

EENIGE GEVALLEN VAN
SYMBIOSE IN HET PLANTENRIJK.

DOOR

Dr. H. W. HEINSIUS.

Onder de, meestal aan het Grieksch ontleende, benamingen, die sedert lang in de wetenschap gebruikt worden, zijn er vele, die langzamerhand in het dagelijksch leven overgaan. Er zal wel geen beschaafd mensch meer gevonden worden, die niet weet, wat onder *parasitisme* verstaan wordt, al is 't hem ook volkomen onbewust, dat dit woord is afgeleid van het Grieksche *πασιτος*, d. w. z. mede-eter.

Een dergelijke term, die reeds op weg is zich het burgerrecht te verwerven, is: *symbiose*. Dit woord werd voor goed in de wetenschap ingevoerd door den grooten Duitschen plantkundige ANTON DE BARY¹, wiens in 1879 gepubliceerde voordracht: *Die Erscheinung der Symbiose*, nog heden een der grondslagen uitmaakt voor de studie van dit belangrijk biologisch verschijnsel. Het woord is alweder afgeleid uit het Grieksch, n.l. van *σύν* (samen-) en *βίος* (leven), beteekent dus letterlijk: samenleving. In den ruimsten zin opgevat, kan men de symbiose dan ook definieeren als: het *stelselmatig* samenleven van *verschillende* organismen.

Men ziet onmiddellijk in, dat onder deze definitie ook het parasitisme begrepen is en werkelijk is dit slechts een bijzonder geval van symbiose. Evenwel wensch ik dit verschijnsel in de volgende besprekingen geheel buiten beschouwing te laten, evenals alle andere, die men zou kunnen noemen: symbiose met *éénzijdig* dienstbetoon² en

¹ Geb. 1831. Overl. 19 Januari 1888.

² Zie het opstel van dr. J. RITZEMA BOS in het *Album der Natuur* van 1885, blz. 176 en 197.

mij te bepalen tot de symbiose in engeren zin, d. w. z. met *wederkeurig* dienstbetoon, ook wel genoemd: *mutualisme*.

Hiervan kunnen wij de volgende gevallen onderscheiden:

1. Symbiose tusschen dieren en dieren.
2. » » » » planten.
3. » » planten » » .

Alweder wil ik mij beperken en thans alleen melding maken van de beide laatste gevallen, niet omdat het eerste minder belangrijk of belangwekkend is, maar omdat men in dit tijdschrift daaromtrent reeds het meest merkwaardige kan vinden.¹

Reeds uit het bovenstaande blijkt, wat het doel is van de symbiose: beide organismen, die er aan deelnemen, trekken er voordeel uit en wij zullen zien, dat in den regel een van beiden zonder het andere niet of moeilijk in de natuur kan blijven leven. Niemand, die eenigzins bekend is met de groote beginselen van DARWIN'S theorie, zal hierover verwonderd zijn, ofschoon het verschijnsel er niet minder merkwaardig om is. Juist door het voortdurend ten onder gaan van de individuen, die aan hun »symbioten" het minste voordeel aanboden, dus minder door dezen bezocht werden en derhalve ook minder voordeel van hen trokken, heeft zich steeds een inniger band tusschen de beide leden der compagnieschap gevormd, zoodat die ten slotte niet meer buiten elkander kunnen. Dit alles voor elk geval in 't bijzonder na te gaan, zou hier zeker niet doenlijk zijn; genoeg zij het, er in 't algemeen op gewezen te hebben, zoodat ieder bij eenig nadenken in den regel zelf de noodige gevolgtrekkingen zal kunnen maken.

Onder de meest bekende gevallen van symbiose behoort zeker wel het leven van bepaalde soorten van mieren in sommige tropische planten, die in 't bijzonder voor die dieren bestemde holtten bezitten (b. v. *Cecropia*) en somtijds zelfs nog voedsel voor de mieren bereiden. Deze planten worden dan op haar beurt weer door haar gasten beschermd tegen de aanvallen van andere mieren (bladsnijders), die haar anders veelal volkomen van haar bladeren berooven. Ook vele onzer inlandsche planten hebben inrichtingen om mieren en wespen aan te lokken, die haar waarschijnlijk beschermen tegen de aanvallen van rupsen en andere schadelijke dieren. Nadere bijzonderheden hieromtrent vindt men in het opstel van DR. H. BOS in den vorigen jaargang van dit tijdschrift (blz. 193 en 241).

