

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION
TE GRONINGEN.

**Reactieverandering van den bodem ten gevolge van
plantengroei en bemesting,**

DOOR

J. G. MASCHHAUPT.

De voorstelling, welke men zich ook thans nog vormt van de wijze waarop de plantenwortels de zouten uit den bodem tot zich nemen is die, welke reeds omstreeks het midden der vorige eeuw door G. J. MULDER ¹⁾ en door SCHULZ-FLEETH ²⁾ werd gegeven. In hoofdzaak komt zij neer op het volgende:

De verschillende stoffen uit de omgeving der wortels treden door diffusie in de wortelcellen binnen; sommige dezer stoffen worden door de naastliggende cellen weggevoerd of worden direct omgezet in niet diffundeerbare verbindingen, tengevolge waarvan opnieuw aan deze stoffen de gelegenheid geboden wordt de wortelcellen binnen te treden.

Op deze wijze wordt verklaard, hoe de plant steeds in hare behoefte aan de onmisbare elementen kan voorzien en hoe het komt dat de verschillende elementen in een geheel andere verhouding in de planten voorkomen dan in het omringende medium, hetzij bodem of water.

De eerste die deze voorstelling eenigszins verder uitwerkte was A. MAYER.

A. MAYER ³⁾ wees in 1881 in de „Versuchsstationen” op het feit, dat van de verschillende zouten, welke bij de voeding der planten een rol spelen, de beide bestanddeelen, het zuur en de base, in den

¹⁾ MULDER, Phys. Chemie, 1844-51, pag. 678. Scheikunde der Bouwbare aarde, III pag. 177.

²⁾ SCHULZ-FLEETH, Der rationelle Ackerbau, 1856, pag. 124. Pogg. Ann. Bd. 83, pag. 177.

³⁾ A. MAYER, Beiträge zur Frage über die Düngung mit Kalisalze. Landw. Versuchsst. Bd. 26, 1881, pag. 77.

regel niet van even groote beteekenis zijn en dientengevolge met verschillende snelheid door de plant verwerkt zullen worden. Treedt bijv. uit de bodemvloeistof NaNO_3 in de wortelcellen binnen, dan heeft geen verwerking plaats van het zout als zoodanig, want het NO_3' is van veel grooter beteekenis voor den plantengroei dan het Na . Op het salpeterzuur (NO_3') wordt direct door de plant beslag gelegd om bij de vorming van nieuw eiwit de benoodigde stikstof te leveren. Zoo komt dan al gauw de baan vrij voor eene nieuwe hoeveelheid salpeterzuur (NO_3') die zich buiten de wortelcellen bevindt.

De base, het natrium (Na) echter, is in veel geringere hoeveelheden voor het plantenleven noodig; zij wordt dus niet zoo snel verwerkt als het salpeterzuur.

Het resultaat hiervan zal zijn, dat de omgeving, waarin de wortels groeien, *alcalisch* zal worden, door zich vormend Na_2CO_3 , verondersteld dat zij oorspronkelijk neutraal was.

Beschouwen we een ander zout, bijv. KCl .

Het kalium is hier van grootere beteekenis voor het plantenleven dan het zoutzuur. Het kalium (K) van het kaliumchloride, dat in de cellen is binnengekomen, zal sneller verwerkt worden dan het zoutzuur (Cl). Dit moet tengevolge hebben dat er meer kalium dan zoutzuur naar binnen treedt, waardoor de vloeistof, welke de wortels omgeeft, na eenigen tijd een overmaat aan zoutzuur zal bevatten; de vloeistof wordt dus *zuur*.

Ten slotte is nog een derde geval mogelijk, nl. dat beide bestanddeelen van het zout, zuur en base, even snel door de plant verwerkt worden. Uit de omgeving verdwijnt dus in een bepaalden tijd evenveel zuur als base, de reactie van de omgeving verandert dientengevolge niet.

Op grond van dergelijke overwegingen verdeelt A. MAYER de zouten in 3 groepen.

- Groep 1 omvat de zouten, waarvan base en zuur even snel door de planten opgenomen worden. A. MAYER noemt dergelijke zouten *physiologisch neutraal*.
- „ 2 omvat de zouten, waarvan de base sneller dan het zuur opgenomen wordt; deze noemt hij *physiologisch zuur*.
- „ 3 omvat de zouten, waarvan het zuur sneller wordt opgenomen dan de base, door A. MAYER *physiologisch alcalisch* genoemd.

Vervolgens brengt MAYER de zouten, welke bij de bemesting eene rol spelen, en de verschillende kunstmeststoffen bij een der drie groepen onder en komt dan tot de volgende indeeling:

Physiologisch neutraal.	Physiologisch zuur.	Physiologisch alcalisch.
Ca SO ₄ Mg SO ₄ Na Cl Supherphosphaat. Ammoniak Superphosph. Opgeloste perugvano K NO ₃	NH ₄ Cl K Cl. Mg Cl ₂ (N H ₄) ₂ SO ₄ K ₂ SO ₄ Stassfurter zouten in 't algemeen. Kalisperphosphaat.	K ₂ CO ₃ Houtasch. Ca O Ca CO ₃ Calciumphosphaat zonder zwavelzuur Chilisalpeter Chilisalpeter superphosphaat Ruwe perugvano Beendermeel.

Tegen deze indeeling is al direct aan te voeren dat ze niet gegrond is op experimenteel onderzoek, doch slechts door redeneering is tot stand gekomen.

Dat Ca SO₄, Mg SO₄ en Na Cl physiologisch neutraal zouden zijn baseert zich slechts op de overweging, dat, voor zoover de beide eerstgenoemde zouten betreft, kation en anion een rol van zekere beteekenis, en wat het laatste zout betreft kation en anion beide een zeer ondergeschikte rol in het plantenleven vervullen.

K NO₃ vindt in deze groep een plaats, omdat beide bestanddeelen een zeer belangrijke plaats in het leven der planten innemen.

Of echter bij de genoemde zouten de verwerking van de beide ionen *even snel* plaats heeft, in welk geval ze pas met recht den naam *physiologisch neutraal* kunnen dragen, staat nog te bezien en is slechts langs experimenteelen weg vast te stellen.

Vreemd is het, dat zoowel superphosphaat als een mengsel van superphosphaat met het physiologisch zure (N H₄)₂ SO₄ beide physiologisch neutraal worden genoemd.

Hoe men echter een zoo samengestelde stof als ruwe perugvano, die bovendien in den grond aan allerlei omzettingen onderhevig is, hier bij een der drie groepen kan indeelen is niet duidelijk.

Ten slotte is het niet duidelijk waarom A. MAYER een stof als Ca O, waarbij van physiologische splitsing geen sprake is, hier opneemt, terwijl ook de opname van K₂ CO₃ en Ca CO₃ in groep 3 bevreemding wekt.

Van de begrippen „*physiologisch zuur*” en „*physiologisch alcalisch*” is sedert herhaaldelijk gebruik gemaakt ter verklaring van verschijnselen, welke zich bij landbouwkundige onderzoekingen voordeden.

Aangezien echter noch door A. MAYER, noch door latere onderzoekers de bovenvermelde beschouwingen aan het experiment werden getoetst, en dergelijke reactieveranderingen in de omgeving der

wortels zoowel voor een goed begrip der voedselopname door de plantenwortels, als voor onze kennis van de veranderingen, welke in de bouwbare aarde plaats grijpen van groot belang geacht moeten worden, kwam het ons zeer wenschelijk voor dit onderwerp in studie te nemen.

Alvorens echter over te gaan tot de bespreking van het door ons verrichte onderzoek naar de reactieverandering in zuivere zoutoplossingen teweeg gebracht door daarin groeiende plantenwortels, komt het ons wenschelijk voor het vraagstuk van de reactieverandering der bouwbare aarde onder invloed van plantengroei en bemesting in zijn geheel omvang te bespreken en te overwegen, in welke richtingen het onderzoek geleid moet worden.

De in den bouwgrond capillair gebonden bodemvloeistof is eene oplossing van een groot aantal zouten.

Deze oplossing is in evenwicht met de onopgeloste stoffen in den grond. Worden er stoffen uit deze oplossing door de plantenwortels weggenomen, dan is het evenwicht verbroken en er gaat eene nieuwe hoeveelheid in oplossing totdat de evenwichtstoestand weer is ingetreden.

Eenvoudigheidshalve zullen we echter voor het oogenblik veronderstellen, dat er in den grond geen oplosbare vaste stoffen zijn, dat we dus b.v. hebben, een bodem van zuiver kwartzsand, gedrenkt met eene oplossing waarin voorkomen de kationen K^+ , Na^+ , Ca^{++} , NH_4^+ , Mg^{++} , enz., en de anionen SO_4^{--} , Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- , $H_2PO_4^-$ enz.

Oorspronkelijk is er eene bepaalde verhouding tusschen zuur-ionen en base-ionen: de vloeistof is neutraal, zuur of basisch.

De planten brengen in deze verhouding wijziging wanneer de hoeveelheid base-ionen welke zij opnemen niet aequivalent is met de hoeveelheid zuur-ionen; in dit geval verandert dus de reactie van de gedachte bodemvloeistof, hetzij in zure richting, hetzij in basische richting. Is de hoeveelheid base, welke de planten in den vorm van K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , enz. opnemen aequivalent met de hoeveelheid zuur, welke de planten als SO_4^{--} , Cl^- , NO_3^- enz., opnemen dan verandert de reactie van de bodemvloeistof dus niet.

Met welke van deze drie mogelijke gevallen hebben wij bij de cultuurgewassen te maken? Blijft de reactie van de bodemvloeistof onder invloed van het verbouwde gewas ongewijzigd of wordt de reactie in de zure- of in de basische richting verschoven?

Een antwoord op deze vraag krijgen we wanneer we precies weten wat de plant aan K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} enz., aan NO_3^- , PO_4^{--} , SO_4^{--} enz. aan den grond onttrokken heeft.

In de eerste plaats moeten we dus de asch van de geheele plant, wortels en bovengrondsche gedeelte analyseeren. De gehaltecijfers in procenten rekenen we vervolgens om op zuur- en basenaequivalen-

ten Blijkt de som der basenaequivalenten gelijk te zijn aan de som der zuuraequivalenten dan heeft er geen reactieverandering van de bodenvloeistof plaats gehad. Is de som der zuuraequivalenten grooter dan de som der basenaequivalenten dan is er dus meer zuur dan base aan den grond onttrokken en de grond moet meer basisch zijn geworden. Is omgekeerd de som der basenaequivalenten in de plant grooter, dan is er meer base dan zuur aan den grond onttrokken, de reactie van den grond is dus in de zure richting verschoven.

Bij de bovenbedoelde bepaling van de som der basen- en der zuur-aequivalenten, door het gewas aan den bodem onttrokken, moeten we behalve de aschbestanddeelen ook de in de plant aanwezige stikstof in rekening brengen, want de stikstof is als $\text{N O}_3'$, uit de bodenvloeistof opgenomen en behoort dus bij de zuuraequivalenten opgeteld te worden. ¹⁾

Hierbij doet zich natuurlijk de vraag voor of al de in de plant aanwezige stikstof als $\text{N O}_3'$ is opgenomen, en of niet een deel als $\text{N H}_4'$ de wortelcellen is binnengedrongen. In het laatste geval zou dit deel der stikstof niet op rekening der zuur-aequivalenten komen, maar bij de basen-aequivalenten dienen opgeteld te worden. Geheel onmogelijk is dit niet, want of werkelijk, zooals veelal gemeend wordt, nitraat altijd de preferente vorm is, waarin de planten stikstof opnemen, staat nog te bezien, vooral met het oog op de proeven van MAZÉ over de opname van nitraaten ammoniakstikstof uit mengsels van beiden door mais. MAZÉ ²⁾ vond, dat bij eene bepaalde verhouding tusschen Na NO_3 en $(\text{N H}_4)_2 \text{SO}_4$ de maisplant meer stikstof in den vorm van ammoniak dan in den vorm van nitraat tot zich neemt.

De vraag hoe de aanwezige stikstof is opgenomen geworden, als NO_3' of als NH_4' , brengt dus bij de berekening van de verhouding tusschen zuur- en basen-aequivalenten door den oogst aan den grond onttrokken, eenige onzekerheid teweeg.

Bovendien staat de groote moeite, men kan wel zeggen de onmogelijkheid, om het geheele wortelstelsel zoodanig uit den grond te isoleeren, dat het voor analyseering geschikt is, het maken van een zuivere balans der aan den bodem onttrokken zuur- en basen-aequivalenten, in den weg. Dit neemt niet weg, dat wij het niet onmogelijk achten, een inzicht te krijgen in de grootte der fout, welke men maakt, door de wortelmasse bij het onderzoek te verwaarloozen. Bovendien gaat het hier niet zoo zeer om de reactieverandering van

¹⁾ Door A. MAYER is dit in de reeds vermelde publicatie, naar het ons voorkomt, uit het oog verloren. M. spreekt slechts van de „sterk basische plantenasch” en meent hieruit tot eene verschuiving van de bodenreactie in de zure richting te kunnen besluiten (zie Landw. Versuchsst. Bd. 26, 1881, pag. 89—93).

²⁾ MAZÉ, Ann. de l'Inst. Pasteur 1900, pag. 26.

Zie ook: HUTCHINSON and MILLER, Direct assimilation of ammonium salts by plants Journ. of Agr. Science, Vol. III, 1909, pag. 179.

den bouwgrond tengevolge van den verbouw van één enkel gewas, dan wel om reactieveranderingen welke in den loop der jaren optreden. En men mag aannemen dat de aschbestanddeelen uit de wortelmasse na verloop van korten tijd weer grootendeels gemineraliseerd worden en dus weer deel gaan uitmaken van de mobiele voedingstoffen in den bodem.

Wanneer we op een stuk land een gewas verbouwen dan zal aan het einde der groeiperiode de reactie van den grond in de zure richting, of in de alcalische richting veranderd zijn, of de reactie heeft geene wijziging ondergaan, al naar gelang de basen- resp. de zuur-aequivalenten in den oogst overwegen, of de som der basenaequivalenten gelijk is aan die der zuur-aequivalenten.

Wat zou er nu gebeurd zijn wanneer wij ditzelfde stuk land bemest hadden, hetzij met NaNO_3 , K_2SO_4 , KCl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ of eenig ander zout?

Deze zouten zijn op zichzelf neutraal, veranderen de reactie van den grond dus niet ¹⁾, met uitzondering van het $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ als het genitrificeerd wordt. Zullen deze zouten misschien onder invloed van den plantengroei de reactie van den grond wél wijzigen?

Weliswaar wordt van de genoemde zouten, indien ze ieder afzonderlijk aan de plantenwortels worden aangeboden, zooals we later zullen zien, inderdaad meer van de fase of meer van het zuur opgenomen zoodat de oplossing zuur of alcalisch gaat reageeren. Maar als onder invloed van eene bemesting met deze zouten de verhouding tusschen zuur-aequivalenten en basenaequivalenten in de totale plantenmasse geen wijziging ondergaat, dan kan de bemesting met deze zouten ook geen invloed hebben op de reactieverandering van de bodemvloeistof.

Beschouwen we een concreet geval.

We hebben een stuk land, waar haver op verbouwd wordt, de eene helft blijft onbemest, de andere helft ontvangt een chilisalpeterbemesting, dus natriumnitrat.

Op de eene helft van het veld nemen de wortels hun voedsel op uit eene bodemvloeistof ²⁾ met eene zekere samenstelling; naast K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , SO_4^{--} , H_2PO_4^- enz. bevat deze oplossing ook eene zekere hoeveelheid Na^+ en NO_3^- .

De bodemvloeistof in de andere helft van het land is op dezelfde wijze samengesteld, maar bevat tengevolge van de bemesting met chilisalpeter *wat meer* Na^+ en NO_3^- -ionen.

¹⁾ Waarschijnlijk moet eene uitzondering gemaakt worden ten opzichte van de „absorptief onverzadigde gronden” zie RAMANN, Bodenkunde 3e Aufl. S. 242.

