
SCHEIKUNDE IN DEN LANDBOUW

DOOR

Prof. Ir. J. HUDIG ¹⁾.

Omdat de plantenproductie verloopt in het milieu van de litho- en de atmosfeer, kan men begrijpen, dat het aantal elementen, waarmede men in de landbouwscheikunde te maken heeft, beperkt is. Immers het zullen de lichtste elementen zijn, die samenwerken tot de synthese van plantenstof, zonder welke de samenleving niet denkbaar is.

Inderdaad de anorganische elementen, waarmede wij te maken hebben, zijn weinige; in modernen zin opgeschreven, is het maar een bescheiden lijstje:

<i>Kationen.</i>	<i>Anionen.</i>
H	OH
Na	Cl
K	HCO ₃
Mg	NO ₃
Ca	H ₂ PO ₄
Al	HPO ₄
Fe	SO ₄
Mn	PO ₄

terwijl daaraan toegevoegd kan worden het NH₄-ion in het SiO₂ n aq. of het kiezelzuur in solvorm, dat misschien toch als SiO₃ of SiO₄ reageert.

Dit wat de anorganische bestanddeelen van bodem en plant betreft. Over de organische bestanddeelen, die uit CO₂ en H₂O met behulp van de anorganische bestanddeelen ontstaan, kan men niet zoo kort zijn. De mogelijkheid om uit C, H en O lichamen te bouwen, is door de natuur tot in het onbeperkte geschapen.

De ketens en ringen zijn zoo eindeloos gevarieerd, dat het wanhopig schijnt een overzicht te geven. Wanneer men daarbij bovendien bedenkt hoe zulke ketens en ringen weer gecondenseerd of gepolymeriseerd kunnen worden of door de koppel-elementen N, S en P tot heterogene groepen worden opgebouwd, dan wordt het begrijpelijk, dat de agricultuurchemie of landbouwscheikunde er voor teruggeedeind is, zich in het gebied der organische synthese te ontwikkelen. Dat gebied was haar te moeilijk. Ons vak heeft zich in hoofdzaak

¹⁾ Inleiding gehouden op de vergadering van de Scheikunde-Sectie van Velines, te Wageningen 4 Jan. 1941.

vanuit de anorganische chemie ontwikkeld, omdat het de anorganische bestanddeelen zijn, die op de organische synthese, d. i. op de plantenproductie een buitengewone, vaak zelfs de beslissende, invloed uitoefenen. Het is de verdienste van den onvergelykelijken TH. DE SAUSSURE geweest, die experimenteel aantoonde, hoe de plantensynthese uit CO_2 en H_2O plaats greep onder invloed van het licht en dat *dit* CO_2 in de atmosfeer de *eenige* C-bron is voor die organische synthese. Maar tegelijk wist hij duidelijk te maken, dat de aschbestanddeelen, die elke plant bevat, geen toevallige bestanddeelen kunnen zijn, zooals ketelsteen in den stoomketel, maar dat zij in het levensproces een bijzondere rol spelen, dus essentieel kunnen worden genoemd. Zijn verhandeling „Recherches chimiques sur la végétation” is fundamenteel, d. w. z. van beslissend belang geweest en als model van onderzoek heden nog even lezenswaard als in 1804, toen zij verscheen.

De chemie als pas geboren wetenschap beleefde triomfen in haar jeugdige kracht en toen DAVY gevraagd werd nu eens uitéén te zetten wat de chemie bij het plantenproductieproces eigenlijk beteekende of beloofde, legde hij zijn inzicht in een boekje neer getiteld: „Elements of Agricultural Chemistry”; dat was in 1817. Hij is de eerste, die spreekt van agricultuurchemie, wat in het Nederlandsch in „Landbouwscheikunde” werd vertaald.

Hij spreekt dus reeds vroeg over een gebied van belangrijke toepassing en specialisatie van de chemie en doet het voorkomen alsof de agricultuurchemie een apart vak is. Merkwaardig is, dat als speciaal gebied dit tot op den huidigen dag afgebakend is gebleven en dat het vak met de algemeene chemie zich broederlijk en gelijk van meet af aan heeft ontwikkeld.

