderen gemarmerd. De tweede, die eveneens eene zeer verschillende grootte kan bereiken, is roodachtig zwart van kleur; de veelhoekige wratten vertoonen roodachtige vlekken; inwendig is zij roodachtig zwart of ook wel violetkleurig zwart, met licht roodachtige aderen. De derde soort is zwartbruin met zeer groote wratten, van binnen lichtbruin. De vierde soort eindelijk is zwart en heeft het donkerbruine vleesch met vele dicht opéén gewonden witte aderen en fijne zwarte lijntjes gemarmerd. Behalve de hier opgesomde verschillen in 't uitwendige voorkomen bestaan er tusschen de vier bedoelde soorten nog verschillen van meer beteekenis, maar slechts met behulp van den mikroskoop waarneembaar, in den bouw der sporen. Nog andere soorten als *Tuber magnetum Pico* en *T. Borchii Vittad.*, worden in Italië gegeten, maar in de meer noordelijk gelegen deelen van Europa zelden.

Reeds sedert overoude tijden worden de truffels om haren geurigen reuk en smaak als toespis gegeten. THEOPHRASTUS en PLINIUS maken er melding van. De truffels komen het meest in Frankrijk en Italië voor. Voor onze keukens worden zij doorgaans uit Frankrijk ingevoerd. In Duitschland zijn de truffels veel minder algemeen; maar vooral in Thüringen en in de Rijnstreek komen zij hier en daar tamelijk veel voor.

De wijze van verbreiding der truffels is zeer merkwaardig. Men vindt ze in den grond bij troepjes, en wel telken jare op dezelfde plaatsen, die in Frankrijk *Truffières* of *Rabassières*, in Italië *Trifolaje*, in Duitschland *Trüffelplätze* worden genoemd. 't Meest vindt men de truffières op kalkhoudenden grond; 't schijnt echter voldoende, dat slechts de ondergrond kalk bevat. Niet de aard des bodems op zich zelve bepaalt in de eerste plaats, of ergens truffels kunnen groeien, maar wel de al of niet aanwezigheid van boomen, bepaaldelijk van

eiken. In de »*Botanique agricole et médicale*» van RODET en BAILLET (2de uitgave, 1872, p. 1044) leest men dienaangaande het volgende: »De truffels worden in den grond gevonden op eene diepte, die tusschen 10 en 50 centimeter afwisselt, bepaaldelijk op die plaatsen, waar verschillende soorten van het geslacht *eik* groeien, en vooral de *Quercus pubescens*. Maar men vindt ze ook onder beuken, kastanjeboomen, notenboomen en zelfs onder conifeeren, zooals de *Pinus halepensis*. Zij verkiezen de magere gronden, die kalkzouten bevatten; en over 't geheel is op de plaatsen, waar zij groeien, de grond onvruchtbaar en van kruidachtige planten ontbloot. De truffels groeien niet in een' kring, zooals de *Agarici* en andere hoed-paddenstoelen; men vindt ze doorgaans opgehoopt in kleine groepen; de verbinding tusschen deze groepjes geeft de richting aan van de wortels der boomen, waaronder zij wassen. Tot heden is het nog niet mogen gelukken, truffels te doen ontstaan door uitzaaiing van hare sporen; en de eenige manier, waardoor men ze met meer of minder zekerheid kan telen, is deze, dat men op plaatsen, die voor den groei van truffels geschikt schijnen, eiken verbouwt. Men kiest voor deze cultuur de eikels, verzameld onder de boomen, in welker schaduw, blijkens opgedane ervaring, de truffels gaarne groeien. Men slaagt hierbij soms, maar het succès is bij lange na niet zeker.»