²⁾ We veronderstellen nog steeds dat de vaste bestanddeelen van den bodem geen rol spelen, totaal onoplosbaar zijn; later zullen we nagaan, welke veranderingen in onze beschouwingen moeten aangebracht worden, wanneer de onopgeloste bodemdeeltjes actief optreden.

Welken invloed zal de aanwezigheid van dit grootere quantum Na^+ en NO_3^- -ionen hebben op de hoeveelheden basen en zuur welke gedurende de geheele groeiperiode door het gewas uit den grond worden opgenomen?

Een antwoord op deze vraag is onmogelijk direct te geven.

Meestal redeneert men echter als volgt: Chilisalpeter is een fysiologisch alcalisch zout, het gewas neemt het NO_3^- tot zich en laat het Na^+ grootendeels onaangeroerd, er wordt dus Na_2CO_3 in den grond gevormd, de grond wordt door eene bemesting met chilisalpeter dus iets meer alcalisch.

Ook al is het iets meer alcalisch worden van den grond tengevolge eener bemesting met natriumnitrat inderdaad een feit, dan nog is de bovenvermelde redeneering niet geheel juist. Zij mag juist zijn wanneer de wortels eener plant groeien in eene oplossing van zuiver NaNO_3 , wanneer plantenwortels groeien in eenen met NaNO_3 bemesten grond, moet er iets anders gebeuren.

Men redeneert alsof eene bemesting met natriumnitrat alléén tengevolge heeft, dat het gewas méér NO_3^- opneemt en verder niets. Ware dit het geval, dan zou noodzakelijker wijze de reactie in de alcalische richting verschoven worden. Maar er gebeurt geheel iets anders.

Door de bemesting wordt de plantenproductie grooter en hiervoor is ongetwijfeld de opname van eene grootere hoeveelheid der verschillende aschbestanddeelen en der stikstof een vereischte.

Het is dus maar de vraag of de hoeveelheid alcali, welke onder invloed van de bemesting met chilisalpeter méér aan den grond onttrokken wordt al of niet aequivalent is met het meerdere, dat aan NO_3^- en andere zuren aan den grond ontnomen wordt. Zijn die hoeveelheden alcali en zuur aequivalent, dan verandert de reactie van den grond *niet*, zijn die hoeveelheden niet aequivalent, dan heeft er *wél* eene reactieverandering van den grond plaats.

Een inzicht hierin kunnen we slechts krijgen door in beide oogsten eene stikstofbepaling te doen en eene aschanalyse uit te voeren en uit de verkregen cijfers de verhouding tusschen basen- en zuur-aequivalenten in beide gevallen te berekenen. De vergelijking van deze verhoudingsgetallen leert ons den invloed van de bemesting met chilisalpeter op de reactie van de bodemvloeistof kennen.

Men voelt dat op deze wijze opgevat, de *fysiologische reactie* der zouten een geheel andere beteekenis heeft, dan we er in den aanvang aan toekenden. Toen bedoelden we met de fysiologische reactie van een zout, de reactie welke optreedt, wanneer in eene *zuivere oplossing* van dit zout plantenwortels groeien, thans hebben we op het oog *den invloed, welchen het zout, indien het als bemesting op het land wordt gebracht, uitoefent op de reactieverandering, door het gewas op zichzelf in den grond te voorschijn geroepen.*

Tot nu toe heeft men het groote verschil tusschen beide verschijn-

selen te veel uit het oog verloren; ook A. MAYER maakte dit onderscheid niet. Toch is het noodzakelijk beide, in wezen zoo verschillende, verschijnselen streng uit elkander te houden wanneer men wil trachten de veranderingen te leeren kennen, welke onder invloed van voortgezette bemesting met bepaalde kunstmeststoffen in de bouwkruiden optreden. Het geval is toch zeer goed denkbaar, dat een zout volgens de eerste opvatting physiologisch zuur, volgens de tweede opvatting physiologisch *alcalisch* genoemd moet worden, dat n.l. eene zuivere oplossing van het zout door daarin groeiende plantenwortels wel zuur wordt, doch dat dit zout op het land gebracht zijnde de opname van stikstof en aschbestanddeelen zoodanig beïnvloedt, dat de opname van zuren meer bevordert wordt dan die van basen, waardoor de reactie van den bodem in de alcalische richting verschoven wordt.

In hoeverre behoeven onze beschouwingen nu eene aanvulling wanneer we niet langer veronderstellen, dat het groeimedium bestaat uit eene oplossing van verschillende zouten, circuleerende tusschen indifferente vaste deeltjes, maar uit eene oplossing die in evenwicht is met eene groote verscheidenheid van meer of minder oplosbare stoffen, zooals dit bij een normalen bodem het geval is.

In de eerste plaats ligt het voor de hand, dat, zoo er aanvankelijk op de boven beschreven wijze al een zuur worden van de *bodemvloeistof* zou optreden, deze toestand in vele gevallen niet zal blijven bestaan aangezien een groot aantal grondsoorten meer of minder rijk is aan CaCO_3 of basische silikaten waardoor het gevormde vrije zuur direct zal geneutraliseerd worden. Het hangt nu maar van de grootte van den voorraad basische stoffen in den bodem af, of toch niet op den duur de invloed van de verschuiving der reactie in de zuurrichting door de cultuur, zich zal doen gelden. Later zullen wij een geval bespreken waarbij dit inderdaad het geval bleek te zijn.

In de tweede plaats is een deel der totale hoeveelheid base en zuur, welke wij in den oogst aantreffen, niet van den aanvang af in de bodemvloeistof aanwezig geweest, zooals wij oorspronkelijk aannamen, doch opgenomen uit onopgeloste stoffen, hetzij direct, hetzij op deze wijze, dat de wortels de stof uit de bodemvloeistof opnemen, waardoor het evenwicht verbroken wordt en weer eene nieuwe hoeveelheid uit den onopgelosten voorraad in oplossing kan gaan. De opname van deze stoffen kan dus aan de reactie van de *bodemvloeistof* niets veranderd hebben.

Hier geldt nu weer hetzelfde als boven, naarmate de voorraad onopgeloste stoffen, welke voor opname door de planten in aanmerking komen grooter is, zal de invloed van plantengroei en bemesting op de reactie van den grond geringer zijn.

We kunnen dus in het algemeen zeggen, dat een grond (d.w.z. de bodemvloeistof of het gemakkelijk oplosbare deel) des te eerder eene wijziging zijner reactie zal ondergaan onder invloed van de cultuur,

naarmate deze grond meer nadert tot den eerst door ons gedachten bodem, bestaande uit een absoluut onoplosbaar materiaal waarin een vloeistof circuleert, voorzien van het noodige plantenvoedsel.

Dergelijke gronden zijn de verschillende soorten zandgrond, terwijl tot de gronden, waarin tengevolge van eene zeer groote onopgeloste reserve vermoedelijk pas na zeer lang tijdsverloop de bedoelde reactieverandering merkbaar zal worden, de kleigronden gerekend moeten worden.

Nog op een ander punt dient hier in het bijzonder de aandacht gevestigd te worden.

Ter beoordeeling van de optredende reactieverandering hebben we de verhouding opgemaakt tusschen basen- en zuur-aequivalenten in den oogst. Het is echter niet in de allereerste plaats van belang te weten, hoeveel zuur noodig is om een bepaalde hoeveelheid grond te neutraliseeren en welke verandering hierin door cultuur en bemesting gebracht wordt. *Veel meer komt het aan op de concentratie der OH^- (resp. H^+)-ionen in de bodemvloeistof.* Veranderingen in deze concentratie zullen, zooals we later zullen zien, van grooten invloed kunnen zijn op de eigenschappen van den grond.

Bij de berekening van de verhouding tusschen basen- en zuur-aequivalenten in den oogst, werden alle basen (zuren) op één lijn gesteld. Voor de OH^- -concentratie in de bodemvloeistof zijn ze echter geenszins van dezelfde beteekenis. Of in de bodemvloeistof aanwezig is eene bepaalde hoeveelheid calciumbicarbonaat of calcium gebonden aan een ander zwak zuur, dan wel K_2CO_3 , Na_2CO_3 of kalium en natrium gebonden aan zwakke zuren, maakt ten opzichte van de concentratie der OH^- -ionen een groot verschil.

We zullen dus onze bijzondere aandacht moeten schenken aan de vraag, welke basen door den oogst aan den grond worden onttrokken, welke verandering door plantengroei en bemesting gebracht wordt in de *verhouding* tusschen Ca en Mg eenerzijds, K en Na anderzijds.

Eenzoo dient men bij de zuren, welke door het gewas aan den bodem onttrokken en in de bemesting worden toegevoegd, het onderscheid tusschen sterke en zwakke zuren in het oog te houden.

Welke beteekenis heeft de bedoelde reactieverandering nu voor onze cultuurgronden?

Reeds thans beschikken wij over verschillende gegevens, die aanwijzen in welke richtingen we een invloed van de besproken reactieveranderingen kunnen verwachten, en die ons overtuigen van de noodzakelijkheid dit vraagstuk nauwkeurig te onderzoeken. De studie van dit vraagstuk zal ons leeren welke veranderingen in den loop der jaren tengevolge van den verbouw van de verschillende gewassen en een bepaald bemestingsstelsel in den bouwgrond zullen optreden en zal misschien middelen aan de hand doen, ongewenschte veranderingen te voorkomen.

Wanneer wij het land bemesten met $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, dan kunnen wij, indien wij deze bemesting jaar op jaar herhalen, een zuurworden van den grond verwachten. De ammoniakstikstof immers, zal in den bodem genitrificeerd worden, de bemesting komt dus feitelijk neer op eene bemesting met vrij zwavelzuur en vrij salpeterzuur.

In vele gevallen, boven wezen wij er reeds op, is er voldoende onopgelost basisch materiaal in den bodem aanwezig om deze betrekkelijk geringe hoeveelheden zuur te binden. Verder wordt het salpeterzuur door de planten voor een groot deel opgenomen.

Dit laatste is echter niet het geval met het zwavelzuur, waarvan slechts een klein gedeelte der planten tot voedsel dient. Het zwavelzuur hoopt zich dus in den bodem op, neutraliseert langzamerhand het basisch bodemmateriaal en eindelijk komt er een oogenblik, waarop de reactie van den grond zuur zal worden tengevolge van de aanwezigheid van wat vrij zwavelzuur.

Inderdaad schijnt dit geval te Rothamsted geconstateerd te zijn. ¹⁾

Sedert 1856 heeft men te Rothamsted permanente graslandproefvelden, welke jaar op jaar op dezelfde wijze bemest zijn geworden. Die veldjes, welke steeds een mengsel van ammoniumsulfaat en -chloride ontvingen, vertoonen de latere jaren eene opbrengstvermindering terwijl tusschen het gras kale plekken komen, welke plekken bedekt zijn met een veenachtige massa van vergane planten. Grond van deze veldjes vertoont in vochtigen toestand tegenover blauw lakmoespapier eene duidelijk zure reactie. ²⁾

De grondsoort van deze proefveldjes is dezelfde als van de overige velden te Rothamsted n.l. zware leemgrond, alleen met dit verschil, dat het gehalte aan CaCO_3 van de bovenlaag zeer gering is (hoogstens 0,5 pCt.) terwijl verder te Rothamsted tengevolge van herhaalde bekalking in de 18e eeuw en vroeger, het gehalte aan CaCO_3 2—5 pCt. bedraagt. Het veldje dat de grootste hoeveelheid ammoniumzouten ³⁾ krijgt, heeft thans in de bovenste laag niet meer dan 0,04 pCt. CaCO_3 .

Dat het geringe kalkgehalte van grooten invloed is geweest op

¹⁾ HALL-MILLER-GIMMINGHAM, Nitrification in acid soils. Proceedings of the Royal Soc. of London, Series B, Vol. 80, 1908, pag. 196.

²⁾ Hetzelfde verschijnsel werd waargenomen door VOELCKER op een gerstproefveld te Woburn, dat 15 jaar lang ieder jaar gelijke hoeveelheden $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en NH_4Cl (te zamen 200 lb per acre) ontving. V. komt echter tot de conclusie dat de zure reactie niet toe te schrijven is aan gevormd vrij zwavelzuur en zoutzuur maar aan organische zuren. Zie: The Woburn field experiments, Journ. of the Royal Agric. Soc. of England, Vol. 64, 1903, pag. 355—364.

³⁾ De bemestingen met ammoniakzouten bestaan uit 200 resp. 300 Eng. ponden, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ per acre, + dezelfde hoeveelheid NH_4Cl , overeenkomende met ± 224 en ± 336 K.G. van ieder zout per H.A.

het optreden der zure reactie, blijkt hieruit, dat andere velden, die dezelfde hoeveelheid ammoniakzouten ontvingen, zelfs gedurende langeren tijd, nu nog neutraal zijn.

Het onderzoek leerde verder dat de nitrificatie in de met ammoniakzouten bemeste veldjes sterk is afgenomen terwijl nitrificeerende bacteriën slechts spaarzaam meer aanwezig zijn.

A. D. HALL en de andere onderzoekers schrijven het zuur worden toe aan de werking van schimmels, die in staat zijn uit ammoniakzouten de ammoniakstikstof op te nemen onder vorming van vrij zwavelzuur. Inderdaad gelukte het hun ook, het optreden eener zure reactie aan te toonen in eene cultuurvloeistof met ammoniumzouten waaraan wat van den zuren grond zelf, of van het waterige extract ervan, was toegevoegd. In deze cultuurvloeistof trad een sterke ontwikkeling van schimmels op, terwijl de vloeistof een zuurgraad aannam overeenkomende met die van den grond eenigen tijd na de bemesting met ammoniumzouten.

Het komt ons echter voor, dat het meer voor de hand ligt aan te nemen, dat aanvankelijk de schimmels deze rol nog niet spelen, in ieder geval nog op den achtergrond blijven, terwijl daarentegen eene normale nitrificatie der ammoniakstikstof optreedt, waarbij vrij zwavelzuur gevormd wordt, dat zich geleidelijk met het basisch materiaal in den bodem verbindt en ook het voor de nitrificatie noodzakelijke Ca CO_3 aantast. Verder is het mogelijk dat het gras direct NH_4 opneemt, waarbij dan eveneens zwavelzuur achterblijft ¹⁾. Pas wanneer op deze wijze alle stoffen welke het gevormde zwavelzuur kunnen binden omgezet zijn en de nitrificatie door gebrek aan Ca CO_3 achteruit gaat, zou de voorwaarde voor de ontwikkeling van schimmels gunstiger zijn geworden en zouden deze door de splitsing van de ammoniakzouten het werkelijk zuur worden van den grond kunnen bevorderen.

Hoe het ook zij, wij zien hieruit hoe diep ingrijpend op den duur de gevolgen van een bepaalde bemesting kunnen zijn. En al moge hier misschien de omstandigheden ongunstig zijn geweest (kalkarme grond, betrekkelijk zware bemesting met $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ en het in de praktijk nimmer meer gebruikte $\text{NH}_4 \text{Cl}$) toch zijn die omstandigheden niet zóó abnormaal, dat het verschijnsel te Rothamsted waargenomen niet eene ernstige waarschuwing zou zijn om de veranderingen, welke de gebruikelijke kunstmeststoffen langzamerhand in den grond teweeg brengen, nauwkeurig te onderzoeken.

In de praktijk heeft men herhaaldelijk opgemerkt dat bij bemesting van kleigronden met chilisalpeter de grond eene ongunstige structuur-

¹⁾ HALL e. s. komt op grond van de geringe hoeveelheid uitlaatstikstof, die in den zuren grond gevormd wordt en die veel kleiner is dan de hoeveelheid N door den oogst aan den grond onttrokken, tot de conclusie dat dit gebeuren moet.

verandering ondergaat, namelijk korstig wordt. Onderzoekingen voor enkele jaren door KRÜGER ¹⁾ verricht, maken het zeer waarschijnlijk dat we hier te maken hebben met een gevolg van de „physiologisch alcalische reactie” van het natriumnitraat.