Ik zou U, — docenten in de chemie —, nu kunnen schetsen hoe de landbouwchemie zich voor een belangrijk deel bemoeit met de verbindingen, die gevormd kunnen worden uit de in het lijstje genoemde ionen, dus de basen, chloriden, nitraten, carbonaten, sulfaten, fosfaten en silicaten van Na, K, Mg, Ca, Al, Fe en Mn en verder hoe deze verbindingen zich in oplossing of kolloïdale oplossing kunnen verplaatsen of daaruit neerslaan en aanleiding geven tot nieuwe verbindingen, hoe de ionen-evenwichten de plantenproductie beïnvloeden en beheerschen. Hoe deze laatste aanleiding geeft tot de vorming van gevarieerde suikers, weinig gevarieerde vetten en vetzuurderivaten van cellulose, pectinestoffen, lignine-achtige lichamen, eiwitten van haast oneindige variatie, harsen, wassen, aetherische oliën, alcaloiden, kleurstoffen en talloze andere lichamen, doch ik zou U daarmee verwarren en zooveel van Uw aandacht vragen, dat men mogelijk zeggen zou aan het einde van dit betoog, dat U maar

liever niet de landbouwscheikunde tot onderwerp van studie nam, maar een beperkter gebied met meer concrete vraagstukken. Ik zou bij U veeleer de zeer juiste stemming wekken, dat men in de wetenschap eer beperken dan uitbreiden moet. Ook wij moeten beperken, zij het ook, dat ons vak, dat nu eenmaal met „levensprocessen” te maken heeft, en daardoor een materie behandelt, waar beperking niet voorkomt, juist tot uitbreiding door steeds verdergaande combinaties noodzaakt. De natuur maakt het ons zeer moeilijk.

Ik sla dus den weg in, die elk docent voorgeschreven vindt, die zijn vak aan nieuwelingen gaat doceeren. Hij moet uitéénzetten waarom zijn vak nut heeft en welk gebied het daarbij bestrijkt. Laat ik U eerst vertellen waarom dat gebied dat „landbouw” heet, reeds zoo vroeg object voor de aandacht der chemici was, zelfs meer dan dat van de industrie. De reden daarvan is verklaarbaar uit het feit, dat de bodemproductie de samenleving in feite beheerscht en het spook van voedselnood voor de samengestelde maatschappij tijdens en na den napoleontischen periode zeer actief was. Was het wonder, dat men zocht naar een verbetering van het proces der stofvorming en dat men juist in de eerste tijden van de chemische wetenschap deze te hulp riep?!

De chemie heeft in de, sedert DAVY achter ons liggende 127 jaren, zich zelve beschermd. Zij is er niet in geslaagd, zooals wel eens verwacht werd, het plantenproductieproces overbodig te maken door het uitvinden van industrieele stofproductie.

Maar zij heeft wel de plantenproductie tot onverwachte intensiteit verhoogd. Inderdaad wij kunnen enkele stoffen thans in de fabriek synthetisch bereiden, buiten de plant om, doch in den landbouw, die voedsel voor mensch en dier produceert of grondstoffen voor belangrijke gebruiksmiddelen, heeft dit geen verandering van betekenis gebracht. De grond en het licht blijven nog even belangrijke energiebronnen ¹⁾ als zij vroeger waren.

Daarom bloeit de landbouwscheikunde en gaat zij nog steeds gelijk op met de ontwikkeling der algemeene chemie en de storm van vooruitgang, die wij heden beleven, brengt nog geen verandering in de situatie.

Wij kunnen dat thans zelfs begrijpen. De tijd, dat men overwegend in oplossingsreacties of gasreacties dacht, is voorbij.

Wij weten nu, dat het leven overwegend steunt op de mogelijkheid

¹⁾ De grond wordt als een energiebron voorgesteld, omdat hij door de processen, die zich in het bodemmilieu afspelen, de grondstoffen levert voor de plantensynthese. Deze voorstelling is wat ongewoon, maar zij duidt een beginsel aan, dat te veel op den achtergrond is gedrongen.

van membraan- of oppervlakte-reacties, dat wil zeggen op reacties tusschen ionen in een volmaakte beweeglijkheid der oplossings- of gastoestand met ionen van beperkte beweeglijkheid, die aan actieve oppervlakken zijn geadsorbeerd. Het apparaat, dat de natuur bouwt om dergelijke reacties mogelijk te maken, is bewonderenswaardig. Noch de techniek, noch de chemie is in staat een dergelijk fijn apparaat na te bootsen, laat staan doeltreffend na te maken. Wanneer men alleen slechts het chlorophylapparaat in het oog vat met het uitgespreide actieve oppervlak, waar het gasvormige CO₂ gevangen wordt, molecuul voor molecuul om tot zetmeel te worden gevormd en verder bedenkt hoe prompt het assimilaat moet afgevoerd worden om het apparaat continue te doen functioneeren, komt men stellig onder den indruk van de zware eischen, die aan een zetmeelfabriek zouden zijn gesteld. Wij weten al te goed, dat die natuurlijke fabriek hokt, wanneer er ook maar iets aan ontbreekt, hetzij dat door onvoldoende Mg of Fe of K-toevoer het vormingsproces vertraagd wordt, hetzij dat de afvoerorganen door andere gebreken in de mineralen-evenwichten het niet naar behooren doen. En wanneer men daarbij ook nog bedenkt hoe de ionenverhoudingen hierbij een overwegende rol spelen, zoodat b.v. een voldoende Mg-concentratie ineffectief wordt door een te hooge K-concentratie, bemerkt men eerst recht, hoe subtiel de natuurlijke organische synthese is. Terwijl de oplossingsreacties worden versneld door temperatuurverhooging en roeren of mengen, is de oppervlakte-reactie zeer beperkt in hare versnellingsmogelijkheid.