Ik wil bij deze mededeelingen van RODET en BAILLET nog enkele opmerkingen neerschrijven. Het schijnt, dat de truffels ook wel op betere gronden kunnen voorkomen; in Duitschland althans moeten zij juist veel op vruchtbaren, zwarten, humusrijken bodem worden aangetroffen, maar altijd liefst dáár, waar de ondergrond kalkhoudend is. De eiken zijn wel de boomen, onder welke men in de allereerste plaats truffels kan aantreffen; daarop volgen de haagbeuken. De volledige lijst van die boomen, aan welker voorkomen dat der truffels kan zijn gebonden, luidt als volgt: eiken (de beide inlandsche soorten *Quercus pedunculata* en *Q. sessiflora*, en verder *Q. pubescens*, *Q. ilex* en *Q. coccinea*), haagbeuken, tamme kastanjes, hazelnotenstruiken, gewone beuken, de verschillende soorten van wilgen en populieren, fijne sparren, dennen (althans *Pinus silvestris* en *P. halepensis*), jeneverbes. Men heeft een' tijd lang gemeend te moeten aannemen, dat de truffels parasieten zouden zijn, die hun voedsel zouden opnemen uit de wortels der bovengenoemde boomsoorten; deze veronderstelling had althans meer grond dan vele andere meeningen, die aangaande de verhouding tusschen de truffels en de bovengenoemde boomsoorten werden ge-

opperd. Hier en daar toch was men de meening toegedaan, dat de truffels uitgroeiingen van boomwortels zouden zijn, op dezelfde wijze als de algemeen bekende ronde galnoten als uitgroeiingen van bladeren ontstaan; — eene meening die dadelijk door den anatomischen bouw der truffels wordt weersproken. Anderen verklaarden het uitsluitend voorkomen van deze paddestoelachtigen onder boomen door aan te nemen, dat zij beschaduwde plaatsen voor hunnen groei noodig hebben; hoewel deze verklaring al dadelijk wat vreemd zou moeten schijnen, waar het geldt den groei van *onderaardsche* gewassen. Verder strijdt hiertegen de omstandigheid, dat truffels niet het meest worden aangetroffen in gesloten schaduwrijke wouden, maar veel meer in met houtgewas bedekte streken, waar de boomen op vrij grooten afstand van elkaar staan. Ook heeft reeds TULASNE door zijn onderzoek naar de verbreiding der truffels bewezen, dat deze gewassen zich in den omtrek van boomen bevinden, echter niet zoover als de takken, wèl zoover als de wortels reiken. Laatstgenoemde Fransche natuuronderzoeker was dan ook van meening, dat de truffels, als zoovele paddestoelen, *saprophyten* zouden zijn: dat zijn planten, die zich met organische stoffen voeden, welke zij aan doode organismen ontleenen. Zij zouden dan haar voedsel trekken uit halfvergane bladeren en wortels der boomen. FRANK zegt in den door hem bewerkten tweeden druk (1877) van LEUNIS' *Synopsis der Pflanzenkunde* (blz. 1792), dat behalve de afhankelijkheid der truffels van bepaalde boomen en behalve de moeilijkheid, die men ondervindt, wanneer men ze op eene bepaalde plaats wil kweeken, nog eene andere omstandigheid pleit vóór het vermoeden, dat de truffels parasieten zouden zijn: de truffelzoekers (»truffeljagers»), die zich op het opsporen van truffels met behulp van afgerichte varkens of honden toeleggen en die natuurlijk omtrent het voorkomen enz. dezer paddestoelen veel ondervinding hebben opgedaan, verzekeren, dat men de truffelplaatsen (truffières) bederft en de truffels uitroeit, door de dicht langs de oppervlakte van den bodem zich uitstreckende boomwortels met een' hak of eenig ander werktuig door te snijden; wordt daarentegen de bodem bewerkt met een instrument, waarmee men de boomwortels opheft maar niet schendt, dan blijven de truffières ongeschonden en productief. De uitgegraven jonge truffels worden door de »jagers» ook nooit weer in den grond geworpen, omdat zij maar al te goed weten, dat dergelijke losgeraakte voorwerpen toch niet meer aangroeien.

