

DE WORTELS DER PLANTEN ;

DOOR

N. W. P. RAUWENHOFF.

Van oudsher heeft de kruidkunde den naam gehad van *scientia amabilis* of beminnelijke wetenschap, en met zeker welbehagen hebben hare beoefenaars zich dien naam toegeeigend, zoodat bijna in elke redevoering over botanische onderwerpen de plantenkunde als de liefelijke wetenschap wordt aangeprezen.

De oorsprong van dien naam zal wel gezocht moeten worden in hooge ingenomenheid met de schoonheden van dit deel der natuur, want bij den grooten LINNAEUS, van wien de benaming afkomstig is, kan men geene andere drijfveer onderstellen. Maar de bijval aan dien naam geschonken is niet zoo zeer een gevolg van open zin voor de schoonheden der kruidkunde, als van het aanlokkelijke, waardoor het bevallige plantenkleed elken regtgeaarden mensch weet te boeijen. Geen twijfel of de fraaije, bevallige bloemen hebben dien naam het burgerregt geschonken. Kleurenpracht, rijkdom van vormen, aangename geuren, fijn en teeder maaksel, in één woord, al wat de zinnen streelt en den smaak veredelt, is hier vereenigd. Immers wordt niet in overdragtelijken zin door de bloemen het edelste, het beste, door

den bloeitijd het schoonste tijdperk aangeduid? En ontleent ook niet de dichter een tal zijner treffendste beelden aan de bloemen dezer aarde? 'Teregt zingt dan ook GOETHE in zijn onovertroffen *Metamorphose der Pflanze*, na de beschrijving van het ontluiken der bloemen „Also prangt die Natur in hoher, voller Erscheinung.”

De nadere kennis nu dier liefelijke vormen en tallooze verscheidenheden van bloemen kan, zeide men, niet anders dan aangenaam wezen, en vandaar dat men algemeen instemde met den naam, door LINNAEUS zonder twijfel aan de kennis der *geheele* plant gegeven.

Verre van mij, dat ik aarzelen zou, het den grooten Zweed toe te stemmen, dat de plantenkunde dien naam met volle régt verdient. Wanneer zelfs leeken de juistheid daarvan erkennen, dan mag men wel van zelf verwachten, dat degene, die de beoefening dier wetenschap zich tot levenstaak heeft gesteld, genoeg ingenomen zal zijn met het gebied zijner keuze om daaraan den naam van beminnelijk niet te ontzeggen.

Maar, vraagt men, of er reden is om zich te verheugen, dat die naam het burgerregt heeft verkregen, dan aarzel ik, daarop een bevestigend antwoord te geven. Want, zoo ik het geschiedboek der kruidkunde opsla, dan kan ik het vermoeden niet onderdrukken, dat deze benaming, gewis tegen de bedoeling van haren grooten stichter, voor de wetenschap zelve meer kwaad dan goed heeft gedaan, vooral in een tijd, toen die tak van kennis minder zelfstandig optrad en meer dienaarssse der maatschappelijke belangen was. Men heeft namelijk, gedachtig aan dien schoonen naam, naar kennis gezocht van het uitwendig schoone der plant en hetgeen voor het oog verborgen was of door uiterlijken vorm minder aantrok veel te veel verwaarloosd. Hierdoor zijn wij met de vormen en het maaksel van bladeren, bloemen en vruchten beter bekend dan met dat der overige deelen van de plant. Ten opzichte van den stam of stengel, die de schoone vormen draagt, heeft men in lateren tijd hier en daar de leemten onzer kennis trachten aan te vullen, maar voor die gedeelten der plant, welke onder den grond gelegen en die voor het oog verborgen zijn, heeft men dit nog niet in die mate verrigt, hoewel het niet te ontkennen valt, dat in den laatsten tijd ook hierop de aandacht veel

meer dan vroeger gevestigd is. Ten gevolge dezer eenzijdigheid blijft menig punt uit de levensgeschiedenis der plant ons nu nog duister; ja zelfs aangaande den groei en de leefwijze van die geliefkoosde bloemen ontbreken ons daardoor nog gegevens, die wij bij eene gelijkmatige studie van alle deelen der plant waarschijnlijk reeds zouden gehad hebben. Want de plant is in zeker opzigt één organisch geheel, en eerst uit de kennis van de geheele plant kan men komen tot een juist begrip van de groeiwijze en van de verrigtingen van een harer deelen. Gelijk zonder fundament geen duurzaam gebouw, zoo ook in het algemeen zonder onderaardsche deelen, die steun en voedsel geven, geene bloemen. Dit is zoo waar en zoo algemeen erkend, dat de naam, dien de genoemde organen dragen, ook als zinnebeeld van het fundament, van den grondslag in overdragtelijken zin wordt gebezigd. Een ieder weet, hoe door *den wortel* de steun, de basis, ja somwijlen zelfs het levensbeginsel van eene zaak wordt aangeduid; doch van het maaksel en van de verrigtingen van dien belangrijken wortel is weinig kennis verspreid.

Ik heb het daarom niet onnut geacht, in dit veel gelezen tijdschrift het een en ander aangaande de wortels der planten mede te deelen. Dit zal mij de gelegenheid aanbieden om eenige vragen uit het gebied der planten-physiologie toe te lichten en tevens om enkele vraagpunten van den dag te bespreken.

Misschien zullen deze mededeelingen sommigen mijner landgenooten kunnen opwekken om ook aan de onderaardsche deelen der plant meer bijzonder hunne aandacht te wijden. Wie weet, of ook niet voor den jeugdigen beoefenaar der wetenschap, wiens zucht naar kennis wel opgewekt, maar niet bevredigd is, dit opstel eene aanleiding kan zijn om door eigen waarnemingen en proeven onze kennis te vermeerderen!

DE HOOFDVORMEN VAN DEN WORTEL.

Ik vang aan met eene korte beschouwing van de vormen, waaronder zich de wortel bij onderscheidene planten vertoont.

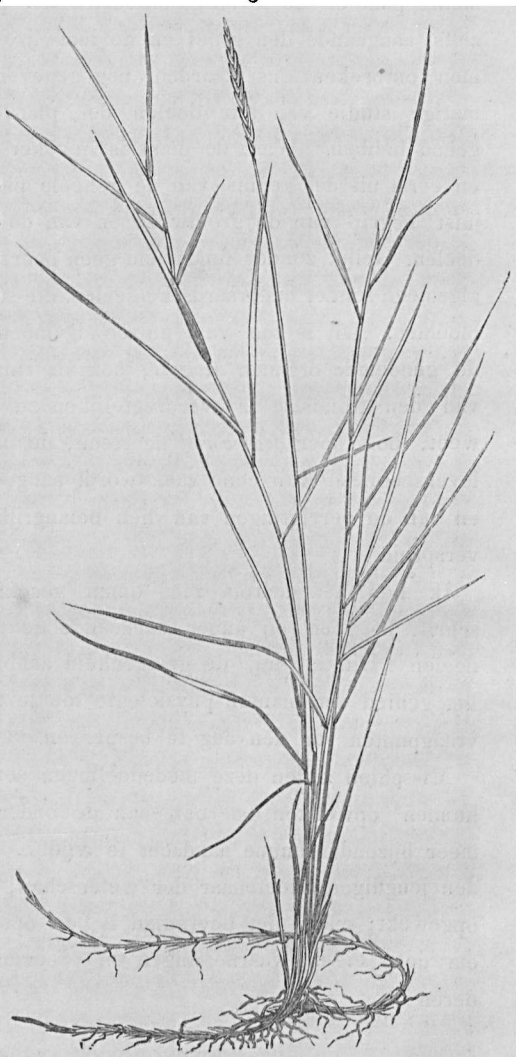
Wanneer men den wortel van onze gewone peen (*Daucus Corata*) of van de raap (*Brassica Rapa*) vergelijkt met dien van het kweekgras

of puin (het door den landbouwer zoo gevreesde onkruid), dan bespeurt men groot verschil. In het

Fig. 2.

eerste geval (fig. 1) een kegelvormigen wortel, van onderen in eene dunne spits uitlopende en aan alle zijden met fijnere wortelvezelen bezet; in het tweede (fig. 2) een bundel van nagenoeg even groote en dunne wortelvezels, die allen uit den voet der plant onmid-

Fig. 1.



Jonge Raapplant (naar PAYER). *Triticum repens* (kweek of puingras) naar MOQUINTANDON.

dellijk schijnen te ontspringen. Bij de peen bespeurt men ten duidelijkste één hoofdwortel, die van wege zijn kegelvorm ook dikwijls penwortel wordt geheeten; bij het puingras ontbreekt die hoofdwortel en

de plant schijnt gehecht op een aantal in waarde gelijke, allen secundaire wortels.

Het verschil nu, dat wij hier opmerken tusschen de genoemde planten, komt bij een groot aantal gewassen voor en hangt naauw samen met de geheele organisatie van het overige der plant. Zelfs geheele groepen zijn op die wijze van elkander onderscheiden, zoodat men of een penwortel vindt (al is die ook niet altijd dik en vleezig als bij de gekweekte peen of biet), welke op verschillende hoogten zijwortels afgeeft, die zelve zich weder meer of min vertakken, of wel een aantal in rang gelijke vezelwortels, die zich niet of in mindere mate vertakken. Dit verschil hangt dikwijls samen met het al of niet vertakt zijn van den stam of stengel, en even zoo als men bij de Dicotyledonen in den regel een veelvuldig vertakten stam, bij de Monocotyledonen een enkelvoudigen stam in de meeste gevallen aantreft, zoo wordt de paalwortel ook meer algemeen bij de Tweelobbige, de bundel van vezelwortels grootendeels bij de Eenlobbige planten gevonden ¹⁾.

