Het probleem van de stabiliteit der Humusstoffen.

door

J. HUDIG en N. H. SIEWERTSZ VAN REESEMA.

Voorwoord.

Het humusvraagstuk behoort ongetwijfeld tot de moeilijkste problemen uit de bodemkunde. Het schijnt dan ook een stoutmoedige onderneming om, waar zoo velen gestrand zijn, dit groote probleem te naderen, het opnieuw op te vatten. Evenwel het vraagstuk is van brandende practische beteekenis en, van af dit standpunt bezien, zal zijn aantrekkingskracht op den onderzoeker wel nimmer verflauwen.

De zoogenaamde „humusvoorziening" van den plantenproduceerenden akkergrond is een eisch van primordiaal belang. Zij is een peiler, waarop het gebouw van de plantenproductie rust. Immers een goede humustoestand geeft een goeden opbouw van de bodemdeelen (structuur of textuur) met kruimelvorming en groot inwendig oppervlak. En dit beteekent geringere mestbehoefte, dus grooter mestrendement; een betere bewerkingsmogelijkheid zoowel in natte als in droge tijden; grooter doorlatendheid voor water; hooger vochtgehalte (watercapaciteit); betere luchtcirculatie, dus betere verwerking van organischen afval.

Een ideale structuur veroorzaakt hooge meststofrendementen bij laag meststofverbruik, een breedere tijdsmarge voor de bodembewerking, resistente gewassen en zekerder bedrijfsvoering.

Het is de verdienste van het klinisch grondonderzoek, met behulp van de profielstudie, dat het deze waarheid opnieuw op den voorgrond heeft gebracht, tegelijk met het besef, dat er vaak zwaar tegen wordt gezondigd.

Men heeft den afstand van ideaal tot realiteit beter leeren meten en dat is tegengevallen! Wie bij de profielstudie de moeite heeft genomen om uit een blok grond van b.v. 20 × 20 × 20 cm. alle wortellooze kluiten uit te prepareeren en ze te wegen, kan berijferen uit het totale gewicht van den grond hoeveel van dezen *niet* medeproduceert. Hij komt daarbij vaak tot ontstellende ontdekkingen; het geval, dat 80 à 90 % uitgeschakeld blijkt te zijn, is in het geheel niet zeldzaam. Wij zullen in het hoofdstuk over de structuur met eenige ervaringen daarop kunnen wijzen.

Is het wonder, vraagt men zich af, dat er op onze akkergronden, die niet al te rijk zijn voorzien van bepaalde voedingselementen, hongerverschijnselen worden waargenomen? En dat die verdwijnen, zoodra de grond gedwongen wordt tot een beteren opbouw? Hierdoor ontstaan meer holten door kruimelvorming, waardoor meer oppervlak aan de productie wordt terug gegeven.

Men heeft gemeend, dat men den bodem overwegend door bewerking tot een beteren opbouw kan brengen, maar dit is helaas onjuist gebleken. Wel kan men den grond tijdelijk in een beteren toestand brengen, die ideaal lijkt, maar.... deze mogelijkheid hangt af van zeer beperkende omstandigheden. Met name van den aard (zwaarte) en het vochtgehalte, waarbij nog kruimeling kan optreden. En dit gehalte kan bij sommige gronden van moeilijken

aard zoo'n klein traject bezitten, dat de praktijk er niet of nauwelijks van kan profiteeren. De grond is dan òf te nat òf te droog en hard. De juiste grondbewerking is een onmisbare maatregel, maar zij schiet te kort zoodra de inwendige krachten, die een grond tot kruimeling dwingen, niet aanwezig zijn. Mocht de bewerking er al in geslaagd zijn een bouwvoor goed voor te bereiden, de eerste tegenwerkende invloeden als regenslag, mechanisch indrukken (door betreden enz.), zullen aantoonen, dat die goede structuur een labiele òf wankelstructuur is geweest, die maar al te gauw in ongunstigen zin verandert. Wat wij wenschen is een resistent bouwsel.

Deze resistentie nu wordt bereikt, — en wel in hoofdzaak —, door den factor „humus" of beter stabiele humus. Onze verhandeling wenscht hierop het volle licht te doen vallen, daarom zal zij voornamelijk over den structuur-verbeterenden invloed van den stabielen humus spreken. Wij wenschen een stabiel product, omdat die eigenschappen moeten blijven bestaan en niet incidenteel aanwezig zijn, zoodat resistentie van het systeem alleen bereikt kan worden door herhaalde aanwending van verbetering aanbrengende stoffen.

Een tweede voorwaarde is, dat het product, dat de aggregatie van fijn materiaal tot kruimels veroorzaakt, slechts in geringe hoeveelheid behoeft aangewend te worden. Men begrijpe ons goed, wij wenschen dus niet, dat de structuur-verbeterende invloeden berusten op een mechanische werking, die het fijne materiaal uiteén dringt en communiceerende nesten maakt van grof organisch materiaal met luchtigen opbouw, waarvan dan *veel* noodig is; maar wij wenschen een scheikundigen invloed, die in staat is het fijne materiaal te doen coaguleeren, uit te vlokken tot grootere aggregaten. En van die stof moet men genoeg hebben aan enkele onderdeelen van procenten van het bodemgewicht.

Het gaat dus niet om *veel* van dien stabielen humus, maar om *weinig!*

In dit geval moet het materiaal uiterst actief zijn en gaat het dus om het quale en niet om het quantum.

Men zou geneigd zijn te gelooven, dat met deze wenschen een nieuwe utopie aan de vele bestaanden werd toegevoegd. Echter het zal blijken dat deze wensch allerminst een utopie is, want de natuur maakt zelf zulke producten en waarom zouden wij, aldus onze redeneering, door doelbewuste studie niet de werking van die stoffen trachten te doorgronden? Resistente of stabiele organische stoffen zijn bekend; men treft ze in chitine, conchine aan en ook in de stuifmeelpollen, die de natuur voor ons „millennien" in den grond bewaart onder de denkbaar slechtste omstandigheden.

De stabiliteit is daarom allerminst een utopie. En dat de invloed van mono-moleculaire vliezen van organische stof, om een *an*organische korrel gebracht, deze een geheel ander karakter kan geven, bewijzen de proeven met eiwitvliezen om zandkorrels. En voor de vorming van lagen van moleculaire dikte is inderdaad zeer weinig noodig.

Het werk, dat wij ondernamen, is allerminst eenvoudig geweest, het heeft zeer veel tijd gekost en natuurlijk ook vele teleurstellingen gebracht. Maar in den loop van de vele jaren meenen wij er in ge-

a b

Afbeelding 1.

Links slijpplaatje van zwaren grond uit Zeeland, geprepareerd met X-2. Rechts slijpplaatje van denzelfden grond in natuurlijken toestand. Beide zijn na een winterbraak gevormd.

slaagd te zijn een stof te bereiden, die aanspraak kan maken op stabiliteit en waaraan de kwalificatie „humus" moet worden toegekend. Met 0.1 % van dit materiaal kan men zware onhandelbare kleigronden van uit een compacte structuur in een bouwsel van kruimelige aggregraten overbrengen. Om te beseffen welke veranderingen op die wijze kunnen worden teweeggebracht, verwijzen wij naar Afb. 1 (blz. 5), die de afbeelding is van 2 slijpplaatjes, die van een en denzelfden grond, na verharding, zijn geslepen. Bij het doorlichten van dit uiterst dunne preparaat verkrijgt men het beeld van de doorsnede, die dwars door de mineralen en de klei tot stand is gekomen:

a. is de met humus geprepareerde grond;
b. de onbehandelde grond.

De monsters zijn van een proefveld afkomstig. De kruimelaggregraten blijken zeer resistent te zijn en houden eenige jaren stand. De structuur, die men op deze wijze microscopisch kan onderzoeken, is wel zeer tegengesteld op de afbeelding. De kruimelstructuur in dit beeld noemden wij, in navolging van *Redlich*, die hier over afzonderlijk zal berichten, „archipelstructuur" en de compacte „continentstructuur". In het hoofdstuk over de structuur wordt dit nader toegelicht.

Wij meenen thans te mogen verklaren, dat onze pogingen geslaagd zijn; de gegevens voor de beoordeeling van deze meening zullen wij in het nu volgende geschrift bijeenbrengen en wel in een voor de meesten lees- en begrijpbaren vorm. Op wetenschappelijke details zullen wij, ter wille van het overzicht, niet ingaan. Wij kunnen die voor zuiver wetenschappelijke tijdschriften reserveeren.

De verhandeling wordt in de volgende hoofdstukken verdeeld:

I. De ontwikkeling van het begrip „stabiele humus", in het veld en in het laboratorium.
II. De bereidingswijze van stabielen humus.
III. De invloed van diverse preparaten op bodem en plantengroei (pot- en veldproeven).
IV. Het begrip structuur en de beoordeeling van de structuurverbeterende werking bij laboratorium- en veldproeven.
V. Mogelijkheden voor fabriekmatige bereiding der preparaten en de aanwending ervan in de praktijk.

Wageningen,
Delft, Juni 1940.

HOOFDSTUK I.

De ontwikkeling van de denkbeelden over stabielen humus in het veld en in het laboratorium.

In de landbouwwetenschappen heerscht veel misverstand omtrent het begrip humus. Wat eigenlijk humus is, kan bezwaarlijk gedefinieerd worden; hoogstens wat diverse onderzoekers humus noemen. Een overzicht van de uiteenloopende inzichten is het best gerepresenteerd in *Waksman* „Humus". Deze onderzoeker komt er toe om meer van „soil organic matter" te spreken dan van humus en verstaat er bijna alle organische stof onder van af het versche, — in den grond gebrachte, — organisch afval via allerhand tusschenproducten, die bezig zijn te vergaan tot het organisch materiaal, dat in sommige gronden jaren lang stabiel blijft. De organische stoffen, aanwezig in levende en doode micro- en macroorganismen, zijn er bij inbegrepen. *Maiwald* geeft in den aanvullingsband van *Blanck's* handboek der „Bodenlehre" evenmin een bepaalde definitie van „humus", doch is geneigd, met andere autoren er een engere beteekenis aan te hechten dan *Waksman* met de soil organic matter doet.

De definitie, die *Odén* in zijn „die Huminsäuren" geeft, schijnt het meest gehuldigd te worden, nl., dat men onder „humus" bruine en zwarte organische producten moet verstaan, waaraan geen celstructuur meer is te onderkennen en die zich onderscheiden in hun al of niet oplosbaarheid in alcohol en alcaliën.

Springer voerde een onderscheiding in door de oplosbaarheid of niet oplosbaarheid in acetylbromide, maar veranderde aan de opvatting door *Odén* weergegeven weinig. Bijna alle onderzoekers staan op het standpunt, dat humus slechts een groepnaam kan zijn en niet de naam voor één enkele te definieeren organische verbinding. Daarmede is men echter weinig verder gekomen dan men voor ± 70 jaren reeds was.

De moderne humusonderzoekers, die zooals *Springer* het probleem chemisch benaderen van uit het brandstof-onderzoek, of die zooals *Waksman* het vraagstuk biochemisch aanvatten, hebben ons niet veel verder gebracht in het begrip „humus", doch veeleer duidelijk gemaakt, dat wetenschappelijk „humus" als begrip waarschijnlijk niet te benaderen is.