Zóó was het met onze kennis van de leefwijze en het voorkomen der truffels gesteld, toen Prof. FRANK van den Pruisischen Minister van Landbouw de opdracht en de middelen ontving een nauwkeurig onderzoek aangaande dit onderwerp in 't werk te stellen. Ik wil nu de hoofdresultaten van dit onderzoek mededeelen. FRANK dan heeft het merkwaardige feit ontdekt, dat het wortelstelsel van sommige boomsoorten, met name dat van *Cypulifeeren* (eik, haagbeuk, beuk) steeds met een schimmelmycelium is bedekt, ja er zelfs zóó innig mee vergroeid is, dat het schimmelweefsel en de deelen van den wortel als 't ware één organisme uitmaken, op dezelfde wijze als de korstmossen samengestelde wezens zijn, ontstaan door de vereeniging van bladgroenlooze schimmelplanten en bladgroenhoudende wieren (zie *Album der Natuur*, jaargang 1885, blz. 218). De schimmelmyceeldraden nemen 't voedsel voor den boom uit den grond op, zoodat de cellen van den wortel zelve daarbij in 't geheel geen rol meer spelen; terwijl aan den anderen kant de schimmel organische stoffen uit den boom opneemt, welke de bovenaardsche deelen van dezen laatsten uit water en koolzuur hebben gevormd. »Hoe verrassend deze mededeeling ook moge luiden» — aldus gaat FRANK voort — »mijne onderzoekingen zijn van dien omvang, dat ik gerust het bovenmeedeelde als volkomen vaststaande mag beschouwen.»

Wanneer men van een' inlandschen eik, beuk of haagbeuk, hazelaar of kastanjeboom de in den grond gegroeide zuigwortels, die de laatste vertakkingen van het wortelstelsel en de eigenlijke voedselopnemende organen zijn, onderzoekt, dan blijken deze, als algemeene regel, uit tweeërlei onderling zeer verschillende elementen te zijn opgebouwd, nl. 1<sup>o</sup> een' kern, die den eigenlijken boomwortel voorstelt en 2<sup>o</sup> eene daarmee organisch vergroeide schors, die uit een schimmelweefsel is samengesteld. Deze schimmelmantel hult den wortel volkomen in, ook het vegetatiepunt van dit orgaan, groeit aan den top des wortels met dezen verder en verhoudt zich in elk opzicht als een tot dezen wortel behoorend en daarmee organisch verbonden weefsel. Het geheele lichaam is dus noch boomwortel, noch schimmel alleen, maar even als het lichaam (»het loof» of »de thallus») der korstmossen, eene vereeniging van twee verschillende wezens tot een enkel orgaan, 'twelk FRANK met den naam »*Pilzwurzel*» of »*Mycorhiza*» (schimmelwortel) bestempelt.

Het schimmelweefsel, dat — gelijk gezegd — de oppervlakte des wortels bekleedt, dringt niet diep in het inwendige van dit orgaan

naar binnen, maar doorwoekert slechts de buitenste huidlaag (de epidermis) er van, en wel zóó, dat het zich niet in het inwendige der opperhuidscellen vestigt, maar den wand van deze cellen aan alle kanten omspint. — De buitenoppervlakte van de mycorhiza (het door de combinatie van wortel en schimmelweefsels ontstane orgaan) is dikwijls volkomen glad, zoodat dus de schimmelmantel naar buiten toe scherp begrensd is. Daar nu deze laatste zich onmiddellijk aan het eigenlijke wortelweefsel aansluit, zoo kan natuurlijk geene vorming van wortelharen plaats grijpen; maar deze worden vervangen door de tot draden zich verlengende buitenste cellen van den schimmelmantel, welke draden te zamen een viltachtig weefsel vormen, 't welk zich tusschen de fijnste aarddeeltjes verbreidt. Dikwijls ook zijn deze draden niet in allerlei richtingen door elkander geslingerd, maar zij verlengen zich sterk, loopen recht uit en strekken zich aldus straalsgewijze uit. Ook vereenigen zich soms de schimmeldraden aan de oppervlakte tot strengen, welke ieder op zichzelf uit verscheiden draden zijn samengesteld; deze strengen zijn dun of dik, alnaarmate zich weinige of vele draden met elkander vereenigen. De strengen vertakken zich later weder in verschillende dunnere takken, die ten slotte weer talrijke schimmeldraden alle kanten uit in den bodem zenden. Bij oppervlakkige beschouwing zou men zoo'n bundel schimmeldraden, als waarvan ik sprak, voor een zeer fijn worteltakje kunnen houden. In streken, waar truffels groeien en bepaaldelijk in de onmiddellijke nabijheid van eene in den grond gegroeide truffel, zijn de hier beschreven schimmel-myceliumstrengen in buitengewoon grooten getale in den bodem voorhanden; zij vormen met hunne talrijke vertakkingen en samenvloeiingen een zich door den bodem verbreidend stelsel; het valt niet moeilijk den samenhang tusschen dit laatste en de mycorhizen der in den bodem aanwezige boomwortels aan te toonen.

