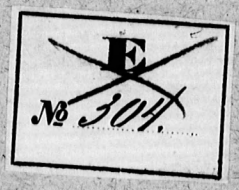


R. oct.
1907





DE VOEDING DER PLANTEN.

RIJKSUNIVERSITEIT UTRECHT
0362 6821

R. 1907

R. 8: 1907

DE VOEDING

DER

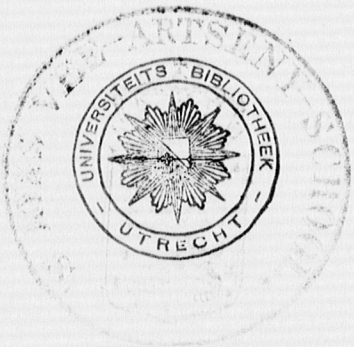
PLANTEN,

DOOR

Dn. 304

DR. HUGO DE VRIES.

MET AFBEELDINGEN.



HAARLEM,
KRUSEMAN & TJEENK WILLINK.
1876.

Gedrukt bij Gebr. van Asperen van der Velde, te Haarlem.

INHOUD.

I. De bouwstoffen van het plantenlichaam . . . . . Blz. 3

II. De bouw en de verrichtingen der bladen . . . . . „ 21

III. De tijdelijke bewaarplaatsen van het voedsel. . . . . „ 51

IV. De bouw en de verrichtingen der wortels . . . . . „ 89

V. De beweging van het water. . . . . „ 111

VI. De scheikundige bestanddeelen der planten. . . . . „ 134

VII. De leer der bemesting. . . . . „ 151

VIII. Insektenetende planten . . . . . „ 173

DE VOEDING DER PLANTEN.

DOOR

DR. HUGO DE VRIES.

DE BOUWSTOFFEN VAN HET PLANTENLICHAAM.

Elk levend wezen heeft tot zijne instandhouding voedsel noodig. Zoo het nog groeit en in massa toeneemt, is de oorzaak hiervan in het oog loopend; wanneer het echter volwassen is en uiterlijk niet of slechts weinig verandert, kan het evenmin voedsel ontberen. Bij elke inwendige of uitwendige beweging verslijt een gedeelte der stoffen, waaruit de lichaamsdeelen zijn opgebouwd, en gaat over in een vorm, waarin zij voor het leven nutteloos, ja bij ophooping schadelijk zijn. Deze versleten stoffen moeten door andere vervangen worden, en deze herstelling der organen in hun normalen toestand draagt den naam van voeding. Het voedsel dient dus in dit geval tot herstel van het stofverlies, dat de deelen des lichaams bij hunne verrichtingen geleden hebben. En daar nu geen leven denkbaar is zonder beweging, zij het ook slechts eene onzichtbare beweging der kleinste deeltjes, zoo is ook voortdurend verbruik van voedsel een even noodzakelijke eigenschap des levens. Slechts wanneer het levende organisme geheel in rust verkeert, vindt natuurlijk geen herstel van versleten deelen plaats; dit is o. a. het geval met droge zaden. In gelijke mate als nieuwe stoffen moeten worden opgenomen, moeten ook de verbruikte uit het lichaam verwijderd worden. Zij worden daartoe in bepaalde vormen, bij de planten grootendeels in gasvormigen toestand gebracht, in welken zij het plantenlichaam gemakkelijk verlaten. Doch hierop komen wij later terug.

Zal het voedsel werkelijk de versleten lichaamsdeelen vervangen, zoo moet het noodzakelijk òf uit dezelfde stoffen bestaan als het li-

chaam, òf ten minste uit zoodanige, waaruit zich deze kunnen vormen. Ten einde dus een juist begrip van de bestanddeelen te krijgen, welke in het voedsel eener plant moeten bevat zijn, doen wij het best, allereerst na te gaan uit welke stoffen de plant zelve bestaat.

De talrijke stoffen, die hetzij in alle, hetzij in enkele planten aangetroffen zijn, kunnen wij gevoegelijk in drie groepen samenvatten, wier kennis voor ons doel voldoende is, en tevens zonder uitvoerige scheikundige beschouwingen verkregen kan worden. Allereerst verdient dan het water vermelding, dat in geen levend plantendeel ontbreekt en de noodzakelijke voorwaarde voor elke beweging in levende wezens is. Het doortrekt alle deelen der plant geheel en al, en vormt verreweg het grootste gedeelte van hun gewicht. Droogt men plantendeelen in warme, droge lucht, zoo kunnen ze dit water verliezen, zonder dat hunne overige bestanddeelen noemenswaardige veranderingen ondergaan. Zulke gedroogde plantendeelen zijn brandbaar, en laten, na volkomen verbranding, een witte, of min of meer grijze asch achter. Men kan deze asch gloeien, doch niet verbranden. Wij leeren daaruit dat de vaste stof der planten uit een brandbaar en een onverbrandbaar gedeelte bestaat. De asch bestaat uit een mengsel van verschillende stoffen, vooral van zouten, die ook in de onbewerktuigde natuur voorkomen. Men noemt ze daarom anorganische stoffen. De brandbare stoffen komen allen daarin met elkander overeen, dat haars gelijken in de anorganische natuur niet worden aangetroffen, doch dat zij in de vrije natuur slechts in het lichaam van planten of van dieren ontstaan. Een tweede punt van overeenkomst is dit, dat de produkten der verbranding, die steeds in gasvorm ontwijken, bij allen dezelfden zijn, of ten minste grootendeels uit dezelfde stoffen bestaan. Laat men namelijk de verbranding niet eenvoudig in de lucht, maar in gesloten toestellen plaats vinden, welke er op ingericht zijn om wel de noodige lucht toe te voeren, doch de ontstaande verbrandingsprodukten op te vangen, zoo blijkt het dat koolzuur en water onder deze nooit ontbreken, ja dat in vele gevallen er niets anders ontstaat dan alleen deze beide lichamen. Deze brandbare stoffen nu worden in de scheikunde organische genoemd, in tegenstelling van de vroeger besproken anorganische.

Voor een algemeen overzicht van de voedingsverschijnselen der planten is het voldoende de vragen te beantwoorden, welke de bron-

nen zijn, waaruit de plant haar water, hare anorganische, en hare organische stoffen put? Dat het water door de wortels uit den grond wordt opgenomen, weet iedereen, en wij kunnen ons dus terstond tot de behandeling der beide volgende vragen wenden. Gaan wij na, wat een opmerkzame beschouwing van de levensvoorwaarden der bij ons gekweekte of in het wild voorkomende planten ons daaromtrent leeren kan.

De bodem, waaruit onze tuinplanten haar voedsel putten, is de gewone tuinaarde. Deze bestaat ten deele uit zand, en ten deele uit de halfvergane overblijfselen van planten. Aan de laatste heeft zij haar zwarte kleur te danken.

Telken jare vallen van boomen en heesters de bladen af, eenjarige planten sterven geheel, en van de overblijvende gewassen vergaat alles, wat zich boven den grond ontwikkeld heeft. Al deze plantendeelen worden met de aarde der perken gemengd, en als een goede mest beschouwd. Zij verrotten gedeeltelijk, en gaan daardoor tot een vormlooze fijnkorrelige massa over. Onze tuinplanten vinden in den grond dus zoowel organische als anorganische stoffen, en wij kunnen dus uit de waarneming van deze de vraag niet oplossen, of zij beide, dan wel slechts een van beide deelen van haar voedsel uit den bodem opnemen. Daarentegen zijn er een aantal planten, die op onze duinen en zandverstuivingen groeien op plaatsen, waar de lichtgele kleur van den grond ons reeds terstond doet zien, dat hij uit zuiver zand bestaat, waarmede hoogstens anorganische zouten vermengd kunnen zijn, doch dat in elk geval van de bruine, halfvergane overblijfsels van vroegere planten geen spoor is aan te treffen. Zulke planten vinden dus geen organisch voedsel in den grond, en daar in de lucht evenmin organische stoffen voorkomen, kunnen wij omtrent haar zeker zijn, dat zij slechts anorganische bestanddeelen opnemen. Hieruit volgt verder, dat zij het vermogen moeten bezitten uit deze anorganische stoffen de organische bestanddeelen van haar lichaam te maken. Hetzelfde geldt van die talrijke soorten van mossen en korstmossen, welke in rotsachtige streken zoo veelvuldig op de naakte rotswanden worden aangetroffen. Ook zij kunnen slechts anorganisch voedsel opnemen. — Keeren wij nu tot de tuinplanten terug. Nemen deze wellicht ook slechts de anorganische stoffen uit den grond op, of hebben ze ook de organische noodig? Op deze vraag

moet het antwoord door een rechtstreeksche proef geleverd worden.

Vóór mij staat een krachtig ontwikkelde kiemplant der gewone bruine boon. Hare wortels zijn volstrekt met geen aarde of zand in aanraking, doch hangen vrij in het water van een hoog en wijd cilinderglas. Dit glas is van boven door een kurk gesloten, in welke een zijdelingsche insnijding gemaakt is, om den stengel door te laten en tevens vast te houden. In het water heb ik een zekere hoeveelheid anorganische stoffen opgelost, om te zorgen dat de plant hieraan geen gebrek lijdt. Een zekere hoeveelheid organische stof bezat de plant in hare zaadlobben; deze zijn echter reeds uitgezogen en op het punt van af te vallen. Toch gaat de ontwikkeling der kiemplant voort. Laat ik haar in dezen cilinder staan, en zorg ik slechts haar van tijd tot tijd versch water te geven en daarin telkens wat anorganische zouten op te lossen, zoo zal zij zich onder den invloed van warmte en zonlicht verder en verder ontwikkelen, een stengel met talrijke bladen en eindelijk ook bloemen en vruchten vormen. Zonder ooit in aanraking met den grond te zijn, en zonder ooit organische stof op te kunnen nemen, kan een bruine boon haar geheelen levensloop op normale wijze volbrengen. Hetzelfde geldt ook van andere tuinplanten, en voorts van alle gewassen, met welke men tot nu toe deze zoogenoemde watercultuur beproefd heeft. Kan nu een tuinplant bij uitsluiting van anorganische stoffen leven, zoo is het waarschijnlijk dat zij uit den bodem ook slechts deze opneemt; een gevolgtrekking, voor welker juistheid alle tot nu toe omtrent de voeding der planten bekende feiten pleiten.

Zoo ik in de zooeven beschreven proef verzuimde, aan het water van tijd tot tijd de noodige zouten toe te voegen, zou mijn plant niet tot ontwikkeling komen. Indien ik in plaats van zouten organische stoffen toevoegde, zou ik evenmin haar kunnen doen groeien, hoe ik ook de keus dezer laatste zou mogen afwisselen. Al deze waarnemingen voeren ons dus tot het besluit, dat ook deze planten geen organische stoffen opnemen, doch wel anorganische; bij gebrek aan deze laatsten zouden zij spoedig kwijnen, en eindelijk sterven. Hieruit volgt nu echter als van zelf de gevolgtrekking, dat de organische stoffen in het plantenlichaam uit anorganische moeten gevormd worden, dat de bron der brandbare bestanddeelen dus onder deze laatstgenoemde lichamen moet gezocht worden. Welke stoffen

zijn het, die deze zoo zeer belangrijke veranderingen kunnen ondergaan, en daardoor onder alle voedselstoffen de voornaamste plaats innemen?

De beantwoording van deze vraag eischt, dat wij eenigszins dieper in de voornaamste scheikundige eigenschappen der stof indringen. De meeste lichamen, die ons omgeven, bestaan uit ongelijksoortige deelen, al schijnen zij ook bij het nauwkeurigste onderzoek voor het oog slechts uit één stof te zijn opgebouwd. Langs scheikundigen weg kunnen zij echter in twee of meer verschillende stoffen gesplitst worden. Dikwijls kunnen deze stoffen zelve weder in ongelijksoortige bestanddeelen ontleed worden; eindelijk echter bereikt men stoffen, die op geenerlei wijze verder in ongelijksoortige deelen kunnen worden gesplitst. Deze ondeelbare stoffen, uit wier verbindingen de meeste voorwerpen zijn opgebouwd, dragen in de scheikunde den naam van elementen. Zij zijn onveranderlijk, en kunnen dus niet in elkander overgevoerd worden. Zij kunnen echter zeer verschillende verbindingen met elkander aangaan, in welke hunne eigenschappen schijnbaar geheel verloren zijn gegaan en voor andere hebben plaats gemaakt, zoodat dikwijls slechts een scheikundige ontleding in staat is hun aanwezigheid in bepaalde voorwerpen aan te toonen. Terwijl nu deze verbindingen bij scheikundige werkingen telkens en telkens veranderen, en daardoor als het ware nieuwe stoffen met geheel andere eigenschappen gevormd worden, blijven de elementen daarbij onveranderd, en zijn dus in de produkten der scheikundige werkingen in soort en hoeveelheid juist dezelfden als in de lichamen, uit welke deze produkten ontstonden.

Uit deze alleralgemeenste beginselen der scheikunde volgt voor ons dit belangrijke besluit, dat de anorganische stoffen, waaruit zich in de plant de organische moeten vormen, uit dezelfde elementen moeten bestaan als deze. Hoogstens kunnen zij daarenboven nog andere elementen bevatten. Welke zijn dus de elementen waaruit de organische plantenstof bestaat, en in welke verbindingen komen deze in de natuur voor? Tot de beantwoording van deze vraag kunnen wij een stap nader komen, zoo wij nagaan wat er bij de verbranding der droge plantenstof geschiedt. Daarbij toch gaat de organische stof in anorganische verbindingen over, doch de elementen zullen in de verbrandingsprodukten dezelfde gebleven zijn, als in

de verbrande stof. Deze verbrandingsprodukten bestaan nu voor verreweg het grootste gedeelte uit koolzuur, dat als gas, en water dat in den toestand van waterdamp ontwijkt. Gloeien wij, de overblijvende asch ten behoeve eener volledige verbranding, zoo verliest zij nog andere verbindingen, doch in vergelijking met het koolzuur en het water slechts in geringe hoeveelheid. Koolzuur nu bestaat uit koolstof en zuurstof, water uit waterstof en zuurstof. Deze beide feiten worden in de scheikunde het eenvoudigst daardoor bewezen, dat men koolstof en waterstof in zuiveren toestand verbrandt. Men kan dit doen in een ruimte die behalve een der beide genoemde stoffen slechts zuurstof bevat, en verkrijgt in het eerste geval koolzuur en in het tweede water. De organische stof der planten bestaat dus in hoofdzaak uit drie elementen, te weten koolstof, waterstof en zuurstof. Van de aanwezigheid van het laatste levert de verbranding wel niet rechtstreeks het bewijs, daar bij de verbranding, gelijk men weet, de zuurstof der lucht wordt opgenomen. Deze laatste kon dus de bron van de zuurstof in het koolzuur en het water zijn, en is dit werkelijk ten deele. Dat echter ook in de plantenstof zuurstof aanwezig is, leeren bijzondere, tot dit doel ingerichte verbrandingsproeven. Daar nu koolzuur en water in de lucht overal voorkomen, en het water van rivieren, beken, meren enz. eveneens steeds koolzuur bevat, zoo ligt het vermoeden voor de hand, dat de planten juist deze beide lichamen zullen gebruiken om er hare organische stof uit te vormen. Dat dit werkelijk het geval is, zullen wij voor het koolzuur weldra door proeven bewijzen; voor het water kan men dit uit zijne algemeenheid afleiden, en uit de omstandigheid dat de waterstof in geene andere verbinding in voldoende hoeveelheid en in geschikten toestand aan de planten wordt aangeboden om door deze te worden opgenomen.

Behalve koolstof, waterstof en zuurstof komen er nog twee elementen in de organische stoffen voor, ofschoon in zeer geringe hoeveelheid. Het zijn de stikstof en de zwavel. Van beide treft men in den grond verbindingen aan, die de bron zijn waaraan de planten deze elementen ontleenen. De stikstof is een bestanddeel van den ammonia en van den salpeter van den grond, terwijl de zwavel een der elementen is waaruit de gips bestaat, gelijk de scheikundige naam van deze stof: zwavelzure kalk, aanduidt. Over de opname van

deze beide elementen kunnen wij echter hier niet verder uitweiden, doch moeten den lezer hiervoor naar een der volgende opstellen verwijzen. Slechts verdient nog vermeld te worden, dat zij niet in alle organische verbindingen der planten voorkomen, doch slechts in een betrekkelijk klein aantal, en dat zij daarin, ook wat de hoeveelheid betreft, voor de van stikstof en zwavel vrije verbindingen verre onderdoen.

Terwijl het water, dat voor de vorming van organische stoffen verbruikt moet worden, tegelijk met de veel grootere hoeveelheid water, dat als zoodanig aan den opbouw der plant deelneemt, uit den grond door de wortels wordt opgenomen, eischt de bron van het koolzuur een nadere beschouwing. Water bezit een levend plantendeel altijd in overgroote hoeveelheid; het koolzuur is daarentegen in veel geringere mate aanwezig, en de vorming van organische stof zal dus vooral van den toevoer van het koolzuur afhangen.

Voor dat wij echter verder gaan is het noodig, ons door een rechtstreeksche proef te overtuigen, dat werkelijk het koolzuur de bron is, waaruit de planten de koolstof harer organische verbindingen putten. Men kan dit op zeer eenvoudige wijze doen. Hiertoe brengt men een bebladerden tak, liefst zonder dien van de plant af te snijden, in een wijde glazen buis, en sluit de buis aan beide uiteinden door deksels, die elk doorboord zijn, terwijl in deze doorboring een nauwer glazen buisje luchtdicht bevestigd is. Het eene der beide deksels bevat daarenboven een opening voor den tak, doch ook deze opening is, na invoering van den tak, luchtdicht gesloten. De beide nauwe glazen buisjes zijn dus de eenige wegen, waardoor de lucht in de wijde buis kan intreden of haar verlaten. Men doet nu, door daartoe ingerichte toestellen, een stroom lucht door de buis gaan, en onderzoekt de lucht, wanneer zij de buis verlaat. Vergelijkt men dan de samenstelling van deze lucht met de bekende samenstelling van gewone dampkringslucht, dan kan men hieruit de veranderingen afleiden die zij in de buis heeft ondergaan. Het blijkt dan, dat het koolzuur voor een groot gedeelte uit die lucht verdwenen en dus door de plant opgenomen is. De inrichting van deze proef laat niet toe te bepalen of de hoeveelheid der de plant omgevende lucht vermindert, iets wat men, om het verdwijnen van het koolzuur, allicht zou vermoeden. Plaatsen wij echter een bebla-

derde plant aan het licht onder een glazen klok, waarvan de lucht door water zoodanig afgesperd is, dat de stand van het water tegelijk de hoeveelheid lucht aangeeft, zoo ziet men, dat de hoeveelheid lucht bijna niet verandert, al zet men de proef ook gedurende verscheidene uren voort, en al heeft men een duidelijk merkbare hoeveelheid koolzuur vooraf toegevoegd. Toch wordt het koolzuur ontleed, en blijkt de lucht, bij later onderzoek, hiervan een belangrijke hoeveelheid aan de plant afgegeven te hebben. Tegelijk met het opnemen van koolzuur moet dus een ander gas door de plant aan de lucht zijn teruggegeven, en wel in ongeveer even groote hoeveelheid als die van het opgenomen koolzuur. Langs scheikundigen weg kan men den aard van dit gas bepalen, en vindt dan dat het zuurstof is.

Dit vrij worden van zuurstof kan ons trouwens niet verwonderen. Wij weten dat de organische plantenstoffen om te verbranden de zuurstof der lucht opnemen en dan grootendeels in koolzuur en water overgaan. Daar nu de elementen onvergankelijk en onveranderlijk zijn, zal er natuurlijk omgekeerd zuurstof vrij moeten worden, wanneer koolzuur en water in organische stoffen omgezet worden.

De beide beschreven proeven, waarin planten koolzuur ontleedden, gelukken niet onder alle omstandigheden, en niet met alle plantendeelen. Bloemen en hare verschillende onderdeelen, wortels, onderaardsche stengeldeelen, merg en hout van stammen of stengels, in één woord al die organen, welke een andere dan de groene kleur bezitten, kunnen geen koolzuur ontleden. Evenmin kunnen dit die plantensoorten, die in het geheel geen groene kleurstof in haar weefsels vormen, zooals paddestoelen en schimmels, en onder de hoogere planten de bremrapen, het warkruid en het stofzaad, alle planten, waarover wij later uitvoeriger zullen moeten spreken. De groene kleurstof der planten, het zoogenoemde bladgroen, is dus een onmisbare voorwaarde voor de ontleding van het koolzuur. Planten, die het missen, zijn genoodzaakt haar organische stof, hetzij als woekerplanten uit andere levende wezens, hetzij als afvalplanten uit afgevallen bladen en andere rottende organische stoffen te putten. Een tweede, even onmisbare voorwaarde voor de vorming van organische stoffen is het licht. Herhaalt men de hierboven beschreven proeven in het donker, zoo neemt de hoeveelheid koolzuur in de lucht niet

af, doch vermeerdert zelfs ten gevolge van andere processen, die wij weldra nader zullen bespreken.

Aan de vorming van organische stoffen uit koolzuur en water door groene plantendeelen in het licht, geeft men den naam van assimilatie. Deze naam drukt zeer juist uit, dat het gasvormige en onbrandbare koolzuur, dat zoo geheel verschillend is van de bestanddeelen van het plantenlichaam, in organische stoffen wordt omgezet, die met diegene, waaruit verreweg het aanzienlijkste deel der plant bestaat, in samenstelling en eigenschappen zeer nauw overeenkomen. De nadere beschouwing dezer gelijkmaking van het voedsel aan de bestanddeelen des lichaams zal voor ons het onderwerp van een afzonderlijke verhandeling uitmaken.

Vatten wij het tot hier toe beschrevene in korte woorden te zamen, zoo kunnen wij zeggen, dat de plant tot hare voeding water, vaste doch oplosbare anorganische stoffen en organische verbindingen noodig heeft. De beide eersten neemt zij door de wortels uit den grond op; de bron der organische stoffen vormt het koolzuur der lucht, dat zich met het in de plant bevatte water, onder vrijwording van zuurstof, tot deze organische verbindingen vereenigt. Wat de stikstofhoudende organische stoffen betreft, zoo ontstaan deze uit de reeds gevormde organische verbindingen en den salpeter of de ammonia, die door de wortels uit den bodem worden opgezogen. De bron van de zwavel van sommige organische verbindingen leerden wij in de zwavelzure kalk van den bodem kennen.

In het begin van dit hoofdstuk hebben wij gezien, dat de voeding dient óf tot vorming van nieuwe organen en vergrooting der aangelegde, óf tot herstel der bij de levensverrichtingen versleten deelen des plantenlichaams. Ik heb er toen op gewezen, dat deze versleten deelen uit de plant verwijderd moeten worden, daar hunne opéénhooping voor het leven gevaarlijk zou kunnen worden. Deze verwijdering der versleten deelen, en het verslijten der deelen zelf, verdient te dezer plaatse eenigszins uitvoeriger besproken te worden.

Het verslijten der lichaamsdeelen bij het volvoeren van bewegingen draagt den naam van stofwisseling. Daarbij kan de ontstaande beweging voor het oog waarneembaar, of wel van dien aard zijn, dat zij zich aan een rechtstreeksche beschouwing onttrekt. Een onmisbare voorwaarde voor het plaats vinden der stofwisseling is de

ademhaling. Dit verschijnsel, dat bij alle levende wezens in hoofdzaken op hetzelfde neêrkomt, kan voor een geleidelijke behandeling gevoegelijk in twee werkingen gesplitst worden, n.l. de inademing, en de uitademing. Zonder inademing is geen stofwisseling mogelijk; de uitademing dient om de gasvormige produkten der stofwisseling uit het lichaam te verwijderen. Men ziet dat deze produkten der stofwisseling overeenkomen met datgene, wat wij zoo even de versleten stoffen des lichaams hebben genoemd.

Leven zonder zuurstof is voor de plant evenmin mogelijk als voor den mensch en de dieren. Wel kan een door de zon beschenen plant in een zuurstofarme lucht het aanwezige koolzuur ontleden, en zoo voor hare verdere ontwikkeling de noodige zuurstof zelf vormen, doch wanneer men voortdurend deze gevormde zuurstof weg voert en door zuurstofvrije lucht vervangt, zal het leven der plant onder deze omstandigheden slechts van korten duur zijn. Gemis van zuurstof doodt daarentegen de plant niet terstond, doch het doet de levensverrichtingen stilstaan; wordt na eenigen tijd dan weer zuurstof toegevoerd, zoo blijkt de stoornis slechts tijdelijk geweest te zijn, en herstelt de plant zich na korter of langer tijd tot haar oorspronkelijken toestand. Een langdurig oponthoud in een zuurstofvrije omgeving kan een plant niet zonder gevaar voor haar leven ondergaan. De meest sprekende bewijzen voor de belangrijkheid van de zuurstof voor de stofwisseling leveren zonder twijfel de gevallen van prikkelbaarheid en periodische bewegingen. Iedereen kent het Kruidje-roer-mij-niet (*Mimosa pudica*). De blaadjes van deze plant zijn gevind, doch daarbij nog eens vier aan vier op een algemeenen bladsteel te zamen ingeplant. (Fig. 1). Op de plaatsen waar een bladschijfje aan haren bladsteel verbonden is, of waar de vier bijzondere bladstelen aan den algemeenen steel vastgehecht zijn, en eindelijk waar deze aan den stengel bevestigd is, treft men geledingen aan, die min of meer aangezwollen zijn, en waardoor de bewegingen van onze plant veroorzaakt worden. Raakt men voorzichtig een gevind blaadje aan, zonder daarbij de geheele plant te schudden, zoo ziet men de bladschijven van dit blaadje zich naar elkander toe bewegen, en zich met hare bovenzijde tegen elkander aanleggen. Men kan zelfs door een uiterst voorzichtige aanraking het er toe brengen dat slechts enkele bladschijven zich bewegen,

doch meestal plant de prikkel zich snel over het geheele blad voort. De nevensgaande figuur vertoont twee takken van het Kruidje-roer-

Fig. 1.



Kruidje-roer-mij-niet (*Mimosa pudica*).

mij-niet; van den eenen zijn blaadjes aangeraakt en dien tengevolge toegevouwen; sommigen zijn daarbij naar beneden gezakt, daar bij een eenigszins sterkere prikkeling, b.v. als men even met een stokje tegen het blad aanslaat, zich niet alleen alle vier de blaadjes sluiten, maar de geledingen onder aan de bijzondere stelen en onder aan den algemeenen steel slap worden, waardoor natuurlijk het geheele

blad naar beneden zakt. Laat men het blad daarna in rust, zoo verheft het zich langzamerhand weder, en heeft na eenigen tijd zijn uitgespreiden stand weer aangenomen. Overeenkomstige, ofschoon niet geheel dezelfde bewegingen, maken de bladen ook des avonds, wanneer de duisternis invalt, om zich eerst 's morgens weer te ontplooien, wanneer zij weer door het licht beschenen worden. Dit sluiten der bladen gedurende den nacht werd, gelijk bekend is, door Linnaeus met den naam van plantenslaap bestempeld.

Doch genoeg over de bewegingen van het Kruidje-roer-mij-niet; er is ons hier niet zoozeer daaraan gelegen, deze nauwkeurig te kennen, als wel na te gaan, in hoeverre de zuurstof der lucht daarop een invloed uitoefent. Plaatst men over een krachtig exemplaar met zeer gevoelige bladen een glazen klok, en verwijdert men uit deze de zuurstof, terwijl men zorg draagt daarbij de plant volstrekt niet te stooten of te schudden, zoo ziet men weldra de blaadjes zich sluiten en gaan hangen, alsof zij door een krachtigen schok getroffen waren. In plaats van zich daarna langzamerhand te herstellen, blijven zij in dien toestand zoolang als men ze in de zuurstofvrije lucht doet blijven. Zij kunnen daarin haar gewone bewegingen niet volbrengen, en zijn evenmin voor verdere aanraking gevoelig. Ook het invallen van den nacht of het aanbreken van den dag heeft in dien toestand op haar geen invloed meer. Heeft de proef niet te lang geduurd, zoo kan men, door de klok weg te nemen en de plant zoodoende in aanraking met de gewone lucht te brengen, langzamerhand de eigen bewegingen en de prikkelbaarheid weer doen terugkeeren. Hieruit blijkt, dat zij slechts tijdelijk opgeheven waren, en wel tengevolge van het gemis van zuurstof.

Brengt men kiemende zaden, of takken met uitloopende knoppen, in een lucht die geen zuurstof bevat, en waarin zij zelve door assimilatie geen zuurstof kunnen doen ontstaan, zoo ziet men hunne ontwikkeling terstond ophouden en niet eerder voortgaan, vóór weer zuurstof aan hunne omgeving wordt toegevoerd.

Blijkt uit de aangevoerde proeven de onontbeerlijkheid der zuurstof voor de levensverrichtingen der planten, de oorzaak van deze onontbeerlijkheid wordt ons door haar niet aangetoond. Om deze te leeren kennen zijn eenige andere proeven noodig, wier beschrijving wij dus nu willen laten volgen.

Men kan zaden in vochtig zand bij gunstige temperatuur in het donker laten kiemen; zij ontwikkelen zich even goed als in het licht, doch de plantjes worden bleekgeel in plaats van groen, en een opname van koolzuur ter vorming van organisch voedsel is, gelijk wij boven gezien hebben, daarbij onmogelijk. Weegt men nu de zaden voordat men ze te kiemen legt, en weegt men dan na verloop van eenige weken de daaruit voortgekomen kiemplantjes, zoo bemerkt men dat de laatste zwaarder zijn dan de eerste. De oorzaak van dit verschil ligt echter klaarblijkelijk in het opgenomen water. Wij hadden de zaden in drogen toestand gewogen, en de plantjes in waterhoudenden. Om het gewicht van het water buiten rekening te brengen, drogen wij de planten voorzichtig en wegen ze nu nogmaals. Haar gewicht bedraagt nu ongeveer slechts de helft van dat der zaden. De vaste stoffen in deze aanwezig, zijn dus bij de ontkieming ten deele verdwenen. In welken toestand zijn zij overgegaan?

In of op het zand treffen wij geen vreemde stoffen aan, van welke wij zouden kunnen vermoeden, dat zij van de verdwenen bestanddeelen der kiemplanten afkomstig waren. Wij zullen deze laatste dus in de lucht moeten zoeken. Hiertoe brengt men de ter kieming bestemde zaden, onder voor hare ontwikkeling gunstige omstandigheden in een flesch, die met een dubbel doorboorde kurk gesloten is. Door de eene opening gaat een glazen buisje, dat versche lucht invoert; door de andere opening gaat eveneens een buis, die bijna tot onder in de flesch reikt en aan haar andere uiteinde in verbinding is gebracht met een toestel, dat de lucht in een langzamen stroom door de flesch heen zuigt. Zoo wordt de verbruikte lucht voortdurend afgevoerd en door versche, zuurstofhoudende vervangen. Onderzoekt men nu de lucht die de flesch met kiemende zaden verlaat, en vergelijkt men hare samenstelling met die der dampkringslucht, zoo vindt men dat zij een veel grooter gehalte aan koolzuur bezit dan deze. De kiemende zaden doen dus koolzuur ontstaan.

Men kan met dezen eenvoudigen toestel de proef met allerlei andere levende plantendeelen herhalen. Brengt men er bloemen in, of wel afzonderlijke bloembladen, meeldraden of stampers, brengt men er zich ontwikkelende blad- of bloemknoppen in, of wortels, of stengeldeelen, in één woord welke plantendeelen men maar wil, altijd verkrijgt men dezelfde uitkomst, n.l. een grooter koolzuurge-

halte van de verbruikte lucht, dan in gewone lucht wordt aangetroffen. Het spreekt van zelf dat men bij deze proeven zorgvuldig toe moet zien, dat zich in de flesch geen assimileerende plantendeelen bevinden, m. a. w. dat er geen groene organen in gebracht worden, of dat men, zoo deze er in zijn, de proef in het donker neemt. Met deze voorzorg is de uitslag steeds dezelfde; verzuimde men haar, zoo zou de assimilatie koolzuur ontleden en zuurstof doen ontstaan, en er dus juist een tegenovergesteld resultaat verkregen worden.

Wij hebben door deze verschillende proeven ons de kennis verworven van drie zaken. Voor elke levensverrichting is zuurstof noodig, daarbij neemt het gehalte aan vaste stoffen af, en wordt koolzuur aan de lucht afgegeven. Het is niet moeilijk het verband tusschen deze drie verschijnselen in te zien. Ik behoef daartoe slechts te herinneren aan het feit, dat koolzuur ontstaat door de verbinding van koolstof met zuurstof, en dat koolstof een nimmer ontbrekend element der organische verbindingen uitmaakt. De zuurstof, die in het koolzuur door de plant afgegeven wordt, is dus de ingeademde zuurstof; de koolstof wordt ontleend aan de organische verbindingen. Hiervan is echter een noodzakelijk gevolg, dat de hoeveelheid dier organische stoffen afneemt, en wij vinden dus ook voor de gewichtsafname van kiemende zaden of andere krachtig groeiende plantendeelen een gereede verklaring. De plantenstof bestaat niet alleen uit koolstof, maar ook uit waterstof, zuurstof en stikstof. Van deze ontwijkt de waterstof gelijktijdig met de koolstof, en verbindt zich daarbij eveneens met zuurstof; het produkt dezer verbinding is water, dat zich met het overige water in de plant vermengt, en dus niet als zoodanig kan worden aangetoond. De zuurstof der organische verbindingen wordt natuurlijk met de ingeademde tot het vormen van koolzuur en water verbruikt. Het stikstofgehalte daarentegen verandert niet, het is in de kiemplanten nog even groot als in de zaden.

Wanneer wij koolstof verbranden, m. a. w. haar onder opname van zuurstof in koolzuur veranderen, zoo ontstaat daarbij warmte. Eveneens levert de verbranding van waterstof tot water warmte, en met de organische stoffen, die deze beide elementen in groote hoeveelheid bezitten, vindt juist hetzelfde plaats. Wij mogen dus vermoeden, dat de verandering van de bouwstoffen van het plantenlichaam, onder opname van zuurstof in koolzuur en water, eveneens gepaard

gaat met het ontstaan van warmte. Een uitstekend voorwerp om ons van de juistheid van dit vermoeden te overtuigen, levert de bloeikolf der Aronskelken. Deze planten, waarvan een paar soorten bij ons in het wild voorkomen (fig. 2), en enkele bij ons gekweekt worden (vooral de witte Aronskelk, *Richardia aethiopica*) bloeien met zeer kleine bloemen, die in groot aantal en dicht naast elkander op een vleezige spil gezeten zijn. Meestal is slechts het onderste gedeelte van de spil met bloemen bezet. Deze spil is omgeven door een zeer groot schutblad, de zoogenoemde bloemscheede, dat bij de meest gewone gekweekte soort geheel wit is, en dikwijls voor de bloem wordt aangezien. De ontwikkeling van de bloemen en hare onderdeelen vereischt een aanzienlijke stofwisseling; belangrijke hoeveelheden zuurstof worden tegen ongeveer evengroote hoeveelheden koolzuur uitgewisseld; daarbij wordt natuurlijk veel voedsel verbruikt. De warmte, die daarbij ontstaat, kan zich nu wel aan de omringende lucht mededeelen, doch deze wordt door de bloemscheede omsloten, en zoodoende is het verlies van warmte slechts gering. Een rijke bron en een geringe kans op verlies maken dus dat de ontstane warmte, zoo ergens in het plantenrijk, vooral hier moet kunnen aangetoond worden. Dit is dan ook werkelijk het geval. Men behoeft slechts den bol van een thermometer naast de bloeikolf in de bloemscheede te steken, om zich daarvan te overtuigen. Zulk een thermometer wijst een veel hoogere temperatuur aan dan die van de buitenlucht; bij den gewonen, bij ons in bosschen niet zeldzamen kalfsvoet kan dit verschil tot 7° C. stijgen; bij buitenlandsche soorten werd niet zelden een temperatuur waargenomen die 10°—20° C. hooger was dan die der omgeving.

Fig. 2.



Bloemscheede en bloeikolf van den Kalfsvoet (Arum maculatum).

Vooral tijdens het opengaan der meeldraden en het rijp worden der stempels klimt dit verschil in temperatuur tot de genoemde aanzienlijke waarden.

Een ander voorbeeld van het ontstaan van veel warmte tengevolge der stofwisseling, leveren kiemende zaden. Laat men zaden zich gedurende eenigen tijd met water vol zuigen, en plaatst men ze dan in een glas bij elkander, zoodat de lucht ook tot de onderste doordringen kan, zoo beginnen zij, onder gunstige omstandigheden, weldra te ontkiemen. Steekt men nu den bol van een thermometer tusschen deze zaden, zoo ziet men het kwik in de buis stijgen. Een verschil van temperatuur met die der omgeving van 5—10° C. werd niet zelden bij zoodanige proeven waargenomen. Trouwens de ontwikkeling van warmte is een bekend verschijnsel bij het kiemen van tarwekorrels, dat in bierbrouwerijen in het groot plaats vindt voor het verkrijgen van mout.

Kiemende zaden en zich openende bloemen zijn de beste voorbeelden voor de ontwikkeling van warmte in planten bij de stofwisseling. Doch ook andere plantendeelen kunnen voor deze proeven gebruikt worden. Hoe sneller de stofwisseling in hen is, m. a. w. hoe meer zuurstof zij in gelijken tijd opnemen en in koolzuur omzetten, des te aanzienlijker zal natuurlijk de voortbrenging van warmte zijn.

Uit het over stofwisseling en ademhaling gezegde blijkt, dat toevoer van zuurstof en afvoer van koolzuur twee voorwaarden voor de goede ontwikkeling van een plant zijn. En niet alleen geldt dit voor geheele planten, maar ook voor elk onderdeel in het bijzonder. Bij gekweekte planten is voor den stengel en de bladen, in één woord voor de in de lucht uitgespreide deelen, aan deze voorwaarden wel steeds voldaan, en behoeft slechts een al te nauwgezette afsluiting van in kamers en kassen gekweekte planten vermeden te worden, of door voldoende verlichting de ontwikkeling van zuurstof door de bladen bevorderd te worden, om de planten goed te doen gedijen.

De wortels, en al die deelen, die zich onder den grond ontwikkelen, maken echter op eenige meerdere zorgen aanspraak, en wij willen hier nog eenige oogenblikken stilstaan bij de wijze waarop men in land- en tuinbouw zorg draagt, dat hen de noodige zuurstof niet ontbreke. Wij beperken ons daarbij tot de wortels van landplanten; wortels die zich in het water ontwikkelen ontleenen de zuurstof

daaraan, of ook aan die deelen der plant welke rechtstreeks met de lucht in aanraking zijn.

De voornaamste bewerkingen, welke de grond ondergaat, om de lucht tot in de diepste lagen toegang te verleenen, waarin nog plantenwortels doordringen, zijn het omspitten en het omploegen. Het doel van deze bewerkingen is de vast aaneengedrukte deelen, waaruit de bouwaarde bestaat, los te maken, en zoodoende tusschen deze overal fijne tusschenruimten te doen ontstaan. In deze kan de lucht indringen, door deze loopt na regens het overtollige water spoedig naar den ondergrond af, en laat de tijdelijk afgesloten weg weer voor nieuwe lucht open. Daarenboven dient het losmaken van den grond door omspitten en omploegen nog voor de gelijkmatige verspreiding van de in den bodem bevatte meststoffen, voor het vernietigen van het onkruid, en om den weerstand, dien de grond aan de zich daarin ontwikkelende wortels biedt, geringer te maken. Doch al deze zaken kunnen tegenover de zorg voor de ademhaling slechts in de tweede plaats genoemd worden. Een verder middel tot verbetering van het doordringen van de lucht in den bodem is het draineeren. Dit wordt in den landbouw steeds toegepast, waar de grond met stilstaand water zoodanig is doortrokken, dat dit het toetreden van de lucht zou beletten of vertragen. Waar bijvoorbeeld de ondergrond voor water ondoordringbaar is, of de omliggende landerijen hooger liggen en dus het water van alle zijden toevloeit, daar moet het land gedraineerd worden. De bewerking bestaat daarin, dat op een diepte van eenige decimeters tot een meter buizen van gebakken steen zoodanig geplaatst worden, dat hare uiteinden telkens aan elkander sluiten, en zij dus te zamen één lange buis vormen. Van zulke lange buizen legt men er een aantal naast elkander, en wel des te dichter bij elkaar, naarmate een grootere hoeveelheid water moet afgevoerd worden. De buizen liggen een weinig hellend, en loopen uit in een greppel, die het water wegvoert. Het overtollige water in den grond dringt door den poreuzen wand der draineerbuizen in deze binnen, en kan hier terstond naar de lager gelegen greppel wegvloeien. In de door het water verlaten ruimten van den bodem dringt de lucht binnen, en levert daardoor de noodige zuurstof aan de wortels. Onder de verschillende gevolgen der draineering is dit ongetwijfeld het belangrijkste.

Iedereen weet, dat onze bloempotten steeds uit poreuze gebakken steen bestaan, en nooit verglaasd zijn. Even algemeen weet men, dat zich in den bodem van deze potten steeds één of meer openingen bevinden. Minder algemeen is het bekend, dat deze beide eigenschappen de bevordering der ademhaling door de wortels ten doel hebben. Gaan wij eerst het laatste punt na.

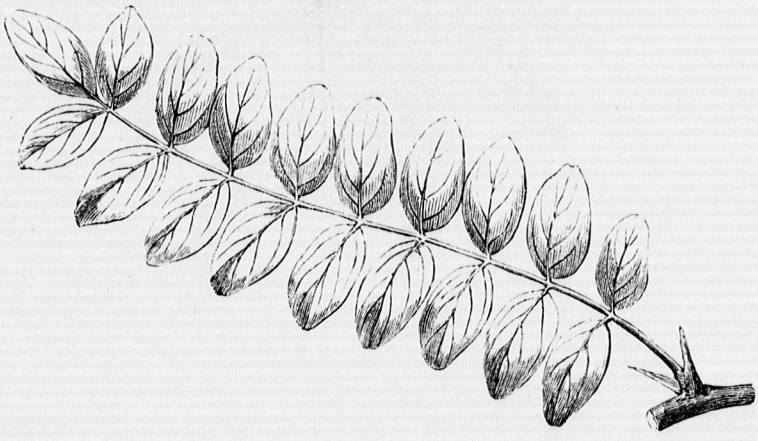
Het is bij het kweeken van planten in potten steeds een moeilijke vraag, hoe sterk zij behooren begoten te worden. Te veel water is schadelijk, te weinig doet de bladen verleppen, of de plant zal zich kommerlijk ontwikkelen. De meeste potplanten worden slechts van tijd tot tijd begoten, en krijgen dan in eens vrij groote hoeveelheden water. Het hindert daarbij weinig, hoeveel men op den pot giet, het overtollige water loopt toch door de gaatjes in den bodem weg. Sluit men deze openingen, en giet dan zooveel water in den pot als de aarde bevatten kan, dan is natuurlijk alle lucht uit de aarde verdreven en door water vervangen. Eenige oogenblikken schaadt deze toestand niet, doch op den duur zouden de wortels onder die omstandigheden sterven en verrotten. Maakt men de geslotene openingen weer open, zoo loopt een groote hoeveelheid water onder uit den bloempot. Zooveel water als er van onderen uitloopt, zooveel lucht dringt er natuurlijk van boven in de aarde in. Het door de aarde teruggehouden water wordt door de wortels opgezogen, en verdampt in de bladen; het maakt dus weer plaats vrij voor het indringen van een nieuwe hoeveelheid lucht. Vandaar dat men slechts van tijd tot tijd begiet en zorgt, dat het toegevoegde water slechts even toereikende is om het verlies door verdamping en door andere oorzaken te herstellen. Al het water dat meer in den pot aanwezig is belemmert de toetreding van de lucht tot de wortels, en werkt dus nadeelig op de ademhaling.

De poreuze wanden der bloempotten laten de buitenlucht toe in den pot te dringen, en veroorloven de lucht tusschen de aarddeelen naar buiten te treden om zich met de omgevende lucht te vermengen. Daar nu tengevolge van de ademhaling de lucht in den pot steeds meer koolzuur en minder zuurstof bevat, dan die van de omgeving, zal een dergelijke wisselwerking steeds in het voordeel van de wortels zijn. Staan de potten in kamers, of in den tuin doch boven den grond, zoo verdampt aan hare oppervlakte steeds water, dat daardoor de uitdroging der aarde, en dus het binnendringen der lucht helpt bevorderen.

DE BOUW EN DE VERRICHTINGEN DER BLADEN.

Vergelijkt men de bladen van verschillende planten met elkander, zoo valt ons terstond een groote verscheidenheid van vormen in het oog. Sommige bladen bestaan uit een enkel stuk, andere uit een aantal kleine blaadjes, die aan denzelfden steel zijn vastgehecht, en die nu eens allen op den top van dien steel geplaatst zijn, zooals bij

Fig. 1.

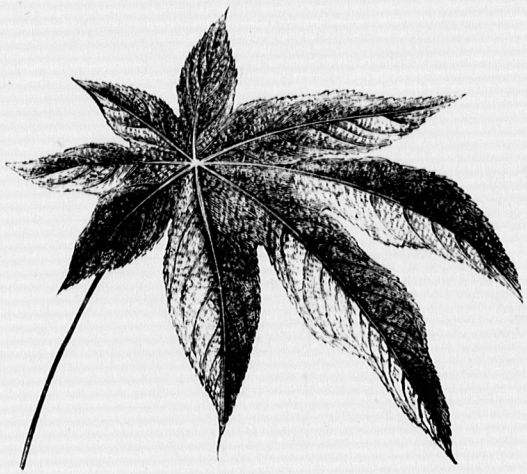


Samengesteld blad der gewone Acacia. (Robinia Pseud-Acacia).

de gewone paardenkastanje, dan weer min of meer regelmatig langs den geheelen steel verspreid zijn. Van dit laatste geval leveren ons o. a. de gewone acacia's een voorbeeld, welbekende boomen, die in het voorjaar met groote hangende trossen van witte, aangenaam rie-

kende bloemen bloeien. Men noemt de afzonderlijke blaadjes van zulk een blad bladschijven, en het geheele blad samengesteld. De bladschijven kunnen zelve weer zeer verschillende gedaanten bezitten, die vooral bij die bladen het meest uiteén wijken, welke slechts van één bladschijf voorzien zijn. Tusschen de lintvormige bladen van het riet en de cirkelronde bladen der Oost-Indische kers vindt men een volledige reeks van tusschenvormen, waarvan de voornaamste in de plantkunde met bijzondere namen bestempeld worden. Zoo heeft men o. a. elliptische bladen bij den beuk, eironde bladen bij de fransche sering, lancetvormige bladen bij den oleander. Let men verder op den rand, zoo wordt het aantal vormen nog veel aanzienlijker. Vele bladen toch vertoonen langs den geheelen rand tandjes, die soms in scherpe punten uitloopen, en soms van een ronden top voorzien zijn. Andere bladen bezitten diepere insnijdingen, wier richtingen bij den Wonderboom allen naar één punt gaan, namelijk

Fig 2.



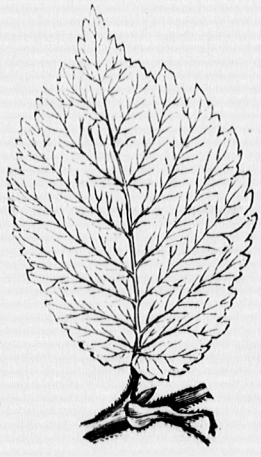
Gedeeld blad van den Wonderboom (Ricinus communis).

dat, waar de bladsteel aan de bladschijf is vastgehecht. Bij de bladen van den eik daarentegen loopen deze insnijdingen van den rand naar verschillende punten van de middennerf, echter zonder deze te bereiken. Wenden wij ons oog naar den top of den voet van het blad, naar de wijze van vasthechting aan den stengel, of gaan wij de verspreiding der bladen langs dezen na, overal vinden wij, zelfs bij de meest gewone tuin-

planten, zoo geheel uitéénloopende eigenschappen, dat aan de behandeling van deze een geheel hoofdstuk zou kunnen gewijd worden.

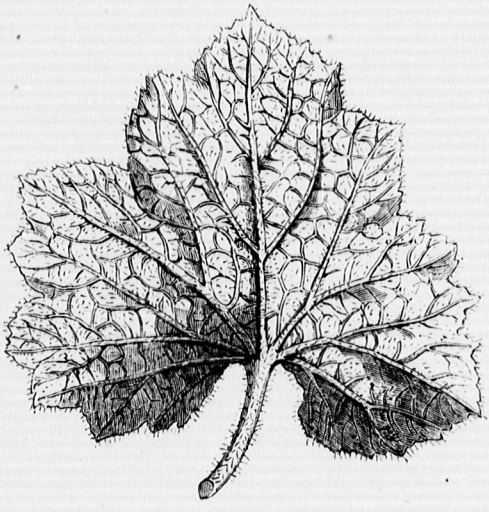
Bij al deze verscheidenheid zijn er echter zekere punten, waarin alle, of ten minste verreweg de meeste bladen met elkander overeenkomen. Het is op deze, dat wij thans onze aandacht vooral moeten vestigen, daar de rol, die de bladen in het leven der planten spelen, voor allen dezelfde is, en dus de aan allen gemeenschappelijke eigenschappen voor de verrichtingen der bladen de belangrijkste zijn. Reeds een oppervlakkige beschouwing leert ons de aderen of nerven kennen, welke over het geheele blad verspreid zijn. Vooral aan de onderzijde zien wij ze duidelijk, daar zij hier meestal verheven lijnen vormen. Tegelijk zien wij dat hunne kleur lichter groen is, dan die van de tusschengelegen deelen. Deze laatste zijn meer sappig, waarom

Fig. 3.



Vinnervig blad van een yp. (Ulmus campestris).

Fig. 4.



Handnervig blad van den meloen. (Cucumis Melo).

men hen bladmoes genoemd heeft, in tegenstelling van de taaiere, minder vocht bevattende nerven. Een nauwkeuriger beschouwing toont ons, dat de verschillende grootere en kleinere takken der aderen in elkander uitloopen en een gesloten netwerk vormen, welks mazen door het bladmoes zijn aangevuld (fig. 4). Bij de bladen van den meloen kan men dit zeer goed waarnemen; bij andere bladen valt het eerst dan duidelijk in het oog, wanneer men van deze een zooge-

noemd skelet beschouwt. Hieronder verstaat men een blad, waarvan het bladmoes verwijderd is en dus alleen de nerven en aderen nog overgebleven zijn. In het voorjaar vindt men onder de dorre bladeren op den grond in bosschen dikwijls zulke skeletten. Vooral de bladen van den ratelpopulier worden in dezen toestand aangetroffen. De in het najaar afgevallen bladen verrotten en vergaan, gelijk bekend is, langzamerhand, daar zij bij regenachtig weer vocht opnemen, en daarbij steeds aan de inwerking der lucht zijn blootgesteld. Daar nu de nerven aan de verrotting en het vergaan meer weerstand bieden dan het bladmoes, verdwijnt dit laatste het eerst, en blijft dus het skelet over. Op den duur zal echter ook dit vergaan, en zoodoende medehelpen tot de vorming der bladaarde, die den bodem onzer bosschen bedekt. De in de natuur ontstane skeletten zijn echter zelden geheel volledig, doch meestal min of meer beschadigd. Volkomen gave kan men door kunst maken, door n.l. het in de natuur waargenomen proces na te bootsen. De fijnste bladskeletten verkrijgt men door zeer langzaam vergaan van het bladmoes, b.v. bij lang liggen in lauwwarm water. Als een geschikte gelegenheid hiertoe wordt het water in warme kassen aanbevolen. Men behoeft hier slechts van tijd tot tijd den voortgang der verrotting na te gaan, om de bladen op het juiste oogenblik, dus nadat het bladmoes geheel vergaan is, maar vóór dat de nerven worden aangetast, uit het water te nemen en te drogen. Een meer gebruikelijke methode tot het maken van deze skeletten is de volgende, bij welke de fijnste takjes der nerven echter verloren gaan. Men droogt de bladen tusschen papier tot dat ze stijf, en min of meer bros geworden zijn, legt ze dan op een dubbel gevouwen doek, en klopt nu voorzichtig met een borstel op het blad. De haren van den borstel dringen in het blad in, en maken het bladmoes als een fijn poeder los van de nerven. In een half uur kan men op deze wijze van een eikenblad een skelet maken; grootere bladen, of bladen met een fijner aderverloop vereischen natuurlijk meer tijd.

Deze bladskeletten zijn zeer geschikt om ons het verloop der nerven in het blad te leeren kennen, doch ook gave bladen kunnen hiertoe dienst doen. Men onderscheidt de hoofdnerven en de zijnerven. In het blad van den meloen (fig. 4) en dat van den wonderboom (fig. 2) ziet men de hoofdnerven allen uit één punt ontsprin-

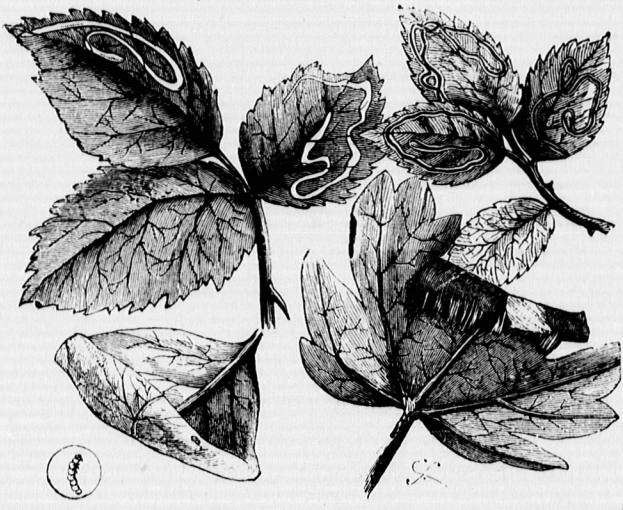
gen en naar verschillende zijden van het blad loopen. Zulke bladen heeten handnervig. Het punt, waar de nerven samenkomen, is de voet van de bladschijf, waar deze aan den steel bevestigd is; de middelste nerf vormt als het ware een voortzetting van den steel in de schijf, terwijl de zijnerven zich als zijne takken voordoen. Bij het lelietje der dalen ontspringen ook wel een aantal nerven uit den voet van het blad, doch deze loopen allen naar den top, om daar weer te zamen te komen. Daarbij volgen de buitenste den bladrand, en maken dus een bocht, die aanleiding gegeven heeft tot den naam van kromnervig, waarmede men deze bladen aanwijst. Helt de bladschijf meer naar het lintvormige over, zoo worden de zich aan den top vereenigende nerven meer of minder recht; van zulke rechtnervige bladen leveren ons de grassen voorbeelden. Eindelijk zijn er nog bladen, die slechts één enkele hoofdnerf bezitten (fig. 2), welke zijdelings hare takken afgeeft. Men noemt deze soort vinnervig. Hoe in al deze gevallen het verloop der nerven ook zij, altijd is het zoodanig, dat elk punt van het blad langs een betrekkelijk korten weg door de nerven verbonden is met den voet van de bladschijf, dus met den bladsteel, en door dezen weer met den stengel of den tak, die het blad draagt. Op deze eigenschap komen wij terug, wanneer wij de rol, die de nerven bij de verrichtingen van het blad spelen, zullen moeten behandelen.

Behalve de nerven en het bladmoes bezitten de bladen eene opperhuid, die ze van alle zijden omgeeft en belet, dat het vochtige bladmoes door verdamping geheel zou uitdrogen. Deze opperhuid is een uiterst dun, doorschijnend vliesje, dat de groene kleur van het bladgroen mist. Van sommige bladen, b. v. die van de tulp en de hyacint, kan men het in groote stukken gemakkelijk afscheuren; bij vinnervige en handnervige bladen gelukt het in den regel slechts zeer kleine stukjes er van af te zonderen.

Bij bladen, wier bladmoes plaatselijk geheel door de larven van sommige soorten van motjes, de zoogenaamde mijnrupsen, is weggevreten, kan men de opperhuid gemakkelijk waarnemen. In rozebladen (fig. 5) ziet men niet zelden witte, onregelmatig gebogen strepen: dit zijn de gangen der mijnrupsen, die het bladmoes op die plaatsen als voedsel gebruikt hebben, en slechts de opperhuid hebben overgelaten. Bij eikebladen is door zulke mijnrupsen dikwijls

het bladmoes over meer dan de helft van de bladschijf opgegeten, en de opperhuid daardoor als een dun vliesje vrij geworden.

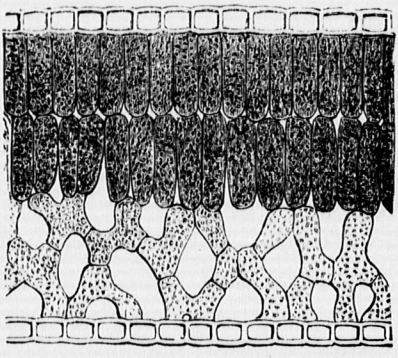
Fig. 5.



Rozebladen met de gangen der mijnrupsen; daaronder door rupsen saamgerolde bladen van de kruisbes.

De nerven, het bladmoes en de opperhuid, die naar het voorgaande te zamen het blad uitmaken, zijn echter geenszins enkelvoudige deelen, doch bestaan elk weder uit een groot aantal kleine organen, tot wier beschouwing het noodig is van een mikroskoop gebruik te maken. Om den mikroskopischen bouw van het blad te leeren kennen, snijden wij met een zeer scherp mes een blad dwars door, en snijden dan op de snijvlakte een dun laagje van het blad af. Een stukje van zulk een praeparaat vertoont ons fig. 6, bij sterke vergrooting gezien. Men herkent gemakkelijk de opperhuid der beide zijden, daar zij de bovenste en onderste grens der figuur vormt. Daartusschen ligt het bladmoes; een nerf is in de figuur niet opgenomen. Zoowel de opperhuid als

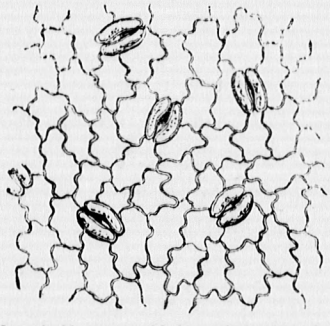
Fig. 6.