Wanneer de chemici gelijk hebben door in „humus" ingewikkelde condensaten en polymerisatieproducten van onzekere mole-

cuulgrootte te zien of wanneer de biochemici er meer coagulaten in zien van lignineachtige lichamen met eiwitten van zeer wisselende samenstelling, dan zullen wij bij het humusonderzoek een geheel anderen weg in moeten slaan dan tot nog toe het geval was.

Het merkwaardige van de situatie is evenwel, dat elke grondgebruiker intuïtief zich een denkbeeld vormt van wat humus doet. Hij kent humus als een voor de bodemvruchtbaarheid onmisbare stof, die een sterk uitkomende gunstige werking heeft [1]). Hij weet, dat humus zijn grond (vooral den zwaren grond), een goede structuur geeft met hooge watercapaciteit en den grond in droge perioden behoedt voor uitdroging. Hij weet, dat „humus" zijn gronden warmer maakt, voor de bewerking beter toegankelijk maakt en door deze verbeteringen ook betere oogsten waarborgt. Hij doet de uiterste moeite om organische stoffen in den grond te brengen en ze vooraf door gistingsprocessen te bereiden om ze het maximale effect te bezorgen en gaat met humus dus om als met een realiteit.

Waarom humus dat alles doet, weet hij echter niet en het is ook den humusonderzoeker slechts ten deele bekend, wat natuurlijk niet anders kan, wanneer men in feite zijn materiaal niet kan definieeren.

Duidelijk blijkt het gemis uit het belangrijke boekje „Waste products of agriculture" van *Howard* en *Wadd,* waar de schrijvers wijzen op het symposion in 1928 te Washington gehouden, over humus, en waar zes sprekers ieder van hun zijde het vraagstuk hebben toegelicht [2]).

De schrijvers behandelen het probleem van de humusvorming uit organisch afval op zeer simpele wijze, wanneer ze het voorstellen als of uit alle organische afval „humus" ontstaat, doch dat de beste wijze om „humus" te maken, die is, waar men deze processen niet in den grond laat verloopen, maar door vóórgisting in de composthoop.

Practisch hebben ze gelijk, maar zij vergissen zich, wanneer ze denken, dat uit elk organisch afval in den grond humus ontstaat.

Wanneer werkelijk „humus" een groep van lichamen aanduidt, met wisselende molecuulgrootte met verschil in zyketenstructuur, met wisselende kerngroepen of een groep van lichamen, die, als lignine en eiwit, coagulaten van zeer wisselende verhouding zijn, dan moet ook de „humuswerking", zooals de practijk die als realiteit ervaart, zeer wisselend zijn en geheel afhangen van de plaatsing der actieve constitueerende groepen, die in hoofdzaak CooH- en NH_2-groepen zullen zijn. Wij weten uit de lignine- en eiwitchemie beide, hoe ingewikkeld de samenstelling dier stoffen is en hoe wisselend de daarin voorkomende actieve groepen zijn en hoe de activiteit daarvan kan vergroot, resp. verkleind of zelfs geblokkeerd worden door invloed van andere stoffen, ook van anorganische colloïden, wier bestaan en habitus door electrische ladingen wordt verklaard.

Wij wenschen in dit geschrift een poging te wagen om eenige verheldering in het vraagstuk te brengen en zullen daarbij het begrip „stabiele humus" moeten invoeren om althans den naam humus

---

[1]) Een aardig hoofdstuk over „Humus" vindt men in „letter IV" in Robinson's Mother Earth; Letters on soil addressed to Professor Stapledon (1937) blz. 33—48.

[2]) Journal Amer. Soc. Agron. Oct. 1929.

voor enkele stoffen te kunnen gebruiken, waarvan de werking op de bodemdeelen iets duidelijker is en mogelijk gemeten kan worden voor stoffen, die aan biologische invloeden weerstand bieden.

Men zal dan zien, dat wij voor ons onderzoek een werkwijze hebben gevolgd, die ons door het klinisch grondonderzoek werd aangegeven.

Vooraf iets omtrent de instabiliteit van alle stoffen in den goed geaëreerden bouwgrond. Wanneer men uitgaat van het denkbeeld, dat in den grond belangrijke reactie-gebieden elkaar intensief doordringen, kan men het volgende onderscheid vaststellen:

1. Het gebied der minerale reserve, dat bestaat uit grove en fijne mineralen, hetzij de onverweerde brokstukken van de bodemvormende gesteenten, hetzij de geremineraliseerde stoffen als kleimineralen, carbonaten, fosfaten en oxyden van silicium, ijzer en aluminium, alle door chemische en biochemische processen ontstaan;

2. het gebied van de oplossing, dat eenerzijds kationen bevat en dat

3. anderzijds anionen bevat;

4. de buffer, die de kationen-concentraties reguleert en als adsorbtiecomplex, volgens *Gedroiz* bekend staat en hier kationenbuffer kan genoemd worden, terwijl

5. in alles wat leeft, een massa aan anionen-elementen is opgeslagen, met C, N, S en P, die eeuwig in afbraak en opbouw begrepen zijn en welk gebied de anionenbuffer kan heeten [8]).

Het is de anionenbuffer, die ook de biologische buffer genoemd kan worden, welke voor ons vraagstuk de aandacht vraagt. De onontbeerlijkheid van dien buffer behoeft hier niet verdedigd te worden; zij spreekt voor zichzelf. Het mag evenwel niet ontkend worden, dat de beteekenis van dezen buffer gedurende de groote kunstmestveroveringen der laatste decenniën veel te veel op den achtergrond gedrongen is.

Het belang van een hoog stikstof- en fosfaatniveau is door tallooze onderzoekers onderzocht en wordt door de practici erkend.

Vooral zijn zij, die hun grond met stikstof verrijken willen, op een intensieve kracht van den biologischen buffer aangewezen, omdat in het systeem „grond : plant" de stikstof in dien werkzamen buffer haar intrede doet, wanneer men voor die verrijking de vlinderbloemigen te hulp roept. Het goed onderhouden van dien buffer veronderstelt een sterke aerobie, bij aanhoudenden toevoer van organisch afval, dat bij voorkeur een juiste verhouding van eiwitachtige lichamen tegenover cellulose- en lignine-achtige lichamen moet bevatten. Deze toch zijn het voedsel voor micro- en macroorganismen, die dus zorgen voor de vertering eenerzijds en voor opbouw van nieuwe lichamen anderzijds, waarbij de stofwisselingsproducten een zeer belangrijke rol spelen.

Heeft men te weinig N-rijk afval, dan is het Bact.radicicola, die zijn waardplant van het tekort aan stikstof voorziet.

Deze voorstelling eischt de aanname, dat van het in den grond gebrachte materiaal ook niets of althans zeer weinig als „humus" mag overblijven en dat, wanneer men toch aanneemt, dat er

[8]) Deze 5 reactiegebieden doordringen elkaar geheel, zij zijn niet begrensd en gaan in elkaar over. Zij staan in wisselwerking en zijn onderling geheel van elkaar afhankelijk. Wij mogen hier verwijzen naar de „tentfiguur" door een onzer in het Landbouwkundig Tijdschrift, 51e Jaarg., No. 625, Juni 1939, blz. 372—388, weergegeven.

„humus" door die stoffen wordt aangebracht, deze een incidenteel karakter heeft en als het ware altijd op een doortocht (trafiek) verkeert. Een eventueel constant blijven van het „humusgehalte", c.q. het gehalte organische stof, moet dan verklaard worden door het verdwijnen van organisch materiaal in dezelfde mate als bij de toevoeging het geval was. In de literatuur, vooral in de leerboeken, worden de organische meststoffen vaak als „humus-aanbrengers" gekwalificeerd. Ten onrechte, zooals wij zullen zien.

Dat deze opvatting tot de verdere aanname van onwaarschijnlijkheden voert, bewijst het feit, dat men bijna altijd constante gehalten aan organische stof in de meeste gronden vindt en dat die gehalten zoowel bij gronden gevonden worden, welke veel, als bij die, welke weinig organische bemesting ontvangen. Nog neteliger wordt het, wanneer men op goed geaereerde gronden, die zeer veel organischen mest ontvangen, nimmer een stijgen van het gehalte aan organisch materiaal aantreft. Wij beschikken over typische voorbeelden daarvan, die ter sprake zullen worden gebracht. Dat men in goed geaereerde gronden een sterke afbraak van organisch materiaal aantreft, is allerminst vreemd. De afvalwaterreiniging op vloeivelden berust op die afbraak, ook de toepassing van stadsvuil als bemesting van arme gronden berust daarop. Wie geen vreemdeling is in deze materie, weet o.a. hoe een laag van 40 tot 60 cm belegen stadsvuil op een armen zandgrond gebracht, in weinige jaren niets anders overlaat dan scherven van glas en aardewerk, verder aluminium en geëmailleerde voorwerpen. Zelfs ijzer vergaat kwantitatief [4]).

Alleen bij afsluiting van lucht (anaerobie) vindt men ophooping van organisch materiaal of in gevallen, waar de basenarmoede groot is, zooals in mosvenen en in sommige eenzijdige bosschen, die op zuiver zand zijn aangelegd. Het is bekend, dat basenarm plantenafval in het halfvergane stadium zoo zuur wordt, dat slechts enkele schimmels er nog kunnen groeien. Streken, waar zulke „ruwe humus" opgehoopt wordt, zijn volstrekt arm aan dierlijke organismen.

Wordt de aldus opgehoopte massa in humide gebieden tijdelijk anaeroob, dan verveent ook deze. Zoo kunnen zelfs grove zanden geheel verstopt worden met den ruwen humus en aanleiding geven tot veenvorming. Op hooge heidegronden vindt men tallooze voorbeelden daarvan.

Wanneer stalmest diep ondergebracht wordt en b.v. onder de ploegzool komt te liggen, verveent hij. Bij ons profiel-onderzoek hebben wij dit herhaaldelijk gevonden [5]).

De vraag of de veenachtige stoffen, eenmaal weer in den geaereerden grond gebracht, verteren, is menigmaal omstreden. Zij is niet zoo eenvoudig te beantwoorden. Wij kunnen vaststellen, dat in vele gevallen volledige vertering optreedt en in vele gevallen gedeeltelijke. In den ondergrond gevonden onvergane stalmest, die na eenige jaren weer in den bovengrond terechtkomt, verteert zeer

[4]) De gemeenten Hilversum en Arnhem hebben dit o.a. ervaren, op de zeer arme en „humuslooze" heidezandgronden, waarop zij huis- en straatvuil hebben gebracht.

[5]) Overigens verwijzen wij naar de mestlagen bij archeologische vondsten, zooals bij de Noord-Nederlandsche terpen. Deze mestlagen van meer dan 1000 jaar oud worden nog met succes als mest gebruikt en verbranden in de bouwvoor langs biologischen weg.

gemakkelijk en kwantitatief. Het jonge mosveen (bonkveen) in den grond gebracht vergaat gedeeltelijk.

De tuinbouwers, die met turfstrooisel hun stijve gronden bewerkbaar trachten te maken, weten, dat zij deze bewerking moeten herhalen om de voordeelen op peil te houden.

De boeren in de nieuwe veenkoloniën in het Noorden van Nederland moeten hun uit zand en jong mosveen gemaakten bodem herhaaldelijk van nieuw jong veen voorzien, omdat het in het zand gemengde materiaal voor een deel verteert. Daar het mengsel op een dikke laag jongveen ligt, bereiken zij dat door het opploegen van dit veen. Een en ander moge blijken uit de onderstaande cijfers, die wij verzamelden op de proefboerderij te Emmercompascuum.