Ten behoeve van een onderzoek naar de beteekenis van de nitrificatie in den bodem, schudde KRÜGER den grond uit verschillende cultuurpotten met water. Hierbij nam hij het verschijnsel waar, dat het afzetten van den met water geschudde grond naar omstandigheden met zeer verschillende snelheid plaats had terwijl het afzetten ook niet altijd even volledig plaats vond.

KRÜGER merkte verder op, dat bij de met NaNO_3 bemeste cultuurpotten de opgeslibde grond zich slechts langzaam afzette. Aan het NaNO_3 als zoodanig was dit verschijnsel niet toe te schrijven, want bij een onbegrooid pot, welke ook met NaNO_3 bemest was geworden, zette de grond zich even snel af als de oorspronkelijke grond zonder NaNO_3 .

Het lag dus voor de hand aan te nemen dat naast het NaNO_3 ook de plantengroei deel had aan de verandering; de invloed der verschillende gewassen was echter zeer verschillend. Aardappelen riepen het verschijnsel het duidelijkst te voorschijn, mosterd, haver, gerst en bieten in mindere mate, terwijl tarwe, rogge en koolzaad geen invloed hadden.

KRÜGER zoekt de verklaring van het verschijnsel in de vorming van Na_2CO_3 uit het NaNO_3 door eenzijdige opname van het NO_3^- door de plantenwortels.

Een dergelijke werking van kleine hoeveelheden Na_2CO_3 op kolloïdale klei is zeker te verwachten. Zooals bekend is bezitten de oplossingen van hydroxyden en carbonaten der alkali metalen tengevolge van de daarin aanwezige OH^- -ionen, de eigenschap om suspensoid-kolloïden in den sol-toestand te brengen, te doen vervloeien, en de vorming van eigenlijke suspensies zeer te bevorderen, resp. de oplossingen van genoemde kolloïden alsmede suspensies stabiel te maken, zoodat ze veel minder gauw worden uitgevlokt, juist het verschijnsel door KRÜGER waargenomen.

De veronderstelling van KRÜGER, dat het verschijnsel zou veroorzaakt worden door het bij de splitsing van NaNO_3 door de plantenwortels gevormde Na_2CO_3 , vond steun in het feit, dat dezelfde grond, gemengd met eene hoeveelheid Na_2CO_3 of NaOH die equivalent is met de voor bemesting gebruikte hoeveelheid NaNO_3 , zich wat opslibbing en bezinking betreft, gelijk gedroeg als de met NaNO_3 bemeste grond, waarop aardappels gegroeid hadden.

¹⁾ KRÜGER, Einfluss der Düngung und des Pflanzenwachses auf Bodenbeschaffenheit und Bodenschöpfung. Landw. Jahrb., Bd. 34, 1905, pag. 783.

Het verschijnsel der langzame bezinking van de kleiachtige bestanddeelen uit met NaNO_3 bemesten grond is in wezen volkomen identiek met de ongunstige structuurverandering (korstig worden) waargenomen na bemesting van kleigronden met chilisalpeter.

De vorming van een korst aan de oppervlakte is n.l. als volgt te verklaren.

Door de neervallende regendruppels worden de bovenliggende bodemkruimels afgebroken en de kleinere kleideeltjes vormen met het regenwater eene suspensie. Deze opslibbing zal door verschillende omstandigheden bevorderd worden, waarop hier niet nader kan worden ingegaan. O a. zal de aanwezigheid van Na_2CO_3 de vorming eener suspensie zeer bevorderen.

Is eenmaal de suspensie gevormd, dan zal onder gunstige omstandigheden de uiterst fijne klei zich spoedig in grovere vlokken afzetten, (o.a. door opgeloste kalkzouten) zoodat de doorlaatbaarheid van den grond niet wordt verminderd.

De aanwezigheid van Na_2CO_3 werkt de uitvloeking, b.v. door de kalkzouten, tegen. Ook wanneer het water langzamerhand verdampt of wegtrekt in den bodem, de suspensie dus geconcentreerder wordt zal nog geen uitvloeking plaats hebben; doch eindelijk zet de kleisuspensie zich in de kleinere kanaaltjes in den grond af in een dicht samenhangend, moeilijk doorlatend laagje. Zoo wordt dan de bovenste aardlaag verstopt; er vormt zich een korst.

Misschien ook dat het gevormde Na_2CO_3 humusstoffen in oplossing brengt en deze kolloïdale humusoplossing als „Schutzkolloïd” bijdraagt tot de stabiliteit der gevormde suspensies.

Nog op een enkel punt uit de publicatie zouden wij hier de aandacht willen vestigen. KRÜGER ¹⁾ nam het verschijnsel — het langzame afzetten der fijnere kleideeltjes — ook waar, zij het ook in mindere mate, bij de verschillende door hem onderzochte gewassen, *zonder* dat met Chilisalpeter of eenig ander natriumzout bemest was geworden. Naar aanleiding van dit onverwachte resultaat zegt KRÜGER: „Eine über Zweifel erhabene Erklärung dieses Befundes bin ich zur Zeit nicht in der Lage zu geben”.

Het wil ons voorkomen, dat de verklaring in wezen dezelfde kan zijn als die voor den invloed van de NaNO_3 bemesting en als volgt kan luiden.

Het afzetten van de kleisuspensie wordt beheerscht door de verschillende gemakkelijk oplosbare zouten: de metaal-ionen in het algemeen, maar het Ca-ion in het bijzonder zullen de praecipitatie bevorderen, de carbonaten der alcaliën (en alcaliën gebonden aan andere zwakke zuren), zullen tengevolge van de bij deze verbindingen optredende O H-ionen de suspensie stabielere maken.

¹⁾ KRÜGER, l. c. 794.

Plantengroei en bemesting brengen nu wijziging in de verhouding tusschen stabiliseerende en uitvlokkende ionen, tusschen gemakkelijk oplosbare Ca-zouten en Na_2CO_3 (K_2CO_3) en K en Na gebonden aan andere zwakke zuren.

Door eene bemesting met natriumnitrat gecombineerd met den plantengroei wordt de hoeveelheid Na_2CO_3 grooter, terwijl de hoeveelheid Ca-zouten die reeds bij schudden met water in oplossing gaan, stellig niet grooter, waarschijnlijk echter nog kleiner wordt, twee factoren, welke de kleisuspensie stabiel maken.

Hetzelfde moet echter gebeuren wanneer niet tengevolge eener bemesting de hoeveelheid K en Na gebonden aan zwakke zuren *grooter*, maar de hoeveelheid gemakkelijk oplosbare Ca-zouten *kleiner* wordt. En aangezien vele gewassen belangrijk meer Ca dan Na en K uit den grond opnemen, is dit geval zeer goed denkbaar. De invloed van deze veranderde verhouding tusschen Ca (Mg) en K—Na wordt nog grooter wanneer van de gemakkelijk in water oplosbare zouten (deze toch komen alleen bij de opslibbing in aanmerking) méér zuur wordt opgenomen dan aequivaleert met de opgenomen hoeveelheid base. Dit laatste toch moet de vorming van carbonaten tengevolge hebben en derhalve stijging der concentratie van de OH' -ionen.

Enkel en alleen dus door den verbouw van een gewas zonder bemesting met NaNO_3 , kan derhalve: 1e de hoeveelheid gemakkelijk oplosbare kalkzouten welke de eigenschap bezitten, de kolloïdale klei uit te vlokken, afnemen; 2e de concentratie der OH' -ionen in de bodemvloeistof tengevolge van de vorming van alkali-carbonaat toenemen, waardoor in den bodem gevormde suspensies stabiel worden en sol-vorming plaats heeft, hetgeen tot resultaat kan hebben, dat een soortgelijke structuurverandering van den kleigrond optreedt, als bij chilisalpeterbemesting soms zoo duidelijk aan den dag treedt.

De verschillende gewassen zullen zich in dit opzicht vermoedelijk zeer verschillend gedragen. Eene nadere studie belooft interessante resultaten en zal vermoedelijk eenig licht doen schijnen over de oorzaken, welke bepaalde vruchtwisselingen zoo aanbevelenswaardig doen zijn.

Nog een ander onderzoek van den laatsten tijd heeft de beteekenis van de studie der reactieveranderingen, welke onder invloed van plantengroei en bemesting in de bouwkruij kunnen optreden, duidelijk in het licht gesteld n.l. het onderzoek van SJOLLEMA en HUDIG ¹⁾ naar de oorzaken der „haverziekte” in de Veenkoloniën.

1) Dr. B. SJOLLEMA en J. HUDIG, Onderzoek naar de oorzaken der vruchtbaarheidsafname van enkele gronden in de Groningsche en Drentsche Veenkoloniën. Verslagen van landb. Onderz. der Rijkslandbouwproefstations, n^o. V, 1909.

In het verslag van genoemd onderzoek komen deze onderzoekers tot de conclusie, dat „op grond van verschillen in eigenschappen van zieken en normalen grond en van de middelen ter genezing zoowel van grond als van gewas, is aan te nemen, dat voor het optreden der haverziekten de alkalische reactie van den bodem (resp. de alkalische reactie, die tijdens de verwerking van veel nitraten ontstaat) een hoofdrol speelt” ¹⁾.

Het onderzoek van KRÜGER leerde den invloed kennen van de onder invloed eener bemesting met chilisalpeter in den grond optredende alkalische reactie op de *kolloïdale klei* hetgeen structuurverandering van den kleigrond tengevolge moet hebben. Het laatstgenoemde onderzoek doet ons hoogstwaarschijnlijk een geval kennen van verandering der *organische stof* tengevolge van de physiologische alkaliteit van het chilisalpeter.

Op welke wijze kunnen wij het optreden van reactieveranderingen in de bouwkruijn nu nader bestudeeren?

We kunnen evenals te Rothamsted permanente proefvelden aanleggen, welke jaar in jaar uit op dezelfde wijze bemest worden om te zien of er in den loop der jaren misschien duidelijk waarneembare verschijnselen optreden.

Hiermede kan men echter niet volstaan en wel om de volgende redenen.

Men zal over 't algemeen pas van de opgetreden veranderingen iets merken na verloop van een groot aantal jaren wanneer de veranderingen zóó diep hebben ingegrepen, dat de cultuur er de duidelijke gevolgen van begint te ondervinden.

Van wat er eigenlijk in den grond veranderd is bespeurt men niets; zelfs het meest ideale proefveld zal niet zoo homogeen zijn, dat men door jaar op jaar monsters te trekken en te onderzoeken de uit den aard der zaak uiterst kleine verschillen in eigenschappen met zekerheid zal kunnen constateeren.

Hierop bestaat slechts kans, wanneer men de proeven neemt in potten, welke gevuld zijn met uiterst zorgvuldig gehomogeniseerden grond. Dan is het misschien mogelijk na een of twee jaar, in ieder geval veel eerder dan op een gewoon proefveld, de veranderingen, welke in een grond plaats grijpen, te constateeren, door een vergelijkend onderzoek van den grond in verschillende richtingen.

Naast de permanente proefvelden zal men dus dergelijke proeven in potten moeten aanzetten.

De wijze waarop men de grondmonsters dezer proeven zal moeten onderzoeken is thans nog niet precies te zeggen. In ieder geval zal men gebruik moeten maken van uiterst nauwkeurige methoden van

¹⁾ Pag. 111.

onderzoek aangezien de veranderingen vermoedelijk slechts klein zullen zijn.

In de eerste plaats zal men de reactie van den grond, resp. van een waterig extract moeten bepalen. Dan zal men nauwkeurig de samenstelling moeten nagaan van het in zuiver water of CO_2 -houdend water oplosbare gedeelte van den grond om de veranderingen te leeren kennen, die hierin optreden, vooral ten opzichte van de verhouding tusschen Ca en Mg eenerzijds en K en Na anderzijds. Vermoedelijk zal de methode-MITSCHERLICH hierbij goede diensten kunnen bewijzen.

Ook zullen, meer speciaal wat het onderzoek der kleigronden betreft, de bezinkingsproeven, zooals deze door KRÜGER werden uitgevoerd, belangrijke aanwijzingen kunnen geven.

Maar nogmaals, hoe het onderzoek precies moet worden uitgevoerd is nu nog niet te zeggen, men zal een weg moeten zoeken.

Eene andere richting, welke men moet inslaan is deze, dat men zeer nauwkeurig de verschillende oogstproducten analyseert om te weten te komen, wat er door de gewassen aan den grond onttrokken wordt en om de veranderingen te leeren kennen die hierin door de verschillende meststoffen worden teweeggebracht.

Aan het Proefstation te Groningen is het onderzoek in de aangegeven richtingen reeds ter hand genomen.

In het voorjaar van 1911 is het zwavelproefveld groot $\pm \frac{1}{11}$ H.A. op het terrein van het Proefstation, nadat in de voorafgaande jaren gebleken was, dat het veld voldoende homogeen was, verdeeld in een groot aantal kleine veldjes. De eene serie veldjes ontvangt, behalve de voor alle veldjes gelijke P en K-bemesting, jaarlijks $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ als physiologisch zure-, de 2de serie NaNO_3 als physiologisch alcalische N-verbinding en de 3de serie NH_4NO_3 als N-verbinding welke zonder rest door de planten verwerkt kan worden.

Op verschillende plaatsen zijn tot op 30 c.M. diepte monsters genomen, om later als vergelijkingsmateriaal dienst te kunnen doen. Daar echter dergelijke monsters alleen al bij indrogen aan de lucht niet onbelangrijke wijzigingen ondergaan vooral wat betreft de colloïdale stoffen, waardoor zij vermoedelijk een gedeelte van hunne waarde als vergelijkingsmateriaal verliezen, wordt bovendien een strook van het veld onbebouwd gelaten terwijl de eene helft van deze strook in het geheel geene bemesting ontvangt, de andere helft de bemesting welke voor alle veldjes dezelfde is (P en K). Ook met het oog op later bacteriologisch onderzoek van den grond zal dit gedeelte van het veld waarde kunnen hebben.

Hoewel hieraan nog wel enkele beschouwingen waren vast te knopen en tegen deze grondmonsters als beeld van den oorspronkelijken toestand van den bodem enkele bedenkingen zijn aan te voeren, komt het ons nutteloos voor hierop thans reeds in te gaan,

nu het onderzoek nauwelijks begonnen is en nog zoo weinig van de in den bodem plaats grijpende veranderingen bekend is.

Ook met het onderzoek naar de samenstelling der oogstproducten bij verschillende bemestingen is een aanvang gemaakt. Het Proefstation Groningen biedt hiervoor eene uitstekende gelegenheid aangezien het beschikt over 5 verschillende grondsoorten (heide-, veen-, broek-, zavel- en kleigrond) en dus hetzelfde gewas in hetzelfde jaar onder precies dezelfde atmosferische omstandigheden op 5 verschillende grondsoorten kan onderzocht worden. Wij krijgen zoodoende in den loop der jaren de beschikking over tal van waardevolle gegevens betreffende de onttrekking van plantenvoedsel aan den bodem door de cultuurgewassen.

Ook bij deze proeven wordt voorloopig alleen aandacht geschonken aan den invloed van enkele stikstofhoudende meststoffen. Van de genoemde 5 grondsoorten ontvangt een serie veldjes (ieder groot $2 \times 1 \text{ M}^2$) geen stikstof, de andere series resp. stikstof in den vorm van NaNO_3 , $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ en KNO_3 .

In de derde plaats zijn in 1910 potproeven aangezet met zeer zorgvuldig gezeefden en gemengden grond (zavel). Verbouwd werden: aardappelen, tarwe en haver, terwijl een 4de serie potten onbebouwd bleef. Van elke serie bleef één pot onbemest, de overige ontvingen $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$, $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ en NaNO_3 . De contrôlepot is dus hier de onbemeste pot uit de onbebouwde serie. In het voorjaar van 1911 werden, nadat in het voorafgaande jaar uit iederen pot een goed gemiddeld monster voor onderzoek was genomen, de verschillende potten weer op dezelfde wijze bemest en bebouwd.