Dwars doorsnede van een blad.

het bladmoes bestaan uit een aantal kleine organen, wier grenzen duidelijk waarneembaar zijn. Deze organen heeten cellen. Het zijn blaasjes voorzien van een min of meer vliezigen wand en een slijmerig-vloeibaren inhoud. In de opperhuidscellen is deze inhoud helder en meestal ongekleurd; in de cellen van het bladmoes is hij min of meer korrelig, doch eveneens ongekleurd. In deze ongekleurde massa liggen echter een aantal grootere korrels van een groene kleur. Dit zijn de bladgroenkorrels; aan deze heeft het blad zijn groene kleur te danken. De verdere beschouwing onzer doorsnede leert ons dat het bladmoes aan de bovenzijde uit langwerpige, regelmatig naast elkander geplaatste cellen bestaat, die dicht aaneensluiten; aan de onderzijde zijn de cellen meer onregelmatig van vorm en ligging, waardoor groote ruimten tusschen haar open blijven. Deze tusschencellige ruimten zijn steeds met lucht gevuld, die door middel van kleine openingen in de opperhuid met de buitenlucht in gemeenschap staat. Om deze openingen te kunnen zien, nemen wij met een mes een fijn schilfertje opperhuid van een blad, liefst van de onderzijde, (fig. 7). Tusschen de onregelmatig gevormde opperhuidscellen liggen paarsgewijze kleinere cellen, wier vorm het best met dien van een witte boon kan worden vergeleken. In elk paar liggen de beide cellen met den hollen kant tegen elkander aan, zoodat er een kleine opening overblijft. Deze opening heet het huidmondje; de beide cellen dragen den naam van sluitcellen, daar zij, gelijk wij later zullen zien, de opening onder bepaalde omstandigheden kunnen sluiten. Onder de huidmondjes treft men in den regel niet terstond de cellen van het bladmoes aan, doch eerst een tusschencellige ruimte. Overeenkomstig daarmede is vooral de onderzijde der bladen rijk aan huidmondjes, terwijl deze op de bovenzijde van vele bladen zelfs geheel ontbreken. Snijdt men een blad dwars door op een plaats waar een huidmondje gelegen is, zoo kan men deze tusschencellige ruimte duidelijk waarnemen. Fig. 8 vertoont ons een zoodanig praeparaat. De boonvormige sluitcellen zijn op de doorsnede natuurlijk rond, en door haar korreligen inhoud

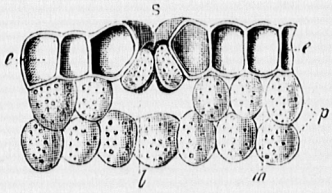
Fig. 7.



Opperhuid van een blad met de huidmondjes.

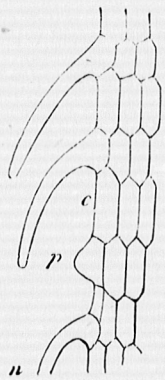
herkenbaar; het huidmondje is in gesloten toestand afgebeeld, zoodat de beide sluitcellen (*s*) elkander aanraken; in deze neemt men bladgroenkorrels waar. Terwijl de vorm der huidmondjes bij verreweg de meeste planten dezelfde is, is hunne verspreiding aan veel variatie onderworpen. In den regel zijn zij gelijkmatig over de opperhuid verspreid, soms tot kleinere of grootere groepen vereenigd, welke niet zelden in diepten der opperhuid zijn weggescholen. Soms is de opperhuid aan beide zijden van het blad even rijk aan huidmondjes, meestal echter, gelijk wij zagen, vertoont de onderzijde er meer dan de bovenzijde. Het omgekeerde is het geval bij die waterplanten, wier bladen op de oppervlakte van het water drijven; deze bezitten alleen aan de bovenzijde huidmondjes, daar de onderzijde niet met lucht, doch steeds met water in aanraking is. Behalve de huidmondjes bezit de opperhuid van vele bladen haren, die nu eens groot zijn en elk afzonderlijk gezien kunnen worden, zooals bij de klaprozen, dan eens tot een fijn vilt zijn saamgeweven, dat een zijde- of fluweelachtig uiterlijk aan het blad geeft. De zilverwitte kleur der onderzijde van vele bladen, b.v. van den abeel en de framboos, is uitsluitend aan zulke dicht ineengeweven haren toe te schrijven. Soms doet een haar zich, onder het mikroskoop gezien, voor als een enkele cel der opperhuid, die als het ware buisvormig uitgegroeid is (fig. 9); bij andere planten bestaan de haren uit een groot aantal cellen, en zijn zij dikwijls op zeer regelmatige wijze vertakt (fig. 10.). De haren van menig blad behooren tot de fraaiste voorwerpen, die men onder het mikroskoop kan aanschouwen.

Fig. 8.



Dwarssnede door een blad, *s* huidmondje, *e* opperhuid, *p* cellen van het bladmoes, *m*, *l*, tusschencellige ruimten.

Fig. 9.

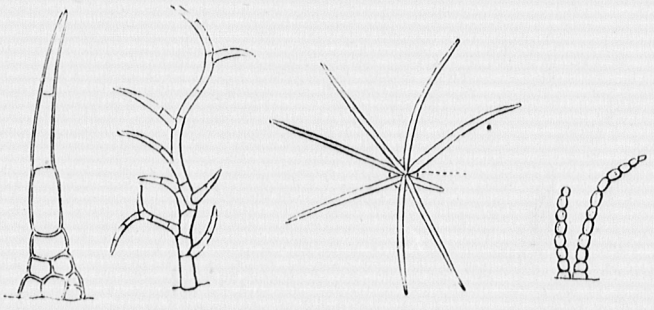


Opperhuid van meekrap (Rubia tinctorum), *p* tot haren verlengde opperhuidscellen, *c* overige opperhuidscellen.

De cellen, waaruit de nerven van het blad bestaan, hebben over het algemeen een buisvormige gedaante. Zij liggen met haar langste assen evenwijdig, dicht tegen elkander aan en vormen daardoor als

het ware stevige draden. Vele harer cellen zijn cilindrisch van vorm en aan beide uiteinden gesloten, en bevatten een vloeibaren inhoud;

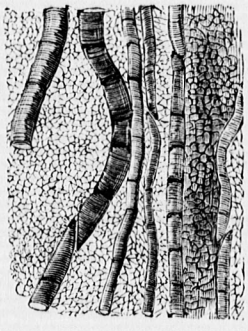
Fig. 10.



Verschillende vormen van veelcellige haren.

andere daarentegen zijn in lange reeksen geplaatst en hebben hare dwarswanden verloren, zoodat zij met elkander tot een enkele buis versmolten zijn. Deze buizen bevatten steeds lucht, die aan hare uiteinden veelal met de lucht der tusschencellige ruimten in verbinding staat. Zulke buizen heeten vaten, en worden verdeeld in spiraalvaten en ringvaten, al naar gelang van de teekening van haar wand, die nu eens afzonderlijke ringen, dan weder een doorloopenden spiraaldraad vertoont. Zulk een spiraaldraad is dikker dan de overige wand van het vat; daardoor scheurt de wand gemakkelijker tusschen de windingen van de spiraal, dan de draad breekt. Door deze eigenschap kan men den spiraaldraad afwinden en ook zonder behulp van het mikroskoop zichtbaar maken. Men breekt daartoe bv. een groen blad van een hyacint, of een bloemblad van een fuchsia voorzichtig door, en verwijdert de beide stukken slechts langzaam van elkander. Men ziet dan, dat zij door een aantal fijne draden met elkander verbonden blijven, die zich min of meer duidelijk spiraalswijze oprollen, zoodra men de beide stukken weer tot elkander doet naderen. Deze draden zijn de afgerolde spiralen der spiraalvaten.

Fig. 11.



Spiraalvaten in het weefsel der tuinbalsamien (Balsamina hortensis).

Waar een nerf een zijtak afgeeft, geschiedt dit door splitsing in twee

deelen; een aantal der vaten en der reeksen van cilindrische cellen verandert van richting, om den zijtak te vormen, de overige blijven de oude richting behouden. De vaten zelven vertakken zich daarbij echter in den regel niet. Wij hebben reeds gezien dat de fijne takken der nerven weder in elkander samenvloeien en daardoor een gesloten netwerk vormen. Dit moet echter niet zoo opgevat worden, alsof daardoor de uiteinden der fijne takken geheel te zamen zouden smelten. Integendeel buigt zich in iedere maze van het net een zeer fijn takje af, en eindigt blind in het midden der maze (fig. 12). Het bestaat slechts uit een enkele celreeks, waarvan de top dikwijls opgezwollen is. Daardoor wordt de gemeenschap van alle deelen van het bladmoes met de nerven een zeer volledige.

Fig. 12.



Fijnste uiteinden der nerven van het blad van den Laurierkers (Prunus Laurocerasus).

Ik beweer niet, dat op alle bladen zonder uitzondering de hier gegeven beschrijving toepasselijk is. Er worden uitzonderingen aangetroffen, doch slechts in klein getal. Vele bladen daarentegen bezitten, behalve de hier besprokene, nog andere organen of cellen, van welke de kliertjes met welriekende oliën als voorbeeld mogen dienen. Over al deze bijzondere gevallen te spreken is echter voor ons doel, de kennis van de verrichtingen van het blad, overbodig te achten, en zoo keeren wij ons liever terstond tot de stof, die van nu af steeds op den voorgrond van onze beschouwingen zal moeten staan, het bladgroen.

Bijna zonder uitzondering bezitten de bladen van alle planten een groene kleur. Deze algemeenheid is zoo groot, dat wij reeds daardoor tot de overtuiging moeten geraken, dat deze eigenschap in het leven der planten een belangrijke rol speelt. Vandaar dat reeds sinds lange tijden groene bladen het voorwerp van talrijke onderzoekingen uitgemaakt hebben, en dat zelfs nu nog vele natuuronderzoekers zich bezig houden, hetzij met de studie der groene kleurstof als zoodanig, hetzij met de nauwkeurige bepaling van de verrichtingen, welke de van bladgroen voorziene cellen onder allerlei omstandigheden volbrengen. Het moge hier reeds voorloopig opgemerkt worden, dat werkelijk de rol der groene plantendeelen voor het leven der planten van het uiterste gewicht is, daar in de bladgroenkorrels het voornaamste gedeelte van de

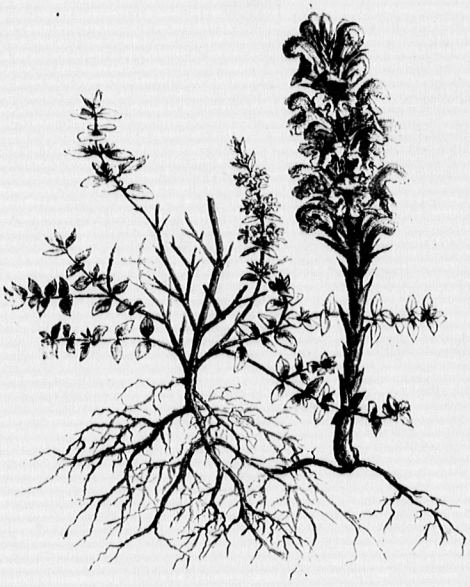
voeding der plant plaats vindt. Zij toch zijn het, die uit bepaalde, door de plant uit de buitenwereld opgenomen stoffen, de bouwstoffen voor het plantenlichaam bereiden.

Als inderdaad aan de groene kleurstof een zoo belangrijke werking is opgedragen, en een normale voeding zonder haar niet mogelijk is, hoe voeden zich dan al die planten, die, zooals de bruine beuk en de zwarte hazelaar, ons in haar bladen een roode of bruinachtige kleur vertoonen? In deze toch schijnt de groene kleurstof te ontbreken. Doch schijn bedriegt, en in werkelijkheid bezitten deze planten evengoed bladgroen als andere, die het ons reeds op het eerste gezicht vertoonen. Elke mikroskopische doorsnede van zulk een blad kan ons dit leeren; in den regel is zelfs de bruine of roode kleurstof in andere cellen bevat dan het bladgroen, en niet zelden zijn het juist de opperhuidscellen, die toch nooit bladgroen bevatten, welker inhoud de vreemde kleurstof in oplossing houdt. Deze roode of bruine kleurstof is in den regel oplosbaar in water, een eigenschap die het bladgroen mist. Hiervan kan men gebruik maken om de aanwezigheid der groene kleurstof in bruine bladen op een gemakkelijke wijze aan te toonen. Houdt men de zwartbruine bladen van den zwarten hazelaar gedurende eenigen tijd in een niet te geringe hoeveelheid kokend water, zoo zijn zij geheel groen, als men ze er weder uitneemt. Het kokende water doodde de cellen, en nam daaruit de bruine kleurstof op. Zulke uitgekookte bladen zijn van die van den gewonen hazelaar ter nauwernood meer te onderscheiden. Eenigszins anders dan met de groene kleurstof van bruine bladen, is het met die van bonte bladen gesteld. Iedereen kent de bonte planten, met haar lichtgele en groene vlekken, die tegenwoordig in zoo grooten getale in onze tuinen en parken gekweekt worden. In de gele vlekken ontbreekt het bladgroen, of is het slechts in zeer geringe mate aanwezig, zoodat de zorg voor de voeding geheel aan de groene gedeelten is opgedragen. Soms schijnen zulke bladen geheel vrij van bladgroen te zijn, wat aan enkele takken van bonte planten, b.v. van paardenkastanjes en geraniums, van tijd tot tijd wordt waargenomen. Een nauwkeurig onderzoek toont echter ook hier steeds nog geringe hoeveelheden bladgroen aan.

Er bestaan echter ook eenige planten, in welke noch het mikroskopisch onderzoek, noch eenige andere methode bladgroen heeft doen

vinden. Zij kunnen, hoe verschillend ook hare bloemen en vruchten, ja haar geheele uiterlijk zijn moge, tot twee afdeelingen gebracht worden. De eene omvat de woekerplanten, de andere eenige soorten, die op rottende organische stoffen, b.v. afgevallen bladen, leven. Van beide groepen komen soorten in het wild in ons vaderland voor. Een voorbeeld van de eersten leveren de bremrapen (fig. 13 en fig. 14).

Fig. 13.



Bremraap (Orobanche) op een wortel van thym (Thymus Serpyllum) groeiende.

Fig. 14.

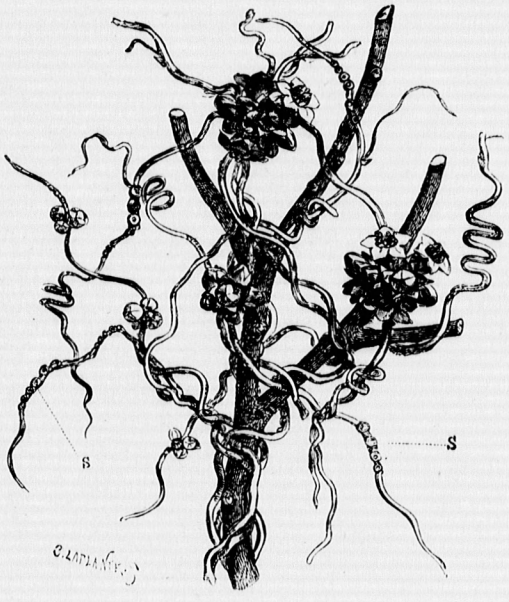


Een bloeiende stengel van bremraap (Orobanche).

Het zijn lage bleekgele planten, met een niet of zeer weinig vertakten stengel, die in plaats van bladen slechts kleine bruine schubben vertoont, en naar boven de ongesteelde, eveneens bleekgele, soms ook rose-achtige bloemen draagt. In den grond zijn zij bevestigd door een kleinen wortelstok en een aantal wortelvezels, van welke steeds eenigen vergroeid zijn met de wortels eener tot een ander geslacht behoorende plant. Krachtens deze innige vergroeiing putten de

bremrapen het grootste gedeelte van haar voedsel uit de plant op welke zij woekeren, en ontwikkelen zich dus ten koste van deze. De door den parasiet aangevallen en half uitgezogen exemplaren hebben dan ook meestal een zeer kwijnend uiterlijk, en niet zelden gebeurt het, dat hun de krachten ontbreken om bloemen en zaden te ontwikkelen. Elke soort van bremraap woekert op bepaalde soorten van andere gewassen; sommige op door den mensch gekweekte planten, als klaver en hop. Op klaverlanden kan door dit schadelijke onkruid dikwijls een groot gedeelte van den oogst verloren gaan. Een ander voorbeeld van een bladgroenloozen parasiet vindt men in fig. 15 voor-

Fig. 15.



Windsels (Cuscuta) op Luzerne woekerend. SS zuigwortels.

gesteld. Het zijn de windsels of het warkruid, planten, die geheel uit lange dunne draden bestaan, welke zich spiraalsgewijze om andere planten slingeren, en zich als een netwerk tusschen deze uitbreiden. Hunne kleine, witte of lichtroode bloempjes zijn tot kogelronde groepjes vereenigd. Bladen ontbreken aan de windsels geheel. Een soort van dit geslacht is op onze heiden zeer algemeen, andere soorten komen op klaver- en vlasvelden voor, en vernielen daar de planten,

welke zij aanvallen, zóó geheel, dat zij als het meest gevaarlijke van alle onkruiden voor deze gewassen moeten beschouwd worden. Soms ziet men op klavervelden reeds op grooten afstand roode plekken van één of meer quadraatmeters oppervlakte; het is het warkruid, dat in dicht weefsel het gewas bedekt, dat zijne beste sappen aan den parasiet moet afstaan, en zich zelf slechts zeer kommerlijk ontwikkelen kan.

Het stofzaad is een klein plantje, dat in eikenbosschen bij ons niet zeldzaam is, en in uiterlijk zeer veel op een bremraap gelijkt. Men herkent het gemakkelijk aan den overhangenden bloeitop en de regelmatige buisvormige bloemen. Het is geen woekerplant; de zorgvuldigste uitgraving zoowel van jonge als van oude individu's doet nooit eenigen samenhang met levende deelen van andere planten kennen. Het leeft tusschen afgevallen bladen, en put uit deze dat gedeelte van zijn voedsel, dat andere planten zich zelve door haar groene kleurstof kunnen bereiden. Men zou zulke planten afvalplanten kunnen noemen.

Het gemis van de groene kleurstof noodzaakt dus de planten haar organisch voedsel aan andere organismen te ontleenen, hetzij zij deze in levenden toestand aanvallen, hetzij zij uit hare afgevallen deelen de geringe hoeveelheden voedsel trachten te verzamelen, die daarin steeds nog aanwezig zijn. Onder de lagere planten leveren ons de paddestoelen, roestzwammen en schimmels talrijke voorbeelden van deze beide gevallen, daar zij geen van allen bladgroen bezitten, en dus allen hun organisch voedsel als zoodanig in de natuur moeten aantreffen.

Onder bepaalde omstandigheden kunnen gewone groene planten stengels of takken vormen, die geheel vrij van bladgroen zijn, en in uiterlijk zeer na met de zoo even besproken woekerplanten en afvalplanten overeenkomen. Iedereen kent de lange, bleekgele loten, die aardappels niet zelden in donkere kelders vormen. Zij ontstaan zoowel in volkomen duisternis, als bij toetreding van zeer weinig licht. Hare leden zijn bovenmatig lang en dun, hare bladen uiterst klein of onontwikkeld. Bladgroen bezitten zij niet. Brengt men ze bij tijds in 't licht, zoo kleuren zij zich aldaar groen; zijn zij echter te oud, zoo geschiedt dit niet meer of slechts zeer onvolkomen. De stengels van gewone aardappelplanten zijn groen, evenals

hare bladen. Graaft men echter de geheele plant uit den grond, zoo ziet men dat de in de aarde verborgen stengeldeelen niet groen, doch bleek geel zijn. Ook deze kunnen aan het licht weer groen worden. Uit deze waarnemingen volgt dat de groene kleurstof niet ontstaat, zoolang plantendeelen in 't donker groeien, doch dat tot haar ontstaan de medewerking van het licht noodig is. Talrijke andere voorbeelden zouden hiervan aangehaald kunnen worden. Zoo moeten de koppen der asperges bedekt worden, zoo zij boven den grond komen, en blijft de molsla slechts bleek en sappig wanneer zij zich in over de planten geworpen hoopen losse aarde ontwikkelt.

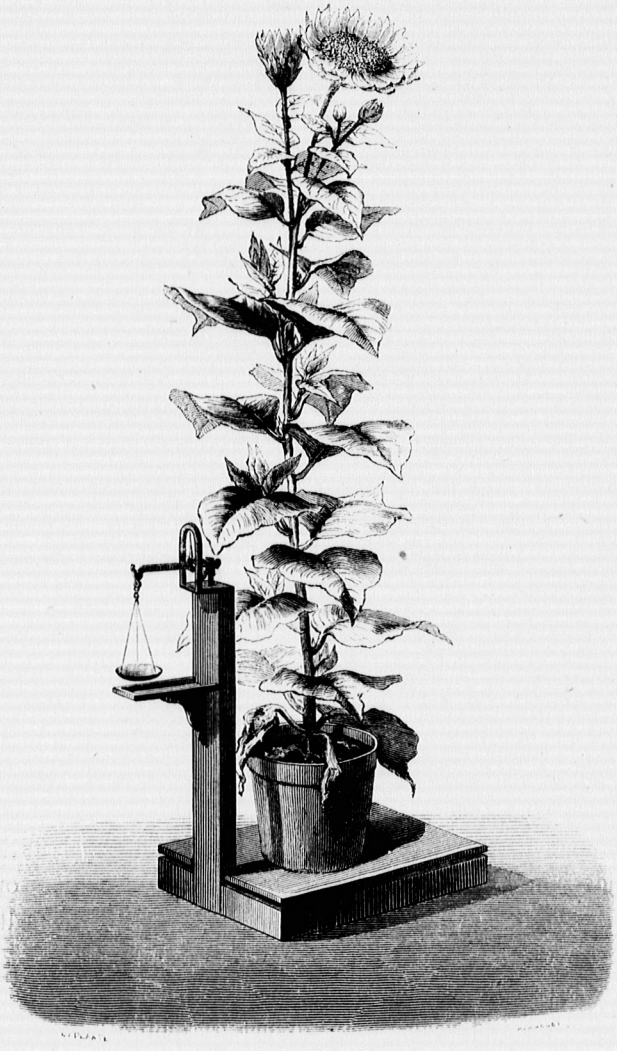
Het is wellicht niet geheel zonder belang, hier even mede te deelen, dat de groene kleurstof gemakkelijk uit plantendeelen kan worden afgezonderd. De beste methode is, dat men de groene bladen in water uitkookt, ze dan goed uitperst, of ook wel uitdroogt, en daarna in alcohol brengt. Deze vloeistof neemt daardoor een donkergroene kleur aan, welke bij bewaring in het donker langen tijd goed kan blijven, aan het licht echter zeer spoedig verdwijnt. Een merkwaardige eigenschap toont deze bladgroen-oplossing, wanneer men daarin door middel van een brandglas een kegel van zonnestralen doet vallen. Dat gedeelte toch, dat door deze stralen beschenen wordt, vertoont tijdelijk een roode kleur, terwijl de omliggende vloeistof voor het oog groen blijft.

Na deze uitvoerige beschrijving van den bouw der bladen en van het voorkomen van het bladgroen daarin, kunnen wij overgaan tot de behandeling van de rol, die zij in het leven der planten te vervullen hebben. Deze is tweeërlei. Eenerzijds vindt in hen de verdamping van het door de wortels opgenomen water plaats, aan de andere zijde zijn hunne bladgroene korrels de eigenlijke organen, waarin de verwerking van het opgenomen voedsel geschiedt. Gaan wij in de eerste plaats de verdamping nauwkeuriger na.

Iedereen weet, dat een bouquet in een glas met water eischt, dat men van tijd tot tijd eenig water in het glas bijgiete, zoo men ten minste wil, dat de planten niet spoedig verwelken en verdrogen. Een glas met water gevuld, doch zonder planten, verdampt in vergelijking met het vorige slechts in geringe mate. De bladen en

bloemen der bouquet zuigen dus het water op, en daar zij daarvan slechts een beperkte hoeveelheid in zich bevatten kunnen, verliezen zij het overige door verdamping. Men kan deze verdamping ook op op andere wijzen aantoonen. Hiertoe plaatst men over de plant, hetzij

Fig. 16.



Verdamping van een zonneroos.

deze binnenskamers in een pot staat, of buiten in den vrijen grond geworteld is, een glazen klok. Het verdampte water moet

onder die omstandigheden als damp in de klok blijven. Wanneer nu des nachts de klok afkoelt, dan zal de waterdamp aan den binnenkant tegen het glas neerslaan, en dus als water zichtbaar worden. Veelal behoeft men den nacht niet af te wachten; vooral wanneer de plant onder de klok door de zon beschenen wordt, kan reeds spoedig het neerslaan van waterdruppels tegen het glas waargenomen worden.

Fig. 16. stelt eene methode voor om de hoeveelheid water, die door een plant in bepaalden tijd, en onder bepaalde omstandigheden verdampt wordt, te bepalen. De plant staat op een balans, die door het plaatsen van gewichten op de kleine schaal in evenwicht gebracht wordt. Door de verdamping wordt de plant lichter, en om het evenwicht te herstellen zal men dus gewichten van de schaal moeten afnemen. Men kan, door dit b. v. elk uur te doen, den gang der verdamping gedurende den dag nagaan, en zoodoende hare afhankelijkheid van warmte en licht onderzoeken. Voor ons is het echter voldoende te weten, dat de hoeveelheden door verdamping verloren water uiterst aanzienlijk zijn, en in weinige dagen het gewicht der plant zelf kunnen overtreffen. Vooral bij droge lucht, bij wind, en bij helderen zonneschijn is de verdamping zeer krachtig, en ook de temperatuur oefent op haar een belangrijken invloed uit.

De verdamping van bladen vindt zoowel plaats door de opperhuid, als door de cellen van het bladmoes, waar deze met de tusschencellige lucht in aanraking zijn. De lucht in de tusschencellige ruimten wordt daarbij met waterdamp bijna verzadigd, en deze damp kan door de huidmondjes ontwijken en zich met de drogere lucht mengen. Vandaar dat de verdamping van plantendeelen aanzienlijker is op die plaatsen waar huidmondjes aanwezig zijn, dan op die waar men er geen aantreft. Zoo vertoonen b. v. de onderzijde en de bovenzijde der bladen in dit opzicht in den regel een belangrijk verschil. Niet zelden is de uitwaseming aan de onderzijde 5—10 maal, bij sommige planten zelfs 30—40 maal grooter dan die aan de bovenzijde van hetzelfde blad. Van het laatste geval levert de bekende Aucuba Japonica een voorbeeld. Deze opgaven mogen voldoende zijn om zich een algemeen denkbeeld van de verdamping in bladen te vormen; voor meer bijzonderheden omtrent dit verschijnsel verwijs ik naar een volgend hoofdstuk, dat aan de bewegingen van het water in de planten gewijd is.

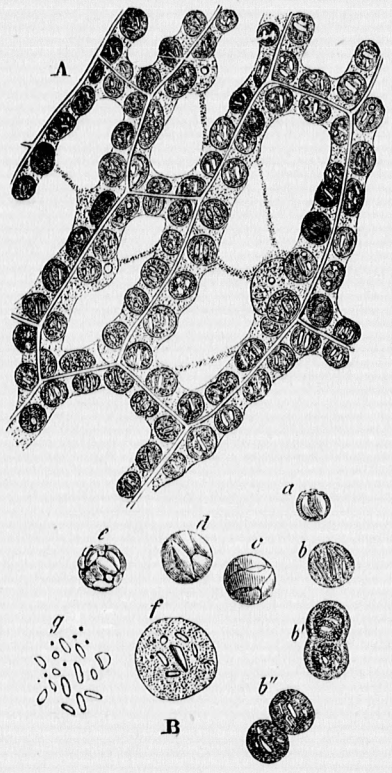
Wij komen thans tot het belangrijkste gedeelte van ons onder-

werp: de vorming van organische stoffen in het blad. In onze eerste verhandeling, over de bouwstoffen van het plantenlichaam, hebben wij gezien, dat het grootste gedeelte van de vaste stof, waaruit de plant bestaat, brandbaar is, en bij die verbranding koolzuur en water oplevert. Zulke stoffen worden in de natuur alleen door levende organismen gevormd, en dragen daarom den naam van organische. Wij zagen verder dat koolzuur en water de materialen zijn, waaruit de plant hare bouwstoffen vormt, en dat daarbij koolzuur aan de lucht wordt onttrokken en zuurstof aan deze teruggegeven. Er bestaat dus in dit opzicht een tegenstelling tusschen deze zoogenoemde assimilatie en de ademhaling van planten en dieren. Niet onder alle omstandigheden vindt assimilatie plaats; zij is, behalve aan de gewone voorwaarden van het plantenleven, zooals warmte, vocht, enz., en, behalve aan de aanwezigheid van koolzuur in de lucht, nog gebonden aan de vervulling van twee voorwaarden: licht en bladgroen. Slechts groene, door voldoend licht beschenen plantendeelen kunnen assimileeren; niet groene deelen, of in het donker gehouden organen vertoonen dit verschijnsel nooit.

De in het genoemde hoofdstuk beschreven proeven leerden ons de verandering kennen, die de lucht tijdens de assimilatie ondergaat. Wij konden uit het feit dat het koolzuur verdwijnt en de zuurstof der lucht in hoeveelheid toeneemt, afleiden dat de koolstof in de bladen in de eene of andere verbinding wordt teruggehouden. Met de kennis der uitwendige verschijnselen en de daaruit getrokken conclusie kunnen wij ons echter niet tevreden stellen; het is wenschelijk de vorming van organische stoffen rechtstreeks waar te nemen. Het komt er dus weer op aan, proeven te doen. Tot dit doel kweeken wij in een aantal potten jonge zaadplantjes, van sterkers, radijs, of eenige andere plantensoort, liefst wat veel exemplaren in elken pot. Wij laten de planten zich in het licht ontwikkelen tot haar eerste bladen uitgespreid zijn, en zij een donker groene kleur hebben aangenomen. Dan plaatsen we ze in een donkere kast, en laten ze daar eenige dagen staan. Wij hebben ons dan het noodige materiaal voor uitvoerige onderzoekingen verschaft. Op den dag, voor de eerste proeven bestemd, nemen wij een pot uit de kast, en plaatsen dien des morgens voor een venster, waar hij door de zon beschenen kan worden. Zoodra de pot uit de kast gekomen is, plukken wij

eenige bladen af, maken van deze dwarssneden en overtuigen ons onder het mikroskoop, dat deze geheel met den vroeger beschreven bouw der bladen overeenkomen, dat er geen in 't oog vallende bijzonderheden aan te zien zijn. Nadat de planten gedurende eenige uren door de zon beschenen zijn, plukken wij weder eenige bladen af, en behandelen ze op dezelfde wijze. Hun bouw is onveranderd gebleven. Maar de bladgroenkorrels hebben een geheel ander uiterlijk gekregen. Zij zijn veel grooter geworden, en vertoonen in haar binnenste een min of meer doorschijnend, wit lichaam, waar rondom de groene stof der korrel nog slechts een laag vormt, die in vele gevallen slechts van zeer geringe dikte is. Soms vindt men niet één, maar twee of meer witachtige lichaampjes in elke bladgroenkorrel. Vergelijken wij deze doorsneden nog eens met die welke wij des morgens gemaakt hebben, toen de planten pas in het licht kwamen, dan overtuigen wij ons, dat deze lichaampjes daarin niet voorkomen, en dus tijdens het verblijf in het licht moeten ontstaan zijn. Ten overvloede vergelijken wij nog eenige der gedurende dien tijd in de donkere kast gebleven planten, en vinden ook in deze de witte lichaampjes niet. Om te weten welke beteekenis deze witte lichaampjes hebben, trachten wij hunne scheikundige eigenschappen op te sporen. Men doet dit onder het mikroskoop door verschillende vloeistoffen bij de doorsneden te voegen en te zien welke veranderingen de onderzochte voorwer-

Fig. 17.



A, Cellen uit het blad eener mosplant (Fumaria hygrometrica). De groote donkere kogels zijn de bladgroenkorrels; men ziet hierin het zetmeel als kleine witte lichaampjes. *B*. Afzonderlijke bladgroenkorrels, *a* en *b* met weinig zetmeel, *c*, *d*, *e* met zooveel zetmeel dat de groene stof bijna geheel verdrongen is. *f* in water opgezwollen bladgroenkorrel, *g* dezelfde nadat alles behalve de zetmeel korreltjes door het water was opgelost.

pen door deze ondergaan. Gebruikt men nu een oplossing van jodium in alcohol of in water, welke oplossingen een bruine kleur bezitten, zoo ziet men dat de onbekende lichaampjes dit jodium uit de oplossing opslorpen en zich daarmede blauw kleuren. Het is bij deze proef goed, door voorloopige bewerkingen het optreden der blauwe kleur zoo duidelijk mogelijk te maken, o. a. moet men de groene kleurstof eerst oplossen, opdat deze de blauwe niet onherkenbaar zou maken. Er is nu slechts één stof bekend, die met jodium, zonder toevoeging van andere stoffen, een blauwe kleur aanneemt. Deze stof is het zetmeel, dat als tarwemeel, roggemeel, sago, stijfsel, en onder zoovele andere vormen in het dagelijksch leven bekend is. Wij leiden dus uit deze blauwkleuring door jodium af, dat de witte lichaampjes, die onder de inwerking van het licht in de bladgroenkorrels ontstaan, zetmeelkorrels zijn.

Is dit zetmeel werkelijk ontstaan uit het koolzuur der lucht? Ook deze vraag moet rechtstreeks beantwoord worden. Wel weten wij dat onder de omstandigheden, waaronder in de zoo even besproken proef zetmeel gevormd werd, ook koolzuur wordt opgenomen en zuurstof afgegeven, doch het bewijs van het verband tusschen deze beide verschijnselen moet nog geleverd worden. Onderzoeken wij eens of het zetmeel ook ontstaan kan, als de omringende lucht geen koolzuur bevat. Hiertoe nemen wij een tweeden pot met planten uit de donkere kast, en overtuigen ons onder 't mikroskoop dat hare bladgroenkorrels geen zetmeel bevatten. Vóórdat wij den pot in 't licht brengen, zetten wij hem op een schotel, en plaatsen er een glazen stolp overheen waarvan de rand goed op den schotel past. Gieten we nu wat water op den schotel, dan is de lucht in de klok van de buitenlucht geheel afgesloten. Het komt er nog slechts op aan, om het koolzuur uit de lucht in de klok te verwijderen. Wij gebruiken hiertoe bijtende potasch, een stof die de eigenschap bezit, koolzuur uit de lucht tot zich te trekken, en zich daarmede te verbinden, waardoor koolzure potasch ontstaat. Bijtende potasch neemt het koolzuur zoo snel op, dat na korten tijd de lucht geheel vrij van dit gas is. Wij lichten dus de glazen stolp nog even op, om er een schaaltje met potasch onder te plaatsen, en na verloop van b.v. een half uur brengen wij den schotel met plant en klok voor het venster. De plant blijft dan gedurende verscheidene uren

onder geheel dezelfde omstandigheden als in onze vorige proef; het eenige onderscheid vormt het gemis van koolzuur. Na korteren of langeren tijd lichten wij de stolp wederom op, plukken een blad af, en onderzoeken dit met jodium onder het mikroskoop. Er vertoont zich geen zetmeel in de bladgroenkorrels. Zelfs de zorgvuldigste bereiding der doorsneden is niet in staat zetmeel te doen ontdekken. Bij afwezigheid van koolzuur ontstaat dus geen zetmeel.

Wij kunnen deze laatste proef bijzonder leerzaam maken, door haar eenige meerdere uitbreiding te geven. Daartoe plaatsen wij een aantal potten met onze planten op dezelfde wijze onder glazen stolpen, en voegen wij aan de lucht onder elke stolp koolzuur toe. Wij kunnen de hoeveelheid van het toegevoegde koolzuur zoodanig regelen, dat b.v. in de eene klok de lucht 1% van dit gas bevat, in de andere 2%, in een derde 4% en in een vierde 6% [1]. Zoo toebereid brengen wij de planten gelijktijdig aan het venster, waar zij door de zon beschenen worden. Elk half uur lichten wij de klokken even op om uit elk eenige blaadjes voor mikroskopisch onderzoek te nemen. Na het neerzetten der klokken dragen wij zorg dat de samenstelling der lucht, die door het oplichten veranderd kan zijn, weer dezelfde gemaakt wordt, als zij in het begin der proef was. Het gebruik van jodium leert ons nu na het eerste half uur, dat in de proeven met 1% en 2% koolzuur slechts weinig zetmeel gevormd is, daarentegen in die met 4% en 6% vrij veel. Na een uur is in allen het zetmeelgehalte toegenomen; hoe grooter het koolzuurgehalte der lucht is, des te grooter is ook de hoeveelheid van het gevormde zetmeel. Terwijl in de beide laatste proeven na korten tijd zooveel zetmeel voorhanden is, dat de met jodium behandelde doorsneden reeds voor het ongewapende oog donker blauw zijn, wordt deze toestand in de aan koolzuur armere lucht der beide eerste proeven slechts na veel langeren tijd bereikt. Voor de assimilatie is dus een grooter gehalte van de lucht aan koolzuur voordeelig; gaat men echter ver boven 6%, dan geldt deze regel niet meer, doch geschiedt de assimilatie des te langzamer, naarmate er meer koolzuur in de lucht aanwezig is.

Uit al deze proeven mogen wij met zekerheid besluiten, dat het in de bladgroenkorrels waargenomen zetmeel werkelijk uit het kool-

[1] Gewone dampkringslucht bevat slechts 0,05% koolzuur.

zuur der lucht ontstaat. Behalve koolzuur is er echter voor de vorming van zetmeel nog water noodig, dat echter overal en altijd in de plant aanwezig en dus reeds van zelf bij elke assimilatie voorhanden is. Het bewijs voor de noodzakelijkheid van het water kan niet door rechtstreeksche proeven geleverd worden; men kan niet, even als het koolzuurgehalte der lucht, zoo ook het watergehalte der plant willekeurig regelen. Begiet men een in een pot gekweekte plant te weinig, zoo worden de bladen fletsch, lang voor dat zij zooveel water verloren hebben, als voor zulke proeven noodig zou zijn. In fletschen toestand kan geen assimilatie plaats vinden. Men zou dit aan het geringe watergehalte kunnen toeschrijven; echter niet in dien zin, dat er voor de scheikundige omzetting van water bij de vorming van zetmeel te weinig water aanwezig is; dit is geenszins het geval. De oorzaak moet dus in andere functiën van het water gezocht worden.

Het bewijs, dat het water bij de vorming van zetmeel een even belangrijke rol speelt als het koolzuur, kan men langs een geheel anderen weg leveren. Zetmeel bevat namelijk niet alleen de elementen van het koolzuur, dat zijn dus koolstof en zuurstof, in zich, doch ook waterstof. Deze waterstof vormt in verbinding met zuurstof water, en moet dus omgekeerd uit het water in het zetmeel komen. Verbranden wij zetmeel, zoo vormt zich koolzuur en waterdamp, daar de koolstof en de waterstof zich met zuurstof verbinden. Omgekeerd kan zetmeel uit koolzuur en water ontstaan, bij welk proces noodzakelijk zuurstof vrij wordt; evenals zuurstof werd opgenomen bij de verbranding. Wij leeren dus tegelijk hierin de bron der bij de assimilatie vrij wordende zuurstof kennen.

Het zetmeel, dat in de bladgroenkorrels als produkt der assimilatie ontstaat, blijft niet voortdurend in deze. Het is genoeg, ten einde dit aan te toonen, om eenige der potten van onze proeven, weer in de donkere kast zetten, nadat zich in de bladen een geruime hoeveelheid zetmeel gevormd heeft. Na verloop van eenigen tijd, b.v. van een halven of een geheelen dag, onderzoeken wij de bladen dan weer onder het mikroskoop; daarbij treffen wij geen zetmeel meer in de cellen van het bladmoes aan. Dit is er uit opgelost en naar andere deelen der plant verplaatst, gelijk wij in een volgend hoofstuk uitvoeriger zullen bespreken.

Is men eenmaal door proeven met de verschijnselen der assimilatie nauwkeurig bekend geworden, zoo kan men deze ook in de vrije natuur waarnemen. Over het algemeen zal men daarbij vinden, dat de bladen des morgens bij zonsopgang geen of weinig zetmeel bevatten, dat de hoeveelheid daarvan overdag toeneemt, om 's avonds de grootste te zijn en dan in den nacht weer langzamerhand te dalen, tot eindelijk bij zonsopgang weer de geringste hoeveelheid aanwezig is. Men zou allicht geneigd zijn, hiernaar te meenen dat de oplossing en het vervoer van het zetmeel alleen 's nachts plaats vindt; in de werkelijkheid geschiedt het ook overdag, doch wordt niet waargenomen, daar er in denzelfden tijd veel meer zetmeel gevormd dan opgelost en weggevoerd wordt.

Met de vorming van het zetmeel in de bladgroenkorrels is de eigenlijke assimilatie afgeloopen. Wel is waar komt zetmeel in de planten slechts als voedingsstof in den celinhoud voor, en vormt het nooit eenig belangrijk bestanddeel van het plantenlichaam zelf. Doch de stof, waaruit de celwanden bestaan, en waaruit de geheele plant dus als het ware is opgebouwd, de zoogenoemde celstof, komt in hare samenstelling volkomen met zetmeel overeen. Men kan dus zeggen, dat werkelijk het koolzuur en het water aan de bestanddeelen in het plantenlichaam zijn gelijkvormig gemaakt, d. i. geassimileerd. In de plant wordt telkens dáár, waar nieuwe cellen gevormd moeten worden, of reeds bestaande groeien, zetmeel toegevoerd, en dit verandert in celstof, terwijl het in de celwanden wordt afgezet. De overige organische stoffen, die hetzij met de celstof in de celwanden voorkomen, of in den inhoud der cellen worden aangetroffen, ontstaan, voor zoover men dit kan nagaan, allen uit het zetmeel, dat daartoe verschillende veranderingen ondergaat, en zich met verschillende andere stoffen verbindt.

Er zijn enkele planten in wier bladgroenkorrels bij de assimilatie geen zetmeel, doch een andere stof ontstaat. Deze andere stof bestaat echter steeds uit dezelfde elementen als het zetmeel. Zoo ontstaat in het bladgroen der zomeruijen (Allium Cepa) suiker, in dat van vele zoogenoemde Canna's (Strelitzia) vormen zich druppeltjes olie.

Het bij de assimilatie gevormde zetmeel levert dus de bouwstoffen, die voor den aanleg van nieuwe organen en den groei der aangelegde deelen benoodigd zijn. Hoe krachtiger de assimilatie is, hoe

beter dus de groei zal kunnen plaats vinden, en hoe rijkelijker de aanleg van nieuwe deelen kan zijn. In één woord, zal een goede assimilatie rijkvertakte planten, met talrijke bloemen en vruchten doen ontstaan. Hieruit volgt, dat de zorg voor de assimilatie een der eerste zaken is, die bij het kweeken van planten moeten ter harte genomen worden. Wij willen dus nu nagaan, welke omstandigheden daarop een invloed uitoefenen, en welke regels uit de kennis van dezen invloed voor de praktijk kunnen worden afgeleid.

In de allereerste plaats komt hier het licht in aanmerking.

Het licht is een der voornaamste voorwaarden der assimilatie, en deze hangt daarvan in de meeste gevallen bijna geheel af. Hoe beter een plant verlicht is, hoe rijkelijker zij koolzuur opneemt en in zetmeel omzet. In het donker geschiedt dit in het geheel niet; hier kan de plant dus slechts zoolang leven, als zij nog een voorraad voedsel heeft, die in het eene of andere orgaan opgespaard is. In dit geval verkeeren bolplanten en knolgewassen; van bollen leveren tulpen en hyacinten ons voorbeelden, terwijl de aardappel tot de knollen gerekend wordt. Zulke planten kunnen zich in het donker ontwikkelen, gelijk bewezen wordt door het uitloopen der aardappels in donkere kelders, en door dat der bolplanten onder de doode bladen, die men er des winters overheen legt. Geheel normaal wordt deze ontwikkeling in het donker nooit, en zij houdt op, zoodra de voedende stoffen uit den bol of de knol verteerd zijn. In zwak verlichte lokalen is de assimilatie meestal zoo gering, dat men de aanwezigheid van zetmeel in de bladgroenkorrels niet kan aantoonen: het zetmeel wordt even spoedig opgelost als het gevormd wordt. Een krachtige assimilatie vindt bij de meeste planten eerst dan plaats, wanneer zij door de zon beschenen worden. Daar nu, gelijk wij zagen, de assimilatie de bouwstoffen voor den aanleg en den groei der plantendeelen levert, zal deze ontwikkeling des te beter kunnen zijn, naarmate de verlichting beter is.

Onze landbouwgewassen genieten in den regel zooveel van het licht, als op de plaats waar zij staan maar eenigszins mogelijk is. Men behoeft slechts te zorgen dat zij door geen boomen of andere voorwerpen worden beschaduwd. Tegen dezen regel wordt schijnbaar dáár gezondigd, waar een stuk gronds tegelijk als boomgaard en als weiland gebruikt wordt. De boomen beschaduwen het gras,

en beperken dus de assimilatie in zijne bladen; het gras groeit onder de boomen niet zoo rijkelijk als op het vrije veld. Men moet dit geval echter uit een ander oogpunt beschouwen: de boomgaard is de hoofdzaak, en de boomen moeten zooveel van het licht verbruiken als zij kunnen. Daar echter de bladen min of meer doorschijnend zijn, en niet overal dicht aaneen sluiten, bereikt een deel van het licht den grond, en om ook dit nuttig te gebruiken, laat men hier gras groeien, waarvan de opbrengst, hoewel gering, toch steeds beter is, dan in 't geheel geene. Anders is het in tuinen gesteld. Hier toch vormen de lage planten en heesters de hoofdzaak, daar zij het vooral zijn die om hare bloemen gekweekt worden. Hier behoort men dus met groote boomen voorzichtig te zijn, en deze slechts daar te planten of te laten staan, waar zij of een bepaald doel hebben, of op de lagere planten geen schaduw werpen. In elk ander geval is het beter geen boomen te planten of de bestaande te verwijderen, daar zij de eigenlijke sierplanten doen kwijnen. Menige tuin, die slechts arm aan bloemen was, en waar de er in gebrachte gewassen slechts een kommerlijk leven leidden, werd door het omhakken van een of twee boomen, die ongemerkt te groot geworden waren, geheel genezen.

Warme kassen, oranjeriën en broeibakken worden altijd zoo geplaatst, dat hun glaswand naar het zuiden gekeerd is; men maakt dezen glaswand schuin, liefst in zoodanige helling dat de zonnestralen des middags het glas bijna rechthoekig treffen, daar zij dan het meest volkomen worden doorgelaten. Kassen en oranjeriën bouwt men tegenwoordig meestal zoo, dat zij geheel door glas overdekt zijn, en dus zooveel mogelijk van alle zijden licht ontvangen. Een groot bezwaar bij de pogingen aan de kasplanten zooveel mogelijk licht te verschaffen, is in de sterke verwarming gelegen, die de lucht in deze besloten ruimten daarbij ondergaat. Ofschoon planten vrij groote warmte verdragen kunnen, en zelfs bij hoogere temperaturen dan die van de gewone lucht in den zomer beter groeien, wordt de temperatuur in een kas licht zoo hoog, dat zij voor de assimilatie en den groei nadeelig, ja zelfs gevaarlijk voor het leven wordt. Dit is een der voornaamste oorzaken, waarom men op warme zonnige dagen het glas der kassen met doeken of houten traliewerk overdekt, dat men zoodra de zonnestralen de kas niet meer treffen steeds zorg draagt te verwij-

deren. Wel is waar wordt daarbij het licht getemperd, ofschoon het veelal nog op lange na zoo sterk niet is als dat, waaraan de kasplanten in de vrije natuur van haar zuidelijker vaderland op heete zonnige dagen zijn blootgesteld. De reden, waarom planten, die den winter in de oranjerie doorbrengen, des zomers steeds zooveel mogelijk in de vrije lucht geplaatst worden, is eveneens gelegen in de zorg voor betere verlichting, en daardoor voor krachtiger assimilatie.

Kasplanten ontvangen zelden zooveel licht als voor haar normale voeding noodig is, en hebben daaraan te danken, dat zij slechts kommerlijke exemplaren zijn, die veelal volstrekt niet in staat zijn, ons een denkbeeld te geven van de pracht, welke hare in het wild levende, zooveel gelukkiger soortsgenooten ten toon spreiden. Daarenboven heerscht in de meeste kassen de ongelukkige gewoonte, van de weinige ruimte zooveel mogelijk te willen profiteeren; tusschen de grootere potten overal kleinere te plaatsen, opdat geen plekje verloren ga. Het aantal soorten in een kas gekweekt is dan ook dikwijls verbazend groot, als men het vergelijkt met het aantal exemplaren dat op evenveel ruimte op den kouden grond groeit. En toch is de verlichting der planten in de kas per quadraatmeter zooveel geringer dan daar buiten. De groote planten verdringen de kleine, deze belemmeren de groote in hare ontwikkeling en het geheel krijgt een kwijnend uiterlijk. Hoe geheel anders is het in kassen, waar het niet om het aantal soorten en planten, ik zou haast zeggen om het aantal soortsétiquetten te doen is, maar alleen om weinige exemplaren tot hun volle ontwikkeling te brengen. Hier ziet men overal prachtige schoone gewassen, met weelderige bloemen en groote bladen, die de in het wild groeiende exemplaren derzelfde soorten zelfs in schoonheid overtreffen. Hier toch hebben zij bijna alles wat slechts aan de goede ontwikkeling bevorderlijk kan zijn, en zijn daarbij beveiligd tegen de schadelijke invloeden van weer en wind, van slakken en insekten, en tegen zoovele andere gevaren, waardoor zij in de vrije natuur steeds bedreigd worden. Terwijl de meeste kassen slechts voor die plantkundigen waarde hebben, wien de kennis van vele planten hoofddoel is, en ook deze zich door de zeldzaamheid van het bloeien der meeste soorten maar al te dikwijls teleurgesteld zien, zijn de 't laatst beschrevene tegelijk geschikt voor de studie van belangrijke plantensoorten in haar volledige en bijna normale ont-

wikkeling, en voor de aesthetische ontwikkeling van hen, die de kassen nog met een ander dan een systematisch-botanisch oogmerk bezoeken.

Mogen kasplanten al niet op gunstige omstandigheden voor hare assimilatie bogen, geheel misdeeld zijn in dit opzicht de planten, die in kamers achter het venster worden gekweekt. Staat een plant, terwijl het raam open is, zoover mogelijk buiten, of zelfs op een bloemenrekje vóór het raam, zoo kan zij toch slechts van de helft van den hemel licht ontvangen. Ziet het raam daarbij uit op een nauwe straat of op een klein binnenplaatsje, dan ontvangt de plant nog minder licht. Gelukkig zoo het raam nog op het zuiden ligt, en de plant van tijd tot tijd door de zon beschenen wordt.

Wanneer de planten echter op een afstand achter het raam staan, worden de omstandigheden al bijna zoo ongunstig als mogelijk is, en zulke gewassen leiden dan ook meest een kwijnend leven. Al wat men bij haar doen kan, om ze meer aan licht, en vooral aan zonlicht bloot te stellen, is bevorderlijk aan hare ontwikkeling, zoo b. v. ze van tijd tot tijd in den tuin te plaatsen, of dagelijks in het open raam zoover mogelijk naar buiten te schuiven, of ook ze gedurende den tijd dat zij niet bloeien steeds buiten te doen blijven, of ter verzorging aan den tuinman te geven. Het laatste is tegenwoordig meer dan vroeger in gebruik gekomen, en wordt vooral bij die planten toegepast, die slechts om hare fraaie bloemen gekweekt worden, en niet bloeien, zoo door assimilatie geen voldoende hoeveelheid voedsel bereid en opgespaard is. Dit is b. v. het geval met vele soorten van Cactussen.

Nog een enkele opmerking over den invloed van het licht moge hier een plaats vinden. Het groote onderscheid in de opbrengst van den oogst van onze cultuurplanten in verschillende jaren, moet bijna geheel toegeschreven worden aan het verschil in licht, dat aan de planten voor hare assimilatie ten dienste stond. Natuurlijk kunnen schadelijke invloeden, als nachtvorsten, hagel, ziekten enz. een alles overwegenden invloed uitoefenen, doch zoo men hierop niet let, kan men den genoemden regel als vrij algemeen geldig beschouwen. Schijnt de zon voortdurend tijdens het rijpen der druiven, en wordt dus aan deze uit de bladen een overvloedige hoeveelheid geassimileerd voedsel toegevoerd, zoo ontwikkelen zij zich krachtig en leveren een rijken oogst. Hetzelfde geldt van andere gewassen.

Behalve het licht oefenen nog een aantal andere omstandigheden een invloed op de assimilatie uit. Zoo mag de temperatuur niet onder zekere graden afdalen, of de productie van zetmeel houdt geheel op; terwijl zij boven deze laagste grens des te aanzienlijker is naarmate de temperatuur hooger is. Doch ook te hoog mag de warmtegraad niet zijn, zal zij niet en voor de assimilatie, en voor het leven schadelijk worden. Welke de gunstigste temperatuur is, is een vraag waarop men nog slechts bij benadering antwoorden kan; als zeker mag het echter worden aangenomen, dat zij voor verschillende planten, vooral voor gewassen uit verschillende landstreken verschillend is. Evenzoo is het gesteld met de vochtigheid van de lucht en van den bodem, van welke beiden natuurlijk het watergehalte der bladen afhangt. Ook dit mag niet onder zekere grens dalen; zoo vindt bij voorbeeld in vletsche bladen geen assimilatie plaats. Eindelijk moeten wij nog wijzen op het koolzuurgehalte der lucht; hoe grooter dit binnen zekere grenzen is, m. a. w. hoe meer voedsel aan de plant in denzelfden tijd wordt aangeboden, hoe krachtiger de assimilatie zijn zal. Het bewijs hiervoor hebben wij reeds in de op pag. 41 beschreven proef leeren kennen. Op te merken valt echter nog, dat de invloed van overvloedig koolzuur zich des te sterker doet gevoelen, naarmate de plant beter verlicht is. Vooral in het zonlicht zal men dus van een kunstmatigen toevoer van koolzuur gunstige resultaten mogen verwachten.

Het leven der bladen is geenszins onbegrensd, doch meestal slechts van korten duur. Verreweg de meeste boomen en heesters laten haar bladen in hetzelfde jaar verdrogen of afvallen, waarin zij ze ontwikkelden; anderen, zooals de hulst en de klimop, behouden de bladen gedurende den winter, en laten ze eerst afvallen, nadat de nieuwe bladen zich ontplooid hebben. Een derde groep van gewassen eindelijk behoudt de bladen gedurende verscheidene, niet zelden gedurende 6—8 jaren, en prijkt dus voortdurend met bladen van zeer verschillenden ouderdom. Hiervan leveren vele dennen en sparren een voorbeeld, en verder de Thuya's, die als altijd groene heesters met kleine schubvormige bladen, bij ons onder den naam van wintergroen veelvuldig gekweekt worden.

De bladen van éénjarige planten, of van al die overblijvende ge-

wassen, wier stengels en takken telken jare geheel afsterven, voor zooverre zij boven den grond ontwikkeld zijn, verdrogen en verrotten met deze stengels, en bereiken dus eveneens hoogstens den ouderdom van een enkelen zomer.

Aan het slot van onze beschouwingen over den bouw en de verrichtingen der bladen gekomen, is het wenschelijk nog met enkele woorden te spreken over den dood van het blad en de verschijnselen die daarmede gepaard gaan. Wij richten onze aandacht daarbij hoofdzakelijk op afvallende bladen, daar deze ons het duidelijkste inzicht in deze verschijnselen kunnen geven. De veranderingen, die het blad vóór het afvallen ondergaat, doen zich uitwendig kennen door het verdwijnen der groene kleur, die bij de meeste planten door geel vervangen wordt, bij enkele echter, b.v. bij den wilden wingerd, in een roode overgaat. Met het verlies der groene kleurstof gaat natuurlijk het ophouden der assimilatie hand in hand. Doch er bevinden zich in het blad nog allerlei producten dezer assimilatie, gedeeltelijk tijdelijk bewaard om later vervoerd te worden, gedeeltelijk voor den bouw van de cellen gebruikt Deze stoffen worden, voor zooverre zij opgelost kunnen worden, langzamerhand uit het blad verwijderd, en door den steel in den tak gevoerd, waar zij weer in vasten toestand worden afgezet, om later weer dienst te doen. Vóór dat zij afvallen, worden de bladen dus om zoo te zeggen leeggemaakt, d. i. zooveel mogelijk beroofd van de stoffen die nog voor de levende deelen van nut kunnen zijn. Men vindt in de cellen der afgevallen bladen slechts een zeer waterigen inhoud.