Aangezien de schimmelmantel het worteltakje geheel omhult, zoo moet hij ook kunnen groeien en met de verlenging van den door hem ingesloten wortel gelijken tred kunnen houden. En inderdaad heeft ook deze schimmelmantel zijne plaats van groei op dezelfde hoogte, waar het groeipunt van den wortel gelegen is; de groei grijpt op deze wijze plaats, dat aan de spits der mycorhiza, waar de schimmelmantel veel dunner is dan aan de kanten, altijd nieuwe cellen tusschen de reeds voorhandene worden gevormd. Steeds houdt aldus de groei van den top der schimmelmantels gelijken tred met dien van den worteltop, welke echter steeds wat achter blijft.

Het kiemworteltje bezit natuurlijk nog geen schimmelmantel, en evenmin de hoofdwortel in zijn eerste ontwikkelingsstadium. Eerst nadat deze hoofdwortel zijworteltjes heeft gekregen en deze zich weer met talrijke, herhaaldelijk vertakte worteltwijggjes heeft bekleed, begint een schimmelmantel zich langzamerhand over deze twijggjes uit te breiden. Op enkele plaatsen hechten zich schimmeldraden aan de opperhuidscellen der worteltakjes vast. Deze vertakken zich en kruipen verder, slingeren zich om elkander heen en vormen zoo langzamerhand den steeds dichter en dichter wordenden schimmelmantel. De vorming van dezen laatsten grijpt bij den haagbeuk zeer snel plaats; bij de eiken daarentegen, die snel groeiende wortels hebben, langzamer, zóó zelfs dat de bedekking met schimmel dikwijls zelfs bij twee- of meerjarige planten nog maar zeer plaatselijk is tot stand gekomen. Dergelijke schimmelvrije worteldeelen vormen natuurlijk, evenals die van andere gewassen, wortelharen. Heel dikwijls is toch, bij overigens nog niet met schimmel bedekte worteltwijggjes, de top, die langzamer groeit, door eenige schimmeldraden omgeven.

Ook in uitwendigen vorm is de mycorhiza gemakkelijk van den gewonen niet met een' schimmelmantel bedekten wortel te onderscheiden. Terwijl deze laatstgenoemde, dien men 't fraaist en 't zekerst zonder schimmels krijgt, door het boompje te telen in water, waarin zich de voor 't plantenlichaam noodige zouten bevinden (»watercultuur»), altijd zeer dun en tamelijk lang is, krijgen de met een' schimmelmantel omhulde wortels een dik, opgezwollen lichaam; zij vertakken zich zeer sterk, en zelfs vormen zich de dicht bij elkander staande zijwortels reeds zeer nabij den top.

Natuurlijk heeft de Mycorhiza, evenals de kleine worteltwijggjes der houtachtige planten, slechts eenen beperkten levensduur. Met den toenemenden ouderdom des booms wordt het wortelsysteem krachtiger en vertakt het zich steeds verder in den grond. Tevens echter gaan de kleinste worteltwijggjes aan de ouder wordende wortels verloren, om aan de nieuwe wortelscheuten op andere plaatsen van den grond door nieuwe te worden vervangen. Men neemt waar, dat de tot eene zekere grootte uitgegroeide mycorhizen na eenigen tijd ophouden te groeien en eindelijk afsterven: dan worden deze deelen bruin gekleurd en murw. Daarvoor vormen zich op andere plaatsen nieuwe, niet zelden dicht bij een' afgestorven mycorhizabundel. Hoe lang een mycorhiza leeft, kan zeer verschillen, daar het van onderscheiden omstandigheden afhangt. Zeker wordt zij soms jaren oud. De schimmelmantel bedekt

slechts de jongere worteldeelen, juist die, welke bij de voedselopneming werkzaam zijn. Aan de oudere worteldeelen sterft deze bedekking te gelijk met de buitenste weefsels van den wortel zelven af.