Minder bekend, maar daarom niet minder belangwekkend, zijn de

door LUNDSTRÖM ontdekte *domatiën*.¹ Hieronder verstaat men *alle bijzondere voortbrengselen aan planten, die voor andere organismen bestemd zijn, welke als mutualistische symbioten daarin een belangrijk deel hunner ontwikkeling vollbrengen*. Ook de zoeven genoemde, voor mieren bestemde holten zijn dus eigenlijk domatiën; maar ik heb hier andere, veel meer algemeen voorkomende verschijnselen op het oog.

Aan de bladen der gewone linde treft men, aan de onderzijde, in de hoeken der nerven, groepjes van haren aan, gewoonlijk ten getale van 20 tot 30. Deze zitten boven op de dikkere nerven en zijn naar elkaar gebogen, zoodat daaronder eene holte ontstaat, waarvan de bodem gevormd wordt door het blad, de zijwanden door de nerven en het dak door de haren, terwijl één zijde open blijft. Deze holte nu wordt steeds bewoond door *mijten*, eenigszins gelijkende op de bekende kaasmijs, die in rottende kaas leeft. Zij behooren tot de soorten: *Tydeus foliorum* en *Gamasus rapallidus*. De opperhuid van het blad heeft in het domatium geen huidmondjes, d. w. z. openingen, waardoor het inwendige van het blad in gemeenschap staat met de buitenlucht.

Tegen den tijd van het afvallen der bladen buigen zich de haren naar buiten; de diertjes verlaten dan de domatiën en begeven zich naar takjes, knoppen en vruchten, waar zij overwinteren, schoon de meeste afsterven.

In 't voorjaar nu, als de knoppen begonnen zijn zich te ontwikkelen en de bladeren ongeveer 2 cM. lengte bereikt hebben, verlaten de mijten haar winterverblijf. De domatiën zijn dan aangelegd, maar nog klein; de mijten leggen er haar eieren in, elk individu waarschijnlijk in meer dan één; de domatiën groeien nu verder en naar het schijnt worden die, waarin eieren gelegd zijn, veel grooter dan de ledige. Al spoedig komen de eieren uit en zoodra bij de jonge diertjes de pooten alle acht ontwikkeld zijn, gaan zij op voedsel uit, vooral des nachts of in donkere schaduw. Zij blijven daarbij niet alleen aan de onderzijde van het blad, maar bezoeken ook den bovenkant. Bij helder licht trekken zij zich in de domatiën terug, waar zij ook vervellen en hun uitwerpselen neerleggen.

Wat is nu de beteekenis der domatiën? Hieromtrent kan men vier onderstellingen maken:

1°. Het zijn ziekelijke verschijnselen of galvormingen, te vergelijken met de bekende galnoten der eiken.

2°. Het zijn inrichtingen om dieren te vangen, zooals de blaasjes

¹ Van het latijnsche *domus* = huis, woning.

van het bij ons in zoet water veelvuldig voorkomende Blaaskruid (*Utricularia*).

3°. Zij hebben de eene of andere beteekenis voor de plant, buiten verband tot dieren.

4°. Zij zijn der plant van nut als woonplaatsen voor dieren.

Tegen de eerste onderstelling pleit het feit, dat de domatiën reeds ontstaan vóórdat de eieren gelegd zijn, althans in verreweg de meeste gevallen.

De tweede is niet wel mogelijk, omdat de mijten vrij in en uit kunnen gaan, zoodat van vangen geen sprake is.

Voor de derde is geen enkel argument aan te voeren, terwijl de eigenaardige bouw der domatiën er volstrekt niet door verklaard wordt.

Derhalve blijft alleen de vierde onderstelling over. Merkwaardig is het, dat de domatiën eerst hun volle ontwikkeling bereiken bij de aanwezigheid van mijten, terwijl bij langdurige afwezigheid dezer diertjes de nieuw gevormde domatiën kleiner en kleiner worden en eindelijk bijna verdwijnen. Iets dergelijks is trouwens waargenomen bij de blaasjes van *Utricularia*: kweekt men deze plant langen tijd in water, waarin geen diertjes zwemmen, zoodat de blaasjes geen gelegenheid hebben om te functionneeren, dan verdwijnen zij ten slotte.

Maar wat voor nut trekt de plant nu uit het verblijf der mijten? Op deze vraag geeft de volgende waarneming van LUNDSTRÖM antwoord.