Temperatuurverhooging werkt in biochemische processen gunstig tot een bepaalde grens, waarboven het actieve oppervlak schade lijdt. In wezen worden oppervlaktereacties *niet* door de temperatuur beïnvloed, zooals wij uit de kationenadsorptie-leer weten. Roeren of mengen is geheel uitgesloten, zoodat versnelling practisch geen rol speelt en men verhooging van de arbeidscapaciteit enkel kan vinden in de oppervlaktevergrooting, dus uitbreiding van de fabriek. Alleen deze omstandigheid staat een technische economische mogelijkheid volkomen in den weg.

Hoe subtiel de synthese is, demonstreerde de chemie der virus-ziekten, waarbij blijkt, dat het eiwitmolecuul in zijn aggregatie tot membranen niet de minste ongelijkheid verdraagt.

Ik heb U slechts de namen van JANSEN en KÖGL te noemen om U in herinnering te brengen, dat b.v. de links-figuratie van een bepaalde eenvoudige groep in een eiwitketen de synthese der rechts-figuratie stoort en aanleiding geeft tot vorming van weefsel, dat in zijn functie niet op het „gezonde” weefsel, waarvan men de werking bepaald wenscht, behoeft te gelijken.

En zoo'n onderbreking van het normale proces geschiedt door

infectie met een verkeerd molecuul in concentraties van 1 op 100.000.

Alle deze omstandigheden maken de landbouwscheikunde slechts interessanter en zij geven ook de zoo noodzakelijke onderscheiding in de problemen aan.

Het moge U door deze beschouwing duidelijk geworden zijn, dat de afbakening van het gebied van den landbouw voor een chemisch emplooi volkomen verantwoord is en door zijn belangrijkheid in maatschappelijken zin en door de mogelijkheid om aan het voorbeeld der natuur kennis op te doen. Voor wie de landbouwscheikunde op deze wijze hanteert, is het vak een eeuwige bron van dieper inzicht.

Sprekende tot U, ben ik in het voordeel van te spreken tot chemici, tot vakgenooten dus, die in algemeene zin geheel georiënteerd zijn. Oneindig veel moeilijker is het om de colleges te openen met een overzicht. De leerlingen steunen op hetgeen U hen heeft geleerd en op eenige uitbreiding, die zij in de propadeuse hebben genoten. Zij hebben allerlei belangrijke zaken nog niet gehoord, die tot begrip van het geheel kunnen bijdragen en hebben nog *niet* geleerd de wetenschappen te verbinden. Nu wordt in de leerboeken meestal de descriptieve methode gevolgd. Men beschrijft dus waarmede de landbouw te rekenen heeft nl. den grond en de voeding van de plant uit den grond. Men valt dus meestal met de deur in huis.

Het kan niet ontkend worden, dat deze methode gevaren medebrengt en wel die van de compilatie, vergezeld van een zekere dorheid. Begaafde studenten slaan er zich door, maar degenen, die door de veelheid van de landbouwstudie min of meer beduusd zijn, begrijpen te laat het fundamenteele belang van chemische kennis bij de levensprocessen. Ik moet hier een opmerking maken, die velen Uwer wel zullen willen aanvaarden, maar wier beteekenis door de kring van biologen, met wie wij doorlopend in contact zijn, niet zoo grif zal worden aan gevoeld. De chemie is een weinig van de levensverschijnselen afgedwaald en daardoor ook de biologie van de chemie. Het is een opmerking, die in de zomervergadering van de Ned. Chem. Ver. door Prof. KÖGL is gemaakt en toegelicht. Toen aanvankelijk de organische chemie de meening toegedaan was om haar arbeidsgebied in de levensverschijnselen te vinden, is zij door de gecompliceerdheid ervan, daarvan afgeweken. Zij is een laboratoriumwetenschap geworden, die de studie der combinatie- en substitutiemogelijkheden der koolstofverbindingen heeft aangevat en deze naar alle richtingen op vruchtbare wijze heeft onderzocht. Zij is soms meestal incidenteel op stoffen gestooten, die de natuur fabricceert en heeft die in de industrie opgenomen b.v. de kleurstoffen, enkele aetherische oliën, alcoholen, harsen enz. Maar uit de veelheid van het leven geput, heeft zij niet. Thans gaat zij daar weder naar terug, zoodat het begrip „biochemie”

algemeen verstaanbaar is geworden. De botanie heeft zich vrijwel geheel van de chemie afgewend en zich in de richting der morphologie, systematiek en genetica ontwikkeld. De plantenziekteleer heeft zich practisch geheel morphologisch ontwikkeld.