Bij diegenen der Tweelobbigen echter, waar de boven den grond groeiende stengel jaarlijks afsterft en de plant door een onderaardschen voortkruipenden stengel blijft voortleven, draagt deze gewoonlijk een aantal vezelwortels. Men vindt daarvan onder anderen een voorbeeld bij de Sleutelbloem (*Primula*).

Men zou dus dwalen, wanneer men meende hierin een standvastig en goed kenmerk tusschen de beide hoofdafdeelingen der zichtbaar bloeiende planten te vinden, en nog veel minder gaat dit op bij de gewassen, die gekweekt worden. Bij deze namelijk wordt dikwijls de plant met penwortel kunstmatig veranderd in eene met een bundel secundaire wortels, terwijl sommigen, zoo als de komkommerplanten, van nature alras den eerst gevormden penwortel door afsterving verliezen. Bij die gewassen, die verpoot of verplant moeten worden, is

¹⁾ RICHARD heeft zelfs deze overeenkomst in verband gebragt met de vermeende groeiwijze van Mono- en Dicotyledonen, en de penwortels *exorrhizes*, de bundelwortels *endorrhizes* genoemd. Deze onderscheiding, zoowel als die van DECANDOLLE, welke de phanerogamen in *endogenen* en *exogenen* verdeeld, berust echter op eene verkeerde voorstelling van den groei der plant.

het veel voordeeliger, en de kans van welslagen is veel grooter, wanneer zij geen paalwortel hebben. Want anders moet men zeer diepe gaten graven om den geheelen wortel uit te nemen, en het is bovendien zeer moeilijk dien wortel ongeschonden op de nieuwe standplaats in den grond te brengen. Daarom neemt men bij eikenplantsoen reeds vroeg den paalwortel weg; er vormt zich dan in plaats van dezen een aantal secundaire wortels, die in den onmiddellijken omtrek van den stam tot eene digte massa bijeen staan, alzoo eene groote oppervlakte hebben, en de aardkluit gemakkelijk bijeen houden, terwijl deze secundaire wortels, aan de uiteinden afgesneden, weder een aantal tertiaire wortels doen ontstaan.

Overigens worden van dit verschil der wortels onderscheiden nuttige toepassingen in den landbouw gemaakt. Zoo zaait men op denzelfden akker klaver of lucerne, die een diepgaanden penwortel hebben, en rogge, haver of gerst, die niets dan bundels vezelwortels bezitten. De eersten nemen het voedsel uit de diepere lagen van den bodem, de laatsten meer van de oppervlakte. — Evenzoo tracht men ook de uitputting van den bouwgrond te voorkomen, door in de vruchtwisseling planten met diepgaande penwortels en gewassen met horizontaal onder de oppervlakte voortgaande vezelwortels op elkander te laten volgen.

Wil men eindelijk zijn huis tegen den wind beschermen, dan plante men boomen met diepe paalwortels, welke aan den storm veel meer weerstand aanbieden, dan die met wortels, welke slechts weinig onder de oppervlakte van den grond groeijen.

Wanneer men het eerste begin van den wortel in zijne onderscheiden vormen wil leeren kennen, dan moet men dit opzoeken in de kiem van het zaad en in de eerste perioden der kieming.

Daar vindt men een klein, voor het ongewapend oog dikwijls nauw merkbaar, gedeelte, dat gewoonlijk kegelvormig eindigend en met de punt naar de oppervlakte van het zaad gekeerd, zich begint te verlengen en het omhulsel van het zaad verbreekt, zoodra door gunstige omstandigheden het sluimerend leven daarin wordt opgewekt. Dit gedeelte nu is het eerste worteltje van de jonge plant, want, gelijk men weet, zijn in het rijpe zaad reeds de hoofdorganen van de jonge plant in niet ontwikkelden toestand aanwezig, en in beperkte ruimte is daar

als het ware het essentiële van de toekomstige plant zaamgedrongen.

Vergelijkt men nu in dit opzigt de zaden van welbekende planten met elkander, b. v. amandelen, boonen en erwten aan den eenen kant, granen aan de andere zijde, dan bespeurt men reeds terstond verschillen, die nog duidelijker worden, zoodra het eerste tijdperk der kieming is doorloopen. Bij de genoemde peulgewassen vindt men één worteltje, dat, wanneer het eenmaal het zaad heeft doorboord, loodregt naar beneden gaat, zich in die rigting steeds verlengt en weldra een aantal takken afgeeft of zijwortels doet ontstaan. Bij de granen daarentegen (bijzonder duidelijk bij de rogge) zijn reeds vóór de kieming meer worteltjes aanwezig. Aanvankelijk verlengen zij zich een weinig, maar weldra sterven zij af, en, de overblijfselen van den gestorven wortel doorborende, komen nu gelijktijdig verscheidene secundaire wortels voor den dag, die bij de ontwikkeling der plant nog in aantal vermeederen, maar allen aan den voet van den stengel bij elkander ontspringen.

Op dergelijke wijze geschiedt ook de wortelvorming bij de palmen, zoo als v. MARTIUS ons geleerd heeft. Aanvankelijk ziet men bij de kieming der palmzaden een paalwortel te voorschijn komen, maar weldra sterft deze af om plaats te maken voor een tal van kleine wortels, die rondom ontspringen en later aan den voet van den stam nog aanzienlijk in aantal vermeederen. Dien ten gevolge ziet men aan de basis van andere palmen dikwijls een gansch bosch van wortels, die gedeeltelijk zelfs boven den grond ontspringen.

Behalve op de genoemde wijze, onderscheidt men de wortels der planten ook naar de middenstof, waarin zij zich bevinden, en naar de verrigtingen, die zij dien ten gevolge voor de plant te vervullen hebben. Men verdeelt zoo de wortels in grond-, water- en luchtwortels, terwijl als eene 4^e soort daarbij gevoegd kunnen worden de zuigwortels der ware en valsche woekerplanten. Men ziet uit deze optelling reeds, dat de wortels niet alleen onder de aarde voorkomen, maar ook in de lucht worden gevonden. Ook hiervan wil ik eenige bijzonderheden vermelden, maar, voordat ik hiertoe overga, zij het mij geoorloofd mijne lezers opmerkzaam te maken op het onderscheid tusschen stengel en wortel, zoo als dit in kruidkundigen zin behoort te worden opgevat. Dit

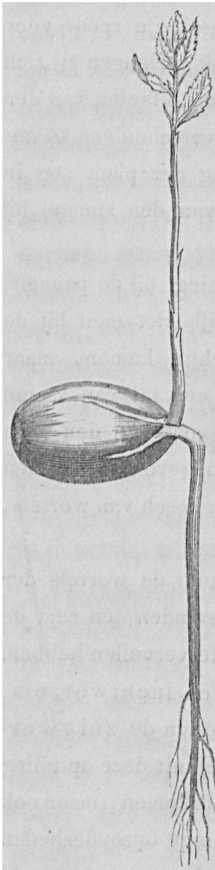
zal mij tevens de gelegenheid aanbieden om te wijzen op de kenmerken, waardoor de wortel van de overige deelen der plant zich onderscheidt.

ONDSCHIED TUSCHEN WORTEL EN STENGEL.

Bij het algemeen heet gewoonlijk het gedeelte der plant, dat zich *onder* den grond bevindt, wortel, en de asgedeelten *boven* den grond stengel.

Bij de kruidkundigen echter is het begrip, dat aan deze woorden gehecht wordt een ander. Hunne voorstelling

Fig. 3.



komt hoofdzakelijk hierop neder: Bij de jonge kiemplant, zoodra deze zich begint te ontwikkelen, ziet men groei in twee tegengestelde rigtingen (z. fig. 3.) De jeugdige stengel groeit naar boven en zoekt het licht, de wortel naar beneden. Zoo komt allengs polaire tegenstelling tusschen de twee uiteinden der as, en tusschen beiden bevindt zich eene plaats of streek, die noch in de eene, noch in de andere rigting zich verlengt. Aan dit gedeelte, *collum* of *nodus vitae* (levensknoop) geheeten, werd vroeger ten onregte de oorzaak dier twee rigtingen toegeschreven.

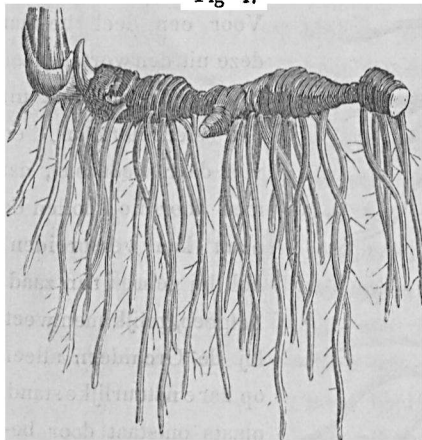
Terwijl nu de stengel aanhoudend nieuwe knoppen voortbrengt en bladeren, bloemen en vruchten draagt, ziet men den waren wortel zich verlen- gen, digt bij zijn uiteinde, en zich in takken verdeelen, maar geenszins, zoo als de stengel, in de oksels der bladeren en takjes nieuwe knoppen vormen. Gelijk zoo straks bij het anatomisch onder- zoek nader blijken zal, is de knop van den jongen wortel daardoor onderscheiden van den knop van den stam, dat de eerste steeds bedekt is met eene soort van kapje of wortelmuts (*calyp- tra*). De wortelknoppen staan aan den wortel niet op regelde afstanden en in regelmati- ge spiralen, maar onregelmatig, althans bij de oudere wortels, die een houtring hebben. Bij zeer jonge komen zij alleen te voor-

Gekiemde eikel
(naar PAYER).

schijn, waar zich vaatbundels bevinden ¹⁾). Bij den wortel zijn ook geene eigenlijke knopen (*nodi*) aanwezig. Hierdoor onderscheidt zich de wortel genoegzaam van den stam, al zij het ook waar, dat in sommige gevallen beiden elkanders rol kunnen overnemen. Dan hebben echter geheel ongewone omstandigheden plaats, waarnaar men niet het begrip van den normalen wortel kan opmaken.