De wortels der Cupulifeeren (eiken, beuken en haagbeuken, hazelaars) vertoonen de bekleeding met een' schimmelmantel op iederen ouderdom, zelfs wanneer zij 120 jaren oud zijn. Vooral vindt men bij oude boomen de meeste kleine, voedselopnemende worteltjes in de bovenste, omtrent 5 cM. dikke 't meest humusrijke aardlaag; deze zijn, gelijk gezegd werd, bij de Cupulifeeren altijd tot mycorhizen ontwikkeld. In verbazend groote hoeveelheden zijn deze mycorhizen in de hier bedoelde aardlaag ontwikkeld, wanneer men met eene truffelplaats (>truffière") te doen heeft; de rijpe truffels zijn hier op en in een dicht weefsel van mycorhizen geplaatst.

Het is een zeer opvallend feit, dat de hier behandelde schimmelmantel zich slechts om de wortels van bepaalde planten vormt. Onderzoekt men bijv. in beukenbosschen den bodem, dan vindt men daar slechts de wortels der *beuken* tot mycorhizen ontwikkeld. Al de aldaar voorkomende kruidachtige planten, ook houtige planten als *Hedera helix* (klimop) en *Acer pseudoplatanus* (eschdoren), hebben gewone, schimmelvrije wortels met gewone wortelharen, hoezeer ook hare wortels zich tegen de mycorhizen der beuken aanleggen. FRANK maakte uit, dat de volgende boomen gewone wortels met wortelharen en zonder schimmelmantel bezitten: *Betula alba* (berk), *Alnus incana* (grijze els), *Ulmus campestris* (iep), *Morus alba* (moerbezie), *Platanus occidentalis* (plataan), *Juglans regia* (okkernoot), *Pyrus malus* (appel), *Sorbus aucuparia* (lijsterbes), *Crataegus oxyacantha* (meidoren), *Prunus padus* (trosvogelkers), *Robinia pseudacacia* (acacia), *Tilia europaea* (linde), *Acer platanoides* (Noordsche eschdoren) en *A. pseudoplatanus* (eschdoren), *Rhamnus cathartica* (wegedoren), *Cornus mas* (kornoelje), *Fraxinus excelsior* (esch), *Syringa vulgaris* (syring), *Sambucus nigra* (vlier). Uit deze opgave volgt, dat de overgrootste meerderheid der plantenfamiën, waartoe de inlandsche boomen behooren, schimmelvrij zijn, althans te oordeelen naar de door FRANK onderzochte soorten. Daarentegen heeft deze botanicus geconstateerd, dat bij geen' van de volgende vertegenwoordigers van de groep der Cupulifeeren de wortelschimmel ooit ontbreekt: *Carpinus betulus* (haagbeuk), *Corylus avellana* (hazelnoot), *Fagus sylvatica* (gewone beuk), *Quercus pedunculata* en *Q. sessiliflora* (de inlandsche eiken), *Quercus rubra* (Amerikaansche eik), *Castanea vesca* (tamme kastanje). Men kan dus beweren, dat het voorkomen van wortelschimmels eene bijzon-



dere eigenaardigheid van de familie der Cupulifeeren is. Maar het samenleven (de symbiose) van boomen met de wortelschimmels komt ook voor bij Salicineeën en Conifeeren. FRANK vond mycorhizen bij drie soorten van wilgen (*Salix viminalis*, *caprea* en *aurita*), bij eene soort van populier (*Populus tremula*), bij grove dennen, fijne sparren en zilversparren; bij geene van deze wilgen, populieren en naaldboomen was het samenleven met de wortelschimmels echter een vaste regel; de boomen, uit sommige streken afkomstig, hadden schimmelvrije wortels; andere van dezelfde soorten maar uit andere streken, bezaten den schimmelmantel.