TABEL 1.

Perceel No.	Gloeiverlies Mengmonster 1930	Gloeiverlies Mengmonster Oct. 1932	Gloeiverlies Mengmonster Dec. 1932 na het ploegen
1	6.7	4.2	6.3
2	7.1	5	7.3
3	7.3	5.5	7.6
4	8	6.2	6
5	6.2	4.2	4.7
6	6.7	3.8	6.3
7	7.5	5.6	5.1
8	7.8	6.3	5.8

Hieruit blijkt, dat op deze nog zeer ongemengde gronden het bovenploegen op diverse perceeltjes niet of niet voldoende gelukt is (4, 5, 7 en 8). Op anderen is het evident. Belangrijker is het afnemen van het gloeiverlies in enkele jaren en dat nog wel bij een massa, waar het zand kan uitspoelen.

De beantwoording van de vraag, waarom dit jonge veen niet *geheel* verdwijnt, heeft in den aanvang hoofdbreken gekost. Zij kan thans bevredigend beantwoord worden. In de eerste plaats houdt de veenkoloniale boer zijn grond „zuur", d.w.z. hij verzadigt het veencomplex niet tot een pH 6.5. In de tweede plaats treedt er een verschijnsel op, dat bij alle gronden, die rijk aan veenachtig materiaal zijn, voorkomt en wel het verschijnsel van de „irreversibiliteit": nl. veenachtig materiaal verliest bij het indrogen niet zelden het vermogen om tot hetzelfde bedrag water op te nemen als het versche materiaal heeft bezeten. Soms is uitgedroogd veen in het geheel niet meer te bevochtigen. Het is vreemd, dat men de beteekenis van dit verschijnsel landbouwkundig zoo weinig heeft begrepen. De verturvers kennen het goed; de ontginners weten, dat zij de ingedroogde turfresten [6]) niet voor het mengen met zand kunnen gebruiken.

De bouwers in de lagere venen weten, dat zij op het veen de muren op *„turven"* kunnen zetten en vloeren kunnen verstevigen door de balken eveneens over lange turven te vlijen. Maar de landbouwer is er niet van doordrongen, dat het stuiven in de veengronden berust op de irreversibiliteit en ook is niet algemeen be-

[6]) „Mot" is de technische term.

kend, dat te diepe ontwatering aanleiding geeft tot het indrogen van de bovenlaag, welke sterk in productie achteruit gaat, juist door het irreversibel worden van het veen (c.q. „humus").

Wie eenmaal kennis heeft gemaakt met dit verschijnsel, ziet het altijd en overal weer, waar „humusachtige" lichamen in den grond overheerschen.

Door een zeer eenvoudige laboratoriumproef is het verschijnsel duidelijk te maken. Men vult met versch nat veen, of verschen natten grond, die zeer rijk is aan half vergaan organisch materiaal, een ijzeren ring van ± 5 cm. inw. doorsnede. Wanneer men dit doet door den ring op een glazen plaat te leggen en het materiaal van onderzoek juist zoo nat te maken, dat de vloeigrens is bereikt, heeft men bij elke herhaling met precies evenveel materiaal den ring gevuld. Door afstrijken wordt de geheele inhoud van den ring gevuld.

De eerste weging geldt het gewicht van glasplaat en ring, de tweede die van het geheel na de versche vulling, waarna men dit weg zet en laat uitdrogen. Door regelmatige weging volgt men het indrogingsproces tot het eindpunt is bereikt. Dan heeft men tegelijk het proces van krimpen vervolgd en ook de uiteindelijke krimp vastgesteld.

Is de schijf geheel droog, dan plaatst men die op vochtig met filtreerpapier afgedekt zand, dat in staat is de schijf langzaam en regelmatig te bevochtigen. Door nu weder het bevochtigingsproces te vervolgen, maakt men kennis met het verschijnsel, waar het over gaat en op die wijze kan men een goed denkbeeld verkrijgen van wat een irreversibele humusachtige grond landbouwkundig beteekent. Vele gronden nemen nooit meer hun oorspronkelijk volume in en niet meer het oorspronkelijke watergehalte aan. Een voorbeeld van zoo'n bepaling levert het onderstaande:

TABEL 2.

Nos.	Oorspronkelijk watergehalte % luchtdr. gr.	Herbevochtiging na indrogen % luchtdr. gr.	Herbevochtigingsfactor %	Krimp in %	
				1e kr.	blijvende kr.
251 A	452	204	45	68.1	41.2
255 A	63.6	48.4	76.1	21	12.4
257 A	356	160.8	45.1	71.2	40 3
259 A	138	107.8	78.3	29.7	14.4
260 A	132.5	99	75	31	20.1
263 A	84.3	58.2	67.9	32.1	18
254 B	104.9	38.4	36.5	54.3	47.7
260 B	200.5	107.3	53.4	49.7	37
140 A	248.5	60.8	24.2	63.5	57
144 A	235.5	134.1	54.7	49.3	30.2
333 A	130.5	35.9	27.5	61.8	48.7

Onder herbevochtigingsfactor wordt verstaan het percentage van de oorspronkelijke hoeveelheid water (vloeigrens), dat bij de herbevochtiging na algeheele droging door de schijf wordt opgenomen in den toestand van den blijvenden krimp, dus wanneer de ingekrompen schijf bij dat herbevochtigingsproces niet meer zwelt.

Gaat men nu na of er eenig verband bestaat tusschen de herbevochtigingsfactor en den blijvenden krimp, dan blijkt zulks niet duidelijk te zijn. In onderstaande tabel zijn de gronden met een blijvenden krimp van meer dan 40 % onder elkaar gezet, met de daarbij behoorende herbevochtigingsfactoren en het gloeiverlies.

TABEL 3.

Nos.	Blijvende krimp in %	Herbevochtigingsfactor in %	Gloeiverlies in % van bij 104° gedr. gr.
251 A	41.2	45	64.8
257 A	40.3	45.1	50.3
254 B	47.7	36.5	13.7
140 A	57	24.2	25.4
333 A	48.7	27.5	16.5

Eenig verband is aanwezig, d.w.z. hoe hooger de blijvende krimp (volumeverlies), hoe lager de herbevochtingsfactor, maar het verband is grillig. De Nos. 254 B en 333 A met ongeveer gelijk blijvenden krimp (47.7 en 48.7) hebben belangrijk verschillende herbevochtigingsfactoren (36.5 en 27.5); ze hebben een verhouding in de gehalten aan gloeiverlies (13.7 en 16.5) van 100 : ± 120.

De Nos. 251 A en 259 met gelijk blijvenden krimp (41.2 en 40.3) en gelijke herbevochtigingsfactoren 45 en 45.1) hebben een even afwijkend gloeiverlies (64.8 en 50.3). De verhouding is 100 : 129.

Duidelijk blijkt de irreversibiliteit van deze gronden, die in dit geval mengsels zijn van veen en klei.

Daar zoowel de klei als het veen krimpverschijnselen geeft en omdat de zoo juist aangetoonde disharmonie in de betrekking van blijvenden krimp, herbevochtigingsfactor en gloeiverlies [7]) evident is, blijft er geen andere conclusie over dan dat èn klei èn organische stof irreversibiliteitsverschijnselen kunnen vertoonen en dat de grootheid daarvan van den aard van beide materialen afhangt. Dit is dan ook bij ons onderzoek juist gebleken. Wij komen daar in den loop van ons betoog op terug.

In afb. 2 geven wij een afbeelding van allerhand „bodemmateriaal", dat aan zoo'n proef is onderworpen en waaruit blijkt, hoe verschillend de krimp kan zijn. De slechtste van No. A 4 is die van baggerturf, het gevreesde materiaal voor de cultuur. Omdat dit onderwerp van irreversibiliteit op zichzelf staat, zullen wij het hier niet uitwerken en het voor een aparte behandeling elders reserveeren.

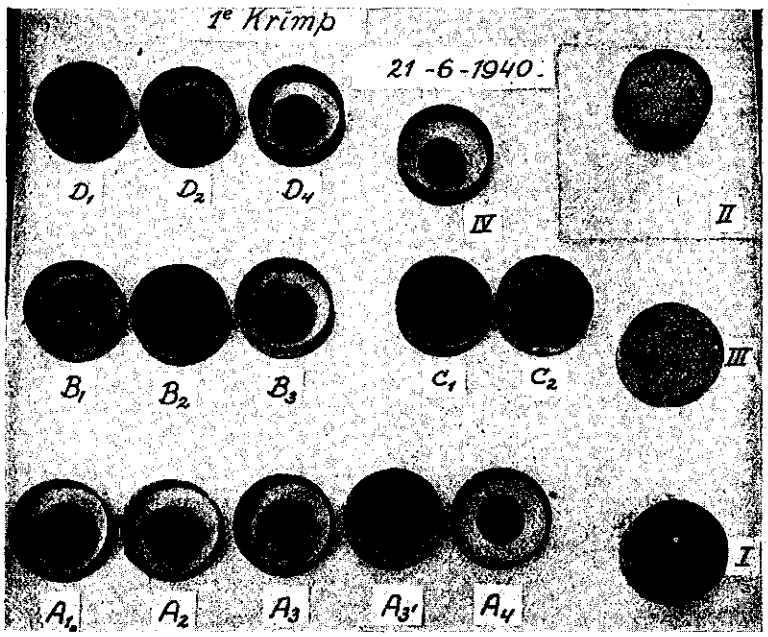
Een ander voorbeeld van de irreversibiliteit is den laboratoriumonderzoeker bekend. Hij toch heeft bij het indrogen van humusrijke zandgronden steeds te kampen met ontmenging. Daarom moet hij bij het afwegen voor analysen met vochtige monsters werken.

Dit verschijnsel van irreversibiliteit is niet het verschijnsel, dat wij stabiliteit willen noemen. Het is slechts een schijnbare stabiliteit, omdat het vanzelf spreekt, dat wanneer een materiaal niet meer te bevochtigen is, het zich aan elke reactie onttrekt.

[7]) De gloeiverlies-bepaling heeft voor dit onderzoek een voorkeur, omdat zij *ook* een indruk geeft van de hygroscopiciteit (waterverlies der kolloiden) van de klei naast de verbranding van het organisch materiaal.

Stabiel noemen wij een organische stof, die het vermogen van water opnemen en afstaan niet heeft verloren en niettemin aan alle biologische aanvallen het hoofd biedt. En zulke stoffen bestaan!

Wij zijn hier aan het kardinale punt gekomen, dat ons het meeste belang inboezemt. Wanneer men den ouden veenkolonialen grond beschouwt, die b.v. 30 % organische massa bevat en die een mengsel is van zand met ingedroogd irreversibel materiaal tegelijk met reversibel materiaal, komt men tot merkwaardige conclusies.



Afbeelding 2

In de eerste plaats weet de landbouwer, die zoo'n grond bewerkt, dat het gehalte aan organisch materiaal niet afneemt. Hij zal zich wel wachten veen uit den ondergrond op te ploegen, wetende, dat de ontginners van 100 en meer jaren geleden (300-jarige grond is geen uitzondering), het met de kwaliteit van het veen niet zoo nauw namen en veel „mot" op het zetveld lieten liggen en daar heeft hij als goed landbouwer terecht vrees voor

In cijfers kan men deze constantheid bewijzen aan de ervaring opgedaan op het oude proefveld van *A. G. Mulder* te Sappemeer [8]).