Doel van deze proef is, te onderzoeken of direct in den grond eene verandering onder invloed van plantengroei en bemesting is aan te toonen. ¹⁾

Aan al deze proeven kleven meer of minder groote gebreken. Het komt ons dan ook voor, dat men dit vraagstuk niet grondig zal kunnen bestudeeren zonder eene inrichting, waardoor het mogelijk wordt, de bovengenoemde drie afzonderlijke proeven tot één geheel te combineeren, en die tevens de gelegenheid biedt nauwkeurig te bepalen, hoeveel van de verschillende stoffen door den regen uit den grond wordt weggespoeld.

Eene dergelijke inrichting wordt door ons als volgt gedacht.

Eenige bakken, vervaardigd van gewapend beton, met een oppervlak van 1 à 2 M^2 . en $\pm 1,5 \text{ M}$. diep worden op zoodanige wijze in den grond geplaatst, dat ze van onderen gemakkelijk toegankelijk zijn voor het opvangen van het drainwater.

¹⁾ Dit jaar zijn door deze proef de resultaten der proeven van KÄUGER ten deele op rappante wijze bevestigd. Spoedig hopen wij hierover het een en ander te kunnen mededeelen.

De bakken worden gevuld met een voor dit doel geschikten grond, welke vooraf door zeven gezuiverd is van steentjes, stukjes schelp enz. (wijdte der zeefopeningen 2 mM.) en daarna met groote nauwgezetheid gemengd is geworden, zoodat men met absolute zekerheid weet, dat in alle bakken en op elk willekeurig punt, de grond bij het begin van de proefneming dezelfde samenstelling heeft.

Een der zijwanden van iederen bak moet toegankelijk blijven of zonder bezwaar ontgraven kunnen worden. Deze zijwand is op een groot aantal plaatsen voorzien van door stoppen gesloten openingen, welke het mogelijk maken op verschillende diepten monsters te steken voor chemisch, bacteriologisch en physisch onderzoek, zonder dat men den grond behoeft om te graven.

De bakken zouden van binnen geparafeerd moeten worden om eenen invloed van het kalkhoudende materiaal uit te schakelen.

Alleen met een dergelijke inrichting zou men een zuivere balans kunnen opmaken van den voorraad K, Na, Ca enz. in den bodem, terwijl men tevens in de gelegenheid is de veranderingen in den grond experimenteel te vervolgen. Het grootere bodemvolume en de gunstige opstelling zouden de gewassen zich beter doen ontwikkelen, dan in de gewone proefpotten mogelijk is.

Tot nu toe bespraken we de reactieverandering, welke de grond *in zijn geheel* tengevolge van plantengroei en bemesting ondergaat. Hebben we bij de cultuur nu misschien toch ook niet te maken met de „physiologische reactie” der zouten, ter bemesting op het land gebracht, met de eerst besproken beteekenis, dus met de reactie, welke optreedt wanneer plantenwortels in de zuivere zoutoplossing groeien?

Dit zou het geval kunnen zijn, wanneer we door de bemesting plaatselijk eene zuivere oplossing van het zout krijgen, althans eene oplossing van het zout (NaNO_3 — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ enz.) met eene dergelijke concentratie, dat de hoeveelheden van de in de bodemvloeistof aanwezige zouten in vergelijking met dit zout niet in aanmerking komen.

Men brengt de kunstmeststoffen in drogen toestand op het land. Wanneer dit in het voorjaar gebeurt en het regent niet overvloedig dan is het niet te verwachten dat de zouten geheel opgelost en gelijkmatig door den grond verspreid zullen zijn vóór de gewassen aan den groei komen.

De waterbeweging in den grond heeft, wanneer het niet overvloedig regent, zoodat de grond geheel verzadigd is met water, uiterst langzaam plaats. De verspreiding der zouten van uit de opgebrachte zoutkorreltjes moet dus in hoofdzaak plaats hebben door diffusie in het capillair gebonden water.

MÜNTZ en GAUDECHON hebben nog kort geleden over de snelheid,

waarmede deze diffusie in den bodem plaats heeft, proeven genomen ¹⁾.

Zelfs in met water verzadigden grond had de diffusie zoo langzaam plaats, dat eerst na verloop van een maand de in den vorm van kristallen in den grond gebrachte zouten 20 mM. van de oorspronkelijke ligplaats konden aangetoond worden.

We moeten op grond van deze proeven wel aannemen, dat in vele gevallen op met kunstmeststoffen bestrooid land plaatselijk betrekkelijk geconcentreerde zoutoplossingen zullen voorkomen, die geruimen tijd blijven bestaan alvorens zich meer gelijkmatig in den grond te verdeelen. Wanneer nu de plantenwortels in deze oplossingen groeien, waarin één zout sterk op den voorgrond treedt, dan zal de reactie naar den aard van dit zout veranderen. Heeft men te maken met het optreden eener zure reactie, zooals dit bij ammoniumsulfaat het geval is, dan zullen hierdoor stoffen in oplossing gaan, en dus ter beschikking der plantenwortels komen, die in het gewone bodemwater zeer weinig oplosbaar zijn. Omgekeerd kan het optreden van eene alkalische reactie de oplossing van verschillende stoffen bemoeielijken. Omtrent de beteekenis van deze plaatselijk optredende reactieveranderingen voor den plantengroei kan men zich moeielijk een oordeel vormen; onderzoek kan hier ook weinig licht verschaffen.

Verder moeten we de mogelijkheid in 't oog houden, dat, hoewel tengevolge van den verbouw van een bepaald gewas de grond per slot van rekening eene verandering heeft ondergaan, b.v. in de *alkalische* richting, (waarschijnlijk is dit het meest voorkomende geval) het toch zeer goed mogelijk is, dat gedurende sommige perioden van den groei de reactie van de bodemvloeistof, welke de wortels omringt, eene *zure* is, doordat in die periode meer alkali dan zuur door de plant verwerkt wordt. Op deze wijze zouden de wortels dus actief kunnen optreden bij het bemachtigen van plantenvoedsel uit moeielijk oplosbare bodembestanddeelen.

Uit het voorafgaande volgt dus, dat we onderscheid moeten maken tusschen drie verschillende reactieveranderingen in den bouwgrond, n.l.:

- a. de reactieverandering van de bouwkruin in haar geheel, ten gevolge van bemesting en plantengroei.
- b. de tijdelijke optredende reactieveranderingen aan de wortels.
- c. reactieveranderingen aan de wortels, welke omgeven zijn door meer geconcentreerde zoutoplossingen, afkomstig van op het land gebrachte kunstmeststoffen.

¹⁾ MUNTZ en GAUDECHON: Ann. de l'Inst. Nat. Agr., 2e Serie, Tome VII, 1908 205—238. Refer. Biederm. Centr.bl. 1910, pag. 145—152.

Vroegere onderzoekingen in verband met de reactieveranderingen optredende in de omgeving der plantenwortels.

KNOP ¹⁾ en STOHMANN ²⁾ zijn de eersten, die bij hunne watercultures het optreden eener alkalische reactie opmerkten.

Over de vraag of de zouten door de wortels onveranderd worden opgenomen, laat KNOP zich aanvankelijk in bevestigenden, later in ontkennenden zin uit, op grond van het optreden eener alkalische reactie bij oplossingen van nitraten ³⁾.

W. WOLF ⁴⁾ is van meening dat de zouten ongesplitst opgenomen worden.

RAUTERBERG en KÜHN ⁵⁾ worden bij hunne proeven getroffen door het zuur worden eener oplossing van NH_4Cl waarin mais en boonen groeiden, omdat vroeger slechts het optreden eener alcalische reactie bij cultuurvloeistoffen werd geconstateerd. Zij verklaren het verschijnsel door aan te nemen dat de planten slechts de ammoniak opnemen, waarbij vrij zuur gevormd wordt, hetgeen eindelijk den dood der planten tengevolge heeft. Zij vestigen er de aandacht op, dat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 en $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, dus ammoniakzouten, waarvan de zuren een rol spelen bij het voedingsproces der planten, dit verschijnsel niet vertoonen.

CZAPEK ⁶⁾, de proeven van RAUTERBERG en KÜHN besprekende, deelt mede bij herhaling der proef, de resultaten door deze onderzoekers verkregen niet bevestigd te hebben gevonden.

Dit is voor zoover we konden nagaan het eenige, dat in de literatuur over de reactieverandering van zoutoplossingen en cultuurvloeistoffen onder invloed van den plantengroei te vinden is.

In de latere jaren zijn door PRIANISCHNIKOW en enkele andere onderzoekers proeven genomen over den invloed der physiologische reactie van verschillende zouten, welke ter bemesting dienst doen, op de opneembaarheid van moeilijk oplosbare voedingsstoffen in den bodem.

Voor al de proeven van PRIANISCHNIKOW hebben interessante resultaten opgeleverd. ⁷⁾

1) KNOP, Landw. Vers. St. Bd. III, 1861, pag. 300. De optredende alkalische reactie schrijft KNOP toe aan de splitsing van nitraten door de plant.

2) STOHMANN, Landw. Vers. St. Bd. IV, 1862, pag. 66.

3) KNOP, Landw. Vers. St. Bd. II, 1860, pag. 84-85; Bd. III 1861, pag. 300 en Bd. IV 1862, pag. 185.

4) W. WOLF, Landw. Vers. St. Bd. VII, 1865, pag. 217.

5) RAUTERBERG en KÜHN, Landw. Vers. St. Bd. VI, 1864, pag. 358.

6) CZAPEK, Biochemie der Pflanzen 1905, Bd. II, pag. 874.

7) Ueber die Ausnutzung der Phosphorsäure der schwerlöslichen Phosphate durch höhere Pflanzen. Ber. d. D. Bot. Gesellsch. Bd. 18, pag. 411, 1900.

Zur Frage über den relativen Wert von verschiedenen Phosphaten. Landw. Vers. St. Bd. 53, 1902, pag. 107.

PRIANISCHNIKOW bestudeerde de opneembaarheid door de plantwortels van het phosphorzuur uit natuurlijke phosphaten in tegenwoordigheid van physiologisch zure en alcalische N-houdende zouten.

De resultaten dezer proeven, welke met zandcultures van verschillende gewassen genomen werden, zijn in het kort de volgende:

Wanneer men naast phosphoriet als phosphorzuurbron de benodigde stikstof in den vorm van NaNO_3 geeft blijft de oogst aanmerkelijk ten achter bij den oogst, welke men verkrijgt, wanneer het phosphorzuur in wateroplosbaren vorm gegeven wordt; er treedt eene alcalische reactie op. Bij aanwezigheid van NaNO_3 is het phosphorzuur uit phosphoriet in zandcultures dus zeer moeilijk opneembaar; evenzoo in tegenwoordigheid van stikstof in den vorm van $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Geeft men de stikstof als NH_4 -sulfaat dan is in vele gevallen de oogst nog veel geringer en sommige plantensoorten gaan zelfs te gronde; er treedt eene zure reactie op.

Wordt echter het NaNO_3 gedeeltelijk door $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ vervangen, dan krijgt men belangrijk grootere oogsten, en het phosphoriet schijnt dan even goed in de phosphorzuurbehoefte te kunnen voorzien als KH_2PO_4 .

PRIANISCHNIKOW verklaart deze uitkomsten, die bij alle proeven dezelfde en steeds zeer sprekend waren, door het verschil in „physiologische reactie” tusschen NaNO_3 en NH_4 -sulfaat. Het vrije zwavelzuur, dat bij aanwezigheid van NH_4 -sulfaat ontstaat brengt phosphoriet in oplossing. Dat echter enkel NH_4 -sulfaat zoo ongunstig werkt zou volgens PRIANISCHNIKOW moeten toegeschreven worden aan het optreden van eene te sterk zure reactie, waardoor sommige planten (boekweit-lijnzaad-erwt-wikke) zelfs te gronde gaan. Toevoeging van het „physiologisch *alcalische*” NaNO_3 houdt de zure reactie binnen zekere grenzen.

Ook het feit dat toevoeging van CaCO_3 de oogsten bij NH_4 -sulfaat deed toenemen, terwijl de oogsten weer afnamen wanneer de hoeveelheid toegevoegd CaCO_3 een zeker bedrag overschreed, pleit voor het vermoeden dat de ongunstige werking van NH_4 -sulfaat moet toegeschreven worden aan het optreden van een te sterk zure reactie. Kleinere hoeveelheden CaCO_3 verhinderen het te sterk zuur worden van de vloeistof, grootere hoeveelheden maken echter dat het gevormde zwavelzuur zijn oplossende werking op het phosphoriet niet kan uitoefenen ¹⁾.

In tegenstelling met NH_4 -sulfaat heeft bij de proeven van PRIANISCH-

Ueber den Einfluss von Amm. Salzen auf die Aufnahme von Phosphorsäure bei höheren Pflanzen. Ber. d. D. bot. Gesell. Bd. 23, 1905.

Feldspat und Glimmer als Kaliquellen. Landw. Vers. st. Bd. 63, 1906, pag. 151.

Zur physiol. Charakteristik der Ammoniumsalze. Ber. d. D. bot. Gesellsch. Bd. 26a, 1908, pag. 716.

¹⁾ Ber. d. D. bot. Ges. Bd. 26a, 1908.

NIKOW NH_4 -nitraat steeds een zeer gunstigen invloed op de assimileerbaarheid van het phosphorzuur uit phosphoriet, en werden met dit zout normale opbrengsten verkregen.

Het opvallende verschil in werking tusschen beide ammoniumzouten treft PRIANISCHNIKOW en uitvoerig bespreekt hij waaraan de gunstige werking van het NH_4NO_3 moet toegeschreven worden ¹⁾. Volgens hem kunnen 5 veronderstellingen gemaakt worden.

1°. NH_4NO_3 wordt ten deele genitrificeerd en het gevormde salpeterzuur werkt in op het phosphaat. Nitrificatie in uitgekookt zand, bij afwezigheid van CaCO_3 en MgCO_3 is echter niet mogelijk. Bovendien gaven proeven met steriele culturen van FOGT en HILDEBRANDT ²⁾ en van KOSOWITSCH ³⁾ dezelfde uitkomsten, n.l. de verhooging der assimilatie van phosphorzuur uit phosphaatmeel door NH_4NO_3 .

2°. NH_4NO_3 als „physiologisch *neutraal*” zout werkt de oplossende werking der wortels niet tegen, in tegenstelling met andere N-bronnen, die physiologisch basische eigenschappen bezitten, zooals b.v. NaNO_3 en gedeeltelijk ook $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Deze veronderstelling wordt echter teniet gedaan door proeven vroeger reeds in het laboratorium van PRIANISCHNIKOW door SCHULOW ⁴⁾ genomen waarbij gersteplantten zoodanig gecultiveerd werden, dat de wortels van een en dezelfde plant gescheiden in twee afzonderlijke cilinders met zand groeiden. Hierdoor was het mogelijk het phosphaat in den eenen cilinder, de stikstofverbinding in den anderen cilinder aan de plant aan te bieden, òf phosphaat en stikstofverbinding *tezamen* in één cilinder ter beschikking van de plant te stellen. De resultaten van deze interessante proeven zijn in de onderstaande tabel neergelegd; de cijfers geven de gewichten in grammen der geoogste planten aan.

Natuurlijk phosphaat en $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.		Natuurlijk phosphaat en NH_4NO_3 .		CaHPO_4 en $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.	
I gescheiden	II tezamen	III gescheiden	IV tezamen	V gescheiden	VI tezamen
1,75	1,75	2,00	15,12	32,90	33,15
0,90	1,75	2,20	15,10	32,45	33,12

1) Ber. d. D. bot. Ges. Bd. 23, 1905.

2) Verriicht in het laboratorium van Pr.

3) Journ. f. exp. Landw. (Russ.) 1904, pag. 598.

4) Journ. f. exp. Landw. (Russ.) 1902, Heft 6.

Uit V en VI blijkt dat noch deze wijze van cultiveeren, noch het aanbieden van stikstof aan één deel der wortels, phosphorzuur aan een ander deel der wortels, invloed heeft op de ontwikkeling der plant. Uit I en III volgt dat de wortels van gersteplanten het phosphorzuur uit natuurlijk phosphaat niet kunnen opnemen, ook niet wanneer physiologische basische zouten afwezig zijn. Slechts dan wanneer het NH_4NO_3 in onmiddellijke aanraking is met het phosphaat (IV) wordt het phosphorzuur opgenomen en kan de plant zich ontwikkelen. NH_4NO_3 speelt dus niet, zooals onder 2^o, verondersteld werd, een passieven rol, doch wel degelijk een actieven rol.