FRANK heeft de wortels van eiken en andere Cupulifeeren uit de meest verschillende streken van Duitschland onderzocht, en komt tot de conclusie, dat zoowel in 't Noorden als in 't Zuiden, zoowel in de vlakke als op de bergen, de mycorhiza voorkomt. Ook de geologische aard van den grond bleek op de verbreiding van de schimmel niet van grooten invloed te zijn; op geenen enkelen bodem bleek deze te ontbreken, mits maar boomen uit de familie der Cupulifeeren er op groeiden; wèl scheen zij onder overigens gelijke omstandigheden over 't geheel op kalkhoudenden bodem zich weelderiger te ontwikkelen dan op menigen anderen grond. Dat niettegenstaande een zoo algemeen voorkomen toch de hier bedoelde schimmelplant nog nooit door andere botanici werd aangetroffen, wordt door FRANK vooral aan de volgende omstandigheden geweten, nl. 1°. dat meestal jonge kiemplanten bij het onderzoek naar den bouw der wortels werden gebruikt, terwijl zoodanige jonge plantjes aan hunne worteltjes nog geenen schimmelmantel toonen; 2°. dat soms de wortels van oudere planten werden onderzocht, die een' tijd lang in water hadden vertoefd, onder welke omstandigheid zij hunne schimmels verliezen; 3°. dat in een enkel geval de schimmel wel degelijk werd opgemerkt en zelfs meer of minder nauwkeurig werd beschreven, maar zonder verdere afdoende reden als de oorzaak eener plantenziekte werd beschouwd, 't geen tot allerlei verwarring aanleiding gaf. In 't algemeen kan uit de waarnemingen van FRANK worden afgeleid, dat de schimmels der mycorhiza in iederen bodem, waarop planten groeien, tijdelijk kunnen leven; maar dat zij beter gedijen, nadat zij uit de aarde op de wortels van bepaalde, vroeger opgenoemde boomen zijn overgegaan.

De mycorhiza-schimmels zijn van dien aard, dat men — afgaande op wat men aangaande de ontwikkeling der paddestoelen weet — moet aannemen, dat zich uit hen sporendragende paddestoelen, zooals truffelachtigen (Tuberaceeën) of buikzwammen (Gastromyceten) moeten kunnen

ontwikkelen. Nu schijnt het echter vreemd, dat men zoo algemeen, letterlijk overal waar eiken, beuken en hazelaars groeien, de mycorrhiza-schimmel verbreid vindt, terwijl de onderaardsche buikzwammen en truffelachtigen slechts in sommige streken, en dan meestal nog maar plaatselijk, voorkomen. Echter is het vooreerst waar, dat onderaardsche paddestoelen niet veel in 't oog vallen, en dat maar al te vaak bij zorgvuldig zoeken dergelijke paddestoelen toch voor den dag komen, ook waar men ze in 't geheel niet vermoedde. Maar verder volgt uit de aanwezigheid van een schimmelmycelium in den bodem nog juist niet noodzakelijkerwijze, dat op die plaatsen nu ook sporendragende truffels of buikzwammen moeten voorkomen. Er zijn voorbeelden genoeg bekend, dat het mycelium van schimmels jaren lang ergens blijft voortwoekeren zonder ooit sporendragende paddestoelen te vormen; ja dat dit laatste slechts dan geschiedt, wanneer het schimmelweefsel onder bepaalde gunstige uitwendige omstandigheden verkeert. De mycorhizen der verschillende boomen gelijken alle onderling zeer veel op elkander; maar toch bestaan er allerlei verschillen in vorm, dikte en kleur der schimmeldraden enz. Ook die van den zelfden boom kunnen onderling verschillen. Om uit te maken of de schimmels van twee mycorhizen al dan niet tot ééne soort moeten worden gebracht, zou men de sporendragende paddestoelen, die er bij behoren, moeten opkweeken. Het is dus zeer goed mogelijk, dat de mycorhizen, die op zoo verschillende terreinen aan de wortels van zoo verschillende boomen voorkomen, van elkander soortelijk onderscheiden zijn. Maar is 't ook mogelijk, dat dezelfde in den grond levende schimmeldraden, die in de ééne streek aan het ontstaan van truffels het aanzijn geven, in vele andere streken even goed in den grond worden aangetroffen, zonder echter dáár aanleiding te geven tot de vorming van truffels, omdat de voorwaarden, welke het ontstaan van deze laatsten met zich mee brengen, dáár ontbreken. In ieder geval is wél uit de onderzoekingen van FRANK gebleken, dat de zoo hoog geschatte truffels worden voortgebracht door een schimmelmycelium, dat zich met de wortels van eiken en andere boomen zoo innig mogelijk verbindt. Deze ontdekking verklaart vele tot dusver raadselachtige feiten uit de eigenaardige verbreidingswijze der truffels, o. a. de omstandigheid, dat het voorkomen dezer onderaardsche paddestoelen aan dat van bepaalde boomsoorten is gebonden, en dat de verbreiding er van steeds die van de boomwortels volgt. Wie weet, misschien gelukt het later, op die plaatsen, waar wél wortelschimmels leven, maar tot