Hij zag de diertjes n. l. met graagte *schimmeldraden* en *-sporen* eten, die op de bladen aanwezig waren en zich anders waarschijnlijk tot voor de plant schadelijke parasieten zouden hebben ontwikkeld. Hun mondwerktuigen zijn daartoe dan ook uitstekend geschikt. Dat dit vernietigen van parasieten-sporen voor de plant van groot nut kan zijn, behoeft geen betoog als men bedenkt, in hoe grooten getale die dikwijls in de lucht voorkomen en op de bladeren neervallen. Terwijl dus de plant op deze wijze van de mijten voordeel trekt, vinden dezen daarentegen een veilige verblijfplaats in de domatiën en een uitstekende gelegenheid om zich te voeden; wij hebben hier dus te doen met een schoon voorbeeld van symbiose in engeren zin.

Behalve bij de linde, komen domatiën nog bij een groot aantal andere planten voor, veelal ook onder eenigszins andere vormen.

Bij den eik b. v. vinden wij aan den voet van het blad, rechts en links van den steel, den bladrand omgeslagen, waardoor holten gevormd worden, die LUNDSTRÖM steeds door mijten bewoond vond; reeds bij het opengaan der knoppen zijn zij op het jonge blad aanwezig. Domatiën in den vorm van groefjes treffen wij aan op de koffiebladen,

ten getale van ongeveer twaalf, in de hoeken der groote zijnerven. Zelfs bij hier te lande in kassen gekweekte planten trof ik hierin mijten aan.

De fraaiste voorbeelden van domatiën worden gevonden bij een paar Australische planten, behoorende tot de familie der *Rubiaceën*. Zij dragen de namen van *Psychotria daphnoides* en *Coprosma Baueriana*. Bij het onderzoek dezer planten verdwijnt nagenoeg alle twijfel omtrent de functie der domatiën; zij zitten, als gewoonlijk, in de hoeken der nerven aan de onderzijde van het blad en hebben den vorm van diepe groeven, welker randen met haren bezet zijn. Bovendien kunnen de randen zich openen en sluiten, zoodat de opening nauwer of wijder wordt.

Bij een andere plant, *Anacardium occidentale*, vond LUNDSTRÖM in elk domatium gemiddeld twee mijten en berekent daaruit, dat de plant er 4 tot 15 millioen kan herbergen. Dat dit verbazend groot aantal een niet gering voordeel voor haar kan opleveren, behoeft nauwelijks gezegd te worden.

Een enkele plant eindelijk, *Eugenia australis* genaamd, heeft domatiën aan den stengel, die den vorm hebben van zakjes en purperrood zijn. Zij staan steeds twee aan twee, afwisselend met de kruiswijs geplaatste bladeren en worden bewoond door zeer snel loopende mijten.

Nog een zeer groot aantal planten zijn in het bezit van domatiën; meestal zijn het tropische gewassen. Onder de inlandsche noem ik nog: den eis (*Alnus glutinosa*), den hazelaar (*Corylus Avellana*), de vogelkers (*Prunus Padus*) en den beuk (*Fagus sylvatica*). Bij al deze planten zijn het haarbosjes in de hoeken der nerven; bij de beide laatstgenoemde komen zij echter niet altijd voor. Eigenaardig is het, dat alle domatiënplanten, zonder uitzondering, boomen of struiken zijn en voorts, dat er onder de éénzaadlobbige en naaktzadige planten geen enkele voorkomt.

Bij het lezen van het voorgaande is voorzeker bij menigeen de vraag opgekomen: hoe komen nu steeds de mijten op de planten? Immers deze dieren hebben, daar zij ongevelegd zijn, weinig middelen tot verplaatsing. Het scheen dus vrij raadselachtig, hoe zij een uit zaad opgeschoten boom zouden bereiken.