Het afvallen der geel geworden bladen wordt meestal eenvoudig aan den wind, of andere uitwendige oorzaken toegeschreven. Duidelijk is het, dat deze er veel toe bijdragen, doch even duidelijk dat de standvastigheid van de plaats waar de steel afbreekt, slechts door een inwendige oorzaak bepaald kan worden. Het anatomisch onderzoek van bladstelen, die op het punt staan van af te vallen, bevestigt deze gevolgtrekking. Men ziet namelijk aan den voet des bladsteels een laagje cellen, dat zich door een krachtig leven van de overige cellen van het blad onderscheidt, en door een groote hoeveelheid inhoudsstoffen terstond in het oog valt. Deze cellen splitsen zich door middel van tusschenschotten, die allen in een zelfde vlak gelegen zijn en zoodoende het afbreken voorbereiden. Verge-

lijkt men bladen, die meer of minder ver van het afvallen verwijderd zijn, zoo bespeurt men dat deze tusschenschotten zich langzamerhand splitsen, waarbij de naar elkander toegekeerde wanden van twee cellen min of meer rond worden. Eindelijk wordt het verband zoo los, dat de minste stoot het blad doet afbreken. Het gedeelte, dat aan den tak achterblijft, heet het bladkussen, en wijst dikwijls jaren later nog de plaats aan, waar het blad gezeten heeft. Zeer duidelijk kan men deze bladkussens bij den paardenkastanje waarnemen, die juist aan hunne hoefvormige gedaante zijn naam te danken heeft. Dit bladkussen bedekt zich na het afvallen van het blad met een kurklaagje, dat de inwendige weeke deelen tegen uitdroging beveiligt. De enkele cellagen die buiten dit laagje gelegen zijn, sterven spoedig geheel af.

DE TIJDELIJKE BEWAARPLAATSEN VAN HET VOEDSEL.

De wortels der planten zuigen de voor haar leven noodige zouten uit den grond op, de bladen verwerken het koolzuur der lucht en het water onder den invloed van het licht tot stoffen, wier samenstelling zeer na met die der bouwstoffen van het plantenlichaam overeenkomt. Deze laatste, organische, zoogenoemde geassimileerde voedingsstoffen zijn verreweg de belangrijkste, terwijl de eerste, of de anorganische, voornamelijk ten doel hebben bepaalde veranderingen, die gene bij de levensverrichtingen der planten moeten ondergaan, mogelijk te maken. Deze levensverrichtingen, die het doel zijn, waartoe de voedingsstoffen worden opgenomen en verwerkt, bestaan eensdeels in bewegingen van allerlei aard, voor een groot gedeelte kunnen zij echter tot de groeiverschijnselen gebracht worden. Terwijl voor de bewegingsverschijnselen slechts zooveel voedsel noodig is, als bij de ademhaling telkens verbruikt wordt, is voor den groei natuurlijk de veel aanzienlijker hoeveelheid geassimileerde stof noodig, die in den wand en den inhoud der jonge cellen wordt afgezet en tot vergrooting en versterking van deze dient. Op gelijke wijze eischt de aanleg van nieuwe organen en cellen zeer groote hoeveelheden voedingsstoffen.

Terwijl wij voor het verbruik van het voedsel bij de ademhaling verwijzen naar ons opstel over de bouwstoffen van het plantenlichaam, zullen wij ons thans meer met die stoffen bezighouden, die tot den

bouw van nieuwe en den groei van aangelegde deelen gebruikt worden, onverschillig of zij daarbij in vasten of halfvloeibaren toestand worden afgezet, of wel tijdens de ontwikkeling het materiaal voor de daarbij steeds zeer krachtige ademhaling leveren. Het is duidelijk dat dit voedsel ten deele door de wortels opgenomen, ten deele in de bladen geassimileerd moet zijn. Gaan wij in grove trekken het leven en de ontwikkeling van een éénjarige plant na. Nadat deze uit het zaad ontstaan is, en de eerste bladen ontplooid heeft, is aan deze organen en aan de wortels de geheele zorg voor de voeding opgedragen. Van hunne werkzaamheid hangt het af, of de stengel zich snel ontwikkelt, of nieuwe takken en nieuwe bladen worden aangelegd, en in welke hoeveelheid. Ook de krachtige groei der aangelegde organen, het verkrijgen van hunne normale grootte en de noodige stevigheid van den inwendigen bouw, om gemakkelijk aan schadelijke invloeden weerstand te bieden, hangt van de productie van organische stof in de bladen, en van de opzuiging van zouten door de wortels af. Eveneens de aanleg van bloemtrossen en bloemen, wier verdere ontwikkeling zelf wederom groote hoeveelheden voedsel eischt. Dan ontplooien zich de bloemen, en lokken door fraaie kleuren en aangename geuren bijen en vlinders tot een bezoek en tot het verzamelen van honig uit; deze brengen hunnerzijds, als uit dankbaarheid voor den aangeboden honig, het stuifmeel over naar den stempel, waar het door het kleverige stempelvocht in staat gesteld wordt zijn werking te vervullen, tengevolge waarvan zich uit het onder in de bloem gelegen vruchtbeginsel de vrucht met de zaden ontwikkelt. In dien tijd bereikt de steeds stijgende eisch van voedsel zijn toppunt, groote hoeveelheden worden niet alleen verbruikt voor den groei der genoemde organen, doch in de zaden wordt een voorraad voedsel opgehoopt, op welke de kiemplant zal kunnen teeren, zoolang zij nog te klein en te tenger is om zelve voor hare voeding te zorgen. Doch met de steeds toenemende behoefte aan voedsel heeft de ontwikkeling der bladen en der wortels gelijken tred gehouden. Eveneens is in deze de productie en de opname voortdurend grooter geworden, zoodat aan de aanzienlijke behoeften rijkelijk kan worden voldaan. Eerst tegen den laatsten tijd van het leven der plant begint de werkzaamheid der bladen te verflauwen, en weldra moeten zij, ten einde aan de allerlaatste behoeften voor den voedselvoorraad

in de zaden te voldoen, hun eigen lichaamsdeelen oplossen en ten vervoer aan den stengel aanbieden. Met hunne volledige uitputting is tegelijk het einde van hun leven bereikt en de plant zelve heeft hare zaden tot gereedheid gebracht, en dus als 't ware aan haar laatsten plicht voldaan. Zij verdort en verdroogt, en na weinig tijd zijn nog slechts de zaden overgebleven.

De geschiedenis van het voedsel in eenjarige planten is dus een zeer eenvoudige; van de plaatsen waar het opgenomen of geassimileerd wordt, wordt het langs bepaalde wegen naar die deelen vervoerd, waar het tot den opbouw der plant moet worden gebruikt. Terwijl dit verbruik zelf natuurlijk slechts bij gelegenheid van de verschijnselen van den groei kan worden behandeld, moeten wij dus omtrent de eenjarige planten slechts nagaan, langs welken weg het voedsel verplaatst, en hoe het in de zaden ten dienste der kiemplant bewaard wordt.

Eenigszins anders is het gesteld met die planten, wier leven zich over meer dan één zomer uitstrekt. Van deze is de leeftijd zeer verschillend. Er zijn er, wier levensloop een bepaald, en voor elke soort standvastig aantal jaren duurt. Deze bloeien slechts eenmaal, en wel in haar laatste jaar, zoodat met de vorming van vruchten en zaden haar leven besloten is. De gewone peen en de beetwortels leveren daarvan een voorbeeld; zij zijn tweejarig; andere, zooals de zoogenoemde honderdjarige Aloe (Agave americana), hebben 15—20 jaar noodig vóór zij tot bloeien geraken, doch eindigen met het bereiken van dit doel eveneens haar leven. Zulke planten komen, hetzij zij twee- of meerjarig zijn, daarin met elkander overeen, dat zij slechts éénmaal bloeien. Er zijn echter een groot aantal planten, die jaren achtereen bloeien. Elken winter blijven zij in levenden toestand over, doch slechts ten deele. Bij sommigen is dit overblijvende deel geheel onder den grond verborgen: in den zomer of den herfst sterft, na het rijpworden der vruchten, alles af wat zich boven den grond ontwikkeld heeft. De geheele Dahlia-plant, met haar hooge stengels en rijken bladerdosch, met haar talrijke dikwijls zoo sterk samengestelde bloemen verdort en verdroogt na de eerste nachtvorsten van het najaar, en is in schijn geheel afgestorven. Doch de onderaardsche deelen worden door de nachtvorsten niet getroffen, en zijn bij tijds door de zorg der bladen in zoodanigen

toestand gebracht, dat zij den winter over in leven kunnen blijven, en in het volgende voorjaar weer tot de vorming van nieuwe stengels met bladen en bloemen aanleiding kunnen geven. Men noemt de Dahlia, en die talrijke andere, hetzij wildgroeiende, hetzij gekweekte planten, die even als zij elk jaar tot op den grond toe afsterven, om in het volgende uit de onderaardsche deelen weer uit te loopen, in den eigenlijken zin des woords overblijvende planten. Tegenover deze staan de boomen en heesters, wier bladen wel is waar afvallen, doch wier stammen en takken 's winters in leven blijven, en goed beschutte knoppen dragen, uit welke zich in het voorjaar nieuwe takken met bladen en bloemen ontwikkelen.

Met weinige uitzonderingen is aan al deze gewassen, hetzij zij twee- of meerjarig, overblijvend of houtachtig zijn, één belangrijke eigenschap gemeen, ik bedoel namelijk de noodzakelijkheid van in het vroege voorjaar eerst te groeien en takken en bladen te maken, vóór dat eenige assimilatie mogelijk is. De bladen toch, in welke deze assimilatie moet plaats vinden, blijven den winter niet over, doch moeten nieuw gevormd worden. De voedingsstoffen, die tot hunne ontwikkeling noodig zijn, moeten dus reeds vooraf in de plant aanwezig geweest zijn, m. a. w. door de bladen van het vorige jaar gereed gemaakt, en op de eene of andere plaats afgezet zijn. De bedoelde uitzonderingen op dezen regel zijn voornamelijk die gewassen, wier bladen in den winter overblijven, b.v. dennen, sparren, klimop, wintergroen, honderdjarige Aloe's enz.

De afzetting der voedselstoffen, die als reserve voor de ontwikkeling in het volgende voorjaar opeengehoopt worden, geschiedt of in de stengels en wortels, welke met de knoppen het overblijvende deel der plant vormen, of wel er zijn bijzondere organen voor aanwezig. In het eerste geval kan de verspreiding van het voedsel in de weefsels aan bepaalde wetten onderworpen zijn, zoodanig dat bizondere weefsels geheel met het bewaren daarvan zijn belast, of wel alle deelen der plant, welke daartoe geschikt zijn, gelijkmatig aan dit bewaren deelnemen. Bij vele overblijvende planten is het onderaardsche stengeldeel vleezig aangezwollen en bevat dit het voedsel, bij anderen is een bol of een of meer knollen aanwezig, die geheel tot dit doel aangelegd zijn. Twee- of meerjarige gewassen stapelen het voedsel niet zelden in den dik geworden wortel op; terwijl in den stam en

de takken van boomen en heesters bizondere weefsels tot het afzetten van het reservevoedsel ingericht zijn.

Al deze bewaarplaatsen van het voedsel zullen in dit hoofdstuk, voor zooverre de ruimte toelaat, aan een nadere beschouwing worden onderworpen, doch daarbij moet nog de vraag beantwoord worden, langs welken weg het voedsel zich in deze gewassen beweegt. Men zal gemakkelijk inzien, dat deze verplaatsing een drieledige is: 1° rechtstreeks van de plaatsen van productie (de bladen en de wortels) naar die van verbruik (de groeiende deelen); 2° van de plaatsen van productie naar de tijdelijke bewaarplaatsen; 3° van deze naar de plaatsen van verbruik. Het eerste geval komt overeen met de verplaatsing, die het voedsel bij eenjarige planten ondergaat.

Uit deze uitvoerige inleiding blijkt, dat wij ons hoofdstuk in twee hoofdafdeelingen moeten splitsen, van welke de eene eene beschrijving levert van de tijdelijke bewaarplaatsen van het voedsel, waarvan wij de voornaamste zooeven met enkele woorden noemden. De tweede afdeeling zal dan moeten handelen over de bewegingen van het voedsel, en vooral den weg aangeven, dien dit daarbij volgt, en tevens zooveel mogelijk de oorzaken voor die beweging trachten op te sporen. De eerste hoofdafdeeling verdeelen wij, voor de duidelijkheid van het overzicht, in drieën; zóó, dat de zaden het onderwerp der eerste onderafdeeling vormen, en de onderaardsche deelen der overblijvende planten de stof voor de tweede leveren, terwijl dan slechts de behandeling van den bouw van de stammen en takken onzer boomen en heesters voor de derde overblijft.

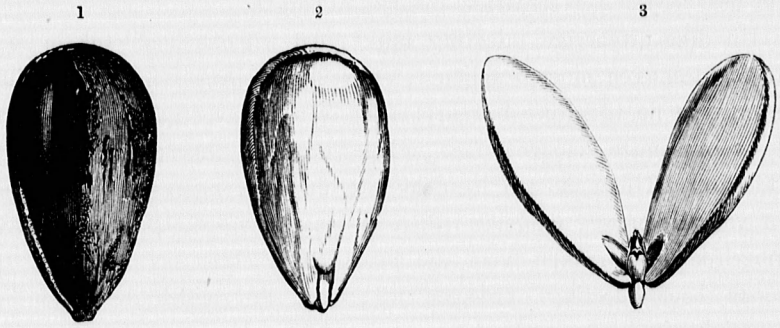
Voor dat ik tot de behandeling dezer onderafdeelingen overga, wensch ik nog met enkele woorden er op te wijzen, dat de te bespreken plantendeelen nog uit een ander oogpunt dan het zuiver wetenschappelijke van groot belang zijn. Vele dezer stapelplaatsen, waar het voedsel ten gebruike der plant zelf bewaard wordt, behooren toch tot de voornaamste bronnen van het plantaardige voedsel van den mensch.

Elk zaad bevat, behalve de kiem der jonge plant, nog een zekere, al is het soms ook zeer geringe, hoeveelheid voedsel, waarvan deze kiem zich in de allereerste tijden van hare ontwikkeling moet voeden. Voor een nauwkeurige kennis van het zaad is het dus noodig zoowel

deze kiem, alsook de bewaarplaats van het voedsel te onderzoeken.

Kiezen wij uit de groote reeks van zaden dat van den amandelboom uit, om ons onderzoek mede te beginnen. Nadat wij de ruwe, min of meer houtige schaal verbroken hebben is de amandel vrij geworden; deze is het zaad zelf. Het bestaat van buiten uit een lichtbruin vlies, dat het aan alle zijden omgeeft; nemen wij dit vlies weg, dan zien wij een tweede, dunner en wit gekleurd vlies. Deze twee worden de uitwendige en de inwendige zaadhuid genoemd. Wat er overblijft heet in dit geval de kiem (fig. 18, nº. 2). Deze kiem bestaat op het eerste gezicht uit twee overlangsche helften, die dicht

Fig. 18.



Amandelzaden; 1 met zaadhuid; 2 zonder zaadhuid; onderaan ziet men het worteltje; 3 na openlegging der beide zaadlobben is zoowel het pluimpje als het worteltje zichtbaar.

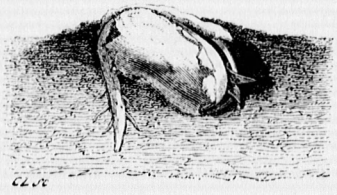
tegen elkander aanliggen. Wij buigen ze uit elkander en zien dat zij slechts aan haar ééne uiteinde aan elkander vastgehecht zijn. Of juister, zij zijn op die plaats beide verbonden aan een klein lichaampje, dat zelf weer uit twee deelen bestaat. Het bovenste dezer deelen doet zich voor als eenige zeer jonge, nog onontwikkelde blaadjes, die dicht tegen elkander aanliggen. Zij vormen te zamen een knop, het pluimpje geheeten, die den stengel en de eerste bladen der plant in aanleg in zich bevat. Deze knop behoeft slechts aanzienlijk in grootte toe te nemen en zich te ontsluiten om de genoemde deelen te doen ontstaan. Het onderste deel heet het worteltje en is de kiem van den wortel van de plant; uit zijne verlenging en verdere ontwikkeling ontstaat het geheele machtige en sterk vertakte wortelstelsel van den amandelboom. Pluimpje en worteltje vormen dus te zamen den aanleg der nieuwe plant. De beide helften van het zaad, die aan dit jonge plantje verbonden zijn, zijn de zaadlobben, die als het ware de beide

eerste bladen van de plant vertegenwoordigen, bladen die echter nooit den eigenaardigen vorm van het gewone blad van den amandelboom zullen aannemen. Zij zijn het waarin het voedsel is bewaard; zij zullen bij de ontkieming slechts zoolang blijven leven, als zij nog voedsel in zich bevatten, dat aan de overige deelen der plant moet worden toegevoerd. Zijn zij geheel uitgeput, zoo verdrogen ze, en breken gemakkelijk van de plant af.

Het onderzoek van droge amandelzaden, en de herkenning van de beschreven deelen in deze, moge eenige moeielijkheid in zich hebben, zeer gemakkelijk wordt het, wanneer men de zaden te voren een of een paar dagen in water laat weeken. Nadat zij korten tijd in het water gelegen hebben, ziet men in de zaadhuid overal kleine plooien ontstaan, die langzamerhand in grootte toenemen. De huid zuigt het water op, en zet zich daarbij aanzienlijk uit. Doch weldra nemen deze plooien weer af, en eindelijk is de oppervlakte van het zaad weer glad geworden. De oorzaak hiervan ligt in de uitzetting van de zaadlobben, die eerst geen water ontvingen, toen de huid nog al het opgenomene voor zich gebruikte, doch weldra ook vocht opnemen en daardoor aanzwellen; zij rekken daarbij de huid uit, en doen de plooien in deze verdwijnen. In zulk een opgezwollen zaad laten zich nu de verschillende deelen zeer gemakkelijk uit elkander nemen.

Denzelfden bouw als de amandels bezitten talrijke andere plantenzaden, van welke ik slechts enkelen der grootsten en meest bekenden wil opnoemen. Het zijn de eikels, de paardenkastanjes, en de verschillende soorten van erwten en boonen. Ook deze zijn ter vergelijking van de hier gegevene beschrijving zeer aan te bevelen. Wil men den bouw van het pluimpje gemakkelijker leeren kennen, zoo is het goed het zaad eenigen tijd te laten kiemen. Men zaait het eenvoudig in aarde, of wel men laat het zich eerst in water volzuigen, en plaatst het dan op nat zand, waar men de ontwikkeling gemakkelijker kan nagaan. Vergelijkt men dan de toestanden, die het zaad achtereenvolgens doorloopt, terwijl het zich in de jonge plant verandert, zoo bespeurt men dat

Fig. 19.

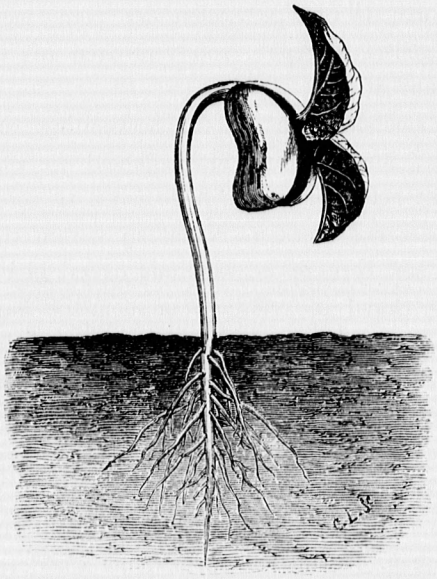


Ontkieming der bruine boon.

De zaadhuid is gebarsten, het worteltje heeft zich verlengd en begint zich te vertakken; de top van het pluimpje wordt tusschen de zaadlobben zichtbaar.

werkelijk het worteltje tot wortel wordt, terwijl het pluimpje in den stengel en de bladen overgaat. De zaadlobben nemen af, en zijn weldra geheel uitgezogen. Men ziet eenige dezer toestanden in fig. 19—21 voor de gewone bruine boon afgebeeld; de vergelijking van deze met de figuur van het amandelzaad moet noodzakelijk ook den laatsten twijfel omtrent de beteekenis der daarin aangetroffen deelen doen verdwijnen.

Fig. 20.



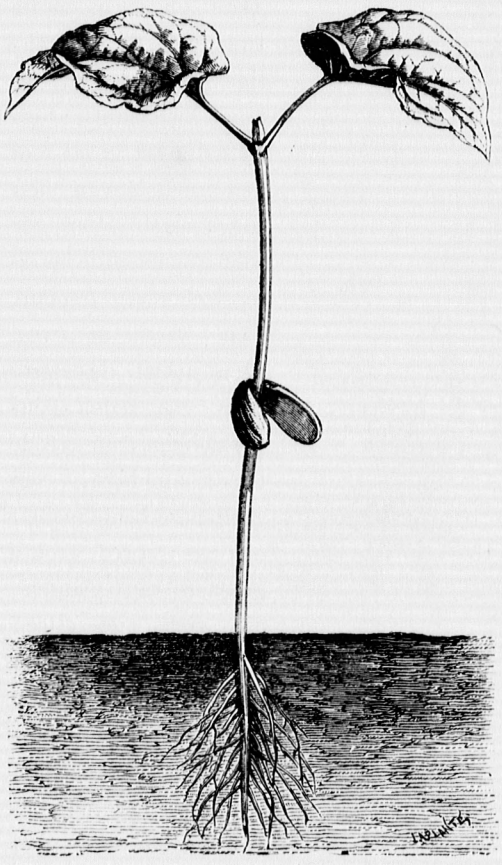
Ontkieming der bruine boon.

Het pluimpje heeft twee bladen ontwikkeld, die geheel buiten de zaadlobben zijn getreden; het worteltje is tot wortel geworden, en de zaadlobben zijn door den groei van den stengel opgeheven.

In de tweede plaats willen wij een roggekorrel beschouwen. De roggekorrel wordt gewoonlijk als een zaad beschouwd; in werkelijkheid is hij een vrucht, waarin een zaad besloten ligt. De zaadhuid is hier echter met den vruchtwand zoo innig ineengegroeid, dat het er uitziet, alsof zij slechts één lichaam vormden. De juiste waarde van deze buitenste laag kan men dan ook slechts verklaren, wanneer men haar met jongere toestanden der vruchten vergelijkt. Binnen deze laag ligt een krijtwit lichaam, dat op de overlangsche doorsnede in fig. 22 het grootste gedeelte van het zaad inneemt. Dit is het, wat ons in fijngemalen toestand het roggemeel levert; als deel van het zaad heet het kiemwit. Het bestaat niet uit twee helften, doch is één stuk, en komt dus niet met de beide zaadlobben van den amandel overeen. Vandaar die andere naam. Toch is in dit kiemwit de groote massa van het voedsel afgezet. De kiem zelf neemt slechts een kleine plaats in, en ligt in de aangehaalde figuur onderaan. Men herkent er duidelijk drie deelen aan. Het alleronderste min of meer versmalde uiteinde is de aanleg van den wortel: het worteltje. Het bovenste, eveneens smal uitloopende orgaan draagt den naam van schildje, en is de plaats

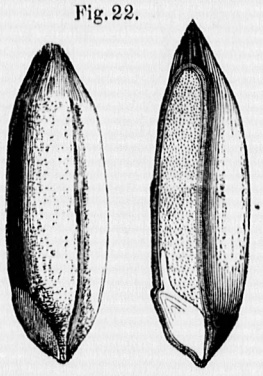
waar de kiem met het kiemwit is vastgegroeid, en van waar uit het kiemwit tijdens de ontkieming langzamerhand zal leeggezogen worden. Eigenlijk is niet alleen het bovenste lipje het schildje, doch ook nog een groot deel der rugzijde van de kiem, waar deze het kiemwit aanraakt en er mede vergroeid is. Verder ziet men in de bovenste helft van 't breedere deel een aantal gebogen lijnen, die

Fig. 21.



Ontkieming der bruine boon.
Alle deelen van het zaad zijn ontplooid; doch behalve de worteltakken zijn nog geen nieuwe deelen gevormd.

Fig. 22.



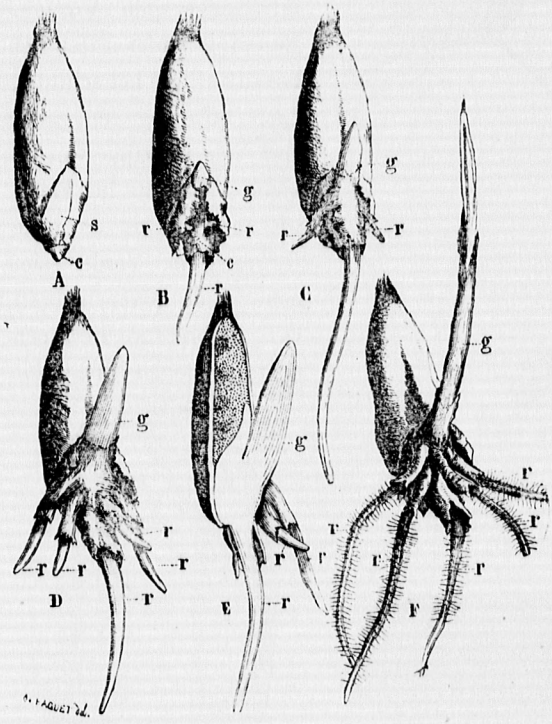
1. 2.

Roggekorrel.
1 geheele vrucht, 2 overlangsche doorsneden van de vrucht en het daarin bevatte zaad; het gestippelde is het kiemwit; onder aan ziet men de kiem.

als 't ware driehoeken zonder grondlijn vormen. Deze moeten ons iets langer bezig houden. Zij zijn de doorsneden van één enkelen, bladachtigen zaadlob, en nog eenige, daarbinnen gelegen blaadjes. Elk dezer organen heeft op zich zelf den vorm van een peperhuisje; en even als een stel peperhuisjes zijn zij in elkander geschoven. Dat onder die omstandigheid de overlangsche doorsnede er werkelijk zoo uit moet zien als in de figuur, zal men licht begrijpen, als men zich een overlangsche doorsnede door zulk een stel peperhuisjes denkt, zóó gevoerd, dat het geheele stel er door in twee gelijke deelen geplitst wordt. Waarom

heet het buitenste dezer blaadjes zaadlob? Natuurlijk om een zekere overeenkomst met de beide zoogenoemde organen van het amandelzaad.

Fig. 23.



Ontkieming van tarwe. Ontwikkeling volgens de figuren A-F.

A Tarwekorrel in ongeweekten toestand; *s* plaats waar de zaadlob te voorschijn zal treden; *c* plaats waar het worteltje de zaadhuid doorbreekt. B Het worteltje is ontwikkeld, er ontstaan zijwortels (*r*); de zaadlob komt bij *g* voor den dag. C en D verder ontwikkelde toestanden. E overlangsche doorsnede van den in D afgebeelden toestand; men herkent dezelfde deelen als in fig. 5 No. 2. F. Nog oudere kiemplant; *g* is de zaadlob, waar boven het pluimpje zich verheft.

Deze nu vormden de twee onderste bladachtige organen van het jonge kiemplantje; hetzelfde is het geval met den zaadlob van den roggekorrel. Hier zit echter op dezelfde hoogte slechts een orgaan, daar waren er twee. Men noemt de eerste soort van zaden éénzaadlobbige, de tweede tweezaadlobbige, en geeft deze beide namen ook aan twee groote groepen van planten, die zich niet alleen door dit, maar nog door een groot aantal andere kenmerken van elkander onderscheiden. Het zijn twee der hoofdafdeelingen van het plantenrijk, waarin alle met bloemen bloeiende planten, behalve de dennen, sparren, jeneverbessen, onechte sagopalmen (soorten van het geslacht Cycas) en hare verwanten gerangschikt worden. Doch keeren wij tot den roggekorrel terug. Deze bestaat dus uit den vruchtwand en de zaadhuid, uit het kiemwit en de kiem. De kiem bestaat uit een schildje, het worteltje, en het pluimpje dat door den eenigen zaadlob omgeven is. Hier is de zaadlob niet vleezig maar vliezig, zij bevat het voedsel niet, dat daarom in een afzonderlijk orgaan, het kiemwit, is afgezet.

Met den roggekorrel komen talrijke andere zaden in bouw overeen, en

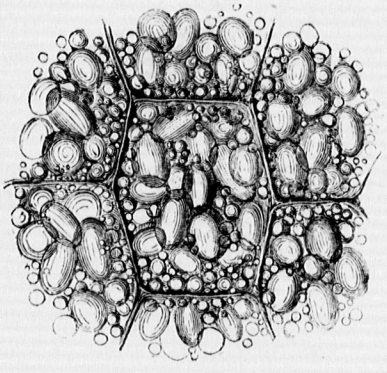
in de eerste plaats die der overige granen : tarwe, gierst, haver, maïs enz.

Ook hier kan het onderzoek gemakkelijker en leerrijker gemaakt worden, wanneer men de zaden eenigen tijd vóór het opensnijden in water weekt, of wel ze geheel laat ontkiemen. De vergelijking van de verschillende ontwikkelingstoestanden in fig. 22 en fig. 23 moge het bewijs hiervoor leveren; de overgang is een zoo geleidelijke, dat een uitvoerige beschrijving overbodig kan geacht worden.

Er bestaat nog een derde soort van zaden, te weten die, welke twee zaadlobben en daarbij een kiemwit hebben. In dit geval zijn gewoonlijk de zaadlobben weinig ontwikkeld en bevatten zij geen of bijna geen voedsel. Zaden met één zaadlob en zonder kiemwit zijn zeldzaam.

Nu wij den algemeenen bouw der zaden hebben leeren kennen, kunnen wij overgaan tot de nadere beschouwing van die bizondere deelen, waarin het voedsel wordt aangetroffen. Hiertoe maken wij b. v. van het kiemwit van een tarwekorrel een zeer dunne doorsnede, en beschouwen die onder het mikroskoop, terwijl zij in een weinig water of spiritus ligt. Een klein deel van zulk een doorsnede vertoont ons fig. 24 bij zeer sterke vergrooting. In het midden van deze figuur zien wij een langwerpig zeshoekige cel, en rondom deze andere cellen, die slechts ten deele afgebeeld zijn. Allen zijn dicht gevuld met grootere en kleinere korrels, wier gedaante nu eens meer elliptisch is, dan weer meer tot het kogelronde overhelt. Deze korrels bestaan uit zetmeel, dezelfde stof, die tijdens de assimilatie in de bladgroenkorrels ontstaat. Om dit te bewijzen maken wij gebruik van de bij de behandeling der assimilatie reeds vermelde eigenschap van zetmeel, zich met jodium blauw te kleuren. Voegen wij dus een oplossing van jodium in alcohol of in water aan onze snede toe, zoo kleuren zich deze korrels fraai blauw. Daar er nu geen andere stof bekend is, die dezelfde eigenschap bezit, zoo mogen wij besluiten dat de korrels zetmeel zijn. De hoe-

Fig. 24.

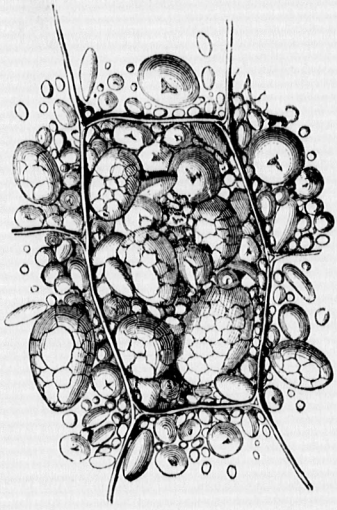


Met zetmeel gevulde cellen uit het kiemwit van tarwe.

veelheid zetmeel is zóó groot, dat men de blauwkleuring met jodium reeds met het ongewapend oog kan waarnemen. Een nauwkeurige beschouwing der zetmeelkorrels, terwijl ze in water liggen, toont ons een aantal kringen, die in de ronde korrels regelmatig om het middenpunt loopen, in de langwerpige een elliptische gedaante bezitten. Brengen wij het praeparaat daarentegen in watervrijen alcohol, en wasschen wij het met dezen zoolang uit totdat al het water er uit verdwenen is, zoo zien wij deze kringen niet meer. Hieruit volgt dat water voor hun bestaan een noodzakelijk vereischte is, en men heeft gevonden, dat zij veroorzaakt worden door een laagsgewijzen bouw der korrels, waarbij de lagen slechts daarin van elkander verschillen, dat zij afwisselend een grooter en een kleiner gehalte aanwater bevatten.

Figuur 25 stelt een stukje van een doorsnede uit het kiemwit van een haverkorrel voor. In het midden ligt weer een zeshoekige cel, omgeven van andere, niet geheel afgebeelde cellen. De korrels, die den inhoud dezer cellen uitmaken, zijn ook hier zetmeel. Zij vertoonen echter onderling tamelijk veel verschil. Er zijn er die kogelrond zijn; andere die meer een elliptische gedaante hebben. Deze beide soorten komen vrij wel met de zetmeelkorrels van tarwe overeen. Andere daarentegen vertoonen een netvormige teekening, en blijken, bij nader onderzoek, uit een aantal kleinere hoekige korrels te bestaan, die vrij gemakkelijk van elkander loslaten. Sommige zijn uit twee, andere uit drie of vier, nog andere uit een vrij groot aantal deelen samengesteld. Aan deze samengestelde korrels kan men havermeel onder het mikroskoop gemakkelijk herkennen.

Fig. 25.



Een met zetmeel gevulde cel uit het kiemwit van haver. De groote zetmeelkorrels zijn uit een aantal kleinere, hoekige korrels samengesteld.

Het spreekt van zelf dat de zetmeelkorrels niet de geheele ruimte der cellen innemen. De openingen tusschen de grootere korrels worden wel is waar door de kleinere ten deele aangevuld, doch ook deze zijn niet hoekig maar rond, en raken elkander dus slechts met weinige

punten hunner oppervlakte aan. Deze tusschenruimten zijn aangevuld door een andere, eveneens zeer belangrijke voedingsstof, het eiwit. In goede praeparaten laat zich bij sterke vergrooting dit eiwit gemakkelijk aantoonen; om tot de overtuiging te geraken dat het zich werkelijk in niet onaanzienlijke hoeveelheid in graankorrels bevindt, behoeven wij ons slechts aan de eigenschappen van meel te herinneren. Brengt men tarwemeel in water, dan vormt dit eene taaie, deegachtige massa. De oorzaak hiervan kan natuurlijk niet in de ronde, vrij harde zetmeelkorrels gelegen zijn, doch moet juist in het eiwitgehalte van dit meel gezocht worden. Aan dit eiwitgehalte heeft het uit zulk meel gebakken brood een belangrijk deel zijner voedzaamheid te danken.

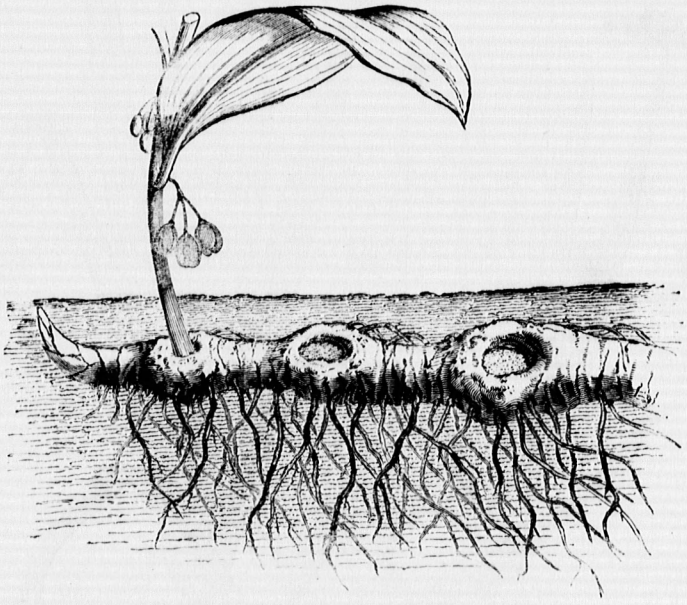
Denzelfden bouw als het kiemwit van graankorrels, dat uit cellen bestaat, die met zetmeelkorrels en daartusschen liggend eiwit gevuld zijn, vertoonen ons de zaadlobben van die zaden, die of in 't geheel geen kiemwit hebben, of bij welke dit lichaam slechts weinig ontwikkeld is. Wij behoeven dus hierbij niet afzonderlijk stil te staan. Daarentegen zijn er een aantal zaden, die, hetzij in het kiemwit, hetzij in de zaadlobben, in plaats van zetmeel een andere stof herbergen. Deze stof is dan meestal olie, en vele planten, wier zaden zulk een olie voortbrengen, worden ter verkrijging van deze in 't groot gekweekt. Lijnolie en raapolie worden beide door persen verkregen uit plantenzaden, de eerste uit lijnzaad of vlaszaad, de andere uit raapzaad, dat ook wel koolzaad genoemd wordt. In zulke olie-houdende zaden is de olie niet in druppels aanwezig, die daarin als het ware de plaats der zetmeelkorrels van andere zaden innemen, maar bevindt zich de olie in uiterst fijn verdeelden toestand met eiwit gemengd, zoodat men haar eerst zien kan, wanneer men een doorsnede in water brengt, of in een andere vloeistof, die eveneens op het eiwit inwerkt en daardoor een scheiding teweeg brengt. Uit dit innige mengsel is de hoofdinhoud der cellen gevormd, terwijl daarin nog andere lichamen liggen, die een ronde of hoekige gedaante hebben, en niet zelden sprekend op zetmeelkorrels gelijken. Deze korrels bestaan of geheel uit eiwit, of bevatten in een uit eiwit gevormd omhulsel zekere lichamen, die of kristallen, of kleine ronde korrels zijn. Men noemt deze eiwitlichamen, met of zonder de ingesloten lichamen, aleuronkorrels; daar zij in water tot een deegachtige massa opzwellen, heeft men ze ook wel met den naam van kleefmeel bestempeld.

Zetmeel, olie en eiwit zijn de drie voornaamste vertegenwoordigers van de drie hoofdgroepen, waarin men de organische bouwstoffen van het plantenlichaam zou kunnen splitsen. De groep van het zetmeel, waartoe ook de suiker behoort, en die daarnaar den naam van suikerachtige lichamen draagt, kan in het plantenrijk de plaats der olieachtige lichamen of vetten vervangen; m. a. w. bij de voeding der plant vervullen beide groepen van stoffen denzelfden rol. Vandaar dat wij in sommige zaden zetmeel, in andere olie aantreffen. De eiwitachtige lichamen kunnen daarentegen in hun werking bij den groei van plantendeelen noch door zetmeel, noch door olie vervangen worden, van daar dat zij in geen soort van zaad ontbreken. Behalve organisch reserve-voedsel moeten de zaden echter ook nog anorganisch voedsel bevatten, daar wij weten dat ook stoffen van deze groep tot de bouwstoffen van het plantenlichaam behooren. Soms treft men deze aan in den vorm van kristallen; b.v. in de aleuronkorrels, soms met het eiwit zoodanig gemengd, dat men ze slechts angs scheikundigen weg kan aantoonen.

De onderaardsche deelen der overblijvende planten zijn of stengelorganen, of wortels. Meestal vindt men beiden gedurende den winter nog in leven. Aan de stengelorganen, die in dit geval ook wel met den naam van wortelstok bestempeld worden, vindt men steeds de knop of knoppen, waaruit zich in het volgende voorjaar de nieuwe bebladerde plant zal ontwikkelen. Terwijl deze knoppen dus de kiem voor den stengel en de bladen van het volgend jaar bevatten, moet in den wortelstok, of in de wortels het voedsel bewaard worden, ten koste waarvan de eerste ontwikkeling zal plaats vinden. Immers vóór dat de eerste groene bladen boven den grond geheel ontplooid zijn, kan de jonge plant zelf nog geen voedsel maken, en moet dus het tot haar groei noodige in bepaalde organen gereed vinden. Van deze organen nu wenschen wij de voornaamste hier aan een nadere beschouwing te onderwerpen. Wij kunnen ze tot vier groepen brengen, waarvan drie stengeldeelen omvatten, te weten: den eigenlijken wortelstok, den bol en den knol, terwijl de vierde die wortelorganen behandelt, welke tengevolge van hun groote dikte en vleezige zelfstandigheid met den naam van wortelknollen aangeduid worden.

Verreweg de meeste overblijvende planten doen dit door een wortelstok in den engeren zin van het woord. Soms is deze dun en kruipend, gelijk bij de zegge of het rietgras (Carex arenaria), dat op onze duinen zooveel tot het vastleggen van het zand bijdraagt. In dit geval zou men ter nauwernood vermoeden, dat hij de bewaarplaats van het voedsel voor de knoppen is.

Fig. 26.



Wortelstok van het Salomonszegel, (Convallaria Polygonatum). Aan de onderzijde ziet men talrijke wortels, aan de bovenzijde een vruchtdragenden stengel, en aan het uiteinde den eindknop.

Bij andere planten daarentegen is de wortelstok dik en vleezig, en toont reeds op het eerste gezicht dat zijn hoofdrol in het bewaren van voedsel bestaat. Zulk een wortelstok bezit o. a. het Salomonszegel, waarvan bij ons te lande twee soorten vrij algemeen voorkomen, de eene in bosschen, de andere op droge zandgronden. Van de laatste zijn de onderaardsche deelen in fig. 26 voorgesteld De wortelstok kruipt in horizontale richting op zeer korten afstand onder de oppervlakte van den grond voort, en is aan zijne onderzijde van talrijke wortelvezels voorzien. Hij eindigt in een min of meer naar boven gebogen knop, die aan de knobschubben gemakkelijk te herkennen is. Door de ontwikkeling van dezen knop zal de wortelstok zich in het volgend

jaar verlengen, en tegelijk een bebladerden stengel boven den grond doen ontstaan. De bebladerde stengel van dit jaar, waarvan de figuur

Fig. 27.



Iris. De vertakte wortelstok zendt talrijke wortelvezels in den grond af, en draagt boven den grond de wortelbladen.

ons slechts het onderste gedeelte laat zien, is uit een dergelijken eindknop van het vorige jaar ontstaan. Zoodra zijn bladen verdord en zijn vruchten afgevallen zijn, zal hij ook zelf afsterven en vergaan, en er zal aan den wortelstok later nog slechts een ronde plek te zien zijn, die de plaats aanwijst, waar de stengel bevestigd was. De twee

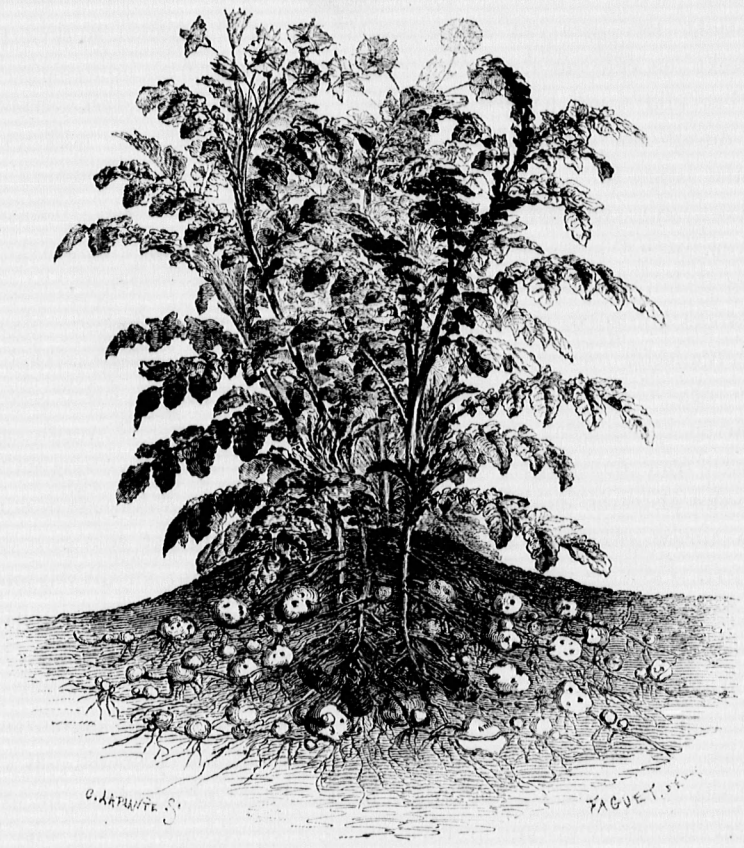
ronde plekken, die men op den wortelstok in onze figuur ziet, zijn zulke plaatsen, waar de bebladerde stengels der beide voorgaande jaren aan hebben vastgezeten. Zij herinneren in haar vorm eenigszins aan een diep ingedrukt zegel in lak, aan welke eigenschap de plant haar naam te danken heeft.

Een ander voorbeeld van een vleezigen wortelstok levert ons het geslacht Iris, waarvan eenige soorten bij ons in tuinen worden gekweekt, en één aan de randen van slooten en vaarten niet zeldzaam in het wild wordt aangetroffen. Hier is de wortelstok sterk vertakt, en draagt aan het uiteinde van elk der goed ontwikkelde takken een aantal lange lintvormige bladen, die afwisselend links en rechts geplaatst zijn, en aan het geheel daardoor een zeer platte gedaante geven. In het midden van deze vereenigingen van wortelbladen komt later de bovenaardsche stengel met zijne fraaie, gele of blauwe bloemen te voorschijn. Tot op dit tijdstip zamelt zich al het door de bladen geassimileerde voedsel in den wortelstok op, om tijdens de ontwikkeling van den bloeisteng grootendeels te worden verbruikt. Het gevolg daarvan is dan, dat de oudste, het verst van de bladen verwijderde deelen van den wortelstok geheel leeg gezogen worden, waarna zij spoedig afsterven en verrotten. Telken jare groeit aan het eene uiteinde een nieuw deel aan den wortelstok aan, terwijl het achterste deel afsterft. Op deze wijze bestaat de wortelstok voortdurend uit vrij jonge deelen, en blijft zijne lengte ongeveer dezelfde. Hetzelfde geldt natuurlijk ook van de wortelstokken van andere planten.

Wanneer van een wortelstok slechts een gedeelte vleezig wordt, en zulk een deel tot een veel grootere dikte aanzwelt dan de aangrenzende deelen, noemt men het een knol. Ook kan het gebeuren dat een geheele wortelstok op die wijze in een knol veranderd is, in welk geval hij èn door zijn vorm, èn door de eigenschap van niet bij gedeelten maar in eens, bij de ontwikkeling der knoppen, te worden uitgezogen, van den eigenlijken wortelstok gemakkelijk kan worden onderscheiden. Knollen van de eerste soort zijn de aardappels (fig. 28 en 29); terwijl de crocussen ons voorbeelden van die der tweede soort aanbieden. Wanneer een aardappelplant zich uit een zaad ontwikkelt, ontvouwt zij hare beide zaadlobben, tusschen welke het pluimpje als de aanleg van den stengel voor den dag komt. Het worteltje groeit naar beneden en vertakt zich in den grond. In den hoek dien de

beide zaadlobben met elkander maken, ontstaan, naast het pluimpje, weldra eenige knoppen, die zich tot zijtakken van den stengel ontwikkelen. Deze zijtakken buigen zich eerst over, daarna in den grond, en groeien in een schuinsche richting naar beneden voort. Nadat zij

Fig. 28.

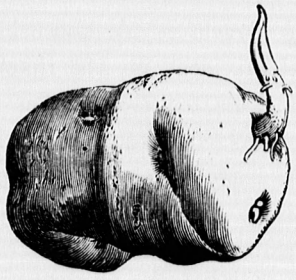


Aardappelplant, met bovenaardsche bebladerde stengels, en onder den grond groeiende wortelstokken, waaraan zich de aardappelen ontwikkelen.

daarbij een zekere lengte verkregen hebben, houden zij op met zich verder te verlengen, doch groeien daarentegen aan hun top zeer sterk in de dikte. Op deze wijze ontstaan aan een kiemplant van een aardappel de eerste aardappels. Deze zijn nog zeer klein. Later vormen zich krachtiger zijtakken van den stengel tot wortelstokken, en vormen aan hun top krachtiger knollen, die weldra de grootte van gewone

aardappels bereiken. Dikwijls vertakken zich deze wortelstokken ook, waardoor natuurlijk het aantal aardappels vergroot wordt, daar eindelijk elke tak er weer een aan zijn top doet ontstaan. Aan een gewonen aardappel (fig. 29) ziet men een aantal zoogenoemde oogen. Het zijn, gelijk men weet de plaatsen, waar zich later, bij het uitloopen, de nieuwe stengeldeelen zullen vormen. Elk oog is de kiem van zulk een stengel, of, gelijk men dit gewoonlijk uitdrukt, een knop. Poot men in het voorjaar een aardappel, of ook maar een stuk van een aardappel, met één of meer oogen, dan ontstaat daaruit een geheele plant, die niet alleen bebladerde stengels vormt, maar ook talrijke onderaardsche takken draagt, die elk een nieuwen aardappel vormen.

Fig. 29.



Aardappel. Uit een der oogen ontwikkelt zich een stengel.

Het spreekt van zelf dat in den knol het voedsel voor de ontwikkeling der stengels aanwezig is; een zeer duidelijk bewijs vertoonen ons de looten, die aardappels niet zelden in onze kelders maken, en die een lengte van een meter en meer kunnen bereiken, zonder dat zich in haar een spoor van groene kleurstof ontwikkelt. Daar nu noch in een donkeren kelder, noch bij gemis van groene kleurstof assimilatie mogelijk is, moet al het voedsel, dat tot den opbouw van zulk een loot is moeten verbruikt worden, uit den knol zelf afkomstig zijn. Vandaar dan ook dat zulke uitloopende aardappels een rimpelige oppervlakte bekomen, daar de schil dan te wijd is, om zonder plooien den door het uitzuigen kleiner geworden inhoud te omspannen. Het behoeft wel geen vermelding, dat de voedingswaarde der aardappels door dit uitloopen aanzienlijk vermindert.

Beschouwt men een zoogenoemden Crocus-bol tijdens of kort na het bloeien, dan ziet men, tusschen eenige dorre, bruine schubben, een min of meer platte, ronde schijf, waarop een aantal kleine knolletjes zitten, die naar boven toe elk in een bundel bladen met of zonder bloemen uitloopen. Elk dezer kleine knolletjes is uit een knop van den grooten knol ontstaan; de laatste heeft het voedsel voor de bladen en bloemen moeten leveren, en wordt daarna door de kleine knollen geheel uitgezogen, tot hij ineenschrompelt en verrot. Daarbij

worden de kleine knollen groot, deels door het uit den ouderen knol opgenomen voedsel, deels door de produkten der assimilatie, welke hen van uit de bladen worden toegevoerd.

Van de hoeveelheid voedsel, die in hen wordt afgezet, hangt natuurlijk de kracht van hun groei in het volgende jaar af. M. a. w. hoe krachtiger de Crocusbladen aan de vorming van organisch voedsel arbeiden, en hoe rijkelijker zij dit naar de jonge knollen vervoeren, des te grooter zullen deze worden, en des te beter zullen zij in het volgende voorjaar bloeien. Wil men dus in het volgend jaar rijk bloeiende Crocussen hebben, zoo zorge men vooral in dit jaar de bladen niet eerder af te snijden, dan nadat zij van zelf beginnen te verdorren en te vergaan en hun rol dus volledig afgespeeld hebben. Deze zelfde regel geldt van hyacinthen, tulpen en zoovele andere bolplanten, die in onze tuinen zeer goed verscheidene jaren achtereen kunnen bloeien, al is ook hun tros niet zoo gevuld of hun bloem niet zoo groot als in het eerste jaar nadat zij uit de kweekerij kwamen. Toch wordt tegen dezen regel niet zelden gezondigd. Een perk met bloembollen heeft uitgediend, zoodra de laatsten uitgebloeid zijn; de bladen zijn nog wel groen, doch hun vorm is niet sierlijk, en niet zelden liggen zij slap op den grond. Men snijdt ze dus maar zoo spoedig mogelijk weg, neemt de bollen uit den grond en gebruikt het perk voor andere planten.

Zeer goed, zoo men de bollen niet we êr gebruiken wil; doch moeten zij het volgend jaar weêr bloeien, zoo is het volstrekt noodzakelijk, ze hun bladen te laten, opdat ze voedsel genoeg kunnen maken en verzamelen voor den aanleg en de ontwikkeling der bloemen van het volgende jaar.

Een bol onderscheidt zich van een knol daardoor, dat in hem het voedsel niet in een vleezig ontwikkeld stengeldeel bewaard wordt, maar in dikke bladachtige organen, die aan een meest weinig ontwikkelden stengel bevestigd zijn. Om zich hiervan te overtuigen, doet men het beste een bol, b.v. van een hyacinth, door te snijden. Snijdt men hem overlangs door, dan ziet men (fig. 33) onderaan een wit kegelvormig lichaampje, waaraan alle overige deelen zijn vastgehecht. Dit is het stengeldeel. Van onderen zijn er talrijke wortelvezels aan bevestigd. Van ter zijde en van boven zijn er dikke vleezige schubben aan gehecht, die aan hun top zich tot elkander nei-

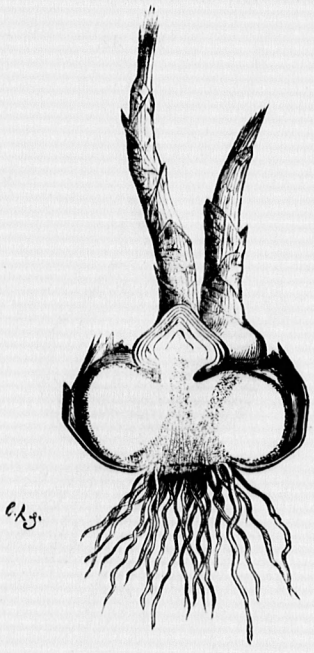
gen, en in het midden den eindknop omsluiten. Deze bevat den bloemtros in miniatuur; men kan in de afzonderlijke bloemen de belangrijkste deelen reeds duidelijk onderscheiden. Daar omheen liggen de

Fig. 30.



Knol van Crocus.

Fig. 31.



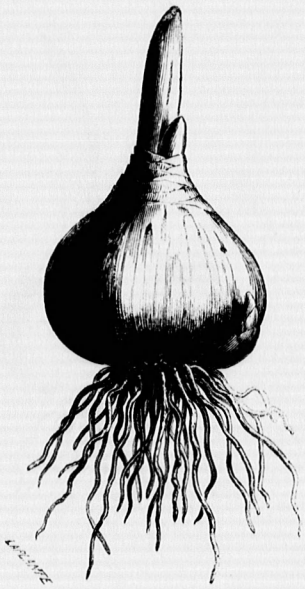
Overlangs doorgesneden knol.

jonge bladen, die later tot de groene bladen der plant zullen aangroeien. Zij onderscheiden zich van de omliggende schubben van den bol door grootere lengte en geringere dikte. Onze figuur vertoont daarenboven nog den aanleg van een nieuwen bol. Aan de rechterzijde onderaan ziet men namelijk een klein lichaampje, dat eveneens uit een aantal schubben gevormd is. Worden deze schubben met voedingstoffen gevuld en zwellen zij daarbij aan, zoo groeit het geheel tot een nieuwen bol aan; voorloopig is het dus nog slechts een knop. Ook in fig. 32 is deze knop duidelijk zichtbaar.

Snijdt men een hyacinthenbol dwars door, zoo ziet men op de doorsnede een groot aantal, om hetzelfde middenpunt loopende kringen. Het zijn de grenzen der vleezige schubben, welke hier elk zoo groot zijn, dat zij den bol geheel of ten minste grootendeels omvatten.

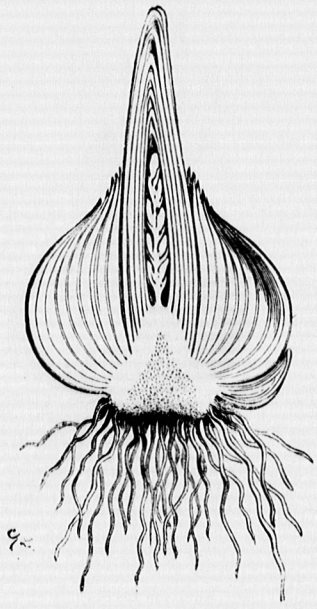
In het midden ziet men weer den knop. De schubben van den bol eener hyacinth bevatten een zeer groote hoeveelheid voedsel, gelijk door het mikroskopisch onderzoek gemakkelijk kan worden aangetoond. Deze hoeveelheid is veel grooter dan men allicht vermoeden zou. Zij is namelijk ruimschoots voldoende voor de geheele ontwik-

Fig. 32.



Bol van een hyacinth.

Fig. 33.



Bol van een hyacinth overlangs doorgesneden.

keling van de bladen en den bloemtros, die in den knop besloten zijn. Men kan dit door een zeer leerrijke proef rechtstreeks bewijzen. Daartoe maakt men gebruik van de omstandigheid, dat planten in het donker geen organische stof uit anorganische, dus voornamelijk uit koolzuur en water kunnen maken. Men plant dus een hyacinthenbol in het najaar in een pot, en zet dezen, zoodra de bol begint uit te loopen in een donkere kast. De ontwikkeling wordt daardoor niet belemmerd of vertraagd. De bladen bereiken zelfs een grootere lengte dan onder gewone omstandigheden; hetzelfde geschiedt met den bloemstengel. Zij nemen echter volstrekt geen groene kleur aan, doch blijven bleekgeel; gelijk steeds bij in 't donker groeiende plantendeelen het geval is. Daarentegen nemen de bloemen ongehin-

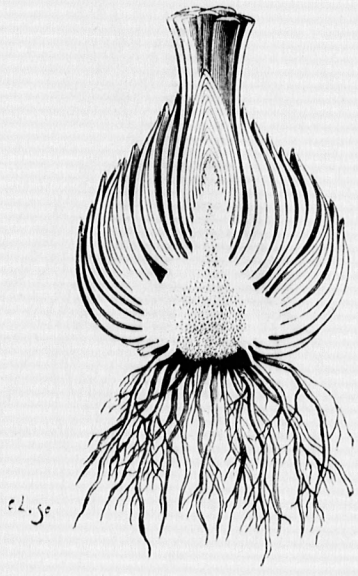
derd haar normale kleur aan, hetgeen een zeer eigenaardige tegenstelling met de gele bladen en stengel oplevert. Zijn de omstandigheden gunstig, zoo kunnen zich uit de bloem vruchten ontwikkelen, zoodat de plant alle perioden van haar leven doorloopt, zonder eenig ander voedsel te gebruiken, dan dat wat in den bol opgespaard was. Dat deze hierbij leeg gezogen wordt en dus verschrompelt en verdort, behoeft wel niet gezegd te worden.