dusver geene truffels werden aangetroffen, door wijziging van de uitwendige invloeden deze smakelijke en kostbare paddestoelen te doen ontstaan! Maar zóóver zijn we voor 't oogenblik nog niet.

In een vroeger artikel (*Album der Natuur*, 1885, blz. 181) heb ik het stelselmatig samenleven van ongelijksoortige organismen, m. a. w. de symbiose in ruimeren zin, verdeeld in 1°. symbiose met eenzijdig dienstbetoon en 2°. symbiose met wederkeerig dienstbetoon. De laatste wordt in engeren zin *symbiose* of ook wel *mutualisme* genoemd. Is nu in 't hier behandelde geval sprake van deze laatstbedoelde symbiose? Of zou men aan eene vereeniging moeten denken, waarbij alleen de schimmel nut heeft?

Van een waar *parasitisme* kan bij de schimmel der mycorhiza wel moeilijk sprake zijn, daar er geen Cupulifeeren schijnen voor te komen zonder schimmelmantel om hunne wórtels, en daar deze laatstgenoemde hun blijkbaar geene schade doet. Daar verder de eikenboom geene wortelharen bezit, en zelfs de oppervlakte van zijne jonge worteltjes niet met de omgeving kan in aanraking brengen, kan het niet anders, of het schimmelweefsel moet de rol der bovengenoemde deelen des booms hebben overgenomen, m. a. w. het moet stoffen uit den bodem opnemen. De wijze, waarop het schimmelweefsel niet slechts als een mantel den wortel omgeeft, maar ook de cellen van de opperhuid geheel omspint, toont ons aan, hoe gemakkelijk stoffen uit het schimmelweefsel in deze cellen der boomwortels en ook omgekeerd uit deze laatste in het schimmelweefsel kunnen overgaan.

In het hier behandelde geval hebben wij dus met een merkwaardig geval van symbiose te doen: met eene symbiose van eene schimmelplant en een zoo hoog mogelijk ontwikkeld plantaardig organisme. 't Is zeker een der meest onverwachte ontdekkingen, die in den laatsten tijd gedaan zijn, des te meer verrassend, omdat het hier een zoo algemeen voorkomend geval van symbiose betreft, dat men geneigd zou zijn te vragen: hoe kan het, dat dit geval niet eerder ontdekt is geworden?

Laten wij de verhouding tusschen de beide plantaardige compagnons eens nader bespreken.

Wat vooreerst de schimmelplant aangaat: uit de geheele wijze, waarop deze zich vestigt aan den wortel des booms en met haar weefsel daarin doordringt, blijkt wel, dat het haar werkelijk, evenals een gewone parasiet, om organische stoffen te doen is, die zij uit den boom opneemt. En evenals alle parasitische schimmels, zal zij hoofd-