Daar zijn diverse perceelen op een ouden veenkolonialen grond met ± 30 % gloeiverlies, sedert 1880, op diverse doch dezelfde wijze bemest; en wel zoo verschillend, dat ook de opbrengsten uiteenloopen van een volledige opbrengst naar een misoogst. De gloeiverlies-bepalingen zijn in de laatste 40 jaren, sedert welke wij betrouwbare gegevens hebben, op elk veldje constant gebleven. Noch op de stalmestveldjes, noch op diegene, welke kunstmestzouten ontvangen, is stijging of daling van het gloeiverlies waargenomen.

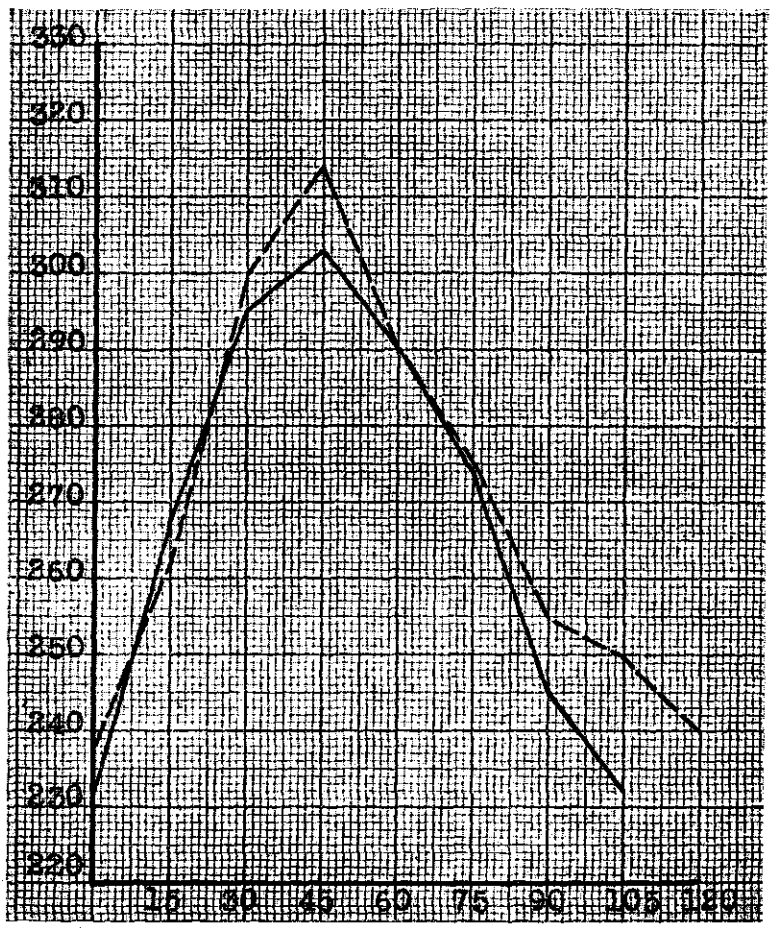
Op een ander veld, dat practisch zuiver kwartszand bevatte, heb-

[8]) Verslagen van de Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations No. XXII, 1918, blz. 127—170.

ben wij 12 jaar achter elkaar verschillende bemestingen toegepast, waaronder doorloopend zwaar met stalmest en herhaaldelijk met stevige groenbemestingen werd gewerkt. Ook hier bleef het gloeiverlies van begin tot einde constant op 0.8 %.

Nu is bij de waarnemingen op de oude veenkoloniale gronden er een serie verricht, die voor ons probleem hoogst gewichtig is. Wij hebben herhaaldelijk waargenomen, dat op deze gronden bij een behandeling met stedelijk vuil, waaronder slachterij-afval en zelfs lijken van kleine huisdieren, dit materiaal zeer snel verteert. Het merkwaardigst daarbij is, dat geheele lijken in korten tijd verdwijnen, *doch dat het gehalte aan organische stof niet verandert.*

De verklaring van dit wonderbaarlijk feit is herhaaldelijk gezocht in de aanname, dat een toevoeging van dit snelle rottende



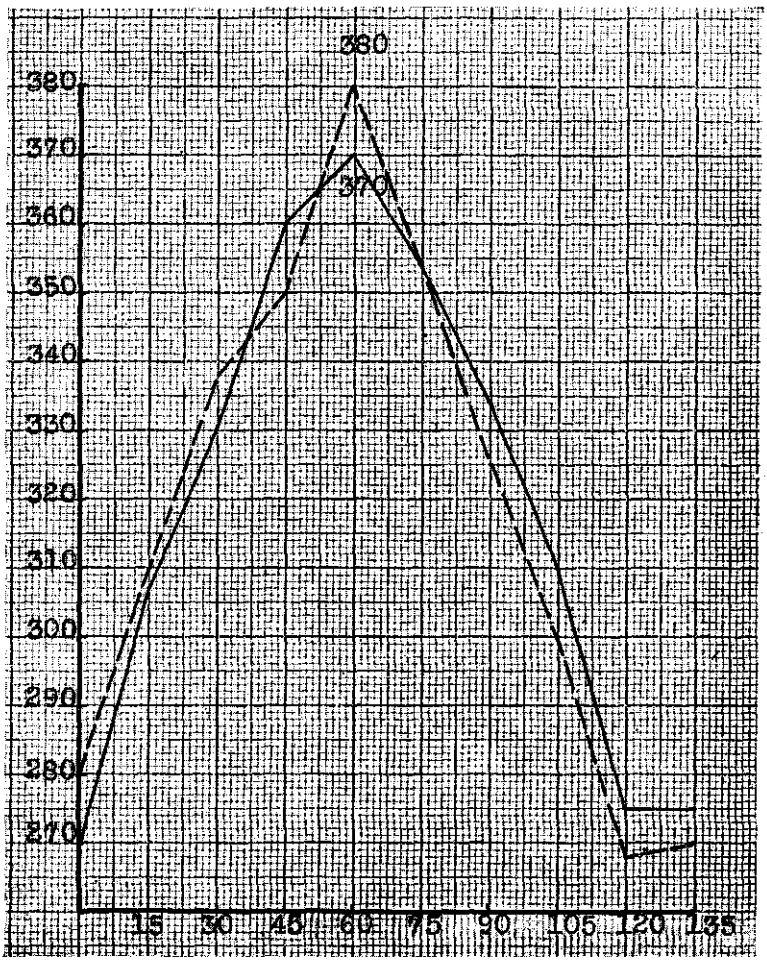
Figuur 1

materiaal evenveel „humus" zou doen ontstaan als doen verdwijnen. *Deze* verklaring is natuurlijk onaanvaardbaar, want hetzelfde neemt men waar bij ruim en gering gebruik van afval bij gronden met hoog en laag gehalte.

In de nieuwe veenkoloniën op maagdelijken grond wordt wel

degelijk veenmateriaal verteerd onder invloed van slachterij-afval, maar het is belangrijk te ervaren, dat nieuwe gronden, die een paar malen met stedelijken compost zijn behandeld in den loop van een jaar of 5, veel eerder in rust komen, d.w.z. dat op deze gronden het naar boven ploegen van versch veen al zeer spoedig niet meer noodig is.

Zulke gronden krijgen een geheel ander aanzien, zij worden donkerder van kleur en wanneer men ze microscopisch beziet, blijkt, dat zand en organische stof zich inniger mengen en dat de fijnere zandkorrels omhuld worden door een laagje organische stof. Zulke gronden zijn ook veel zekerder in het bedrijf. Dit weet elke land-



Figuur 2

bouwer en hij koopt indien mogelijk „compost" aan. Nog sterker ervaart men dit op de heide-ontginningen.

Het schijnt, dat de behandeling met stadscompost de organische stoffen stabiliseert. *In elk geval staat vast, dat er „humuszand-gronden" zijn, die een humusstof bevatten, die biologisch zelfs in het sterk rottende milieu van een rottend lijk, onaantastbaar zijn.*

Keeren wij terug naar den oud-veenkolonialen grond, dan moeten wij trachten te bewijzen, dat deze behalve de irreversibele ingedroogde organische stof ook een materiaal bevat, dat water kan opnemen en weer afstaan, na uitdrogen zich ermede kan verzadigen tot het oorspronkelijke gehalte, d.w.z. zwelt en krimpt zonder van dit vermogen in te boeten en zonder dat biologische invloeden het materiaal kunnen aantasten. Eerst wanneer wij dit weten, kunnen wij over „stabielen humus" spreken. Het bewijs is gemakkelijk te leveren, eendeels door zwel- en krimpproeven te nemen, anderdeels door organisch materiaal van velerlei soort in een dusdanigen grond te begraven en het vergaan er van te vervolgen, tegelijk met gloeiverlies-bepalingen. De zwel- en krimpproeven zijn kort aangegeven in een ouder onderzoek, waaruit wij hier een tweetal voorbeelden geven (fig. 1 en 2) [9]).

Droge grond wordt in een glazen maatcylinder gevuld, terwijl men hem onder zacht kloppen tot constant volume laat bezakken. Daarna wordt afgelezen, de cylinder geledigd en opnieuw een weinig vocht ingemengd en wederom onder die voorwaarden in den maatcylinder gebracht. Weer uitgenomen enz., tot het collapspunt of de vloeigrens is bereikt. Men krijgt dan de figuren van de gedaante als aangegeven is. Zij zijn reproduceerbaar en veranderen niet door indrogen.

Irreversibele organische stof geeft een geheel ander beeld, omdat de bevochtigingsduur zeer groot is. Voor elke nieuwe vochtinmenging moet men dagen wachten tot de zwakke zwelling is afgeloopen. Bij de oude gronden is de zwelling spontaan, evenals de krimp na een zeker optimum, wat typisch is voor het mengsel zand en organische stof.

Wat het tweede bewijs aangaat, dit is even eenvoudig. Een stel zinken vakken van 25 × 25 cm doorsnede en 50 cm hoog werden ingegraven en met grond ingevuld. Gloeiverlies was 12.6 %.

In de diverse vakken werden bijmengsels gevoegd met een hoeveelheid organische stof, die het gehalte aan gloeiverlies op 14.1 % bracht. Onderzocht werden stroo, dor blad van haver, stalmest, uitgezochte stadscompost, caseïne, cellulose, (fijngemaakt filtreerpapier, watten), een mengsel van stalmest en cellulose, caseïne en cellulose, hoornmeel, bloed en gemalen grondnotenkoek.

Alle vakken werden eenmaal begoten met een extract van grond en stalmest. Wij vonden na een jaar op alle vakken het oorspronkelijk gloeiverlies van 12.6 % terug. Alleen bij het hoornmeel vonden wij 13.8 %. Het snelst verdween het fijngemaakte filtreerpapier en nog sneller ging dit, wanneer er een weinig stalmest aan werd toegevoegd.

Stroo blijft tamelijk lang bestaan, wanneer men verzuimt den grond om te werken. Want dit laatste moet gebeuren; de grondmoet goed geaereerd worden. Doet men dit niet, dan faalt de proef.