Het antwoord op die vraag werd eveneens door LUNDSTRÖM gegeven. Hij zaaide n. l. de zaden van verschillende domatiënplanten uit in gekookte of gegloeide aarde, waarin dus geen levende mijten of eieren konden aanwezig zijn. Ook de potten, waarin de aarde zich bevond, waren van te voren verhit en het begieten der kiemplanten geschiedde

met gefiltreerd en gedestilleerd water. Voorts werden de potten in water geplaatst en met stolpen overdekt, zoodat ze volkomen geïsoleerd waren. Toch bleken bij de meeste planten, toen ze zekere grootte bereikt hadden, domatiën te ontstaan, *die door mijten bewoond werden*. LUNDSTRÖM wist dit eerst niet te verklaren, totdat hij bemerkte, dat reeds in de zaden of vruchten verblijfplaatsen voor mijten of hare eieren gevonden worden. Bij de linde b. v. is daartoe binnen de harde vruchthuid een bepaalde holte, waarin zich steeds een of twee mijten ophouden; bij andere planten is het de verwelkte kelk, die haar een schuilplaats aanbiedt, enz. Wanneer LUNDSTRÖM er in slaagde, de dieren hieruit te verwijderen (wat evenwel veelal niet mogelijk was zonder de zaden te doodden), dan bleken de jonge planten, die er uit ontstonden, vrij van mijten te zijn.

Omtrent de symbiose van eencellige wieren met verschillende lagere dieren vindt men uitvoerige mededeelingen in het bovengenoemde opstel van dr. J. RITZEMA BOS. Ik kan die dus hier met stilzwijgen voorbijgaan, om mij te wenden tot een laatste geval van symbiose tusschen planten en dieren, dat evenwel nog eenigszins twijfelachtig is.

Zoals bekend is, leven er in zee vele dieren, die des nachts een min of meer helder licht verspreiden. Hiertoe behoort o. a. de boormossel (*Pholas*), die door middel van haar schelp gaten boort in hout of steenen. Evenals de meeste tweekleppige weekdieren, bezit dit dier een zoogenaamde *sipho*, dat is een buis, waardoor water en voedsel worden opgenomen en later weer afgegeven. In deze *sipho* nu vond RAPHAEL DUBOIS in 1888 een bepaalde bacteriënsoort, door hem *Bacillus Pholas* genaamd, die licht geeft als men haar kweekt in een bouillon, vervaardigd uit de phosphoresceerende weefsels van het levende dier. In het slijm, afgescheiden door den mantel van *Pelagia noctiluca*, een in de Middellandsche Zee voorkomende, lichtgevende kwal, vond DUBOIS een dergelijk organisme, waaraan hij den naam gaf van *Bacterium Pelagia*. Alleen bij aanwezigheid van bepaalde chemische stoffen geven deze bacteriën licht. Deze stoffen worden waarschijnlijk door de genoemde organen der dieren afgescheiden. Nu is het bekend, o. a. door de onderzoekingen van BEIJERINCK, dat in het zeewater overal lichtgevende bacteriën voorkomen, wier lichten door bepaalde chemische stoffen zeer bevorderd wordt. Is het nu voor een zeker dier voordelig, licht te kunnen geven — wat nauwelijks betwijfeld kan worden — dan laat het zich denken, dat het daartoe organen bezit, die gunstige voorwaarden aanbieden voor de lichtende

bacteriën, welke, zoo noodig, door het dier tot lichten geprikkeld worden. Op deze wijze trekken beide partijen voordeel uit het samenleven, zoodat wij hier waarschijnlijk weer met een geval van symbiose te doen hebben. Of nu echter alle lichtgevende dieren, zooals vele ribkwallen, de glimworm, sommige duizendpooten, enz. hun lichtend vermogen aan bacteriën te danken hebben, zal nog moeten worden uitgemaakt.

Wenden wij ons thans tot de symbiose van planten met planten. Hebben wij boven kennis gemaakt met voor dieren bestemde domatiën, ook voor plantaardige organismen bezitten sommige planten dergelijke inrichtingen. Men kent hiervan verschillende gevallen, waar telkens Blauwwieren¹ de bewoners zijn. Het fraaiste voorbeeld hiervan levert het geslacht *Azolla*, een vaatcryptogaam uit de familie der *Salviniaceeën*, waarvan één soort, *A. Caroliniana*, ook bij ons vrij algemeen in slooten en vaarten voorkomt, en onder den naam van het roode kroos welbekend is. Zij drijft op het water en spreidt daarover haar sterk bebladerde stengeltjes uit. Aan de onderzijde nu van elke bladslip bevindt zich een kleine opening, toegang gevende tot een holte, die met bijzonder gevormde haren bezet is. Tusschen deze haren wordt steeds een klein blauwwier gevonden, *Anabaena Azollae* genaamd. Bij het afsterven der oude bladen sterft, naar 't schijnt, ook de *Anabaena*. Behalve in de bladen, wordt zij steeds ook gevonden nabij den top van elken tak, die haakvormig naar beneden is gekromd. Op elk jong blad nu ontstaat een ringvormige verhevenheid, waarin een stukje der *Anabaena* wordt ingesloten, dat door de verlenging van den stengel weldra van zijn oorspronkelijke plaats wordt verwijderd. Deze *Anabaena* komt voor in alle vier de bekende soorten van *Azolla*, waarvan er twee in Amerika, één in Australië, Azië en Afrika en één alleen in den Nijl voorkomen. Zelf zag ik haar in *A. Caroliniana* en *A. filiculoides*.