Houdt men zich aan de gegeven definitie van den wortel, dan blijkt het, dat al hetgeen van de plant zich onder den grond bevindt, niet noodzakelijk altijd tot den wortel moet behooren. Bij een aanzienlijk aantal planten ziet men telken jare de eenjarige scheut afsterven, maar uit het in den grond gebleven gedeelte ontwikkelt zich in het volgend voorjaar een nieuwe loot. Overal waar dit plaats heeft, zoo als bij *Iris*, bij den Kalmus (*Acorus Calamus*) en bij vele anderen, daar vindt men een overblijvenden onderaardschen stengel, die zoowel de eenjarige loten met hare bladeren, bloemen en vruchten als de ware wortels doen ontstaan. Deze onderaardsche stengel nu, dien het algemeen voor een wortel houdt, kan verschillende vormen aannemen en somwijlen uitwendig geheel op een wortel gelijken. Men onderscheidt daarvan vooral: den wortelstok (*rhizoma*), den bol (*bulbus*) en

Fig 4.



den knol (*tuber*), hoewel talrijke tusschentoestanden gevonden worden. De wortelstok is (fig. 4) een meestal in horizontale rigting onder den grond voortkruipende stengel, met een waren eindknop en ware geledingen, alwaar de eenjarige loten op regelmatige plaatsen ontstaan, zooals bij *Acorus Calamus*, het puin-gras in onze streken, *Iris*, het lelietje van dalem (*Convallaria majalis*), bij vele spe-

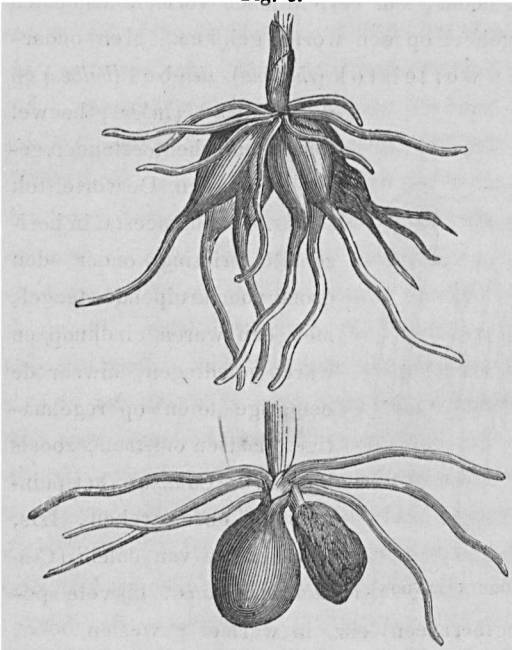
Wortelstok van *Iris* (naar MOQUIN TANDON).
ceryachtige gewassen (*Zingiberaceen*) enz. in warmer gewesten.

¹⁾ Wat dit laatste betreft, zoo schijnt, gelijk SACHS onlangs heeft aangetoond, de vorming der bijkomende wortels regelmatig plaats te vinden dan men gewoonlijk aanneemt.

Uit dezen ontstaan ook de wortels, die gewoonlijk vezelig zijn, en in anatomischen bouw van den wortelstok verschillen. Deze bevat gewoonlijk een aantal stoffen, die niet gelijktijdig in den wortel voorkomen. Dikwijls is hij bewaarplaats van eene ruime hoeveelheid zetmeel of plantenslijm en tevens van aetherische oliën, waardoor deze plantendeelen zoowel tot voedsel als tot geneesmiddelen zoo veelvuldig gebruikt worden.

Een anderen vorm van onderaardschen stengel vertoont ons de knol (*tuber*). Hiertoe behooren onder anderen onze aardappelen, de topinambours en de knollen der Standelkruiden of Orchideen. De aardappel is een waar stengelorgaan en onderscheidt zich van de knolvormige verdikkingen van ware wortels terstond door de zoogenaamde oogen, dat zijn: ware bladknoppen, waaruit de eenjarige stengels, de uitloopers zullen te voorschijn komen. Omdat de aardappels stengelgedeelten zijn, die knoppen dragen, is het mogelijk door die knollen de plant te vermenigvuldigen.

Fig. 5.



Ronde en handvormige knol van *Orchis* (naar MOQUIN-TANDON).

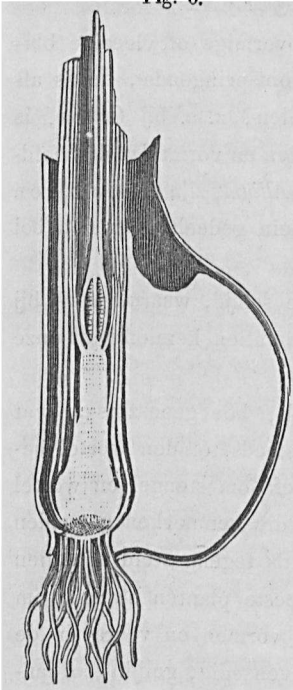
Merkwaardig is ook de knol van onze inlandsche Standelkruiden (fig. 5). Voor een deel bestaat deze uit den wortel, maar voor een deel ook uit een stengelorgaan, en van daar wederom, dat men door die knollen de plant kan verspreiden, ook bij gebrek aan zaad, hetgeen, gelijk men weet, bij de Orchideen alleen op hare natuurlijke standplaats ontstaat door behulp van aldaar wonende insekten.

Deze jonge knol der Standelkruiden wordt zij-

delings van den bestaanden gevormd uit een stengelknop, terwijl gelijktijdig daaronder een wortelknop ontstaat, die nu beide tot één ligchaam vereenigd voortgroeijen, hetgeen al de elementen tot vorming eener nieuwe plant in zich bevat en tevens de bewaarplaats is van voedsel voor de latere ontwikkeling dier organen. Men vindt dan ook in den zomer bij de Orchideen onzer duinen en weilanden gewoonlijk twee knollen, of eirond of handvormig verdeeld, waarvan de eene, rimpelig en oud, gestrekt heeft om de bloeiende plant voeding te verschaffen en de tweede, jong en frisch, uit een knop der eerste ontstaan, de voorraad-schuur wordt voor de plant van het volgende jaar.

De derde hoofdvorm van onderaardschen stengel is de bol (*bulbus*), dien wij van onze Lelien en Hyacinthen kennen. De overgang tot dezen vorm vindt men bij Crocus en bij de Herfst-Tydelooze (*Colchicum Autumnale*), eene inlandsche, vergiftige plant, die in de geneeskunde in

Fig. 6.



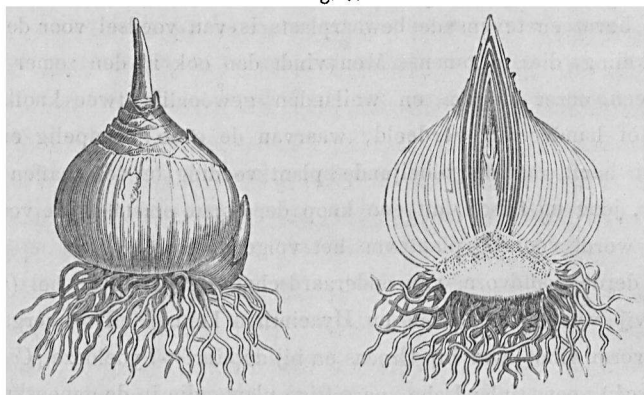
Bol van *Colchicum autumnale* (Herfst-Tydelooze) overlangs doorgesneden (naar SCHMIDT).

gebruik is. Hier zien wij (fig. 6) eene soort van vleezigen bol, aan zijn top nog de indruk-selen dragende van den vorigen bloemstengel, en ter zijde een jongen stengel met de geheele bloem nog in de schedevormige, elkander omsluitende bladen besloten, die, blijkens den loop der vaatbundels, uit een knop van den grooten bol ontstaan is en hieruit gevoed wordt. Onder den jongen, nog niet ontwikkelden stengel ziet men op de overlangsche doorsnede den aanleg tot een nieuwen bol, met de platte vlakke, waaruit de vezelwortels ontstaan, naar onderen gekeerd. Somwijlen komen ter zijde van den grooten bol nog meer dergelijke kleine voor, als ware asknoppen in de oksels der schubvormige bladeren voortgebracht, die den bol als een rok bedekken.

Het eigenlijk karakter van den bol vindt men uitgedrukt bij de Leliën en Hyacinthen, Crocussen, Uijen en anderen, en eene over-

langsche doorsnede leert de structuur van deze kennen (fig. 7.) In het midden het asorgaan, van boven gekroond met eenen soms geheel aangelegden

Fig. 7.



Bol van een Hyacinth,

dezelfde, overlangs doorgesneden
(naar PAYER).

bloemknop, maar nog verborgen in de schubvormige of vleezige bladeren, die, aan de ondervlakte van den bol ontspringende, de as als zoo vele rokken omgeven. Bij sommige bollen, z. a. bij *Crocus*, is de stengel vleezig en in de breedte opgezwollen en vormt dan de hoofdmassa van den bol; bij anderen, zoo als *Lilium*, *Allium*, zijn de bladeren vleezig, en de as is tot een betrekkelijk klein gedeelte van den bol teruggebracht.