Een tweede eisch voor het welslagen is, dat men de materialen *fijn* moet maken en goed door den grond verdeelen; ophoopingen mogen niet voorkomen. Wij kozen dezen opzet van de proef, omdat, wanneer men b.v. kleinere hoeveelheden grond in kleine bakjes mengt en bij hoogere temperatuur, b.v. 30°, in een thermostaat

[9]) De oorzaken van de vruchtbaarheidsafname van sommige gronden in de Groninger en Drentsche veenkoloniën. *B. Sjollema* en *J. Hudig*. Verslagen der Landb. Onderz. der R.L.P.S., 1907, deel V.

wegzet, men niet doet, wat in de natuur geschiedt, nl. vlotte verplaatsing der reactieproducten door den regen. In de bakjes, geplaatst in den thermostaat, is men aangewezen op diffusie reacties, dus zeer langzame verplaatsing der reactie-producten, en dan krijgt men een geheel verkeerden indruk.

Dat er dus „stabiele humus" bestaat, behoeft niet betwijfeld te worden. De vragen, die nu aan de orde komen, zijn deze: wat doet de humus in den grond, hoe ontstaat hij en hoe is het mogelijk, dat hij stabiel blijft?

Wat hij doet is tamelijk eenvoudig te beantwoorden; deze kwestie was zelfs het uitgangspunt van ons onderzoek. Immers wij redeneerden:

„indien de stabiele humus het product is, dat onze gronden met „een min of meer aanzienlijk gehalte aan fijne fracties, de goede structuur bezorgt en daardoor het vermogen geeft om voor droge perioden veel water op te bergen, dan wordt het tijd na te gaan of deze stoffen, die de natuur langs eigenaardige omwegen maakt, niet langs eenvoudiger weg fabriekmatig kunnen worden verkregen."

In dezen gedachtengang is reeds de vraag, wat de „stabiele" humus" in den grond doet, beantwoord. Wij kennen nl. daaraan in de eerste plaats het vermogen toe om disperse klei uit te vlokken en het fijne materiaal tot groote aggregraten op te bouwen, die het element zijn voor de goede structuur. Deze werking wordt in alle handboeken (ook in de oudste!) als de humuswerking aangegeven.

Nu weten wij, dat voor een sterk aggregreerende werking het materiaal uiterst dispers moet zijn, omdat het fijne materiaal, dat klei is, slechts zijn toestand van peptisatie kan verliezen door stoffen, die in moleculairen of sterk dispersen toestand verkeeren, daar de uitvlokking een oppervlaktewerking is, waarbij de grenslaagpotentiaalsprong wordt verlaagd. De stabiele humus moet dus een structuur bezitten met actieve, positieve plekken, die deze uitvlokking tot stand brengt. Wanneer deze bijzondere stof èn uitvlokkend werkt op het kleicolloid èn weerstand biedt aan microbiologische aanvallen, heeft zij nog weer andere eigenschappen dan een humaat alleen, zooals *Sven Oden* dat chemisch en colloidchemisch heeft verklaard.

Men kan dan verwachten, dat klei-humus een mengcolloïd is, gevormd uit de negatieve klei en uit positief geladen bestanddeelen van het humus-molecuul en wel een mengcolloid, waarbij de actieve plekken van het organische deel zijn geblokkeerd („gesperrt" volgens *Wiegner*).

Het is noodig een denkbeeld te vormen van het proces van het ontstaan van stabielen humus om een hypothese te kunnen opstellen, die ons bij dit netelige vraagstuk van wat humus eigenlijk is, verder kan brengen. De hier gegeven voorstelling heeft veel waarschijnlijks en daarom willen wij gaarne dezen gedachtengang vervolgen.

Een oud onderzoek van *Sjollema* en *Hudig* [10]) geeft alle aanleiding daartoe. Zij vonden toch, dat bij het verzadigen van de organische stof met Ca op den duur in den bouwgrond reeds verschillen optraden in de humuscomplexen, die chemisch duidelijk aantoonbaar zijn. Hun aandacht viel niet op het organische deel der humuslichamen, maar op het anorganische en bepaaldelijk op het

[10]) l.c.

SiO_2, Fe_2O_3 en Al_2O_3-gehalte van de in NH_3 oplosbare organische stof. Zij vonden een groot verschil in organisch gebonden SiO_2, Fe en Al en in de beweeglijkheid daarvan, ook door behandeling van een grond, die zeer rijk is aan stabielen humus. Ze vonden den grond beter daardoor gekarakteriseerd dan door het gehalte aan adsorbtief gebonden Na, K, Mg of Ca.

In die dagen (1907) sprak men nog van silico-humaten of humaat-silicaat-complexen in navolging van *van Bemmelen* [11]). Ook wij vonden, dat, naarmate de organische stoffen langer in den bodem verkeeren (sinds de ontginning uit veen en zand), deze steeds rijker worden aan organisch gebonden SiO_2. Soms ook aan Fe en Al. Gehalten van onderdeelen van procenten aan SiO_2 in de versche sphagnum-veenmassa, kunnen in den veenkolonialen grond tot 10 % en hooger gaan. Opmerkelijk is nu, dat het Fe en Al in organische binding gemakkelijker in oplossing gaat in 5 %-ig NH_3 dan het SiO_2 en dat wanneer men deze oplossing weer met HCl uitvlokt, in het uitgevlokte materiaal meer Fe en Al aanwezig zijn dan in de oplossing, terwijl het SiO_2 zich vrijwel gelijkmatig daarin verdeelt. Uit onderstaande cijfers wordt dit duidelijk [12]).

	in oplossing gebleven	uitgevlokt met HCl	alles uitgedrukt in % van de in oplossing gegane org. stof
SiO_2	0.66	0.59	
Fe_2O_3	0.43	2.07	
Al_2O_3		1.94	

Het opmerkelijke is, dat de Ca-rijke veenkoloniale gronden steeds minder org. gebonden SiO_2 bevatten dan de Ca-armere. Het ijzer is in Ca-rijke gronden beweeglijker dan in Ca-armere. Waarom de aandacht op de sesquioxyden en het kiezelzuur moest vallen, was destijds niet duidelijk. Sedert de ontwikkeling der kennis van de uitwisselingsreacties, begrijpen wij dit veel beter. Immers in de kationenbezetting van een adsorbtief oppervlak kan elke willekeurige samenstelling waargenomen worden. Die zegt niets omtrent den bouw van het complex; zij geeft slechts den omvang van het actieve oppervlak aan. Het gehalte aan kiezelzuur en sesquioxyden heeft blijkbaar aandeel in de structuur van het humusaggregraat. Dat een bepaalde verhouding invloed heeft, blijkt niet uit de cijfers. Dit zal later blijken wanneer wij den kunstmatigen stabielen humus bespreken. Men kan verwachten, dat zij dus ook een rol spelen bij het ontstaan van stabielen humus. Stabiele humus is dan een mengcolloid van organisch en anorganisch materiaal en in dit stelsel zal het SiO_2-Al_2O_3 zelf weer een belangrijke taak moeten hebben, want het zijn deze colloiden en hun mengsels, die men in de bodemkunde fundamenteele beteekenis ziet verkrijgen.

Wij behoeven slechts de namen van *v. Bemmelen, Gedroiz, Wiegner* en *Matson* te noemen om dit te begrijpen. Daardoor wordt aannemelijk, dat bij stabielen humus het Fe, Al of Si bepaalde actieve plaatsen kunnen blokkeeren, waardoor het materiaal onaantastbaar wordt voor biologische oxydatie.

[11]) Land. Vers. St. *35*, 109 en *37*, 365.
[12]) Ontleend aan *Sjollema* en *Hudig*, l.c.

Intusschen is dit nog voorloopig niets anders dan veronderstelling, doch er zijn gewichtige argumenten om de aanname meer dan een veronderstelling te maken. Overal in den grond zijn kiezelzuur en sesquioxyden in omloop. Men vindt bijna altijd in disperse humusverbindingen Fe en Al. Soms overweegt dit laatste belangrijk. Wij vonden bij Heelsum zeer disperse heide-humus met een gehalte van 8.3 % Al_2O_3 en slechts 2.9 % Fe_2O_3 en 0.8 % SiO_2, wat een exceptie is, omdat in beweeglijken heide-humus het sesquioxydegehalte gewoonlijk niet boven de 3 % gaat. Het was dan ook een stof van zeer eigenaardige eigenschappen, nl. een, die ongehoorde hoeveelheden PO_4 wist vast te leggen en in dit opzicht een vijand is van intensieve cultuur [13]). En ook dit materiaal bleek tegenover biologische invloeden uiterst resistent te zijn. Het inbrengen van bloedmeel, grondnotenkoek en stalmest had niet den geringsten invloed op het vergaan van dezen „humus". Wij vonden bij soortgelijke proeven als vermeld is, geen afname van het gloeiverlies. Bij deze stof is het hooge gehalte aan het lyophiele Al (organisch gebonden) in het oogloopend.

Dat men in de ontginningen het snelst en het zekerst den grond als plantenproductor stabiliseert met *stadscompost,* en niet met stalmest of groenen mest, wijst er op, dat de compost bij de biologische mineralisatie juist veel Fe, Al en Si in omloop brengt. En dit kan met een proef bevestigd worden, zooals boven al werd aangegeven.

Hier raken wij aan een belangrijk punt, waarop voor zoover de schrijvers van dit artikel hebben kunnen nagaan, nog veel te weinig aandacht is gevestigd. *Elk* organisch materiaal in den grond gebracht, levert de metaalelementen in den vorm van bicarbonaten, sulfaten en nitraten naast eenige chloriden en fosfaten, waarvan de bestaanbaarheid in de oplossing afhangt van de $CO_2 : H_2O$ evenwichten eenerzijds en de kationen- en anionenverhoudingen anderzijds. Het hangt van de anorganische samenstelling van het organisch materiaal af, welke ionen in oplossing zullen gaan. Na, NH_4 en K zullen in oplossing blijven; van Mg en Ca is het onzeker. Zij kunnen als carbonaten of fosfaten neerslaan. IJzer en Aluminium worden meestal als hydroxyden neergeslagen en het kiezelzuur als colloidaal SiO_2-.....

De anionenbuffer levert derhalve kationen en kan daardoor aanleiding geven tot remineralisaties, o.a. van sesquioxyden-kiezelzuurverbindingen. Door een laboratoriumproef kan men dit aantoonen.

Men oxydeert een humusgrond in suspensie met H_2O_2, waarbij men uiterst fijn materiaal achterhoudt, dat door slibben van het zand kan worden geïsoleerd. Wij vonden, dat dit materiaal uitwisselings-adsorbtie vertoont en in ons geval bij materiaal, op die wijze uit zandgrond, afkomstig uit Boxtel, geïsoleerd, een uitwisselingscapaciteit per gr droge stof van 0.43 m.aeq. (bepaald met Ca-acetaat van pH 6.5).

Bij volledige vertering van organisch materiaal komen anorganische lichamen te voorschijn, die wellicht overeenkomst hebben met kleimineralen. Het voorkomen van de uiterst fijne fractie in som-

---

[13]) *de Vries* en *Hetterschy* vonden in heidegrond vaak een zeer hoog vastleggend vermogen voor PO_4.

mige onzer grove diluviale gronden, schrijven wij toe aan het verbranden langs biologischen weg van organisch afval. Daarom komen er gronden voor in het Nederlandsche zandgebied met zelfs 12 % van dit fijne anorganische „slib", welke ondanks dit hooge gehalte zandgronden zijn in landbouwkundigen zin. Zij laten water onmiddellijk door, vallen in drogen toestand tamelijk gemakkelijk uitéén, zij zijn dus gemakkelijk bewerkbaar.

Hier ontbreekt de fractie tusschen 5 μ en 20 μ practisch geheel.