- 3^o. NH_4NO_3 oefent direct, zonder tusschenkomst van den plantengroei, eene oplossende werking op het natuurlijke phosphaat uit. Deze mogelijkheid is buitengesloten: natuurlijk phosphaat is in eene oplossing van NH_4NO_3 niet belangrijk meer oplosbaar dan in zuiver water.
- 4^o. „Oder NH_4NO_3 besitzt vielleicht gegen allen Erwartungen „physiologisch-saure Eigenschaften die gewiss nicht so scharf „ausgeprägt sind wie in dem Falle von $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ oder „wenigstens.
- 5^o. „Besitzt dieses Salz keine beständige physiologische Charakteristik und könnte als physiologisch-amphoter bezeichnet „werden, in dem Sinne, dasz je nach den verschiedenen Bedingungen die Pflanze entweder vorzugsweise die Säure oder „vorzugsweise die Base oder auch beide gleichzeitig verbrauchen „kann.“

Kan NH_4NO_3 inderdaad physiologisch zuur zijn?

Vroeger meende men dat de planten de stikstof steeds bij voorkeur in den vorm van nitraat opnemen; NH_4NO_3 zou dus onmogelijk physiologisch zuur kunnen zijn. De proeven van MAZÉ ¹⁾ hebben echter met zekerheid aangetoond, dat ammoniakstikstof niet alleen nitraatstikstof in sommige gevallen kan vervangen, maar onder bepaalde omstandigheden zelfs bij voorkeur door de planten wordt opgenomen. Wanneer de cultuurvloeistof zowel nitraat- als ammoniakstikstof bevat, dan nemen de planten nu eens meer nitraatstikstof, dan weer meer ammoniakstikstof op, waarschijnlijk naar gelang van de samenstelling der cultuurvloeistof.

Bij de door ons genomen proeven bleek verder, zooals we later zullen zien, dat eene oplossing van zuiver NH_4NO_3 door de wortels van verschillende cultuurgewassen steeds eene duidelijk zure reactie verkreeg. De laatste veronderstelling van PRIANISCHNIKOW, dat de

¹⁾ MAZÉ, Ann. de l'Inst. Pasteur, 1900, pag. 26.

Zie voor overige onderzoekingen omtrent opname van NH_4 door de planten HUTCHINSON and MILLER, Direct assimilation of ammoniumsalts by plants. Journ. of Agr. Science, Vol. III, 1909, pag. 179.

gunstige invloed van NH_4NO_3 op de assimilatie van phosphorzuur uit natuurlijk phosphaat toe te schrijven zou zijn aan de oplossing van phosphaat door afgesplitst salpeterzuur, verkrijgt hierdoor eene groote waarschijnlijkheid.

De reden waarom NH_4NO_3 zooveel gunstiger werkt dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ niettegenstaande bij beide zouten eene zure reactie optreedt is misschien hierin gelegen, dat bij het nitraat de zure reactie geen voor de plant schadelijke hoogte bereikt doordat tevens een niet onbelangrijke hoeveelheid van het nitraat door de planten opgenomen wordt.

Maar er is vermoedelijk nog een andere oorzaak voor het verschil in werking tusschen beide zouten.

Mazé schrijft aan ammoniumsulfaat eene giftige werking toe, omdat hem bij zijne proeven met watercultures van mais bleek, dat, als de voedingsoplossing 1‰ NH_4 -sulfaat bevatte, er minder stikstof opgenomen werd dan bij aanwezigheid van de halve hoeveelheid. Maar vooral grondt hij dit vermoeden op het opvallend verschil in beworteling tusschen de planten, welke in de nitraathoudende en die welke in de ammoniumsulfaathoudende vloeistof groeiden: „cet aspect montre d'une façon frappante que la plante tend à réduire le plus possible la surface d'absorption de son système racinaire.”

Ook bij onze proeven werd steeds een duidelijk verschil tusschen de in eene nitraatoplossing (NaNO_3 en NH_4NO_3) en in eene NH_4 -sulfaatoplossing groeiende wortels waargenomen.

De gunstige resultaten wat betreft de opneembaarheid van het phosphorzuur uit natuurlijk phosphaat, welke PRIANISCHNIKOW met mengsels van NaNO_3 en NH_4 -sulfaat verkreeg, zijn behalve aan het optreden eener minder zure reactie misschien ook toe te schrijven aan den specifieke invloed van nitraat op de wortelontwikkeling, waardoor de groeibelemmerende werking van het NH_4 -sulfaat ten deele wordt opgeheven, en het werkzaam oppervlak van het wortelstelsel dus aanmerkelijk vergroot wordt.

De proeven van PRIANISCHNIKOW hebben het vermoeden gewekt, dat de moeilijker oplosbare natuurlijke phosphaten met succes als phosphorzuurbemesting zouden gebruikt kunnen worden, wanneer slechts gelijktijdig de stikstof wordt gegeven in den vorm van zwavelzure ammoniak.

De omstandigheden, waaronder deze onderzoeker experimenteerde, zijn echter totaal verschillend van die, waaronder de cultuurgewassen verbouwd worden. Hij toch liet de planten groeien in met zoutzuur uitgekookt zand, een materiaal wat dus zelf part noch deel heeft aan het proces.

Enkele onderzoekers hebben daarom gemeend de proeven van PRIANISCHNIKOW te moeten herhalen met verschillende grondsoorten.

Men gevoelt direct dat de zaak hierdoor veel en veel gecompli-

ceerder wordt, dat men bij het betrekken van den grond in het onderzoek talloze slechts ten deele bekende en geheel onbekende factoren bij het experiment invoert. Wanneer men alleen maar bedenkt, dat het uit het NH_4 -sulfaat vrijgekomen zwavelzuur nu niet alleen inwerkt op de fosphaatdeeltjes maar ook op andere stoffen, b.v. CaCO_3 , welke zich in de directe nabijheid der wortels bevinden, en dat het op den grond gebrachte NH_4 -sulfaat niet in zijn geheel als zoodanig in de bodemvloeistof terecht komt maar voor een deel in wisselwerking treedt met verschillende bodembestanddeelen om van vele andere mogelijkheden niet te spreken, dan wordt het duidelijk, dat de resultaten van deze proeven niet zoo sprekend zullen zijn als die welke PRIANISCHNIKOW verkreeg.

VON SEELHORST ¹⁾ onderzocht naar aanleiding van de boven besproken onderzoekingen den invloed van NaNO_3 - en NH_4 -sulfaat op de werkzaamheid van phosphoriet, beendermeel en thomasmeel in kalkarmen en in kalkrijken grond. De resultaten van deze potproeven zijn in het kort de volgende:

Phosphoriet + NaNO_3 — geen werking.

„ + NH_4 -sulfaat heeft ongetwijfeld gunstig gewerkt op den kalkarmen grond. Bij de potten met 10 in plaats van 1 gram CaCO_3 was van eene gunstige werking dezer combinatie echter niets te bespeuren. Beendermeel gaf ook met NaNO_3 een wat hogere opbrengst; bij gelijktijdige bemesting met NH_4 -sulfaat was de stijging van den oogst echter zeer veel grooter. Verhoogde kalkgift vermindert ook hier de oogsttoename.

De werking van thomasmeel was op de kalkarme potten vrijwel dezelfde, al viel ook hier nog eene gunstige werking van het NH_4 -sulfaat waar te nemen. Ook bij thomasmeel werd door extra kalk de oogst, zoowel bij NaNO_3 - als NH_4 -sulfaatbemesting, verminderd.

SÖDERBAUM ²⁾ nam potproeven met haver op een kalkarmen grond (0.33 pCt. CaO oplosbaar in HCl s. g. 1.15). Hij verkreeg de volgende resultaten.

Bij beendermeel en gepraec. tricalciumphosphaat waren de oogsten niet onaanzienlijk grooter, wanneer in plaats van enkel NaNO_3 de stikstof voor de eene helft als NaNO_3 voor de andere helft als NH_4 -sulfaat werd gegeven.

NH_4NO_3 gaf, vergeleken met NaNO_3 bij algiersch fosphaat en beendermeel, een zeer veel hogere opbrengst; bij algiersch fosphaat werd de opbrengst verviervoudigd, bij beendermeel verdubbeld (de korrelopbrengst nog meer).

Bij superphosphaat en thomasmeel werkte NH_4NO_3 in vergelijking met NaNO_3 ongunstig.

¹⁾ VON SEELHORST, Journ. f. Landw., 1903. Bd. 51, pag. 212.

²⁾ SÖDERBAUM, Landw. Vers. St. Bd. 63, 1906, pag. 247.

Vervolgens nam SÖDERBAUM proeven met beendermeel en stikstofbemesting in den vorm van NaNO_3 , NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{NaNO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, ureum, en $\text{NaNO}_3 + \text{eiwit}$.

NaNO_3 gaf de laagste opbrengst; alle andere combinaties werkten bepaald beter.

De hoogste opbrengst gaf de combinatie beendermeel + NH_4 -sulfaat; deze was zelfs hooger dan bij superphosphaat + NaNO_3 .

SÖDERBAUM wijst er op, dat deze gunstige werking van uitsluitend NH_4 -sulfaat in tegenspraak is met de proeven van PRIANISCHNIKOW. „Es ist nicht ganz leicht, diesen Widerspruch in befriedigender Weise zu erklären”, zegt hij. Naar zijne meening is de ongunstige werking door PRIANISCHNIKOW geconstateerd toe te schrijven aan het optreden eener sterk zure reactie. Maar waarom, zoo vraagt hij, is die schadelijke zure reactie bij deze proeven, genomen met kalkarmen zandgrond, niet aan den dag getreden?

SÖDERBAUM weet geen andere verklaring te geven dan dat PRIANISCHNIKOW $\pm 3 \times$ zooveel NH_4 -sulfaat per K.G. grond aanwendde als hijzelf.

Hij verliest echter uit het oog, dat de door hem gebruikte grond, in het geheel niet te vergelijken is met het, door PRIANISCHNIKOW gebruikte met zoutzuur uitgekookte zand. Al was de grond kalkarm, toch zal deze vrij wat stoffen bevat hebben, in staat het vrijkomende zwavelzuur te binden. Ook spreekt hij niet van nitrificatie, die ongetwijfeld in den grond heeft plaats gehad, en de bemesting met enkel NH_4 sulfaat gemaakt heeft tot eene bemesting met ammoniak + nitraatstikstof.

VON SEELHORST, die eveneens goede resultaten kreeg met uitsluitend NH_4 -sulfaat, loopt ook over het essentiele verschil tusschen zijn proeven en die van PRIANISCHNIKOW, heen.

Het feit, dat ureum en eiwit in dezelfde richting werkten als de ammoniumzouten, bewijst volgens SÖDERBAUM, dat de gunstige werking aan de ammoniak als zoodanig is toe te schrijven, onverschillig of de ammoniak gebonden is aan een sterk zuur (zwavel- of salpeterzuur) of aan het zwakke koolzuur zooals bij de splitsingsproducten van ureum en eiwit. Het komt ons echter voor dat de omstandigheden hier veel te gecompliceerd zijn om deze conclusie te mogen trekken; het is zelfs zeer onwaarschijnlijk dat bij de proeven van SÖDERBAUM de splitsing van ureum en eiwit, niet verder is gegaan dan ammonium-carbonaat en dat geen nitrificatie zou hebben plaats gehad.

Later ¹⁾ heeft SÖDERBAUM zijne proeven herhaald en wel met dezelfde N en P_2O_5 -armen zandgrond. De resultaten waren ten deele in overeenstemming met die, welke vroeger werden verkregen maar

¹⁾ Landw. Vers. St. 1908, Bd. 68, pag. 433.

weken voor een ander daar weer van af. Zoo was het ditmaal nage-
noeg onverschillig, in welken vorm de stikstof werd gegeven aan
haver en gerst, bemest met tricalciumphosphaat. Een merkbaar na-
deelige invloed van enkel NH_4 -sulfaat werd hier dus niet gecon-
stateerd.

Beendermeel op gerst werkte het beste met een mengsel van
 NaNO_3 en NH_4 -sulfaat. Enkel NH_4 -sulfaat gaf een opbrengst van
57,4 tegen 100 bij NaNO_3 . Bij de vroegere proeven (met haver) gaf
juist beendermeel met NH_4 -sulfaat de hoogste opbrengst.

SÖDERBAUM herhaalde nu de proeven gelijktijdig met beendermeel
en tricalciumphosphaat bij haver en gerst.

De haverproeven bevestigden nu weer de eerste resultaten n.l.:
hoogste opbrengst met NH_4 -sulfaat, zoowel bij beendermeel als bij
tricalciumphosphaat.

Bij de gerst was de uitkomst eene andere. Hier werkte naast
beendermeel NH_4NO_3 beter, $\text{NaNO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ongeveer evengoed
als NaNO_3 . Enkel NH_4 -sulfaat gaf een veel geringere opbrengst;
was evenwel eene aequivalente hoeveelheid Na_2CO_3 toegevoegd dan
was de werking dezelfde als van NaNO_3 . Naast tricalciumphosphaat
werkten alle N-bemestingen slechter dan NaNO_3 ; bij NH_4 -sulfaat
was de opbrengst het geringst.

SÖDERBAUM bespreekt de oorzaken van de tegenstrijdigheid in de
resultaten der verschillende proefnemingen in deze richting en wijst
vooral op het verschil tusschen de grondsoorten, waarmede de ver-
schillende onderzoekers geëxperimenteerd hebben.

Ernstig waarschuwt hij voor toepassing der uitkomsten dezer
proeven in de praktijk.

BÖTTCHER¹⁾ wijst op de tegenspraak welke er bestaat tusschen
de uitkomsten der proeven van SÖDERBAUM en PRJANISCHNIKOW.

Daar laatstgenoemde met zuiver, met HCl uitgekookt zand, eerst-
genoemde met een aan stikstof en phosphorzuur zeer armen zand-
grond werkte, komt het BÖTTCHER gewenscht voor de proeven met
„einem normalen Boden, einem sandigen Lehmboden”, te herhalen
(„Humoser, sandiger Lehmboden” met 0,06 pCt. N, 0,27 pCt. Ca O
en 0,016 pCt. in 2 pCt. citroenzuur oplosbaar P_2O_5).

Het resultaat van deze proeven (haver) is: „dass auch auf dem
„humosen, sandigen Lehmboden das $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ infolge seiner physio-
„logischen Azidität die Wirksamkeit der Knochenmehlphosphorsäure
„bedeutend erhöht hat, was eine Beidüngung von NaNO_3 nicht
„vermochte”.

In het gunstigste geval constateert hij eene verdubbeling van
den oogst.

BÖTTCHER verwacht op het veld niet deze gunstigste werking,

¹⁾ Landw. Vers. St. 1907, Bd. 65, pag. 407.

aangezien in de praktijk minder ammoniumsulfaat gegeven wordt dan bij deze proeven.

Ten slotte zij nog vermeld, dat ook SEBELIEN ¹⁾ bij potproeven met een armen zandgrond een gunstigen invloed van ammoniumsulfaat constateerde voor zoover betreft de opname van phosphorzuur door boekweit en haver uit natuurlijke phosphaten.

Nogmaals, wanneer men dergelijke proeven neemt niet met een indifferent medium (zuiver zand), gedrenkt met zuivere zoutoplossingen, doch met natuurlijke gronden, dan worden de omstandigheden zóó gecompliceerd, dat afwijkende resultaten ons niet behoeven te verwonderen.

Experimenteel onderzoek naar de reactieverandering van enkele zoutoplossingen onder invloed van daarin groeiende plantenwortels.

Methode van onderzoek.

Bij de keuze onzer methode van onderzoek zijn we van de overweging uitgegaan, dat de methode, welke door verschillende onderzoekers gevolgd werd om het gedrag der plantenwortels ten opzichte van zoutoplossingen te bestudeeren, aan bedenking onderhevig is.