Bij alle bollen is de ondervlakte een platte schijf, waaruit eerst bij den groei de wortelen ontstaan, gelijk wij dit allen kennen van onze in glazen gekweekte Hyacinthen.

Uit de genoemde voorbeelden is duidelijk, hoe geenszins al wat van de plant zich onder den grond bevindt steeds tot den wortel behoort, zoodat men andere kenmerken behoeft om stengel en wortel van elkander te onderscheiden. Wij hebben die kenmerken gevonden in de rigting van den groei des wortels, steeds tegengesteld aan dien van den stengel, in het vermogen (bij de meeste planten althans) om aan de jongere gedeelten wortelknoppen te vormen en vooral in de anatomische structuur van den wortelknop zelve, die, gelijk zoo aanstonds nader blijken zal, steeds bedekt is met eene wortelmuts, in tegenstelling van den stengelknop, waarbij altijd de jongste deelen de as afsluiten.

Keeren wij na deze uitweiding tot den wortel terug om dezen te onderscheiden naar de middenstof, waarin hij voorkomt.

ONDERSCHIEDING DER WORTELS NAAR DE MIDDENSTOFFEN, WAARIN
ZIJ VOORKOMEN.

Bij de meeste planten bevinden zich de wortelen in den grond en ontwikkelen zich daarin, terwijl zij steeds dieper naar beneden doordringen. Waar de paalwortel blijft bestaan, gaat deze gewoonlijk loodrecht naar onderen; de zijwortels groeijen uit in schuinsche of horizontale rigting. Naar mate bij den groei der meerjarige plant de eerste zich bijzonder ontwikkelt of de laatsten meer de overhand hebben, ziet men de boomen diep geworteld of meer oppervlakkig in den grond gehecht; zoo gaat b. v. de eik met zijne wortels zeer diep, de beuk breidt de zijne meer in de bovenlagen van den grond uit. Hierop heeft echter ook de geaardheid van den ondergrond een grooten invloed, en het is een bij de landbouwers wel bekend feit, dat, wanneer de bouwgrond diep los gemaakt is, de gekweekte gewassen daarin veel dieper met hunne wortels doordringen. Overal, waar zich de gelegenheid daartoe aanbiedt, trachten de wortels bij hunnen groei verder door te dringen. Zoo weet b. v. iedereen, hoe bij vele planten, die in bloempotten besloten in den grond geplaatst zijn, een gansche bundel fijne wortelen uit de onderste openingen van den bloempot in den grond indringt.

Ten anderen komen de wortels voor in het water, hetgeen men natuurlijk alleen bij waterplanten aantreft. Waar dit het geval is, en waar de wortels vrij hangen in het vocht, kunnen zij alleen als voedingsorgaan dienen. Vele waterplanten (*Hydrocharis*, *Stratiotes*) hebben behalve deze ook wortels, die in den bodem gehecht zijn, en de plant bevestigen. Ten opzichte van haar maaksel wijken echter de beide soorten van wortels niet noemenswaard van elkander af, en dit verklaart ook, hoe het mogelijk is, dat JULIUS SACHS landplanten in water heeft gekweekt met goed gevolg, zoo hij slechts in het water de noodige voedingsstoffen aanbragt en bovendien de plant steun verschafte. De in de natuur voor den bodem bestemde wortels groeiden dan goed in het water en de plant bragt rijpe en kiembare zaden voort. Dat hun opsloringsvermogen echter onder die gewijzigde om-

standigheden een weinig veranderd was, bleek daaruit, dat, zoo hij de in water gekweekte plant in den grond bragt, of omgekeerd, de plant aanvankelijk kwijnde en eerst na eenigen tijd, na vorming van een aantal nieuwe wortelen, hare normale verrigtingen hervattede¹⁾. De in het water gevormde wortels waren dus niet geschikt om in den grond onmiddellijk nuttig te zijn, en omgekeerd konden de in den grond ontstane, in het water overgebracht, de plant niet dienen.

Dat er dus eenig verschil tusschen beide wortels moet bestaan, al wijst het morphologisch noch het anatomisch onderzoek ons dit aan, is hieruit duidelijk.

Bij sommige waterplanten, zoo als bij het eendenkroos, is het uiteinde van den wortel op eene bijzondere wijze gevormd. Men vindt daar eene soort van schede, uit onderscheiden lagen dunwandig celweefsel bestaande, die slechts aan de uiterste punt met den wortel samenhangt en overigens vrij is. Volgens SCHLEIDEN scheidt zich deze zoogenaamde *calyptra* in zeer jeugdigen toestand, wanneer de wortel nog onder de schors verborgen is, van het overige weefsel, maar blijft levend en aan de uiterste punt met den wortel in voortdurende gemeenschap. Zij bekleedt in normalen toestand altijd de wortelspits, maar eenmaal afgescheurd, verjongt zij zich niet meer, en de wortel sterft af.

Geheel anders dan de tot nu toe beschouwde wortels zijn echter de teregt zoogenoemde luchtwortels.

Iedereen weet, hoe bij oudere lindenboomen soms een deel van de wortels boven den grond komt, en dan aldaar kan aanleiding geven

¹⁾ Over dit onderwerp is in de laatste jaren een hevige strijd gevoerd tusschen den genoemden geleerde en dr. W. KNOP, die het vermogen van landplanten om in water te kunnen groeijen ontkende, en die beweerde, dat de proeven van SACHS ten dien opzichte niet bewijzend waren. Het zou ons te ver afleiden de argumenten, die van wederzijde aangevoerd zijn, nader te ontwikkelen en aan te toonen, hoe aan beide kanten overdrijving heerschte en hoe de strijd maar al te zeer in een persoonlijk strijd ontaardde. Degene, die de bijzonderheden van dezen strijd wil leeren kennen, vindt de opstellen van SACHS, in *Sitzungsber der Kais. Akademie der Wissensch. zu Wien*, 1857; *Landwirthsch. Versuchsstationen*, Heft 4; *Chem. Centralblatt.*, 1860, p. 719; *Landw. Versuchsstat.*, Heft. 7, en die van KNOP in *Landw. Versuchsstat.*, Heft. 4; *Chem. Centralbl.*, 1860, p. 673; *Landw. Versuchsstat.* Heft. 6 en 11, en ERDMANN, *Journal f. pract. Chemie*, Bd. 81, p. 321. Ook anderen, zoo als STOHMANN, hebben zich daarin gemengd.

tot een bosch van jonge eenjarige uitloopers, die den voet van den eeuwen heugenden boom met frisch groen bedekken.

Nog merkwaardiger zijn die boomen, wanneer de oude stam hol en verteerd is voor een groot gedeelte, en vervolgens op den top van den met humus bedekten stam een nieuwe loot zich ontwikkelt, die zijne wortels langs den ouden stam benedenwaarts zendt. Deze wortels, eigenlijk voor den grond bestemd, worden dan gedwongen om gedeeltelijk in de lucht zich te ontwikkelen, zoo als men dit op schoone wijze kan aantreffen bij een lindeboom in den Haarlemmerhout, en in een vroegeren jaargang van dit tijdschrift (1853, bl. 145) beschreven.

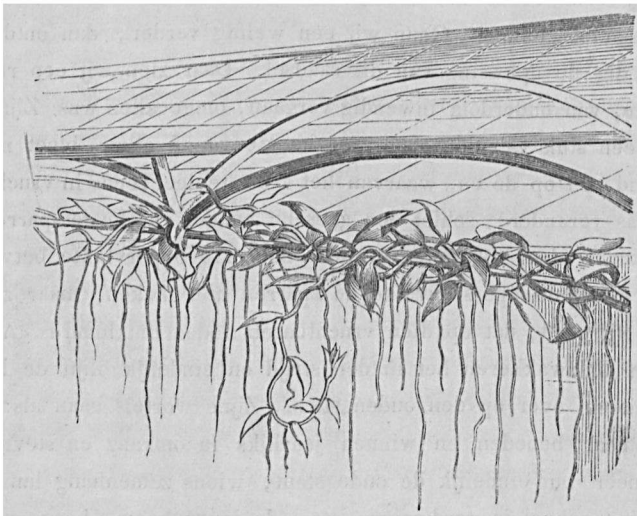
Nog meer in het oog loopend zijn de voorbeelden, die hiervan in de bosschen in Boheme worden aangetroffen en waarvan WAGNER ons verhaalt. Daar vindt men oude sparren, die de stormen van minstens een vijftal eeuwen reeds moedig getrotseerd hebben. Een reusachtige boom is aan zijn voet in onderscheiden takken gespleten, en rust op dezen als eene reusachtige poort op zijne pijlers. Wij kunnen veilig onder die poort met opgerigten hoofde doorgaan, want tot 8 voet hoog opent zich die zuilengang van wortelen. De boom schijnt uit de diepte opgestegen, als ware het hem te eng in den donkeren bodem, als zocht hij naar boven het noodige licht, dat de naburige reuzen hem zijdelings niet gunnen. Gaan wij een weinig verder, dan ontdekken wij spoedig de oplossing van dit raadsel. Daar zien wij een reuzenstam, die, van ouderdom inwendig vergaan, omgevallen was. Zijn wortel met een stuk van den stam, ter hoogte van 5 ellen, bleef nog in den grond, en op dezen, waarvan het grootste deel reeds in vruchtbare aarde was veranderd, schiet een gansche bundel van jonge sparren op, die elkander den voorrang op deze beperkte oppervlakte betwisten. Dit zijn geen uitloopers, welke de sparren niet maken, maar zij zijn ontstaan uit zaad, dat op dien vruchtbaren bodem ontkiemd is. Allengs verliezen de zwakkeren het in den strijd en eindelijk blijft de krachtigste alleen over op den ouden stam. Zijne wortels gaan als zuilen rondom naar beneden en winnen jaarlijks in omvang en stevigheid, en wanneer nu eindelijk de oude stam, wiens samenhang lang verbroken is, geheel is verdwenen, staat de jonge boom, hoog en sterk

genoeg om zich overeind te houden, op een gewelf van luchtwortels, dat het vee eene schuilplaats biedt in den sneeuwstorm.