Tot voor korten tijd kon men zich nog geen denkbeeld vormen van het voordeel, dat er voor de *Azolla* in gelegen kan zijn om *Anabaena*'s te bevatten, hoewel de laatste natuurlijk daarin tegen haar meeste vijanden beschermd zullen zijn. Uit het constant voorkomen en de speciale inrichting was het echter toch waarschijnlijk, dat wij hier met een geval van echte symbiose te doen zouden hebben. De verklaring hiervan is gegeven door STAHL, die bij zijne proeven omtrent de bescherming van planten tegen slakken aantoonde, dat deze dieren

¹ Hieronder verstaat men wieren die, behalve bladgroen, nog een blauwe kleurstof bevatten en daardoor een blauwachtige kleur bezitten.

naar 't schijnt zeer afkeerig zijn van vele Blauwwieren, waarschijnlijk omdat die een looizuur bevatten. Dit nu bevat *Azolla* niet en het is voor haar dus voordeelig, de *Anabaena* te huisvesten.

Ook bij landplanten heeft men blauwwieren gevonden en wel voor- eerst in de wortels der *Cycadeëen*. Aan den penwortel en zijn takken ontstaan afzonderlijke takjes, die één tot twee maal vorksgewijs vertakt zijn en aan 't uiteinde gezwollen. Hierin bevindt zich nu dikwijls, schoon niet altijd, tusschen de cellen een blauwwier, *Nostoc* genaamd; wanneer dit aanwezig is, groeit binnen de schors een parenchymlaag, die in de wortels zonder *Nostoc* niets bijzonders vertoont, uit tot een soort van gewelf, dat door balken gedragen wordt, zoodat met elkaar communicerende holten ontstaan. Deze nu worden bewoond door een groote hoeveelheid van de genoemde *Nostoc*.

Voorts heeft men een dergelijk wier aangetroffen in holten van bijzonderen bouw bij sommige levermossen, en eindelijk zeer algemeen in den wortelstok van *Gunnera scabra*, een prachtplant uit Amerika, die veel in tuinen gekweekt wordt en oppervlakkig gezien op een reusachtige Rhabarber gelijk.

Een uiterst algemeen geval van symbiose (tusschen wieren en schimmels) treffen wij aan bij de *Lichenen* of Korstmossen. Ook hieromtrent kan ik echter weer verwijzen naar het opstel van Dr. RITZEMA BOS. Hetzelfde geldt van de zoogenaamde *mycorrhiza*, waarover een opstel van dien schrijver voorkomt in het »Album der Natuur» van 1886, blz. 434. Gaan wij thans over tot een ander, niet minder belangwekkend verschijnsel.

De vrije stikstof der lucht, hoe overvloedig ook aanwezig, kan door de planten niet worden geassimileerd. Dit is volkomen bewezen door de uitvoerige proeven van BOUSSINGAULT. Hij bepaalde het stikstofgehalte van een of meer zaden en zaaide daarna andere, die zooveel mogelijk in gewicht en verdere eigenschappen aan deze gelijk waren, uit in een bloempot met uitgegloeiden puimsteen, waaraan de noodige elementen, behalve stikstof, in geschikte verbindingen waren toegevoegd. Verder werd er voor gezorgd dat de bloempot en het tot begieten gebezigde water geen spoor van stikstofverbindingen bevatten, terwijl de proef plaats had in een glazen vat, waarin ammoniakvrije lucht werd toegelaten. Na afloop der proef werd dan het stikstofgehalte der plant met dat van het zaad vergeleken en bleek daarvan niet meer te verschillen, dan uit onvermijdelijke fouten in de proef te verklaren was.