De physiologen, die het dichtst bij de landbouwchemici staan, zijn over het algemeen matige chemici geweest. Zij hebben gevoeld, dat de organische chemie hen in de steek gelaten heeft en zij hebben niets anders kunnen doen, dan de invloed bestudeeren der anorganische stoffen op den plantengroei als totaliteitsverschijnsel, dus *niet* chemisch gedifferentieerd.

Daarbij hebben zij den grond verwaarloosd, dit gebied overlatende aan de agricultuurchemici, die er bijna hun hoofdvak van hebben gemaakt. Althans dit deel van exacte kennis zoo sterk hebben ontwikkeld, dat in de agricultuurchemie de „Bodemkunde” een zelfstandig onderdeel is geworden.

De microbiologen zijn betere chemici geweest, ja men kan zelfs zeggen, dat velen van hen zoo niet de meesten, zich uit de chemie hebben ontwikkeld. En zij zijn het geweest, die de biochemie als wetenschap aanzien hebben gegeven. Zij hebben op de landbouwchemici voor, dat hun object het eencellige organisme is met eenvoudiger reacties dan wij met het gecompliceerde en sterk gedifferentieerde celaggregraat van plant of dier moeten hanteeren. Wanneer zij de synthese bestudeeren van H_2 en CO_2 tot methaan of van H_2 en CO_2 tot azijnzuur, hebben zij het heel wat gemakkelijker dan wij met de eiwitsynthese door plant of dier.

De medici hebben eerder dan de botanici den weg tot de chemie teruggevonden en het zijn vooral zij, die de medische chemie hanteeren, die het ontstaan door biochemie sterk hebben gestimuleerd en nu ook de botanici dwingen tot meer chemische beschouwing.

De landbouw is sterk botanisch georiënteerd. De systematiek, genetica, de ziekteleer morphologisch behandeld, spelen naast de techniek van de plantenteelt een zeer groote rol.

Merkwaardig genoeg komt de physiologie op den achtergrond.

Het schijnt soms alsof de landbouwkundige vrees heeft voor de biochemische problemen en zich daarom liever tot morphologie, systematiek, genetica en economie bepaalt ¹⁾. In elk geval ziet de

¹⁾ Wanneer men het aggregraat van wetenschappen schematisch zou willen voorstellen, kan men dit doen, door de grond, de plant en het dier in een driehoeksverband te zien. Door de productiekraft van grond en plant wordt het dier gevoed en aan grondstoffen voor zijn leven geholpen. De mensch wordt natuurlijk ook als dier beschouwd. Wanneer men deze driehoek met een cirkel omschrijft, kan men daarmee aangeven hoe de economie dit driehoekstelsel omvat en in feite de landbouwhandeligen bepaalt.

landbouwkundige onvoldoende, dat de plantenproductie een biochemisch proces is. En dat niettegenstaande juist de chemie de plantenproductie ongehoorde voordeelen heeft gebracht. LIEBIG's genie is ook daaraan te herkennen, dat hij reeds in 1838 in een voordracht te Liverpool de taak van de chemie in den landbouw heeft aangewezen en het succes heeft voorspeld. Zijn beroemd boek „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Agrikultur” was er het gevolg van. Alleen al het feit, dat de organicus LIEBIG het opnam voor den invloed der anorganische bestanddeelen op een organisch proces, wijst op een vrije, onafhankelijk scherpe geest. Zoo ooit iemand de oude vitaliteitstheorie heeft bestreden en ten gronde gericht heeft, is hij het geweest. Men vergete niet, dat het nog maar 100 jaar geleden is, dat „men”, — ook de wetenschappelijke „men” —, er aan twijfelde of de levenskracht iets op zichzelf was en in staat was de elementen te scheppen of te transformeeren. WÖHLER's prijsvraag in 1838 gesteld, geeft dit duidelijker aan dan menig betoog. Men vroeg:

„Ob die anorganischen Elemente, welche in der Asche der Pflanzen „gefunden werden, auch dann in den Pflanzen sich vorfinden, wenn „sie denselben nicht dargeboten werden und ob jene Elemente so „wesentliche Bestandteile des vegetabilischen Organismus seien, „dass dieser sie zu seiner völligen Ausbildung bedürfe.” Met de beantwoording van deze vraag zegevierde LIEBIG's *mineraaltheorie*. En daarna begon de kunstmestindustrie te bloeien. Sedert de ontdekking van de minerale bemesting is de productie per oppervlakte-eenheid meer dan verdubbeld en daar de genetici er in geslaagd zijn productievare plantensoorten te kweken, kan men aannemen, dat deze productie per land gezien zelfs 3-maal zooveel vermag als vroeger. Maar ook de bevolking is uitgebreid en nog is men met de behaalde successen niet tevreden en steeds vragen wij naar meer.