Het door remineralisatie gevormde SiO_2-Al_2O_3-complex hebben wij overal ontmoet, waar organisch materiaal is vergaan.

Dat men met het stadsafval, dat rijk is aan Ca, SiO_2, Al en Fe, dus in de praktijk snel stabiliseert en niet met de Ca en SiO_2 en Al-arme stofwisselproducten als stalmest en groenen mest, is begrijpelijk. Hier is dus het organisch materiaal niet meer enkel het voedsel voor den anionenbuffer, maar ook voor den kationenbuffer en zelfs voor het gebied, dat wij met minerale reserve hebben aangeduid.

Een belangrijke aanwijzing voor de bruikbaarheid van de werkstelling leverde een proef, die wij ondernamen met aschvrijen „humus" en wel de suikerhumus-producten, die men met sterk HCl uit suiker bereidt. De beste onderzoekingen over deze het eerst door *Malagutti* bereidde stoffen zijn door *Berthelot* en *André* verricht [14]). Wij kunnen daarnaar verwijzen, doch wenschen hier te noemen enkele proeven met zand-suikerhumus, die o.a. in *van Bemmelen's* gedenkboek zijn beschreven [15]). Zij beoogen de reactie van dit asch-vrije materiaal na te gaan op de cultuur en de gedragingen in het zand waarmede ze gemengd waren. Wij bereidden toen de mengsels met 2½ en 5 % van dat materiaal. Na 5 jaren cultuur werden de gloeiverliezen bepaald en vonden wij de volgende cijfers:

TABEL 4.

		Oorspr. toegevoegd	Toevoeging	Gloeiverlies % na 5 jaar
Serie I	No. 1	2½ %	geen	0.8
	„ 2	5 „	„	1.7
	„ 3	2½ „	„	0.7
	„ 4	5 „	„	1.5
	„ 5	2½ „	„	0.6
	„ 6	5 „	„	1.9
	„ 7	2½ „	+ 3 gr krijt + 1½ gr soda	0.9
	„ 8	5 „	„	2.05
	„ 9	2½ „	„	0.8
	„ 10	5 „	„	2.01
Serie II	No. 1	2½ „	geen	0.7
	„ 2	5 „	„	1.6
	„ 3	2½ „	+ 5 gr krijt	0.9
	„ 4	5 „	„	2.15
	„ 5	2½ „	„ + 0.7 gr soda	0.8
	„ 6	5 „	„ + 1.4 „	1.5
	„ 7	2½ „	„ + 5.42 „ Al sulf. 18 aq. + 3 gr Na_2SiO_3	1.9
	„ 8	5 „	„ + 10.84 „ „ „ „ + 6 „ „	4.—
	„ 9	2½ „	„ + 8.15 „ „ „ „ + 4.5 „ „	2.—
	„ 10	5 „	„ + 16.24 „ „ „ „ + 9 „ „	4.05

[14]) In hun Chimie Végétale deel IV beschreven (blz. 120 e.v.).
[15]) Gedenkboek aangeboden aan *J. M. van Bemmelen*. 1910.

De aschvrije suikerhumus is na een 5-jarige cultuur voor 75 à 70 % verdwenen, waar krijt of soda of samen toegevoegd waren, maar waar Al-sulfaat en waterglas waren gegeven, verdween veel minder, nl. 20 à 25 %. Dit is de eerste proef, die op den invloed van kiezelzuur en Aluminium bij het stabilisatieproces wijst.

Jammer genoeg werd in den tijd, dat wij deze proeven namen, de aandacht van dit onderwerp afgeleid en kregen ze eerst de laatste jaren beteekenis. Nu blijft, alvorens wij het onderzoek over de bereiding van stabiele humusstoffen kunnen bespreken, nog een punt over, dat alle aandacht verdient.

De vraag rijst, of bij het proces van stabiliseeren volgens de boven aangevoerde denkbeelden de zuurstof dan geen rol speelt. Er schijnt een tegenspraak in de voorstellingen te zijn. Immers, in den geaereerden grond verdwijnt alle organische stof quantitatief juist door oxydatie. Waarom, zoo vraagt men zich af, zouden de hydroxyden van Fe en Al en het colloidale SiO_2 deze oxydatie verhinderen en de organische stof laten bestaan?

Daarvoor waren, toen wij begonnen zijn, verschillende argumenten aan te voeren, over welker juistheid in Hoofdst. II zal worden gediscuteerd. Wij willen te dezer plaatse slechts wijzen op het volkomen gerechtigde van die vraag, die natuurlijk als antwoord de opmerking ten gevolge heeft, dat natuurlijk de zuurstof een groote rol zal spelen, doch dat er in dit geval slechts een gedeeltelijke oxydatie behoeft plaats te hebben en niet een totale, die CO_2 en H_2O levert. Overigens moeten wij er aan denken, dat het uitgangsmateriaal „sphagnumveen" reeds een gedeeltelijk humusproduct is en geen versch materiaal, zooals stalmest of compost. Zoo gezien, zou dan organische stof van de compost moeten verbranden en minerale resten leveren, die op de minder snel oxydeerende veenhumus zullen inwerken en deze dan stabiliseeren.

Doch laten wij den gedachtengang vervolgen, waartoe onze eerste proeven ons brachten om tenslotte tot het idee te komen, dat het mogelijk moest zijn, stabiele humusstoffen te maken.

Wanneer men een ouden grond, van vóór 300 jaar b.v., uit sphagnumveen en zand bereid en sinds dien overvloedig met stadsafval bemest, niet met kalk alkalisch laat worden, blijkt deze een hooger percentage aan in verdunde NH_3 oplosbare organische stoffen te bevatten dan een dergelijke grond, die zooveel kalk heeft ontvangen, dat de pH der suspensie boven 6.5 komt te liggen.

Dit is op zich zelf duidelijk door het feit, dat de organische stof het Ca-ion gretig inwisselt en dan een moeilijk oplosbaar materiaal geeft. Behandelt men beide gronden vooraf met verdund HCl, zoodat alle geadsorbeerde kalk en geadsorbeerde kationen worden verwijderd, waardoor dus een H-complex ontstaat, dan vindt men dezelfde oplosbaarheidscijfers na behandeling met verdunde NH_3.

Evenwel is de minerale samenstelling van het in oplossing gekomen materiaal verschillend. Wij vinden meer SiO_2, iets meer Fe_2O_3 en Al_2O_3 in den nimmer alcalisch geworden grond en wat de organische stof betreft, deze behoeft om met $KMnO_4$ geoxydeerd te worden meer permanganaat dan die, welke overkalkt is geweest.

Ook bij de elementair analyse blijkt, dat de organische stof van kalkrijken oorsprong zuurstofrijker is geworden. Zij is dus verder geoxydeerd; men vindt in den regel bij de kalkrijke gronden iets lager C : O-verhouding.

Wanneer men een veenkolonialen humusgrond alcalisch maakt, neemt deze gretig zuurstof op. Deze auto-oxydatie is dan even snel als die van pyrogallol, zoodat men in het humuscomplex een chinonkern zou kunnen vermoeden. Dit verschijnsel van auto-oxydatie is door *Sjollema* en *Hudig* onderzocht en vergeleken met hetzelfde verschijnsel bij de uit suiker kunstmatig bereide aschvrije condensatie-complexen, die humuseigenschappen hebben.

Zij vonden, dat Fe een zuurstofdrager is, en dat Mn nog veel intensiever werkt. De oxydatie kan dan zoo hevig werken, dat tamelijk veel CO_2 afgesplitst wordt, zoodat men den indruk krijgt, dat de stof verbrandt. De oxydatie is het snelst, wanneer men met de basen van eenwaardige metalen werkt, bv. Li, Na, K of met NH_4.

De met $Ca(OH)_2$ of MgO alcalisch gemaakte humusstoffen nemen de zuurstof langzamer op. Het merkwaardige van deze proeven was, dat wij bij de oxydatieproeven waarnamen, dat de organische complexen zwaarder werden, dus meer O_2 opnamen dan CO_2 werd afgestaan.

Onder deze eenvoudige omstandigheden is het ons niet gelukt een koolzuur-zuurstofbalans op te stellen. Hoewel het eenvoudig lijkt in de adsorbtie-vaten de zuurstofopname naast de CO_2-productie vast te stellen, is de bepaling van het vrijgekomen CO_2 in de alkalische massa van humusachtige lichamen met ander organisch afval gemengd analytisch niet gemakkelijk te beheerschen.

Het is ook niet noodig, omdat wij in een volgend hoofdstuk zullen zien, dat de wijze van oxydatie van de organische stoffen, waaruit stabiele humus kan worden bereid, afhangt van de basen: H-verhouding, dus van de pH van het medium. En dat bij het goed leiden van dit proces, de stof *niet* in gewicht afneemt (eerder iets toeneemt!) en uiteindelijk geen O_2 meer opneemt of CO_2 afstaat. De oxydatie loopt dan dood. Dit is een experimenteele bevestiging van de aanname der „stabiliteit" en het verklaart het feit, dat de met kalk alcalisch gemaakte veenkoloniale gronden hun organische stof door oxydatie niet verliezen. Ook hier loopt dus de oxydatie dood.

Wanneer wij dus hoe langer hoe meer het begrip „stabiele humus" waarschijnlijkheid zien verkrijgen, moet natuurlijk duidelijk vastgesteld worden, dat met dit begrip niet bedoeld is, dat deze humus onder alle omstandigheden stabiel is, dus niet vernietigd kan worden. Bedoeld is slechts, dat stabiele humus in den grond gebracht onder normale omstandigheden er in blijft bestaan. Met $KMnO_4$, zoowel in zuur als alcalisch milieu, kan stabiele humus vernietigd worden, ook met andere oxydatie-middelen als $K_2Cr_2O_7$ of H_2O_2. De methoden der humusbepaling door natte verbranding berusten immers daarop.

Bij de behandeling van diverse gronden met H_2O_2 is het mogelijk een ervaring op te doen, die eenig inzicht geeft in de samenstelling van „stabielen humus". Wij hebben nl. diverse gronden, die naar onze opvatting zulken humus bevatten bij kamertemperatuur gedurende enkele uren met een oplossing van H_2O_2 30 %, geschud. Daarna wordt nagegaan, hoeveel N in den vorm van NH_3 vrijkomt.