Als voorbeeld geef ik de volgende tabel, betrekking hebbende op een boon, *Phaseolus nanus*:

Duur der proef.	Aantal planten	Droog gewicht		Stikstof in 't zaad <i>a</i>	Stikstof in de plant <i>b</i>	<i>b-a</i>	Lucht, door het apparaat gestroomd.
		van 't zaad	van de plant				
3 maanden	1	0,748 Gr.	2,847 Gr.	0,0335 Gr.	0,0341 Gr.	+ 0,0006 Gr.	54.000 L.
2 md. 1 w.	2	1,510 »	5,15 »	0,0676 »	0,0666 »	— 0,0010 »	55.500 L.

Dergelijke uitkomsten werden ook verkregen met *Lupinen*, *Sterkers*, *Haver*. De boonen brachten het in bovengenoemde proef tot bloeien, waaruit dus volgt, dat noch in ouderen, noch in jongen toestand stikstof door de plant wordt vastgelegd. Hetzelfde resultaat gaven andere proeven, waarbij bekende hoeveelheden van stikstofverbindingen werden toegevoegd, zoodat de planten zich volkomen konden ontwikkelen. Deze proeven werden o. a. genomen door LAWES, GILBERT en PUGH, MÈNE, CLOEZ en GRATIOLET, BRETSCHNEIDER, HARTING en GUNNING.

Eindelijk bleek nog aan BOUSSINGAULT dat *Penicillium* (de gewone blauwe schimmel), dien hij op geronnen melk kweekte (waarin waarschijnlijk ook bacteriën waren), geen vrije stikstof kon assimileeren.

Terwijl het dus een uitgemaakte zaak is, dat de vrije stikstof, als gas, door de plant niet direct kan worden opgenomen, blijft nog de mogelijkheid, dat deze de stikstof uit den dampkring indirect opneemt, n.l. door middel van de wortels, nadat zij zich eerst in den bodem met andere elementen heeft verbonden.

Onze beroemde landgenoot G. J. MULDER was de eerste, die op deze mogelijkheid wees en een onderzoek instelde, dat, naar zijne meening, deze zienswijze bevestigde. Zeer terecht merkt hij op, dat, indien kan worden aangetoond dat onder bepaalde omstandigheden stikstof in den bodem wordt vastgelegd, als bewezen kan worden aangenomen, dat deze de plant ten goede zal komen. Dat genoemde onderzoekers dit niet konden aantoonen, schrijft hij daaraan toe, dat zij steeds van een humusvrijen bodem voor hun culturen gebruik maakten.

Nog andere bezwaren haalt hij tegen de genoemde proeven aan, die echter van grond ontbloot blijken bij onze tegenwoordige kennis van rottings- en gistingsorganismen. Intusschen, zij gelden vooral de lucht, die de planten omgaf; er blijven nu nog twee voorwaarden over, waaraan in genoemde proeven niet voldaan was, n.l. zooals MULDER het uitdrukt:

1°. »stoffen in den bodem te brengen, die het gas *azotum* (stikstof) des dampkrings kunnen vastleggen”;

2°. »stoffen rondom de wortels te plaatsen, die in scheikundige werkzaamheid verkeerden en daardoor de werkzaamheid der wortels zelve opwekken».

Uit de waterculturen weten wij, dat ook aan deze laatste voorwaarde niet hoeft voldaan te worden, evenmin als aan de eerste. Toch zullen wij zien, dat het eerste wel degelijk in den bodem plaats heeft, schoon op geheel andere wijze dan MULDER het zich voorstelde. Hij toch meende dat de vastlegging geschiedde door waterstof *in statu nascenti*, die zich uit organische stoffen in den bodem zou ontwikkelen en zich met de stikstof der lucht tot ammoniak verbinden en wellicht ook bij de salpetervorming. Thans weten wij echter, dat bij de laatste de vrije stikstof niet in 't spel komt, maar dat de salpeter, onder den invloed van bepaalde bacteriën, uit organische overblijfselen ontstaat.

Over de vraag der stikstofbinding is nu in den laatsten tijd een geheel nieuw licht opgegaan.

Een ieder kent de plantenfamilie der *Papilionaceën* of *Vlinderbloemigen*, waartoe o. a. de klaver en de boonen, erwten en andere peulvruchten behooren. Onderzoekt men nu de wortels van een dezer planten, dan vindt men daaraan meest een groot aantal kleine knolletjes, over welker beteekenis langen tijd strijd is gevoerd tusschen verschillende onderzoekers. Wij zullen weldra zien, wat men thans daarvan weet.