Het spreekt van zelf, dat de landbouwscheikunde zich nog steeds bemoeit met de chemische gesteldheid van den grond, want deze levert de anorganische stoffen, die voor een geordend verloop der organische synthese in het groene apparaat, zorg draagt. Nog altijd is het de vraag of dit apparaat wel voldoende intensief wordt in het werk gesteld. Het zijn speciaal de ionenevenwichten en ionenverhoudingen, die ons interesseeren. De bodemchemie is en blijft dus uitgangspunt voor de landbouwscheikunde. Deze ontwikkelt zich dan verder via het plantenmembraan, waar door heen zij de gang der ionen vervolgt naar de samenstelling van de plant.

De kennis dáárvan wordt met het begrip plantenchemie omvat, dat dus alles bevat wat met de samenstelling van de plant te maken heeft. En daarmee blijkt ons vak zoowel anorganisch als organisch georiënteerd te worden.

Begint men met den bodem, dan moet gewezen worden op een omstandigheid, die van groot belang is voor het nader begrijpen van haar terrein. De bodem, die aanvankelijk als een magazijn werd gedacht, waarin de oplossing de hoofdrol heeft, is gebleken geen *inactief* materiaal te zijn. Het zijn de fijne deelen, die in colloïdale dispersie verkeerden, welke de reactie-rest bevatten van de verweering van het moedergesteente.

Deze rest, die een hydrolyse-rest is der silicaten, bevat òf secundaire, d. w. z. kleimineralen van merkwaardige roosterstructuur òf colloïdale coagulaten. Beide hebben dezelfde merkwaardige eigenschap der oppervlakte-adsorptie van de kationen. Zij vertoonen dus de omwisselingsadsorptie en beveiligen daarom de kationen voor uitspoeling. Dat dit actieve deel van den grond een groote invloed heeft op de plantenvoeding en deze helpt regelen, behoeft geen betoog. Deze kationenbuffer beheerscht de vruchtbaarheid en wanneer de kationenvoorraad of de kationenbelegging niet toereikend is of disharmonisch, moeten wij die herstellen. Deze ingreep noemt men bemesting. Dit is niet meer een soort magazijnhandeling, die men iedereen toevertrouwen kan, maar een wetenschappelijk ingrijpen geworden, dat in handen thuisbehoort van chemisch georiënteerde vakkundigen. De anionenbestanddeelen, die aan buffering zouden ontgaan, worden op niveau en in roteerende reserve gehouden door al wat leeft in den grond van micro-flora en fauna tot en met macroleven toe. Het zijn dus de bacteriën, schimmels, insecten, wormen en wortelresten, die de anionen of eiwitelementen opslaan en weer afstaan in eeuwige wisselwerking en zorgen voor een bepaald niveau. De grond is als een dynamisch systeem op te vatten, dat aan eeuwigdurende verandering onderhevig is, zoodat men moet inzien, dat de grond niet alleen de plant beïnvloedt, doch omgekeerd, dat de grond door de groeiende of doode planten verandering ondergaat. Wil men daarom de plantenproductie in haar geheel zien, dan moet men het systeem grond—plant beschouwen en daarin de stofverschuiving vervolgen, die biochemisch is op te vatten.

Hiermede is dan het gebied der agricultuurchemie ook geheel aangegeven. Dat zoowel de grond als de plant ieder als chemisch gebufferd systeem zijn te omschrijven, volgt uit het medegedeelde. Het schijnt alsof de evolutie bepaaldelijk de buffer van den grond, zoowel de kationen als de anionenbuffer heeft noodig gehad. Opmerkelijk is althans, dat in de oplossing, — de zee of het rivierwater —, het leven sedert het archaïcum practisch niet is veranderd. Het is blijven staan op het primitieve niveau der eenvoudige celaggregaties en differentiaties der holte- en weekdieren met het kiezelskelet als beschermend pantser. De hooger ontwikkelde dieren zijn op het land