Fig. 34.



Bol eener lelie.

Fig. 35.



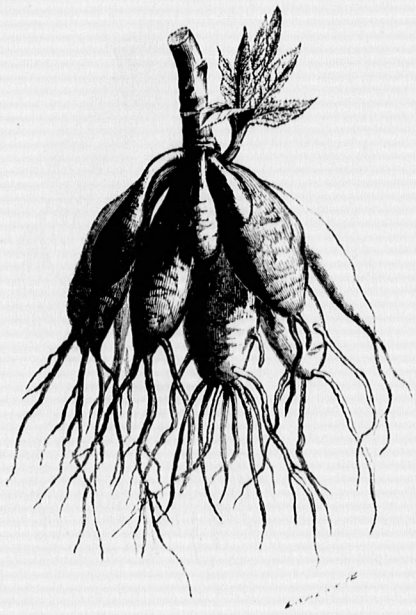
Bol eener lelie, overlangs doorgesneden.

In de beschrijvende plantkunde onderscheidt men gerokte en geschubde bollen.

Tot de eerste behoort de hyacinth, tot de tweede de lelie (fig. 34 en 35). De gerokte hebben groote schubben, die geheel of bijna geheel rondom den bol loopen; terwijl deze deelen bij de geschubde bollen slechts smal zijn, en elk dus maar een klein gedeelte van den bol bedekken; daardoor liggen zij dakpansgewijze over elkander en veroorzaken zoo het geschubde uiterlijk van den bol. De oppervlakte der gerokte bollen is glad, en vertoont alleen aan het bovenste ge-

deelte ringen, daar hier de binnenste schubben iets hooger reiken dan de buitenste. Dat de inwendige bouw van beide soorten van bollen in hoofdzaken dezelfde is, kan ons een vergelijking der overlangsche doorsneden in fig. 33 en 35 leeren. Ook bij de geschubde is het voedsel in de schubben afgezet. Ook deze vermenigvuldigen zich door kleine bolletjes, die zijdelings tusschen de schubben van den grooten bol ontstaan, en waarvan fig. 35 ons er twee doet zien. Bij het afsterven van den ouden bol, ontwikkelen deze zich tot nieuwe bollen.

Fig. 36.



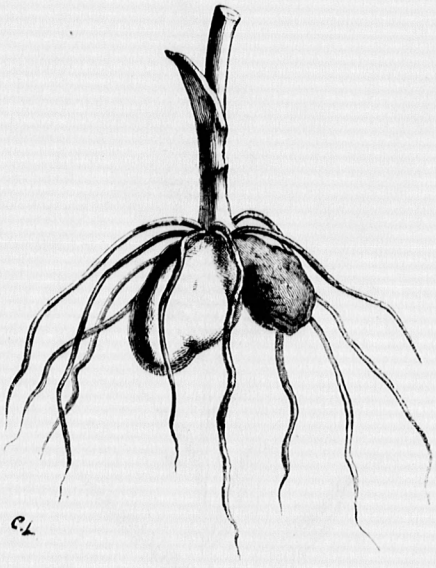
Knolvormige wortels der Dahlia.

Bij een aantal overblijvende planten vormt niet de wortelstok het voedselmagazijn, maar is deze rol aan de wortels opgedragen. De wortelstok is dan slechts zeer weinig ontwikkeld, en meestal niet veel grooter dan tot aanhechting der wortels en van een of meer knoppen noodzakelijk is. Bij de gewone Dahlia blijft het onderste gedeelte van den vertikalen stengel in leven, nadat het boven den grond ontwikkelde deel in het najaar afgestorven is. Aan dit deel zijn talrijke wortels bevestigd, die een min of meer elliptische gedaante bezitten, en aan hun uiteinde gewoonlijk in een aantal dunne wortelvezels uitloopen. In deze knolvormige wortels is het voedsel afgezet, dat voor de ontwikkeling der knoppen noodig is.

Zeer merkwaardig zijn de knolvormige wortels der Orchideeën. De Orchideeën vormen een der meest bekende plantenfamilies, waarvan een aantal soorten bij ons in warme kassen om den fraaien, en meestal zeer zonderlingen vorm der bloemen gekweekt worden. Een enkele soort, de Vanille, wordt om hare vruchten, de zoogenoemde Vanillestokjes, in tropische streken gekweekt. Andere kleinere soorten

komen in ons vaderland op weilanden, in bosschen of in duinen voor, waar zij dikwijls zeer algemeen zijn. Al deze inlandsche soorten zijn kleine, onvertakte gewassen, wier bebladerde stengel aan den top een tros of aar van roode of witte, bij enkele soorten ook anders gekleurde bloemen draagt. Een aantal van deze soorten bezet een dunnen wortelstok met talrijke wortelvezels; andere daarentegen zijn van vleezige wortelknollen voorzien. Deze zijn het, die hier een nadere beschouwing verdienen, en van welke fig. 37 de onderaardsche deelen voor een der meest gewone soorten afbeeldt. Men ziet hier, onder aan den stengel, een aantal dunne wortels, waartusschen twee wortelknollen gezeten zijn. In onze fig. zijn de beide knollen niet even groot; de grootste heeft een gladde oppervlakte, terwijl de kleinste duidelijk gerimpeld en ineengeschrompeld is. Graaft men zulke Orchideeën op verschillende tijden des jaars uit den grond, zoo bespeurt men dat de beide knollen niet altijd dezelfde ontwikkeling bezitten. In het late najaar, na den dood van den bloeistengel, treft men slechts één knol aan, die een vrij aanzienlijke grootte bezit, en door het overgebleven deel van den stengel in verbinding staat met een goed ontwikkelden knop, waaruit zich in het volgende voorjaar een nieuwe stengel zal ontwikkelen. Het is duidelijk dat deze knol het voedselmagazijn voor den knop is. Deze zuigt hem dan ook uit, zoodra hij begint te groeien, en het duurt niet lang of de vroeger glad gespannen schil van den knol begint te rimpelen, omdat de verminderde hoeveelheid voedsel niet meer in staat is de geheele ruimte aan te vullen. In dezen tijd wordt, aan de andere zijde van het ondereinde des stengels, een nieuwe knol zichtbaar, eerst zeer

Fig. 37.



Knolvormige wortels van Orchis.

klein, doch weldra in grootte toenemend. Het duurt niet lang, of deze knol overtreft de eerste in grootte, en de in fig. 37 afgebeelde toestand is bereikt. De groei van den jongen knol, en de uitzuiging en inéénschrompeling van den ouden gaan voort, en weldra begint de laatste te sterven en te vergaan. Zijn rol is afgespeeld, zoodra hij al zijn voedsel aan de plant heeft afgegeven, en deze tot volkomen ontwikkeling is gekomen. De jonge knol wordt nu voortdurend voorzien van voedsel, dat in de bladen door assimilatie gevormd, hier wordt afgezet, om eerst in het volgende jaar gebruikt te worden. Wij hebben dus hier weer het merkwaardige verschijnsel, dat elke stengel zich voedt met het in het vorige jaar geassimileerde voedsel, en dat zijne bladen weer voor het volgende jaar werkzaam zijn, terwijl van zijn produkten niets of slechts weinig in den loop van hetzelfde jaar verbruikt wordt.

Fig. 38.



Gevlekte Orchis (*Orchis maculata*) met vertakte knolvormige wortels.

Aan het slot onzer beschouwingen omtrent de onderaardsche bewaarplaatsen van overblijvende planten gekomen, is het noodig nog met

enkele woorden te vermelden welke deelen bij tweejarige planten deze rol vervullen.

De gewone wortel of peen, de rapen en knollen, en de beetwortels leveren ons voorbeelden van gekweekte tweejarige planten, die in het eerste jaar van haar leven groote hoeveelheden koolzuur uit de lucht opnemen en tot organische voedingsstoffen verwerken. Dit voedsel wordt in den vleezigen hoofdwortel afgezet, die uit het worteltje van het zaad ontstaan is en steeds recht naar beneden groeit, doch in vorm al naar gelang der soort afwijkingen vertoont, en nu eens meer tot het kegelvormige, dan weer meer tot het kogelronde nadert. Schijnbaar zitten de bladen op het bovenste uiteinde van den wortel ingeplant. Doch wij weten dat de wortel nooit bladen draagt, maar dat deze uitsluitend aan stengelorganen ontwikkeld worden. De bladdragende top is dus het onderste deel van den stengel, dat echter slechts weinig in grootte toegenomen, en met den wortel als het ware tot één geheel versmolten is. Gewoonlijk rooit men de planten aan het einde van den eersten zomer, dus op het tijdstip dat de hoeveelheid opgestapeld voedsel zoo groot mogelijk is. Gaan wij na, wat er met zulke planten gebeurt, zoo men ze zich ook gedurende het tweede jaar laat ontwikkelen, iets wat natuurlijk steeds daar gebeurt, waar men zaad wenscht te winnen. De wortelbladen van den eersten zomer zijn in den winter afgestorven. De plant vormt een langen hoogen stengel met nieuwe, doch weinig talrijke bladen; aan den top draagt deze stengel een bloemgroep, in den vorm van een pluim, een tros of een scherm, al naar gelang der soort. De groei van den stengel en de bloemgroep geschiedt zeer snel; daarbij wordt het voedsel, dat

Fig. 39.

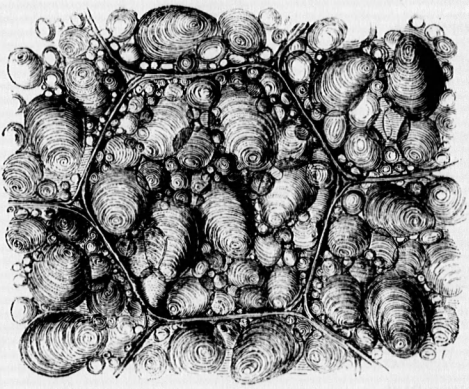


Raap (Brassica Rapa), op het einde van het eerste levensjaar.

in den vleezigen wortel bewaard was, in korten tijd bijna geheel verteerd, en wat er nog overblijft, dient verder voor den bloei der bloemen, en het afzetten van voedende bestanddeelen in de zaden. Met het rijp worden van deze, is de wortel geheel leeggezogen, en het leven der plant ten einde. In korte trekken kunnen wij het leven van tweejarige planten dus schetsen door te zeggen, dat zij in het eerste jaar ontkiemen, en door hare bladen een groote hoeveelheid voedsel maken en in den wortel opstapelen; in het tweede jaar ontwikkelen zij haar stengel, bloemen en zaden ten koste van het bewaarde voedsel. Het eerste jaar is dus aan de voeding, het tweede aan de voortplanting der soort gewijd.

Er blijft ons nog over een blik te werpen op den mikroskopischen bouw der onderaardsche bewaarplaatsen van het plantenvoedsel, en op de daarin afgezette voedingsstoffen zelven. In dit opzicht bestaat echter een zoo groote overeenkomst, èn tusschen deze organen onderling, èn tusschen hen en de reeds vroeger beschreven stapelplaatsen van het voedsel in de zaden, dat wij hierbij niet lang behoeven stil te staan. Cellen van verschillenden vorm, meestal grootendeels met zetmeelkorrels gevuld, waartusschen zich een kleinere of grootere hoeveelheid eiwitachtige stoffen bevindt, zijn bijna steeds het beeld, dat de mikroskopische onderzoeking ons vertoont. In enkele plantendeelen treft men de voedingsstoffen in een anderen toestand aan, soms als olieachtige stoffen, niet zelden als in water opgeloste bestanddeelen. Ook de vroeger besproken aleuronkorrels, die geheel of grootendeels uit eiwit bestaan, worden in deze organen aangetroffen.

Fig. 40.



Celweefsel van een aardappel (Solanum tuberosum); de cellen zijn gevuld met ovale zetmeelkorrels met een excentrisch kernstipje en daaromheen loopende kringen.

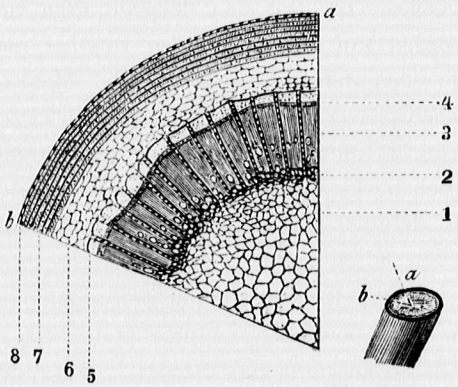
Vele planten met onderaardsche bewaarplaatsen van het voedsel bloeien in het voorjaar, en ontwikkelen hare vruchten en haar zaad

in den vroegen zomer. Het overige deel van het jaar is gewijd aan de assimilatie, of het vervaardigen en verzamelen van voedsel voor de bloemen van het volgend jaar. Zoo b.v. de zoogenoemde Menistezusjes of Hoe-langer-hoe-lievertjes (Saxifraga umbrosa). Dit plantje, dat in onze tuinen niet zelden als rand rondom perken gekweekt wordt, heeft kleine kortgesteelde, bijna cirkelronde bladen van een donkergroene kleur, en van min of meer leerachtige zelfstandigheid; deze bladen zijn tot zeer dichte rosetten vereenigd. In het voorjaar bloeit het met hooge zeer losse pluimen van kleine bloemen, wier witte, fraai rood gestippelde bloembladen, en roodachtig groene bloemsteelen, een eigenaardigen tint van rose aan het geheel geven. Gewoonlijk worden de pluimen afgesneden zoodra alle bloemen ontwikkeld zijn, iets wat steeds aan te bevelen is, daar dan de plant geen voedingsstoffen voor het rijp worden van de vruchten en van het zaad kan verbruiken. Gedurende den bloeitijd trekken de Menistezusjes in tuinen zeer de aandacht, en verdienen deze ten volle. Doch zoodra deze om is, verliezen zij dezen voorrang, en worden niet zelden zeer stiefmoederlijk behandeld. Ja, ik heb iemand gekend, die gedurende den bloeitijd deze planten dagelijks vlijtig begoot, doch ze daarna nooit meer van water voorzag, zoodat ze een groot deel der heete zomerdagen in verwelkenden toestand doorbrachten. Zoo wij ons nu herinneren dat voor een krachtige assimilatie de frissche, waterrijke toestand der bladen een voorwaarde is, zoo zullen wij gemakkelijk inzien, dat bij de genoemde behandeling de planten slechts weinig voedsel konden maken, en dus in het volgende jaar voor een rijken bloei onvolledig voorbereid zouden zijn. Ook na den bloeitijd hebben overblijvende planten aanspraak op zorgvuldige behandeling.

Onze boomen en heesters bezitten in den winter aan hunne jongste takken een aantal knoppen, die door bruine knopschubben dicht omsloten en bedekt, en daardoor voor de nadeelige inwerking der koude beschermd zijn. Deze knoppen zwellen in het voorjaar aan, de knopschubben barsten open, en uit elken knop treedt een jonge twijg met nog onontwikkelde bladen te voorschijn. In korten tijd heeft de jeugdige tak een vrij aanzienlijke grootte verkregen, en zijn bladen geheel ontplooid, en de boom prijkt met het frissche voorjaarsloof, waarvan de fraaie geelgroene tinten zoo zeer tot de schoon-

heid van het voorjaarslandschap bijdragen. Eerst langzamerhand gaat dit geelgroen in donkergroen over, en verandert de voorjaarsdosch in dien van den zomer. De langzame ontwikkeling van het bladgroen in de jonge bladen is daarvan de oorzaak. De snelle groei der twijgen en bladen tijdens het te voorschijn komen uit de knoppen moet natuurlijk geheel plaats vinden ten koste van voedsel, dat reeds vooraf in de takken aanwezig was. Eveneens behoeft de verdere ontwikkeling dit reservevoedsel, daar de assimilatie in de jonge bladen nog geen voldoende hoeveelheden van bouwstoffen in dien korten tijd leveren kan. Wij moeten dus zoeken naar de plaatsen waar dit voedsel gedurende den winter afgezet was, en mogen verwachten, dat dit vooral in de onmiddellijke nabijheid der knoppen, dus in de jongste, éénjarige, takken opgehoopt zal zijn.

Fig.41.



Eenjarige tak van een paardenkastanje (Aesculus Hippocastanum). Het deel *a b* der dwarsdoorsnede is afzonderlijk en vergroot voorgesteld. 1 Merg; 2 en 3 hout; 4 teeltweefsel; 5 bast; 6 en 7 schors; 8 opperhuid.

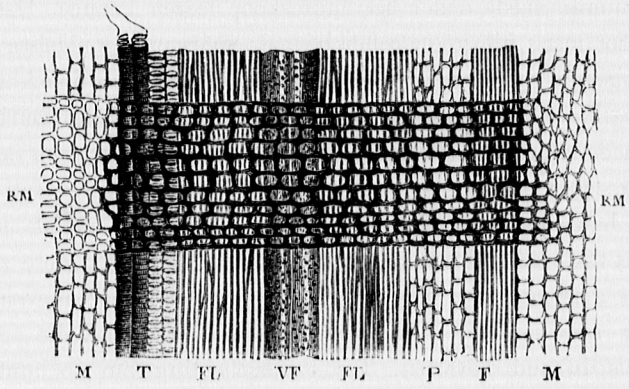
Het mikroskopische onderzoek bevestigt dit vermoeden, en leert dat verreweg de grootste hoeveelheid voedsel in de éénjarige takken afgezet is, vooral in de nabijheid der knoppen, en dat men van hieruit naar de oudere deelen gaande, steeds minder en minder voedende bestanddeelen afgezet vindt. Het is daarom voor ons voldoende den bouw der eenjarige takken na te gaan. Snijdt men van een boom of van een heester, b.v. van een Paardenkastanje, een éénjarig takje af, zoo ziet men op de dwarsche doorsnede in het midden een wit merg, dat door verschillende ringen wordt omgeven. De binnenste van deze is de hardste, en doet zich door zijn vezelachtige structuur, die vooral bij het afbreken blijkt, als het houtlichaam kennen. Deze ring is omgeven door den bast en de schors, die van elkander met het ongewapend oog moeilijk te onderscheiden zijn. Het geheel is door een dun vliezig laagje omge-

ven, dat in jonge takken de opperhuid is, in oudere, reeds bruin geworden takken meestal een kurklaagje, dat onder de opperhuid ontstaan is, en na het afsterven en afschilveren van deze aan de oppervlakte is gekomen. Den verderen bouw kunnen wij slechts door beschouwing van een dunne snede onder het mikroskoop leeren kennen. Daar zien wij, dat het merg uit groote cellen bestaat, waarvan de middelste geheel met lucht gevuld zijn, terwijl in de buitenste in den winter fijne korreltjes voorkomen. Door toevoeging van jodium nemen deze korreltjes een blauwe kleur aan en zijn dus zetmeel. In het houtweefsel vertoont ons de doorsnede (fig. 41) een aantal ronde gaten; dit zijn de doorsneden van luchtvoerende buizen, die in het hout evenwijdig loopen met de lengteas van het takje en luchtvaten genoemd worden. Tusschen deze zijn de houtvezels gelegen, wier inhoud eveneens lucht is; daarenboven vindt men hier tusschen bij vele soorten verspreide cellen, die zetmeelkorrels als inhoud bevatten. Ter onderscheiding van de houtvezels noemt men deze houtcellen; beide, houtvezels en houtcellen, zijn wegens hunne kleinheid in de figuur niet afgebeeld. In den houtring ziet men een aantal celreeksen, in de richting van stralen, die uit het middenpunt der cirkelronde doorsnede komen; zij loopen van het merg naar de schors, en verbinden deze twee weefsels als het ware met elkander. Men noemt ze mergstralen, en neemt in hunne cellen gedurende den winter meestal een groote hoeveelheid zetmeel waar. Tusschen den houtring en den bast ligt het zoogenoemde teeltweefsel, een zeer dunne laag cellen, aan welke de zorg voor den groei van het takje in de dikte is opgedragen. De schors bestaat uit cellen van den vorm der mergcellen, die echter geen lucht bevatten, maar de voornaamste bewaarplaats voor het voedsel zijn. Zoowel zetmeel als eiwit, het laatste natuurlijk in geringere hoeveelheid, worden hierin aangetroffen.

Het zijn dus in de eerste plaats de cellen van het schorsweefsel, dan die der mergstralen, de buitenste mergcellen en enkele verspreide houtcellen, in welke het voedsel wordt afgezet. Bij de meeste inlandsche houtgewassen wordt dit voedsel juist in zoo groote hoeveelheid in deze cellen neergelegd, als voor de eerste ontwikkeling der jonge takken strikt noodzakelijk is. Van daar dat men in het voorjaar, nadat de knoppen uitgeloopen, en de jonge bladen en takken grootendeels ontwikkeld zijn, te vergeefs naar reserve-voedsel in de

takken van het vorige jaar zoekt. Voor zooverre dit nog niet verbruikt is, is het reeds in de jonge looten overgegaan, en op weg naar die plaatsen, waar het weldra verbruikt zal worden. De nieuwe

Fig. 42.



Overlangsche doorsnede door een jong takje van den kleinen Ahorn (Acer campestre); M merg; Fl houtsnede, P houtcellen; V F en T luchtvaten; R M mergstraal.

afzetting van voedsel in deze cellen vindt eerst in het najaar plaats, nadat de groei der takken in de dikte opgehouden heeft, en het door de bladen gevormde organische voedsel dus voor de ontwikkeling der plant niet meer rechtstreeks gebruikt behoeft te worden. Als de bladen afvallen houdt de toevoer van voedingsstoffen natuurlijk op, doch er vinden nog gedurende vrij langen tijd scheikundige omzettingen plaats, die den aard van het afgezette voedsel langzamerhand veranderen, en het hoe langer hoe meer geschikt maken, om in het voorjaar snel verplaatst, en tot den opbouw der nieuwe deelen gebruikt te worden.

Nadat wij in het voorgaande de tijdelijke bewaarplaatsen van het voedsel uitvoerig besproken hebben, kunnen wij onze aandacht wijden aan de beweging van het voedsel naar deze plaatsen toe, en aan den weg, dien het daarbij volgt. Wij hebben reeds vroeger gezien, dat het anorganische voedsel door de wortels wordt opgenomen, terwijl het organische het produkt van de assimilatie is, welke voor verreweg het grootste gedeelte in de bladen plaats vindt. Deze beide organen zijn dus de uitgangspunten voor de beweging van het voedsel. De richting, waarin het zich beweegt, wordt natuurlijk bepaald door

de plaatsen van verbruik of afzetting, dus 1° door de jonge, nog groeiende deelen, 2° door de bewaarplaatsen van het voedsel. Uit deze gegevens kan men in elk bizonder geval den weg dien de bouwstoffen in het plantenlichaam volgen, gemakkelijk afleiden, en het is dus niet noodig, dat wij hier langer bij stilstaan. Doch het is niet genoeg te weten, dat het voedsel zich door de nerven van het blad, in den bladsteel, en van daar door den stengel hetzij opwaarts naar de knoppen en jonge deelen, of afwaarts naar de wortelstokken of knollen beweegt; wij moeten ook de vraag beantwoorden of alle cellen, waaruit deze deelen bestaan, in gelijke mate door het voedsel doorloopen worden, of dat slechts bepaalde cellen of celgroepen den eigenlijken weg voor deze verplaatsing vormen. In het laatste geval moeten wij deze bizondere deelen aan een nadere beschouwing onderwerpen.

Een zeer eenvoudige proef kan ons bij deze vraag een niet onbelangrijk punt van uitgang voor verdere onderzoekingen geven. Iedereen weet, dat gedurende den zomer de bast van boomtakken gemakkelijk van het hout kan afgenomen worden. Het schijnt bij dit afnemen als waren beide deelen slechts door een dun geleiachtig laagje zonder organisatie aan elkander verbonden. In werkelijkheid bestaat dit laagje uit cellen en is het het teeltweefsel, dat wij reeds in eenjarige takken hebben leeren kennen als gelegen op de grens tusschen hout en bast. Maakt men nu om een takje, op korten afstand van elkander, twee ringvormige insnijdingen, die tot op dit teelweefsel reiken, doch het hout zoo weinig mogelijk beschadigen, zoo zal men den bastring tusschen beiden zonder moeite kunnen afnemen. Deze operatie is voor den tak meestal niet doodelijk, ten minste niet in de eerste jaren, nadat zij gedaan werd. De gemeenschap tusschen de bladen van onzen tak en de overige deelen der plant wordt echter nu nog slechts door het hout gevormd. Gaan dus de voedingsstoffen door het hout, zoo zal deze ringvormige ontschorsing haar beweging niet, of ten minste slechts in geringe mate belemmeren, gaan zij echter door de bastlaag, zoo zullen zij aan de bovenzijde der ontschorsing worden opgehouden.

Doen wij deze proeven in het voorjaar, kort na het uitloopen der bladen, en snijden wij de takjes eerst in het late najaar af, om ze mikroskopisch te onderzoeken, zoo vinden wij de volgende verschijnselen. Aan den bovenrand der ringsnede is een aanzwelling ontstaan, die gedeeltelijk uit hout, gedeeltelijk uit bastweefsel bestaat, en die

naar boven toe slechts zeer langzaam smaller wordt. In hout en bast is hier veel zetmeel afgezet, en in den bast treft men eveneens eiwitachtige stoffen in niet onbelangrijke hoeveelheid aan. Boven de genoemde aanzwelling is de jaarlijksche diktegroei in den laatsten zomer bizonder krachtig geweest. Onder de ringsnede heeft daarentegen bijna geen verdikking plaats gevonden, eiwit en zetmeel zijn er evenmin afgezet, noch in den bast, noch in het hout. Wij komen dus tot de conclusie dat de ringvormige ontschorsing den loop der voedingsstoffen afgebroken heeft; dat ze boven deze plaats opgehoopt zijn, en daar tot den krachtiger groei hebben aanleiding gegeven, terwijl hun afwezigheid onder de ringsnede het gemis aan houtvorming aldaar verklaart. Dit bewijst ons dus, dat de weg dier stoffen in de bastlaag moet gezocht worden.

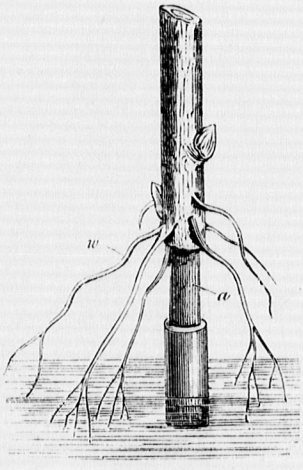
Het moge vreemd klinken, dat het afnemen van een bastring niet door het afsterven van het boven de wond gelegen deel van den tak gevolgd wordt. Toch is dit werkelijk zoo, en berust op deze waarheid zelfs een bewerking, welke bij de cultuur van ooftboomen niet zelden wordt aangewend, en welke daarin bestaat, dat aan het ondereinde van een kleinen, bladen en vruchten dragenden tak, een ringvormige ontschorsing gemaakt wordt. Al het door de bladen geassimileerde voedsel blijft dan boven deze ringsnede, en zal dus in grootere hoeveelheid aan de vruchten worden toegevoerd, dan wanneer een gedeelte er van langs den bast naar de lagere deelen van den tak kon verplaatst worden.

De verklaring van de mogelijkheid van het voortgroeien der takken onder zoo ongunstige omstandigheden wordt daardoor gegeven, dat het water en het anorganische voedsel, dat uit de wortels en den stam aan den tak wordt toegevoerd, zijn weg in het hout vindt, en dus onbelemmerd voortgaat met zich te bewegen, zoolang het hout door den uitdrogenden invloed der lucht niet zelf afsterft. Dit laatste vindt echter slechts zeer langzaam plaats, en kan door zekere voorzorgsmaatregelen daarenboven nog aanzienlijk vertraagd worden.

Een tweede proef voert tot dezelfde conclusie. Stekt men takjes van boomen of heesters, zoo vormen zich aan hun ondereinden wortels. Stekt men ze in nat zand, en overdekt men ze met een klok, zoodat de omgevende lucht zeer vochtig blijft, zoo ontstaan niet zelden wortels boven het zand. Steeds echter zijn de aan het ondereinde ontstaande wortels verreweg de krachtigsten. Maakt men nu aan zulk een stek een ringvormige ontschorsing op eenigen afstand bo-

ven het onderste uiteinde, zoo ontstaan de wortels steeds boven deze plaats; hoogstens vormen zich enkele zwakke en klein blijvende wortels ook onder de wonde. Om deze ontwikkeling gedurende het verloop der proef te kunnen waarnemen, kan men de stekken, in plaats van in zand, in water plaatsen. Men neemt dan een flesch met korten, wijden hals, vult ongeveer de helft met water, en sluit hem met een kurk, waardoor de stek gaat, en die den stek tevens op een bepaalde hoogte vasthoudt. In de vochtige lucht boven het water kunnen de wortels zich even goed ontwikkelen als in het water (fig. 43). Vooral takken van populieren en wilgen zijn voor deze proeven geschikt, daar zij gemakkelijk wortel slaan. Deze proef bewijst ons weer dat de voedingsstoffen in den bast geleid worden, daar klaarblijkelijk het gemis van dezen toevoer de oorzaak is, dat zich onder de ringwonde geen of slechts kleine wortels ontwikkelen.

Fig. 34.

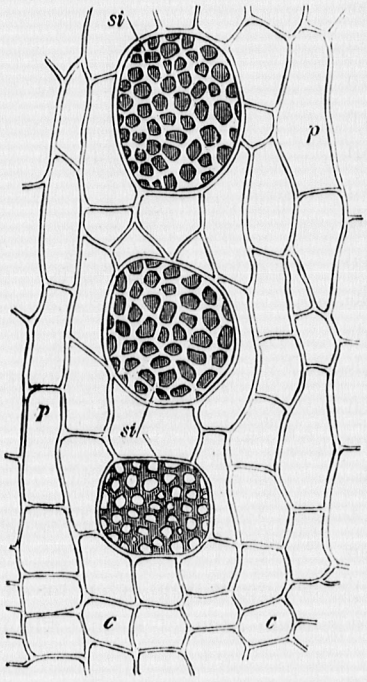


Een stek met ringvormige ontschorsing (*a*), in water; slechts boven de ringsnede zijn wortels (*w*) gevormd.

Is dus door deze beide proeven het bewijs geleverd, dat de verplaatsing van eiwitachtige stoffen en van zetmeel in den bast geschiedt, zoo mogen wij verwachten, dat het mogelijk zal zijn, door mikroskopisch onderzoek deze stoffen op haar weg in den bast aan te treffen en daardoor tegelijkertijd die onderdeelen van het bastweefsel te leeren kennen, die meer in het bizonder met deze verplaatsing belast zijn. Maken wij tot dit doel dunne sneden van het bastweefsel in overlangsche en in dwarsche richting. De sneden moeten ongeveer 1—2 cellen dik zijn, en worden met zekere vloeistoffen behandeld, die aan de op te sporen stoffen bepaalde, kenmerkende kleuren geven. Als zoodanig kan men b. v. jodium-oplossing gebruiken; deze kleurt zetmeel blauw en eiwit bruin. Zoo behandelde doorsneden doen ons in de gewone cellen van het bast- en schorsweefsel een groot aantal zetmeelkorrels zien. Daarenboven leeren zij ons het bestaan van een bizonder soort van organen, die zich voordoen als zeer lange bui-

zen, in welke van afstand tot afstand dwarsche tusschenschotten worden aangetroffen, die een aantal fijne doorboringen vertoonen.

Fig. 44.



Dwarssnede door drie zeefvaten en het omliggende weefsel van een Pompoenstengel (*Cucurbita Pepo*).
De snede is juist op de hoogte der zeefvormige tusschenschotten genomen. Si = zeefplaten; p = celweefsel.

Zulk een tusschenschot gelijkt daardoor vrij veel op een zeef, en daar men in de plantkunde, even als in de dierkunde, buizen gewoon is vaten te noemen, worden deze organen met den naam van zeefvaten bestempeld. Hun inhoud is geleiachtig, en wordt door jodium bruin gekleurd, waaruit men afleiden mag, dat zij hoofdzakelijk uit eiwitachtige stoffen bestaat.

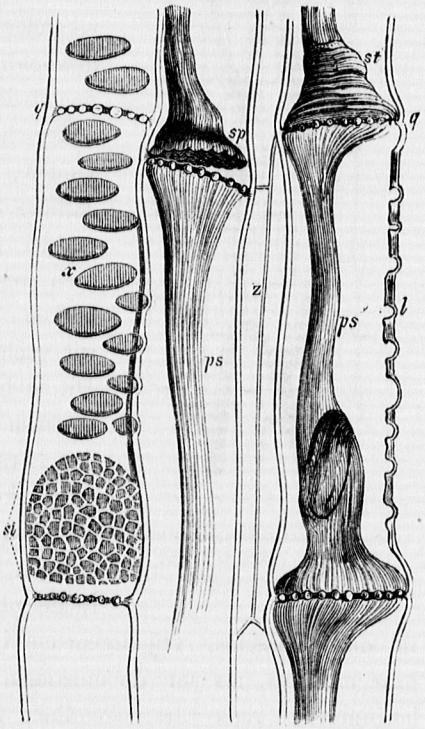
In de zeefvaten beweegt zich dus het eiwit, in de omliggende gewone cellen het zetmeel.

De juistheid van dit resultaat der anatomische onderzoeking kan men ook proefondervindelijk aantoonen. Hiertoe herhalen wij de in fig. 43 voorgestelde proef met takjes van den oleander (Nerium Oleander). Deze bevatten namelijk aan de binnenzijde van den houtkoker, dus in het merg, bundels van cellen, in welke zoowel zeefvaten als gewone cellen voorkomen, wier inhoud, gelijk de anatomische onderzoeking leert, voor de eerstgenoemden eiwit, voor de laatstgenoemden ten deele zetmeel is. De overige in den bast voorkomende weefsel-elementen worden hier in het hout of het merg evenmin aangetroffen als bij andere boomsoorten. Het resultaat der proef is, dat de wortels hier onder de ringsnede ontstaan, dus dat deze de verplaatsing van het voedsel niet belemmert; een uitkomst, die dus juist tegenovergesteld is aan die, tot welke de ons op pag. 85 beschreven proef voerde. Het is duidelijk, dat de geleidende celbundels in het merg, die bij de meeste boomen ontbreken, doch hier, gelijk wij zagen, voorkomen, de oorzaak van het verschil vormen,

m. a. w. dat in hen de geleiding van het voedsel plaats vindt.

Onderzoeken wij het bastweefsel van een aantal planten, zoo vinden wij bijna altijd zeefvaten met eiwitachtigen inhoud, en meestal zetmeel in grootere of geringere hoeveelheid in de omliggende cellen. Niet zelden bevindt zich in de laatsten echter een andere stof, die als het ware het zetmeel vervangt. Zoo vertoont het bastweefsel van de stengels van een aardappelplant, en van de bladstelen van den beetwortel druivensuiker in de plaats van zetmeel. Toch vormen zich in de bladgroenkorrels der bladen bij beide planten zetmeelkorrels; deze worden echter omgezet in druivensuiker, een stof, die in scheikundige samenstelling in hoofdzaak met zetmeel overeenkomt. In de aardappels wordt de uit den stengel aankomende druivensuiker weer in zetmeel veranderd, en als zoodanig afgezet.

Fig. 45.



Overlangsche doorsnede door drie zeefvaten en de tusschenliggende cellen (z) uit den stengel van een Pompoen (Cucurbita Pepo). In twee der vaten is de eiwitachtige inhoud geteekend, nadat deze in alcohol zich sterk ingekrompen heeft (p s); q = doorgesneden zeefplaat; x en l = dunnere plaatsen van den celwand.

In de beetwortels gaat de druivensuiker, zoodra hij uit den bladsteel in de cellen treedt, waarin hij moet bewaard worden, over in rietsuiker, die zich vooral door de eigenschap van te kunnen kristalliseeren van druivensuiker onderscheidt. In samenstelling komen beide suikersoorten zeer na met elkander overeen.

Er zijn, behalve de genoemde organen, in sommige planten nog buizen, die gewoonlijk met een overmaat van voedsel, zoowel van eiwit als van zetmeel gevuld zijn, en die bij de verplaatsing van dit voedsel eveneens een rol schijnen te spelen. Tijdens of kort na krachtige ontwikkeling van bepaalde deelen, of afzetting van het voed-

Fig. 46.



Celweefsel met melksapvaten uit een blad der stinkende Gouwe (*Chelidonium majus*).

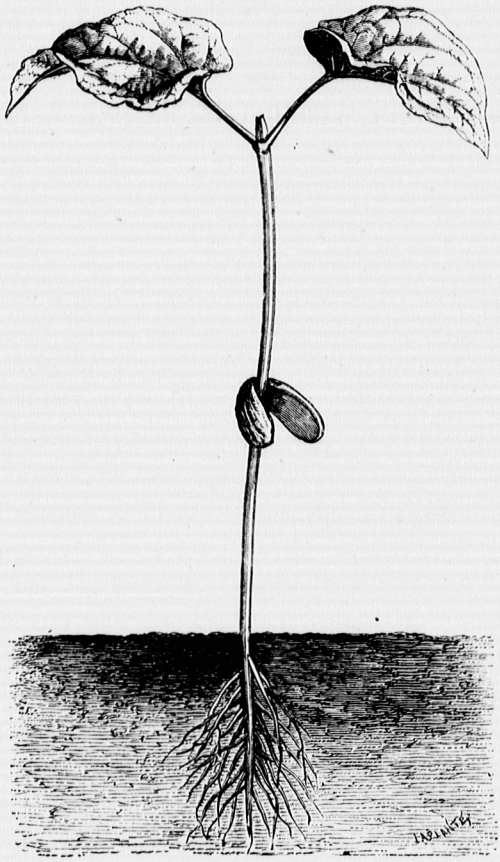
sel in de daartoe bestemde bewaarplaatsen, vindt men in hen niet zelden, in plaats van den vroegeren, voedselrijken inhoud, slechts een helder, waterachtig vocht. Het zijn lange, meestal door dwarsarmen aan elkander verbonden buizen, wier inhoud gewoonlijk een melkwitte kleur heeft. Men noemt ze melksapvaten (fig. 46). Zij zijn onder het mikroskoop niet moeilijk te vinden, doch om zich van hunne aanwezigheid in een plant te overtuigen, is dit middel gewoonlijk niet noodig. Iedereen toch weet, dat vele planten bij het doorbreken van stengel of bladen een melkwit vocht uit de wonden laten ontsnappen. Dit is het melksap, dat vooral bij paardebloemen (Taraxacum officiniale) en melkdistels (soorten van het geslacht Sonchus) zeer bekend is. Bij deze planten is het wit; een oranje gele kleur heeft het daarentegen bij de stinkende Gouwe, een fraaie plant met goudgele bloemen, die in onze bosschen vrij algemeen in het wild groeit en zoowel aan haar melksap, als aan de onaangename, aan dien van rottende visch herinnerende reuk hare bekendheid te danken heeft. Sommige boomen van het geslacht Ficus laten uit insnijdingen in den bast een groote hoeveelheid melksap stroomen, dat aan de lucht uitdroogt en daarbij eerst kleverig, later zeer elastisch wordt. Dit melksap wordt door middel van kunstmatige insnijdingen in deze boomen in warme landen in het groot verzameld, en levert de grondstof, waaruit gomelastiek en kaoutchouk bereid worden.

DE BOUW EN DE VERRICHTINGEN DER WORTELS.

Onder wortel verstaat men in het dagelijksch leven ongeveer al die deelen eener plant, welke zich in den grond ontwikkelen, of, zoo zij boven de oppervlakte van den bodem ontstaan, recht naar beneden groeien, als om dien bodem zoo snel mogelijk te bereiken. Enkele in hoofdzaak met zulke wortels overeenkomende organen, die echter aan onze omschrijving niet voldoen, worden toch ook tot de wortels gerekend, b. v. de hechtwortels van de klimop. Een zoo vage begripsbepaling zou tot de schromelijkste verwarring aanleiding geven, zoo wij haar bij een nadere bestudeering der wortels wilden blijven gebruiken. Trachten wij dus een scherpere omschrijving voor het besproken begrip te verkrijgen, en wel door eenig orgaan, waarvan het buiten allen twijfel zeker is dat wij het wortel moeten noemen, met den stengel te vergelijken. Met bladen en bloemen toch zal niemand een wortel verwarren; met stengels gebeurt dit echter veelvuldig. Een orgaan, dat ongetwijfeld tot de wortels moet gerekend worden, is b. v. de kiemwortel, die bij de ontwikkeling van een zaad het eerst door de zaadhuid te voorschijn treedt. Kiezen wij b. v. een kiemplant van een of andere soort van boon (fig. 47). Hetgeen ons het allereerst in het oog valt, is, dat de wortel recht naar beneden groeit, terwijl de stengel recht omhoog gericht is. Doch dit onderscheid, dat voor den hoofdwortel van veel belang is, valt voor de zijwortels weg. Deze kunnen in schuin opwaartsche, of in horizontale richting groeien; niet zelden groeien zij zelfs schuin

opwaarts. Daar nu vele takken van allerlei planten en boomen horizontaal, of schuin op- of afwaarts gericht zijn, is dit onderscheid niet als een doorgaand kenmerk te beschouwen. Evenmin het, in 't begin genoemde feit, dat de wortels in den grond groeien: vele stengels toch bevinden zich in den grond, terwijl in de lucht han-

Fig. 47.



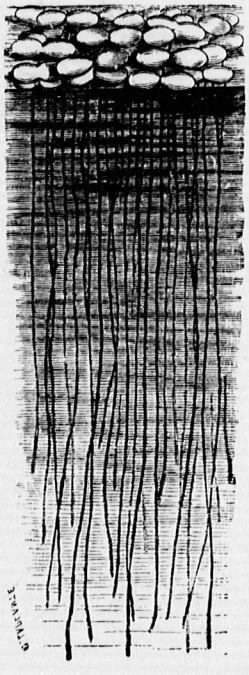
Kiemplant van een boon, met den wortel, den stengel, de zaadlobben, de eerste bladen en den eindknop.

gende wortels geenszins zoo zeldzaam zijn, als men zich gewoonlijk voorstelt. Wij moeten dus naar andere kenmerken omzien.

De stengel bestaat uit geledingen, door zoogenoemde knoopen van elkander gescheiden, welke de eenige plaatsen vormen, waaraan bladen bevestigd zijn. In den hoek tusschen het blad en den sten-

gel vindt men steeds een knop, die zich kan ontplooien, en dan tot een enkele bloem, of wel tot een tak met bladen of met bloemen, of ook met beiden uitgroeit. Van geledingen en knoopen leveren de stengels der granen zeer goede voorbeelden. De besproken knoppen treft men in het najaar kort vóór het afvallen der bladen zeer schoon bij onze boomen en heesters aan, waar zij, nadat de bladen afgevallen zijn, de plaats van vasthechting der bladen nog gedurende den geheelen winter blijven aanwijzen. Geledingen, knoopen, bladen en knoppen komen bij den kiemwortel onzer boonplant geen van allen voor, en hierin hebben wij een reeks van kenmerken, die alle ware wortels van stengeldeelen onderscheiden. Het is toch gemakkelijk in te zien, dat juist deze vier zaken het kenmerkende van een stengel vormen, waaruit volgt, dat slechts organen die ze alle vier missen, tot de wortels mogen gerekend worden. Dit kenmerk maakt het ons mogelijk en gemakkelijk om onderaardsche stengeldeelen van echte wortels te onderscheiden; zoo b. v. zijn de bollen van leliën en tulpen, de zoogenoemde wortelstokken van het Salomonszegel (Convallaria Polygonatum,) en het Lelietje van dalen (Convallaria majalis) onderaardsche stengeldeelen. Bij de beide eersten zijn vooral de bladachtige organen, de schubben der bollen duidelijk waarneembaar, terwijl de natuur der beide laatsten het gemakkelijkst aan de geledingen en knoopen herkend wordt. Waar ons echter dit kenmerk in den steek mocht laten, kunnen wij nog een ander vinden, dat echter slechts bij gave wortels of stengels toegepast kan worden. Ik bedoel het jongste uiteinde van beide soorten van organen. Bij den stengel is dit steeds een knop, waarin de aanleg van nieuwe stengeldeelen en bladen wordt aangetroffen. Zulk een knop ontbreekt natuurlijk bij de wortels. Toch is de top van een wortel niet naakt, doch bedekt door een kapvormig lichaampje, het wortelmutsje. Dit orgaan is zoo klein, dat men het met het on-

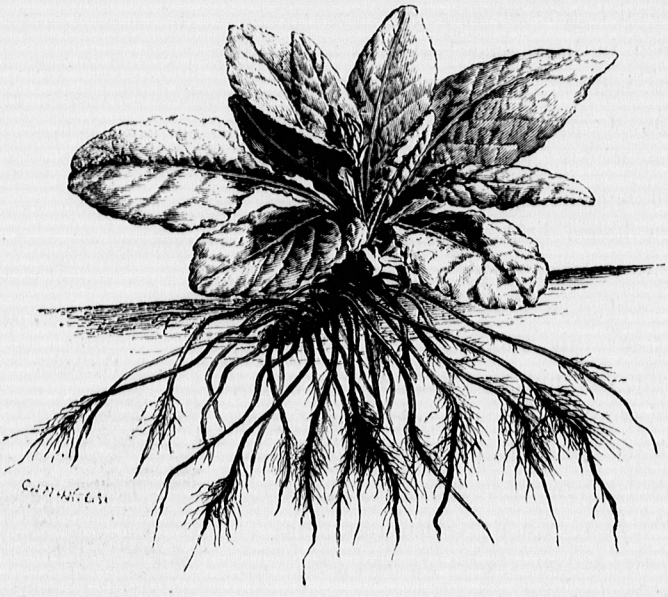
Fig. 48.



Eendenkroos.

gewapend oog nog slechts even duidelijk waarnemen kan, b. v. bij de vrij in het water hangende wortels van het eendenkroos (Lemna), waar

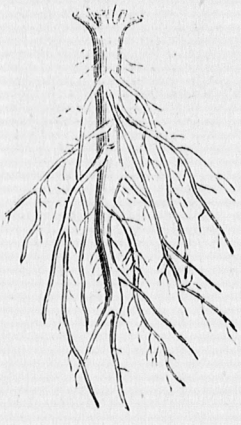
Fig. 49.



Primula veris met talrijke, aan den wortelstok ontspringende bijwortels.

de uiteinden der wortels door dit mutsje dikker schijnen te zijn, dan de wortels zelve.

Fig. 50.



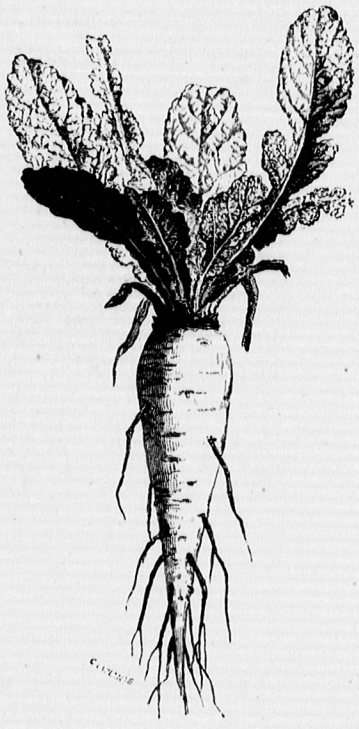
Penwortel.

Elke wortel, die gevormd wordt door de verlenging van het worteltje, dat in het zaad besloten lag, heet hoofdwortel, alle andere wortels zijn bijwortels. Deze kunnen takken van den hoofdwortel zijn, of hun oorsprong uit den stengel of zijne takken nemen. Zij zijn het, die voor de plant het voedsel uit den bodem putten, wanneer de hoofdwortel afgestorven is, gelijk zulks bij overblijvende planten reeds in de eerste jaren het geval is. Het is dan vooral aan den onderaardschen stengel of den zoo genoemden wortelstok, dat de bijwortels zijn vastgehecht. (Zie fig. 49).

De hoofdwortel groeit meestal vertikaal naar beneden; is hij daarbij

aan zijn bovenste uiteinde dik, zoo neemt hij een lang- kegelvormige gedaante aan, en draagt dan den naam van penwortel. Niet zelden zwelt hij over een grooter of kleiner deel zijner lengte sterk aan, en wordt daarbij in meerdere of mindere mate vleezig; waarbij zijne cellen zich met voedingsstoffen vullen. Dit komt vooral voor bij tweejarige planten, zooals de gewone wortels (peen), de radijs, en de rapen (fig 51), bij welke in het eerste levensjaar door de bladen een zekere hoeveelheid voedselstoffen gemaakt wordt, die in den wortel opgestapeld worden, ten einde ze in het volgende jaar gereed te vinden en voor een snelle ontwikkeling van den stengel en de bloemen te kunnen gebruiken.

Fig. 51.



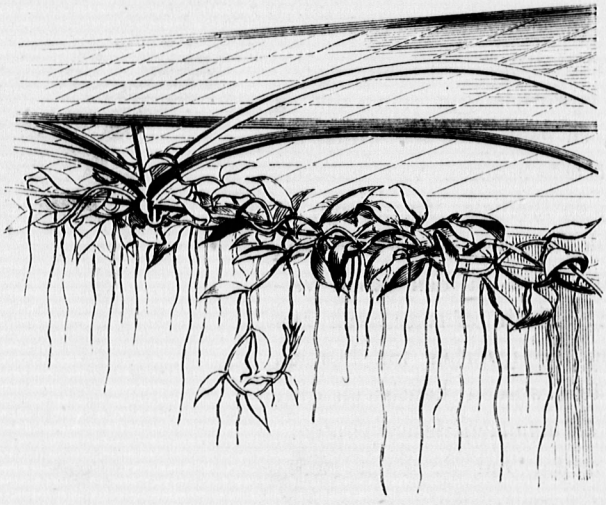
Vleezige wortel van de raap (Brassica Rapa).

Ook bijwortels zijn soms dik en vleezig, en gedurende den winter belast met het bewaren van voedsel, b. v. bij de Dahlia's. Meestal zijn zij echter dunne, vezelachtige draden, die zich overal in den grond verspreiden, en min of meer sterk vertakt zijn. De bijwortels van boomen en heesters worden houtig en dik, evenals de stammen dezer planten.

Een aantal van de meest merkwaardige vormen van wortels ontwikkelt zich niet in den bodem, gelijk voor de meeste wortelorganen regel is. Vooreerst moeten wij hier aan de wortels van drijvende waterplanten herinneren, die vrij in het water afhangen, en of in het geheel niet (fig. 47) of eerst na het bereiken van een zekere lengte in den bodem van de sloot of vijver, waarin de plant groeit, indringen. In de tweede plaats moeten de luchtwortels genoemd worden, die, evenals de waterwortels, nu eens steeds vrij in de lucht naar beneden hangen, dan weer zich zoo sterk verlengen, dat zij den grond bereiken en zich in dezen vertakken kunnen, om zoo-

doende nieuw voedsel aan de plant toe te voeren. Een voorbeeld van luchtwortels der eerste soort leveren zeer vele tropische Orchideën, planten, die om hare zonderling gevormde, fraai gekleurde en meestal welriekende bloemen een sieraad van onze warme kassen uitmaken. Een van haar, de vanille (fig. 52), is door hare geurige vruchten, de vanillestokjes, in tropische landen een belangrijke cultuurplant geworden, en wordt ten gevolge daarvan in kassen veelvuldig aangetroffen. Luchtwortels, die in den grond dringen, bezitten vele indische soorten van vijgenboomen, reusachtige gewassen, wier kroon te uitgestrekt en te zwaar is, om door den stam alleen gedragen te worden, maar die een aantal wortels van uit de takken recht naar

Fig. 52.



Tak van vanille (Vanilla aromatica) met luchtwortels (in een broeikas).

beneden laten groeien, die spoedig houtig worden, en op dezelfde wijze als de stam in dikte toenemende, als zoovele nieuwe steunpilaren voor de zware takken moeten worden beschouwd. Een ander voorbeeld van in den grond dringende wortels levert een plantje, dat onder den naam van "mosplantje," of "engelsch mos" (selaginella denticulata) veelvuldig in kamers gekweekt wordt, waar het bv. gebruikt wordt tot bedekken van de aarde van potten, waarin grootere gewassen groeien. Ofschoon in uiterlijk wel eenigszins op mos gelijkende, is het toch nader met de varens en wolfsklauwachtige gewassen verwant, dan met de mossen. Aan zijn platte sten-

Fig. 53.

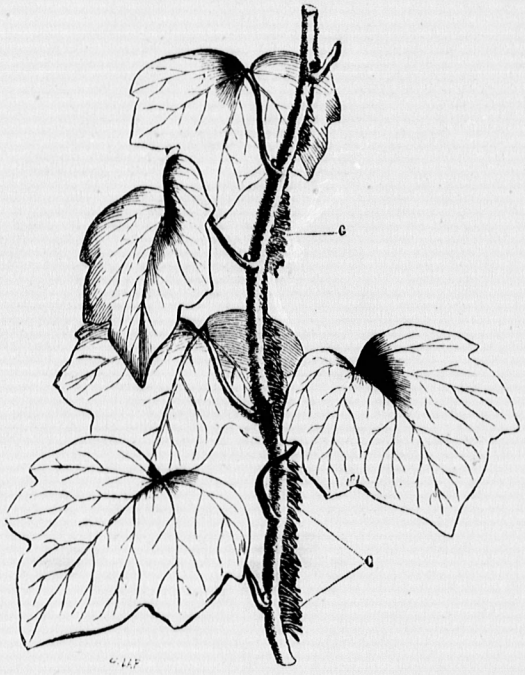


Indische vijgenboom met in den grond dringende luchtwortels.

gels, met kleine blaadjes, die in vier, twee aan twee tegen elkander gedrukte rijen geplaatst zijn, kan men het gemakkelijk herkennen. De luchtwortels zijn hier dun en teêr, en niet zelden gaffelvormig vertakt; in den grond gekomen vormen zij een dichten bundel van zijtakken.

Tot de luchtwortels zoude men ook de hechtwortels van het klimop kunnen rekenen. Zij ontstaan aan de schaduwzijde van die takken, welke zich plat tegen een muur, een boomstam of een ander voor-

Fig. 54.



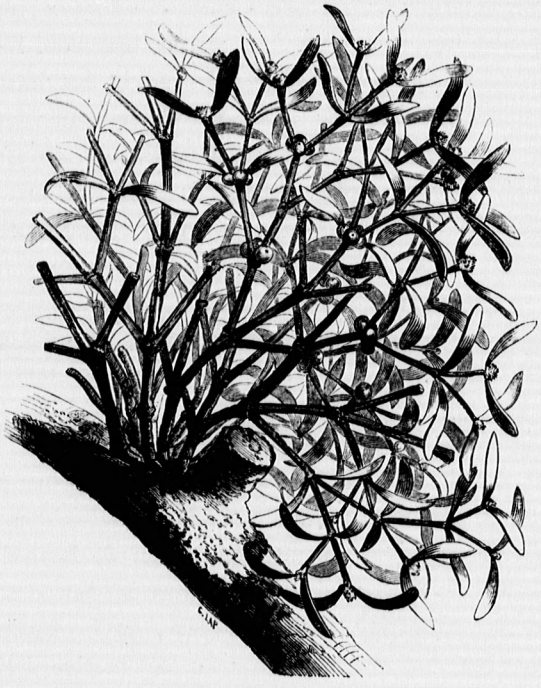
Klimoptakje met hechtwortels (*c*).

werp aanleggen. Hunne toppen groeien zoo stevig aan deze lichamen vast, dat men eerder den tak van het klimop verscheurt, dan de hechtwortels bij het afrukken doet losbreken. Zij ontstaan niet alleen aan de knoopen, zooals gewoonlijk met bijwortels het geval is, maar langs de geheele lengte der geledingen. In hun steunsel dringen zij niet, en zuigen daaruit dus ook geen voedsel of vocht, zoodat een klimop-plant, die langs een boom groeit, voor dezen volkomen onschadelijk is, zoolang hij de takken niet omslingert,

of door zijtakken omwindt, en zoo hun diktegroei belemmert.

Andere soorten van planten bezitten wortels, die wel in het steunsel indringen, zoo dit een levend plantendeel is, en er hun voedsel uit putten. Planten die zulke wortels bezitten heeten woekerplanten, en zijn in den regel hoogst schadelijk voor de gewassen, waarop zij zich nestelen. In het zuiden van ons vaderland treft men op peerenboomen en op populieren niet zelden de vogellijm aan (fig. 55), een heesterachtige plant met smalle leêrachtige groene bladen, die

Fig. 55.



Vogellijm (Viscum album) op een peerentak.

in het najaar talrijke witte bessen draagt, welker slijmige zelfstandigheid ze gemakkelijk aan takken doet kleven, in welke de uit de zaden ontstaande kiemplanten hare wortels indrijven moeten. Niet zelden ziet men boomgaarden in kwijnenden toestand ten gevolge van het groote aantal dezer parasieten, die de takken uitzuigen, en de voor de vorming van bladen en vruchten bestemde voedingsstoffen in zich opnemen en tot hun eigen groei gebruiken.

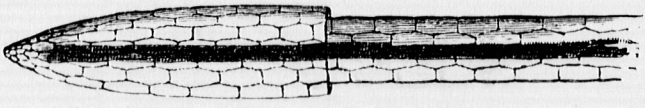
Nog moet hier melding gemaakt worden van de wortels van af-

valplanten, dat zijn die bleekgele gewassen, die in bladaarde of tusschen rottende bladen leven, en daaruit al hun voedsel trekken. Hunne dikke vleezige wortels zijn kort en weinig vertakt, en in den regel dicht inééngedrongen, zoodat zij soms min of meer op een vogelnestje gelijken, aan welke eigenschap een dezer soorten haar naam te danken heeft (vogelnestje, Neottia Nidus avis.)