Reeds sedert langen tijd was in de landbouwkunde het feit bekend, dat, terwijl alle andere planten het stikstofgehalte van den bodem doen afnemen door het gebruik, dat zij tot haar voeding van die stof maken, het stikstofgehalte van een land juist toeneemt wanneer men *Papilionaceën* daarop kweekt. Zoo vond o. a. DÉHÉRAIN, na gedurende drie jaren *klaver* op een land gekweekt te hebben, het stikstofgehalte toegenomen van 1,50 Gr. tot 1.65 Gr. per K.G. aarde. Niemand echter kon een verklaring geven van dit verschijnsel; uit de boven aangehaalde proef van BOUSSINGAULT blijkt, dat de plant zelf de vrije stikstof niet kan binden; met opzet heb ik juist zijn uitkomsten bij een *Papilionacee* (*Phaseolus nanus*) opgegeven.

Zoo stonden de zaken, toen HELLEGEL en WILLFARTH hunne onderzoekingen publiceerden. Dezen zaaiden o. a. een aantal *Papilionaceën* en andere planten uit in een stikstofvrijen zandbodem, die ten deele begoten werd met een aftreksel van akkergrond, waarop beetwortels, ten deele met dat van een, waarop lupinen (dus *Papilionaceën*) hadden gestaan. Wat was nu het resultaat? Vooreerst dat, na de

kiemingsperiode, *alle* niet-*Papilionaceën* stierven ten gevolge van gebrek aan stikstof. De vlinderbloemige planten echter bleven leven en vooral die groeiden welig, die met het aftrekkel van den lupinenakker begoten waren; van de andere stierven er eenige. Verder bleek, dat de welig groeiende *Papilionaceën* alle rijkelijk van wortelknolletjes voorzien waren, terwijl die bij de gestorvene ontbraken. Er scheen dus een verband te bestaan tusschen die knolletjes en den weligen groei.

Intusschen waren ook van andere zijde onderzoekingen ingesteld omtrent het vastleggen van vrije stikstof in den bodem en wel door den beroemden franschen scheikundige BERTHELOT. Volgens dezen neemt het stikstofgehalte van den bodem steeds toe, als daarin bepaalde (niet nader onderzochte) organismen, waarschijnlijk bacteriën, aanwezig zijn en is het dus nauwelijks te betwijfelen, dat deze de stikstof uit den dampkring *assimileeren*.

Dit aannemende, doet zich als van zelf de vraag voor: zouden nu ook de *Papilionaceën* van die eigenschap der genoemde organismen profiteren? Het onderzoek der knolletjes geeft hierop antwoord. Snijden wij een dergelijk knolletje door, dan vinden wij het binnenste weefsel daarvan als het ware opgevuld met lichaampjes, die ongeveer den vorm hebben van een Y en met de uiteinden tegen elkaar liggen, zoodat een netvormige figuur ontstaat. Uit onderzoekingen van BEIJERINCK is nu gebleken, dat deze lichaampjes niets anders zijn dan sterk gewijzigde vormen eener bacteriënsoort, die bijna overal in den bodem voorkomt en waaraan genoemde geleerde den naam heeft gegeven van *Bacillus radicolus*, d. w. z. wortelbewonende bacil. Ook bewees hij, dat deze bacil werkelijk de oorzaak is van het ontstaan der knolletjes: in een *gesteriliseerden* bodem (d. i. waarin door verhitten alle bacteriën gedood zijn) ontstaan die *niet*. De Y-vormige lichaampjes, *bacteroiden* genaamd, die hoofdzakelijk uit eiwit bestaan, kunnen door de plant als voedsel gebruikt worden.

De gevolgtrekking ligt nu voor de hand: de *Papilionaceën* bieden den in den bodem levenden bacillen een gunstige gelegenheid tot ontwikkeling aan en trekken daar op haar beurt voordeel van door de *bacteroiden* als voedsel te gebruiken; nu is tevens de stikstof-toename in een grond, waarin *Papilionaceën* groeien, verklaard en wij zien een nieuw en uiterst belangrijk geval van symbiose voor ons. Ongelukkig bevestigen de verdere onderzoekingen van BEIJERINCK deze onderstelling niet, daar hij, ofschoon hij nauwkeurig de eigenschappen van *Bacillus radicola* bestudeerde, nimmer stikstof-assimilatie daarbij

kón waarnemen. Latere onderzoekingen zullen moeten leeren, of deze feiten met elkaar in overeenstemming zijn te brengen; voor het oogenblik moeten wij ons tevreden stellen met er op te wijzen. Sterk vóór de onderstelling spreekt de boven beschreven proef van HELLREGEL en WILFARTH: immers in het aftreksel van den akkergrond, waarop Lupinen gestaan hadden, waren stellig wortelbacillen aanwezig.