Het blijkt ons, dat men op deze wijze, zonder de organische stof belangrijk af te breken, bijna alle *N* vrij kan maken in den vorm

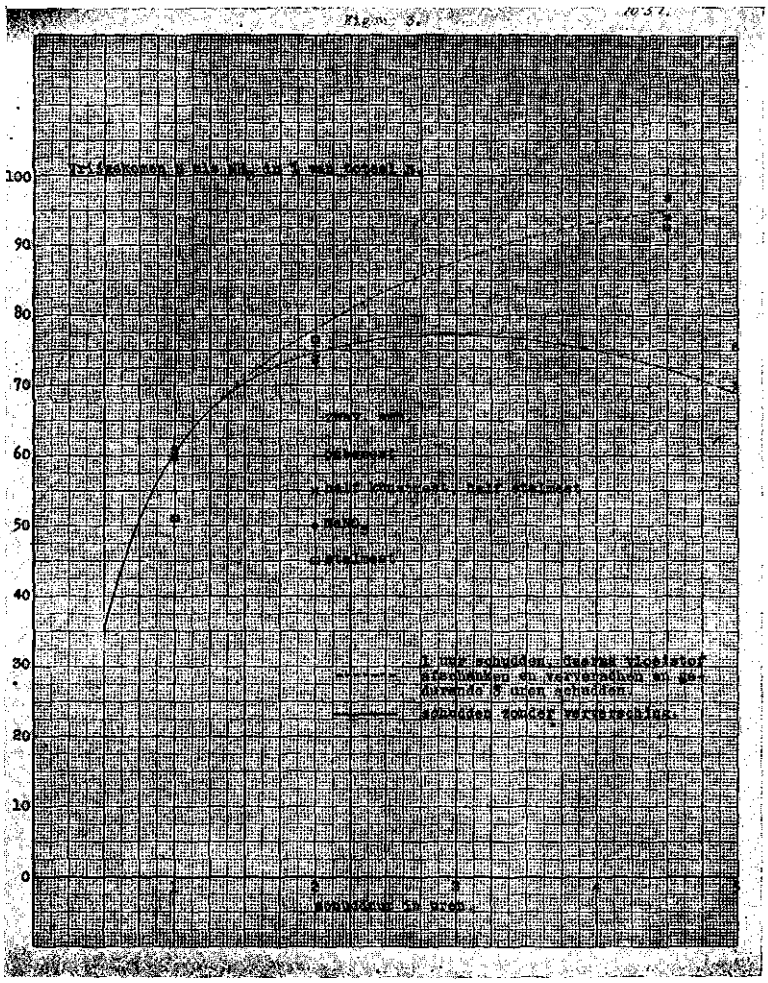
van NH_3. De gang van die oxydatie is buitengewoon merkwaardig en wordt in een aantal figuren aangegeven.

Bij die bepaling is uitgegaan van 1 gram organische stof, waarvoor op basis van het gloeiverlies becijferd is, hoeveel grond men af te wegen heeft. Deze wordt met 50 cc H_2O_2 van 30 % overgoten, waaraan 15 cc N/10 H_2SO_4 is toegevoegd. Nu schudt men in de schudmachine gedurende 1 of meer uren en filtreert. Steeds wordt de grond vooraf met N/10 HCl uitgewasschen om uit te kunnen gaan van het H-complex, waardoor de invloed der kationenbezetting werd uitgeschakeld. Doet men dit niet en laat men diverse ionen aanwezig zijn, dan krijgt men verschillende resultaten.

Bepaald wordt:

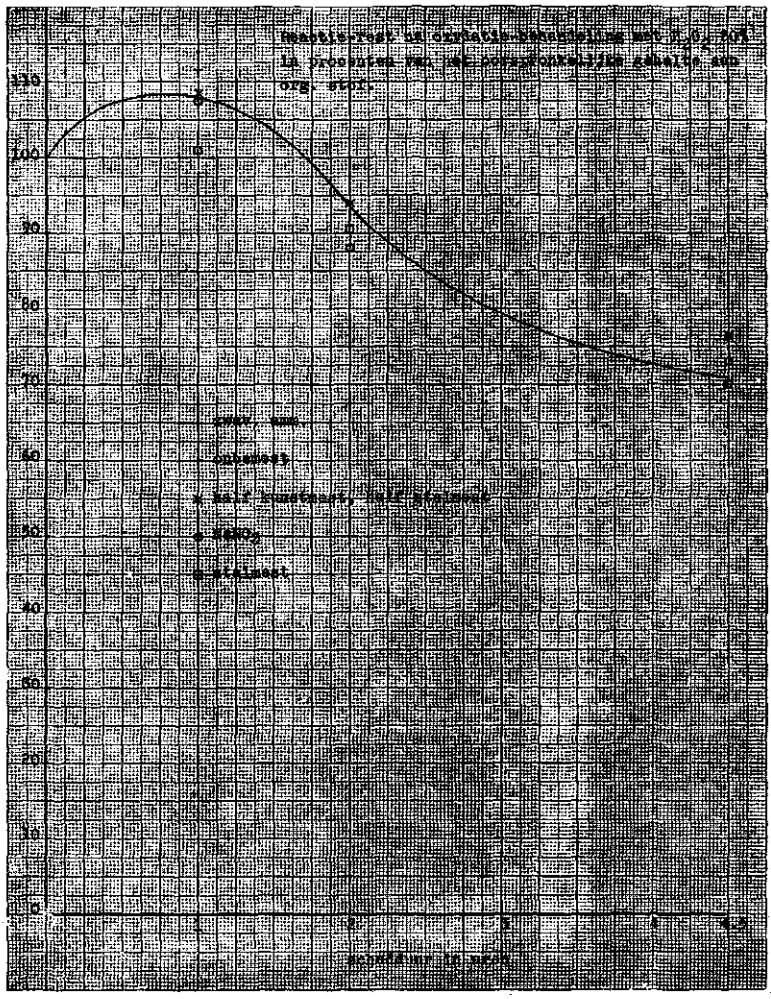
a. N in grond (Kjeldahl).
b. N in oplossing (destillatie met MgO).
c. gewicht achtergebleven grond (droog bij 104°).

Omdat men den grond met N/20 HCl vooraf in een H-grond heeft omgezet, dus van alle geadsorbeerde basen heeft bevrijd, kan men een N-balans opmaken.



Figuur 3

Fig. 3 geeft het verband weer tusschen schudduur en vrijgekomen N. Het blijkt, dat wanneer men 5 uur schudt, er minder N vrijkomt, dan wanneer men 2 uur schudt en wel 70 % tegenover 75 %.



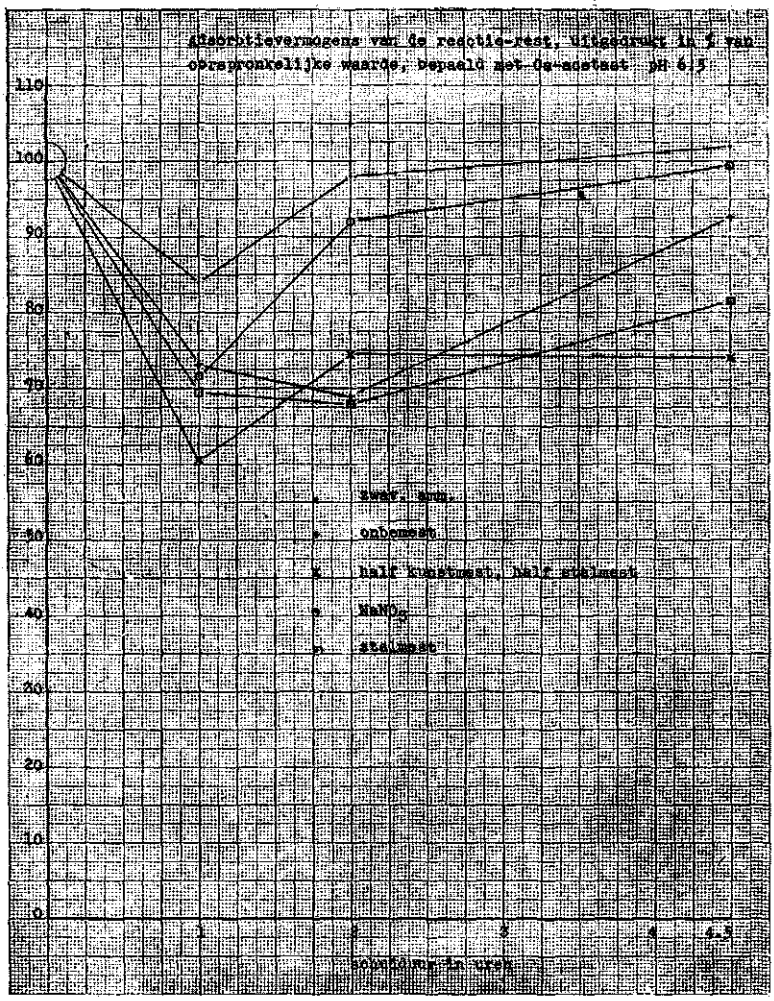
Figuur 4

Er wordt dus bij het oxydatieproces weer een weinig N vastgelegd (NH_3-oxydatie tot NO_3 of tot N is uitgesloten). Ververscht men de hoeveelheid H_2O_2 of m.a.w. verwijdert men de reactieproducten, dan wordt 95 % van de N vrijgemaakt.

De curven zijn samengesteld uit de resultaten verkregen van de grondmonsters der diverse veldjes van het oude proefveld van *A. G. Mulder,* die resp. vanaf 1881/1882 continu op dezelfde wijze behandeld waren, nl.:

1. grondbemesting van K, P en N steeds als $(NH_4)_2SO_4$.
2. „ „ „ „ „ „ „ „ Chilisalpeter.
3. stalmest.
4. half stalmest, half kunstmest als 2.
5. onbemest.

Wij zien een zeer gering verschil door die behandelingen en voor zoover ze bestaan, behoeft er hier niet over gediscuteerd te worden.



Figuur 5

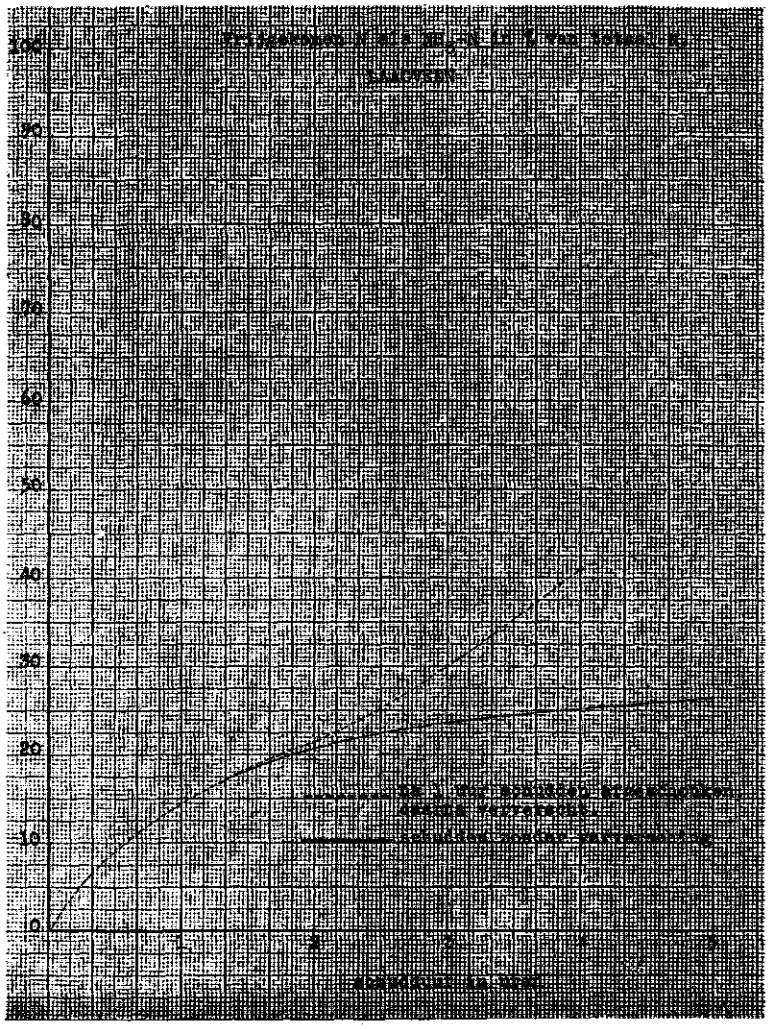
Ziet men in Fig. 4 wat overblijft na de oxydatiepoging, dan blijkt, dat aanvankelijk de organische stof zuurstof opneemt onder gewichtstoename. Na 1 uur schudden treedt verbranding op tot tenslotte 30 % van de organische stof is verdwenen. Bepaalt men het adsorptievermogen van de oxydatierest, dan krijgt men

Fig. 5 en ziet men, dat hier de geschiedenis der perceelen invloed heeft gehad, maar dat in beginsel de adsorptie-capaciteit (pH 6.5 met Ca-acetaat bepaald) lijdt, om zich later weer min of meer normaal te herstellen. Interessant is nu wanneer men een *laagveen* grond onderzoekt, die in gras ligt.