gevormd, vooral ook het fosfaatskelet, dat beter past in de stofevolutie, die voor het eerst in de lithosfeer verspreide PO_4 -ionen als het ware van een groot oppervlak heeft verzameld. Dan eerst kan een zich bewegend dier PO_4 -houdende organische stof verwerken tot lichaams-eiwitten en een skelet van Ca-fosfaat opbouwen. D. w. z. dat de ontwikkeling van de micro-organismen ouder is dan die van hooger ontwikkelde organismen. Hetzelfde is af te leiden uit den omloop van de stikstof. Eiwitophooping uit de atmosfeer kan slechts door het intermediair van micro-organismen plaats vinden, d. w. z. door zuivere oppervlakte-reacties van gas en vaste stof. En alleen wanneer deze micro-organismen in symbiose met planten leven, is de vorming van planteneiwit denkbaar. Eerst daarna de vorming van diereneiwit op groote schaal.

Is het toeval, dat in de evolutie, wanneer de plant en P en N gaat verzamelen, daarna de Saurierfauna ontstaat met zijn ongehoorde afmetingen?

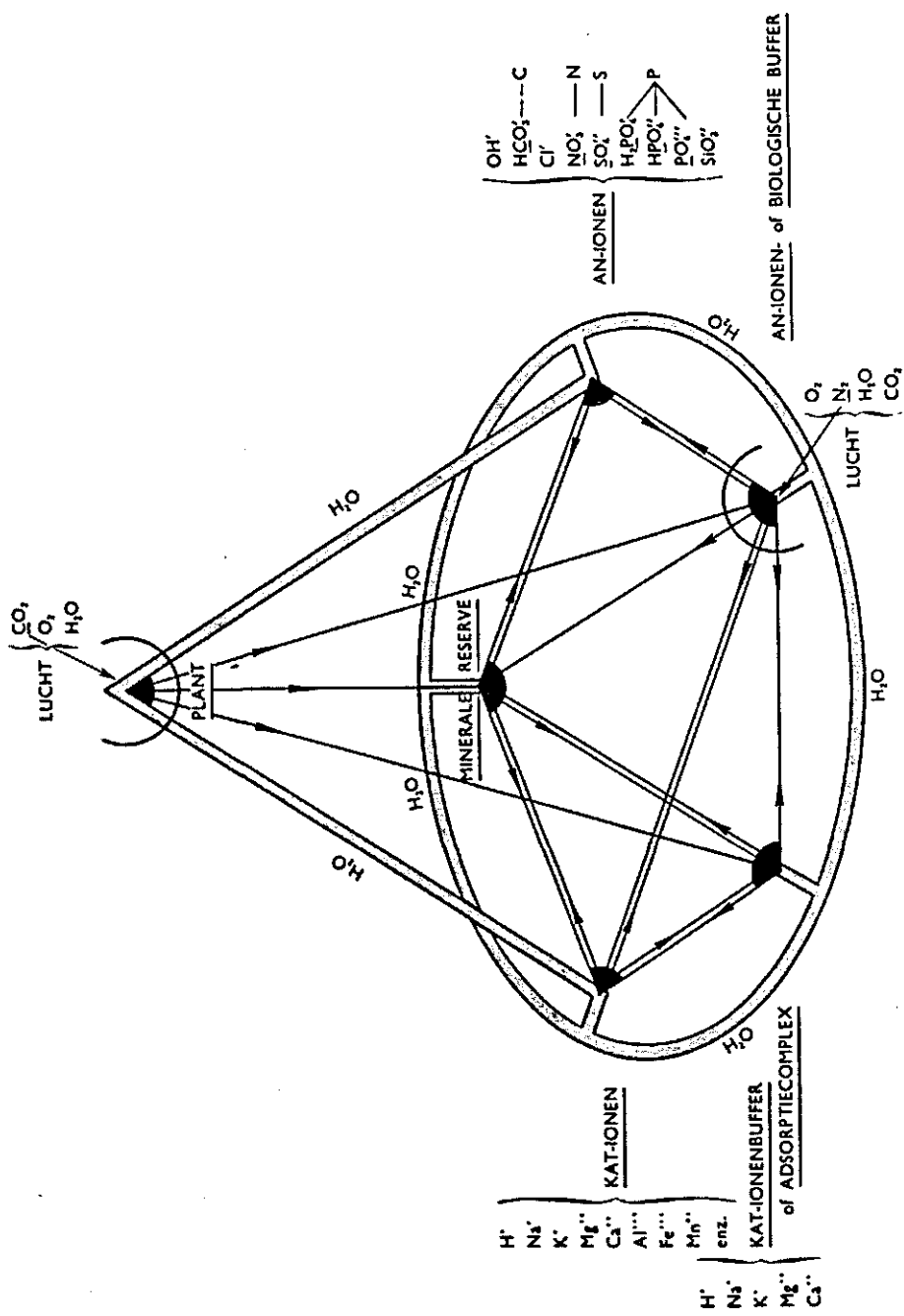
De evolutie is dus zoo bezien voor ons een wegwijzer voor het begrip van de stofomloop, waarmede de landbouwchemie aanhoudend heeft te maken en die zij bevorderen moet, sedert de mensch eenzijdig ingrijpt in het productie-apparaat, dat grond heet. Hij voert er allerhande stoffen uit, die wij er weder in moeten brengen. Het zijn niet alleen de stofwisselingsproducten van het dier, dat op en van den grond leeft en die er weder teruggevoerd moeten worden, maar ook moet er geslept worden met de organoegen in ophooping neergelegde stoffen als fosfaten, koolzure kalk, nitraten enz. enz.