Een merkwaardig voorbeeld van dergelijke luchtwortels zag men ook bij Wassenaar. In eene der lanen in die gemeente bevindt zich een oude holle wilgenstam, op welks kruin eene lijsterbes was ontkiemd en gegroeid. Deze nam jaarlijks in grootte toe en zond zijne wortelen langs den wilg naar den bodem. Toen nu allengs de wilgenstam gestorven en vergaan was, stond de lijsterbes eenige voeten boven den grond, rustende op zijne luchtwortels als op zoovele zuilen.

Bij de genoemde voorbeelden ziet men onze inlandsche boomen wortels voortbrengen in de lucht. Maar al deze wortels waren eigenlijk gebouwd om in den grond in te dringen. Geheel anders daarentegen in de warme en vochtige wouden der keerkringsgewesten. Hier ziet men wortels geheel gemaakt om in de lucht te verblijven, zoo als de planten van daar in onze warme kassen overgebracht ons in kleinen maatstaf vertoonen (fig. 8). Op onderscheiden hoogten van den stam, gewoonlijk boven de oksels der bladeren, ontspringen luchtwortels, die benedenwaarts afhangen en voortgroeijen, totdat zij den grond bereiken hebben, en dan eene menigte zijwortels maken en aanzienlijk in dikte toenemen.

Fig. 8.



Stengel en luchtwortels van eene Vanilleplant in eene kas (naar PAYER).

Men vindt deze wortels bij allerlei planten uit de keerkringsgewesten. Zoo b. v. de Lianen, klimplanten, die in de vochtige boschstreken de boomen omslingeren en tot een digt vlechtwerk vereenigen. De talrijke Orchideen met hare prachtige bloemen, op allerlei boomen gehecht, en desgelijks de vele soorten uit de groote familie der Aroïdeen, die zoowel door afwijkende bladvormen als door vreemde bloeikolven zich onderscheiden, zenden gansche bundels van luchtwortels uit, welke dikwijls nog een bijzonder anatomisch maaksel hebben.

Bijzonder magtig en sterk zijn de luchtwortels bij de meeste Pandaneen en evenzoo bij sommige Palmsoorten.

Aan den voet van den zuilvormigen stam, die slechts weinige takken draagt, aan hun top met een kroon van stijve bladeren voorzien, komen bij *Pandanus odoratissima* een aantal stijve, schuins naar onder gaande luchtwortels voor, die bij hunnen groei den stam een geruim eind naar boven dringen, terwijl zij zelve door hunne zijwortels opgestuwd worden. Aldus staan die boomen, welke een kenmerkend voorkomen aan vele koraal-eilanden der Zuidzee geven, als op een aantal zuilen van den grond geheven.

Eene dergelijke ontwikkeling van luchtwortels komt bij de Vorsten der plantenwereld voor. De Hoornpalm van Venezuela b. v. (*Iriartea altissima*) zendt uit den stam, op de plaats van het lidteeken der afgevallen bladeren, luchtwortels uit, die, in den grond komende, elk een tal van wortelvezels vormen en hierdoor den stam steun verschaffen. De oudere sterven allengs af, en alleen die der jongste jaren, welke den stam dakvormig omgeven, blijven dan overig. Het belangrijkste verschijnsel der luchtwortels treft men echter aan bij den Banianen-vijgboom (*Ficus religiosa*). Hier (z. fig. 9, volg. bl.) zendt elke tak van de weelderig groeiende plant eene menigte van luchtwortels uit, die loodregt naar beneden hangen en die, in den grond gekomen, zich veelvuldig vertakken en dan niet alleen den pijler van den luchtwortel ras in omvang doen toenemen, maar ook een aantal jonge uitloopers doen ontstaan, die spoedig opgroeiende tot boomen worden, welke hetzelfde proces herhalen. Hierdoor kan één boom een geheel bosch doen ontstaan, dat als het ware op een onnoemelijk aantal palen staat, welke veelvuldig ineensmelten, maar ook even veelvuldig zich weder splijten. Reeds

ten tijde van ALEXANDER DEN GROOTE was een dier boomen daardoor

Fig. 9.



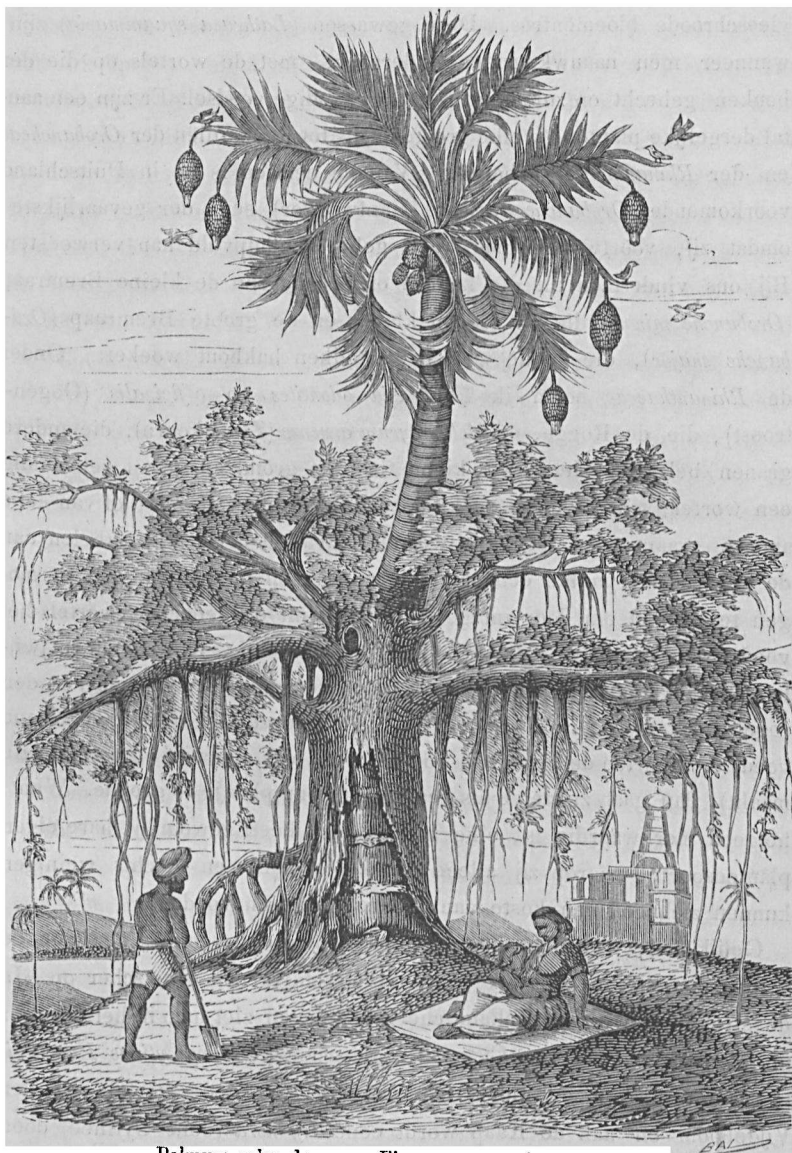
Ficus religiosa met luchtwortels (naar PAYER.)

beroemd, dat hij zijn gansche leger schaduw had gegeven. Voor den inboorling in Oost-Indië wordt meermalen de weelderige groei van den *Ficus religiosa* hinderlijk, wanneer de bundel van luchtwortels zijne hut omringt en verspert, terwijl het godsdienstig bijgeloof hem niet veroorlooft de hinderlijke takken en wortels af te hakken.

Somwijlen geeft die snelle verspreiding van den *Ficus religiosa* tot merkwaardige verschijnselen aanleiding, zooals de omsluiting van andere gewassen. In de breede bladscheden van den Palmyrapalm b. v., waar de regen zich verzamelt, vinden vele zaden een vruchtbaren bodem ter ontkieming. De meeste soorten sterven weldra af, maar de kleine zaden van den genoemden *Ficus* zenden weldra luchtwortels naar beneden, die, zoodra zij den grond bereiken, voortgroeijen en de plant alom verspreiden. Men kent een voorbeeld van zoodanigen Palmboom, wiens stam, zonder dat het hem hindert, geheel omgeven is door een reusachtigen *Ficus religiosa* (fig. 10).

Er blijft ons over nog eene vierde soort van wortels te beschouwen, die zich zoowel in den grond als daarbuiten bevinden kunnen, maar zich van de overigen hierdoor onderscheiden, dat zij zich aan

andere, bepaaldelijk aan organische voorwerpen vasthechten. Men noemt
Fig. 10.



Palmyra-palm door een Ficus omgeven (naar PAYER).
deze zuigwortels, en zij komen voor bij de ware en valsche woe-
kerplanten.