Wanneer men n.l. kiemplantjes laat groeien in zoutoplossingen, welke geen volledige cultuurvloeistoffen zijn, dan verkeert de plant onder zulke abnormale omstandigheden, dat de verkregen resultaten slechts met groote reserve als geldend voor planten, groeiende onder normale omstandigheden, kunnen aanvaard worden. Bovendien is de levensduur van planten in oplossingen van slechts één enkel zout zeer beperkt, en waar het er ons om te doen was reactieveranderingen te constateeren tengevolge van mogelijke eenzijdige assimilatie van een der ionen van het te onderzoeken zout, was een langere levensduur der proefplanten zeer wenschelijk.

We meenden aan deze bezwaren te gemoet te kunnen komen door de planten te cultiveeren in bloempotten gevuld met tuingrond en de wortels, welke onder uit de opening in den bodem kwamen, verder te laten groeien in de te onderzoeken zoutoplossingen.

Hiermede was voldaan aan de voorwaarde, dat geëxperimenteerd werd met een *normaal gevoede* plant. Weliswaar verkeerden de wortels, welke in de zoutoplossingen groeien, nog onder abnormale omstandigheden, maar door bij eene andere serie proeven de wortels niet in de oplossingen doch in met zoutzuur uitgekookt zand, hetwelk gedrenkt werd met de zoutoplossingen, te laten doorgroeien, werd de normale toestand nog zooveel mogelijk benaderd. De omstandigheden, waaronder de wortels groeien zijn dan nog in zooverre afwijkend van

¹⁾ Biederm. Centr. Blt. 1909, Bd. 33, pag. 801.

de natuurlijke omstandigheden dat zij niet, zooals in den bodem, in aanraking zijn met een *mengsel* van *verschillende* zouten, doch slechts met één bepaald zout, maar dit is eene afwijking van den normalen groeitoestand, die in den aard van het onderzoek besloten ligt.

Bij het inrichten der proef werd als volgt te werk gegaan.

Bij gewone bloempotten werd de opening in den bodem zooveel mogelijk verwijd om de kans te vergrooten, dat meerdere wortels een weg naar buiten zouden vinden. De opening werd om het vallen van grond in de onder de potten geplaatste oplossingen te voorkomen, afgedekt met een dun vliesje watten, hetgeen volkomen aan het doel beantwoordde en geen beletsel bleek te zijn voor het doorgroeien der wortels. Vervolgens werden de potten op de gewone wijze met aarde gevuld en een of meerdere zaden, naar gelang van het gewas, gepoot.

Later werden de proeven in hoofdzaak met maïs genomen en toen bleek, dat de wortels bij de verschillende potten soms meerdere dagen na elkander van onderen te voorschijn kwamen, zoodat de proeven van een en dezelfde reeks niet op denzelfden dag een aanvang konden nemen of begonnen werden met wortels van zeer verschillende ontwikkeling, werden de potten op de volgende wijze gevuld.

Nadat het wattenvliesje op den bodem van den pot was gelegd, werd midden in den pot een houten, naar onderen zwak conisch toeloopenden stok geplaatst met een middellijn ongeveer gelijk aan die van de opening in den bodem. Rondom den stok werd nu aarde zeer stijf ingedrukt. Was de pot geheel op deze wijze gevuld dan werd de stok er uit getrokken waarbij in de aarde een rond gat bleef bestaan tot op het wattenvlies. Dit gat werd vervolgens betrekkelijk los met aarde opgevuld en, nadat middenin met een ijzerdraad een kanaaltje was geboord, werd bovenin een gekiemde maïskorrel gelegd met het 1—2 cM. lange worteltje in dit kanaaltje.

De wortels worden op deze wijze gedwongen hun weg hoofdzakelijk naar beneden, naar de opening van den pot te nemen, want de rondom liggende aarde is zoo samengedrukt, dat de wortels er moeielijk in doordringen. Inderdaad gelukte het op deze wijze meerdere gelijkmatigheid te verkrijgen bij het uittreden der wortels door de bodemopening.

De potten werden geplaatst in ronde gaten, welke aangebracht waren in kisten met wegneembare zijwanden. De bekerglazen met de zoutoplossingen, waarin de wortels groeiden, bevonden zich dus in het donker. Door een der zijwanden weg te nemen, kon men den wortelgroei geregeld gadeslaan ¹⁾.

Eerst werden onder de potten bekerglazen (300 c. c.) geplaatst, tot den rand gevuld met water, zoodat de vloeistofspiegel onmiddellijk onder het wattenvliesje lag. Zoodra de wortels meerdere

1) Zie voor de inrichting der proef de afbeeldingen achter deze verhandeling.

centimeters in het water doorgroeid waren, werd het water vervangen door de te onderzoeken zoutoplossingen.

Geëxperimenteerd werd met oplossingen ter sterkte van 2 ‰; deze concentratie werd eenigszins willekeurig gekozen, doch in de veronderstelling dat zij, zonder de planten al te zeer te schaden, door de meeste gewassen verdragen zou worden. Dit bleek bij de meeste zouten vrij wel het geval te zijn voor gerst en maïs; de minder goede wortelontwikkeling bij andere gewassen doet vermoeden, dat deze concentratie voor die gewassen reeds eene schadelijke hoogte heeft bereikt.

Voor het oplossen der zouten werd steeds gedestilleerd water gebruikt, dat nogmaals, onder toevoeging van KMnO_4 en zwavelzuur, in een geheel uit glas samengesteld destilleerapparaat was overgedestilleerd geworden. Het gewone gedestilleerde water is wegens giftige eigenschappen voor dergelijke physiologische proeven niet aan te bevelen ¹⁾.

Naarmate vloeistof uit de bekerglazen door de wortels werd opgezogen, werd met dubbel gedestilleerd water aangevuld.

Bij de eerste serie proeven in den zomer van 1908 aangezet, werd aan de oplossingen wat lakmoes toegevoegd. Hierdoor was het mogelijk, niettegenstaande het door de wortels afgescheiden CO_2 op zichzelf reeds de blauwe tint wijzigde, de reactieveranderingen gedurende de proef duidelijk waar te nemen. Aangezien lakmoes echter niet te gebruiken is bij het titreren van de ammoniakzouten werd dit later nagelaten; lacmoid, dat wel in tegenwoordigheid van ammoniakzouten gebruikt kan worden, is voor directe toevoeging aan de oplossing ongeschikt, daar het zich zeer spoedig uit de oplossing in vlokken afscheidt.

Voor een quantitatief onderzoek der zoutopname eigent deze inrichting der proef zich minder goed, omdat de vloeistofspiegel zich natuurlijk zoo dicht mogelijk onder den bodem van den pot moet bevinden, waardoor capillaire opstijging langs de wortels naar de aarde in den pot niet is buitengesloten. Vooral wanneer een groot aantal worteltjes tot in de vloeistof reiken, kan de capillaire opstijging van beteekenis worden.

Resultaten.

Natriumnitraat. In 1908 werd de proef genomen met de volgende planten: gerst, haver, tarwe, maïs, zonnebloem, koolzaad, boonen en erwten. Zonder onderscheid werd de oplossing duidelijk *alkalisch*.

Bij maïs, waarvan de wortels zich doorgaans zeer goed in de NaNO_3 -oplossing (2 ‰) ontwikkelden, werd de sterkste alkalische

¹⁾ Zie LIVINGSTON, Further Studies on the properties of improductive soils. Bureau of Soils Bull n^o. 86, U. S. Dep. of Agr. 1907, pag. 57.

reactie waargenomen. Zoo was bij een der proeven na 23 dagen de alkaliteit der oplossing $\frac{n}{250}$ geworden (duidelijk alkalisch tegenover rood lakmoespapier).

Van de andere gewassen scheen *gerst*, het beste tegen de zoutoplossingen van de gekozen concentratie (2 ‰) bestand te zijn; de wortels ontwikkelden zich vooral in NaNO_3 goed.

Een ander maal (1909) werden in een grooten bloempot 4 gerstekorrels gepoot. De wortels, welke onder uit den pot kwamen, werden gedurende ongeveer een maand in de gelegenheid gesteld zich in de cultuurvloeistof van *Knop* verder te ontwikkelen. Toen werden de wortels afgespoeld en onder den pot een cilinder geplaatst met ± 1100 cc eener NaNO_3 -oplossing. Na verloop van 14 dagen werden 50 cc der oplossing aangezuurd met eene bekende hoeveelheid zuur, en opgekookt ter verwijdering van het koolzuur Na terugtitreeren bleek voor neutralisatie noodig te zijn geweest $3,0$ cc $\frac{n}{10}$ zuur, zoodat de alkaliteit der oplossing $\frac{3}{500}$ normaal bedroeg.

Deze proeven bevestigen dus volkomen de algemeen geldende opvatting dat NaNO_3 te beschouwen is als een physiologisch alkalisch zout.

Ammoniumsulfaat.

In 1908 werden de proeven genomen met dezelfde planten als die, welke bij natriumnitraat zijn vermeld. Steeds werd de oplossing duidelijk zuur; bij maïs werd de sterkste zure reactie waargenomen (50 cc = ± 1 cc $\frac{n}{10}$.)

Bij eene andere serie proeven met maïs werd eene nog sterker zure reactie geconstateerd; nadat gedurende 7 weken maïswortels in 300 cc der NH_4 -sulfaatoplossing gegroeid hadden, waren voor neutralisatie van 50 cc dezer oplossing 2,2 cc $\frac{n}{10}$ loog noodig. Hoewel nitrificatie in eene dergelijke oplossing wel is buitengesloten, zelfs wanneer infectie van uit den bloempot had plaats gehad, werd ten overvloede nog met diphenijlamine gereageerd, echter met een negatief resultaat.

Op grond van deze proeven is ammoniumsulfaat inderdaad „physiologisch zuur” te noemen.

Mengsels van natriumnitraat + NH_4 -sulfaat.

Om de reactieverandering van eene combinatie van beide zouten na te gaan, werden oplossingen ter sterkte van 2 ‰ in verschillende verhoudingen gemengd en onder de potten met maïsplanten geplaatst. Dit geschiedde op 1 Juni. Op 19 Juli werd de proef afgebroken en

van de verschillende oplossingen 50 cc getitreerd. De resultaten zijn opgenomen in de onderstaande tabel:

		Reactie.	50 cc =	Normaliteit v/d oplossing.
I	Na NO ₃ .	Alkalisch	0,55 cc $\frac{n}{10}$	0,001 n.
II	250 Na NO ₃ 50 NH ₄ sulf.	"	0,8 " "	0,002 n.
III	150 Na NO ₃ 150 NH ₄ sulf.	Zuur.	0,6 " "	0,001 n.
IV	100 Na NO ₃ 200 NH ₄ sulf.	"	0,98 " "	0,002 n.
V	50 Na NO ₃ 250 NH ₄ sulf.	"	1,8 " "	0,004 n.
VI	NH ₄ sulfaat	"	2,2 " "	0,004 n.

Tusschen II en III, dus vermoedelijk ongeveer bij de verhouding: 2 gewichtsdeelen Na NO₃ tegen 1 gewichtsdeel (NH₄)₂ SO₄ zou de reactie niet veranderd zijn. Waarschijnlijk zal men bij herhaling der proef, zelfs met dezelfde plantensoort, een ander mengsel vinden, dat neutraal is gebleven, daar verschillende factoren invloed zullen uitoefenen op de hoeveelheden nitraatstikstof en ammoniakstikstof welke door de wortels worden opgenomen.

Een opvallend verschil viel waar te nemen in de ontwikkeling der wortels.

De wortelgroei bij I was goed, echter ontwikkelden zich geen zijwortels; het aspect van de wortels was gezond, al waren ze dik en broos.

Bij II was de wortelontwikkeling nog beter; er vormden zich talrijke lange zijwortels; de wortelontwikkeling geleek bij II het meest op de normale.

Bij III tot en met VI was de wortelontwikkeling achterlijk en vertoonden de wortels een ongezond uiterlijk (bruin, later slijmerig) zoodat hier met zekerheid van eene schadelijke werking der zoutoplossing op de wortels gesproken kan worden.

Deze proef werd nog herhaald met deze variatie, dat de wortels niet doorgroeiden in de oplossing, doch in bekeerglazen met vochtig zand, dat vooraf gegloeid en met sterk HCl was uitgekookt. Bij kleine hoeveelheden tegelijk (10 cc) werden de bovengenoemde oplossingen van Na NO₃ en NH₄-sulfaat op het zand gebracht (van 1 Juni tot 19 Augustus).

24 Augustus werd de proef afgebroken; de wortels werden boven het zand doorgeknijpt en het zand overgebracht in een schaal. Vervolgens werd zooveel water toegevoegd, dat de wortels verwijderd

konden worden. Daarna werd het zand met zoo weinig mogelijk water overgespoeld in maatcilinders, waarbij zooveel water werd toegevoegd, dat steeds het volume van de vloeistof boven het zand even groot was (140 cc). Van de bovenstaande vloeistof werden 50 cc getitreerd. Het zand onder de vloeistof bevatte nog ± 70 cc vloeistof, zoodat het totale volume van de vloeistof van welke 50 cc getitreerd werden $140 + 70 = 210$ cc bedroeg. Het zand (± 390 gram) in de bekeerglazen bevatte gedurende de proef gemiddeld 60 cc vloeistof. Uit deze gegevens laat zich de titer van de vloeistof tusschen het zand bij het afbreken der proef berekenen (laatste kolom van onderstaande tabel).

	Sterkte der oplossingen van NaNO_3 en NH_4 -sulfaat 20/100	(p het zand werden gedurende de proef gebracht.	Reactie bij het afbreken der proef.	50 cc titreeren.	Normaliteit van de door het zand vastgehouden vloeistof.
I	NaNO_3	190 cc	Alcalisch	4,— cc $\frac{n}{10}$	0,028
II	5 NaNO_3 + 1 NH_4 sulf.	230 „	„	2,— „ „	0,014
III	1 „ + 1 „	240 „	„	0,35 „ „	0,008
IV	1 „ + 2 „	200 „	Zuur.	0,8 „ „	0,006
V	1 „ + 5 „	170 „	„	1,2 „ „	0,008
VI	NH_4 -sulfaat	170 „	„	2,1 „ „	0,015

Wij zien uit deze tabel dat de reactie van de NaNO_3 -oplossing alcalisch is geworden. Bij gedeeltelijke vervanging van het NaNO_3 door NH_4 -sulfaat neemt de alkaliteit af, eindelijk wordt de vloeistof zuur, om bij enkel NH_4 -sulfaat den hoogsten zuurgraad te bereiken. In tegenstelling met de vorige proef is bij III de reactie in plaats van zuur nog alkalisch.

Opvallend is, dat bij deze proef, waarbij de wortels niet groeiden in de oplossingen doch in zand bevochtigd met de oplossingen, de optredende alkalische, resp. zure reacties zooveel sterker zijn. De NaNO_3 -oplossing (I) bereikte hier een $28 \times$ grootere alkaliteit, terwijl de aciditeit van de $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ -oplossing 3 à 4-maal grooter is. De voor de wortels gunstiger, meer natuurlijke groeiomstandigheden hebben blijkbaar geleid tot een krachtiger wortelontwikkeling en verhoogde stikstofopname.

De wortelontwikkeling bleek bij II, III en IV zeer goed te zijn, bij I, V en VI veel minder. Gedurende de proef was dit al te merken aan het verschil in waterverbruik uit het zand zoodat bij II, III

en IV meer van de vloeistoffen op het zand gebracht kon worden, dan bij I, V en VI.

De alkalische reactie bij I en II schijnt in zooverre invloed op de wortels te hebben gehad, dat ze al spoedig bruin werden, op de verdere ontwikkeling scheen dit echter van weinig invloed te zijn.

Bij den aanvang van ons onderzoek hadden we kiemplantjes met de wortels geplaatst in oplossingen (1 ‰) van nitraten en ammoniakzouten; we konden toen geen duidelijke reactieverandering bij deze zoutoplossingen constateeren.