Keeren wij echter tot de eigenlijke wortels terug, en laten wij al deze bijzondere vormen van luchtwortels, hechtwortels, zuigwortels, enz, ter zijde, daar zij van de gewone wortels èn in hun bouw èn in hunne verrichtingen in zoovele opzichten afwijken, dat een zelfde beschrijving niet wel voor allen kan worden gegeven. Zij zijn steeds ingericht voor het eigenaardige doel, dat zij in het leven dier planten te verrichten hebben, en dat van de werkzaamheden van de eigenlijke wortels steeds in meerdere of mindere mate afwijkt.

De eigenlijke wortels eindigen meest in fijne draden, wortelvezels genoemd (fig. 49), die dikwijls in zoo groot aantal voorhanden zijn,

Fig 56.



Uiteinde van een wortel van Pontederia, met wortelmutsje en centralen vaatbundel.

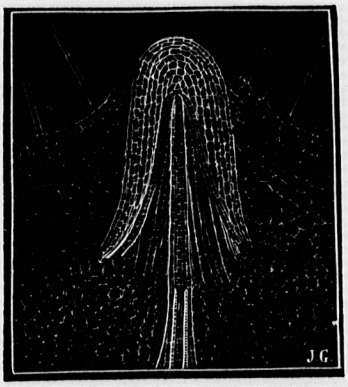
dat zij den grond als met een dicht viltwerk doortrekken en de losse deelen van den bodem vast aan elkander hechten. Deze wortelvezels zijn de organen, die uit den bodem de benoodigde stoffen opnemen, terwijl de dikkere deelen der wortels aan deze opslorping geen of slechts een gering aandeel hebben, en hoofdzakelijk slechts tot geleiding van het opgenomene naar de overige deelen van het plantenlichaam dienen. Zij zijn het dus, die wij vooral aan een nadere beschouwing moeten onderwerpen. Aan hun uiteinde treffen wij het reeds besproken wortelmutsje aan. Dit doet zich voor als een dun kapje, dat den uitersten top van den wortel omgeeft, en kan bij waterplanten met het ongewapend oog, doch veel beter bij een geringe vergrooting waargenomen worden. Onze figuur (fig. 56) stelt een uiteinde van een wortel van Pontederia voor, een drijvende waterplant uit de Indische rivieren, die om de merkwaardige, blaasvormig opgezwollen bladsteelen bij ons in warme kassen gekweekt

wordt. De wortels dezer plant zijn zeer eenvoudig van maaksel, uit weinige groote cellen gevormd; in hun midden bezitten zij een vaatbundel, welks spiraalvaten in de figuur donker geteekend zijn. De breedere top is het wortelmutsje, dat het teedere uiteinde van alle zijden omgeeft en beschermt. In dit uiteinde toch is de plaats gelegen, waar de nieuwe cellen voortdurend gevormd worden, door welke de wortel in lengte toe moet nemen. Duidelijker is de bouw van dit uiteinde te zien op overlangsche doorsneden door het midden van een worteluiteinde gemaakt. Men ziet hier in de eerste plaats, dat de wortel zelf uit een centrale vaatbundel en een grootcellig schorsweefsel bestaat, welks laatste door een opperhuid bedekt is. De centrale vaatbundel bestaat uit vaten en lange dunne cellen, en loopt aan zijn top spits toe. Eveneens wordt het schorsweefsel aan den top van den wortel steeds dunner, zoodat het met den vaatbundel in een gemeenschappelijken top uitloopt, die slechts uit weinig cellen bestaat. Deze top is door de opperhuid omgeven, buiten welke het wortelmutsje tot bescherming dezer jeugdige deelen gelegen is. Zij vormt een groep van kleine cellen, die zich deelen kunnen, en daardoor voortdurend nieuwe cellen vormen, die zich aan de eene zijde aan het wortelmutsje aansluiten, aan de andere zijde echter tot verlenging van den wortel bijdragen. Deze groep van cellen noemt men daarom het vegetatiepunt. De cellen van het wortelmutsje worden naar onderen en naar buiten toe steeds grooter, haar onderlinge verbinding steeds losser; na korteren of langeren tijd vallen zij af, zoodat de grootte van het wortelmutsje ongeveer dezelfde blijft. Een goede gelegenheid ter onderzoeking van het wortelmutsje leveren ons de zijwortels in hun eersten aanleg. Deze ontstaan namelijk in het weefsel van den hoofdwortel, en moeten dus de buiten hen gelegen laag doorboren, voor zij vrij naar buiten kunnen treden. Zoolang zij nog binnen den hoofdwortel liggen, of pas even aan de oppervlakte verschijnen, kan men ze gemakkelijk doorsnijden, en heeft het wortelmutsje nog alle cellen, die er in gevormd zijn, daar natuurlijk nog geen afslijten aan de buitenzijde kon plaats vinden. (fig. 58.)

Men meende vroeger dat dit wortelmutsje voornamelijk met het opzuigen van water en daarin opgeloste zelfstandigheden uit den bodem belast was, reden waarom het ook wel wortelsponsje werd genoemd. Later is het gebleken, dat het dezen rol niet vervult, maar

alleen tot bescherming van de groeiende en zich vermenigvuldigende cellen in den top der wortels dient. Met de opslorping is de buitenste cellenlaag der wortelvezels, hunne opperhuid, belast, die daartoe

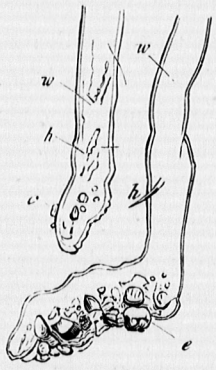
Fig. 57.



Overlangsche doorsnede door een wortel, op de plaats waar een zijwortel zich juist begint te ontwikkelen. In het midden ziet men den centralen vaatbundel.

gewoonlijk van talrijke haren voorzien is, waarvan in fig. 57 er eenige afgebeeld zijn. Zeer fraai zijn deze haren met het ongewapende oog aan wortels van drijvende waterplanten te zien, b. v. aan de boven reeds genoemde Pontederia, of aan de in onze slooten zeer algemeene kikkerbeet (Hydrocharis Morsus Ranae). Hier zijn het uiterst dunne, zeer lange draden, die aan alle zijden van den wortel recht uitstaan. Aan in den grond groeiende wortels komen deze wortelharen eveneens voor, doch hier moeten zij zich tusschen de zandkorreltjes, kleine steenstukjes en verdere deelen van den bodem inwringen, waardoor hun vorm geheel afhankelijk wordt van de hun door deze gelaten ruimte. Daarbij groeien zij niet eenvoudig tusschen deze vaste deelen in, doch hechten zich aan deze zoo vast, dat men ze er niet meer van scheiden kan; zij zijn, gelijk men zegt, er mede vergroeid. (fig. 58). Van deze vergroeiing kan men zich zeer gemakkelijk overtuigen, wanneer men een plant met hare

Fig. 58.



Wortelharen van een kiemplant van tarwe, in een kleibodem gegroeid en met de zandkorrels en fijnere deeltjes van den kleibodem vergroeid.

wortels uit den grond graaft, en de aarde er tusschen door voorzichtig kloppen verwijdert. Steeds blijven de jonge worteldeelen door een vrij dikke aardlaag omgeven, die ook door uitspoelen in water niet geheel kan weggenomen worden. Wat daarna overblijft, is door vergroeiing vast aan de wortelharen verbonden, gelijk het mikroskopisch onderzoek van zulke deelen overtuigend bewijst (fig. 58). Welk belangrijk nut deze vergroeiing met de deelen van den grond voor de opname van stoffen uit den bodem heeft, zullen wij later moeten bespreken. Aan oudere worteldeelen ontbreken deze haren, daar hun leven niet van zoo langen duur is als dat der wortels zelven, en zij slechts eenmaal gevormd worden.

Het zijn dus de fijne wortelvezels en hunne wortelharen, die met het opzuigen der voedende bestanddeelen uit den bodem, en van het voor de verdamping der bladen noodige water belast zijn. Daar zij vooral aan de jonge deelen der wortels voorkomen, is het noodig bij verplantingen vooral deze jongste deelen zoo ongeschonden mogelijk te bewaren. Deze belangrijke regel van den tuinbouw is tegelijk die, waartegen het meest gezondigd wordt. Bijna nooit geeft men zich de moeite een plant met alle wortels uit te graven, en slechts zooveel aarde tusschen deze weg te schudden als gemakkelijk loslaat. Vandaar dat planten, die tijdens het verplanten bladen dragen, bijna altijd, kort na deze bewerking verwelken, daar de bladen slap worden, zoodra hen door de wortels niet de noodige hoeveelheid water wordt toegevoerd. Duurt dit verwelken slechts kort, zijn de wortels zoo weinig beschadigd, dat ze spoedig weer het noodige water opnemen, zoo hindert het de plant niet veel; duurt het lang, zoo kan het aanleiding tot verdrogen en verdorren geven, waardoor de voeding der plant, die haren hoofdzetel in de bladen heeft, natuurlijk veel zwakker wordt. Verplant men een plant zonder eenige verwonding der wortels, zoo behoeft dit verwelken ook niet in den geringsten graad op te treden. Vooral bij het verplanten van boomen worden de wortels op de schromelijkste wijze verminkt. En daar aan de dikke wortelstammen slechts zeer weinig kleine worteltakjes met wortelvezels zitten, is dit hier van zooveel grooter nadeel. Als om de kroon op het werk te zetten, worden dan nog takken uit de kroon weggehakt, daar men wel weet, dat de verminkte wortels geen water genoeg voor het onderhoud van alle bladen kunnen opzuigen.

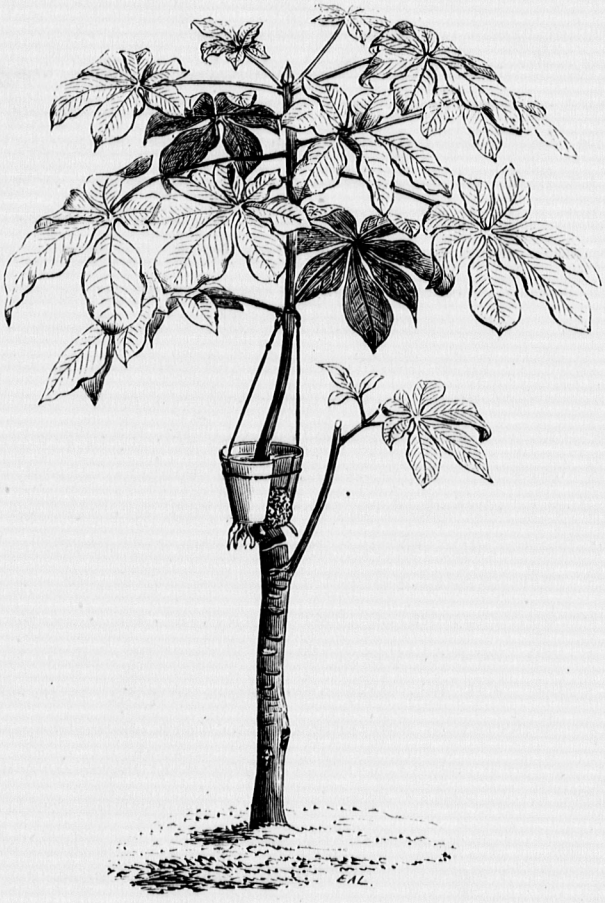
Dat hierdoor de voeding en dus ook de groei van den boom op dubbele wijze verminderd wordt, springt terstond in het oog. Boomen kunnen zeer goed zonder eenige andere verminking dan het afhakken van enkele al te lange wortels verplant worden, en het verdient steeds aanbeveling deze voorzorg te gebruiken, boven een vrijwillige onderwerping aan de groote kans dat het exemplaar de verplanting niet lang overleven zal, en de zekerheid, dat het, in het gunstigste geval, in de eerste jaren nog slechts een kwijnend leven leidt. Het feit dat zware boomen, met groote kroon en een uitgebreid wortelstelsel, in Engeland en elders tot het aanleggen van parken verplant worden, is wel een bewijs, dat de jongere, zooveel gemakkelijker te behandelen boomen, die gewoonlijk tot planting gebruikt worden, zeer goed en zonder nadeel aan deze bewerking kunnen worden onderworpen, zoo men maar de noodige zorg voor hunne wortels draagt.

In een vochtigen, vruchtbaren grond kan het gebeuren, dat de ontwikkeling der wortels zoo aanzienlijk is, dat zij door te sterke voeding de boomen tot sterke bladvorming en houtgroei aanzetten, doch, gelijk veelal daarmede gepaard gaat, op het ontstaan van bloemen en vruchten nadeelig werken. Is dit het geval met vruchtboomen, zoo is het noodig een of twee der grootste wortels dicht bij hun oorsprong af te hakken, gelijk in Engeland bij appel- en peerenboomen veelvuldig in praktijk wordt gebracht. Het schijnt, dat op hetzelfde beginsel van verminken der wortels, gepaard aan de cultuur in kleine potten en magere aarde, de bekende kunst der Chineezen berust, van allerlei plantensoorten die dwergachtige exemplaren te kweeken, die een zoo belangrijke rol in hunnen tuinbouw spelen.

Wortels ontstaan zeer gemakkelijk aan allerlei deelen van een plant, zoodra deze zich slechts in een vochtige ruimte bevinden. Van deze eigenschap wordt in den tuinbouw veelvuldig gebruik gemaakt ter vermenigvuldiging van houtgewassen; vooral bij het stekken en marcotteeren. Het is hier de plaats niet, deze operatiën uitvoerig te bespreken, doch ik wensch er op te wijzen, dat stekken in vochtige aarde wortels vormen, en daardoor tot nieuwe planten aangroeien. Evenzoo vormt een tak, dien men naar beneden buigt, doch zóó dat de top weer omhoog gericht is, aan zijn onderste gebogen gedeelte

wortels, zoo men dit met vochtige aarde overdekt. Zijn de wortels krachtig genoeg ontwikkeld, zoo kan men den tak van de moederplant afsnijden en heeft dus een nieuw individu verkregen. Zijn de takken voor deze bewerking te hoog geplaatst, of kunnen zij niet

Fig. 59.



Aralia. De bovenste tak heeft in het vochtige mos in den pot wortels gevormd, en wordt van de moederplant afgesneden om een nieuwe plant te vormen.

goed gebogen worden, zoo gebruikt men de in fig 59 afgebeelde methode. Op de plaats, waar men de wortels zich wil laten ontwikkelen, omgeeft men den tak met vochtig mos, dat door veelvuldig begieten nat gehouden wordt. Men kan dit eenvoudig aanbinden, of een zijdeling opengespleten bloempot om den tak bevestigen, en

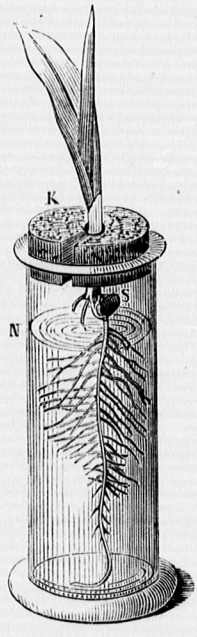
dezen er mede vullen. Nadat de wortels goed ontwikkeld zijn, kan men den tak onder deze afsnijden en in aarde planten, waar zich de eenmaal gevormde wortels spoedig verder ontwikkelen.

Het is voor een nauwkeurige studie van de levensverrichtingen der wortels een groot bezwaar, dat zij zich slechts in den grond onder normale omstandigheden bevinden. De ondoorzichtbaarheid van deze omgeving maakt een geregeld voortgezette waarneming moeielijk, daar men de wortels niet telkens uitgraven en weer planten kan. Veel meer last ondervindt men echter bij het onderzoek naar de stoffen, die de wortels uit den grond opnemen. Deze stoffen laten zich zeer moeilijk volledig uit den grond verwijderen, en nog moeilijker is het nauwkeurig de hoeveelheid te bepalen, welke van hen in een bepaalde grondsoort aanwezig is. Doch deze bezwaren zouden te overkomen zijn, ware het niet, dat zich daarbij een ander voegde, namelijk onze geringe bekendheid met den toestand waarin de verschillende stoffen, vooral die welke voor het plantenleven het belangrijkst zijn, in den grond voorkomen. Voor een nadere uiteenzetting dezer bezwaren, en der eigenschappen van den grond, waardoor zij veroorzaakt worden, verwijs ik naar een volgend opstel. Om al deze bezwaren te ontwijken en tevens een zeer gemakkelijke methode voor de onderzoeking van de eigenschappen der wortels te verkrijgen, heeft men getracht planten met geheele uitsluiting van grond of aarde te kweeken, en ze hare wortels in water of in waterige oplossingen van verschillende zelfstandigheden te doen ontwikkelen. Het is duidelijk, dat men deze oplossingen naar willekeur samenstellen, telkens ververschen en onderzoeken kan, en zoodoende steeds kan weten wat men aan de plant ter opname aanbiedt, en wat daarvan werkelijk opgenomen wordt. Deze zoogenoemde waterculturen gelukken tegenwoordig steeds, nu men nauwkeurig bekend is met de voorwaarden, voor welke daarbij zorg gedragen moet worden. Zij spelen èn in de leer van de voeding der planten, èn vooral in de toepassingen dier leer op de cultuurplanten een zoo aanzienlijke rol, dat wij ze hier uitvoerig moeten bespreken. De volgens deze methode verkregen resultaten zullen ons dan de stof voor een afzonderlijke afdeeling leveren.

Men kan zaadkorrels, na ze in water bij gunstige temperatuur gedurende een of twee dagen geheel te hebben laten opzwellen, in

vochtig mos, of op een vochtigen doek, of op nat gaas, dat boven een wateroppervlakte hangt, gemakkelijk laten ontkiemen. De worteltjes ontwikkelen zich een tijdlang zonder zich te vertakken of wortelharen te ontwikkelen, en dus zonder aan de omgevende voorwerpen vast te groeien. Tegen het begin der haarvorming doet men goed ze op een gaas te plaatsen, waarvan de mazen groot genoeg zijn om de wortels door te laten. Hangt men dit gaas dan op korten afstand boven een vlakke schaal met water op, en plaatst men een klok over alles heen, ten einde de lucht vochtig te houden en te verhinderen dat de worteltjes verdrogen, zoo groeien zij weldra in het water, en vormen daar wortelharen en bijwortels. Het is daarbij noodig het zaad niet in het water, maar er boven in de lucht te houden, daar bij den groei in de zaden een krachtige ademhaling plaats vindt, voor welke, gelijk wij weten, de zuurstof der lucht onontbeerlijk is. Hingen de zaadlobben der zaden onder water, zou zouden zij niet genoeg zuurstof kunnen opnemen, en dus of slechts kwijnend leven, of langzaam sterven. Zoodra niet alleen de wortel, doch ook de stengel met zijn eerste bladen ontwikkeld zijn, en de geheele kiemplant dus groot genoeg is, snijdt men de mazen van het gaas voorzichtig open en neemt de plant er uit, om haar op de in fig. 60 afgebeelde wijze verder te laten groeien. In de zijdelings tot in het midden ingesneden kurk K, wordt de plant van terzijde ingeschoven en b. v. met watten bevestigd, waarna een deel van het weggesneden reepje kurk weer in de insnijding geplaatst wordt. Nadat het cilinderglas N tot een zekere hoogte met water gevuld is, laat men den wortel er voorzichtig in neer en bevestigt de kurk in den bovenrand van het glas. Het zaad S moet zich daarbij in de vochtige ruimte onder de kurk bevinden, doch mag niet in het water gebracht worden, daar het dan licht zou verrotten, en daardoor het water bederven. Zoo soms worteldeelen sterven, moeten zij

Fig. 60,



Kiemplant van Mais (Zea Mais) voor een watercultuur ingericht.

terstond verwijderd worden, daar zij anders het water voor de levende deelen bederven, en de proef verloren zouden doen gaan. Het is duidelijk dat de plant, al naar gelang zij groeit, van tijd tot tijd in een grooter cilinderglas moet overgebracht worden, hetgeen zonder moeite en gevaar geschieden kan, daar men de plant gemakkelijk zijdelings uit de kurk kan schuiven, en in een grootere, evenzoo ingerichte kan overbrengen.

Hebben zich de wortels een tijd lang in water ontwikkeld en vergelijkt men ze dan met in aarde of in zand ontwikkelde wortels van even oude planten derzelfde soort, zoo ziet men terstond dat zij een veel grootere lengte bereikt hebben dan deze. Daarenboven is hun vertakking een veel regelmatigere, en zijn hunne wortelharen even fraai ontwikkeld als die van echte waterplanten. Ook het wortelmutsje is zeer duidelijk te zien; in één woord, alle deelen zijn aan zulke wortels veel duidelijker en schooner ontwikkeld dan aan in aarde groeiende, zoodat dus voor het onderzoek dezer deelen de waterculturen alleszins aanbeveling verdienen.

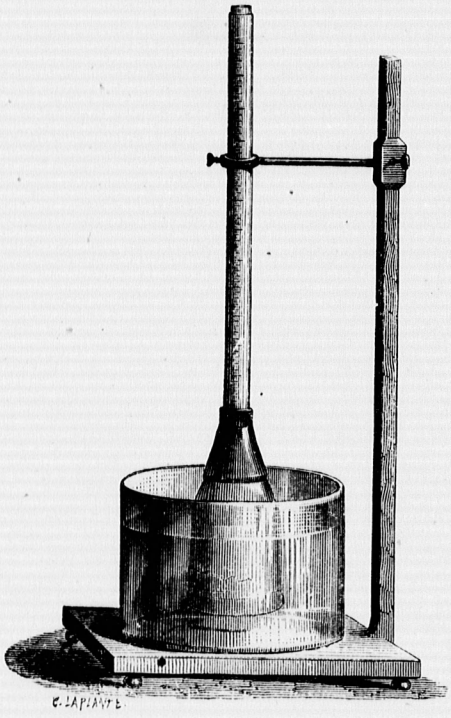
Doch gelijk wij boven zagen, is dit geenszins het hoofddoel, waarmede men deze proeven doet. Men wil den rol der wortels in het leven der plant leeren kennen, en daartoe is het in eerste plaats noodig met zekerheid te weten, of een landplant haar normale ontwikkeling verkrijgen kan, terwijl hare wortels, bij uitsluiting van aarde en zand, slechts uit water hun voedsel putten. Dit nu is door talrijke onderzoekingen, in de laatste vijftien jaren gedaan, gebleken in alle opzichten mogelijk te zijn. Men kan landplanten, b.v. boonen, mais, tarwe, haver, koolzaad, enz. in waterculturen niet alleen zich geheel laten ontwikkelen, maar ook bloemen en vruchten doen voortbrengen. Men heeft de zaden in zulke waterculturen gewonnen, uitgezaaid, en gezien dat ze even goed ontkiemden als normale zaden. Men heeft het gewicht van in waterculturen gekweekte planten bepaald, en nagegaan hoeveel droge stof dit bevatte, en gevonden dat het gewicht der droge stof bij een in water gekweekte maisplant dat van het zaad waaruit de plant ontstaan was 150 maal overtrof; bij boekweit overtrof het eerstgenoemd gewicht dat van het gebruikte zaad meer dan 200 maal. In één woord, in waterculturen kunnen zich landplanten onder gunstige omstandigheden evenzoo krachtig ontwikkelen, even talrijke en even goede zaden voortbrengen, als wan-

neer hare wortels zich in aarde bevinden. Hieruit volgt, dat men deze proeven gebruiken kan om de verrichtingen der wortels te bestudeeren, en vooral om na te gaan, welke stoffen door de wortels moeten worden oppenomen, zullen alle deelen der plant zich normaal kunnen ontwikkelen en den rol, die hun in het leven der planten opgedragen is, volledig kunnen vervullen. Is nu hierdoor bewezen dat de beschreven proeven tot dit doel mogen gebruikt worden, zoo behoeven wij wel niet uitvoerig op de groote voordeelen opmerkzaam te maken, die deze methode ons aanbiedt. Het water en de daarin door ons opgeloste stoffen kunnen wij volledig kennen, terwijl een nauwkeurige kennis van de aarde en hare veranderingen ter nauwernood, met veel moeite te bereiken is. Doch hetzij hier genoeg op deze voordeelen kort gewezen te hebben, daar wij in een volgend hoofdstuk op dit onderwerp uitvoerig terug zullen moeten komen.

De voorwaarden, voor welker vervulling men bij deze proeven nauwgezet zorg moet dragen, wil men het voorgestelde doel bereiken, zijn hoofdzakelijk de volgende: De bladen moeten zooveel mogelijk in het licht staan om organische stoffen te kunnen bereiden, doch de wortels behooren in 't donker gehouden te worden, niet zoo zeer om hun eigen groei te bevorderen, als wel om de ontwikkeling van lagere organismen, b. v. wieren, in het water te verhinderen. Hiertoe omgeeft men het cylinderglas met zwart papier, in een zoo dikke laag dat er bijna geen licht doorgaat. In het water mogen geen afgestorven deelen verrotten, deze moeten dus zoodra zij aanwezig zijn verwijderd worden, terwijl tevens het water behoort te worden ververscht. Niet zelden wordt ook door toevoeging van geringe hoeveelheden zuur de werking der bij de verrotting ontstaande stoffen onschadelijk gemaakt. Van veel meer belang dan deze en een aantal andere kleinere voorzorgen is echter de toevoeging van anorganische stoffen aan het water. Het is duidelijk dat de anorganische bestanddeelen, welke steeds in planten worden aangetroffen in gewoon water niet in voldoende hoeveelheid voor het plantenleven worden gevonden. Onder gewone omstandigheden neemt de plant ze uit den grond op; in de watercultuur moeten zij uit het water kunnen worden opgenomen. Het gemakkelijkste middel om hierin te voorzien is, dat men van normale planten der voor de proeven ge-

bruikte soorten door drogen en verbranden asch maakt; deze bevat, gelijk van zelf spreekt, de anorganische stoffen, welke een plant van die soort voor hare ontwikkeling behoeft. Voegt men nu van tijd tot tijd een gedeelte dezer asch toe, en zorgt men daarbij dat steeds slechts een weinig asch in het water opgenomen wordt, opdat de vloeistof steeds zeer verdund blijve, zoo kan de plant deze stoffen langzamerhand opzuigen. Het is noodig bij de asch nog salpeter of een andere verbinding te voegen die stikstof bevat, daar deze bij het bereiden der asch ontweken is en de bron voor de stikstof der plant anders in de watercultuur zoude ontbreken.

Fig. 61.



Toestel ter aantooning der osmose.

Er blijft ons nu nog slechts over, met enkele woorden te spreken over de wijze, waarop water en anorganische stoffen door de wortels worden opgezogen. Deze opslorping is dezelfde voor in water gekweekte, of in aarde groeiende wortels. Dat de eerste slechts opgeloste stoffen kunnen opnemen, volgt uit de inrichting der beschreven proeven, of, voor waterplanten, uit hare wijze van groeien; zij zijn met geen vaste stoffen in aanraking. Doch ook de wortels van landplanten nemen slechts datgene uit den bodem op, wat daarin in opgelosten toestand voorkomt, of door verschillende omstandigheden er uit opgelost wordt. Trouwens de hier boven beschreven bouw der wortels doet ons terstond inzien, dat het niet anders geschieden kan. De wortels toch bestaan geheel uit cellen, die aan alle zijden gesloten zijn, en nergens openingen bezitten. Wel vindt men binnen in vaten, doch deze zijn door de cellen zoo

geheel omsloten, dat zij voor de opslorping niet in aanmerking komen. Door de wanden der cellen nu kunnen klaarblijkelijk geen voorwerpen in vasten toestand heendringen. Dat er wel vloeistoffen door kunnen dringen, blijkt uit de geheele inrichting, en uit het feit, dat in waterculturen werkelijk vloeistoffen worden opgenomen. Wij kunnen ons deze opname echter ook door een proef duidelijk maken. Hiertoe gebruikt men een glazen buis, die aan het eene uiteinde wijder is dan over de verdere lengte. Over dit wijde uiteinde spant men een stukje blaas, of perkamentpapier, en bindt het zóó vast, dat tusschen zijn rand en het glas geen vloeistof doordringen kan. Vooraf overtuigt men zich dat er geen zichtbare poriën in het te gebruiken vlies aanwezig zijn. Brengt men nu in de buis suikerwater, tot op een zekere hoogte, en plaatst men dan het onderste deel met het vlies in een vat met water, zooals in fig. 61 is voorgesteld, zoo is de toestel gereed. Slechts moet men zorgen dat het den bodem van het vat niet aanraakt, doch vrij door het omgevende water bespoeld wordt. Korten tijd nadat de toestel zoo in elkander gezet is, ziet men het suikerwater in de buis stijgen. Hoe nauwer deze is in vergelijking met de grootte van het vlies, hoe duidelijker dit stijgen zichtbaar zal zijn. Doch ook de hoeveelheid opgeloste suiker heeft op de snelheid van het stijgen invloed: hoe meer de oplossing verzadigd is, hoe sneller het vocht in de buis omhoog stijgt. Is dit stijgen geruimen tijd voortgegaan, zoo onderzoeken wij de vloeistof in het vat. Deze was aanvankelijk zuiver water, nu echter bevat zij een zekere hoeveelheid suiker. Er blijkt ons dus, 1^0 dat water uit het vat door het vlies in de buis gedrongen is, en 2^0, dat suiker omgekeerd door het vlies uit de buis naar buiten is gedrongen. M. a. w. kunnen dus èn water èn opgeloste stoffen door een vlies zonder openingen heendringen. De eenige voorwaarde voor deze mogelijkheid is, dat zij het vlies kunnen bevochtigen, gelijk wij weten dat water een dierlijke blaas doet. Deze toch is in drogen toestand hard en weinig buigzaam; door opname van water wordt zij echter week en lenig. Men heeft dezen doorgang van vloeistoffen door vliezen zonder zichtbare poriën osmose genoemd. Wij kunnen dus besluiten, dat de opname van stoffen door de wortels een osmotisch verschijnsel is. De verschillende omstandigheden, waaronder zulke verschijnselen in het plantenleven plaats vinden, en de verdere oorzaken die daarbij werkzaam zijn,

kunnen hier niet uitvoerig behandeld worden, evenmin als de krachten, welke de eenmaal in de buitenste cellen opgenomen stoffen in de overige cellen brengen, en hare beweging door de geheele plant bewerken. Trouwens voor een algemeen begrip van de werkzaamheid der wortels, kan zulk een in bijzonderheden afdalende uiteenzetting als geheel overbodig beschouwd worden. Genoeg is het ons te weten, dat de wortelvezels de opgeloste stoffen door osmose opnemen, en dat deze door de verdere deelen van den wortel en door den stengel naar die plaatsen vervoerd worden, waar zij tot den groei der plant, of tot andere doeleinden verbruikt worden. Welke stoffen het zijn, die op deze wijze in het plantenlichaam worden ingevoerd, zullen wij in een volgend hoofdstuk nagaan.

DE BEWEGING VAN HET WATER.

In onze eerste afdeeling over de voeding der planten hebben wij gezien, dat, onder de stoffen waaruit de planten opgebouwd zijn, aan het water een zoo belangrijke rol moet worden toegeschreven, dat wij, bij de verdeeling dezer stoffen in bepaalde afdeelingen, daaraan naast de overige anorganische en naast de organische bestanddeelen een afzonderlijke plaats hebben ingeruimd. In dit hoofdstuk wenschen wij dezen rol van het water te behandelen, en gaan daartoe in de eerste plaats na, tot welke doeleinden het in het leven der planten gebruikt wordt. Geen leven laat zich denken zonder water. Waar sommige plantendeelen tijdelijk in drogen toestand verkeeren, is deze toestand tegelijk een periode van rust, gelijk bij rijpe zaden het geval is. Daarenboven zijn deze zaden, hoewel zeer arm aan water, toch niet volkomen droog, doch kunnen bij verwarming in droge lucht nog door verdamping een vermindering van hun gewicht ondergaan, die door de weegschaal gemakkelijk aangetoond kan worden. Trouwens, dit geringe watergehalte heeft ook in zaden nog een rol te vervullen, waarvan men zich vooral bij zulke zaden overtuigen kan, die, na rijp geworden te zijn, eerst nog geruimen tijd moeten liggen, voordat zij kiembaar worden. Hier vinden in het zaad langzamerhand veranderingen plaats, wier resultaat de genoemde eigenschap is, en die slechts onder den invloed van het aanwezige water kunnen volbracht worden. Overal echter, waar de plantencellen de zetel van belangrijker werkingen zijn, hetzij deze in scheikundige

omzettingen van de opgenomen voedingsstoffen, of in den groei der organen, of in de productie van bepaalde voor het leven nuttige stoffen bestaan, of welke andere doeleinden ook hebben mogen, steeds is een aanzienlijk watergehalte een der meest noodzakelijke voorwaarden voor deze processen. Het water maakt zoowel deel uit van den celwand, als van den celinhoud, ja in volwassen cellen is de laatste niet zelden bijna geheel eene waterige oplossing van verschillende stoffen, die slechts door een geleiachtig laagje van den celwand is afgesloten. Vandaar dat overal waar organen of cellen groeien, water tot den opbouw dezer deelen in aanmerkelijke hoeveelheid verbruikt wordt.

Wij herinneren ons, dat bij de assimilatie de organische stof ontstaat uit koolzuur en water, welke lichamen onder den invloed van het licht in zetmeel worden omgezet, dat wij in de bladgroenkorrels der bladen als product der assimilatie hebben leeren kennen. Ook bij deze zoo belangrijke verrichting wordt dus water verbruikt. De hoeveelheid water, die voor den groei en de assimilatie noodig is, wordt echter verre overtroffen door die, welke in de lucht uitgespreide plantendeelen door verdamping verliezen. De opperhuid der bladen laat wel is waar zelf weinig water door, doch zij bezit een groot aantal fijne openingen, de zoogenoemde huidmondjes, die met de tusschencellige ruimten van het bladmoes in gemeenschap staan. Aan deze ruimten grenzen de cellen rechtstreeks, en haar met water doortrokken wand moet dus steeds aan de lucht in deze holten water in dampvorm afstaan, die dan door de huidmondjes ontwijken kan. Dat de hoeveelheid van het op deze wijze verloren water zeer aanzienlijk kan zijn, weet iedereen uit het feit, dat op warme dagen planten die in een drogen bodem wortelen, licht verwelken, en eerst door begieten weer frisch kunnen worden. Het is duidelijk, dat deze laatste oorzaak van beweging van het water bij ondergedoken waterplanten niet bestaat.

Door de verdamping of door het verbruik van water bij den groei en de assimilatie worden de cellen, waarin deze processen plaats vinden, armer aan vocht dan de naastbijgelegene, in welke zulk een verbruik niet plaats vindt. Het gevolg hiervan zal zijn, dat de eersten van de laatsten water opnemen, ten einde het verbroken evenwicht te herstellen. Terwijl nu deze laatste cellen op hare beurt weer water

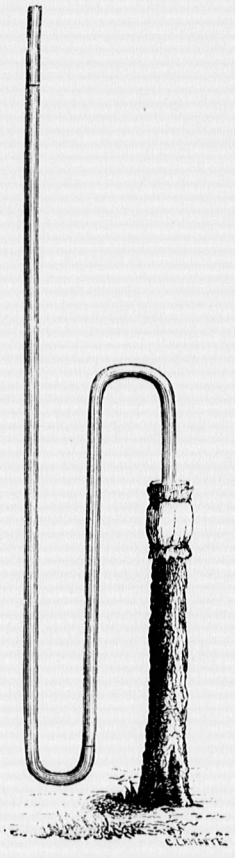
aan de achter haar gelegenen onttrekken, ontstaat een geregelde beweging van het water naar de plaatsen van verbruik toe, die des te sneller zal zijn, naarmate het verbruik zelf aanzienlijker is. Weldra strekt zich deze beweging over de geheele plant uit, en wordt het water uit de wortels, die het uit den grond opnemen, aan de bovenaardsche plantendeelen in een geregelden stroom toegevoerd. Daar de oorzaak dezer beweging in de plaatsen van verbruik zetelt, kan men haar een zuigende noemen. Tegenover deze staat dan een geheel andere beweging van het water, waarvan de oorzaak in de wortels gezocht moet worden, en die met kracht het water in de wortels en in den stengel omhoog perst. Deze oorzaak wordt met den naam van wortelkracht bestempeld.

Voordat wij de verdamping en de door haar veroorzaakte snelle beweging van het water in de planten uitvoerig bespreken, en daarbij het weinige vermelden, wat er omtrent de zeer langzame strooming van het water voor den groei en de assimilatie te zeggen valt, wenschen wij deze wortelkracht in hare werkingen nader te leeren kennen, daar deze kennis ons bij een juiste waardeering van de zuigende kracht der verdampende cellen van groot nut zal zijn.

Het is een bekend verschijnsel dat vele boomen, in het voorjaar, korten tijd voordat de knoppen hunne bladeren beginnen te ontplooien, bloeden wanneer ze tot in het hout verwond worden. Al naar gelang der boomsoort stroomt een grootere of geringere hoeveelheid vocht uit de wonde, welk vocht waterhelder is, en bij enkele soorten, b.v. den in Noord-Amerika groeienden suiker-ahorn, zoo rijk is aan suiker, dat het de moeite loont, het in het groot te verzamelen. Het schoonste voorbeeld van dit bloeden levert de wijnstok. Uit kleine insnijdingen, tijdens het zwellen der knoppen door den bast tot in het hout gemaakt, ziet men weldra het vocht druppelsgewijze te voorschijn treden, en gedurende verscheidene uren voortvloeien. Ja, zoo men de wond zoo maakt, dat zij zich niet spoedig genoeg weer sluiten kan, zoo duurt deze vochtstroom verscheidene dagen voort. Daarbij vloeit het water niet slechts daarom weg, dat het hout er mede overvuld is, en het overtollige vocht dus uit elke wonde ontwijkt; het wordt integendeel met groote kracht door de kunstmatige openingen naar buiten geperst. Om zich hiervan te overtuigen, maakt men gebruik van de in figuur 62 afgebeelde inrichting. Men snijdt

een stam van een wijnstok, of wel een dikken tak, glad door, en omgeeft het uiteinde met een nauw aansluitende buis van kaoutchouk.

Fig. 62.



Stam van een wijnstok, met omgebogen glazen buis, voor het meten van de wortelkracht.

In het andere uiteinde van de korte buis wordt een doorboorde kurk bevestigd, waarin een glazen buis nauwkeurig sluit. De kaoutchoukbuis wordt èn om de kurk, èn om den stam met touw zoo sterk aangebonden, dat zelfs bij aanzienlijke drukking geen water op deze plaatsen doorsijpelen kan. Het is goed de buis zelf met koperdraad te omwikkelen, ten einde een te sterk opzwellen of wel barsten onder de ontstaande drukking te voorkomen. De in de kurk ingeschoven glazen buis is dubbel omgebogen, op de in de figuur aangegeven wijze. Weldra begint nu het vocht in de buis omhoog te stijgen, en zoodra het de eerste ombuiging bereikt heeft, vloeit het, gelijk van zelf spreekt, naar beneden. Komt het er slechts op aan het uitstroomen van een groote hoeveelheid vocht aan te toonen, zoo kan men de proef op deze wijze laten voortgaan; wenscht men echter zich een voorstelling te maken van de grootte der kracht, waarmede het wordt omhoog gestuwd, zoo giet men in het open uiteinde van de buis kwik. Daardoor zal de lucht in den afdalenden arm worden samengedrukt, en het kwik in dezen eenigzins omhoog stijgen, terwijl het in den open arm bijna tot boven aan staat. De drukking van deze kwikzuil plant zich door de samengeperste lucht op de vloeistof in den kortsten arm voort, en werkt door deze op de wondvlakte van den stam. Men zou nu allicht vermoeden, dat een eenigzins aanzienlijke drukking, op deze wijze uitgeoefend, terstond het uitvloeien van het water zou doen ophouden. Toch is dit niet het geval. Zelfs wanneer de kwikzuil in den eenen arm een meter hooger staat dan in den anderen, gaat het uitvloeien nog voort, en wordt de kwikzuil dus omhoog geschoven. De drukking van zulk een

kwikzuil is gelijk aan die van een zuil water van ruim 13 meters hoogte, en de wortelkracht blijkt dus in staat te zijn het water tot op zulk een aanzienlijke hoogte op te voeren. Daar nu de wijnstokken in den regel deze hoogte op verre na niet bereiken, zal ook in hunne hoogste takken nog de invloed van de wortelkracht bemerkbaar moeten zijn, iets, wat gemakkelijk te bewijzen is, wanneer men deze takken doorsnijdt, en er op gelijke wijze, als zooeven voor een stam beschreven werd, een glazen buis aan bevestigt. Het is duidelijk dat door deze drukking het water aan de aanzwellende knoppen in grootere hoeveelheid wordt toegevoerd, dan dit alleen door de zuigende werking van deze het geval zou zijn, die door den groei en de verdamping veroorzaakt wordt.

Het is bij deze proeven geenszins onverschillig welke plant men onderzoekt, en in welk jaargetijde of onder welke omstandigheden zij genomen worden. Ook de hoogte, waarop de buizen aan de plant bevestigd worden, is op het resultaat van invloed. De oorzaak van deze laatste is gemakkelijk na te gaan. Wij hebben reeds medegedeeld dat de wortelkracht haar zetel in de wortels heeft, en het zijn juist de fijnste uiteinden der wortelvezels, waarin zij gezocht moet worden. Hoe deze kracht daar ontstaat, kan men tegenwoordig nog niet met volle zekerheid aangeven, doch het is zeker, dat de cellen der wortels het vocht eenerzijds uit den bodem opzuigen, en er zich zoo sterk mede vullen, dat hare wanden er geheel door gespannen zijn. Deze spanning speelt als drukkracht een belangrijke rol bij het opstuwen van het vocht. Daar nu het opgestuwde vocht zich in den wortel moet bewegen, en uit dezen door den stam verder worden geleid, en het weefsel van wortel en stam aan deze beweging een zekeren weerstand biedt, zal de kracht tengevolge van dezen weerstand naar boven toe steeds afnemen. Daarbij oefent de kolom water in deze organen door haar gewicht een zekere drukking uit, die natuurlijk eveneens nadeelig op de grootte der overblijvende kracht werken zal. Is nl. de kolom in eenigen boom zoo hoog, dat hare drukking aan de wortelkracht gelijk komt, zoo zal zij niet meer voortbewogen kunnen worden, en zal men boven deze hoogte van de wortelkracht niets meer bespeuren. Hoe lager bij den wortel dus, hoe minder de wortelkracht door tegendrukking en weerstand verzwakt is, en hoe duidelijker zij dus in onze proeven zal kunnen worden

waargenomen. In de kroon van hooge boomen is van den invloed der wortelkracht niets te bespeuren, en zelfs in den stam is deze invloed slechts gering, daar de wortelkracht bij boomen nooit die grootte bereikt, die wij zooeven voor haar bij den wingerd leerden kennen.

De wortelkracht werkt niet alleen tijdens het eerste uitloopen der knoppen. Op elken tijd van den zomer, ja zoolang de planten nog niet in den toestand van winterrust teruggekeerd zijn, kan zij worden waargenomen. Wel is waar bloeden wingerden en andere houtgewassen na het ontplooien hunner bladeren niet meer, zoo men ze verwondt. Dit komt echter daardoor, dat in die periode, behalve de opstuwende kracht der wortels, ook nog de zuigende kracht der bladen werkt, die wij reeds met een enkel woord bespraken. Deze zuiging is zoo sterk, dat zij het uitvloeien van water uit de wonden geheel belet. Men kan echter deze zuiging doen ophouden b. v. door de plant met een dampverzadigde lucht te omgeven, zoodat zij geen vocht meer verdampen kan. Heeft men een wingerd in een pot gekweekt, zoo kan men hem in een besloten ruimte b. v. een kleine broeikas of een glazen stolp brengen en hierin de lucht geheel met vochtdeelen verzadigen. Veel eenvoudiger bereikt men zijn doel, door de bladeren te verwijderen; het allereenvoudigst door den geheelen stam af te snijden, en de proef juist op dezelfde wijze te nemen, als wij zooeven beschreven hebben (fig. 62). In dit geval blijkt de wortelkracht den geheelen zomer werkzaam te zijn, ofschoon zij bij lange na niet krachtig genoeg is om al het water te leveren, dat in de bladeren verdampt, en dus tegenover de straks te bespreken zuiging slechts een ondergeschikte rol speelt. Deze hoeveelheid water, die de wortelkracht in een bepaalden tijd omhoog voert, kan men het best bepalen, wanneer men de in fig. 62 afgebeelde buis in haar middelste deel doorsnijdt, en onder de naar beneden gerichte opening een vat ter opvanging van het uitvloeiende water plaatst. Weegt men dit vat van tijd tot tijd, zoo zal men door vergelijking het gewicht van het uitgevloeide water kunnen berekenen. Het blijkt dan, dat deze hoeveelheid vooral door twee voorname oorzaken bepaald wordt; nl. door de temperatuur van den grond, waarin de plant wortelt, en door zijne vochtigheid. Hoe warmer en hoe vochtiger deze bodem is, hoe meer water de wortels in hetzelfde tijdsverloop in den stam persen. Verder kan men door zulke proeven de hoeveelheden water vergelijken,

die door verschillende planten worden omhoog gestuwd, en vindt dan, dat zij al naar gelang der plantensoort zeer uiteen loopen.

Deze eigenschap der wortels, het uit den grond opgezogen water met een zekere kracht omhoog te persen, is niet alleen aan boomen en heesters, maar ook aan kruidachtige gewassen eigen, en kan bij deze laatsten op dezelfde wijze worden aangetoond. Zelfs bij kleine, tengere, eenjarige gewassen ontbreekt zij niet. Als voorbeeld noem ik den kleinen brandnetel (Urtica urens). Snijdt men den stam van dezen onder de onderste bebladerde takken door, en beschermt men de doorsnede tegen al te sterke verdamping, b. v. door er een omgekeerd glas over heen te plaatsen, zoo ziet men weldra een grooten druppel water uit de wond te voorschijn komen, die na korten tijd te groot is om op de wondvlakte te blijven rusten, en zijdelings langs den stengel afvloeit. Het is de wortelkracht, die dit vocht omhoog perst. Deze wortelkracht is ook de oorzaak van het verschijnsel, dat onder den naam van het tranen van planten bekend is, en tot de merkwaardigste zaken behoort, die men bij planten kan waarnemen. Zeer schoon vindt men dit bij sommige Aronskelken, vooral bij de in fig. 63 afgebeelde soort. Uit de toppen van de groote pijlvormige bladen van deze plant komen voortdurend druppels water te voorschijn, die weldra afvallen, en terstond door nieuwe vervangen worden. Telkens, wanneer de omgevende lucht vochtig genoeg is om een te sterke verdamping te verhinderen, kan men die tranen waarnemen. Doch het is niet noodig daartoe uitheemsche gewassen te gebruiken; onze inlandsche grassen, en talrijke lage, hetzij eenjarige, hetzij overblijvende planten, bezitten, hoewel in mindere mate, dezelfde merkwaardige eigenschap. Bij deze moet echter de verdamping in de bladen bijna geheel belet worden, en tegelijker tijd de werkzaamheid der wortels een zeer krachtige zijn. Vandaar dat aan de toppen en de randen der bladen bij deze planten waterdruppels te voorschijn komen, wanneer 's avonds bij zons-ondergang de lucht zich sterk afkoelt, en daardoor het dauwpunt, d. i. de temperatuur waarop de lucht met waterdamp verzadigd is, nadert. Bij overschrijding van dit dauwpunt, dus bij verder dalen der temperatuur, vormt zich dauw, daar dan de overvloedige waterdamp in druppels neêrslaat. Doch voordat deze graad van koude bereikt is, kan men aan de planten reeds de vermelde waterdruppels waarnemen. Kunstmatig kan men dit verschijnsel

telkens te voorschijn roepen, wanneer men de planten in potten heeft staan, en de sterk begoten aarde daarin voorzichtig verwarmt, terwijl de bladen met een glazen klok overdekt zijn. De warmte be-

Fig. 63.



Colocasia esculenta.

gunstigt de werking der wortelkracht, de klok vermindert de verdamping, en alle voorwaarden voor het tranen zijn dus gegeven.

Tot het tranen rekent men ook de afscheiding van water in de bekers van de Bekerplanten. Deze vooral in het zuidelijk gedeelte

van Afrika voorkomende gewassen bezitten vrij lange, smalle bladen, wier top in een draad uitloopt, die als het ware een voortzetting van de middennerf buiten de bladschijf is. Aan het uiteinde van dezen

Fig. 64.

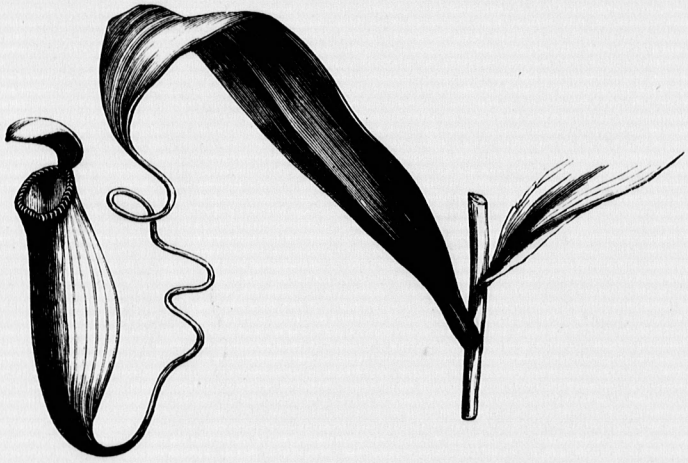


Bekerplant (Nepenthes destillatoria).

draad bevindt zich een buisvormig bekertje, dat van boven bij vele soorten van dit geslacht door een deksel kan worden gesloten. De organen, waardoor het water wordt afgescheiden, en die bij de bladen der Aronskelken aan den top van de bladschijf gezeten zijn, bevin-

den zich hier aan den voet van het bekertje, en wel aan de binnenzijde. Het water verzamelt zich dus in de bekertjes, en verdampt slechts uiterst langzaam, daar de gevulde bekertjes door het deksel gesloten zijn. Deze bekerplanten hebben hare algemeene bekendheid te danken aan deze zonderlinge inrichting, gepaard aan haar voorkomen in warme streken, waar dikwijls geen of weinig water wordt aangetroffen. Hier bieden zij aan reizigers een aangename lafenis, daar de talrijke bladen in hunne bekertjes een zeer groote hoeveelheid water bewaren kunnen, en dit een verkwikkenden frisschen smaak heeft. Eenige andere, minder bekende planten, wier bekervormige bladen eveneens water bevatten, gaan wij met stilzwijgen voorbij.

Fig. 65.



Afzonderlijk blad van de Bekerplant met het bekertje.

Wij hebben in ons hoofdstuk over den bouw en de verrichtingen der bladen reeds met enkele woorden over de verdamping gesproken en ook een der voornaamste proeven medegedeeld, door welke de hoeveelheid van het verdampende water bepaald kan worden. Een andere wijze om deze bepaling uit te voeren, wordt door figuur 66 duidelijk gemaakt. Men brengt den tak dien men onderzoeken wil in een glazen ballon, en sluit de opening om den tak door een in tweeën gespleten, doorboorde kurk. Aan de ballon is een fijne buis met opening, die in een flesch gevoerd wordt. Het verdampende water slaat tegen de wanden van den ballon neder, en druppelt uit de fijne

opening in de flesch, waarin het van tijd tot tijd gewogen kan worden. Het is duidelijk dat dit waterverlies in de bladen voortdurend hersteld moet worden, zullen de bladen daardoor niet verwelken en uitdrogen. Deze herstelling heeft, gelijk wij in het begin reeds uiteengezet hebben, een zuiging van water uit andere deelen der plant ten gevolge, welke het weder aan andere organen, en ten laatste aan de wortels ontleenen. Dat deze zuiging werkelijk de oorzaak is, dat het water in de takken zich naar de bladen toebeweegt, bewijst ons elke afgesneden tak, waarvan het ondereinde in water geplaatst is, en die daarbij frisch blijft. De werking van de wortelkracht is dan klaarblijkelijk uitgesloten, en slechts door zuiging kan de tak het noodige water opnemen. En dat deze zuiging met zeer groote kracht geschiedt, leert ons de volgende proef. Aan het onderste uiteinde van een afgesneden bebladerden tak bevestigen wij een lange glazen buis, door middel van een kaoutschoukbuisje, dat wij en om den tak, en om de buis sterk aanbinden. Dan vullen wij de buis geheel met water, en keeren haar om terwijl wij het open einde onder water houden, en zorgen dat geen lucht in haar omhoog kan stijgen. Staat de buis dan rechtop, zoo kan men haar op de in fig. 67 aangegeven wijze bevestigen. Is de buis niet al te lang, zoo blijft de tak langen tijd frisch, en ziet men het water in het glazen bakje dalen, waardoor een opzuigen van water door den tak, en dus tegelijk de verdamping in de bladen aangetoond wordt. Hoe hooger de buis is, hoe ongunstiger de omstandigheden voor de wateropname zijn, en men kan zich dus eenig-

Fig. 66.

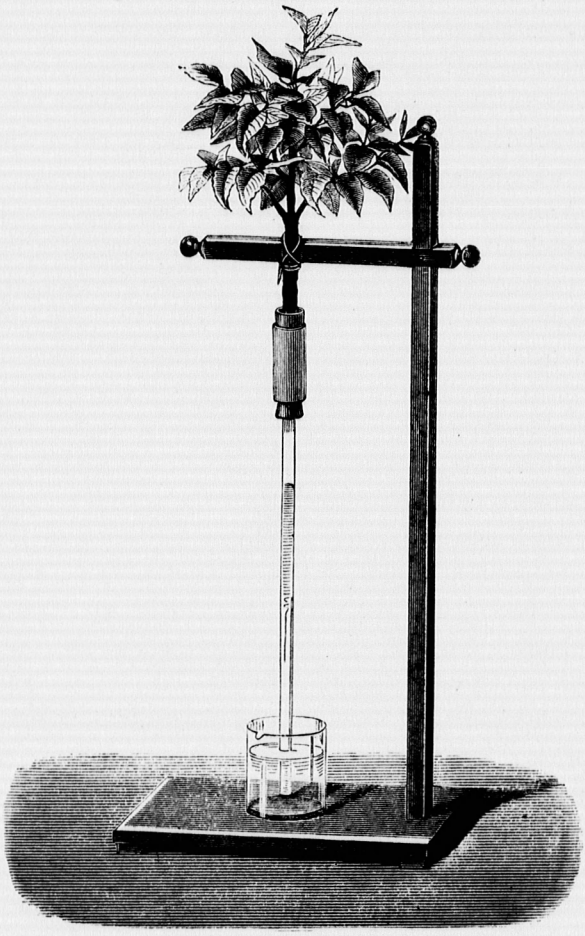


Inrichting om de verdamping in de bladeren aan te toonen.

zins een denkbeeld vormen van de zuigkracht, die hier in het spel is, zoo men weet hoe lang de buis zijn kan, terwijl de tak nog voortgaat het water omhoog te bewegen.

Deze proef levert ons tegelijk een zeer eenvoudig middel om de

Fig. 67.



Opzuiging van water door een bebladerden tak.

grootte der verdamping van afgesneden bladen en bebladerde takken onder verschillende omstandigheden na te gaan. Het dalen van het water in het glas toch, (zie fig. 67), zal de juiste maat van het verdampte water zijn. Hoe smaller het glas is, hoe nauwkeuriger wij

aan dit dalen een geringe vermindering van het water zullen kunnen waarnemen. Nog nauwkeuriger wordt dit, wanneer wij niet een rechte glazen buis gebruiken, maar een U-vormig omgebogene, waarvan het been waaraan de tak bevestigd is, korter kan zijn dan het andere. Vullen wij zulk een buis met water, zoo zal het dalen van het water in de open arm een maat zijn voor de verdamping. Daar op deze wijze de verdamping onder zeer gunstige omstandigheden reeds gedurende weinige minuten duidelijk kan waargenomen worden, zoo ziet men, dat deze methode veel geschikter is dan een der beide rechtstreeksche bepalingen, die wij vroeger beschreven en afgebeeld hebben. Een blad of tak in de U-vormige buis kan in korte tijdruimten achter elkander onder verschillende omstandigheden gebracht worden, en ons zoo den invloed van deze door de verschillende snelheid van het dalen van het water in den open arm onmiddellijk doen waarnemen. Welke resultaten men door deze methode kan verkrijgen, willen wij nu kortelijk uiteenzetten.

Vooreerst hangt de verdamping af van de vochtigheid der lucht. Hoe meer waterdamp deze bevat, hoe geringer de verdamping zijn zal, een verhouding die trouwens niet alleen voor bladen maar ook voor alle andere vochtige lichamen en voor vloeistoffen geldt. Evenzoo heeft de temperatuur op de verdamping bij levende en levenlooze voorwerpen een invloed, die grootendeels daaraan toe te schrijven is, dat warmere lucht een grootere hoeveelheid waterdamp bevatten kan dan koude. Ook het licht werkt, ten minste bij vele planten, gunstig op de verdamping, daar het bewegingen veroorzaakt in de sluitcellen der huidmondjes. Deze toch kunnen de tusschen haar gelegene opening sluiten en weer openen, en worden daartoe door verschillende omstandigheden genoopt, welker werking echter niet bij alle plantensoorten dezelfde is, daar nu eens alleen de sluitcellen werkzaam zijn, dan weer ook de omliggende cellen der opperhuid aan deze verrichtingen deelnemen. Bij de meeste planten echter heeft men waargenomen, dat het licht de huidmondjes zich doet openen, terwijl de duisternis weer aanleiding tot het sluiten geeft. Het nut van deze inrichting moet dadelijk in het oog springen, wanneer men zich herinnert, dat in groene plantendeelen onder den invloed van het licht de assimilatie plaats vindt, bij welke groote hoeveelheden koolzuurgas worden opgeslorpt, waartegen weêr zuur-

stofgas wordt uitgestooten. Tijdens deze werking kan dus een ongestoorde gemeenschap van de tusschencellige luchtruimten met de buitenlucht slechts voordeelig zijn. Doch deze gemeenschap is ook de oorzaak dat de waterdamp uit de tusschencellige ruimten gemakkelijk in de omgevende lucht kan ontwijken, en daar de vochtige cellen aan de genoemde ruimten steeds zoolang waterdamp afgeven totdat deze daarmede verzadigd zijn, zal de verdamping bij geopende huidmondjes steeds aanzienlijk zijn. Hierdoor verklaart zich, ten minste ten deele, de invloed van het licht op de verdamping. Dat de verdamping daarenboven van het gebruikte plantendeel afhankelijk en o. a. door den aard der opperhuid en het aantal der huidmondjes bepaald wordt, behoeft wel niet afzonderlijk opgemerkt te worden.

