

DE STIKSTOF-VOEDING DER GROENE PLANTEN.

Van de voedingsstoffen, die de hooger bewerkte planten noodig hebben, is de *stikstof*, een *gasvormig element*, een der belangrijkste.

Om deze stelling eenigszins toe te lichten is het in de eerste plaats noodig na te gaan, welke groote groepen van stoffen voor het plantenlichaam van het meeste belang zijn.

We zijn daarmee aangeland op het terrein der *organische scheikunde*, van welke wetenschap we een eenvoudige *definitie* willen geven.

De *organische chemie* houdt zich bezig met het onderzoek van stoffen, die daarin overeenkomen, dat ze alle het element *koolstof* (*Carbonium*, *scheikundig teeken*: C.) bevatten. Korter gezegd: *de organische chemie is de chemie der koolstofverbindingen*.

Die koolstofverbindingen worden *organische stoffen* genoemd, omdat ze voor 't meeren-deel door de *organismen* (*planten en dieren*) worden bereid.

De voor de plant belangrijke *groepen* van organische stoffen, boven aangeduid, zijn:

1^e. *Koolhydraten*, welke bestaan uit de volgende *elementen*: *koolstof*, *waterstof* en *zuurstof* (resp. *Carbonium*, *Hydrogenium* en *Oxygenium*. Scheikundige teekens resp. C. H. O.).

De verhouding der hoeveelheden H en O is in deze stoffen als 2 : 1 (enkele gevallen uitgezonderd).

De algemeene scheikundige formule is dus: $C_n H_{2m} O_m$.

2^e. *Vetten*; ze bestaan uit dezelfde elementen als de *koolhydraten*, maar de verhouding is anders.

3^e. *Eiwitstoffen*; ze bevatten behalve de elementen C. H. O. bovendien *stikstof* en *zwavel*, soms nog *phosfor* (resp. *Nytrogenium*, *Sulphur* en *Phosphorus*; scheikundige teekens resp. N. S. P.).

In het dagelijksch leven denkt men bij *eiwit* aan het wit van een vogel-ei. Om verwarring te voorkomen zij hier even opgemerkt, dat dit *vogel-eiwit* niet synoniem is met *eiwit in chemischen zin*. Het eiwit der vogeleieren bevat slechts 13% *eiwitstoffen*; het eidooier bevat zelfs nog meer van deze stoffen (ruim 15%).

Na deze inleiding komen we tot het onderwerp. Van de drie genoemde groepen van organische stoffen bevat alleen de laatstgenoemde *stikstof* (N) en wel (\pm 17%).

Eiwitstoffen komen overal in de plant voor. In saprijke organen als: knollen, bollen en wortelstokken, die reservestoffen bevatten, zijn deze bestanddeelen in *opgelosten toestand* in het *celvocht* aanwezig. In droge plantendeelen als: vruchten en zaden, zijn de eiwitten *vast*. Mikroskopisch onderzocht vertoonen ze duidelijke *kristalvormen*. Toch verschillen deze eiwit-kristallen nog van echte kristallen; ze kunnen n.l. opzwellen zoodra ze met water in aanraking komen. Men noemt ze daarom niet kristallen, maar *kristalloïden*.

Een karakteristieke vorm voor het *reserve-eiwit* in rijpe zaden is de *aleuron-korrel*. Deze korrels zijn ontstaan uit *eiwit-rijke celvocht-ruimten* (z.g. *eiwit-vacuolen*), die bij het rijpen van het zaad zijn uitgedroogd. Zoodra het zaad ontkiemt nemen deze *aleuron-korrels* water op en veranderen weer in *eiwit-vacuolen*. *Zetmeelhoudende* zaden hebben kleine aleuron-korrels. *Vetrijke* zaden, zooals die der *Djarak*-soorten en der overige *Euphorbiaceae*, bevatten groote aleuron-korrels.

Ook stengels en bladeren bevatten groote hoeveelheden eiwit. De zeefvaten der vaatbundels worden namelijk begeleid door langgerekte voorraad cellen, die voornamelijk eiwit bevatten.

Last not least wijs ik op het feit, dat de substantie, in iedere *levende* cel aanwezig, *het protoplasma*, de drager van het leven, zeer nauw verwant is met eiwit. Zooveel is echter zeker, dat dit protoplasma steeds *stikstof-houdend* is.

Uit een en ander blijkt nu duidelijk, dat de plant voor den opbouw van al dit eiwit groote hoeveelheden stikstof noodig heeft.

Waaraan ontleent de plant deze stikstof-massa? De dampkring bevat stikstof in overvloed. Naast *zuurstof* (20.93 volume %) en *koolzuurgas* (± 0.03 volume %), afgezien van een zestal minder bekende elementen, vinden we in zuivere lucht *78.13 volume % stikstof*.

Het voedingsproces bij uitnemendheid, de koolzuurgas-assimilatie (verkeerdelijke „*assimilatie*”, zonder meer; beter „*photosynthese*” genoemd) verwerkt niet anders dan het *koolzuurgas* (CO_2) der dampkringslucht. Na tientallen jaren van twist en tweedracht over dit punt, in verband met het uiterst gering %, dat van dit gas in de lucht voorkomt, staat het nu vast, dat dit atmosferische *koolzuurgas* het materiaal is voor de *photosynthese*.