Het vermoeden lag voor de hand, waar ook RAUTERBERG en KÜHN op deze wijze experimenteerende, geen zuurworden der oplossingen van ammoniumzouten, met uitzondering van NH_4Cl , waarnamen, en ЦЗАРЕК, de proeven van RAUTERBERG en KÜHN herhalende, het resultaat van dezen niet met zekerheid bevestigd vond, dat, ingeval men de planten met de wortels in de oplossing van één bepaald zout laat groeien, eene splitsing der zouten niet plaats heeft.

Om dit na te gaan werden kiemplantjes van mais, nadat ze vooraf in gedestilleerd water behoorlijke wortels gevormd hadden, met de wortels in verschillende zoutoplossingen geplaatst.

Het spreekt vanzelf, dat de plantjes het onder deze omstandigheden slechts korten tijd uithouden en zich niet verder ontwikkelen. Na 12 dagen werd de proef bij enkele oplossingen afgebroken. Ook nu was de NaNO_3 -oplossing zwak alkalisch (100 cc = 0,2 cc $\frac{6}{10}$). $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ zwak zuur geworden. De oplossing van NH_4Cl was, in afwijking van de resultaten verkregen bij de proeven in bloempotten, niet duidelijk zuur geworden, terwijl de oplossing van NH_4NO_3 onder deze omstandigheden inplaats van eene duidelijk zure, een zwak alkalische reactie vertoonde.

Dat de reactieveranderingen bij deze proef slechts zeer gering waren, veel geringer dan bij de overige proeven in potten, behoeft ons niet te verwonderen, omdat onder deze omstandigheden van een behoorlijken wortelgroei geen sprake is en al na enkele dagen het uiterlijk van de wortels er op wijst, dat ze afsterven.

Zeer sprekende reactieveranderingen traden echter op, indien wij de kiemplantjes, inplaats van in zuiver water, in de cultuurvloeistof van Knop tot ontwikkeling brachten en nadat zij een flink wortelstelsel gevormd hadden, in de enkelvoudige zoutoplossingen overzetten.

Zoo werden 3 maisplanten, na een verblijf van 12 dagen in de cultuurvloeistof, overgeplaatst in oplossingen (2 ‰) van NaNO_3 , NH_4 -sulfaat en NH_4 -nitraat.

De planten namen na enkele dagen, vergeleken bij de planten welke nog in de cultuurvloeistof bleven, een donker groene kleur aan, wijzende op een sterke stikstofassimilatie.

Na 8 dagen werd de proef afgebroken. De wortels waren bij alle drie de planten bruin geworden, en in de oplossingen der beide ammoniumzouten slijmerig, terwijl het plantje in NH_4 -sulfaat afstervende was. 100 cc der oplossingen werden getitreerd:

NaNO_3	alkalisch	100 cc = 3,7 cc $\frac{n}{10}$
NH_4 -sulfaat	zuur	100 „ = 0,6 „ „
NH_4 -nitraat	„	100 „ = 0,25 „ „

Drie andere maisplanten bleven bijna 4 weken in de cultuurvloeistof en werden toen in de drie bovengenoemde zoutoplossingen geplaatst. Ook nu viel een donkerder groen worden der bladeren op. Na 14 dagen werden de zoutoplossingen onderzocht.

Het resultaat was:

NaNO_3	alkalisch	100 cc = 4,1 cc $\frac{n}{10}$
NH_4 -sulfaat	zuur	100 „ = 0,6 „ „
NH_4 -nitraat	alkalisch	100 „ = 0,2 „ „

Het optreden van eene, zij het ook zwak alkalische reactie bij NH_4NO_3 is in tegenstelling met hetgeen bijna altijd bij dit zout werd waargenomen; met uitzondering van het op blz. 204 vermelde geval werd steeds bij NH_4NO_3 een zuur worden en in één enkel geval neutraal blijven geconstateerd.

De twee maïsplanten, welke vanaf het begin der proef, dus gedurende 6 weken in de cultuurvloeistof gebleven waren, werden vervolgens ook met de wortels in NaNO_3 en NH_4 -sulfaat geplaatst.

Na aanvankelijk een donkerder groene kleur aangenomen te hebben begon de plant in de NH_4 -sulfaatoplossing al na eenige dagen af te sterven; de plant in NaNO_3 bleef gezond. Na 2 weken werden de beide oplossingen onderzocht

NaNO_3	alkalisch	100 cc = 7,3 $\frac{n}{10}$
NH_4 -sulfaat	zuur	100 „ = 1,1 „

Uit deze proef blijkt, dat, ook indien men de plant met het geheele wortelstelsel in de zoutoplossingen laat groeien, reactieveranderingen optreden, die duidelijker zijn, naarmate het wortelstelsel krachtiger ontwikkeld is.

Bij de drie verschillende manieren, waarop de proef genomen werd en waarbij de planten onder drie belangrijk uiteenlopende groeiomstandigheden verkeerden, werden voor NaNO_3 en NH_4 -sulfaat precies dezelfde uitkomsten verkregen; NaNO_3 bleek *steeds* „*physiologisch alkalisch*“, NH_4 -sulfaat „*physiologisch zuur*“ te zijn.

A m m o n i u m n i t r a a t.

Bij de 8 verschillende in 1908 onderzochte gewassen werd steeds een duidelijk zuur worden der oplossing geconstateerd, al was de

zure reactie over het algemeen ook minder sterk dan bij NH_4 -sulfaat. Dit resultaat was van te voren niet te verwachten, eerder zou men vermoeden, dat de oplossing alkalisch werd. Zooals we boven zagen werd het optreden eener alkalische reactie ook in twee gevallen geconstateerd.

De physiologische reactie van $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ schijnt dus naar omstandigheden zuur of alkalisch te zijn; bij de proeven waarbij een deel der wortels door aarde normaal gevoed werden, terwijl slechts enkele wortels in de oplossing groeiden, was de reactie echter steeds *zuur*.

Kaliumnitraat.

Met dit zout zijn slechts een 5-tal proeven genomen en wel met gerst, maïs en boonen. In 4 gevallen was de reactie duidelijk alkalisch; geen der keeren bereikte echter de alkaliteit die hoogte, welke bij NaNO_3 werd waargenomen. Een der proeven behoorde tot de serie, waarbij de maïskiemplantjes met het geheele wortelstelsel in de zoutoplossing groeiden.

Eenmaal was de reactie bijna neutraal; de maïswortels hadden toen gedurende bijna 2 maanden onder uit den pot in de oplossing gegroeid. Het is natuurlijk zeer goed mogelijk, dat bij vroeger onderzoek de oplossing sterker alkalisch zou zijn geweest en dat later naar verhouding meer K dan NO_3 is opgenomen, waardoor de alkaliteit van de oplossing ten slotte weer is afgenomen.

Deze redeneering is natuurlijk toepasselijk op alle andere gevallen. De titratie der oplossingen had op willekeurig gekozen tijdstippen plaats het is dus niet zeker, dat alle door ons gevonden cijfers de sterkste zure of alkalische reacties aangeven, welke gedurende de proef in de oplossing zijn opgetreden.

Calciumnitraat.

De reactie van calciumnitraat werd steeds alcalisch (gerst, maïs, boonen).

Van eene oplossing, waarin van 25 Mei tot 19 Juli maïswortels gegroeid hadden, behoefden 50 cc. ter neutralisatie $1,6 \text{ cc. } \frac{n}{10}$ zuur.

De wortelontwikkeling in $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ was evenals in andere kalkzoutoplossingen prachtig.

Ook zand gedrenkt met calciumnitraat nam onder invloed van daarin groeiende plantenwortels, eene alcalische reactie aan.

Ammoniumchloride.

Deze verbinding bleek beslist *physiologisch zuur* te zijn (gerst, maïs).

$\text{NH}_4 \text{Cl}$ werkt zeer nadeelig op de wortels; de groei houdt spoedig op en de wortels sterven af. Kunnen meerdere wortels echter gedurende eenigen tijd weerstand bieden aan den schadelijken invloed, dan kan de oplossing vrij zuur worden; zoo titreerden eenmaal bij maïs 50 cc. $1,6 \text{ cc. } \frac{n}{10}$.

Verder werden nog de volgende zouten onderzocht:

K_2SO_4	Na_2SO_4	$CaSO_4$	$MgSO_4$
KCl	NaCl	$CaCl_2$	$MgCl_2$

De reactie der oplossingen veranderde bij al deze zouten in *alcalische* richting, doch de reacties waren steeds veel zwakker dan die, welke bij de nitraten en ammoniakzouten waargenomen werden.

Enkele malen (bij $CaCl_2$, $MgSO_4$, KCl, NaCl en K_2SO_4) bleef de reactie neutraal. Slechts in één geval werd een zeer zwak zure reactie waargenomen.

De proeven met KCl werden met 6, die met K_2SO_4 met 8 verschillende gewassen genomen; bij de andere zouten werd met maïs, gerst en boonen, geëxperimenteerd.

Dat de chloriden, en vooral KCl bij deze proeven physiologisch *alcalisch* bleken te zijn, moet bevreemding wekken. Men zou, gezien deze resultaten, geneigd zijn aan te nemen, dat de reactieverandering bij deze proeven van andere factoren afhankelijk is dan de meerdere beteekenis voor het leven der planten van het eene ion boven het andere, met uitzondering misschien van de stikstofhoudende zouten, bij welke blijkbaar eene sterke N-assimilatie sprekende reactieveranderingen teweeg brengt.

De wortelontwikkeling in de oplossingen van kalkzouten ($CaCl_2$, $CaSO_4$ — $Ca(NO_3)_2$) was steeds prachtig en vormde een sprekend contrast met de wortelontwikkeling in andere zoutoplossingen (zie de afbeeldingen achter deze verhandeling).

Eenmaal werd eene dergelijke fraaie wortelontwikkeling ook waargenomen bij eene $MgSO_4$ -oplossing (zie plaat 2). Daar wij nimmer in magnesiumoplossingen, noch in eenige ander zoutoplossing, behalve in die van kalkzouten eene dergelijke sterke wortelontwikkeling hadden opgemerkt, kwam het vermoeden bij ons op, of misschien bij vergissing het bekersglas niet gevuld was met $MgSO_4$, doch met een kalkzout. Bij onderzoek bleek dit niet het geval te zijn, echter werd in de oplossing eene niet onbelangrijke hoeveelheid Ca aangetoond. Aangezien het gebruikte $MgSO_4$ kalkvrij was en andere $MgSO_4$ -oplossingen waarin plantenwortels gegroeid hadden bij onderzoek eveneens Ca bleken te bevatten, volgt hieruit, dat door de $MgSO_4$ -oplossingen kalk aan de wortelcellen werd onttrokken. In enkele andere oplossingen afkomstig van deze proeven welke nog in ons bezit waren werd toen ook op Ca (en K) gereageerd.

Aan gedestilleerd water bleken de wortels geen Ca (en K) te hebben afgestaan. Ook de NaCl-oplossing bleek vrij te zijn van Ca, bevatte echter sporen K. Eene andere NaCl-oplossing, vertoonde echter een zwakke Ca-reactie. Verschillende andere zoutoplossingen gaven zeer zwakke tot vrij sterke Ca-reacties, enkele bleken geheel vrij te zijn van kalk.

MAÏSPANTEN, WAARBIJ DE WORTELS DEELS IN TUINAARDE DEELS IN
ZUIVERE ZOUTOPLOSSINGEN (STERKTE 2‰) GROEIEN.

Aanvang proef 9 Augustus — Oplossingen getitreerd 4 October.



Reactie:	alcalisch	neutraal	neutraal
50 cc =	0,08 cc $\frac{n}{10}$		

MAISPLANTEN, WAARBIJ DE WORTELS DEELS IN TUINAARDE DEELS IN
ZUIVERE ZOUTOPLOSSINGEN (STERKTE 2 ‰) GROEIEN.

Aanvang proef 9 Augustus — Oplossingen getitreerd 4 October.



Reactie:	alcalisch	neutraal	alcalisch
50 cc =	0,03 cc $\frac{n}{10}$		0,2 cc $\frac{n}{10}$

MAÏSPANTEN, WAARBIJ DE WORTELS DEELS IN TUINAARDE DEELS IN
ZUIVERE ZOUTOPLOSSINGEN (STERKTE 2 ‰) GROEIEN.

Aanvang proef 9 Augustus — Oplossingen getitreerd 4 October.



Reactie:	alcalisch	zuur	alcalisch
50 cc =	0,02 cc $\frac{n}{10}$	0,7 cc $\frac{n}{10}$	0,85 cc $\frac{n}{10}$

MAÏSPANTEN, WAARBIJ DE WORTELS DEELS IN TUINAARDE DEELS IN
ZUIVERE ZOUTOPLOSSINGEN (STERKTE 2 ‰) GROEIEN.

Aanvang proef 9 Augustus — Oplossingen getitreerd 4 October.



Reactie: alcalisch
50 cc = 1,5 cc $\frac{n}{10}$

alcalisch
0,08 cc $\frac{n}{10}$

zuur
0,35 cc $\frac{n}{10}$

Eene bepaalde conclusie omtrent den invloed van den aard der zoutoplossingen op de kalkonttrekking is op grond van dit voorloopige onderzoek niet te trekken; in dezelfde zoutoplossingen (b. v. NH_4Cl en K_2SO_4) werd de eene maal vrij veel kalk aangetroffen, terwijl de andere maal de oplossing kalkvrij was.

Vermoedelijk hebben we hier te doen met eene verdringing van Ca (en andere elementen?) uit het protoplasma der wortelcellen door de omringende zoutoplossingen. Hierin zou de oorzaak gelegen kunnen zijn voor de door OSTERHOUT geconstateerde, en ook door ons waargenomen, giftige werking van *enkelvoudige zoutoplossingen* op de wortels van hoogere planten.

Dat hierbij, zooals het bovenvermelde voorloopige onderzoek van enkele oplossingen waarin plantenwortels groeiden, doet vermoeden de *kalkonttrekking* op den voorgrond treedt, vindt hierin steun, dat de giftige werking van enkelvoudige zoutoplossingen slechts door toevoeging van *Ca-zouten* wordt opgeheven, zooals ons bleek toen wij de proeven van OSTERHOUT over „physiologisch geëquilibreerde oplossingen” volgens de in deze verhandeling beschreven methode herhaalden.

De resultaten van deze proeven hopen we binnenkort te kunnen publiceeren.

Reaktionsänderungen im Boden durch Pflanzenwachstum und Düngung.

(*Kurze Zusammenfassung obiger Ausführungen.*)

Schon vor 30 Jahren wurde von A. MAYER der Begriff: *physiologische Reaktion*, in die Agrikulturchemie eingeführt.

Physiologisch *neutral* nennt A. MAYER diejenigen Salze, von welchen Basis und Säure gleich schnell von den Pflanzen absorbiert werden. Salze, wovon die Basis schneller als die Säure assimiliert wird, infolgedessen in der Nähe der Wurzeln freie Säure gebildet wird, nennt er physiologisch *sauer*, und Salze, wovon die Säure schneller als die Basis absorbiert wird, nennt er physiologisch *alkalisch*, weil in der Umgebung der Wurzeln eine alkalische Reaktion auftritt.

Nach einer rein theoretischen Ueberlegung teilt MAYER die verschiedenen Düngemittel und Salze, welche zur Düngung benutzt werden, in eine der drei genannten Gruppen ein. Experimentell wurde aber die Frage weder von MAYER noch von anderen Forschern untersucht.

Es kam VERR. erwünscht vor diese Frage näher zu studieren, weil Reaktionsänderungen, wenn sie wirklich infolge Pflanzenwachstum und Düngung im Kulturboden auftreten möchten von grosser Be-

deutung sein müssen für die Eigenschaften des Bodens, und man auf diese Weise eine Einsicht bekommen wird in die Aenderungen, welche allmählich infolge einer fortgesetzten Düngung mit Kunstdüngemitteln im Boden stattfinden.

VERF. fängt an zu erörtern auf welche Weise die Reaktion des Bodens sich ändern kann.