De verdamping van water in de bladen is een der voornaamste oorzaken van de vochtigheid van de lucht. Vooral daar, waar de bodem droog is, en dus zelf slechts weinig verdampt, en waar niet telkens tusschen elke twee stukken land een sloot of greppel wordt gevonden, waarin het water als zoodanig verdampt, is deze invloed zeer belangrijk te achten. Het is een bekend verschijnsel, dat in bosschen en boven weilanden de lucht vochtig is, en vooral op de laatsten wordt dit aan ons oog zichtbaar gemaakt, wanneer na een warmen dag de avond bij helderen hemel zeer koel is. Dan ontstaat de dauw, veroorzaakt door het overgaan van de waterdamp der lucht in fijne waterdruppeltjes, die langen tijd blijven zweven. De afkoeling der lucht toch heeft ten gevolge, gelijk wij boven reeds bij een andere gelegenheid zagen, dat haar vermogen om waterdamp te bevatten geringer wordt. Weldra is een warmtegraad bereikt, waarbij de lucht nog juist al de in haar bevatte damp kan behouden. Daalt nu de temperatuur nog langer, dan wordt een deel van deze damp afgescheiden, en veroorzaakt den bekenden nevel. Vandaar dat de lucht tijdens dauw steeds geheel met waterdamp verzadigd is, m. a. w. zoo vochtig is, als zij bij die temperatuur slechts zijn kan. Vreest de mensch te recht de nadeelige werking, welke deze door de verdamping der planten en het dalen der temperatuur in den avond vochtig geworden lucht op zijn gezondheid uitoefenen kan, aan de andere zijde gebruikt hij diezelfde eigenschap der bladen, om lucht vochtig te houden, wanneer zij door andere oorzaken licht een schadelijken graad van droogte zou verkrijgen. Ik bedoel het kweeken

van planten des winters in woonkamers. De bij ons gebruikelijke methode van verwarming onzer woonvertrekken toch maakt de lucht in deze steeds zeer droog; de buitenlucht kan, door hare lage temperatuur slechts weinig waterdamp bevatten, en door de verwarming die zij in aanraking of in de nabijheid van den kachel ondergaat wordt wel haar vermogen om waterdamp te bevatten, doch niet haar werkelijk gehalte daaraan verhoogd. Zonder verdere voorzorgen leven wij dus des winters in veel drogere lucht dan des zomers. Kweekt men nu planten in het vertrek, zoo zullen deze steeds water verdampen, en dus een oorzaak van vochtigheid der lucht zijn, die daarenboven de gunstige eigenschap bezit van in haar werking van de temperatuur en van den graad van vochtigheid der lucht beide afhankelijk te zijn, en dus, om de zaak kort uit te drukken, des te krachtiger werkt, naarmate de lucht droger is. Deze beschouwing neemt onder de redenen, waarom het kweeken van planten in kamers gewoonlijk wordt aanbevolen, een eerste plaats in. Het is wellicht niet overbodig hierbij op te merken, dat hier slechts van bebladerde planten sprake is; voor de beoordeeling van het nut of het nadeel van bloeiende planten in kamers toch komen nog andere punten in aanmerking, die vooral dan een groot gewicht in de schaal leggen, als de bloemen sterk rieken, en de prikkelende werking, die deze riekende stoffen op ons zenuwstelsel uitoefenen, als schadelijk moet beschouwd worden, zooals b. v. in slaapkamers het geval is.

Het water, dat de bladen door verdamping aan de omgevende lucht afgeven, wordt onder gewone omstandigheden door de wortels uit den grond opgenomen, en door den stengel of stam naar omhoog geleid. Ook wanneer afgesneden takken met hun wondvlakte in water geplaatst zijn, moet de stengel het water geleiden. En evenals wij bij de verplaatsing van het voedsel ons de vraag voorgelegd hebben, in welk gedeelte van den stengel deze geleiding plaats heeft, evenzoo moeten wij ook thans deze vraag voor het water beantwoorden. Wij kunnen daartoe dezelfde proeven gebruiken, n. l. de ringvormige ontschorsingen. Trouwens een eenvoudige beschouwing der daar beschreven proeven zal ons van zelf tot het gewenschte resultaat voeren. De bedoelde proef bestond in het wegnemen van een schorsring rondom den tak, korten tijd vóór het uitloopen der knoppen in het voorjaar. Deze ontschorsing moet aan krachtige tak-

ken op een aanzienlijken afstand van den eindknop geschieden, daar voor deze anders, gelijk wij zagen, de toevoer van organisch voedsel door den bast afgesneden wordt. Wil men den schorsring dichter bij den eindknop wegnemen, zoo kan men voor ons tegenwoordig doel ook op deze wijze de proef nemen, wanneer men slechts met de ontschorsing wacht, tot de eindknop uitgeloopen is en de bladen, die uit hem te voorschijn getreden zijn, hun volle ontwikkeling bereikt hebben. In beide proeven nemen wij waar, dat de tak ongestoord voortleeft, en dat het verlies van water door verdamping in zijn bladen door nieuwen toevoer even volledig hersteld wordt, als in alle overige bladen van den boom. Het wegnemen van den schorsring belet dus de beweging van het water niet, waaruit volgt, dat deze in het hout plaats vindt. Men zou kunnen vermoeden, dat het merg aan deze geleiding een werkzaam aandeel nam, doch dit vermoeden vervalt van zelf, wanneer men bedenkt dat de inhoud der cellen van het merg in tweejarige en oudere takken lucht is, en geenszins een vocht.

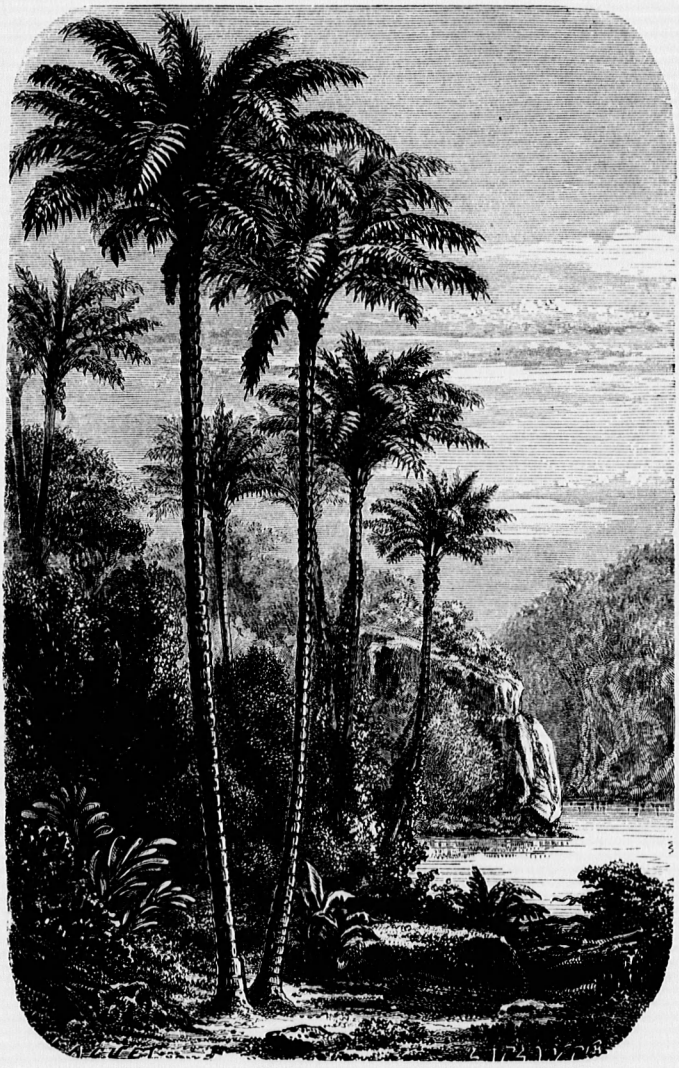
Men ziet in onze steden niet zelden boomen, wier stam gedeeltelijk van bast en schors ontbloot is. Zulke boomen blijven doorgroeien, ofschoon niet zelden die takken, welke aan de zijde der verwonding liggen, afsterven. Het water wordt in het hout omhoog geleid, en de voedingsstoffen, die uit de bladen naar de wortels worden gevoerd, vinden haar weg in het overgebleven gedeelte van den bast. Dat het hout, waar het aan weer en wind blootgesteld is, begint te verrotten, behoeft geene vermelding, en evenmin de hieruit voortvloeiende gevolgtrekking, dat de waarde van den boom als werk- of brandhout hierdoor zeer lijdt. Kunnen echter boomen ook dan blijven leven, wanneer zij over een grooter of kleiner deel van den stam aan alle zijden van den bast ontbloot zijn, en dus de toevoer van voedsel naar de wortels is afgesneden? Deze vraag kan slechts onder zekere beperkingen bevestigend beantwoord worden. Eenige jaren kunnen de wortels op het in hen nog aanwezige reservevoedsel teeren en blijven leven en aan hunne verplichtingen: het opnemen van water en anorganische stoffen uit den grond, voldoen. Zoolang zal dus het leven van den boom ongestoord voortgaan. Doch na korter of langer tijd begint het voedsel aan de wortels te ontbreken, deze sterven, en houden dus op te werken, en de takken

en bladen ontvangen het voor hunne verdamping noodige water niet meer. Weldra zullen zij dus uitdrogen en sterven, en op het eind heeft dus de ringvormige ontschorsing van den boom den dood ten gevolge. Vandaar dat men in steden en plantsoenen tegen elke ontschorsing moet waken, daar anders licht een ringvormige ongemerkt zou kunnen insluipen, en den boom, dien zij trof, tot een langzamen maar even zekeren dood veroordeelen. Slechts in één geval kan een boom lange jaren zulk een ontschorsing overleven. Dit vindt n. l. dan plaats, wanneer uit het onderste gedeelte van den stam en uit de dikste wortels loten ontspringen, die zich tot krachtige bebladerde takken ontwikkelen, en de voeding van de wortels op zich kunnen nemen, voor welke door de boven de wonde gelegen takken niet meer kan worden gezorgd. Zulke wortelloten komen vooral bij linden voor, en vandaar dat de meeste voorbeelden van boomen, die een ringvormige ontschorsing hunner takken langen tijd overleefden, door linden worden opgeleverd. Een zekere beroemdheid heeft een zware lindenboom met prachtige kroon in het park van Fontainebleau, door zulk een verwonding verkregen. Deze boom was omstreeks 1780 geplant, en zijn stam werd in 1810 door toevallige omstandigheden door werklieden van het grootste gedeelte van zijn bast beroofd. In het jaar 1854 stierf hij, nadat hij in het vorige jaar nauwkeurig onderzocht geworden was. Op de ontbloote plaats was het hout tot op een aanzienlijke diepte gestorven en ten deele reeds vergaan, en nog slechts een dunne houtcylinder in het midden diende voor de geleiding van het water. Boven de ontschorsing was de diktegroei van den stam regelmatig voortgegaan; daaronder zorgden talrijke kleine takjes en wortelloten voor de voeding der wortels. Ook van andere boomsoorten worden zulke voorbeelden beschreven.

Leeren nu deze waarnemingen ons zonder eenigen twijfel, dat het water zich in het houtlichaam voortbeweegt, zoo kunnen wij door een meer algemeene beschouwing en vergelijking van de meest uiteenloopende boomsoorten tot dezelfde gevolgtrekking geraken. In de plantkunde neemt men onder de met bloemen bloeiende planten drie typen van boomvormen aan, n. l. de loofboomen, de naaldboomen en de palmen met hunne verwanten. De overeenkomst tusschen de beide eerste typen is zoo groot, dat wij deze voor onze beschouwing te samen kunnen vatten, en tegenover de geheel anders gevormde

palmen plaatsen. Onze loofboomen, die door hunne vlakke, min of meer breede bladeren gekenmerkt zijn, en meestal des winters hun

Fig. 68.



Zuid-Amerikaansche Palmen. (Mauritia flexuosa.)

loof verloren hebben, en de aan hunne naald- of schubvormige bladen herkenbare, in den winter meest groene naaldboomen, komen daarin met elkander overeen, dat hunne stammen vertakt zijn, en

dat de zijtakken van deze takken telken jare in aantal toenemen, als de winterknoppen in het voorjaar beginnen uit te loopen. Met het vermeerderd aantal twijgen gaat natuurlijk een toename van het getal der bladen gepaard, hetgeen weer ten gevolge heeft, dat de hoeveelheid water, die door den boom verdampt wordt, met elk jaar toeneemt. Al dit water moet door den stam omhoog gevoerd worden, en de telken jare grootere hoeveelheid eischt dus telken jare een breedere stroombaan. Het is in volkomen overeenstemming hiermede, dat de stammen van loof- en naaldboomen gedurende hun geheele leven in dikte toenemen, en dat deze toename wel is waar ook den bast betreft, doch voor verreweg het grootste deel door een aanzetting van nieuwe houtlagen rondom de bestaande tot stand gebracht wordt. Hoe meer water de stam dus omhoog moet geleiden, hoe dikker zijne houtmassa is.

Geheel anders is het bij de Palmen. Hun stam is niet vertakt en draagt aan den top een kroon van weinige, maar zeer groote bladen. In het midden tusschen deze bladen vinden wij den eindknop, die den eigenlijken top des stams inneemt. Uit dezen eindknop ontwikkelen zich voortdurend nieuwe bladen, zoodat de binnenste bladen van de kroon steeds de jongste zijn, hetgeen in den regel aan hun mindere grootte, of onvolledige ontplooiing kan worden waargenomen. Naarmate nu hier nieuwe bladen gevormd worden, sterven de buitenste, en worden afgeworpen. Het gevolg is, dat het aantal bladen in de kroon steeds ongeveer hetzelfde blijft. Daarmede in overeenstemming, men zou haast geneigd zijn te zeggen: dien ten gevolge, blijft een palmenstam steeds even dik; de hoeveelheid water die hij moet geleiden is dezelfde of hij hoog is, of nog jong en laag. Een kiemplant van een palm heeft lange jaren noodig voor haar stam de voor hare soort normale dikte bereikt heeft; vóór dit tijdstip echter groeit zij bijna niet in de lengte, en besteedt al hare krachten voor dezen diktegroei. Zoodra echter hare ontwikkeling zoover gevorderd is, houdt deze groei op en maakt plaats voor een langzame toename in de lengte, die eerst na geruimen tijd aan de palmen de slanke gedaante geeft, door welke zij aan tropische landschappen een zoo eigenaardig karakter verleenen.

Wij zijn over de beweging van het water in de stammen en takken zeer uitvoerig geweest, en willen dus over den weg, dien het

verder volgt, eer het in de cellen van het bladmoes in damp kan overgaan, slechts nog het noodigste aanstippen.

Deze weg zijn de vaatbundels der bladsteelen, en die der bladschijven, welke laatste, gelijk bekend is, den naam van nerven en aderen dragen. Dat dit zoo is, kan gemakkelijk aangetoond worden. Het meest sprekende voorwerp zijn zuiver witte bloembladen, b. v. van een witbloemige Iris of van een Deutzia. Plaatst men afgesneden bloeiende takken van zulke planten met de doorsnede in een donker gekleurde oplossing van aniline in water, zoo stijgt deze kleurstof met het water in de takken op. Na ongeveer een halven dag beginnen de aderen der bloembladen zich blauw te kleuren, en worden daardoor duidelijk zichtbaar, terwijl zij tegelijkertijd blijken de weg te zijn, waarlangs de opgezogene kleurstof, en dus ook het water, zich heen beweegt. Ongelukkig kan men de bloemen in dezen toestand niet lang bewaren, daar de aniline voor het tusschen de aderen gelegen celweefsel vergiftig is, en dit dus doodt zoodra het van de aderen uit er in dringt. Dan verwelken de bloemen, en het sierlijke voorwerp gaat weldra geheel te niet.

Bij onze beschouwingen hebben wij tot nu toe steeds nagegaan, wat er met het water in de plant geschiedt, terwijl de verdamping in de bladen ongestoord voortgaat, en aan deze dus voortdurend evenveel water wordt toegevoerd, als zij door verdamping verliezen. Onderzoeken wij thans, wat er zal gebeuren, zoo deze gunstige verhouding tusschen aanvoer en verlies niet bestaat, maar het laatste den eersten overtreft. Iedereen weet dat de plant dan zal beginnen te verwelken, en zoo zij niet bijtijds weer water opnemen kan, eindelijk verdrogen en sterven. Wij willen dit verwelken eenigszins uitvoeriger beschrijven, en snijden daartoe een nog groeienden bebladerden tak af, en plaatsen dezen in een glas, doch zonder water. Eerst beginnen de jonge blaadjes slap te hangen; hunne buigzaamheid neemt sterk toe, hunne frischheid daarentegen af. Weldra wordt ook de nog groeiende stengeltop fletsch en gaat overhangen, en na eenigen tijd vertoont zich hetzelfde verschijnsel, hoewel in mindere mate, in de oudere bladen. Het oudere stengeldeel is reeds houtig, en kan dus door verwelken niet slap worden. Gieten wij nu water in het glas, zoo kan de stengel door de wondvlakte dit opzuigen, en de verwelkte deelen hernemen allengs hunne frischheid. De stijfheid der bladen

en jonge stengeldeelen is dus het gevolg van het watergehalte; zij is des te grooter, naarmate dit watergehalte zelf grooter is. Belet men de verdamping, door b. v. een glazen klok over den tak te plaatsen, terwijl de wondvlakte ongehinderd water op kan nemen, zoo zullen watergehalte en stijfheid hierdoor nog een tijd lang toenemen.

Een merkwaardig gevolg van dit watergehalte is ook de zoogenoemde weefselspanning. Klooft men een krachtigen groeienden top van een stengel of een bloemsteel overlangs in twee ongeveer gelijke helften, zoo blijven deze niet recht, doch krommen zich, zoodat de opperhuid de holle zijde der kromming inneemt. Klooft men het orgaan op gelijke wijze, in vier deelen, zoo wordt deze kromming nog duidelijker. Daar nu in een gebogen voorwerp de bolle zijde langer is dan de holle, als nl. beiden voor de buiging even lang waren, zoo moet dit ook hier het geval zijn: bij het splijten is het mergweefsel in lengte toegenomen, de opperhuid echter ingekrompen. In den ongeschonden stengel waren zij even lang, en verkeerden dus in een toestand van spanning, welke spanning de oorzaak van de buiging bij het kloven is. Doet men dezelfde proef met een verwelkt stengeldeel, zoo bespeurt men van dit verschijnsel niets. Legt men den gekloofden stengel in water, zoo ziet men de kromming snel toenemen, en niet zelden rolt daarbij elk der vier deelen zich tot een spiraal op. Daarbij blijft de opperhuid aan de holle zijde, het mergweefsel aan de bolle zijde, en de verlenging van het laatste ten gevolge der opzuiging van water is de oorzaak van deze oprolling. Holle bloemsteelen van in water geplaatste bouquetten zuigen dit water in het om de holte gelegen weefsel niet zelden met zoo groote kracht op, dat de neiging tot oprolling den stengel doet splijten, en de afzonderlijke strooken zich werkelijk aanmerkelijk krommen. Deze opzuiging van water door het merg is een zoo in het oog loopend verschijnsel, dat het de moeite loont, deze proeven eens te nemen, iets, wat met elken groeienden stengeltop zonder eenige moeite geschieden kan, en waarvoor die kruidachtige planten de beste voorwerpen leveren, wier stengels het snelste groeien. De bloemsteelen van de gewone paardebloem, van papavers, tulpen, hyacinthen en tallooze andere gewassen kunnen hiertoe aanbevolen worden.

Wil men afgesneden en door verdamping verwelkte takken weer frisch maken, zoo is het in vele gevallen voldoende, ze met het on-

derste uiteinde in water te plaatsen. Niet zelden is echter dit middel niet toereikend, of duurt de herstelling van den normalen toestand op deze wijze zeer lang. Men kan dan de opzuiging van water door den stengel bespoedigen, door het onderste uiteinde af te snijden, even vóór dat men den tak in het water plaatst. Bij het liggen in de lucht toch is de wondvlakte uitgedroogd, en zijn haar buitenste cellen gestorven, zoodat in haar het water een zekeren weerstand ondervindt, die in levende cellen niet in die mate voorhanden is. Door het afsnijden dezer cellen verwijdert men dien weerstand. Hoe langer de afgesneden takken in de lucht gelegen hebben, hoe langer het stuk moet zijn, dat men afsnijdt. Er zijn echter een aantal plantensoorten, bij welke ook deze bewerking niet voldoende is om de bladeren frisch te maken, ja bij welke een bebladerde tak ook dan verwelkt, wanneer men hem terstond na het afsnijden in water plaatst. Een voorbeeld hiervan levert ons de gewone zonnebloem. Hoe grooter het aantal bladen is, hoe sterker dit verwelken zijn zal; door het afplukken van een gedeelte der bladen kan men het voorkomen. Er is echter een ander zeer eenvoudig middel, dat in deze gevallen bijna altijd tot het gewenschte doel voert. Men moet namelijk weer het onderste deel van den tak afsnijden, doch nu onder water, dus zóó, dat de nieuwe snijvlakte terstond met het water in aanraking komt. Draagt men dan zorg, deze snijvlakte steeds onder water te houden, zoo blijft de tak frisch, of, zoo hij reeds begonnen was te verwelken, herstelt hij zich spoedig weer. De verklaring van dit verschijnsel moet daarin gezocht worden, dat de inwerking der lucht reeds in korten tijd de aan de wondvlakte grenzende cellen zoo verandert, dat haar vermogen om het water te geleiden aanzienlijk afneemt, of dat m. a. w. een groote weerstand tegen de beweging van het water in haar ontstaat. De juistheid van deze verklaring wordt daardoor gestaafd, dat men, na het doorsnijden in lucht, slechts een klein stukje onder water behoeft weg te nemen: alleen in dit stukje heeft zich dus de schadelijke werking der lucht doen gelden.

Het is hier de plaats, nog even te spreken over het begieten. Dit heeft, zooals iedereen weet, ten doel, hetzij om het fletsch worden van planten te voorkomen, hetzij om verwelkte planten weer frisch te maken. Wanneer het in den zomer in langen tijd niet geregend heeft, en de grond dus nog slechts weinig water bevat, verwelken

tuinplanten in den namiddag niet zelden, zoo zij onder fellen zonneschijn groote hoeveelheden water door verdamping hebben verloren. Vooral in potten wortelende tuinplanten, voor welke dus de aarde, waaruit zij haar water kunnen putten, beperkt is, zijn hieraan onderhevig. Door begieten worden zij echter weer frisch. Het begieten is in tuinen, moestuinen, en niet zelden ook in parken, een van de voornaamste werkzaamheden, welke in het belang der planten moeten worden vervuld. Het is geenszins onverschillig, welk water men daartoe gebruikt, en in welken toestand het verkeert. Het beste water is regenwater, dat echter door lang in regenbakken bewaard te worden veel van zijn goede eigenschappen verliezen kan. Deze goede eigenschappen bestaan voornamelijk in de luchtsoorten, die de regendruppels tijdens hun val uit de lucht opnemen, en van welke de zuurstof voor de ademhaling der wortels van het hoogste belang is. Door het staan in een bedekte ruimte en de aanraking met rottende organische lichamen, b. v. afval van bladeren, waarvan regenbakken niet zelden niet volkomen vrij zijn, verliest het regenwater allengs deze zuurstof. Putwater is eveneens arm aan dit gas, en het is daarenboven meestal koud, en werkt dus door deze lagere temperatuur vertragend op alle verrichtingen der wortels, en middellijk dus ook op die in de geheele plant. Vandaar dat in groote tuinen hoe langer hoe meer de gewoonte ingang begint te vinden, nabij de pomp een grooten steenen of metalen bak te bezitten, die van boven geheel open is, en van tijd tot tijd met water uit de pomp gevuld wordt. Hier blijft het water gedurende geruimen tijd staan, en kan daarbij de temperatuur der lucht aannemen, en zuurstof in zich oplossen. Telkens als een gedeelte van dit water voor het begieten gebruikt is, vult men den bak weer aan, om ook den volgenden dag luchtrijk en warm water te zijner beschikking te hebben. Bij deze zeer nuttige inrichting moet één voorzorg steeds in het oog gehouden worden, n.l. dat men den bak zooveel mogelijk van afval van planten rein houde, en de er in vallende bladen er uit verwijdere. Deze toch zouden door hun rotting het water bederven, en bij het vergaan de zuurstof er aan onttrekken en zelf verbruiken. Om dezelfde reden is water met rottende stoffen voor het begieten steeds af te raden, daar deze steeds zuurstof-onttrekkend werken.

DE SCHEIKUNDIGE BESTANDDEELEN DER PLANTEN.

In het hoofdstuk over de bouwstoffen van het plantenlichaam hebben wij gezien, dat alle stoffen, die in een plant kunnen voorkomen, gevoegelijk tot drie groepen gebracht kunnen worden, te weten: het water, de anorganische, en de organische verbindingen. Van deze maken de laatsten het brandbare bestanddeel, de tot de tweede groep behoorenden de asch uit. Een nauwkeuriger studie van de samenstelling van de asch was toen voor ons doel niet noodig, daar dit slechts was, in het algemeen te weten, welke stoffen de planten uit hare omgeving moeten opnemen, ten einde al hare levensverrichtingen te kunnen volbrengen. In dit hoofdstuk willen wij ons echter de vraag voorleggen, welke de bizondere stoffen zijn, die de plant tot haar leven behoeft, en welke rol deze bij de verschillende levensverschijnselen spelen. Wij kunnen de beantwoording dezer vraag in twee afdeelingen splitsen, en in de eerste uitvoerig nagaan, welke anorganische in de natuur voorkomende verbindingen ter vorming der organische plantenstof noodig zijn; de tweede afdeeling zal ons dan de anorganische deelen van het plantenlichaam moeten leeren kennen, zoowel in hun scheikundigen aard, als in hun waarde voor het leven der plant.

De organische bestanddeelen brengen wij door drogen in den voor ons onderzoek geschikten toestand. Een groot gedeelte van zijn water kan een plantendeel door drogen in gewone lucht verliezen; nog volledíger is dit verlies, wanneer wij de deelen daarbij tot de

temperatuur van het kookpunt of weinige graden daarboven verwarmen. Zoo gedroogd zijn de deelen gewoonlijk zeer bros, en kunnen gemakkelijk tot een fijn poeder gewreven worden. Vergelijkt men nu het gewicht der levende deelen met dat van de droge stof, zoo blijkt het, dat dit laatste in de meeste gevallen slechts $^1/_5$—$^1/_3$ van het eerste bedraagt, een verhouding die bij verschillende gewassen zeer verschillend en ook voor verschillende organen derzelfde plant geenszins steeds dezelfde is. Het grootste drooggewicht bezitten rijpe zaden (ongeveer $^8/_9$), terwijl waterplanten en paddestoelen meestal zeer arm aan vaste stof zijn, en haar watergehalte dat der droge stof niet zelden 10 tot 20 maal overtreft.

Het is duidelijk, dat in de zoo gevonden waarden de organische en anorganische bestanddeelen tegenover het water te samen in rekening gebracht zijn; wil men het gewicht van deze beiden afzonderlijk kennen, zoo is er slechts één middel, n.l. de volledige verbranding der organische stof, en de bepaling van het gewicht der daarna overblijvende asch. Daarbij blijkt, dat deze asch gewoonlijk slechts weinige procenten van de droge stof uitmaakt, en dus bij de boven in ronde getallen opgegeven waarden buiten rekening kan gelaten worden.

Om de elementen of enkelvoudige scheikundige stoffen te leeren kennen, uit welke de organische stof der planten bestaat, is het dus noodig de gasvormig ontwijkende producten der verbranding op te vangen en deze te onderzoeken. Wij hebben reeds medegedeeld, dat deze voor verreweg het grootste gedeelte uit koolzuur en waterdamp bestaan. Ook hebben wij uit deze waarneming, en uit de bekende scheikundige wet, dat de enkelvoudige stoffen bij scheikundige werkingen geen verandering ondergaan, en dus in de producten dezelfde moeten zijn als in de oorspronkelijke verbindingen, afgeleid, dat koolstof en waterstof, de elementen die in koolzuur en water met zuurstof verbonden zijn, steeds in de organische plantenstof voorhanden moeten zijn. Of zij ook zuurstof bevatten, leert ons deze waarneming natuurlijk niet, daar het zeer goed mogelijk is, dat alle zuurstof van het koolzuur en het water uit de lucht werd opgenomen.

Van meer belang dan een eenvoudige verbranding en onderzoeking der daarbij ontstane produkten is het voor ons doel, die organische stoffen afzonderlijk te bestudeeren, welke in het plantenlichaam òf in de grootste hoeveelheid voorkomen, òf de voornaamste rol spelen.

Om deze te leeren kennen gaan wij de stoffen na, welke aan de samenstelling van elke cel van het plantenlichaam deel nemen. Zulk een cel is een gesloten blaas van verschillende gedaante, waaraan onder het mikroskoop een wand en een inhoud gemakkelijk te onderscheiden zijn. De inhoud bestaat in den regel uit een vloeibaar gedeelte, dat door een meest dunne laag eener slijmerige zelfstandigheid omgeven is. Soms ontbreekt het eerste, de slijmerige stof ontbreekt daarentegen in geen levende cel. Scheikundige onderzoekingen hebben nu geleerd, dat de celwand voor het grootste deel uit een organische verbinding bestaat, waaraan men den naam van celstof gegeven heeft. De slijmerige inhoud daarentegen bevat steeds verbindingen die in haar voornaamste eigenschappen met het eiwit uit een kippenei overeenkomen. Deze beide stoffen, de celstof in den wand, en de eiwitachtige stoffen, worden in den inhoud van elk plantendeel aangetroffen, en alles wat men van het leven der cellen weet, doet ze als noodzakelijke deelen kennen. Het spreekt dus van zelf, dat de elementen, waaruit zij bestaan, voor het plantenleven onontbeerlijk zijn. Trachten wij langs dezen omweg de elementen der organische verbindingen te leeren kennen, zoo verkrijgen wij natuurlijk slechts noodzakelijke stoffen, terwijl in de massa der organische stof van een plant wellicht ook toevallige bijmengsels konden zijn, die wij bij de onderzoeking van de verbrandingsprodukten van alle droge stof eener plant niet van de wezenlijke deelen zouden kunnen onderscheiden. Maar een nog grooter voordeel verzekert ons deze methode, namelijk de kennis van de rol, die de gevonden elementen in het plantenleven spelen.

Men kan celstof in zeer zuiveren toestand uit plantendeelen bereiden. Sommige plantaardige produkten, zooals katoen, bevatten haar reeds met slechts zeer weinig bijmengselen, die op een of andere wijze zich daaruit laten verwijderen. Om de elementen te leeren kennen, waaruit celstof bestaat, dient ons weer de verbranding. Geschiedt deze in een gesloten toestel, welke een volledige onderzoeking der ontstaande gassen toelaat, zoo blijkt het dat slechts koolzuur en water gevormd worden. Men heeft deze toestellen zoo fijn ingericht, dat men bepalen kan hoeveel koolzuur en hoeveel water uit een afgewogen hoeveelheid droge celstof ontstaat. Het is hier niet de plaats deze toestellen te beschrijven of te verklaren, genoeg zij

het mede te deelen, dat de scheikundigen deze methode om de elementen van een organische verbinding te leeren kennen, elementairanalyse noemen. Daar men nu in de scheikunde leert, hoeveel koolstof een zekere hoeveelheid koolzuur, en hoeveel waterstof een zekere hoeveelheid water bevat, kan men hieruit natuurlijk berekenen, hoeveel koolstof en hoeveel waterstof de ter verbranding gebruikte hoeveelheid celstof bevatte. Was de som der koolstof en der waterstof gelijk aan deze laatste waarde, zoo zou celstof alleen uit deze beide elementen bestaan. Zij is echter geringer, en er moet dus nog een derde element in de verbinding der celstof opgenomen zijn. Daar nu slechts koolzuur en water gevormd werden, kan dit element geen ander zijn dan zuurstof, en wij komen dus tot de conclusie dat celstof bestaat uit koolstof, waterstof en zuurstof.

Na deze uiteenzetting der proeven, door welke men tot de kennis der elementen der celstof geraakt, geloof ik omtrent de eiwitachtige stoffen korter te mogen zijn, en slechts de resultaten der onderzoeking mede te deelen. Het ligt toch geenszins in mijn bedoeling hier zuiver scheikundige zaken te behandelen, daar dit mij te ver van mijn eigenlijk onderwerp af zou voeren. Daarenboven is de methode ter onderzoeking der eiwitachtige stoffen nog veel ingewikkelder dan die welke wij voor de celstof beschreven, en zoude het niet mogelijk zijn, zonder een zeer uitvoerige beschrijving een eenigszins duidelijk inzicht hierin te geven. Het resultaat der onderzoeking nu is, dat eiwitachtige stoffen uit dezelfde elementen bestaan als celstof, doch dat daarenboven, ofschoon in geringere hoeveelheid nog twee andere worden aangetroffen, te weten stikstof en zwavel. Even noodzakelijk als de celinhoud zelf voor het leven der cel is, even onontbeerlijk zijn daarvoor dus ook deze beide elementen. Bij de verbranding van plantenstoffen gaat van deze beide de stikstof in vluchtige verbindingen over, en ontwijkt dus; de zwavel echter verbindt zich met zuurstof en met bepaalde deelen der asch tot zwavelzure zouten, die niet vluchtig zijn, en dus in de asch blijven. Onder de bestanddeelen der asch zullen wij dus deze zwavel terug moeten vinden.

De vijf elementen, welke wij als bestanddeelen van celstof en eitwit leerden kennen, zijn de eenige, uit welke alle organische stoffen van het plantenlichaam opgebouwd zijn. De verbranding van de geheele

massa der droge stof levert als vluchtige produkten slechts verbindingen van koolstof, waterstof, stikstof en zuurstof, terwijl de zwavel, gelijk wij weten, in de asch achterblijft. Behalve de straks te bespreken elementen der organische verbindingen moeten dus ook deze door elke plant uit hare omgeving worden opgenomen, en wij moeten er dus hier eenige oogenblikken bij stilstaan, in welken toestand zij in de natuur voorkomen, en als hoedanig zij in de plant kunnen worden ingevoerd.

De dampkringslucht bestaat, gelijk men weet, uit ongeveer vier vijfde deelen stikstof, uit ongeveer één vijfde deel zuurstof, en uit zeer weinig koolzuur; daarenboven bevat zij nog waterdamp in zeer afwisselende hoeveelheid. Behalve zwavel treffen wij dus hierin reeds de gezochte elementen aan. Deze komen echter ook in den bodem voor, en wel in bepaalde verbindingen, waarvan de koolzure zouten als bron voor koolstof en zuurstof, de zwavelzure zouten als bron voor zwavel en zuurstof, en de salpeterzure zouten als bron voor stikstof en zuurstof genoemd moeten worden. Stikstof komt daarenboven nog onder een anderen vorm voor, namelijk met waterstof verbonden als ammoniak, of als verbindingen van ammoniak met andere lichamen. Daar andere dan de genoemde verbindingen dezer vijf elementen in de natuur niet zoodanig verspreid zijn, dat zij in eenigzins aanzienlijke hoeveelheid aan de planten ter opname worden aangeboden, zoo is het duidelijk dat de genoemden of alle, of ten minste eenigen er van, de werkelijke bron dezer elementen uitmaken. Wij mogen dus reeds besluiten, dat de koolstof uit het koolzuur van de lucht en van den bodem, de waterstof uit het water, en de zwavel uit het zwavelzuur afkomstig zijn. De zuurstof kan uit al deze verschillende verbindingen opgenomen worden, en men kan dus de zuurstof der lucht als ter vorming van organische bestanddeelen voor het plantenlichaam ontbeerlijk rekenen. Anders schijnt het echter met de stikstof gesteld te zijn. In de lucht komt zij in bijna onbegrensde hoeveelheid voor, terwijl salpeterzure zouten en ammoniak of hare verbindingen in den bodem steeds slechts in zeer geringe hoeveelheid gevonden worden. Men zou dus allicht geneigd zijn te meenen, dat de stikstof der lucht, zoo niet de eenige, dan toch de voornaamste bron was, uit welke de planten dit element opnemen. Doch dit is slechts een vermoeden; tot volkomen zekerheid kunnen

wij in deze vraag, evenals in zoo vele andere gevallen, slechts door rechtstreeksche proeven geraken. Deze hebben nu juist het tegendeel van ons vermoeden aan het licht gebracht en bewezen, dat de planten zelfs niet de geringste hoeveelheid van de benoodigde stikstof uit de lucht kunnen opnemen, dat, om het zoo eens uit te drukken, de vrije, onverbonden stikstof voor de planten onverteerbaar is. Slechts dan, wanneer b. v. na onweer, stikstofverbindingen in de lucht in geringe hoeveelheid gevormd zijn, en deze door het regenwater aan den bodem zijn toegevoerd, kunnen deze voor de plant van nut zijn. Voor dat wij de proeven beschrijven, uit welke men de onverteerbaarheid der vrije stikstof afgeleid heeft, is het noodig met enkele woorden er op te wijzen, dat de vraag, of de stikstof als ammoniak- of als salpeterzuur-verbindingen in de planten wordt opgenomen in zooverre van zeer ondergeschikt belang is als de eersten èn in den grond, èn in het plantenlichaam zeer gemakkelijk in de laatsten worden omgezet. Of nu deze omzetting werkelijk plaats vindt, en zoo ja waar, is moeilijk uit te maken, en ten minste voorshands nog onbekend. Zeker is het, dat planten zeer goed groeien in een bodem die geen ammoniak-verbindingen, doch wel salpeterzure zouten in voldoende hoeveelheid bevat.

De vraag naar de bron der stikstof voor het plantenvoedsel is langen tijd een punt van verschil tusschen de verschillende onderzoekers geweest, totdat het eindelijk aan BOUSSINGAULT gelukte zijne proeven zoodanig te nemen, dat zij geen andere verklaring toelieten, dan de door hem er uitgetrokken conclusie, en dat aan alle bezwaren, die men tegen vroegere proeven ingebracht had, door nauwkeurige voorzorgen volledig was tegemoet gekomen. Zijne proeven over dit onderwerp behooren dan ook tot de schoonste, die ooit op het gebied van de scheikunde der planten genomen zijn. Ze volledig en met alle bizonderheden te beschrijven ligt buiten onze opgave; toch wenschen wij ze wel is waar zoo kort mogelijk te schetsen, doch daarbij toch te doen uitkomen, welke de voornaamste voorwaarden zijn, die zij moeten vervullen, om hare bewijskracht in volle mate te behouden.

BOUSSINGAULT gebruikte een vierkanten glazen stolp, die luchtdicht op een glazen plaat sloot. In twee tegenoverliggende zijden waren openingen gemaakt, waarin glazen buisjes eveneens luchtdicht

sloten. Aan de eene zijde werd door een zuigtoestel (zoogenoemden aspirator) voortdurend lucht uit de stolp weggezogen, die natuurlijk vervangen werd door lucht, die door het buisje aan de andere zijde binnentrad. Het kwam er nu op aan, te zorgen, dat deze binnentredende lucht vrij was van stikstof-verbindingen, en dus slechts uit vrije stikstof, zuurstof en koolzuur en hoogstens nog waterdamp bestond. Hiertoe werden aan het genoemde buisje een stel andere buizen verbonden, die de lucht achtereenvolgens doorloopen moest, voordat zij in de stolp kon komen. In deze buizen werden stoffen gebracht, die de eigenschap bezitten de stikstofverbindingen der lucht op te slorpen en in zich vast te leggen, zoodat de daardoor gegane lucht geheel vrij van deze stoffen was. In den wand van de stolp was nog een derde buisje aangebracht, om koolzuur in willekeurige hoeveelheid toe te voeren, en ook dit koolzuur moest een reeks van bewerkingen ondergaan, eer het zuiver genoeg was om de lucht in de stolp niet met stikstofverbindingen te verontreinigen. In de stolp moesten de planten gekweekt worden, en wel in een bodem, die zelf natuurlijk geen stikstofverbindingen mocht bevatten. Deze grond werd kunstmatig verkregen door fijne stukjes puimsteen uit te gloeien en ze met eveneens uitgegloeide plantenasch te bestrooien en met gedestilleerd water te bevochtigen. In de zoo toebereide potten werden de zaden gelegd, na vooraf gewogen te zijn; daarna werden de potten in de stolp geplaatst, de overgebleven reten luchtdicht gesloten, en de toestel in werking gebracht. Er was natuurlijk eenige tijd noodig om de lucht in de stolp geheel weg te zuigen en te vervangen door nieuwe, van stikstofverbindingen beroofde lucht. De geheele toestel werd in het vrije veld geplaatst en tegen weer en wind beschermd, doch zoo, dat de uit de zaden ontkiemende planten zooveel mogelijk licht genoten. Van tijd tot tijd moesten de potten begoten worden, en dus de stolp geopend. Het begieten geschiedde met gedestilleerd water, de stolp werd telkens weer luchtdicht gesloten en de atmospherische lucht, die noodzakelijk in geringe hoeveelheid mede binnengedrongen was, zoo spoedig mogelijk door de werking van den zuigtoestel verwijderd. In sommige proeven werd ook wel een methode van begieten gebruikt, die deze bewerking toeliet zonder of bijna zonder gelijktijdig intreden van de buitenlucht.

Voegen wij hierbij dat alle in den toestel gebrachte voorwerpen van anorganischen aard, ter verwijdering van wellicht er in aanwezige stikstofverbindingen, uitgegloeid waren, dat hetzelfde geldt van het kit, waarmede de reten luchtdicht gesloten waren, dan ziet men dat de geheele inrichting van de proef een volkomen uitsluiting van stikstofverbindingen verzekerde, doch de vrije, onverbonden stikstof der lucht onbelemmerd liet toetreden.

Zoo in orde gebracht, werd de proef gedurende verscheidene maanden voortgezet, waarbij de zaden (b. v. boonen) niet alleen ontkiemden, doch ook bladen vormden en ontplooiden, ja zelfs bloemen en vruchten voortbrachten.

Na voltooiing van hun levensloop werden zoowel de verdorde als de nog niet geheel afgestorven deelen zorgvuldig verzameld, gedroogd en gewogen. Bijna altijd werd een geringe toename van het drooggewicht gevonden, in vergelijking van het gewicht van het gebruikte zaad. Daarna werd het stikstof-gehalte van de geoogste droge stof bepaald. Evenzoo werd door onderzoeking van een aantal tot dezelfde soort behoorende, en met het uitgezaaide zoo na mogelijk overeenkomende zaden, het stikstofgehalte van het gebruikte zaad berekend. Vergeleek men de beide gevonden waarden, dan vond men geen verschil, waaruit dus volgde dat het stikstofgehalte bij deze proef niet was toegenomen. De vermeerdering van het drooggewicht had dus slechts de stikstofvrije bestanddeelen betroffen. Daar nu deze plant, even goed als andere, in de vrije lucht levende, steeds overvloedigen toevoer van vrije stikstof gehad had, zoo blijkt hieruit dat deze voor de vorming van stikstofverbindingen in het planten-lichaam niet geschikt is, of dat zij, gelijk wij het boven noemden, door de plant niet verteerd kan worden.

Gaan wij thans over tot de behandeling van die elementen, welke de asch, d. i. het onverbrandbare gedeelte van de plantenstof, samenstellen. Van tallooze planten is de asch onderzocht geworden, en zijn niet alleen de stoffen opgegeven, waaruit zij bestond, doch ook de hoeveelheden, waarin elk dezer stoffen in bepaalde hoeveelheden asch waren aangetroffen. Er is in de geschiedenis der planten-physiologie, en vooral van hare toepassing op den landbouw, een tijdperk geweest, dat men alle heil in aschonderzoekingen zocht, en meende door deze tot de kennis van de voornaamste voor den landbouw belangrijke wet-

ten van het plantenleven te kunnen geraken. Thans is deze periode voorbij, en worden andere wegen ter bereiking van hetzelfde doel ingeslagen, en de reden, waarom de vroegere methode verlaten werd, lag voor een groot deel in de uitkomsten dezer onderzoekingen zelve. Het aantal dezer zoogenoemde asch-analysen is zoo groot, dat zij ons met zekerheid alle belangrijke stoffen, die in de asch van verschillende planten voorkomen, hebben leeren kennen. Bedenkt men daarbij, dat niet alleen cultuurplanten, doch ook allerlei in 't wild groeiende gewassen, uit alle afdeelingen van het plantenrijk, van de meest verschillende levenswijze, zoowel ondergedoken slootplanten, als planten die droge streken beminnen, aan dit onderzoek onderworpen werden, dan zal men gereedelijk kunnen toegeven, dat het niet waarschijnlijk is, dat stoffen, die tot nu toe nog niet in plantenasch werden aangetroffen, ooit daarin in belangrijke hoeveelheid of verbreiding zullen worden gevonden. Letten wij niet op alle bizondere gevallen, op de uitzonderingen van den regel, maar op den regel zelf, dan mogen wij beweeren deze zoo volledig te kennen, als zulks op het gebied der zuiver empirische natuurwetenschappen mogelijk is.

Een vergelijking van al deze asch-analysen leert ons, dat behalve koolstof, zuurstof en zwavel, die wij reeds als bestanddeelen van de organische stof behandeld hebben, zonder uitzondering in planten voorkomen:

Kalium, Calcium, Magnesium, IJzer, Phosphorus.

Daarenboven treft men gewoonlijk nog aan:

Natrium, Mangaan, Silicium en Chloor, bij zeeplanten bovendien Jodium en Bromium.

Een aantal andere elementen werd in enkele plantensoorten, of in onder bizondere omstandigheden gegroeide exemplaren aangetroffen. Van deze noem ik slechts het zink, dat in de asch van op zinkhoudenden bodem verzamelde planten werd aangetroffen, doch in de asch van planten derzelfde soorten ontbreekt, zoo deze op een plaats geplukt zijn, waar de bodem dit metaal niet bevat.

De betrekkelijke hoeveelheden, waarin deze elementen in de asch voorkomen, zijn uiterst verschillend, en hangen zoowel van de plantensoort, als vooral van het gehalte van den bodem of het water aan deze stoffen af. Zoo bezit roode klaver (Trifolium pratense) op

kalkrijken bodem bijna $^1/_3$ meer kalk dan op kalkarmen; bij kool (Brassica oleracea) werd het kalkgehalte op kalkrijke velden dubbel zoo groot gevonden, als dat op kalkarmen grond. Omgekeerd kan het gehalte van op denzelfden grond groeiende planten van verschillende soorten zeer uiteen loopen, eveneens dat van in dezelfde sloot groeiende waterplanten. Zoo bevatten kranswieren (Chara foetida) ruim 5 maal meer kalk dan ruiterskruid (Stratiotes aloides), dat in dezelfde sloot verzameld was. Op dezelfde wijze zou men voor andere bestanddeelen dezen regel door voorbeelden kunnen staven. Vandaar, dat wij ons in het vervolg niet met de hoeveelheden van elk dezer stoffen zullen ophouden.

Het feit, dat zekere elementen steeds of gewoonlijk in de asch van planten wordt aangetroffen, is natuurlijk nog geen bewijs, dat dit element voor het leven der plant onontbeerlijk is. Het is zeer goed denkbaar dat de plant ook zonder een dezer stoffen haren levensloop zou kunnen volbrengen. Om hierover te beslissen moet men weder zijn toevlucht tot proeven nemen.

De proeven, die hieromtrent zekerheid geven, zijn de waterculturen, die wij in het hoofdstuk over de wortels uitvoerig beschreven hebben. (Vergelijk fig. 60 blz. 105.) Daar de plant in deze geheel van de aanraking met aarde of zand is afgesloten, en haar anorganische stoffen slechts uit het water kan opnemen, is het duidelijk, dat men het in zijn macht heeft, willekeurig gekozen stoffen aan de plant ter opname aan te bieden. Regelt men dit nu zoo, dat b. v. aan een plant alle aschbestanddeelen op één na worden gegeven, en leeft zij dan even goed als anders, dan mag men besluiten dat dit bestanddeel voor haar groei niet noodig is. Kwijnt zij echter, of ontwikkelt zij zich in het geheel niet, terwijl andere planten onder geheel gelijke omstandigheden, doch met toevoeging van deze stof zeer goed leven, zoo moet men het ontbrekende element als noodzakelijke voorwaarde voor het leven dier plant beschouwen. Het spreekt nu van zelf, dat slechts de stoffen, die op deze wijze blijken noodzakelijk te zijn, als eigenlijke voedingsstoffen mogen worden beschouwd, terwijl de anderen, hoe algemeen ook voorkomende, toch van dit begrip moeten worden uitgesloten.

Men heeft nu deze proeven op allerlei wijzen ten uitvoer gebracht en is daardoor tot het besluit gekomen dat de vijf, in de eerste plaats

genoemde elementen voor het plantenleven onontbeerlijk zijn. Voor Natrium, Mangaan en Silicium is dit nog niet bewezen, het schijnt zelfs dat het Mangaan voor het plantenleven geheel onnoodig is. Evenmin weet men iets omtrent de rol van Jodium en Bromium in zeeplanten. Wat het Chloor betreft, zoo weet men hieromtrent slechts zeker, dat het voor de volledige ontwikkeling van boekweit (Polygonum Fagopyrum) onontbeerlijk is, een feit, waarop wij weldra terug komen.

Vatten wij nu het medegedeelde kort samen, zoo kunnen wij de voor het plantenleven noodzakelijke elementen gemakshalve in zekere groepen brengen. Onze eerste groep bevat die, welke aan de vorming van organische stof deelnemen, het zijn:

Koolstof, waterstof, zuurstof, stikstof en zwavel.

In de tweede vatten wij die noodzakelijke elementen samen, die in de scheikunde als metalen bekend zijn, te weten:

Kalium, Calcium, Magnesium en IJzer, (en wellicht Natrium).

De derde omvat de onontbeerlijke niet-metalen:

Phosphorus, Chloor en wellicht Silicium.

Voordat wij er toe overgaan om datgene mede te deelen, wat men thans omtrent de rol dezer elementen weet, is het wellicht goed ze zelven met enkele woorden te bespreken. Hoe uitheemsch hun namen ook mogen klinken, toch zijn het stoffen, die overal rondom ons tot de meest algemeen verspreide behooren. Alleen als elementen treffen wij ze of niet, of slechts in betrekkelijk geringe hoeveelheid aan. Slechts het ijzer maakt daarop een uitzondering. De toestand, waarin zij gevonden worden, is die van scheikundige verbindingen, in welke de eigenschappen, die hen als elementen doen herkennen, grootendeels verloren gegaan zijn. De meesten dezer verbindingen zijn vrij algemeen bekend, en de reden, dat de elementen zelven in den regel slechts in den kring der wetenschap bekend zijn, is vooral daarin te zoeken, dat zij meest slechts tot wetenschappelijke doeleinden uit hunne verbindingen worden afgezonderd. Zoo kent b. v. iedereen de verbinding van het chloor met het natrium; deze toch is ons gewone keukenzout, dat als steenzout in mijnen uitgehouwen wordt, en het belangrijkste deel van de in het zeewater in opgelosten toestand aanwezige zouten uitmaakt. Uit dit keukenzout of chloornatrium kan men het chloor vrij maken; dit is een groengeel gas, van een on-

aangenaam prikkelenden reuk. In het dagelijksch leven vindt deze afzondering b. v. plaats bij de zoogenoemde chloorberookingen, welker doel een langzame ontwikkeling van chloorgas tot zuivering van de lucht van woonvertrekken door vernietiging van de kiemen van aanstekelijke ziekten is. Men behoeft daartoe slechts wat keukenzout in een bepaalde verhouding met bruinsteen te vermengen, en er van tijd tot tijd wat verdund zwavelzuur op te druppelen. Het in het keukenzout aanwezige natrium is de bron, waaruit de soda fabriekmatig bereid wordt, die, meer bekend onder den naam van droogwater, voor talrijke takken van nijverheid de grondstof, of een der belangrijkste hulpmiddelen is. Dit droogwater is een zout, dat, uit natrium en koolzuur gevormd, den naam van koolzuur-natrium draagt. Kalium is een metaal, dat zeer nauw aan natrium verwant is, en waarvan de meest bekende verbinding het koolzure zout is, dat in den handel potasch genoemd wordt. Deze potasch wordt in het groot bereid uit plantenasch, hetzij dat de planten afzonderlijk tot dat doel verbrand worden, of dat men de asch uit stookplaatsen, waar hout gebrand wordt, daartoe gebruikt. Dit zout speelt, even als het koolzure natrium, o. a. bij de zeepbereiding een belangrijke rol. Ook van het calcium is het voornamelijk het koolzure zout, dat het meest bekend is. Het is het hoofdbestanddeel van den kalksteen, die onze stoepsteenen, en sommige soorten van straatsteenen oplevert. Vrij zuivere koolzure kalk is ook het witte krijt, terwijl marmer eveneens bijna geheel uit deze verbinding bestaat. Door gloeien van koolzuur beroofd, en in zoogenoemd calciumoxyde veranderd, levert het de gebrande kalk, die met water vermengd of "gebluscht" wordt, om de metselspecie te verkrijgen. Een andere verbinding van calcium is het gips, of zwavelzure calcium, waarvan de albast een bizondere, fijnere vorm is. Magnesium en phosphorus zijn genoegzaam aan iedereen bekend; het eerste om het schitterende licht dat het bij verbranding van zich geeft, de phosphorus om de gemakkelijkheid waarmede hij bij verwarming vlam vat. In de natuur worden beiden in verbindingen aangetroffen; het magnesium vindt men in vele mineralen, b.v. talksteen, meerschuim en asbest; de phosphorverbindingen zijn vooral als meststoffen bekend. Rijk aan phosphorzure zouten zijn de guano en de beenderen-aarde, terwijl een mineraal, Apatiet geheeten, dat als mineraalmest meer en meer ingang vindt, geheel uit phosphorzuren

kalk bestaat. Ook silicium levert zeer bekende verbindingen; het gewone zand toch bestaat slechts uit silicium en zuurstof, terwijl klei een verbinding is van deze beide elementen met verschillende metalen, waaronder natrium en kalium, die wij boven leerden kennen, of beiden, of ten minste één van beiden steeds voorkomen.

Het bovenstaande moge voldoende zijn om aan te toonen, dat de elementen, waaruit de plantenasch bestaat, geenszins zoo geheel vreemde stoffen zijn, als men op het eerste gezicht zou meenen, doch integendeel alle zeer algemeen zijn, en bestanddeelen van zeer bekende verbindingen uitmaken. Uitvoeriger over deze elementen te spreken, zou ons te ver van het onderwerp afvoeren en ons geheel op scheikundig gebied overbrengen. Ik wensch nog slechts ééne zaak op den voorgrond te stellen, n.l. dat ook in de plantenasch deze elementen niet in vrijen, maar in verbonden toestand worden aangetroffen, en wel zoo dat koolzuur, phosphorzuur, zwavelzuur en chloor in verbinding met de genoemde metalen zouten vormen. Welke deze zouten zijn is voor ons van weinig belang, daar het zeker is, dat in de levende plant de verbindingen andere zijn, dan in de asch. Het is daarom, dat wij de elementen der asch, en niet de verbindingen hebben aangevoerd; de kennis der eerste toch is van het hoogste gewicht voor de leer van de voeding der planten, de kennis der laatsten echter leert ons daaromtrent zeer weinig, en is eerder geschikt ons op een dwaalweg te voeren.

Terwijl wij nu de vraag, waarvandaan de planten onder gewone omstandigheden al deze elementen verkrijgen, dat is met andere woorden, in welke verbindingen en in welken toestand zij in den grond voorkomen, voor een ander hoofdstuk bewaren, moeten wij nu de rol van elk dezer elementen in het plantenleven nagaan. Hierbij valt omtrent de vijf elementen van onze eerste groep op te merken, dat zij allen voor de vorming van den eiwitachtigen inhoud vereischt worden, terwijl de drie eersten te samen verbonden zijn in de celstof, waaruit de wand van alle cellen van het plantenlichaam bestaat. Zonder deze vijf elementen is dus een levende cel niet denkbaar, en wij kunnen dus zeggen dat hiermede hun belang voor het plantenleven volledig genoeg bekend is, vooral als men bedenkt, dat nog tallooze andere stoffen in het plantenlichaam eveneens uit hen, of uit eenigen van hen samengesteld zijn. Anders is het gesteld met de

elementen der beide andere groepen. Theoretische beschouwingen leiden er ons wel is waar toe, om aan den phosphorus een rol bij de vorming van de eiwitstoffen van den celinhoud toe te schrijven, doch deze opvatting is nog geenszins bewezen. Evenzoo is het met de andere genoemde elementen gesteld. Een gunstige uitzondering maakt het ijzer, waarvan men door rechtstreeksche proeven nauwkeurig weet, voor welke verrichtingen het benoodigd is. Ik wensch dus dit element eenigzins uitvoeriger te bespreken, en daarna nog over enkele der overigen het meest wetenswaardige mede te deelen.