Zou de enorme hoeveelheid *stikstof* van den dampkring nu den planten van *stikstof* voorzien? Deze vraag ligt zeer voor de hand en moet toch ontkennend worden beantwoord.

De plant kan, onder normale omstandigheden, zich van deze z.g. vrije stikstof niets eigen maken. We kunnen dus nu tot de conclusie komen, dat de hoogere planten hun *stikstof uit den bodem* opnemen. De *wortels* zijn dus de organen, die bij de stikstof-opname dienst doen.

Wat neemt de plant uit den bodem op?

- 1^e. *bodemwater* (H_2O); bevat geen stikstof (N), wat uit de scheikundig formule blijkt.
- 2^e. *een aantal bodemzouten*, die, na opgelost te zijn, door osmose in de plant opgenomen worden.

Een of meer der bodemzouten moeten dus stikstof bevatten. Inderdaad treffen we in den bodem twee groepen van zouten aan, die voldoende stikstof kunnen leveren.

- 1^e. *salpeterzure-zouten* (= *nitraten*).
- 2^e. *ammoniak-zouten*.

De onder 1^e genoemde stoffen zijn voor de stikstof-voeding van het grootste belang. 't Is gebleken, dat *salpeterzuur* door de plant gemakkelijker wordt geassimileerd dan de ammoniak-zouten.

Deze laatstgenoemde zouten worden door de plant slechts in een zwakke oplossing verdragen. Er is nog een andere reden, waarom het salpeterzuur voor de plant van meer belang moet zijn dan de ammoniak. De *bodem-bacteriën* zijn n.l. voortdurend bezig ammoniak in salpeterzuur om te zetten. De ammoniak-voorraad van den bodem is daardoor bijna uitsluitend van belang als bron voor de vorming van salpeterzuur.

Met algemeenheden doet men echter licht de waarheid te kort.

In moerassigen bodem is de salpeterzuurvorming onmogelijk. Planten, die in dergelijken bodem groeien schijnen de ammoniak gemakkelijker te assimileeren (bijv. de rijst).

Andere planten daarentegen hoopen in sommige weefsels salpeter op. Tot deze *salpeter-planten* behooren o.a.: tabak, beetwortel, brandnetels, zonnebloem, aardappel, tarwe, Amarantus, Chenopodium enz. Deze planten vormen niet zelf salpeterzure-zouten, maar nemen deze uit den bodem op.

Zij verzamelen dus de genoemde zouten (*nitraten*) en bewaren deze tot ze ontleed worden om den stikstof, voor den opbouw der eiwitstoffen benodigd, *vrij te maken*.

Het % salpeter is bij Amarantus wel 't grootst n.l. 15 % van de *droge substantie* (d.i. wat overblijft als de plant *absoluut watervrij* is gemaakt).

De wortels van dergelijke planten bevatten 't meeste nitraat, stengel en bladeren minder, zaden absoluut geen. Tevens trok het de aandacht, dat het gehalte aan nitraat toeneemt, totdat de plant bloeit, om met de vruchtvorming weer af te nemen. In verband met de vorming van *reserve-eiwit* in vruchten en zaden, lijkt ons deze laatste omstandigheid verklaarbaar.

Weer andere planten verzamelen geen salpeter-voorraad, maar nemen slechts zooveel op als ze verwerken kunnen.

We resumeereu 't voorafgaande als volgt: bijna alle groene planten ontleenen de stikstof in hoofdzaak aan de *bodem-nitraten*.

Belangrijke nitraten zijn:

1^e. *Natriumnitraat of Chili-salpeter* ($Na NO_3$);

2^e. *Kaliumnitraat of Kali-salpeter*, ook wel eenvoudig salpeter genoemd, omdat dit nitraat reeds in de oudheid onder dien naam bekend was ($K NO_3$);

3^e. *Calciumnitraat of muursalpeter* $Ca (NO_3)_2$.

We vestigen nog even de aandacht op de chemische formule's en speciaal op den letter N, het scheikundig teeken voor stikstof, dat in geen der genoemde stoffen ontbreekt.

We kunnen de proef op de som maken door een eenvoudige kweekproef, de z. g. waterkultuur.

Een plant ontwikkelt zich normaal, wanneer haar niet anders ten dienste staan dan:

1^e. zuivere lucht;

2^e. water;

3^e. de vereischte hoeveelheid voedingszouten.

De temperatuur der omgeving moet het verloop der physiologische processen niet onmogelijk maken.

De voedingszouten worden in een vat met water opgelost.

Men plaatst nu een kiemplantje met de wortels in deze oplossing, zet 't geheel in de buitenlucht en de plant groeit en bloeit.

De vereischte voedingszouten zijn in den bodem aanwezig, het water eveneens. In de waterkultuur treedt dus het vat met water en de daarin opgeloste zouten in de plaats voor den grond, waarin de plant in normale omstandigheden groeit. Slechts één der door ons opgeloste zouten bevat *stikstof*, 't is een der 3 bovengenoemde *nitraten*.