Die Pflanzen entnehmen dem Boden Basen und Säuren. Ist die Summe der Basen-äquivalente grösser als die Summe der Säuren-äquivalente so wird die Bodenreaktion sich in saure Richtung ändern; ist das Umgekehrte der Fall so wird die Bodenreaktion in alkalische Richtung verschoben.

Bei der Bestimmung des Verhältnisses zwischen den Basen- und Säuren-äquivalenten welche mit der Ernte dem Boden entzogen werden, soll man nicht nur die Aschenbestandteile sondern auch den Stickstoff berücksichtigen, weil der Stickstoff von den Pflanzen als NO_3' (vielleicht auch teilweise als NH_4') aufgenommen worden ist.

Bringt man auf das Land NaNO_3 , K_2SO_4 oder KCl , so hat die Düngung an sich keine Reaktionsänderung zufolge ¹⁾. (Bei Düngung mit $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ wird durch stattfindender Nitrifikation und Bildung von HNO_3 und H_2SO_4 bereits ohne Pflanzenwachstum die Bodenreaktion in saure Richtung verschoben.)

Die Düngung mit den obengenannten Salzen kann zur Folge haben, dass wohl mit der grösseren Ernte grössere Mengen von Basen und Säuren dem Boden entnommen werden, das Verhältnis zwischen Basen- und Säuren-äquivalenten jedoch dasselbe bleibt. In diesem Falle ist die Düngung ohne Einfluss auf die Reaktionsänderung des Bodens; die Düngung ist „physiologisch neutral“. Es ist aber auch möglich, dass die Menge der Basen in der Ernte infolge der Düngung mehr gestiegen ist, als die Menge der Säuren: das Salz ist als „physiologisch sauer“ zu betrachten. Auch ist es möglich, dass die Zunahme der Säuremenge in der Ernte eine grössere ist; ist dieses der Fall so ist das Salz „physiologisch alkalisch“.

VERF. weist nachdrücklich darauf hin, dass die „physiologische Reaktion“ im obengenannten Sinne etwas ganz anderes ist als die physiologische Reaktion in der ursprünglichen Bedeutung, d. h. die Reaktion, welche auftritt wenn ein einziges Salz von den Pflanzenwurzeln verarbeitet wird.

Bei der Frage nach den Aenderungen, welche im Kulturboden infolge fortgesetzter Düngung mit Kunstdüngemitteln stattfinden, hat man überwiegend mit der physiologischen Reaktion im Sinne des VERF. zu tun.

Eine Einsicht in die Reaktionsänderung des Kulturbodens bekommt

¹⁾ Mit Ausnahme vielleicht von absorptiv ungesättigten Böden. Siehe Ramann, Bodenkunde. 3te Auflage S. 242.

man durch eine Aschenanalyse und Bestimmung des Stickstoffs in der Ernte. Die Pflanzen haben jedoch auch Basen und Säuren aufgenommen aus den schwerlöslichen Bodenbestandteilen; Aufnahme dieser Stoffe hat natürlich die Reaktion der Bodenflüssigkeit nicht beeinflusst, und in erster Linie ist die Reaktion des leichtlöslichen Teiles des Bodens von Bedeutung.

Auch ist es nicht gleichgültig *welche* Basen und Säuren dem Boden entnommen, bzw., zugeführt worden sind. Bei einem Boden, reich an basischem Material (z. B. ein Ca CO_3 -reicher Lehmboden) ist es weniger wichtig ob die Menge der Basen infolge Pflanzenwachstum und Düngung etwas zu- oder abgenommen hat, wohl aber ob die Konzentration der OH^- -Ionen sich geändert hat. Ob in der Bodenflüssigkeit eine bestimmte Menge Calciumbikarbonat oder eine äquivalente Menge Natriumcarbonat (im Allgemeinen: Alkalimetalle gebunden an schwachen Säuren) anwesend ist, macht mit Bezug auf die Konzentration der OH^- -Ionen einen grossen Unterschied.

Besonders soll man deshalb der Frage Aufmerksamkeit widmen, *welche* Basen mit der Ernte dem Boden entnommen werden, und *welche* Aenderung infolge Pflanzenwachs und Düngung in dem Verhältnisse zwischen Ca, Mg einerseits, und K, Na andererseits auftritt.

Man verfügt bereits über Daten, welche über die genannte Reaktionsänderungen wertvolle Anweisungen geben und die Notwendigkeit, das Problem eingehend zu studieren, hervorheben. Das Studium dieser Frage wird die Veränderungen kennen lernen, welche im Laufe der Zeit zufolge Anbau verschiedener Gewächse und eines bestimmten Düngungssystems in der Ackerkrume auftreten werden, und wird vielleicht auch die Mittel an der Hand tun, unerwünschte Veränderungen vorzubeugen ehe Ertragserniedrigung auftritt.

$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ wird im Boden nitrifiziert; es bildet sich also Salpetersäure und Schwefelsäure, welche Säuren von den anwesenden Basen gebunden werden. Die Salpetersäure wird von den Pflanzen aufgenommen, die Schwefelsäure bleibt aber grösstenteils im Boden zurück. Eine Abnahme der Alkalität bzw. ein Sauerwerden des Bodens ist deshalb bei fortgesetzter Düngung mit $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ zu erwarten. In der Tat ist in Rothamsted das Auftreten einer saueren Reaktion bei Versuchsfeldern, welche seit 1856 mit Ammoniumsalzen gedüngt werden, konstatiert worden.

Dass eine Düngung mit Chilesalpeter die Struktur eines Lehmbodens ändern kann (Krustenbildung) war schon lange bekannt. Die Untersuchungen KRÜGERS (Landw. Jahrb. 1905) ergaben, dass diese Erscheinung dadurch erklärt wird, dass die Pflanzen die Salpetersäure aufnehmen, das Natron dagegen verschmähen. Es bildet sich deshalb im Boden $\text{Na}_2 \text{CO}_3$, welches Salz — infolge der Anwesenheit von OH^- -Ionen — die Eigenschaft besitzt, wenn man den

Boden mit Wasser aufschlemmt, das Absetzen der feineren Bodenteilchen zu verzögern.

Krustenbildung auf dem Acker und verzögertes Absetzen der aufgeschlemmten Tonteilchen nach Düngung mit Chilesalpeter ist im Wesentlichen dieselbe Erscheinung.

KRÜGER fand gegen Erwarten, dass die Absetzung bei den nicht mit NaNO_3 gedüngten Töpfen nicht so prompt erfolgte wie bei den unbestellten und ungedüngten Gefässen; die einzelnen Pflanzen wirkten in dieser Hinsicht aber ungleich stark. KRÜGER war nicht in der Lage eine Erklärung dieses Befundes zu geben.

VERF. macht jedoch darauf aufmerksam, dass die Absetzung der feineren Tonteilchen von zwei Faktoren beherrscht wird, d. h., die Konzentration der OH^- -Ionen (Alkalimetalle gebunden an schwachen Säuren wie Kohlensäure, Kieselsäure, Phosphorsäure) und die Konzentration der Kalziumsalze (Magnesiumsalze). Die OH^- -Ionen wirken stabilisierend, die Ca^{++} - und Mg^{++} -Ionen ausflockend auf die Tonsuspension ein. Wenn das Gewächs verhältnismässig sehr viel Ca (Mg) aufnimmt und nur wenig K und Na, so wird der Anbau dieses Gewächses *auch ohne Düngung mit NaNO_3* zur Folge haben, dass die feineren Bodenteilchen sich nach Aufschlemmung mit Wasser, langsamer und unvollkommener absetzen werden, als bei dem unbestellten Boden. Damit ist auch erklärt, wie es kommt dass die einzelnen Gewächse sich in dieser Hinsicht verschieden verhalten; Aschenanalysen der Pflanzen können hierüber Auskunft geben.

VERF. hat die Ergebnisse der Untersuchungen KRÜGER's in eklatanter Weise bestätigt gefunden; die Resultate seiner Untersuchungen in diese Richtung werden später veröffentlicht.

Weiter haben die Untersuchungen von SJOLLEMA und HUDIG über die „Haferkrankheit“ in den holländischen Moorkolonien die Bedeutung der Reaktionsänderung infolge der Kultur für die *humosen Bodenarten* klargelegt. In den genannten Moorkolonien sind in vielen Fällen die Aenderungen im Boden bereits so weit fortgeschritten, dass eine bedeutende Ertragserniedrigung auftritt: der Boden ist krank geworden.

An der Versuchsstation in Groningen wird das Problem schon in verschiedenen Richtungen studiert. Nur dann wird man aber die Frage zur Lösung bringen können, wenn man verfügt über eine Einrichtung, welche es gestattet mit grosser Genauigkeit zu bestimmen was mit den Ernten dem Boden entnommen und durch das Regenwasser ausgespült wird. Zugleich soll es möglich sein jährlich auf verschiedenen Tiefen zuverlässige Bodenproben zu nehmen, ohne den Boden allzu sehr um zu graben.

Die Reaktionsänderung, welche auftritt wenn Pflanzenwurzeln in reinen Salzlösungen wachsen kann auch im Boden eine Rolle spielen. Dies wird der Fall sein, wenn im Boden infolge einer

Düngung örtlich sich Salzlösungen bilden, in welchen ein einziges Salz stark in den Vordergrund tritt, welches nach den Untersuchungen von MÜNTZ und GAUDECHON über die Diffusion im Boden als möglich angenommen werden muss. Die Reaktion dieser Lösungen kann Einfluss ausüben auf die Löslichkeit der Nährstoffe im Boden. Welche Bedeutung dieses für die Ernährung der Pflanzen hat ist schwer zu sagen.

Weiter nimmt VERF. die Möglichkeit an, dass trotzdem die Pflanzen im Laufe der ganzen Vegetationszeit mehr Säure als Base dem Boden entnehmen, die Wurzeln bisweilen der umringenden Bodenflüssigkeit mehr Base als Säure entziehen, und die Bodenflüssigkeit in der Nähe der Wurzeln demzufolge eine saure Reaktion bekommt. Auf diese Weise wäre es möglich, dass die Wurzeln eine stark lösende Wirkung auf die ungelösten Bodenbestandteile ausübten, ohne eine Säure auszuscheiden wie man früher immer angenommen hat.

Nachdem VERF. die früheren Untersuchungen, welche mit der betreffenden Frage in Beziehung stehen, erwähnt hat, wobei die Untersuchungen von PRIANISCHNIKOW über den Einfluss von Nitraten und Ammoniumsalzen auf die Aufnahme von Phosphorsäure eingehend besprochen werden, kommt VERF. zu seinen eigenen Untersuchungen.

Die von VERF. gefolgte Versuchsmethode ist aus den der Abhandlung beigefügten Abbildungen ersichtlich. Die Blumentöpfe sind gefüllt mit Gartenerde, die Bechergläser mit den zu untersuchen Salzlösungen. Das Loch in den Blumentöpfen ist so viel möglich vergrößert um das Austreten der Wurzeln zu fördern. Das Loch ist abgeschlossen durch ein dünnes Baumwollhäutchen um das Ausfallen von Erde vorzubeugen.

Der grosse Vorteil dieser Versuchsanordnung ist, dass man experimentiert mit normal ernährten Pflanzen, was nicht der Fall ist, wenn man Keimpflanze in den Salzlösungen weiter wachsen lässt.

Nur die Wurzeln, welche in der Lösung wachsen sind unter abnorme Wachstumsbedingungen. Bei einigen Versuchsreihen wurde deshalb die Lösung ersetzt durch Sand, welches mit der Salzlösung getränkt wurde; die Versuchsbedingungen näherten sich nun den normalen Wachstumsbedingungen so viel wie eben möglich war.

Gearbeitet wurde mit Salzlösungen mit einer Konzentration von 2 pro mille. Diese Konzentration hat sich namentlich für Mais und Gerste als geeignet erwiesen. In vielen Fällen besonders bei den übrigen Kulturpflanzen womit experimentiert wurde, war eine Giftwirkung der reinen Salzlösung deutlich zu bemerken. Die Versuchen ergaben folgendes.

Natriumnitratlösung wurde immer deutlich alkalisch (Gerste, Hafer, Weizen, Mais, Sonnenblume, Kohlsaart, Bohne, Erbse). Einmal (Gerste) wurde eine Alkalität von 0,006 Normal konstatiert. Eine

bedeutend höhere Alkalität trat jedoch auf, wenn die Wurzeln in Sand getränkt mit einer NaNO_3 -Lösung wuchsen, namentlich 0,028 Normal (bei Mais; siehe Tabelle S. 82).

Die Reaktion der *Ammoniumsulfatlösung* war immer eine saure; höchste Azidität 0,015 Normal (Mais, Sand getränkt mit $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

Für die Reaktionen, welche auftraten bei Mischungen von NaNO_3 und $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; siehe die Tabellen auf S. 81 und 82.

Auch wenn man die Pflanzen nicht in Töpfe sondern mit dem ganzen Wurzelsystem in den Lösungen wachsen lässt, treten dieselben Reaktionsänderungen auf. Um deutliche Reaktionen zu bekommen muss man die Wurzeln der Keimpflanzen sich vorher in einer Kulturlösung entwickeln lassen und erst dann in die reinen Salzlösungen überbringen.

Diese Versuchen haben den Beweis geliefert dass NaNO_3 immer „physiologisch alkalisch“, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ immer „physiologisch sauer“ ist.

Bei den Versuchen in Töpfen mit *Ammoniumnitrat* wurde stets das Auftreten einer sauren Reaktion beobachtet. Die Azidität der Lösung war jedoch niemals so stark wie bei Ammoniumsulfat. Dieses Resultat ist ein unerwartetes; es ist aber im Einklang mit dem Ergebnisse der Versuchen von PRIANISCHNIKOW, der einen günstigen Einfluss von NH_4NO_3 auf die Aufnahme von Phosphorsäure aus schwer löslichen Phosphaten beobachtete.

Zweimal wurde eine schwach alkalische Reaktion wahrgenommen wenn das ganze Wurzelsystem sich in der NH_4NO_3 -Lösung befand.

Kaliumnitrat erwies sich bei fünf Versuchen (Gerste und Mais) als ein physiologisch alkalisches Salz, jedoch schwächer als NaNO_3 .

Die Lösung von *Kalziumnitrat* bekam immer eine alkalische Reaktion (Gerste, Bohne, Mais).

Ammonium chloride. Dieses Salz ist als entschieden „physiologisch sauer“ zu betrachten. Es wirkt sehr nachteilig auf die Wurzeln ein; der Wachstum hört bald auf und die Wurzeln gehen ein. Gelingt es den Wurzeln jedoch während einiger Zeit der schädlichen Wirkung Widerstand zu leisten, so kann die saure Reaktion ziemlich stark werden.

Bei Lösungen von KCl , K_2SO_4 , NaCl , Na_2SO_4 , MgCl_2 , MgSO_4 , CaCl_2 und CaSO_4 wurde immer eine schwache alkalische Reaktion beobachtet. Dass die Chloride, besonders KCl , physiologisch alkalisch sind, erregt Befremden, man würde eine entschieden saure Reaktion erwarten.

In Hinsicht auf diese Versuchsergebnisse würde man geneigt sein anzunehmen, dass die Reaktionsänderungen bei diesen Versuchen von anderen Faktoren abhängt als die mehrere Bedeutung für das Pflanzenleben von einem der Ionen über den anderen, vielleicht mit Ausnahme der N-haltigen Salze, bei welchen offenbar eine starke N-assimilation deutliche Reaktionsänderungen zum Vorschein ruft.

Zufälligerweise fand VERR. dass die Salzlösungen (destilliertes Wasser nicht) Ca und K (vielleicht noch andere Elemente) doch hauptsächlich Ca, den Wurzeln entziehen.

Diese Verdrängung von Ca und K aus den Wurzelzellen ist vielleicht Ursache der giftige Wirkung, welche reine Salzlösungen auf die Wurzelzelle ausüben. Dass die Verdrängung von Ca hierbei in den Vordergrund tritt ist im Einklang mit der Tatsache dass, wie VERR. beobachten konnte, die Giftwirkung der reinen Salzlösungen nur durch Zugabe von Ca-salzen aufgehoben werden kann Die Ergebnisse der betreffenden Untersuchungen werden später veröffentlicht.