Het ijzer speelt een rol bij het ontstaan van de groene kleurstof der planten. Deze groene kleurstof, het bladgroen, is een van de noodzakelijke voorwaarden voor de vorming van organische stof in de plant, zoodat een plant, die deze niet bezit, haar vaste stof niet vermeerderen kan. Slechts woekerplanten en afvalgewassen maken hierop een uitzondering, daar zij hare organische stoffen òf aan levende, òf aan afgestorven deelen van planten of dieren ontleenen. Zulke gewassen zijn dan ook gewoonlijk van de frissche groene kleur, die de overige planten siert, ten eenenmale verstoken. Groene planten echter bevatten steeds een zekere hoeveelheid ijzerverbindingen, en bij gemis van deze kunnen zij niet groen worden, en dus ook geen organische voedingsstoffen vormen. Zij verkeeren ten opzichte harer voeding in dezelfde omstandigheden als b. v. de in het donker groeiende, zoogenoemd geëtioleerde uitloopers der aardappels in onze kelders. Om deze rol van het ijzer te bewijzen, maakt men gebruik van de reeds meermalen besproken waterculturen. Men kweekt de planten daartoe van hare eerste jeugd af in water, dat wel alle overige voor het leven der plant noodzakelijke stoffen in de vereischte verbindingen en in de juiste hoeveelheid bevat, doch geheel vrij is van ijzerverbindingen. Men gebruikt dus gedestilleerd water, en lost hierin een mengsel van bepaalde zouten op, die vooraf langs scheikundigen weg van het ijzer beroofd zijn, dat in de in den handel voorkomende grondstoffen meestal in geringe hoeveelheid als verontreiniging aanwezig is. Reeds bij het te weeken leggen van het zaad gebruikt men deze voorzorg, en is het noodig de eerste ontkieming in zand te doen plaats vinden, zoo moet ook dit, b. v. door behandeling met zoutzuur en verdere uitwassching, geheel ijzervrij gemaakt worden. Doch hoe nauwkeurig men voor dit alles ook zorg moge dragen, toch zal

men geen geheel ijzervrije plant kunnen verkrijgen. In het zaad zelf is een zekere hoeveelheid ijzer aanwezig, die bij de ontkieming in den stengel en de eerste bladen overgaat en deze groen doet worden. Zoodra echter deze geringe hoeveelheid verbruikt is, blijven de volgende deelen bij hunne ontwikkeling bleek-geel. De aanwezigheid van enkele groene bladen is trouwens geen nadeel, daar deze dan het organische voedsel kunnen vormen, dat voor den groei der volgenden verbruikt moet worden. Wanneer echter deze groene bladen, als de ondersten, verdrogen en afvallen, is in den regel de dood van de geheele plant nabij; zij kan zonder groene kleurstof geen voedsel vormen, en sterft dus als het ware den hongerdood. Omgekeerd kan men juist uit dit feit het bewijs afleiden, dat werkelijk het gemis aan ijzer de assimilatie onmogelijk maakt. Wil men echter rechtstreeks aantoonen, dat ijzer voor het ontstaan van bladgroen noodzakelijk is, zoo kan men dit op de volgende wijze doen. Men druppelt bij de ijzervrije oplossing in het cylinderglas, waarin de zonder ijzer opgekweekte plant wortelt, een geringe hoeveelheid van een ter opname door de wortels geschikt ijzerzout, b. v. ijzervitriool. Na weinige dagen ziet men de bladen der plant groen worden, en zoo men van tijd tot tijd deze toevoeging herhaalt, verkrijgen zij weldra dezelfde donkergroene kleur als de gewone bladen van de gebruikte plantensoort. Het ijzer werd dus door de wortels opgezogen en naar de bladen vervoerd, waar het de groene kleurstof deed ontstaan. Nog interessanter is deze proef, zoo men de oplossing van het ijzerzout niet aan de wortels ter opneming aanbiedt, maar rechtstreeks op de bladen brengt, en b. v. de eene helft van het blad er mede bestrijkt, terwijl de andere er van vrij blijft. Men ziet dan de bevochtigde helft groen worden, terwijl de andere haar bleekgele tint behoudt. Behandelt men een door ijzergebrek bleekgeel geworden plant bij tijds op een der aangegeven wijzen met een verdunde ijzeroplossing, zoo is het mogelijk haar leven te redden, daar zij nu weer ongehinderd assimileeren kan.

De rol van het kalium is vooral voor boekweit onderzocht. Men heeft dit gewas in waterculturen gekweekt, waarin het alle voor zijn leven noodzakelijke verbindingen in den meest geschikten vorm ontving, doch waarin òf het kalium geheel ontbrak, òf van dit metaal één bepaald zout in bepaalde hoeveelheid toege-

voegd werd. En daar er verscheidene kaliumzouten zijn, die door planten kunnen worden opgenomen, en in grootere of kleinere hoeveelheid in den grond voorkomen of daarin ontstaan kunnen, zoo was deze proef voor een vrij groote afwisseling vatbaar, die voor de nadere kennis van de werking van het kalium is gebleken zeer leerzaam te zijn. In een oplossing gekweekt, waarin kalium onder geen enkelen vorm voorkwam, ontwikkelden de boekweitplanten zich uit zaad even ver, als zij dit in het donker gedaan zouden hebben, met dit onderscheid, dat zij een duidelijk groene kleur aannamen. Overigens zijn zij eerder slechter ontwikkeld dan geëtioleerde exemplaren. Onderzoekt men de kommerlijk ontwikkelde blaadjes onder het mikroskoop, nadat zij in het volle daglicht, onder gunstige omstandigheden voor de assimilatie langen tijd hebben doorgebracht, zoo blijkt, dat er in de bladgroenkorrels slechts weinig zetmeel wordt aangetroffen. In het hoofdstuk over den bouw en de verrichtingen der bladen hebben wij gezien, dat zetmeel gewoonlijk in de bladgroenkorrels onder de zooeven bedoelde omstandigheden ontstaat, en dat het de toestand is, waarin het organische voedsel het eerst in de plant waarneembaar wordt. Er blijkt dus dat het ontstaan van zetmeel zonder kalium in eenigzins belangrijke hoeveelheid niet mogelijk is, en dat dus de kleinte der planten aan dit gemis van assimilatie kan worden toegeschreven. Onder geheel gelijke omstandigheden en volkomen volgens dezelfde methode werden andere boekweitplanten gekweekt, doch aan deze werd chloorkalium toegevoerd. Zij ontwikkelden zich tot krachtige planten, van een meter hoogte en meer, en deden in niets voor op het vrije veld verzamelde exemplaren onder. Andere daarentegen ontvingen al haar kalium slechts als zwavelzuur kalium, nog andere slechts als phosphorzuur kalium. Ook deze exemplaren ontwikkelden zich slecht, hoewel veel beter dan de in kalivrije oplossingen groeiende planten; zij toonden in hare bladgroenkorrels een overgroote hoeveelheid van zetmeel. Zij assimileerden dus wel, en de oorzaak van haar ziekelijken toestand moest dus elders gezocht worden. Deze lag daarin, dat het eenmaal gevormde zetmeel niet wel genoeg uit de bladgroenkorrels kon worden verwijderd, en vervoerd naar die organen, waar het voor den groei en de ontwikkeling noodig was. Onderzocht men de bladen dezer planten nadat ze uren lang in 't donker gestaan hadden, zoo waren zij schijnbaar nog even vol

met zetmeel als te voren, terwijl onder deze omstandigheid bij normale planten het zetmeel geheel of grootendeels uit de bladen weggevoerd wordt. Het is dus voor het leven der plant niet alleen noodig, dat hare wortels een kaliumzout kunnen opnemen, doch ook de aard van dit zout is van groot belang, daar niet alle zouten voor alle functiën, die het kalium te verrichten heeft, voldoende zijn. Chloorkalium is voor boekweit, en evenzoo voor rogge, het voordeeligste. Salpeterzuurkalium werkt bijna even goed, doch de zwavelzure en phosphorzure zouten moeten als volkomen onvoldoende beschouwd worden.

Het silicium komt, in verbinding met zuurstof, als kiezelzuur in een groot aantal planten voor, en is meestal in de celwanden van volwassen cellen, niet zelden vooral in die van de opperhuid, afgezet. Waar het in groote hoeveelheid voorkomt, maakt het de plantendeelen hard, b. v. de halmen der grassen, of ruw, b. v. de schuurbiezen. Of het echter voor deze planten noodzakelijk is, is zeer onzeker. Het is namelijk niet moeilijk grasplanten, b. v. Maïs, in een oplossing te kweeken, waaruit zij zoo goed als geen kiezelzuur kunnen opnemen. Zij ontwikkelen zich daarbij even goed en even volledig als op het vrije veld, en de stevigheid der stengels is bijna niet geringer dan gewoonlijk. Uit deze proef is het dus zeer waarschijnlijk, dat de voornaamste levensverrichtingen der planten ook bij volkomen gemis van kiezelzuur kunnen plaats vinden.

In natriumvrije oplossingen gelukte het Maïs en boekweit tot volkomen ontwikkeling te brengen. Daar echter natriumverbindingen uiterst algemeen voorkomen, en zelfs als keukenzout in fijne korreltjes in de lucht rondzweven, is het steeds mogelijk, dat zulke planten geringe hoeveelheden hiervan hebben kunnen opnemen, al werd het niet opzettelijk in de oplossing gebracht. In elk geval kan men uit deze proeven besluiten, dat het hoogstens in zeer geringe hoeveelheid noodig te achten is.

DE LEER DER BEMESTING.

In onze voorgaande hoofdstukken hebben wij de voornaamste stoffen besproken, die in het plantenlichaam een belangrijke rol spelen, en de bronnen nagegaan, uit welke de planten deze stoffen putten. Wij hebben daarbij voornamelijk de wetenschappelijke zijde van de te behandelen vragen op den voorgrond gesteld, en slechts van tijd tot tijd deze beschouwingswijze verlaten, om daar waar praktische quaestiën in nauw verband stonden met onze onderwerpen, ook aan deze voor korte oogenblikken onze aandacht te wijden. Er blijft ons voor deze beschouwing, die wij nog aan de algemeene verschijnselen van de voeding der planten willen wijden, een onderwerp over van zoo overwegend praktisch belang, dat wij het niet geheel met stilzwijgen mogen voorbijgaan. Ik bedoel de leer der bemesting, zoowel van die van uitgestrekte landerijen, als van de meer in het klein plaats vindende, doch daarom juist met te meer zorg behandelde vruchtbaarmaking van den grond van bloem- en moestuinen. Doch ook hier wensch ik zoo veel mogelijk het wetenschappelijke standpunt te behouden, dat wij tot nog toe bij onze beschouwingen innamen. Aan andere meer uitgebreide verhandelingen moge het overgelaten blijven, praktische wenken voor bizondere gevallen te geven, aan te wijzen welke plantensoorten op dezen, welke op genen bodem den grootsten oogst opleveren, of de keus der meststoffen voor bepaalde cultuurplanten en bepaalde grondsoorten te bepalen. Hier is het ons te doen, om een algemeen inzicht te verkrijgen in de voornaamste verschijnselen, het algemeene van het bizondere te schiften, en dit laatste slechts te gebruiken als voorbeeld van de algemeene wetten en regels,

zonder door een te groote opeenstapeling van afzonderlijke feiten, het juiste inzicht in de hoofdzaken moeilijker te maken.

Het moet echter voor een ieder duidelijk zijn, dat deze methode van behandeling wel dáár met goed gevolg in toepassing kan gebracht worden, waar de kennis van de verschijnselen, ten minste in hoofdzaken volledig is, dat zij echter in die gevallen, waar ons nog verscheidene zaken duister zijn, wier kennis voor een volkomen juist inzicht vereischt wordt, slechts met moeite en met omzichtigheid kan worden doorgevoerd. In zulk een toestand bevindt zich nu het onderdeel onzer wetenschap, dat wij op de volgende bladzijden moeten bespreken, en ik meen daarom aan mijne lezers geen ondienst te doen, zoo ik uit het voorhandene materiaal een eenigszins willekeurige keuze doe, en hun slechts die zaken voordraag, welke tot een duidelijk algemeen inzicht kunnen leiden, zonder er daarbij groote waarde aan te hechten, of de medegedeelde regels aan uitzonderingen onderhevig zijn, of dat voor een toepassing op enkele afwijkende gevallen de gegeven voorstelling wijzigingen zou moeten ondergaan. Van de behandeling van al deze bizondere gevallen moet ik hier afzien, daar zij geheel buiten mijn tegenwoordig doel gelegen zijn. Het zij mij veroorloofd, vóór dat ik tot mijn eigenlijk onderwerp overga, in korte trekken eenige hoofdpunten uit de uitkomsten van onze vorige beschouwingen te recapituleeren, daar deze voor de tegenwoordige het noodzakelijke uitgangspunt vormen. Ik beperk mij daarbij tot de groene landplanten, daar zoowel de watergewassen als ook de woeker- en afvalplanten geen deel van onze beschouwingen zullen uitmaken.

Onder de stoffen, die aan de samenstelling van het plantenlichaam deel nemen, komt aan het water de eerste plaats toe, zoowel wat de belangrijkheid van zijn rol, als vooral wat zijne hoeveelheid betreft. Zonder water is geene verrichting van het leven denkbaar; voor alle bewegingen, zoowel die van den groei, als de verplaatsing van voedingsstoffen, en voor elke andere groote of kleine beweging die bij een levensfunctie wordt waargenomen, is water een onmisbare voorwaarde. De overige bestanddeelen der plant zijn deels organische, deels anorganische, die overal, en zoover men weet onafscheidelijk aan elkander verbonden, in het plantenrijk voorkomen. De anorganische stoffen worden als zoodanig door de wortels uit den grond opgenomen, hetzij zij daar in dezelfde verbindingen voorkomen als in de plant, hetzij

zij in andere, eveneens opneembare verbindingen worden aangetroffen. De organische worden door groene landplanten niet als zoodanig opgenomen, maar worden in het plantenlichaam uit anorganische stoffen gevormd. Dit proces, dat wij onder den naam van assimilatie leerden kennen, geschiedt in de bladgroenkorrels, welke in de cellen der bladen en der groene stengeldeelen gelegen zijn. De anorganische materialen zijn het koolzuurgas der lucht en het water; deze worden onder den invloed van het licht en van de groene kleurstof omgezet in een organische verbinding: het zetmeel. De daarbij vrij wordende zuurstof verlaat de plant en vermengt zich met de buitenlucht. Het zetmeel is bij verreweg de meeste planten de eerste vorm, waaronder de organische stof in de plant voor ons oog waarneembaar optreedt: het is het produkt der assimilatie. Door omzettingen en veranderingen van dit zetmeel, door verbinding er van met verschillende andere stoffen, worden de tallooze organische stoffen gevormd, die in het plantenrijk voorkomen. Wel is waar is dit nog niet voor alle bewezen, doch uit al wat men omtrent deze verschijnselen weet, mag men deze gevolgtrekking als hoogst waarschijnlijk afleiden, zelfs voor die stoffen, die, zooals het eiwit, in hooge mate in samenstelling van zetmeel afwijken. Koolzuur en water zijn dus onmisbare voorwaarden voor het plantenleven, en daar in de eiwitachtige lichamen daarenboven nog stikstof en zwavel voorkomen, welke door de plant als ammonia of salpeterzure zouten, en als zwavelzure zouten worden opgenomen, zoo moeten ook deze verbindingen als onmisbaar beschouwd worden.

Voor het plantenleven zijn dus drie groepen van anorganische verbindingen noodig: 1°. het water, 2°. die, welke de elementen der organische stoffen leveren, 3°. die, welke de elementen der organische stoffen in zich bevatten. Sommige van deze worden in de lucht aangetroffen, door welke tevens de voor de ademhaling onontbeerlijke zuurstof worden aangevoerd. Het zijn het koolzuur, en in geringer hoeveelheid het ammoniakgas. De overige moeten echter in den grond aanwezig zijn, zal deze werkelijk het plantenleven kunnen onderhouden. Om later te vermelden redenen is echter ook de aanwezigheid van koolzuur en ammoniak in den bodem noodig. Men kan echter gemakkelijk inzien, dat de aanwezigheid van al deze stoffen op zich zelve nog niet voldoende is; zij moeten ook in zoodanigen toestand worden aangetroffen, dat zij door de wortels der planten kunnen

worden opgezogen. Het spreekt van zelf dat ook de hoeveelheid waarin zij voorkomen bij de beoordeeling van een grondsoort in aanmerking komt. Een vruchtbare aarde moet dus alle voor het plantenleven noodzakelijke stoffen in genoegzame hoeveelheid en in opneembaren vorm in zich bevatten. Deze stelling kan als de hoofdregel beschouwd worden, waarom zich elke beoordeeling van de vruchtbaarheid van een bodem, en dus ook de geheele leer der bemesting draait. Ter wille van de volledigheid is het wellicht goed op te merken, dat de doordringbaarheid van den grond voor de lucht, die de zuurstof aan de wortels moet toevoeren, en eveneens de gelegenheid tot afvoer van het staande water met hetzelfde doel, buiten de beschouwing blijft; iets wat te minder schaadt, daar wij hierover in ons eerste hoofdstuk reeds het noodige hebben medegedeeld. In hetgeen nu volgt gaan wij van de onderstelling uit, dat aan deze beide voorwaarden steeds genoegzaam voldaan zij.

Voordat wij tot de beoordeeling van de vruchtbaarheid van een grondsoort kunnen overgaan, is het natuurlijk noodzakelijk ons allereerst van de samenstelling en bouw van den bodem onzer bouwlanden en tuinen een juiste voorstelling te vormen. Deze kennis toch is voor de beoordeeling van de waarde van een grondsoort van groot gewicht, ja zelfs van veel meer belang, dan b. v. de nauwkeurige kennis van hare scheikundige samenstelling zoude zijn. De laatste toch leert ons wel de aanwezige stoffen kennen, maar laat het onbeslist, of zij in opneembaren of in onoplosbaren toestand daarin voorkomen.

Wanneer wij een zandgrond, b. v. het zand onzer duinen, of dat van de op voormalige heidevelden aangelegde korenvelden, in water goed omroeren, zoo wordt het water troebel, en zoo wij nu deze troebele vloeistof van het bezonkene zand afgieten, en in een ander vat overgieten en daar in rust laten, zoo zet zich daaruit langzamerhand een laagje slib af, dat na droging gemakkelijk tot een uiterst fijn poeder gewreven kan worden. Dit slib noemen wij klei; de zandgrond is dus een mengsel van zand en klei. Wasschen wij het zand met veel water uit, zoo kunnen wij al de klei er uit verwijderen, en houden het zuivere zand over, dat dan uit kleine, ronde korreltjes bestaat, die meestal met het blooto oog, soms echter slechts met een loupe, goed te onderscheiden zijn. Onderwerpen wij een kleigrond aan dezelfde bewerking, en kiezen wij daartoe b. v. de

klei, die langs de oevers onzer rivieren de bovenste dunne laag van de aardschors uitmaakt en aan die streken hare bekende vruchtbaarheid, vooral voor graangewassen, verleent. Bij het roeren van deze in water nemen wij dezelfde splitsing waar, met dit onderscheid, dat er hier veel meer slib opgenomen wordt, en slechts een geringe hoeveelheid zand terstond bezinkt. Een leembodem zou behalve deze twee deelen nog een derde vertoonen, namelijk hoekige steenbrokjes, die van verschillende grootte zijn, doch meestal iets grooter dan de zandkorrels. Grootere en kleinere steenstukken komen in de meeste grondsoorten voor, en worden vooral in het zand onzer heidevelden in groote hoeveelheid waargenomen. Al deze deelen, van de groote steenen en het grind af, tot de fijne bijna onzichtbaar kleine korreltjes van de klei, zijn van anorganische natuur. Behalve deze komen er echter in elken bodem, die van plantengroei niet geheel ontbloot is, nog overblijfsels dezer planten voor, die uit organische verbindingen bestaan, en onder de inwerking van lucht en water voortdurende veranderingen ondergaan. Aan de aanwezigheid van deze verrotte en half vergane plantendeelen heeft de bovenste laag van den grond onzer heidevelden en duinen die donkere, soms meer grijze, soms bijna zwarte kleur te danken, die haar zoo scherp van het er onder liggende heldere, lichtgele zand onderscheidt. Gelijk iedereen weet, wordt de dikte van deze korst bepaald door de diepte, tot op welke de wortels der meest algemeene daar groeiende plantensoorten in den bodem indringen. Dat zulk een donkere korst op onze bouwlanden niet eveneens gevormd wordt, moet eenvoudig aan het omploegen en de verdere bewerkingen van den grond worden toegeschreven. De organische overblijfsels van de plantenwortels komen ook in dezen voor, maar worden door de bedoelde werkingen meer met den bodem vermengd. De fijnverdeelde, halfvergane plantenoverblijfsels in den grond vormen datgene, wat men gewoon is humus te noemen. In zuiveren toestand, d. i. niet vermengd met klei of zand, is deze stof in den tuinbouw als bladaarde bekend, die, gelijk men weet, uit afgevallen bladeren onder den invloed van vochtige lucht ontstaat en verkregen wordt. In groote hoeveelheid met zand of klei vermengd, komt deze humus in de gewone tuinaarde voor, waaraan de grijsachtig zwarte kleur van deze te danken is. Voor sommige doeleinden is een bepaald mengsel van

zandgrond en humus noodig, zoo b. v. voor de cultuur van bloembollen. In de omstreken van Haarlem, waar deze cultuur in het groot gedreven wordt, wordt de grond daartoe bereid door vermenging van duinzand met veengrond, welke laatste onder deze omstandigheden spoedig door de zuurstof der lucht aangetast wordt, en zoo den gewenschten humus levert.

Naast de opgenoemde grondsoorten mogen wij niet verzuimen nog het kalkzand te vermelden. Dit vertoont bij omroering met water dezelfde troebeling als gewoon zand, doch de samenstelling zijner korrels is een geheel andere. Het meest valt dit onderscheid in 't oog, zoo men de met water afgewasschen en dus van slib bevrijde korrels met een verdunde oplossing van gewoon zoutzuur behandelt. Op het zand onzer duinen en heidevelden heeft dit zoo goed als geen invloed, hoogstens lost het enkele kleine kalkstukjes er uit op; het kalkzand lost er echter geheel of grootendeels in op, terwijl een groote hoeveelheid ontwijkende gasbellen op de afscheiding van koolzuur wijzen. Is de werking van het zuur opgehouden, dan is al de kalk opgelost, terwijl de overblijvende stukjes in samenstelling met gewoon zand, zoogenoemd kiezelzand of kwartszand, overeenkomen. Landstreken, wier bodem uit dit kalkzand is gevormd, kenmerken zich dikwijls spoedig door de helder witte kleur van den grond, een eigenschap die vooral bij het stof, dat de wegen bedekt, zeer sterk in het oog loopt.

Klei, zand, kleine en grootere steenstukken en grind, verder kalkzand (koolzure kalk) in grootere en kleinere korrels en humus zijn dus de voornaamste vaste bestanddeelen van den bodem, met welke niet zelden ijzerroest (ijzeroxyd) en enkele andere, ofschoon meest in geringe hoeveelheid, vermengd zijn. Zeer zelden bestaat een grondsoort zuiver uit één dezer bestanddeelen, meestal is zij een mengsel van twee of meer der genoemde stoffen, en draagt dan haar naam naar die stof, welke er in de grootste hoeveelheid in voorkomt. Gelijk men uit de voorgaande mededeelingen ziet is het niet moeilijk de samenstelling van een grondsoort te leeren kennen; een loupe tot onderscheiding der fijne korrels, zoutzuur tot herkenning der kalk, en hoogstens nog het gloeien tot verwijdering van den humus, zijn in het algemeen voldoende hulpmiddelen.

Behalve deze vaste stoffen komen in elken vruchtbaren of ten minste plantendragenden bodem nog een aantal andere verbindingen

voor, die door de planten kunnen worden opgenomen. Behandelt men de grondsoort met veel water dat door toevoeging van een zuur zwak zuur gemaakt is, zoo gaan deze stoffen langzamerhand in oplossing in het water over, en kunnen dus na volledige bezinking van zand en slib afgescheiden worden. Op deze wijze komt men tot de kennis van een aantal stoffen in den bodem, waarvan de voornaamste kali, natron, ammoniak, kalk, magnesia en ijzeroxyd zijn, die echter niet vrij doch in verbinding met zuren worden aangetroffen. Onder deze zuren behooren phosphorzuur, kiezelzuur, zwavelzuur, salpeterzuur, zoutzuur en vooral koolzuur genoemd te worden. Al deze stoffen spelen bij de voeding der planten een rol, gelijk uit een vergelijking met de opgaven in ons vorige hoofdstuk kan blijken. Behalve deze komen niet zelden nog organische zuren in het waschwater onzer proef voor, die van den humus afkomstig zijn, en daarom veelal humuszuren genoemd worden. Verder zijn een aantal andere deels onverschillige, deels zelfs schadelijke stoffen in verschillende grondsoorten aangetroffen; hare opnoeming zou ter dezer plaatse echter weinig nut hebben.

Aan den eigenaardigen toestand, waarin zich deze oplosbare bestanddeelen bevinden, moeten wij thans voor eenigen tijd hoofdzakelijk onze aandacht wijden.

Op een vruchtbaar land vormt de aarde een poreuse massa, in welke de tusschenruimten tusschen de zandkorreltjes, de fijne kleideeltjes, de overblijfselen der planten en de overige vaste deelen, worden ingenomen door lucht. Voor den groei der wortels zijn deze luchthoudende poriën noodzakelijk, daar de vrije beweging van de lucht daarin aan de wortels de voor de ademhaling noodige zuurstof toevoert. Staat op een bouwland het grondwater tot dicht onder de oppervlakte, zoo sterven de wortels in dit water af, daar zij geen genoegzame hoeveelheid zuurstof kunnen opnemen, een gevaar, dat men steeds door draineeren of andere middelen tracht te voorkomen. In normalen toestand bevat dus de grond tot op eenigen afstand onder de wortels, en wel gewoonlijk tot op groote diepte, in zijne poriën geen staand water, doch lucht, en zoo de natuur dezen toestand niet van zelf geeft, tracht men zich dien door kunst te verzekeren. Zoo dikwijls het nu regent, en de fijne poriën der bovenste aardlaag zich met water vullen, zakt dit langzamerhand in den on-

dergrond weg, en er blijft slechts zooveel achter, als, om het zoo eens uittedrukken, aan de oppervlakte der korrels en in de allerfijnste tusschenruimten der kleine vaste deeltjes, hangen blijft. Dit water is het, dat door de wortels kan worden opgezogen, en dat in den regel in zoo groote hoeveelheid in deze poriën achterblijft, dat het langen tijd aan de behoeften der planten voldoen kan. Is deze voorraad na een langen tijd van droogte opgebruikt, zoo verraadt zich dit spoedig door het ſletsch worden van de bladen en de jeugdige stengeldeelen der planten. In dit water is het tevens dat de boven besprokene oplosbare bestanddeelen van den grond werkelijk opgelost en in dien toestand gebracht worden, waarin zij door de planten kunnen worden opgenomen.

Wat zal er nu met deze opgeloste stoffen gebeuren, zoo een zware stortregen alle poriën van den grond met water vult, en dit water daarna langzamerhand wegzakt in den ondergrond, die voor de plantenwortels niet meer bereikbaar is? Op het eerste gezicht zou men allicht meenen, dat dit regenwater zich met het vooraf in den grond aanwezige moet vermengen, en daaruit de opgeloste stoffen grootendeels overnemen. Bij zijn verdwijnen in den ondergrond zou het deze medevoeren, en de bovenste aardlaag er dus van berooven. En zoo dit zich bij elken regen herhaalde, zou de bovenlaag weldra als het ware uitgewasschen en leeggespoeld zijn, en geen oplosbare bestanddeelen meer bevatten. Zetten wij deze redeneering verder voort, dan komen wij tot de conclusie, dat regens na verloop van tijd de bovenlaag der aarde, d. i. die laag waarin zich de wortels der planten bevinden, zouden berooven van al die stoffen, die juist door de wortels moeten worden opgenomen, en dus, m. a. w. dat zij weldra een streek onvruchtbaar zouden moeten maken. De dagelijksche waarneming van alle, niet door den mensch bebouwde, en toch rijkelijk met planten begroeide streken, leert ons het tegendeel, en er moet dus in onze redeneering een fout schuilen, die slechts daarin liggen kan, dat wij ten onrechte aannamen, dat het regenwater de oplosbare stoffen met zich in den ondergrond voert. M. a. w. bewijst ons het feit, dat de bovenlaag der aarde bij voortduring in staat is aan de wortels de noodige oplosbare bestanddeelen aan te bieden, dat deze aardlaag het vermogen bezit deze stoffen tegen de uitspoelende werking van regenwater in zich vast te houden.

Een gemakkelijk middel om ons rechtstreeks van de juistheid van deze conclusie te overtuigen, leveren de draineerbuizen. Het water toch, dat in deze wegloopt, is door de bovenste aardlaag heengedrongen, voor dat het de buizen bereikte. Onderzoekt met het scheikundig, zoo blijkt het uit den bodem slechts zeer geringe hoeveelheden van diens oplosbare bestanddeelen opgenomen te hebben. Men kan deze proef ook in 't klein herhalen. Hiertoe brengt men in een trechter een stuk filtreerpapier, zoo gevouwen dat het in den vorm van een wijd peperhuis juist in den trechter past, en daarbij noch van onderen, noch aan de zijden eenige zichtbare opening heeft. Men zet nu den trechter met de buis vertikaal, b.v. in den hals van een leege flesch, of hangt hem op een of andere wijze in dien zelfden stand op boven een glas of bakje. Giet men den trechter vol water, zoo loopt dit door de onzichtbaar fijne poriën van het filtreerpapier in de buis, en valt in het bakje er onder. Neemt men in plaats van zuiver water een oplossing van eenig zout, of van suiker, of van kleurstoffen, zoo loopt de vloeistof er steeds onveranderd door. Vult men nu den trechter b.v. ter halver hoogte met tuinaarde, en giet men nu weer water op, dan zal men het afloopende water kunnen onderzoeken, en nagaan of dit de zouten uit den grond heeft opgenomen. Even als in het water der draineerbuizen treft men ook hier slechts geringe hoeveelheden dier stoffen in het doorgefiltreerde water aan.

Al deze feiten bewijzen ons dus, dat aarde het vermogen bezit de voor het plantenleven noodige stoffen in zich vast te houden, en ze niet aan doorsijpelend water af te geven. Deze eigenschap, die behalve aan verschillende grondsoorten nog aan enkele andere fijn-poedervormige of poreuse stoffen eigen is, is, gelijk men gemakkelijk inziet, van het hoogste belang, zoowel in de huishouding der natuur als in den land- en tuinbouw. Zonder haar toch zou het leven van landplanten zoo goed als onmogelijk zijn. Deze groote belangrijkheid noodzaakt ons eenigszins langer bij haar stil te staan. Vooraf deelen wij mede, dat men haar met den naam van absorptie- of opslorpings-vermogen bestempelt, en dat men dien overeenkomstig zegt, dat de opgeloste zouten in den grond geabsorbeerd zijn. Nu is het absorptievermogen van de meeste grondsoorten veel aanzienlijker, dan men vermoeden zou, zoo men uitging van de geringe hoeveelheden

van de verschillende stoffen, die onder gewone omstandigheden in den grond geabsorbeerd zijn. Om dit te bewijzen maken wij van de zoo even beschreven inrichting gebruik en gieten op de aarde in den trechter nu geen zuiver water, doch een oplossing van het, een of andere zout, en wel van een bepaalde sterkte. Nemen wij b.v. een oplossing van phosphorzure kali, een stof, die in elken vruchtbaren bodem voorkomt, en waarvan de elementen tot de voor het plantenleven noodzakelijke behooren. Over den rol, dien phorphorzuur en kaliumverbindingen in het plantenleven spelen, hebben wij in ons laatste hoofdstuk gesproken. Vergelijkt men nu de sterkte van de opgegoten oplossing met die van het doorgevloeide vocht, zoo ziet men dat de laatste veel geringer is. M. a. w. de aarde heeft uit de doorzakkende vloeistof een zekere hoeveelheid phoshorzure kali opgenomen, of, zooals men het noemt, geabsorbeerd. Giet ik nu weer zuiver water op, zoo neemt dit slechts een zeer klein gedeelte van het zout op, en loopt dus eveneens bijna zuiver af. Hetzelfde geldt van de overige stoffen die in den grond gewoonlijk voorkomen. Slechts door zeer langdurig uitwasschen, met groote hoeveelheden water, is het mogelijk de geabsorbeerde zouten uit aarde te verwijderen. Een zeer goede methode, om het absorptievermogen van grondsoorten te demonstreeren is het gebruik maken van gekleurde vloeistoffen, b.v. van water, dat door de aanwezigheid van rottende plantaardige deelen een bruine kleur heeft aangenomen. Het is goed de vloeistof eerst in een anderen trechter enkel door filtreerpapier te laten loopen, ten einde alle zwevende deeltjes er uit te verwijderen, en zich te overtuigen, dat de bruine kleurstof werkelijk opgelost is. Deze bruine vloeistof, op de aarde in onzen eersten trechter gegoten, loopt helder of ten minste bijna helder af. Men ziet hier dus het feit voor oogen, dat de aarde deze kleurstof absorbeert, en behoeft geen verdere onderzoekingen, om zich van het bestaan dezer eigenschap te overtuigen.

De belangrijkheid van dit absorptievermogen van bouwgronden voor de leer van het leven der planten, zoowel als voor de theorie van den landbouw, moge het verontschuldigen, dat ik hier in korte woorden een praktisch gebruik van deze eigenschap wensch in herinnering te brengen. Ik bedoel het filtreeren van het drinkwater, dat, na in de duinen in kanalen en bassins verzameld te zijn, door onze

waterleidingen aan verschillende steden, in ons vaderland b.v. aan Amsterdam en 's Gravenhage wordt toegevoerd. Het water, dat in de bassins en kanalen aan de open lucht gestaan heeft, waarin door afgevallen bladen of afgestorven planten en dieren rottende stoffen gekomen zijn, dat in één woord verschillende stoffen bevat, die zijn waarde als drinkwater verminderen, moet, voor dat het in de buizen aan de verbruikers wordt toegevoerd, een zuivering ondergaan. Deze bestaat daarin, dat men het door zand filtreert, waarbij het zand de bedoelde stoffen absorbeert en dus aan het doorsijpelende water onttrekt. Daartoe gebruikt men groote, vlakke bassins, wier bodem met een laag zand bedekt wordt, waarop men water laat vloeien. Dit zakt dan langzaam door het zand heen, en geeft zijn schadelijke stoffen hieraan af. Het door het zand heen gefiltreerde water wordt verzameld en is gereed om in de buizen geperst te worden. Het behoeft wel geen vermelding, dat het zand van tijd tot tijd verwijderd en door nieuw vervangen moet worden, daar het slechts een beperkte hoeveelheid van elke stof kan absorbeeren, en deze dan bij voortgezet gebruik ongehinderd zou laten doorvloeien.

Het absorptievermogen is niet voor alle grondsoorten hetzelfde en kan, door toevoeging van bepaalde stoffen, verhoogd worden. Zeer gering is het bij compacten leemgrond, en bij zulke zandgronden, die arm aan klei, bijna geheel uit zandkorrels bestaan. In een fijn poreusen grond daarentegen is het in den regel zeer groot. Boschaarde bezit slechts een gering opslorpend vermogen voor verschillende stoffen, b.v. voor kiezelzure kali (zoogenoemd waterglas). De oorzaak hiervan is in het groote gehalte aan humus te zoeken; vermengt men deze aarde met fijn gestampt krijt, zoo neemt het absorptievermogen toe. Voegt men 10% van dit krijt toe, zoo verkrijgt zulke aarde niet zelden het vermogen 70—80 maal meer kiezelzure kali op te nemen, dan zij zonder krijt absorbeeren kon. Ook andere stoffen zijn in staat deze eigenschap belangrijk te wijzigen. Van daar dat men op landerijen, waar de grond door onvoldoende absorptie der zouten onvruchtbaar is, door toevoeging van krijt of kalk, of een andere geschikte stof, deze fout herstellen en zoodoende den grond weer bruikbaar maken kan. Van de verschillende doeleinden, waarmede bemestingen plaats vinden, leeren wij dus hier reeds eene kennen. Daarop komen wij echter later terug.

Een volkomen voldoende verklaring van de absorptie van verschillende stoffen door grondsoorten kan tegenwoordig nog niet gegeven worden. Liever dan een uiteenzetting te geven van de verschillende zienswijzen over dit onderwerp, of van voorstellingen omtrent den aard van het verschijnsel, die misschien ten deele juist doch zeker in menig opzicht nog onjuist of onvolledig zijn, wil ik dit punt geheel met stilzwijgen voorbijgaan. Hoe belangrijk de kennis van de juiste verklaring ook zijn zou, voor een juist inzicht in de beginselen van de leer der bemesting kan men zich met de empirische kennis tegenwoordig tevreden stellen. Alleen wensch ik op te merken, dat het als vrij zeker mag worden aangenomen, dat de absorptieverschijnselen onderling van zeer verschillende natuur zijn, en dat sommige stoffen daarbij ontleed worden, of met in den grond reeds aanwezige lichamen verbindingen aangaan, terwijl andere zonder verandering en in haar geheel worden opgenomen.

Wanneer al het water uit een hoeveelheid aarde verdampt en deze dus volkomen droog wordt, gaan de opgeloste stoffen natuurlijk ook in drogen toestand over en hechten zich daarbij vast aan de vaste, onoplosbare deelen van den grond. Deze vasthechting kan men vergelijken met de vasthechting van kleurstoffen op de vezels van linnen of katoen, en de groote kracht waarmede deze vastkleven, en aan de oplossende werking van water weerstand kunnen bieden, kan ons eenigzins ter verklaring van het absorptievermogen van grondsoorten dienen.

Wij zijn over den bouw en de samenstelling van bouwgrond zeer uitvoerig geweest. Wij hebben gezien, dat deze uit vaste, onoplosbare, grof en fijnkorrelige deeltjes bestaat, waartusschen andere stoffen in gemakkelijk oplosbaren of zelfs in opgelosten toestand voorkomen. Het zijn juist deze laatste, die de planten door hare wortelharen uit den bodem opzuigen en die zij, ten deele ten minste, voor haar normale ontwikkeling volstrekt noodig hebben. Elke grondsoort, die deze laatste stoffen of geheel mist of in slechts onvoldoende hoeveelheid bevat, ja zelfs elke grond, die één dezer noodzakelijke stoffen niet genoegzaam aan de plantenwortels kan aanbieden, is voor een krachtig plantenleven ongeschikt en dus onvruchtbaar.

Het is nu gemakkelijk hieruit af te leiden wat men doen moet, om aan zulk een grond zijn vruchtbaarheid terug te geven, m. a. w.

waarin voor hem de bemesting bestaan moet. Hierbij doen zich verschillende gevallen voor:

1°. Bepaalde, voor het plantenleven noodzakelijke stoffen komen in een grondsoort in het geheel niet of in onvoldoende hoeveelheid voor. Zij moeten dus daaraan toegevoegd worden, en wel in een opneembaren vorm.

2°. Zulke stoffen komen niet in den oplosbaren, doch wel in den onoplosbaren toestand voor. In dit geval is het zeer dikwijls mogelijk ze door toevoeging van andere stoffen in den eerstgenoemden toestand over te voeren.

3°. Het absorptievermogen is onvoldoende, en de meststoffen worden dus niet geabsorbeerd. Door toevoeging van bepaalde stoffen moet eerst dit absorptievermogen hersteld worden, eer de toevoeging van andere meststoffen nut kan hebben.

Van deze drie gevallen speelt het eerste in de praktijk der bemesting de hoofdrol; het derde komt zeldzamer voor. Terwijl wij dus over het tweede en derde kort kunnen zijn, moeten wij aan het eerste eenigszins langer onze aandacht wijden.

Blijkt een land onvruchtbaar te zijn, of ook slechts in vruchtbaarheid aftenemen, zoo eischt het welbegrepen belang van den landbouwer een nauwkeurige onderzoeking van den grond. Blijkt daarbij de aanwezigheid van het laatste geval, zoo moeten, al naar gelang der oorzaken, verschillende meststoffen worden toegevoegd, die het absorptievermogen verhoogen. Is b. v. de aanwezigheid van zuren humus de oorzaak, zoo is de toevoeging van krijt of kalk, die het zuur afstompt, een goed middel, waarbij echter dikwijls een betere drooglegging van den te vochtigen grond noodig is om op den duur zijn doel te bereiken. Is het eerste geval voorhanden, zoo wijst de scheikundige onderzoeking natuurlijk aan, welke stoffen in voldoende hoeveelheid aanwezig zijn en welke ontbreken of in ongenoegzame hoeveelheid voorkomen. Daar men nu, gelijk wij in onze vorige verhandelingen uitvoerig uiteengezet hebben, gemakkelijk weten kan welke stoffen een plant noodig heeft, zoo behoeft men slechts na te gaan welke van deze ontbreekt. Deze stof zal het zijn, die door bemesting moet worden toegevoerd. Veel algemeener komt het echter voor, dat de voor de plant noodzakelijke stoffen wel in den grond in voldoende, ja dikwijls in overgroote hoeveelheid aan-

wezig zijn, doch dat zij daarin in den onoplosbaren toestand voorkomen. Dan komt het er op aan een zekere hoeveelheid uit dien staat optevoeren in een toestand, waarin zij door de planten kunnen worden opgenomen. Deze verandering kunnen de bedoelde stoffen of onder de werking van verschillende zouten ondergaan, of onder die van het koolzuur. Om het laatste in den bodem te brengen, moet men natuurlijk dezen met stoffen vermengen die langzamerhand in koolzuur veranderen, daar het koolzuur zelf, als een gasvormig lichaam, tot bewerking ongeschikt is. De gemakkelijkste en rijkelijkste bronnen van koolzuur zijn, gelijk bekend is, verrotte overblijfselen van planten of dieren, die langzamerhand vergaan. Bij dit vergaan toch, gaan zij onder opname van zuurstof uit de lucht in koolzuur, water, en enkele andere verbindingen over.

Zie daar de reden van de bemesting met anorganische stoffen, een wijze van bemesting, die langen tijd bijna de eenige gebruikelijke was, en thans nog verreweg de belangrijkste rol speelt. Te meer komt haar die rol toe, daar de gebruikelijke dierlijke uitwerpselen, behalve de organische stof, nog verschillende anorganische stoffen bevatten, wier toevoeging aan het land slechts voordeelig, ja niet zelden volstrekt noodzakelijk is. In den loop van den zomer vergaat de organische meststof langzamerhand, zij is dus een voortdurende bron van koolzuur, dat in het door den grond geabsorbeerde water zich verspreidt en oplossend op een aantal der belangrijkste bestanddeelen werkt. Elken dag lost het van deze een zekere hoeveelheid op, en terwijl steeds de opzuiging door de wortels de hoeveelheid opneembare stoffen in den bodem vermindert, bewerkt het koolzuur bij voortduring een vermeerdering van deze lichamen, ten koste van de vaste bestanddeelen, die zonder den invloed van koolzuur onoplosbaar en dus voor het plantenleven geheel nutteloos zouden zijn.

In deze oplossende werking kan, gelijk wij mededeelden, het koolzuur door andere stoffen vervangen worden. Zoo kunnen de moeilijk oplosbare phosphorzure zouten door toevoeging van keukenzout of salpeter in den opgelosten toestand worden overgevoerd. Ook deze methode wordt, in bepaalde gevallen, gebruikt, en heeft het voordeel dat deze meststoffen niet zelden, gelijk b. v. de beide genoemden, ook zelf door de planten opgenomen en nuttig verwerkt kunnen worden.

Trachten wij nu de gevondene regels toetepassen, niet op gron-

den, die voor het eerst in cultuur gebracht moeten worden, en dus nog geen bewerking door den mensch ondergaan hebben, maar op velden die sedert lange jaren door den mensch bebouwd worden. Was de methode van bebouwing steeds goed, zoo komt het er slechts op aan voortdurend den goeden toestand van den bouwgrond te behouden, en te zorgen, dat deze door de cultuur niet vermindere. Is echter de vruchtbaarheid slechts een geringe, hetzij dit in de natuur van het veld zijn oorzaak heeft, hetzij zij door onvoldoende zorgen langzamerhand is afgenomen, dan is het noodig deze weer tot haar grootst mogelijken trap terug te voeren. Het komt er dan op aan om den bovengrond te onderzoeken en nategaan, welke de oorzaak van de mindere vruchtbaarheid is. Is deze oorzaak gevonden, zoo moet zij, door bemesting of andere bewerking van den bodem verwijderd worden; de beginselen waarop dit berust hebben wij hierboven reeds aangegeven. Gaan wij het andere geval eenigszins uitvoeriger na, n. l. dat, waarin het er slechts op aankomt, een goeden bouwgrond in dien toestand met zoo weinig mogelijk veranderingen te behouden.

Teneinde voor dit geval met juistheid te kunnen beoordeelen, waarin de zorg van den landbouwer zal moeten bestaan, is het noodig nategaan, welke veranderingen de akker gedurende den loop van een jaar van bebouwing onvermijdelijk ondergaat. Onder deze is wel in de eerste plaats het wegvoeren van den oogst te noemen. Het aan den akker toevertrouwde zaad is onder den invloed van warmte en vochtigheid ontkiemd, de jonge planten zijn allengs tot een groot en krachtig gewas aangegroeid en hebben een rijken bladerdosch ontwikkeld, of in tal van vruchten, in wortels of andere organen een groote hoeveelheid voedsel opgezameld. Hiertoe vormden zij, gelijk wij weten, de organische stof zelf, en wel uit het koolzuur der lucht. De anorganische stoffen echter, waarvan wij in een vorig hoofdstuk de onmisbaarheid voor het plantenleven aantoonden, ontnamen zij aan den bodem, en zetten zij in hare bladen, stengels en vruchten af. Ook een paar der voor de vorming van eiwitachtige stoffen noodige bestanddeelen werden geheel of grootendeels aan den grond ontleend. Wanneer nu in den zomer of in het najaar de oogst wordt afgemaaid of gerooid en van den akker weggevoerd, verliest deze daardoor de geheele hoeveelheid der anorganische

bestanddeelen, die de gewassen uit hem opnemen, m. a. w. de asch der cultuurplanten. Werden zoo jaar op jaar oogsten weggevoerd, en deze asch niet telkens teruggegeven, zoo zou de akker weldra uitgeput raken, en dat wel juist van die bestanddeelen, welke voor het plantenleven het meest noodzakelijk zijn. In geringe mate verliest de grond eveneens van zijne anorganische bestanddeelen door regens, welke kleine hoeveelheden der opgeloste stoffen mede in den ondergrond voeren. Hoe sterker bepaalde stoffen door bemesting toegevoegd zijn, hoe grooter voor hen dit verlies zal zijn; van die stoffen echter die niet als mest worden toegevoegd is dit verlies slechts onmerkbaar klein, gelijk ons hierboven de beschouwing van den wilden plantengroei op onbebouwde, droge velden leerde. Enkele stoffen kunnen ook door verdamping in de lucht opgenomen worden en zoo voor den bodem verloren gaan, dit is o. a. het geval met het koolzuur en met de stikstofverbindingen.

In de tweede plaats verliest de akker voortdurend organische stof. Deze wordt als humus aan den grond toegevoerd, en vergaat daar langzamerhand onder voortdurende vorming van koolzuur. En daar dit koolzuur de onmisbare voorwaarde is voor de oplossing der oplosbare bodembestanddeelen, dat is dus voor de overbrenging van deze in dien toestand, waarin de plant ze kan opnemen, is het verlies van organische stof niet alleen onvermijdelijk, maar zelfs een nuttig en gewenscht verschijnsel, dat men moet trachten te bevorderen. Hieruit volgt dus dat bemesting met organische stoffen een even noodzakelijke voorwaarde voor de blijvende vruchtbaarheid van een akker is. Slechts in zeer enkele gevallen kan het koolzuur door organische zouten worden vervangen, en is dus de toevoer van organische mest overbodig, of is de bodem van nature zoo rijk aan deze stoffen, dat van een kunstmatige toevoeging geen sprake behoeft te zijn, gelijk b. v. op veengronden het geval is.

Tegenover deze oorzaken van toenemende onvruchtbaarheid moet nu de landbouwer even krachtige oorzaken van toenemende vruchtbaarheid plaatsen. Hij zou dit kunnen doen, door nauwkeurig te onderzoeken welke organische stoffen in den loop van het jaar uit zijn akker verdwenen waren, en in welke hoeveelheid, en door eveneens de vermindering van het humusgehalte van zijn grond te bepalen. Hij zou dan elk dezer stoffen afzonderlijk in de vereischte

hoeveelheid kunnen toevoegen, en zoodoende den oorspronkelijken toestand volkomen herstellen. Het is echter duidelijk, dat deze methode even omslachtig als moeilijk uitvoerbaar zou zijn, of liever, dat zij veel te groote onkosten zou veroorzaken. Vandaar dat een geheel andere weg gewoonlijk wordt gevolgd. Deze wordt als het ware van zelf aangewezen door de natuur van de organische mest, die in den landbouw het gemakkelijkst kan worden verkregen. Deze is van tweeerlei aard: de stalmest en de zoogenoemde groenmest, of de door de ondergeploegde stoppels en onkruid geleverde organische stoffen. De stalmest bevat het grootste gedeelte van de anorganische stoffen, die in klaver en hooi van den akker weggevoerd, en aan het vee tot voedsel gegeven zijn, en is daarenboven rijk aan de stikstofverbindingen, die door haar vlugtigheid in kunstmatige plantenasch ontbreken, en toch voor het plantenleven onmisbaar zijn, daar zij tot de vorming van eiwitachtige stoffen dienen. De groenmest bevat diezelfde verbindingen voor zooverre ze opgenomen waren door die planten en plantendeelen, die niet met den oogst zijn weggevoerd.

Vandaar dat het lage onkruid in koornvelden volstrekt niet als uitsluitend schadelijk mag beschouwd worden, en op een vruchtbaren akker eer voordeelig dan nadeelig is, zoolang het zich slechts zoo weinig ontwikkelt dat het aan de cultuurplanten geen ruimte voor haren groei ontneemt. Dit onkruid levert bij het omploegen een niet te verachten organische mest. Ook vindt men hierin de reden, waarom koornlanden korten tijd na den oogst geploegd worden, en men hiermede niet tot in het volgende voorjaar wacht. Want zoo men dit laatste deed zou het onkruid, in de lucht blijvende, afsterven en grootendeels vergaan, wat door het tijdig onderploegen zeer beperkt wordt. Het belang van deze groenmest wordt op sommige plaatsen in Duitschland zoo hoog geacht, dat op de koornlanden terstond na het afmaaien wikke gezaaid wordt, die dan in het late najaar tegelijk met de stoppels wordt ondergeploegd en als groenmest dient. Een dergelijk nut heeft ook het braakliggen, ofschoon hier nog andere zaken in het spel zijn, zooals b. v. de langzame overgang van vaste bestanddeelen uit den onoplosbaren in den, voor het plantenleven noodzakelijken, opneembaren toestand.

Deze methode van organische bemesting geeft dus aan den akker reeds een zeer belangrijk deel zijner anorganische bestanddeelen terug,

ja men zou deze volkomen terug kunnen geven, door de toevoeging van stalmest slechts groot genoeg te maken.

Waar dit laatste niet mogelijk is, of waar op deze wijze enkele anorganische bestanddeelen in te geringe hoeveelheid worden toegevoerd, terwijl de overige in dezelfde hoeveelheid mest in voldoende mate gevonden worden, daar is de noodzakelijkheid van anorganische bemesting duidelijk voorgeschreven. In dit geval moet men dus gebruik maken van anorganische of minerale mest, gewoonlijk kunstmest genoemd. Welke soort van kunstmest de vereischte is, wordt natuurlijk bepaald door de scheikundige natuur van dat bestanddeel, dat in de stalmest slechts in onvoldoende hoeveelheid op den akker kan worden gebracht. In de meeste gevallen zijn dit phosphorzuur-, kali- en stikstofverbindingen, die dus ook de hoofdbestanddeelen der kunstmest vormen.

Niet elke plantensoort groeit even goed op elken bodem. In de vrije natuur heeft elke grondsoort haar eigenaardig plantendek. De flora onzer lage weilanden, die op veen aangelegd zijn, is een geheel andere dan die der duinen, en deze onderscheidt zich weer door een aantal bepaalde plantenvormen van die der heidevelden. Ofschoon ongetwijfeld de natuurkundige toestand van den bodem, zijn vochtigheid of droogte, zijn meerdere of mindere poreusiteit enz. grooten invloed op dit verschil hebben, zoo speelt toch het verschil in de oplosbare bestanddeelen hier eveneens een grooten rol. Wel is waar hangt dit zelf weer, tenminste gedeeltelijk, van de natuurkundige eigenschappen van den grond, en wel vooral van diens absorptievermogen af, doch wij weten dat men in den landbouw ook dit laatste onder de macht van den mensch gebracht heeft. Evenals met de wildgroeiende planten, is het ook met de cultuurgewassen. Ook bij deze is voor de eene soort een zandige, voor de andere een veenachtige bodem, voor een derde een kleigrond voordeeliger. Men kan dit onderscheid echter nog verder vervolgen, en vindt dan dat verschillende cultuurgewassen, die op dezelfde soort van grond gekweekt worden, toch aan de opneembare bestanddeelen van deze verschillende eischen stellen. Zoo hebben beetwortels meer kaliumverbindingen, tarwe meer phosphorzure zouten, en klaver meer stikstofhoudende stoffen noodig. Hetzelfde geldt bij een vergelijking van de cultuurplanten met de schadelijke onkruiden. Niet zelden gedijen dezen onder andere omstandigheden dan het verbouwde gewas, en zijn dan als het ware

een aanwijzing van de gebrekkige verhouding van de voedingsstoffen in den bodem. Zoo is het b. v. met de kleine wilde zuring of het zuurzaad (Rumex Acetosella), dat op ijzerhoudende gronden dikwijls zoo menigvuldig is, dat het koorn er onder lijdt, en dat het geheele veld de roode tint zijner bladen reeds op een afstand vertoont. IJzerrijkdom en kalkarmoede van den grond begunstigen zijne ontwikkeling; kalkrijkdom bevoordeelt de koornplanten tegenover dit onkruid. Van daar dat men zulke landen geheel genezen kan door ze eenvoudig met kalk te bemesten.

Welke stoffen een cultuurplant vooral in den grond moet aantreffen om een rijken oogst op te leveren, kunnen wij op zeer eenvoudige wijze nagaan, zoo wij van rijkelijk ontwikkelde planten derzelfde soort de asch scheikundig onderzoeken. Juist de daarin voorkomende stoffen heeft de plant natuurlijk het meest noodig. Echter moet men daarbij letten op de stikstofverbindingen, die in de asch niet gevonden worden, en wier gehalte daarom afzonderlijk moet worden bepaald. Hierin ligt het belang, dat de aschanalysen der cultuurplanten voor den wetenschappelijken landbouw hebben. Door de vergelijking van de uitkomsten der talrijke onderzoekingen, die in een lange reeks van jaren hieromtrent gedaan zijn, komt men tot de juiste kennis van de voornaamste eischen, die de verschillende planten aan de bestanddeelen van den bodem stellen. Om dus van een gewas een zoo groot mogelijken oogst te verkrijgen, moet men o. a. zorgen, dat de samenstelling der opneembare bestanddeelen van den bodem overeenkomstig zij aan die van de asch der te kweeken soort. Wilde men dezen regel in praktijk brengen, zoo zou in verreweg de meeste gevallen de bemesting veel te groote onkosten vereischen, hetgeen door een zeer eenvoudig middel geheel overbodig gemaakt wordt. In plaats van den bodem naar de keuze der plant in te richten, richt men de keus van het te kweeken gewas naar de eigenschappen van den bodem. Hoogstens zal men, zoo de laatste keus niet tot voldoende overeenstemming voert, door toevoeging van enkele bestanddeelen in den vorm van kunstmest deze overeenkomst volledig maken. Doch men gaat hiertoe niet over, dan na zich overtuigd te hebben, dat de gekozen plant onder de heerschende omstandigheden het meeste voordeel belooft.

Deze algemeene regel van den landbouw, de te kweeken plantensoorten naar de gesteldheid van den grond te kiezen, leidt tot een

gevolgtrekking die tegenwoordig dezen tak van nijverheid bijna geheel beheerscht, ik bedoel de wisselcultuur. Veronderstellen wij dat een akker, na een rijkelijke bemesting met stalmest, die alle vereischte bestanddeelen bevat, gedurende een jaar met klaver bebouwd is geweest. De klaver neemt de oplosbare bestanddeelen in een geheel andere verhouding op, dan waarin zij in den bodem gevonden worden; hij verbruikt b. v. veel meer stikstofverbindingen dan phosphorzure zouten. Na het wegvoeren van den oogst van klaver vindt men dus den grond in dezen veranderden toestand terug, waaruit volgt, dat hij nu voor den groei van klaver veel minder geschikt geworden is. Daarentegen zal rogge of tarwe, die voornamelijk phosphorzure zouten, en in verhouding tot klaver veel minder stikstof behoeven, op dezen grond zonder verderen toevoer van organische mest zeer goed kunnen groeien. Is daarbij door de rijkelijk ontwikkelde klaverwortels en het onderploegen van de stoppels en het onkruid ook voor de organische bemesting op voldoende wijze gezorgd, zoo zal men van dit land zonder bemesting een koorn-oogst kunnen verkrijgen, terwijl een nieuwe klaveroogst een vrij zware bemesting zou eischen. Dit is het beginsel van de wisselcultuur, die dus daarop berust, dat in verschillende jaren na elkander plantensoorten gekweekt worden, die verschillende anorganische stoffen in groote mate vereischen, zoodat zij als het ware te samen den bodem van alle bestanddeelen in gelijke mate berooven. Is de reeks dezer planten op het veld gekweekt, dan zal het in eens door rijkelijke toevoeging van stalmest geschikt gemaakt worden om in een gelijk aantal opvolgende jaren dezelfde reeks van planten weer te voeden, vóór en aleer een tweede bemesting noodig is. Het voordeel van deze methode, dat én in de besparing van mest, én in het gelijkmatige gebruik van alle verschillende stoffen van den grond gelegen is, springt dadelijk in het oog. Ik behoef slechts op te merken, dat elke andere wijze van bebouwing, met dezelfde wijze van bemesting gepaard, noodzakelijk tot een nuttelooze opéénhooping van bepaalde mestbestanddeelen in den grond aanleiding zou geven, nl. van die welke in geringe mate door de plant verbruikt, doch in groote mate in de mest toegevoerd zouden worden.