De chemicus is voor dezen omloop en het bevorderen ervan dan ook onmisbaar.

Thans rest mij nog U een toelichting te geven op dit alles, die verhelderend zal moeten werken en samenvatten metéén. Ik voerde U in groote passen door het terrein van onze werkzaamheid en liet U allerhand zien. Maar nu komen wij vanzelf tot het punt, dat de beperking onzer krachten eischt. Het is duidelijk, dat de landbouwchemicus of bodemkundige zal zijn of plantenchemicus. Beide richtingen neigen langs de banen der physiologie naar elkaar toe. Zij zullen elkaar ontmoeten op het scheidingsvlak, plant: grond, dus vóór of juist achter het wortelmembraan. Wil men zich in die gebieden specialiseeren, dan valt er enorm veel af te zonderen, uit het groote geheel.

Wij gebruiken voor dit overzicht de zoogenaamde tentgrafiek die ik uitvoerig in een verhandeling beschreef¹⁾ en die ik in het kort nog even wensch te behandelen.

¹⁾ Landbouwkundig Tijdschrift No. 625. Juni 1939.



In bovenstaande figuur zijn de voornaamste gebieden van chemische werkzaamheid of „werkingssferen”, die in het systeem bodem—plant elkaar doordringen, schematisch gescheiden weergegeven. Men moet die figuren ruimtelijk zien en wel als een pyramide, waarvan het basisvlak de bodem voorstelt en de top de plant is. De ribben der pyramide geven de diverse betrekkingen weer van de plant met den bodem. De lijnen in het grondvlak stellen de betrekkingen der werkingsgebieden in het systeem grond voor.

Men onderscheidt in dit systeem:

1e. de reserve, die primaire mineralen bevat (verweeringsrest van het gesteente) en eenige minerale verbindingen, welke door remineralisatie zijn ontstaan (onoplosbare fosfaten, carbonaten, oxyden en hydraten). Deze stoffen leveren door de verweeringsinvloeden (CO_2 en H_2O):

2e. de kationen en

3e. de anionen.

Van beide zijn de voornaamsten in de figuur aangegeven. Het HCO_3 en het NO_3 -ion hebben niet hun oorsprong in het gesteente, maar een andere, die in het kort aan het slot van deze toelichting zal worden genoemd.

De verweering laat ook het fijne materiaal ontstaan, dat de eigenschap der kationenuitwisseling bezit. Dit is als

4e. het adsorbtiecomplex of kationenbuffer genoemd. Het conserveert de kationen en buffert de oplossing.

Een systeem, dat enkel de kationen buffert, zou als productie-systeem onbruikbaar zijn. De natuur bezorgt in al wat leeft in den bodem (micro- en macro flora en fauna):

5e. een „biologische of anionenbuffer”, want zij slaat in die levende massa speciaal de elementen C, N, S en P, die in de oplossing als anionen voorkomen, op en houdt ze door opbouw en afbraak in circulatie. De grondstoffen voor dit biologische circulatieproces zijn de organische stoffen in den plantenafval, benevens de doode organismen, die daarop hebben geleefd.

De betrekkingen tusschen deze werkingsgebieden onderling zijn zeer levendig. Zij worden aangegeven door met pijlen voorziene lijnen (vice-versa). De anionenbuffer kan in een tusschenstadium organisch materiaal leveren, dat ook kationen buffert. Dit zijn de humusachtige lichamen, die ook weer kunnen vergaan. Tusschen de kationenbuffer en de biologische buffer is daarom één lijn getrokken met tegengesteld gerichte pijlen. In de werkingssfeer van de biologische buffer treedt de N, die niet uit het gesteente kan verklaard worden, door het intermediair van microbiologische processen (azotobacter, radicola e. a.)

in het systeem. Hier is dus de poort van intrede van de stikstof voor alle eiwitopbouw te zien.

Het reparatieve effect van een beplanting met leguminosen kan hierdoor worden verklaard.