Wanneer men in het vroege voorjaar in beukenbosschen komt, dan vindt men daar meermalen aan den voet der boomen planten met eene vleeschroode bloementros. Deze gewassen (*Lathraea squammaria*) zijn, wanneer men naauwkeuriger onderzoekt, met de wortels op die der beuken gehecht en zuigen uit deze het noodige voedsel. Er zijn een aantal dergelijke planten, welke grootendeels tot de familiën der *Orobanchae* en der *Rhinanthaceae* behooren. Van de eersten is de in Duitschland voorkomende *Orobanche ramosa* (Hanfwürger) eene der gevaarlijkste, omdat zij, voortwoekerende, een geheel hennipveld kan verwoesten. Bij ons vindt men uit die familie onder anderen de kleine Bremraap (*Orobanche minor*), die op rooden klaver en de groote Bremraap (*Orobanche major*), die op de wortels van eiken hakhout weekert. Onder de *Rhinanthaceae* noem ik *Euphrasia odontites* en *officinalis* (Oogenstroost), die de Rogge, en *Melampyrum arvense* (Zwartkoorn), die andere granen belaaft. Het zaad kiemt in den grond en vormt zelfstandig een wortel, maar weldra zoekt deze de wortels van gerst of van eene andere graansoort. De fijne wortels omvatten deze, ontwikkelen aan de aanhechtingspunten een aantal verdikkingen en schijnen het vermogen te hebben om door innige aansluiting uit de genoemde wortels het voedsel op te nemen. Is de moederplant krachtig, dan kan zij somwijlen ook in leven blijven, terwijl zij den kostganger voedt, maar in den regel sterft zij door de woekerplant. Vindt deze niet spoedig zulk eene voedster (waartoe de *Euphrasia* soms wortels van een voet en meer lengte maakt), dan gaat zij zelve als een klein, jong plantje te gronde. Want, hetgeen merkwaardig is, elke woekerplant heeft gewoonlijk hare eigen plantensoort, waarop zij alleen woekeren kan, en slechts weinigen kunnen zich ook ten koste van andere gewassen voeden.

Gelijk alle verschijnselen der plantenwereld, zoo treden ook de woekerplanten in warmere gewesten krachtiger en grootscher op. In de streken aan de Middellandsche zee gelegen ziet men in het voorjaar uit den wortelstok van *Cistus* den scharlakenrooden *Cytinus Hypocistis* te voorschijn komen; elders leeft *Balanophora* op de wortels van den Vijgeboom en aan de Kaap wordt eene *Hydnora* (eene *Cytinee*) door de vergiftige *Euphorbia*'s gevoed. Doch de gewigtigste dezer Wortelparasiten is gewis het geslacht *Rafflesia*, dat op de eilanden van den

Indischen Archipel in talrijke, grootendeels nog onbekende soorten voorkomt. Eene daarvan (*R. Arnoldi*) is het eerst door dr. JOSEPH ARNOLD, een natuuronderzoeker in het gevolg van sir RAFFLES, op Sumatra ontdekt, en eene andere soort, *Rafflesia Patma*, is door den overleden hoogleeraar BLUME op een eiland bij Java gevonden en in zijne *Flora Javæ* afgebeeld en beschreven ¹⁾. De *Rafflesia* komt voor op de wortels van *Cissus*-soorten, welke als dikke touwen door de digte tropische bosschen slingeren en deze letterlijk ondoordringbaar maken. Het zaad der *Rafflesia*, op deze wortels gekomen, begint te kiemen en brengt daardoor op deze eene prikkeling te weeg, die eene woekering van celweefsel veroorzaakt, waardoor de jonge *Rafflesia* geheel ingesloten wordt. Aldus groeit de plant binnen hare voedster, totdat zij den knop van hare bloem heeft aangelegd, waarna zij de schors doorboort en nu snel zich ontwikkelt tot reusachtige afmetingen, zoodat de steenroode bloem eene middellijn kan bereiken van 3 voet en een gewigt van 10 pd. Gelijktijdig groeit dan het wortelgedeelte wigvormig uit en begeeft zich gewoonlijk tot in de jongste lagen van den *Cissus*-wortel, met welke het dan voortgroeit.

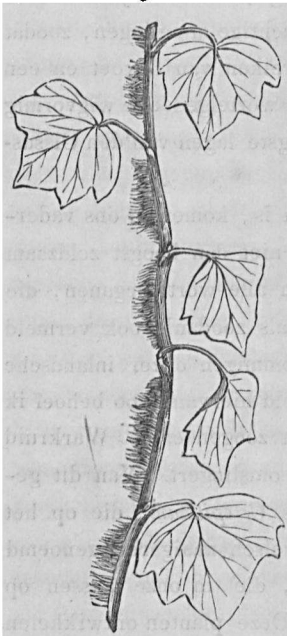
De luchtwortels, waarvan boven gesproken is, komen in ons vaderland en over het algemeen in ons klimaat niet dan hoogst zeldzaam voor, maar zoo men luchtwortels wil noemen alle wortelorganen, die in de lucht zich ontwikkelen, dan moeten als zoodanig ook vermeld worden eene soort van zuigwortels, aan sommigen onzer inlandsche planten eigen. Wil men een bekend voorbeeld hiervan, zoo behoef ik slechts te wijzen op de roode draden van het zoogenoemde Warkruid (*Cuscuta Epithymum*), dat onze heideplanten omslingert. Van dit geslacht bestaan onderscheiden soorten, zooals *C. epilinum*, die op het Vlas woekert en door de landbouwers: Duivelsch naaigaren genoemd wordt; *C. verrucosa* uit warmer gewesten, die in onze kassen op planten met saprijke opperhuid zich hecht. Deze planten ontwikkelen zich uit zaad in den grond, maar hare stengels, die niet dan schubvormige rudimenten van bladeren dragen, hechten zich innig aan den

¹⁾ Van deze *Rafflesia* is de bloem afgebeeld in den jaargang 1854 van dit Tijdschrift, bl. 306.

stengel van andere planten en slingeren zich als eene slang om deze. Op de aanrakingsplaats zwelt de schors tot eene komvormige schijf op en vormt een soort van luchtledig, waardoor zij zich stevig aan de voedsterplant hecht. Binnen in deze kom ontwikkelt zich nu de wortel, die in de schors en de teeltcellenlaag (*cambium*) van de andere plant indringt en uit deze voedsel opneemt. Langzamerhand sterft de oorspronkelijke, in den grond aanwezige wortel van *Cuscuta* af en zij trekt nu alle vocht en voedsel uit hare voedster. Eindelijk bezwijkt ook deze onder die doodelijke omarmingen, maar voor dat dit geschiedt, heeft de *Cuscuta* zich reeds aan twee of drie andere planten gehecht.

Een ander voorbeeld van zulke zuigwortels vinden wij bij den Klimop en bij den Trompetboom (*Bignonia radicans*), maar hier zijn de napjes

Fig. 11.



Tak van klimop met zuigwortels (naar PAYER.)

en de daarin gevormde wortels niet zoo schadelijk. De plant heeft en behoudt hare eigenlijke wortels in den grond en zij schijnt deze zuigwortels slechts te bezigen om zich vast te hechten. Althans men ziet die wortels even goed op steenen als op organische weefsels ontstaan en de plant sterft, zoo men haar de gewone wortels in den grond ontleemt. Wanneer de klimop over den grond voortkruipt, zoo als in onze bosschen, dan worden de zuigwortels veel langer en vervullen dan dikwijls de rol van gewone onderaardsche wortels.

Eindelijk vindt men sommige planten, die met hare wortels nimmer op den grond komen. Hiervan is de in Duitschland inheemsche *Viscum album* of Vogellijm, die vooral op Kersen- en Peerenboomen woekert, een voorbeeld ¹⁾. De zaden dezer plant, door vogels op den tak gebragt, kiemen aldaar, en de jonge wortel hecht zich waarschijnlijk vast door afscheiding eener klevende stof. Ook hier ontstaat een dergelijke komvormige

¹⁾ Zie de afbeelding dezer plant in dit Tijdschrift, Jaargang 1854, bl. 301.

schijf en uit het midden van den grond van deze de wortel, die nu in de schors indringt, zich veelvuldig vertakt en dikwijls meer dan een voet ver in de lengte-rigting van den tak voortgroeit. Verder dan het cambium dringt de wortel niet door, en terwijl elk jaar de tak een nieuwen houtring vormt, ontstaan ook telken jare nieuwe zuigwortels, die grootendeels ten koste van de moederplant de Vogellijm voeden. Een deel van het noodige voedsel ontvangt de plant ook uit de lucht, want zij heeft groene bladeren, die, zooals LIEBIG bewezen heeft, koolzuur ontleden.

HET INWENDIG MAAKSEL VAN DEN WORTEL.

Reeds meermalen is in het bovenstaande sprake geweest van het inwendig maaksel der wortels, en bepaaldelijk bij het geven eener bepaling van het karakter van den wortel heb ik niet kunnen nalaten te wijzen op het anatomisch verschil tusschen wortel en stamknop, als een der belangrijkste en standvastigste kenmerken. Het is dus niet overbodig, dat wij na het overzicht der uitwendige vormen ook eenigzins nader stil staan bij het inwendig maaksel.