De belangrijkheid van de wisselcultuur eischt, dat wij hare werking door een voorbeeld nog duidelijker trachten te maken. Op losse gronden, die aan lucht en water gemakkelijk den doorgang verlee-

nen, vindt men niet zelden deze opeénvolging van gewassen: 1° aardappelen, 2° rogge, 3° klaver, 4° erwten, 5° boekweit, waarna de reeks op nieuw aanvangt. Bij deze opeenvolging wordt na den oogst der aardappelen het veld met stalmest sterk gemest, en heeft dan gedurende vijf jaren in den regel geen bemesting meer noodig. Op den sterk gemesten grond groeit de rogge met zijn klein wortelstelsel bij uitstek goed, en neemt vooral de phosphorzure zouten op; de klaver is veel rijker beworteld en heeft dus een dikkere aardlaag als bron van zijn voedsel; zij verlangt minder phosphorverbindingen, doch meer stikstofhoudende stoffen. Daarvoor geeft zij in hare talrijke wortels aan den grond een zoo ruime organische mest, dat deze voor den aanbouw van erwten overvloedig voldoende is; deze hebben zoowel de stikstof- als de phosphorverbindingen noodig en vinden die in een gunstige verhouding in den grond. Zij zijn rijk bebladerd en verhinderen daardoor het te snelle vergaan van den humus, daar zij de toetreding der lucht tot den bodem verminderen; er blijft dus nog genoeg humus over voor de boekweit, die aan de anorganische bestanddeelen gelijke eischen stelt als de erwten, doch een veel uitgebreider stelsel van wortels heeft, en zijn voedsel dus van plaatsen kan nemen, die door de wortels der erwten niet bereikt konden worden. Op den nu bijna uitgeputten bodem groeien nog slechts aardappelen weelderig genoeg om een voldoenden oogst op te leveren, en dan is weer een bemesting noodig geworden. Het behoeft wel geen vermelding, dat al naar gelang van den bodem en van de beschikbare meststoffen deze opeenvolging een verschillende is, en dat daar, waar aan den grond slechts weinig mest tegelijk kan worden toevertrouwd, omdat anders de kans op verlies te groot zou zijn, niet eens, doch meerdere malen in de reeks van jaren met verschillende cultuur, moet worden gemest.

De grondbeginselen van den landbouw, van welke wij hier getracht hebben een kort overzicht te geven, berusten zoowel op de praktische ondervinding, die gedurende den loop der eeuwen werd opgedaan, als op de wetenschappelijke onderzoekingen, die aan deze studie in de laatste tijden in bijna onoverzienbaar aantal werden gewijd. Toch is het aan de vereende krachten dezer beide richtingen nog niet gelukt ons een volledig inzicht te geven in de eigenschappen van den bouwgrond, en de veranderingen, die deze gedurende de

cultuur ondergaat. Slechts eenige hoofdzaken weten wij; over de bizonderheden heerscht tusschen verschillende onderzoekers bijna in alle gevallen nog verschil van meening. Daarenboven biedt de bouwgrond zelf een zoo groote verscheidenheid van soorten, en wijken de uitersten van deze zoo zeer van elkander af, dat wat van de eene geldt, daarom voor de andere nog volstrekt niet zeker is. Men heeft getracht door rechtstreeksche bemestingsproeven op scheikundig onderzochten grond, en door nauwkeurige bestudeering van den gewonnen oogst, zoowel wat waarde, als wat gehalte aan verschillende scheikundige bestanddeelen betreft, een stap nader tot de oplossing van het groote vraagstuk te komen, en zoo mogelijk de moeilijke en tijdroovende theoretische studie der oorzaken daarbij als het ware overbodig te maken. Doch de talrijke invloeden, die op zulk een proef inwerken en wier regeling men niet in zijn macht heeft, zijn oorzaak dat ook deze onderzoekingen tot geene algemeene resultaten voeren. Van een zuiver wetenschappelijke landbouwkunde kunnen toch nog slechts de allereerste beginselen als vaststaande beschouwd worden, doch reeds heeft de praktijk belangrijke voordeelen van de tegenwoordige wetenschappelijke richting der onderzoekingen op dit gebied getrokken. Wel is waar is de overoude methode van bemesting met stalmest niet omvergeworpen, zoo als in de eerste helft dezer eeuw menigeen meende dat zou moeten geschieden, doch, terwijl zij nog steeds hoofdzaak blijft, is naast haar de kunstbemesting opgetreden, die ons in staat stelt hare gebreken te herstellen. Zuivere bemesting met stalmest geeft licht aanleiding dat de bodem langzamerhand armer wordt aan eenige der voor het plantenleven onmisbare stoffen; waar dit gevaar schijnt te bestaan, moet de scheikundige onderzoeking van den grond uitspraak doen, en zoo het vermoeden blijkt juist te zijn, moet de ontbrekende stof als minerale mest of kunstmest worden toegevoerd. Hoe meer langzamerhand de verschillende voorschriften, door de wetenschap gegeven, in de praktijk ingang vinden en de ondervinding over hunne juistheid beslist, hoe breeder telkens de grondslag zal worden, waarop de verdere onderzoekingen kunnen worden opgebouwd, en hoe sneller de tijd zal aanbreken, dat de wetenschappelijke onderzoeking het gevraagde antwoord zal kunnen geven op alle vragen, die zich in de praktijk omtrent den bouwgrond en de bemesting voordoen.

INSEKTENETENDE PLANTEN.

Voor weinige maanden verscheen te Londen een verhandeling van den beroemden schrijver van den "Oorsprong der Soorten", die tot titel voert: "*Insectivorous Plants*". Reeds gedurende geruimen tijd was door voorloopige mededeelingen over dit werk door verscheidene vrienden van DARWIN, vooral door HOOKER, den directeur der botanische tuinen te Kew, de aandacht op deze onderzoeking gevestigd. Niet alleen in wetenschappelijke geschriften werden de voornaamste resultaten van DARWIN's werk bekend gemaakt, ook in veel wijdere kringen werd door populaire tijdschriften, ja zelfs door dagbladen, de kennis van eenige bizonder verrassende feiten verspreid. Doch deze geïsoleerde, uit hun verband gerukte, ja somwijlen onjuist wedergegeven feiten vermochten slechts de nieuwsgierigheid te prikkelen, een juist begrip van de verschijnselen in kwestie gaven zij niet. Dien ten gevolge deed zich ook hier het gewone geval voor, dat de meeste lezers elk bericht geloofden, hoe onbegrijpelijk het ook ware, terwijl anderen in het tegenovergestelde uiterste vervielen, en eenvoudig aan alle zonder afdoende bewijzen medegedeelde berichten alle geloof weigerden. Trouwens de besproken feiten zijn op het eerste gezicht schijnbaar zóó in tegenspraak met alles, wat men omtrent de voeding der planten tot nu toe met zekerheid wist, dat een onvolledige mededeeling er moeilijk aanspraak op maken kon, gaafweg aangenomen te worden.

Wanneer ik het waag, als aanhangsel tot mijne vorige opstellen over de voeding der plant, hier de verschijnselen te beschrijven,

die men bij insektenetende planten waarneemt, zoo behoeft dit mijnerzijds eene rechtvaardiging. Wij herinneren ons toch nog maar al te goed, hoeveel onheil door het te vroegtijdig populariseeren van de uitkomsten der wetenschappelijke onderzoekingen over de afstammingsleer gesticht is. Hoevele schrijvers hebben niet getracht het publiek omtrent de bewijzen van deze zonder twijfel voor elk beschaafd mensch zeer belangrijke natuurwet in te lichten, vóór dat zij zelf de beteekenis dezer bewijzen volkomen doorgrond hadden! Het natuurlijk gevolg was, dat vele lezers door deze onvolkomen en helaas! dikwijls onjuiste bewijsvoeringen niet overtuigd werden. Andere schrijvers, ten deele tegenstanders van wetenschappelijken vooruitgang, ten deele niet in staat de juistheid der door DARWIN gebruikte argumenten naar waarheid te beoordeelen, maakten hiervan weldra gebruik, om in populaire geschriften de afstammingsleer te bestrijden. Zoo ontstond een literatuur van geschriften voor en tegen DARWIN's leer, die met weinige uitzonderingen alle een gemeenschappelijke fout hadden, dat zij namelijk de beslissing over een der moeilijkste wetenschappelijke vragen overlieten aan lezers, die met de ware argumenten slechts op hoogst onvolledige wijze bekend gemaakt werden. Hoeveel gelukkiger ware het niet geweest, zoo de afstammingsleer tot zuiver wetenschappelijke kringen beperkt gebleven ware tot den tijd, waarop zij dáár algemeen aangenomen en zóó volledig doorgewerkt was, als zij dit thans is. Hoe gemakkelijk ware het thans een juist inzicht in deze natuurwet en hare geheele beteekenis te geven, zoo niet de talrijke door vroegere geschriften verbreide vooroordeelen en onjuiste begrippen telkens bestreden moesten worden!

Gelukkig bestaat voor het onderwerp, dat ik nu wensch te behandelen, zulk een gevaar niet. DARWIN's nieuwste werk toch levert ons niet een grootsche theorie, door scherpzinnige combinatie van reeds bekende feiten en natuurwetten bewezen en van den lezer een krachtige verstandsinspanning eischende, om tot de overtuiging der juistheid der medegedeelde redeneeringen te komen. Zijn verhandeling brengt ons een onafzienbare reeks van waarnemingen en proeven, die zoo nauwkeurig en uitvoerig beschreven zijn, en zoo geheel den stempel van eenvoudigheid en waarheid dragen, dat zij slechts dan betwijfeld mogen worden, wanneer men, bij een herhaling zijner proeven naar zijn voorschriften, zijne uitkomsten niet bevestigd zoude

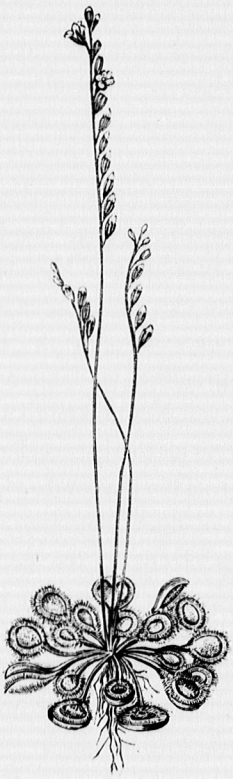
vinden. De gevolgtrekkingen uit zijne proeven liggen zóó voor de hand, dat zij onaantastbaar zijn, zoo slechts de feiten, waarop zij berusten, waar zijn. Daarbij komt, dat de voornaamste proeven zeer gemakkelijk door iedereen herhaald kunnen worden, die slechts de planten, waarover gesproken wordt, te zijner beschikking heeft. In den loop van dezen zomer was ik in de gelegenheid, aan de door DARWIN uitvoerig onderzochte planten de voornaamste door hem beschreven proeven en waarnemingen te herhalen, en zoodoende mij nog nader van de juistheid zijner beschrijvingen en gevolgtrekkingen te overtuigen.

Reeds op het einde der vorige eeuw wist men, dat sommige planten in hare bladen van tijd tot tijd insekten vangen, zonder dat men in de beteekenis van dit feit een juist inzicht had. Men noemde deze gewassen, die allen lage plantjes zonder eigenlijken stengel waren, Vliegenvangertjes. Een paar soorten daarvan zijn in Europa uiterst algemeen (*Drosera*), een andere, grootere en fraaiere soort (*Dionaea*) komt slechts in een klein gedeelte van Noord-Amerika voor. Eerst in de laatste jaren werden deze planten uitvoeriger onderzocht. Daardoor bevestigde zich het feit, dat insekten, vooral vliegen, door de bladen gevangen worden, die ze of door plotseling toe te slaan, of door een kleverig vocht vasthouden. DARWIN toonde verder aan, dat de gevonden insekten werkelijk verteerd en uitgezogen worden en wel merkwaardigerwijze door dezelfde scheikundige werking, door welke in de maag van den mensch het voedsel verteerd en tot opname in het bloed voorbereid wordt. Hoe verschillend de bouw van een dierlijke maag en van een plantenblad ook zijn moge, de stoffen, die beide afzonderen, oefenen op het voedsel geheel dezelfde werking uit. Hoe dit geschiedt, laat zich eerst dan juist begrijpen, wanneer men met den bouw en de bewegingen der bladen dezer planten bekend is, en daar deze geenszins overal dezelfde zijn, wil ik terstond tot de beschrijving der afzonderlijke soorten van insektenetende planten overgaan. Ik begin met de meest algemeen voorkomende, en door DARWIN het uitvoerigst bestudeerde soort.

De *Zonnedauw* of het *inlandsche Vliegevangertje* (*Drosera*) is een plantje, dat op vochtige plekken in heiden in ons vaderland uiterst algemeen voorkomt. Waar men haar aantreft, groeit zij steeds in talrijke exemplaren gezellig bijeen. Bijna altijd treft men haar tegelijker-

tijd in twee soorten aan, het rondbladige en het smalbladige vliegevangertje (*Drosera rotundifolia* en *D. intermedia*). Beide soorten zijn kleine fraaie plantjes, wier stengel uiterst kort en geheel in den grond verborgen is. Aan dezen is een roset van meestal 5—20 bladen bevestigd, die elk uit een langen bladsteel en een kleinere bladschijf bestaan. De bladschijf is bijna cirkelrond bij de eene soort, langwerpig of bijna lijnvormig bij de andere soort. Uit den oksel van een, twee of drie dezer bladen ontspringen bloemstelen, die recht omhoog groeien en, zoolang zij jong zijn, aan hun top een weinig omgebogen zijn. Knoppen, bloemen en vruchten zijn langs het bovenste gedeelte van dezen steel bevestigd; gewoonlijk bloeien aan elken steel slechts één of een paar bloempjes te gelijkertijd, die ons dan een groenen kelk, vijf kleine, helder witte bloemblaadjes, vijf meeldraden en een korten dikken stamper met vijf stijlen vertoonen. De geheele bloeiende plant is gewoonlijk niet meer dan een decimeter hoog en is in den grond slechts met enkele zeer dunne wortelvezeltjes bevestigd.

Fig. 69.

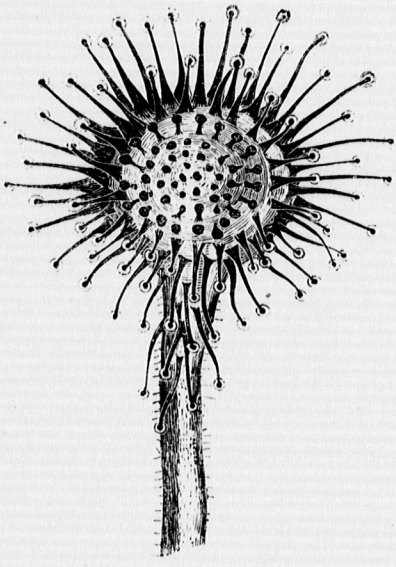


Het rondbladige vliegevangertje, (Drosera rotundifolia). Nat. gr.

Vestigen wij thans onze aandacht meer in het bizonder op de bladen, zoo vallen ons terstond de sierlijke, regelmatig straalvormig geplaatste roode haren in het oog, die de geheele bladschijf bedekken en elk aan den top een klein donkerrood kliertje dragen. Deze kliertjes zonderen, bij warm en helder weder, elk een druppeltje van een waterheldere kleverige vloeistof af, welke als dauwdruppels in de zon glinsteren, en de aanleiding tot den naam Zonnedauw geworden zijn. Op het midden van de bladschijf zijn deze klierdragende haren zeer kort, de kliertjes dus dicht bij de schijf geplaatst.

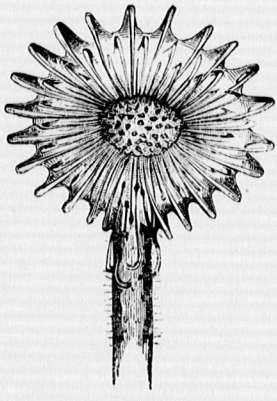
Naar den rand toe worden hunne steeltjes langer; die aan den rand geplaatst zijn, zijn bijna zoo lang als de halve lengte der bladschijf. In het geheel telt men er omstreeks tweehonderd op één blad. Ook op den bladsteel ziet men enkele zulke klierdragende haren. De bladschijf zelf is vrij dik; tengevolge daarvan ziet men het verloop der nerven in haar met het bloote oog niet. Men kan de nerven echter door een zeer eenvoudig middel zichtbaar maken, n.l. door het blad gedurende een paar dagen in spiritus te bewaren. Dan wordt het

Fig. 70.



Een blad van het rondbladige vliegevangertje, met de klierdragende haren geheel uitgespreid. Vergroot.

Fig. 71.



Een blad van het rondbladige vliegevangertje, waarvan alle klierdragende haren naar het midden der bladschijf gebogen zijn. Vergroot.

geheel doorschijnend en vertoont nu, met het bloote oog, of nog beter met een loupe beschouwd, drie hoofdnerven, wier toppen zich even boven het midden van het blad boogsgewijze verbinden. Van deze nerven en van hunne bogen gaan talrijke kleine takken naar alle deelen van het blad. Bij zulk een beschouwing valt nu terstond het merkwaardige feit in het oog, dat al de klierdragende haren juist op de nerven geplaatst zijn, en wel zeer dikwijls op de uiteinden der nerven. Een nader onderzoek leert, dat de nerven in elk haar

een uiterst fijn takje omhoog zenden, dat in het kliertje op den top van het haar eindigt. Hierdoor verschillen deze haren zeer van gewone plantenharen, die, gelijk bekend is, meest slechts één enkele cel dik zijn; zij verdienen daarom met een anderen naam bestempeld te worden. De meest geschikte is die van vangarmen of tentakels, die tegelijk hun eigenaardige werkzaamheid aanduidt.

Wanneer een insekt zich op een blad van het vliegenvangertje neerzet, hetzij uit onvoorzichtigheid, hetzij door het vocht der kliertjes gelokt, zoo kleeft het in dit vocht zoo vast, dat het niet weg kan vliegen. Slechts aan grootere insekten gelukt het te ontsnappen; vliegen en muggen geraken door hun pogingen om te ontkomen telkens met meer kliertjes in aanraking, en kleven dus hoe langer hoe vaster aan het blad. Van de kleverigheid van het vocht kan men zich gemakkelijk overtuigen door een paar kliertjes even met den vinger aan te raken; beweegt men dezen langzaam weg, zoo wordt het vocht tot een langen draad uitgetrokken. Is het insekt op de beschrevene wijze eenmaal gevangen, zoo beginnen de voorbereidende maatregelen voor de vertering der prooi. Deze ziet men het beste aan jonge krachtig groeiende en goed ontwikkelde bladen, vooral wanneer het weder gedurende eenige dagen warm en zonnig geweest is. Doch ook onder deze gunstige omstandigheden geschieden alle nu te bespreken verschijnselen zoo langzaam, dat men ze gewoonlijk niet met het oog volgen kan. Rondom het gevangen insekt zonderen de kliertjes hoe langer hoe meer vocht af, en na verscheidene uren is de prooi geheel door een druppel glashelder vocht omgeven, dat weldra de openingen der ademhalingswerktuigen van het dier geheel sluit, en zoo binnen korten tijd zijn dood veroorzaakt. Dit vocht, dat vóór de vangst niet zuur was, is nu zuur geworden, iets, wat reeds terstond een overeenkomst met het maagsap aanduidt, daar dit, gelijk men weet, steeds zuur is, en slechts in zuren toestand zijn werking kan uitoefenen. Doch het is niet genoeg, dat die kliertjes, met welke het insekt door zijn krampachtige bewegingen in aanraking gekomen is, verterend werken, ook de overige klieren moeten hieraan deelnemen. Daartoe krommen zich hunne steelen langzamerhand voorover, en bewegen daardoor de kliertjes naar de prooi toe. Het is merkwaardig te zien, met welke juistheid zij de richting naar het gevangen insekt inslaan, vooral wanneer dit niet in het midden

van het blad, maar dichter bij den rand gelegen is. Weldra drukken de steeltjes hunne kliertjes tegen het insekt aan, waarbij het nut van de grootere lengte der aan den bladrand geplaatste kliersteeltjes ten duidelijkste blijkt. Zoo wordt het insekt, na verloop van een halven dag of langer, aan alle zijden in de zure vloeistof gehuld. Niet zelden draagt hiertoe een kromming van de bladschijf zelve het hare bij.

Let men nu verder op, wat er met zulk een blad gebeurt. Reeds den tweeden dag is het insekt duidelijk veel weeker geworden, en is het reeds ten deele opgelost. In den loop der volgende dagen wordt dit nog duidelijker, en eindelijk blijft slechts een zeer kleine massa, het onverteerbare gedeelte der huid, zichtbaar. Al het overige is in het zure vocht opgelost. Langzamerhand verdwijnt nu dit vocht, en daar de vaste stoffen, die er in opgelost zijn, natuurlijk niet verdampen kunnen, zoo is het duidelijk dat zij door het blad worden opgezogen. Ook kan men onder het mikroskoop veranderingen in den inhoud der cellen waarnemen, uit welke men besluiten mag, dat vreemde stoffen door deze opgenomen werden. Is al het vocht opgezogen, zoo keeren de tentakels weer in hun vroegeren stand terug en beginnen na korten tijd een nieuw vocht af te zonderen, om ten tweeden male een prooi te kunnen bemachtigen.

Al de hier beschrevene verschijnselen kan men gemakkelijk aan gekweekte exemplaren van het vliegevangertje waarnemen, wanneer men onder de vermelde omstandigheden insekten op hunne bladen plaatst. Veel leerzamer is het echter, in plaats van insekten, daartoe kleine stukjes hardgekookt eiwit te gebruiken. Snijdt men zulk eiwit in cubische stukjes van ongeveer een millimeter grootte, zoo kunnen deze gemakkelijk in hun geheel door een Drosera-blad verteerd worden. Men kan dan de langzame oplossing veel duidelijker zien. Eerst wordt het stukje eiwit aan de hoeken doorschijnend, later ook in het midden, terwijl allengs de scherpe kanten verdwijnen. Zoo wordt het voortdurend kleiner en verdwijnt eindelijk spoorloos. Dat het daarbij in het zure vocht der kliertjes opgelost wordt, spreekt wel van zelf. Evenmin kan het betwijfeld worden dat, wanneer later dit vocht door de kliertjes geheel opgezogen wordt, ook het daarin opgeloste eiwit door het blad opgenomen en door de plant op de eene of andere wijze als voedsel verbruikt wordt.

Niet alleen eiwit, doch ook andere stoffen, welke gelijksoortige voedingsstoffen bevatten, b.v. stukjes vleesch, kraakbeen en gelatine, worden op de beschreven wijze door de bladen der vliegevangertjes verteerd en geabsorbeerd.

Vóór wij verder gaan, is het noodig met enkele woorden de vraag te beantwoorden, met welk recht men de beschreven verschijnselen vertering noemt. Daardoor toch spreekt men uit, dat zij op gelijke lijn gesteld moeten worden met de vertering, die het voedsel in de maag en het darmkanaal van den mensch ondergaat. Hier uitvoerig de vertering van spijzen in het dierlijk lichaam te bespreken, zou mij echter veel te ver voeren. Het zij voldoende er op te wijzen dat vleesch en eiwit, in het algemeen de eiwitachtige stoffen van ons voedsel, door het maagsap uit den vasten in den opgelosten toestand worden gebracht. Dit maagsap, dat door de klieren aan den binnenwand der maag afgezonderd wordt, is zuur en bevat, onder vele andere bestanddeelen, een zeer belangrijke stof, pepsine genaamd. Krachtens deze beide eigenschappen is het in staat, eiwitachtige stoffen te verteren. Het bewijs hiervoor levert de volgende proef. Men kan uit maagsap het pepsine langs scheikundigen weg in vasten vorm afzonderen. Lost men nu deze stof op in water, dat men door eenige druppels zoutzuur zwak zuur gemaakt heeft, zoo is dit vocht in staat om, bij de temperatuur van het dierlijk lichaam, vleesch en eiwit geheel op te lossen. Dit oplossen nu heet in de physiologie verteren; het verteerde, d. i. opgeloste eiwit, wordt door fijne buisjes, die in den wand van de maag en de darmen liggen, opgezogen en aan het bloed toegevoerd.

Wij zagen reeds dat het vocht der vliegevangertjes zuur is, even als het maagsap. Het bevat ook een stof, die zeer met pepsine overeenkomt, en tegenover eiwit dezelfde eigenschappen vertoont. Het werkt eveumin als maagsap, wanneer men zijn zuur door een basis, b.v. ammoniak, afstompt. Zijn werking komt dus geheel met die van maagsap overeen, en wij mogen dus gerust zeggen, dat Drosera de gevangen insekten evenzoo verteert, als een dier zijn voedsel.

Wanneer men in de vrije natuur de bladen der Drosera's nauwkeurig onderzoekt, zoo gebeurt het niet zelden, dat men ze om een prooi gesloten vindt. Veel menigvuldiger komt het echter voor, dat overblijfselen van gestorven insekten op de geheel geopende bladen

liggen. Klaarblijkelijk zijn het de onverteerbare deelen van vroeger gevangen en uitgezogen diertjes. Dikwijls dragen alle bladen van een plant zulke overblijfselen; enkele malen vindt men op één blad de duidelijke sporen van tien of meer verschillende individu's. Meestal zijn het soorten van vliegen en muggen, die aan de bladen zijn blijven kleven; grootere insekten treft men er gewoonlijk niet op aan, wat daaraan moet worden toegeschreven, dat deze kracht genoeg hebben om zich weer los te maken, zoo zij toevallig met de bladen in aanraking komen.

Het groot aantal van insekten, dat de vliegevangertjes op deze wijze vangen, verbonden met het feit, dat zij ze bijna geheel verteren en opzuigen, wijst er ons ten duidelijkste op, dat deze dieren hun tot voedsel strekken. In deze overtuiging wordt men door het onderzoek der wortels bevestigd. Andere planten toch nemen haar meeste voedsel door de wortels uit den grond op, terwijl slechts het koolzuur door de bladen zelve aan de lucht ontleend wordt. Dat ook de vliegevangertjes koolzuur tot hun voeding noodig hebben, leert ons de groene kleur hunner bladen. In een vorig hoofdstuk hebben wij den samenhang tusschen deze feiten leeren kennen. Daarentegen zijn de wortels der Drosera's uiterst weinig ontwikkeld; zij bestaan slechts uit enkele korte dunne vezeltjes, die zeer weinig vertakt zijn. Niet zelden treft men haar niet eens in aarde geworteld, doch slechts tusschen de levende plantjes van het veenmos haar wortels verspreidende; op plaatsen dus, waar zij bijna in het geheel geen voedsel kunnen aantreffen. Wij mogen daaruit besluiten, dat de wortels hun rol van voedsel opnemende organen hier òf geheel verloren hebben, òf nog slechts in geringe mate vervullen, terwijl hun werkzaamheid door de insektenverterende bladen overgenomen is. Aan de wortels blijft het opzuigen van water opgedragen, dat zoowel voor den groei, als tengevolge der verdamping noodig is.

Men kan Drosera's op warme zonnige plaatsen kweeken, zoo men de omgevende lucht vochtig houdt, hetgeen het gemakkelijkst door groote glazen stolpen bereikt wordt. Men graaft daartoe bij voorkeur de plantjes met wat aarde uit, zoodat men de wortels niet beschadigt, en plaatst dan deze stukjes grond tusschen vochtig veenmos op een bord met hoogen rand dicht bijéén. Het veenmos groeit dan welig en zuigt veel water op, waardoor het gemakkelijk is, ook de

aarde om de Drosera's vochtig te houden. Hoe warmer het is, en hoe meer de zon er op schijnt, hoe krachtiger de planten groeien, en hoe zekerder en sneller de bladen hun bewegingen maken. Langzaam groeiende planten zijn niet zelden zoo weinig prikkelbaar, dat zij zich volstrekt niet bewegen, zoo men insekten of stukjes eiwit op haar bladen legt. Ik zag bladen, die in den loop van verscheidene dagen een stukje eiwit geheel verteerden en opzogen, zonder een enkelen tentakel te krommen. Heeft men daarentegen zeer krachtig ontwikkelde planten, zoo is dikwijls een uiterst geringe prikkeling voldoende om bewegingen te doen ontstaan. Hierbij valt op te merken, dat alleen de kliertjes voor prikkels gevoelig zijn; dezelfde stoffen, die, op de kliertjes gebracht, krachtig werken, zijn geheel zonder invloed, zoo ze slechts met de bladschijf of met de stelen der kliertjes in aanraking gebracht worden. Eveneens is ook de achterkant der bladen geheel gevoelloos, daar hier geen kliertjes voorkomen. DARWIN legde kleine glassplintertjes voorzichtig met een pincette op eenige roode kliertjes van een blad; en zag dat na verloop van korten tijd de stelen dezer klieren zich naar het midden der bladschijf bogen, even alsof het blad een insekt gevangen had. Ja, het was voldoende tegen een kliertje eenige malen achter elkander zacht te tikken, om deze beweging te zien ontstaan. Een stukje van een hoofdhaar van een mensch, zóó klein dat het slechts acht honderdduizendste deelen van een milligram woog, was groot genoeg om, op een kliertje gelegd, het steeltje te doen krommen. Dit stukje kon slechts met een goede loupe gezien, en met de punt van een zeer scherpe naald aangevat en opgelicht worden; het bleef eerst op het dauwdruppeltje drijven, doch werd door middel van de naald onder gedrukt, en met het kliertje zelf in aanraking gebracht. Zulke proeven toonen ons een uiterst fijne gevoeligheid aan, die bijna alles overtreft wat men van gevoeligheid niet alleen bij planten, maar zelfs bij dieren kent. Ja, de gevoelsnerven van den mensch kunnen zulke kleine deeltjes niet onderscheiden, als de kliertjes van de zonnedauw. Doch het gevoel der Drosera's is nog veel scherper ontwikkeld. Dit kunnen proeven met oplossingen van ammoniakzouten leeren. Ammoniak is een der stoffen die, bij verrotting of onder andere omstandigheden, uit eiwit, vleesch en daarmede overeenkomende lichamen ontstaan. Lost men van eenig ammoniakzout een weinig in een vijfhonderd maal groo-

tere hoeveelheid water op, en brengt men van deze zeer verdunde oplossing een klein druppeltje op eenige kliertjes van het vliegevangertje, zoo kan dit, onder gunstige omstandigheden, beweging der tentakels tengevolge hebben. Neemt men hierbij in aanmerking dat volkomen zuiver water geen invloed uitoefent, zoo ziet men dat het vliegevangertje zoo geringe hoeveelheden dezer zouten onderscheiden kan, als wellicht op geene andere wijze kunnen worden aangetoond.

Evenals ammoniak werken allerlei andere stoffen, en wel voornamelijk diegene, die, evenals dit lichaam, stikstof in hare verbinding bevatten, en daarbij geheel of ten deele in het vocht der kliertjes oplossen, zoo b. v. nicotine en strychnine. De aanwending van zulke lichamen heeft niet alleen de beweging der klierdragende haren ten gevolge, maar bewerkt ook een rijkelijker afzondering van het zure vocht door de klieren. Ook vele stikstofvrije stoffen bezitten het vermogen, de beweging der tentakels te veroorzaken en de klieren tot krachtiger werkzaamheid aan te sporen; zoo b. v. vele zuren.

De tentakels kunnen in het algemeen op tweeërlei wijze er toe gebracht worden zich te krommen. De eerste bestaat daarin, dat hun eigen kliertje geprikkeld wordt, in het tweede geval werkt de prikkel rechtstreeks op een of meer andere kliertjes, en plant zich door de bladschijf naar de omliggende kliertjes voort. In het eerste geval vindt dus een rechtstreeksche prikkeling, in het laatste een indirecte plaats. In de natuur komen de insekten meest op het midden der bladschijf, en worden de kortgesteelde kliertjes, die hier staan, dus direct, de langgesteelden aan den rand indirect geprikkeld. De voortplanting van den prikkel geschiedt in de bladschijf volgens rechte lijnen, zonder zich om het verloop der nerven te bekommeren. De naastbij staande tentakels worden dus het eerst aangedaan, de meer verwijderde eerst later. Is de prikkel niet sterk genoeg, zoo kan hij de randtentakels niet bereiken. Wat nu bij dit alles het merkwaardigste is, is het feit, dat door de rechtlijnige voortplanting van den prikkel tegelijk de richting bepaald wordt, waarin zich de tentakels krommen. Deze toch buigen zich altijd naar de zijde, van welke de prikkel komt, en buigen daardoor noodzakelijk hun kliertje met groote juistheid naar de plaats waar het gevangen insekt ligt. Men ziet gemakkelijk in, van welk voordeel deze inrichting voor de snelle vertering van de prooi is. Wordt daarentegen een randten-

takel zelf, d. i. rechtstreeks geprikkeld, b. v. doordat een zeer klein insekt op zijn kliertje gaat zitten, zoo kromt hij zich naar het midden van het blad, klaarblijkelijk om het diertje daar met zoovéél mogelijk andere kliertjes in aanraking te brengen, ten einde het snel te kunnen verteren en zich spoedig weer voor de vangst van een nieuwe prooi gereed te kunnen maken.

Want is de prooi verteerd, zoo spreiden zich alle tentakels weer zoo wijd mogelijk uit. Dit geschiedt meest eerst verscheidene dagen na het samenbuigen; gewoonlijk toch is een zoo lange tijd voor de vertering van een insekt noodig. Was echter een stukje glas, of eenig onverteerbaar voorwerp oorzaak van de kromming der tentakels, zoo keeren deze meest reeds den volgenden dag in hun gewonen stand terug, als het ware om slechts zoo kort mogelijk de gelegenheid tot het vangen van een betere prooi te verliezen.

Darwin zag bladen drie en meer malen achter elkander een insekt verteren. Het schijnt echter, dat zij daardoor zeer verzwakt worden; ten minste als men hun voor de vierde of vijfde maal een prooi geeft, zoo gelukt het velen doorgaans niet, deze geheel te verteren, doch sterft het blad vóórdat de vertering voltooid is.

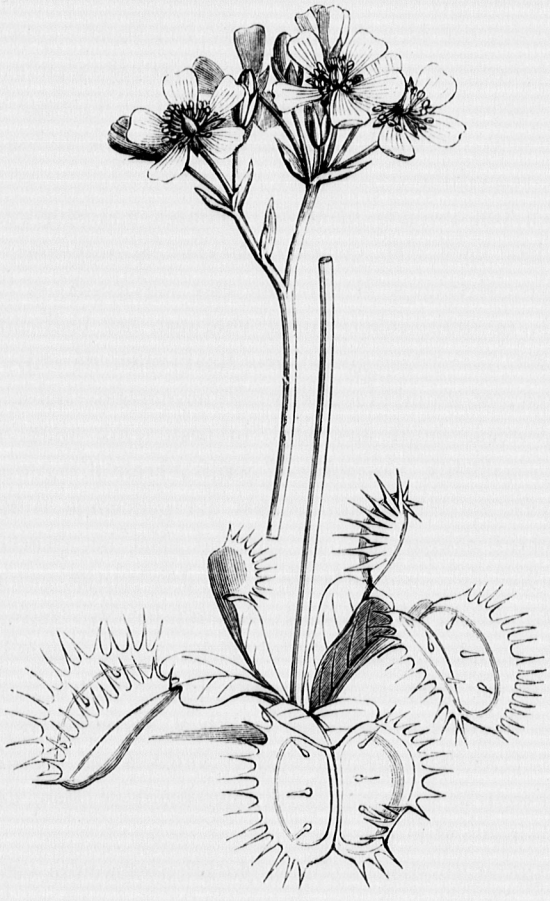
Drosera is niet uitsluitend insektenetend; behalve dat zij vleesch en eiwit, gelijk wij reeds gezien hebben, met graagte verteert, versmaadt zij ook plantaardige stoffen niet, doch zuigt uit zaden, stukjes blad en stuifmeelkorrels de voedzame stoffen op.

Het *Amerikaansche Vliegevangertje* (*Dionaea muscipula*) is in menig opzicht veel interessanter dan zijn europeesche verwanten, doch het is daarentegen veel minder algemeen bekend. Het komt uitsluitend in het oostelijk deel van Noord-Carolina, een der Vereenigde Staten van Noord-Amerika, voor. Het wordt tegenwoordig algemeen in botanische tuinen in warme kassen gekweekt. Het komt in algemeenen vorm vrij wel met de Drosera's overeen, doch de bladen zijn geheel anders gebouwd. Als gene is het stengelloos, en bestaat uit een roset van weinige bladen, uit wier midden in den zomer een bloemstengel met witte bloemen omhoog stijgt. Twee of drie kleine worteltjes bevestigen de tengere plant in den grond, en nemen daaruit het noodige water op. Voor de voeding zijn zij even weinig geschikt als de wortels der Drosera's.

Elk blad eener Dionaea bestaat uit een breeden, groenen blad-

steel, een tweelobbige bladschijf, in het midden door een dikken nerf doorsneden. De twee zijdelingsche helften van deze bladschijf staan niet in één vlak, maar vormen met elkander een scherpen, bijna rechten, hoek. Haar rand is voorzien van lange, dunne en weinig

Fig. 72.



Het amerikaansche vliegevangertje. (Dionaea muscipula) Nat. gr.

buigzame tanden. Ongeveer op het midden van elke bladhelft ziet men op de bovenzijde drie kleine stiftjes op eenigen afstand van elkander geplaatst.

Raakt men even een dezer stiftjes, b. v. met een naald, aan, zoo

klapt dadelijk het blad toe, waarbij de tanden der beide helften tusschen elkander schuiven, even als de vingers van twee saamgevouwen handen. De drie stiftjes buigen zich daarbij op zijde, waartoe zij door een soort van gewricht aan hun voet in staat gesteld worden.

De toegeslagen bladhelften zijn daarbij eenigszins hol geworden, als om ruimte voor een prooi te laten.

De geheele bovenvlakte van beide bladhelften is met kleine roode kliertjes bedekt, die in rustenden staat geen vocht afzonderen; eerst wanneer zij door verteerbare stoffen of stikstofhoudende vloeistoffen aangeraakt worden, scheiden zij een vocht af, dat, even als bij Drosera, onder deze omstandigheden zuur is, maar in veel grootere hoeveelheid te voorschijn treedt.

Heeft men een levende plant van Dionaea met nog geopende bladen, zoo kan men zich gemakkelijk van het volgende, zeer merkwaardige feit overtuigen. Raakt men met een naald, of de punt van een potlood, of eenig scherppuntig voorwerp het blad aan de onderzijde aan, zoo is het als gevoelloos. Raakt men de stijve haren aan den rand aan, of de middennerf, of de bovenvlakte naast of tusschen de stiftjes, steeds blijft het blad in rust. Ook wanneer men deze plaatsen herhaaldelijk aanraakt of wrijft, heeft dit gewoonlijk geen invloed. Doch, zoodra wordt niet een der genoemde stiftjes ook nog zoo voorzichtig aangeraakt, of terstond slaat het geheele blad toe. Het blijkt dus, dat op deze wijze alleen deze stiftjes prikkelbaar zijn. Komt nu een insekt op het blad, zoo zal het van zelf een of meer dezer stiftjes aanraken, het blad sluit zich, en het diertje is gevangen. Vrij groote insekten en andere geleede dieren werden in deze bladen in gevangen toestand aangetroffen, zoo b. v. springkevers, spinnen en pissebedden. Over het algemeen schijnt Dionaea meer kruipende, dan vliegende dieren te vangen; terwijl omgekeerd de prooi der Drosera's juist vooral in vliegen bestaat.

Om het gevangen dier beginnen de kliertjes weldra een zuur, verterend vocht af te zonderen, dat het dier spoedig doodt, daar het de geheele ruimte tusschen de beide bladhelften rijkelijk aanvult. Eerst werken alleen de door het insekt aangeraakte klieren, doch de verspreiding van het vocht prikkelt ook de verder en verder afgelegenen tot krachtige medewerking. Langzamerhand lossen de verteerbare deelen van het dier op, en slechts de onverteerbare huid blijft over. Het

afgezonderde vocht wordt met de verteerde stoffen door het blad opgezogen, en evenals bij Drosera leert ook hier het mikroskopisch onderzoek ons veranderingen kennen in de cellen, welke deze stoffen opnamen. Is na verloop van verscheidene dagen dit geheele proces afgeloopen, zoo opent zich het blad weder.

Wil men zich van de algeheele vertering van voedende stoffen door de bladen van het amerikaansche Vliegevangertje door proeven overtuigen, zoo kiest men hiertoe weder liefst scherpkantige stukjes gekookt eiwit. Men ziet dan de kanten eerst doorschijnend worden en verdwijnen; weldra wordt ook het midden doorschijnend, en eindelijk is het geheele stukje spoorloos verdwenen, en dus opgelost. Evenzoo worden vleesch en gelatine verteerd, terwijl daarentegen vet, een stikstofvrije stof, door het zure vocht niet aangetast wordt.

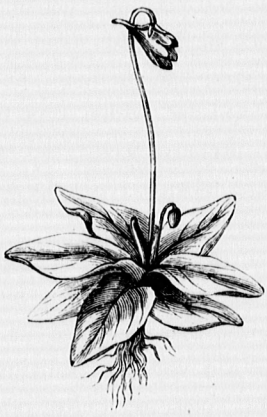
Is een prooi gevangen, dan blijft het blad zoolang gesloten, tot deze geheel verteerd is, wat niet zelden 9—11 dagen duurt. Was daarentegen alleen een aanraking der stiftjes met een vast lichaam de oorzaak van het sluiten, zoo opent zich het blad meest reeds na verloop van een dag, en is dan op nieuw in staat een prooi te vangen. Bij in het wild groeiende exemplaren schijnt het zelden voor te komen, dat een blad meer dan tweemaal een prooi verteert; bladen van gekweekte planten verliezen dit vermogen dikwijls reeds na de eerste vertering.

De tanden aan den rand der beide bladhelften schijnen een zeer bepaald doel te hebben, dat innig met het zooeven besproken beperkte verteringsvermogen samenhangt. Zij sluiten toch het blad aan de bovenzijde niet terstond volkomen af, daar een volledige sluiting niet door de plotselinge beweging bereikt wordt, maar eerst door een langzame nawerking van deze. Daardoor kunnen zeer kleine insekten nog bij tijds ontsnappen; het blad kan zich dan spoedig weêr openen, en verliest geen tijd en kracht op een prooi, die slechts zeer weinig voedsel levert. Aan de andere zijde kunnen zeer groote insekten zich tusschen de tanden eveneens nog een weg banen, vóór dat het blad geheel gesloten is. Ook dit is van belang, daar proeven leeren, dat te groote stukken voedsel, zelfs van eiwit, niet verteerd kunnen worden. De inrichting der tanden maakt dus, dat alleen insekten van een bepaalde grootte gevangen worden, n.l. juist van dien omvang, dat zij gemakkelijk en met nut verteerd kunnen worden.

Eer ik van de behandeling van het amerikaansche vliegevangertje afstap, wensch ik er nog even op te wijzen, dat dit plantje tot dezelfde natuurlijke familie behoort als de Drosera's. Tot deze familie behooren, behalve een honderdtal soorten van Drosera, nog vier andere geslachten, elk met één of twee soorten. Al deze planten leven, zoover men ze kent, van dierlijke prooi. Zij bezitten verschillende inrichtingen om insekten te vangen, die deels eenvoudiger van natuur zijn dan die der Drosera's, deels meer met de Dionaea's overeenkomen. Daar deze planten alle zeer zeldzaam en bij ons geheel onbekend zijn, ga ik ze met stilzwijgen voorbij, en wend mij tot twee ook in ons vaderland voorkomende gewassen, die in een geheel andere afdeeling te huis behooren. Ik begin met die, welke nog het meest op de vliegevangertjes gelijkt.

Het *Vetkruid* (*Pinguicula vulgaris*) bestaat uit een roset van kleine, breede, langwerpige bladen, die zonder bladsteel en met breeden voet bevestigd zijn aan een onderaardsch stengeldeel, dat het middenpunt der roset inneemt. Het bloeit in Juni en Juli meest met een enkele bloem, die op een langen steel in het midden der roset ontspringt. Deze steel is aan zijn top omgebogen, zoodat de bloem hangt. De paarsche bloemkroon vertoont een boven- en onderlipje, en loopt aan de achterzijde in een korten spoor uit. Slechts weinige korte wortelvezels bevestigen de plant in den grond. In de oostelijke provinciën van Nederland wordt deze plant op vochtige veenachtige plekken op de heiden aangetroffen, doch is, in tegenoverstelling met de Drosera's, verre van algemeen.

Fig. 73.



Het vetkruid (Pinguicula vulgaris). Nat. grootte.

Omtrent den bouw der bladen valt weinig bizonders op te merken. Zij zijn met kleine kleverige klierdragende haartjes dicht bedekt, die, wanneer zij door een insekt of ander verteerbaar voorwerp aangeraakt worden, rijkelijk sap afzonderen. Dit sap is glashelder, zwak zuur, en bezit de eigenschap eiwitachtige stoffen op te lossen. Insekten vindt men zeer veelvuldig op de bladen liggen, en dan, zoo ze nog niet geheel verteerd zijn, in een druppel van de zure vloeistof

gehuld. Dikwijls ziet men vier of meer insekten op één blad; een enkele maal werden zelfs dertig, deels geheel, deels eerst ten deele verteerde dieren op een enkel blad waargenomen. Vooral vliegen, doch ook motjes, torren, spinnen en kleine soorten van bijen strekken het vetkruid ten prooi. Ook zaden van planten, kleine blaadjes en vruchtjes, die op deze bladen vallen, worden door hen uitgezogen, zoodat het vetkruid evenmin uitsluitend insektenetend is als de zonnedauw.

Evenals de Drosera's maakt ook het vetkruid een langzame beweging, wier doel een snellere vertering van het voedsel is. Bij Drosera bewogen zich vooral de tentakels, de bladschijf kromde zich slechts in geringere mate. Bij het vetkruid, dat geen tentakels bezit, is de beweging der bladschijf alleen voorhanden. Deze is een uiterst langzame, en bestaat slechts in het omhoog en naar binnen krullen der beide bladranden. Insekten, die dicht bij den rand liggen, worden daardoor van terzijde en van boven met de kliertjes van den rand in aanraking gebracht, en dus sneller verteerd. Daarenboven drukt de rand zich vast tegen hen, terwijl die, welke op het midden van het blad liggen, geheel los in het omgevende vocht drijven. Klaarblijkelijk zal een regenbui, die de bladen van het vetkruid treft, de in het midden liggende insekten wegspoelen, doch die aan den rand niet mede kunnen voeren. Wij mogen dus ook uit dit oogpunt de bewegelijkheid der bladranden als een nuttige eigenschap beschouwen.

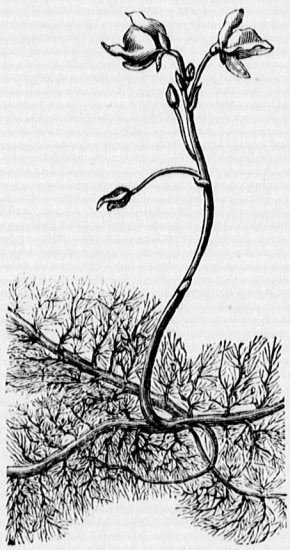
Behalve insekten en andere kleine dieren, kan het vetkruid, even als de vliegevangertjes, nog andere met eiwit meer of min verwante stoffen verteren. In de eerste plaats eiwit zelf, verder vleesch, kraakbeen, gelatine, enz. Deze stoffen, in vochtigen toestand op de bladen gelegd, prikkelen de kliertjes die zij aanraken, en maken daardoor, dat zij hun vocht beginnen af te zonderen; op verder verwijderde kliertjes werken zij eerst dan, wanneer het vocht der eersten zoo rijkelijk wordt, dat het zich over deze verspreidt. Tal van andere oplosbare stikstofhoudende lichamen werken eveneens prikkelend op de klieren. Daarentegen werken kleine stukjes glas niet op de klieren, ofschoon zij wel de beweging van den bladrand veroorzaken.

Is de prooi verteerd en zijn dus alle voedzame deelen daaruit opgelost, zoo zuigen de kliertjes de afgezonderde vloeistof met deze voedzame deelen tegelijk op, tengevolge waarvan de inhoud hunner

cellen dezelfde eigenaardige veranderingen toont, waarvan wij reeds bij Drosera met een enkel woord spraken. Deze vertering en opzuiging geschiedt gewoonlijk snel, dikwijls reeds in een paar dagen, waarna de bladrand weer tot zijn vroegeren stand terugkeert.

Het *Blaaskruid* (*Utricularia vulgaris*) draagt zijn naam naar de tallooze kleine ovale blaasjes, die overal tusschen zijn bladen verspreid staan. Het is een waterplant, die in veenachtige streken, in slooten en greppels, niet zeldzaam is, en geheel ondergedoken leeft. Slechts in den zomer verheft zich een bloemstengel met eenige weinige sierlijk gevormde gele bloemen boven het water. Een plant, die geen bloemen of vruchten draagt, bestaat slechts uit een horizontalen stengel met een paar zijtakken en talrijke dicht bijeen geplaatste bladen, wier lijnvormige slippen maken, dat zij licht voor kleine bebladerde zijtakjes aangezien worden. Het blaaskruid drijft geheel vrij in het water, en is niet in den bodem bevestigd; ja het bezit in het geheel geene wortels. Reeds deze eigenschap, die bij waterplanten, met uitzondering der laag ontwikkelde wieren, tot de hooge zeldzaamheden behoort, wijst ons er op, dat hare voeding op een eenigszins andere wijze moet geschieden dan bij gewone slootplanten.

Fig. 74.

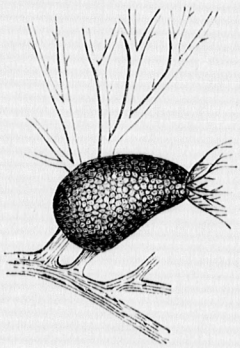


Het blaaskruid (Utricularia vulgaris). Nat. Gr.

Een afzonderlijk blaasje, met een loupe beschouwd, gelijkt merkwaardig sterk op een of andere soort dier kleine zoetwaterkreeftjes, die in de slooten, waarin het blaaskruid leeft, uiterst menigvuldig voorkomen. Slechts is het veel grooter dan de meeste soorten dezer diertjes. Evenals deze heeft het blaasje aan zijn vooreinde een paar vertakte sprieten, die te zamen met eenige haren een trechtervormige ruimte omhullen, wier wijdste opening van het blaasje afgekeerd is, terwijl aan haar top zich de eenige ingang bevindt. Deze ingang is door een ongekleurde, doorschijnende klep gesloten, welke zich naar binnen kan openen, wanneer tegen haar gedrukt wordt, doch die, als door een elastische kracht gedreven, zich

terstond weer sluit, wanneer de drukking aan de buitenzijde ophoudt. Deze blaasjes vormen dus een nog verderfelijker en zekerder werkenden val voor kleine waterdiertjes, dan de bladen van Drosera voor landdieren. Komt toch een kreeftje in de trechtervormige ruimte, zoo kan het slechts òf geheel omkeeren, òf aan de opening van het blaasje komen. De klep is zoo doorschijnend, dat zij wellicht door de diertjes in het geheel niet gezien wordt; de minste drukking is voldoende om haar te openen. Zwemt het diertje er tegen aan, zoo opent zij zich, doch ter nauwernood is het door den ingang in het blaasje gekomen, of de klep, nu niet langer gedrukt, sluit zich weder, en past daarbij met haar rand overal nauwkeurig tegen den rand van den ingang aan. Het diertje is gevangen, en geen kracht of list is in staat de klep van binnen af weer te openen. Men kan onder het mikroskoop het dier nog eenigen tijd in het blaasje rond zien zwemmen, overal naar een uitweg zoekende, eindelijk sterft het door gebrek aan lucht in de afgesloten ruimte. Na verloop van verscheidene dagen is van het dier nog slechts de harde, onverteerbare huid overgebleven, de weekere deelen zijn geheel verdwenen. Of deze op dezelfde wijze verteerd worden als bij de vliegevangertjes weet men niet; proeven, die tot dat doel genomen werden, hebben nog tot geen resultaat geleid. Zeker is het, dat de verdwenen stoffen ten minste ten deele door den binnenwand der blaasjes zijn opgenomen, daar men in de cellen der klierachtige organen, welke dezen wand bekleeden, met het mikroskoop dezelfde veranderingen in den inhoud kan waarnemen, die ook bij de vliegevangertjes en het vetkruid als bewijs dienden, dat stoffen opgenomen waren.

Fig. 75.



Een afzonderlijk blaasje van het blaaskruid, sterk vergroot.

Vóór Darwin's onderzoekingen bekend werden, heeft men algemeen aangenomen, dat de blaasjes dienden om de plant dicht onder de oppervlakte van het water te laten drijven. Men werd tot deze meening geleid door de waarneming, dat deze organen ten minste ten deele met lucht gevuld zijn. Dat deze lucht tot het drijven der plant iets bijdraagt, valt niet te ontkennen; daaruit af te leiden, dat dit

de rol der blaasjes is, is echter, op zijn minst genomen, voorbarig. Trouwens, men kan door een rechtstreeksche proef daaromtrent zekerheid erlangen. Daartoe knipt men van een plant zeer voorzichtig alle blaasjes af, en legt haar weêr in 't water. Zij drijft nu even goed als vóór deze bewerking, waaruit wij leeren, dat de blaasjes voor 't drijven niet noodig zijn. Dienen deze niet voor het drijven, dan moeten wij naar een andere rol voor haar zoeken. Deze vinden wij zonder twijfel in het vangen van kleine diertjes. Onderzoekt men toch de blaasjes van een in 't wild groeiende plant, zoo vindt men daarin bijna altijd overblijfsels van gestorven dieren. Niet zelden werden 5—10 kleine kreeftjes in één blaasje gezien. Hoe rijker het water aan deze dieren is, in des te grooter aantal worden zij in deze organen gevangen. Zoekt men planten uit slooten met geheel helder water, waarin ze trouwens slechts zelden groeien, zoo zijn gewoonlijk de meeste blaasjes leeg. Plaatst men nu zulk een plant in een water, dat wemelt van kleine diertjes, zoo vindt men den volgenden dag, dat bijna alle blaasjes een prooi gevangen hebben.

Het vetkruid en het blaaskruid behooren, gelijk de bouw hunner bloemen leert, tot dezelfde natuurlijke familie. Behalve de beide besproken soorten, komen van beide geslachten in Europa nog andere soorten voor, die eveneens insekten vangen. Ook eenige andere geslachten derzelfde familie bezitten inrichtingen tot dit doel.

Wij zagen dat eveneens de inlandsche en amerikaansche vliegevangertjes tot een familie behoorden, van welke de talrijk bekende leden met dezelfde merkwaardige eigenschap uitgerust zijn. Het schijnt, dat ook nog in andere natuurlijke plantenfamiliën dan deze beiden, dezelfde afwijking van de normale voeding wordt aangetroffen. Zoo vindt men b. v. in de bekers der bekerplanten, die wij reeds vroeger leerden kennen, en die in fig. 64 en 65 afgebeeld zijn, zeer veelvuldig insekten, spinnen en andere kleine dieren. Naar de eigenschappen van het vocht der bekers en de veranderingen, die deze dieren daarin ondergaan, is het zeer waarschijnlijk, dat hier iets dergelijks geschiedt als bij de in dit opstel behandelde insektenetende planten.

Vatten wij ten slotte de voornaamste punten nog eens in korte stellingen samen. De meeste groene planten bereiden zelf haar organisch voedsel en verwerken daartoe uitsluitend het koolzuur der lucht

en de door de wortels opgenomen stoffen. De woeker- en afvalplanten, die meest de groene kleurstof missen, zijn op levende of gestorven planten of dieren, of tusschen hunne halfverrotte overblijfsels vastgehecht, en zuigen uit deze haar voedsel.

Tegenover deze beide voedingswijzen staan de insektenetende planten, die met haar bladen kleine dieren vangen en tot haar voeding gebruiken. Zij dooden haar prooi door middel van bepaalde vochten, die er de voedende bestanddeelen uit oplossen, en dit krachtens eigenschappen, die hen scheikundig zeer met maagsap doen overeenkomen. Deze vochten worden door tallooze kleine kliertjes afgezonderd en, nadat zij hun werking uitgeoefend hebben, met de verteerde stoffen weder volledig opgezogen. Daarbij brengen zij in de cellen der opzuigende organen mikroskopisch-zichtbare veranderingen teweeg. De middelen, waardoor een prooi gevangen wordt, zijn òf de afzondering van een kleverig vocht, òf bewegingen van het blad; in vele gevallen dragen zulke bewegingen wel is waar niet tot het vangen der dieren bij, maar zijn zij toch voor een snelle vertering der prooi van groot belang. Het schijnt, dat het vooral de eiwitachtige, of in het algemeen stikstofhoudende stoffen zijn, voor welker verkrijging het uitzuigen van insekten noodig is, terwijl de stikstofvrije organische stoffen door de groene kleurstof der bladeren rechtstreeks uit het koolzuur der lucht bereid kunnen worden.

5157

verwanging
van C 5587.