zakelijk, misschien uitsluitend, slechts uit dezen laatsten putten de uit koolstof, waterstof en zuurstof gevormde organische stoffen, die de boom in zijne bladgroenhoudende deelen bereidt, en die de bladgroenlooze schimmel niet vervaardigen kan. (zie *Album der Natuur*, 1885, blz. 219). De minerale stoffen echter, welke de schimmel noodig heeft, neemt zij zelve op; want zij alleen is het, die met den bodem in aanraking komt; zij vormt de buitenste laag van de mycorhiza en zendt van daaruit talrijke draden in alle richtingen in den grond, welke — even als anders de wortelharen van den boom zouden doen — met de kleinste deeltjes er van vergroeien. Van schade, den boom door de schimmels der mycorhiza toegebracht, kan moeilijk sprake zijn, daar de wortels, die door een' schimmelmantel zijn omgeven, hunne functiën volkomen blijven vervullen, op ééne na: die van de opneming der minerale stoffen uit den bodem, welke laatstgenoemde functie door den schimmelmantel en de schimmeldraden wordt overgenomen. Ook vindt men tal van groote, prachtige en volkomen gezonde eiken en beuken, hoewel de worteltjes van al deze boomen schimmels herbergen. Ofschoon dus van schade geene kwestie kan zijn, zijn de schimmels niet zonder invloed op den bouw van den boomwortel. Immers boven werd er op gewezen, dat de mycorhiza doorgaans dik en gedrongen is; geheel anders van vorm dan de gewone wortel, welks plaats hij inneemt. Er is in werkelijkheid hier sprake van iets, dat naar eene zwakke galvorming gelijkt. Er grijpt dan ook door de werking van de schimmel eene vergrooting van de cellen der opperhuid van den wortel plaats.

Voor hetgeen de schimmel uit den boom ontvangt (organische stoffen, door de bladeren des booms gevormd), bewijst zij hem ook weer een' belangrijken dienst. Immers de geheele quantiteit water en voedingsstoffen, die de boom uit den grond krijgt, moeten hem door de schimmels worden aangeboden. De boom, die zijne gewone opzuigende organen mist, kan dit niet doen; de vergrooting van de opperhuidscellen zijner wortels zoowel als de wijze, waarop het schimmelweefsel deze cellen omspint, wijzen er op, hoe gemakkelijk de overgang van stoffen uit de schimmels in den wortel moet plaatsgrijpen.

Uit het meegedeelde volgt ten duidelijkste, dat de verhouding tusschen schimmel en eikenboom dezelfde is als die tusschen schimmel en groene alge in het organisch geheel, 't welk wij »korstmos" noemen. (Zie dit tijdschrift, jaargang 1885, bl. 220). In 't eene geval zorgt de boom, in 't andere geval zorgen de groene algen voor de opneming van koolzuurgas uit den dampkring en voor de eerste vor-

ming van organische stof, terwijl omgekeerd de schimmel van den boomwortel en die van het korstmos beiden dienen voor de opneming van minerale bestanddeelen uit den bodem.

Deze vergelijking laat zich nog verder doorvoeren. De symbiose is voor de algen uit het korstmos geene bepaalde levensvoorwaarde; men kan ze afzonderlijk in eene passende vloeistof in leven houden. Evenmin is de symbiose voor den boom bepaald noodzakelijk. Men kan, blijkens FRANK's onderzoekingen, jaren lang Cupulifeerenboompjes (eiken, beuken, hazelaars) in water opkweeken, zonder dat hunne worteltjes zich met schimmels bedekken. Wél ontwikkelen zich deze boompjes niet best bij watercultuur: maar dit moet waarschijnlijk aan de onnatuurlijke omgeving en niet aan de afwezigheid der schimmels worden toegeschreven. Nadere onderzoekingen dienaangaande blijven echter nog noodig. Of de Cupulifeeren *met* hun' schimmel zich beter ontwikkelen dan zonder, is dus nog niet uitgemaakt. Maar evenmin als de korstmosschimmels zonder de groene algen tot behoorlijke ontwikkeling kunnen komen, en het althans nimmer tot vruchtvorming brengen, evenmin schijnen de mycorhiza-schimmels het zonder den bladgroenhoudenden boom te kunnen stellen. Het mocht FRANK in 't geheel niet gelukken de schimmels der mycorhiza, 't zij in water of in eene oplossing van voedende stoffen tot verdere ontwikkeling te brengen. Ook wil ik hier nogmaals wijzen op het verband, 't welk altijd bestaat tusschen de aanwezigheid van truffels en die van levende boomen.

Ik vond het wenschelijk de lezers van 't *Album der Natuur*, die aan mijn artikel »Over Compagnieschap tusschen organismen van verschillende soort» indertijd eenige aandacht hebben willen schenken, ook bekend te maken met FRANK's jongste onderzoekingen, die èn uit een praktisch èn vooral ook uit een zuiver wetenschappelijk oogpunt van de allerhoogste beteekenis zijn.