De wortel is een asorgaan en moet dus in zijne inwendige zamenstelling met die van den stam vergeleken worden. Uitwendig is de wortel bruin en bedekt met kurkweefsel, uit luchthoudende cellen bestaande; alleen het jongste gedeelte heeft eene dunwandige opperhuid zonder spleetopeningen. Hier vindt men gewoonlijk een aantal wortelharen, die ongekleurd en doorschijnend zijn bij de phanerogame planten en steeds uit ééne cel bestaan. Bij enkelen, zooals *Calendula micrantha* en *Brassica Rapa*, zijn zij, volgens CASPARINI, vertakt. Gewoonlijk vindt men een groot aantal dier wortelharen (zooals bij de Cacteen, Euphorbiaceen, bij *Pinus*, *Alnus*, *Hydrocharis* enz.), soms echter ontbreken zij ook geheel (b. v. bij *Abies pectinata*, *Monotropa*, *Cicuta virosa*).

Deze wortelharen komen voor over het geheele jongere deel van den wortel, maar zij ontbreken steeds aan de wortelspitsen; trouwens dit gedeelte behoort ook niet tot de jongste van den wortel. Het bestaat uitwendig uit luchtvoerende, bruin geworden en verdroogde cellen, die buitenwaarts afvallen, terwijl de wortelspits van binnen vernieuwd

Wij zijn aan het laatste tijdperk genaderd — de bladeren zijn gevallen, met massa's liggen zij om stam en struik. Zij zijn nog geel, de wind rinkelt ze droog en zwiept ze voor zich henen, even alsof het hem hinderde, dat zij daar zoo rustig lagen; dat voortstuwen, dat over elkander vliegen breekt ze, — de wind houdt op, — de regen valt neder, en de verbrokkelde fragmenten worden doorweekt en op elkander gepakt. Geen scheikundig proces, door de levenskracht gesteund, is nu meer werkzaam, — neen, het is alleen de doode stof, die door de scheikunde beroerd en omgezet wordt; alle vliezen, alle vezels worden de eene voor, de andere na ontleed, totdat zij stof zijn geworden, stof dat ze waren, voordat de boom het opgelost als voedsel opnam.

Blijft daar rusten, wordt doorweekt en wordt verder verwerkt, totdat het voorjaar komt, — dan brengt gij, doode stof, weder leven, vreugde, zegeningen en genietingen voort, — en ligt gij bladeren weder op de aarde neder, hebt gij weder uwen jaarlijkschen levensloop volbragt, hebt gij natuur weder velen een blik in uwe soms ondoordringelijke, maar bij nasporing bewonderenswaardige, eenvoudige werkplaatsen doen slaan, dan vertrouwen wij, dat ook anderen wat zij zagen, wat zij opmerkten aan ons willen, aan ons zullen mededeelen.

DE TRUFFELS.

Men vindt de truffels in het zuiden van Europa onder de aarde, groeiende op de wortels van den haagbeuk, beuk, hazelaar, tammen en wilden kastanjeboom, de Aleppische den, de sering enz., maar het meest op wortels van soorten van eiken, in welk laatste geval zij een eigenaardigen geur erlangen, welken zij missen, wanneer zij zich op de wortels van andere boomen ontwikkeld hebben. In een belangrijk stuk over de natuurlijke gesteldheid van den *Mont-ventoux* in Provence, van den bekenden kruidkundige CH. MARTINS, in de *Revue des deux mondes* van 1 April 1863 komen eenige berigten over dit gewas voor, welke de aandacht waardig zijn van hen, die deze specerij gaarne gebruiken en die zeker ook gaarne zullen willen weten, wat het eigenlijk is, dat zij, als een toevoegsel van weelde, bij hunne spijsen gebruiken.

De truffels behooren onder die afdeeling der *zwammen* of *paddestoelen*, welke eenen meestal rondachtigen vorm hebben en de zaadjes, waardoor zij zich vermeerderen, in het *inwendige* van hun weefsel dragen, zooals de *bovist* en aanverwante soorten van het geslacht *Lycoperdon* of Wolfsveest. TULASNE heeft een doorwrocht werk over de natuurlijke geschiedenis der truffels geschreven en aangetoond, dat het geslacht *Tuber* of Truffel 21 verschillende soorten bevat. Vier daarvan worden meest onderling verward en te zamen begrepen onder den naam van de gewone of zwarte truffel. Twee daarvan rijpen in den herfst en worden tegen het begin van den winter ingezameld. Dat zijn de eigenlijk gezegde *zwarte* en de *winter-truffels*, waarvan de eerste de geurigste is en het hoogst geschat, herkenbaar aan vele ruwe of scherpe oneffenheden aan hare oppervlakte. Het inwendig weefsel is vrij vast, roodachtig-zwart, geteekend met witte aderen, die roodachtig worden, als de zwam oud wordt. Deze soort is algemeen in Italie, in Provence en Poitou en komt ook, hoewel zelden, voor in de omstreken van Parijs en in Engeland. De iets minder waardige

Die cellenrij is zeer sterk ontwikkeld bij de familie der Smilaceen, en SCHLEIDEN heeft zelfs in de vormen daarvan een middel gevonden om de hoofdsorten van den Salsaparille-wortel van elkander te onderscheiden. Deze kring komt echter, meer of min ontwikkeld bij de meeste Monocotyledone wortels voor. Ik vond ze bij de wortels van *Dracaena Draco*, bij *Cyperus*, *Juncus*, *Arundo Donax* en anderen. Bij deze planten en in het algemeen waar een rhizoma wordt gevonden, komt deze cellenrij duidelijk voor, soms op eene eigen wijze gekleurd. SCHACHT vond die rij zelfs bij Dicotyledone wortels terug, namelijk bij *Cicuta virosa* en *Menianthes trifoliata*, en ik heb zijne waarneming bevestigd gevonden. Door deze rij wordt blijkbaar eene grens gesteld aan de verdikking van den wortel, ten minste wanneer niet algemeen plaats heeft, wat CASPARY (*Pringsheims Jahrb.*, I, 448) voor *Dracaena* heeft opgemerkt, dat namelijk later die ring (door hem *Schutzscheide* genoemd) springt en in afzonderlijke stukken verdeeld wordt.

Binnen de genoemde kernscheede liggen de vaatbundels, buitenwaarts grenzende aan den cambiumring. Die vaatbundels schijnen bij den wortel in het algemeen niet zoo ordeloos verspreid te zijn als in den stam der Monocotyledonen; bovendien zijn de buitensten digter in een kring aaneengesloten.

De wortel onderscheidt zich dus anatomisch van den stam: 1° door de scheiding der schors in twee gedeelten, 2° door het aanwezen eener kernscheede, 3° door eene meer regelmatig plaatsing der vaatbundels. Hierbij voegt zich voor de jeugdige gedeelten nog 4° het afwezig zijn van spleetopeningen en het aanwezig van talrijke haren.

Bij de Dicotyledonen is het verschil tusschen wortel en stam, vooral bij de oudere stukken, niet zoo in het oog loopend. Ook de wortel ontwikkelt kurk en korst en vormt houtlagen, die zich jaarlijks vermeerderen, terwijl het anatomisch maaksel van deze in de hoofdtrekken overeenkomt met de houtstructuur in den stam, hoewel ook somwijlen belangrijke afwijkingen plaats hebben in verband met stand, groeiwijze enz., zoodat zelfs nu en dan alleen door zeer naauwkeurig onderzoek de analogie tusschen stam- en wortelhout te ontdekken is. Algemeen echter is het merg in den jeugdigen wortel minder ontwikkeld dan in den stam, zoodat het door sommige schrijvers wel geheel overzien is,

en hieruit de verkeerde meening is geboren, alsof den wortel het merg ontbrak. Voor oudere wortels kan dit echter geen kenmerk opleveren, aangezien, gelijk bekend is, ook in den meerjarigen stam het merg in verhouding van het hout zeer weinig ruimte inneemt.

De jaarringen zijn gewoonlijk bij de wortels veel smaller dan bij het stamhout, en vooral in de buitenste lagen is dit verschil sterk in het oog loopend. Bij oudere wortels zijn de jongere houtlagen dikwijls zoo weinig ontwikkeld, dat zij ter naauwernood of niet met de loupe te onderscheiden zijn; ja, zelfs bij excentrisch gegroeide wortels ontbreken niet zelden aan de smalle zijde sommige jaarringen geheel, en tien en meer jaarringen zijn tot eene niet meer te onderscheiden massa ineengevloeid.

Gewoonlijk is het hout van den wortel weeker en ligter dan dat van den stam derzelfde plant. De oorzaak van dit een ieder bekende verschil is echter, volgens v. MOHL, niet te zoeken in grooter afmetingen der elementair-organen, als zouden deze (met name de vaten en houtcellen), zooals SCHACHT beweert ¹⁾, de gelijksoortige deelen in den stam 2 tot 4 maal in breedte overtreffen. Wel hebben in vele gevallen, bij de Naaldhouten de houtcellen, bij de Loofhouten de vaten in den wortel eene iets grooter middellijn dan in den stam, maar dit verschil is, zoo als dezer dagen bekend gemaakte naauwkeurige metingen van HUGO VON MOHL geleerd hebben, hoogstens $\frac{1}{4}$ of $\frac{1}{3}$ van de afmetingen in den stam. Aangezien nu hierdoor de inhoud der cellen tweemaal grooter kan worden, zoo zal bij de Naaldboomen, wier hout bijna uitsluitend uit houtcellen bestaat, het wortelhout gewis hieraan voor een deel zijne grootere poreusheid kunnen ontleenen. De hoofdoorzaak bestaat echter bij de Naaldboomen in de verhouding tusschen het aantal dunwandige en dikwandige cellen in den jaarring. Terwijl in den stam het buitenste uit dikwandige cellen bestaande deel van den jaarring een des te grooter gedeelte van dezen uitmaakt, naarmate de jaarring dunner is (ten gevolge waarvan het

¹⁾ SCHACHT heeft in de laatste dagen de bovengenoemde voorstelling, die reeds in zijn welbekend handboek vermeld staat, in een nader artikel (*Bot. Zeit.*, 1862, no. 48, 49) tegen v. MOHL staande gehouden en verdedigd, zoodat de strijd op dit gebied nog niet geëindigd is.

langzaam gegroeide dennenhout steeds harder en zwaarder is), heeft in den wortel juist het omgekeerde plaats. Het buitenste, vaste gedeelte ontwikkelt zich des te meer, hoe dikker de jaarring is, en in zeer dunne jaarringen, gelijk men steeds in oudere wortels vindt, ontbreekt het bijna geheel. De wortel van Denne- en andere Naaldboomen heeft dus zijne grootere poreusheid nog meer aan het bijna geheel ontbreken der dikwandige cellen dan aan de grooter afmetingen der elementair-organen te danken.