Nemen we nu een tweede proef onder geheel dezelfde omstandigheden, behalve, dat we geen *nitraat* in het water oplossen, dan ontwikkelt de aldus gekweekte plant zich niet, maar gaat spoedig te gronde, zonder bloemen en vruchten te hebben voortgebracht.

De reeds gemaakte conclusie nog recapitulerende, wijzen ook deze proeven er op, dat de hoogere planten zijn aangewezen op de *gebonden stikstof*, in den bodem aanwezig.

In de plant worden de nitraten *gereduceerd*. Dit proces is het omgekeerde van het *oxydatie*-proces; 't is dus niet een verbinden met de zuurstof maar een *losmaken van de zuurstof*.

Alleen planten zijn tot een dergelijke *reductie* van stoffen in staat. De dierenwereld kan slechts oxydatie-processen uitvoeren. Men noemt daarom de planten wel *reductie-organismen*.

Door de *reductie* der nitraten komt de stikstof vrij. Daarna heeft een vereeniging plaats met de bestanddeelen der *koolhydraten*. Zwavelzuur levert het element S; hoe, weten we nog niet. Voor *phosphor-houdende eiwitstoffen* moet dan bovendien *phosphorzuur* geassimileerd worden. Dit proces is betrekkelijk eenvoudig, omdat het phosphorzuur niet behoeft gereduceerd te worden.

Zie hier met weinige woorden vele moeilijke quaestie's betreffende de *eiwit-synthese* gepasseerd.

Laatstgenoemd onderwerp blijft n.l. ook na raadpleging der meest recente gegevens vol voetangels en klemmen.

TREUB stelde in 1895 een hypothese op omtrent een van de tusschen-producten in de eiwit-vorming. Hij meende in het *blauwzuur* (HCN) een stof gevonden te hebben, die als „*voorlooper*” van eiwit kan opgevat worden.

Wanneer men nagaat, dat in 't *blauwzuur* de vrij gemaakte *stikstof* uit het *bodem-nitraat* reeds gecombineerd is met 2 *elementen* uit de *koolhydraten*, dan voelt men dadelijk voor deze meening.

Een en ander grondde TREUB op zijn onderzoek van *Pangium edule* (mal. *Poetjoeng*).

Na dien zijn meerdere *blauwzuur-planten* ontdekt, welk feit ongetwijfeld steun geeft aan TREUB'S meening.

Door verschillende oorzaken, buiten den landbouwer gelegen, is de aanwinst aan *gebonden stikstof* per HA op 3K G. te schatten. De oogst vertegenwoordigt per HA 50 KG. *gebonden-stikstof*.

Een voortdurend aanvullen van den voorraad is dus het „to be or not to be” voor den landbouw.

Men brengt daarom door de *bemesting* voortdurend stikstof in gebonden vorm in den bodem.

In verband met de *stikstof-voeding* der planten zijn onder de kunstmest-stoffen de nitraten van belang.

De *Chili-salpeter* ($Na NO_3$) is een der beste en meest gebruikte stikstof bronnen. Alleen in Duitschland wordt per jaar *f* 60.000.000.— aan Chili-salpeter en Ammonium-sulfaat als meststof gebruikt.

Deze salpeter wordt in zeer groote hoeveelheden op de regenlooze hoogvlakten van Chili gevonden. In het jaar 1911 werd 2.442.033.694.— KG. Chili-salpeter ontgonnen. De aanwezige voorraad is zeer groot, maar binnen afzienbaren tijd uitgeput.

Hoe dan aan stikstof-kunstmest te komen en aan 't noodige materiaal voor ontplofbare stoffen, ten einde de ontelbare helsche machines in gang te houden, opdat toch vooral de oorlog niet tot het verledene gaat behooren?

Gelukkig heeft de techniek het 1^e vraagstuk reeds opgelost en helaas daarmee ook 't 2^e.

De aandacht viel op de $\pm 79\%$ vrije stikstof der atmosfeer. Thans zijn er reeds een 14-tal groote fabrieken, die volgens een bepaalde methode (FRANK—CARO) zich met de synthese van stikstofverbindingen bezig houden, (o.a. salpeter en cyanamid) daarbij als belangrijkste grondstof de atmosferische stikstof gebruikend.

De vrije stikstof wordt dus eerst kunstmatig aan andere stoffen (bijv. calciumcarbide) gebonden en in dien vorm den planten ter beschikking gesteld om ze in het organisme weer vrij te maken ten behoeve van de eiwit-synthese.

't Is zeer te bejammeren, dat de staten nu wat de fabricatie van explosie-middelen aangaat ook zelfstandig zijn geworden en niet meer afhankelijk zijn van Zuid-Amerika.

De wereldvrede zal stellig hierdoor weer verder in de toekomst komen te liggen.

Was in 't voorafgaande alleen sprake van het gebruik van *gebonden stikstof* door de plant, een volgende maal hopen we de afwijkingen van dezen norm te bespreken. 't Zal dan loopen over organismen, die instaat zijn *vrije stikstof* te assimileeren.