Wanneer de toevoer van organische stof niet onderhouden wordt, teert deze buffer zichzelf op. Omdat de mensch zooveel mogelijk plantenstof van den bodem wegvoert, moet die buffer kunstmatig op peil gehouden worden. Deze bewerking heet „bemesting” evenals het op peil houden van de kationenvoorraad en kationenverhouding in oplossing en adsorptiecomplex.

Daar alle reacties in een waterig milieu verlopen, zijn de 5 hoeken van het grondvlak door een cirkel, die een waterbaan voorstelt, omgeven. Daarmede is tegelijkertijd aangeduid hoe alle werkingssferen elkaar doordringen.

De plant heeft hare betrekkingen met den bodem in hoofdzaak langs de waterbanen via de kationen en anionen. Zij geeft door hare wortelfunctie H en HCO_3 af en tast daardoor de reserve van den bodem aan. Zij wisselt met de gevormde H ook kationen van het adsorptiecomplex in. Zij geeft ook dood organisch materiaal aan den anionenbuffer af. Zij is dus de poort, waardoor het element C in het systeem binnentreedt, want ook de C is *niet* uit het gesteente verantwoord.

De plant en de bodem hebben dus ieder de zeer belangrijke functie om twee onontbeerlijke elementen voor de vorming van plantenstof uit de atmosfeer in het „leven” binnen te voeren.

Ik meen hiermede aan het einde van mijn exposé te zijn aangeland. Ik meende er goed aan gedaan te hebben U niet te vermoeien met te zeer speciale bijzonderheden van ons vak.

U zult natuurlijk begrepen hebben, dat de analytische chemie een der belangrijkste onderdeelen is van ons werk en dat wij streven naar goede vlug te verrichten en goedkoope analytische methoden. In een landbouwscheikundig laboratorium mag en kan een analytisch chemicus niet ontbeerd worden, speciaal iemand, die micromethoden kan hanteeren.

Wij passen de spectraalanalyse toe, waarin zich Dr. SCHUFFELEN heeft gespecialiseerd en die gaarne bereid is U straks zijn apparatuur te demonstreeren. Zijn dissertatie over dit onderwerp zal in een analytisch chemisch laboratorium niet gemist kunnen worden.

De apparatuur en de methodiek spelen daarom in ons laboratorium een groote rol en U zult er bij de bezichtiging eenigszins mede kennis kunnen maken.

Meer heb ik U niet te vertellen, tenzij dan iets over de vraag hoe nu de landbouwscheikunde in de maatschappij behoort te functionee-

ren. Beide onderwerpen raken een netelige kwestie nl., die van de beteekenis der technische Hoogeschoolen, niet in of bij, maar naast de Universiteit.

Daarover zou heel wat te zeggen zijn en ik zou U kunnen betoogen, dat het jammer is, dat de wetenschap in hare toepassing bij het onderwijs wegen heeft gescheiden, die samen behoorden te loopen. Maar dit is geen landbouwscheikundig onderwerp, dat ik aanroer. Toch moet voor U — docenten —, die straks Uwe leerlingen moeten kunnen vertellen in welke richtingen de chemie wordt toegepast, in welke richtingen dus de nieuwelingen zich kunnen bekwaren, het niet verzwezen worden, dat de Hoogeschool in de landbouwrichting reeds spoedig specialiseert en weinig tijd laat voor algemeene wetenschappelijke ontwikkeling. Dit is nu eenmaal niet anders, de gang van zaken heeft zich in deze richting ontplooid en ik kom daarmede in een onderwerp terecht, dat Prof. KRUYT, mijn chemische collega in Utrecht, zoo menigmaal helder en met warmte heeft behandeld.

Persoonlijk mag ik niet verzwijgen, dat ik het jammer acht, dat de landbouwscheikunde als oudste tak der chemie op vele plaatsen zich van de Universitas heeft afgescheiden.

Literatuur:

ADOLF MAYER: Agrikulturchemie, 3 deelen,

I. Die Ernährung der grünen Pflanzen.

II. Bodenkunde.

III. Düngerlehre.

HASELHOFF und BLANCK: Lehrbuch Agrikulturchemie; 4 deelen, ± 800 blz.

I. Pflanzenernährungslehre.

II. Düngerlehre.

III. Bodenlehre.

IV. Futtermittellehre.

RUSSEL: Soil Condition and Plantgrowth, 1 deel, 636 blz.

FRAPS: Principles of Agricultural Chemistry, 1 deel, 490 blz.

HEDGES and BRAYTON: The application of Chemistry to Agriculture, 1 deel, 238 blz.

DUTCHER and HALEY: Introduction to agricultural Biochemistry, 1 deel, 484 blz.