Bij de Loofhouten wordt de grootere weekheid van het wortelhout te weeg gebracht door andere omstandigheden, die evenzoo met de structuur van het hout innig samenhangen. Geenszins heeft men hier te denken aan grooter afmetingen der vaten, zoo als velen verkeerdelijk meenen. Door naauwkeurige metingen kwam VON MOHL in tegendeel tot de verrassende uitkomst, dat, althans bij den esch en den eik, de vaatcellen enger zijn in den wortel dan in den stam.

Wil men zich rekenschap geven van de meer poreuse geaardheid dezer wortels, dan dient men in het oog te houden, dat in den wortel der Loofhouten, evenals in dien der Naaldboomen, de jaarringen gewoonlijk veel minder breed zijn dan in den stam, en dat eene zoodanige gebrekkige of minder krachtige ontwikkeling van den jaarring steeds geschiedt ten koste van het middelste gedeelte van het weefsel. Het binnenste of oudste gedeelte blijft nagenoeg even groot, hetzij de jaarring dikker of dunner is, terwijl eindelijk de buitenste laag van den jaarring zoo weinig dikte heeft, dat zij gewoonlijk niet meer dan een smalle grensstreep vormt.

Vindt men nu, zooals bij den eik en den esch, aan de binnenzijde van den jaarring een poreus weefsel, bestaande uit groote, dicht bijeen geplaatste vaten, met betrekkelijk weinig celweefsel daartusschen, en is daarentegen het midden van den jaarring gevormd uit dikwandige houtcellen en een niet te groot aantal naauwe vaten, die te zamen eene vrij digte massa uitmaken, dan is het duidelijk, dat met het verminderen of ontbreken van dit laatste weefsel, in elken jaarring, de houtmassa allengs zeer poreus moet worden.

Bij den beuk is de zaak eenigzins anders. In het hout van den stam ontbreekt de door groote vaten gekenmerkte laag, die wij bij eik en

esch bespeurden. De binnenste en middelste lagen, die tamelijk gelijkvormig gebouwd zijn, vormen eene soort van tegenhanger tegen het meer compacte buitengedeelte van den jaarring. Met het smaller worden van dezen kan dus niet zulk eene plotselinge toename van poreusheid gepaard gaan, als in de genoemde voorbeelden van eik en esch.

Het wortelhout van den beuk onderscheidt zich van het stamhout door een minder gelijkmatig weefsel en door grooter poreusheid. Waar de jaarring goed ontwikkeld is, daar vindt men in het binnenste gedeelte één of twee kringen van zeer wijde, met het bloote oog waarneembare vaten, terwijl van daar af de vaten in het overige van den jaarring allengs in grootte afnemen. Dit reeds moet het wortelhout van den beuk poreuser maken, maar daarbij komt nog (en dit geldt vooral ook van de smalle jaarringen), dat het aantal vaten veel grooter is in verhouding tot het overige van den jaarring, en dat de in het stamhout van den beuk reeds zoo breede mergstralen hier nog talrijker en breeder zijn, zoodat de hoeveelheid dikwandige houtvezelcellen in den wortel uiterst gering wordt.

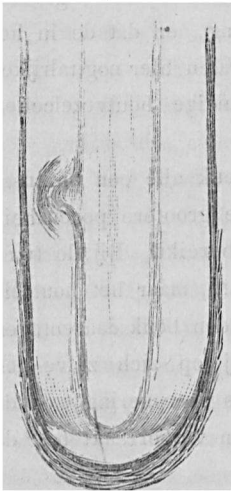
Aldus hebben de wortels van eik, esch en beuk alle een poreuser weefsel dan de stam derzelfde plant, maar deze grootere poreusheid wordt bij allen niet door dezelfde middelen bereikt. Bij de twee eersten zijn de vaten niet wijder dan in den stam, maar het houtcellenweefsel daaromheen is veel dunwandiger; bij den beuk daarentegen zijn de houtcellen veel dikwandiger, zoodat zij op zich zelve den wortel digter zouden maken, maar haar aantal is zeer gering, en de aanzienlijke wijde en het groote aantal der vaten veroorzaakt hier de meerdere poreusheid.

Men ziet alzoo, dat de wortels onzer meest gewone boomen, nevens belangrijke overeenkomst met den stam, in het inwendig maaksel ook merkwaardige afwijkingen vertoonen. Het bovenstaande moge als eene kleine bijdrage tot de anatomische kennis der wortels en de toepassing daarvan voldoende zijn. Wie zich opgewekt mogt gevoelen om ook andere wortels naauwkeurig te onderzoeken, zal gewis nog een aantal belangrijke bijzonderheden vinden.

Aan den hoofdwortel ontstaan neven- en bijkomende wortels, zooals

boven gezegd is. De eersten worden, bij jonge wortels althans, op regelmatige plaatsen gevormd; de laatsten kunnen, wanneer de omstandigheden daartoe gunstig zijn, overal ontstaan. Beide worden gevormd uit wortelknoppen, die uit den cambiumring ontspringen, aanvankelijk als eene kleine opzwellings van dezen (fig. 4). Weldra worden in dien knop de eerste vaatbundels gevormd, die zich als takken aan de bestaande aansluiten. Nog voor dien tijd echter ziet men het eerste begin van de wortelspits ontstaan. Deze ontwikkelt zich reeds binnen het parenchym van den bestaanden wortel, het daaraan grenzende en vooral het onmiddellijk daar buiten liggende schorsparenchym sterft af, terwijl de wortelmuts vooruitschuift, en eindelijk, gewoonlijk met een deel van dit afgestorven parenchym aan den top bedekt, uit den hoofdwortel doorbreekt. Men ziet dit verschijnsel duidelijk bij over-

Fig. 14.



Overlangsche doorsnede der wortelspits van eene Aroïde; vergroot (naar de natuur).

langsche doorsneden van jonge wortels, alwaar men bij eene zelfde plant alle trappen daarvan kan nagaan.

Aan den wortel ontwikkelen zich bij inlandsche planten gewoonlijk alleen wortelknoppen, gelijk aan den stam stamknoppen. Maar wanneer de onderaardsche wortel boven den grond wordt gebracht en dus onder andere omstandigheden komt, dan kan hij ook de verrigtingen van den stam vervullen en adventief-stamknoppen maken. Men ziet dit bij een tal van inheemsche boomen, b. v. bij den berk. Zoo is het ook een bekend verschijnsel, dat verwondingen aan den stam van boomachtige Monocotyledonen luchtwortels doen ontstaan op de gewonde plek. Men treft dit aan bij Palmen, maar ook bij *Yucca*, *Dracaena* en andere boomachtige Liliaceen. Omgekeerd kan de stam ook wortelknoppen vormen, wanneer hij onder den grond of in het water gebracht wordt. Hierop berust eene welbekende handelwijze der tuiniers om planten te vermenigvuldigen, namelijk door stekken. Een der sprekendste voorbeelden hiervan is wel een wilgentak, dien men in grond of water plaatst. Deze maakt alras uit den stam een aantal adventiefwortels.

Zoo in onze kassen eene plant een langen spilligen stam heeft gevormd zonder bladeren, dan kan men de plant een meer gewenscht voorkomen geven, door op de verlangde hoogte adventiefwortels te doen ontstaan. Men behoeft daartoe slechts op die plaats eenige insnijdingen te maken en de gewonde plek met aarde te omgeven, door een in twee helften gespleten bloempot met aarde gevuld hierom te bevestigen. Na eenigen tijd zijn in de aarde een aantal gezonde wortels ontstaan en men kan nu het bovenende met zijne adventiefwortels afsnijden en verpotten. Men verkrijgt dan dikwijls twee stammen, die beide voortgroeijen.

Wanneer echter eenmaal een stam- of een wortelknop met zijne eigenaardige kenmerken is aangelegd, dan wordt deze knop niet meer veranderd, maar groeit, of volgens zijne bestemming voort, of sterft af, wanneer de omstandigheden geheel veranderd worden.

In dezen zin moet ook het verhaal worden opgevat van boomen (zoo als b. v. de Spanjaardslaan in den Haarlemmerhout), die omgekeerd zouden zijn, zoodat hun tegenwoordige stam eenmaal wortel, en hun wortel eenmaal stam zou geweest zijn. Indien dergelijke omkeering werkelijk heeft plaats gehad, hetgeen door sommigen betwijfeld wordt, dan kunnen de boomen niet anders in leven gebleven zijn, dan doordien de takken, onder den grond gebragt, adventiefwortels gemaakt en de verhoutte wortels (want de jeugdige doen het niet), in de lucht geplaatst, adventief-stamknoppen gevormd hebben.