Ook proeven van BRÉAL leidden tot hetzelfde resultaat. Deze kweekte de bacteriën uit de knolletjes van Lucernerklaver in een voedingsvloeistof en begoot daarmede in een stikstofarmen bodem groeiende erwtenplanten, terwijl andere met gewoon water werden besproeid; het gevolg was, dat de eerstgenoemde welig groeiden en aan de wortels groote menigten knolletjes vertoonden, terwijl de laatste die organen misten en een kwijnend leven leidden. Ook vond BRÉAL, dat, terwijl de zaden, die hij gebruikte, gemiddeld 9 mGr. stikstof bevatten, het gehalte aan die stof bij de gezonde plant 420 mGr. bedroeg, dus bijna 47 maal meer. Eindelijk slaagde genoemde onderzoeker er ook in, de knolletjes aan de wortels van Lucernerklaver te doen ontstaan door er in te prikken met een naald, die van tevoren in een wortelknolletje eener andere plant derzelfde soort gestoken was. De op deze wijze behandelde planten groeiden nu ook goed in een stikstofvrijen bodem.

Ten slotte wensch ik nog een geval van symbiose te bespreken, dat vooral daarom belangwekkend is, omdat het ontstaan schijnt te zijn onder den invloed van den mensch. Ook het hier volgende hebben wij voornamelijk te danken aan de onderzoekingen van onzen landgenoot BEIJERINCK. De meesten mijner lezers zullen wel eens gehoord of gelezen hebben van *Kefir*; sommigen hebben zeker ook wel eens kefir-melk gedronken. Zeer weinigen echter zullen weten, wat kefir eigenlijk is.

In den handel komt deze stof voor als onregelmatige, geelachtige korrels; brengt men deze in melk, dan ontstaat hieruit, onder bepaalde voorzorgen, een zuur smakende, mousseerende drank, die een weinig alcohol, melkzuur en koolzuur blijkt te bevatten. Deze drank is uitgevonden en wordt nog heden ten dage veelvuldig bereid door volksstammen in den Kaukasus. Bij deze bereiding groeien de korrels langzamerhand aan en vallen na eenigen tijd in kleinere uiteen, die op hunne beurt weer aan kunnen groeien. De melksuiker, die in de melk voorkomt, wordt daarbij omgezet door een sterke alcoholische en een zwakke melkzuur-gisting. De kefirkorrels bestaan n.l. uit een bacterie,

die melkzuur-gisting teweeg brengt en *Bacillus caucasicus* genoemd wordt, en een gistsoort, waaraan BEIJERINCK den naam heeft gegeven van *Saccharomyces Kefyr*; deze kan met de melksuiker hetzelfde doen, wat de gewone gist met druivensuiker doet: haar omzetten in alcohol en koolzuur. Ziedaar dus het ontstaan der kefirmelk verklaard.

Wat kan nu de beteekenis zijn der symbiose van die twee organismen? Op deze vraag geeft BEIJERINCK het volgende antwoord. Door de werking van de kefirkorrels wordt rotting der melk uitgesloten en de azijnzuurvorming verminderd. Terwijl het eerste, natuurlijk, voor den mensch van belang is, trekt de gist vooral voordeel van het laatste; immers azijnzuur is voor den groei dier plant zeer nadeelig, terwijl melkzuur in geringe hoeveelheid dien juist begunstigt. Het kan dus voor de gist niet anders dan voordeelig zijn om met het melkzuurferment samen te leven. Omgekeerd nam BEIJERINCK waar, dat in gelatine-culturen de melkzuurferment-koloniën, die toevallig nabij gistkoloniën liggen, veel sneller groeien dan de andere; ook de melkzuur-bacil profiteert dus van de symbiose, schoon men nog niet zeker weet, waarom.

Ik besluit dit opstel met den wensch, dat het moge strekken om de belangstelling der lezers van het »*Album*» in de talrijke nieuwe resultaten der biologische wetenschappen weder te verhoogen.