Fig. 6 geeft dit weer. Deze grond wordt na 5 uur schudden met H_2O_2 tot op 45 % van de oorspronkelijke hoeveelheid organi-

sche stof verbrand. Evenwel is dan nog maar 26 % van de N vrijgekomen (Fig. 7).

De loop van het adsorptievermogen is in Fig. 8 weergegeven. De rest van 45 % org. materiaal heeft dan aan adsorptievermogen



Figuur 6

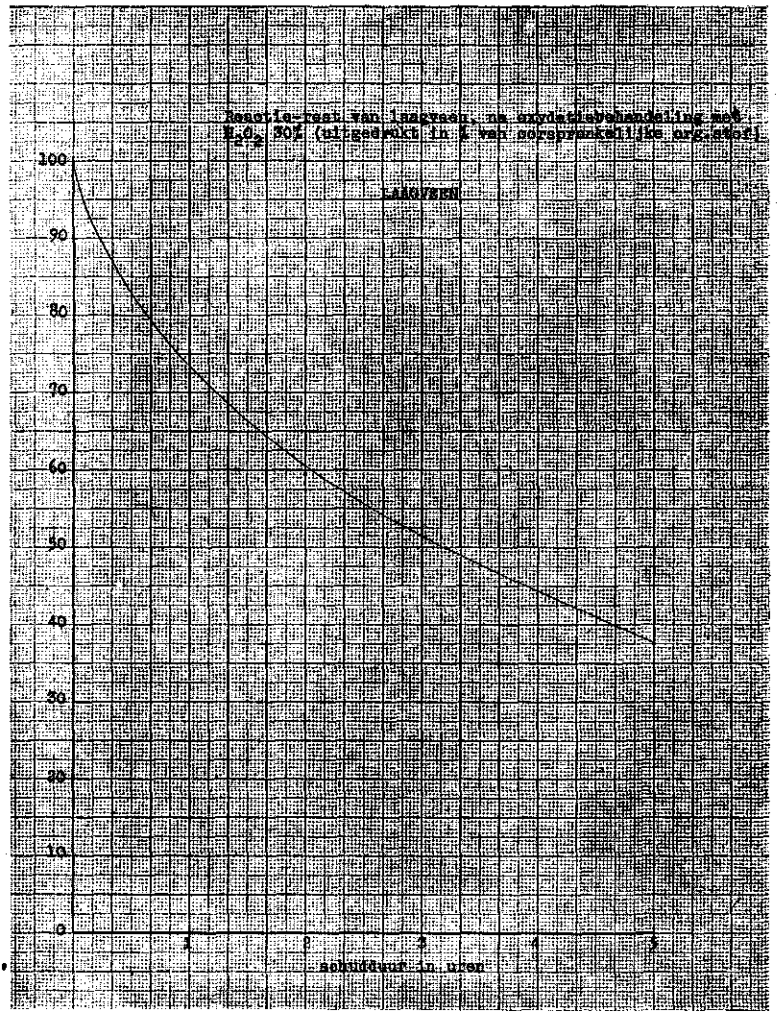
gewonnen! en wel met 26 %. Maar ook hier heeft evenals met den veenkolonialen humus, het adsorptievermogen eerst geleden [16]).

Wanneer men den schudduur wijzigt of de hoeveelheid splitsend zuur vermeerdert, krijgt men andere uitkomsten dan in deze grafieken is weergegeven. Op dat verschijnsel zullen wij hier niet ingaan, omdat dit voor ons betoog geen waarde heeft. De beschrijving daarvan zal te gelegener tijd in een tijdschriftartikel plaats vinden.

In dezen „humus" en den zoogenaamden laagveenhumus van het

[16]) Wij danken deze analysen aan Ir. *Basie*, die ze op ons verzoek heeft verricht.

grasland in Amstelveen, bestaan duidelijk groote verschillen. Zij gaven aanwijzing voor de bereiding van het kunstpreparaat, dat stabiel zou moeten zijn.



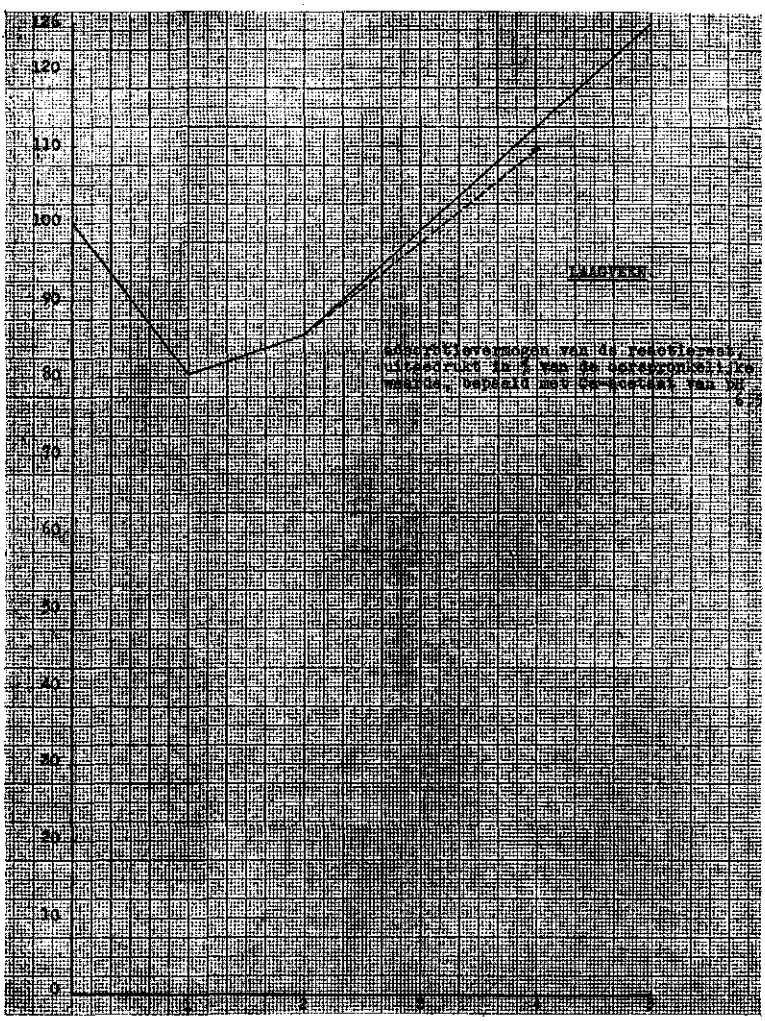
Figuur 7

Wij weten n.l. uit ervaring met ontginningen, dat „laagveen-humus" met zand gemengd en als bouwgrond gebruikt, sterk „klinkt" door vergaan.

Bij de kunstmatige bereiding zal men dus de oxydatie zoo moeten leiden, dat vernietiging van het materiaal zoo weinig mogelijk plaats vindt. Maar hierover later.

De beteekenis van deze proeven ligt in het er door verkregen inzicht, dat het stabiele humusmolecuul stikstof in de kern bevat, (dus niet uitwisselbaar of afdestilleerbaar met MgO), die door behandeling met waterstof-peroxyde bijna kwantitatief weer tot den oorspronkelijken vorm van een gereduceerde N-verbinding wordt afgesplitst. Het molecuul wordt dus op de plaats van de

N-binding opengebroken. Dat er geen NO_3 maar NH_3 wordt gevormd, is typisch voor dit molecuul.



Figuur 8

Wanneer men verschillende org. N-verbindingen aan een behandeling met H_2O_2 onderwerpt zooals den grond, krijgt men volgend overzicht: [17]).

dimethyl glyoxim	geeft	0.72	%	N	vrij	als	NH_3
urinezuur	,,	1.36	,,	,,	,,	,,	,,
antipyrine	,,	1.50	,,	,,	,,	,,	,,
caseïne	,,	11.20	,,	,,	,,	,,	,,
diphenylamine	,,	12.50	,,	,,	,,	,,	,,
asparagine	,,	37.50	,,	,,	,,	,,	,,
aniline	,,	68.—	,,	,,	,,	,,	,,
amidophenyldisulfz. Na	,,	70.—	,,	,,	,,	,,	,,
amidophenol	,,	74.—	,,	,,	,,	,,	,,
phenyldiamine	,,	85.—	,,	,,	,,	,,	,,

[17]) De analysen zijn op ons verzoek verricht door Ir. *C. Gerber.*

Het schijnt, dat het de aminoverbindingen zijn, die bij aantasting door H_2O_2 gemakkelijk hun N als ammoniak afgeven.

Het ziet er dus naar uit, dat de organische humusachtige lichamen waarmede wij te doen hebben, condensaten of polymeren zijn van aminoverbindingen of dat, wanneer men de stikstof voor de vorming van stabielen humus als essentieel erkent, dat deze slechts gemaakt kunnen worden via de vorming van aminozuren, wat dus oxydatie inhoudt of vorming van carboxylgroepen bevattende lichamen.

Deze gedachtengang is dan ook gevolgd bij de bereiding, waarover hoofdstuk II handelt.

Overzien wij nu het geheel, dan kunnen wij de volgende punten vaststellen:

1. In de natuur worden onder bepaalde omstandigheden organische stoffen gevormd, die weerstand bieden aan de biologische verbranding. Het materiaal, waaruit dit gevormd wordt in grootere hoeveelheid, is altijd organische stof, die opgehoopt is onder anaerobe omstandigheden en veenachtige structuur heeft.
2. Versch organisch materiaal wordt in den geaereerden grond volledig verbrand en geeft nimmer aanleiding tot „humus"-vorming.
3. De stabiele humusstoffen onder 1 genoemd, bevatten steeds SiO_2, Fe_2O_3 en Al_2O_3 in organische verbinding. Het ziet er naar uit, dat deze stoffen de stabiliteit mede bepalen, mogelijk door het versperren der actieve groepen van het koolwaterstofmolecuul, waaruit de stof is opgebouwd.
4. De stabiele humus is een adsorptie-lichaam en kan kationen aan het oppervlak in uitwisselbaren vorm adsorbeeren. Het Ca-ion wordt gretig vastgelegd en geeft dan een weinig dispergeerbare stof. Met éénwaardige kationen bedekt materiaal is zeer dispers (colloidaal oplosbaar). SiO_2, Fe en Al dispergeeren in die oplossing gemakkelijk mede; de sesquioxyden worden dus niet uitgevlokt.
5. Hoewel de stoffen onder normale omstandigheden, welke in de geaereerde bouwvoor voorkomen, geen zuurstof opnemen, kunnen ze daartoe gedwongen worden door behandeling met waterstofperoxyd van 30 % bij kamertemperatuur. De molecuulaggregraten worden dan bij de N-binding opengebroken onder vorming van NH_3. Waarschijnlijk wordt de N daarbij kwantitatief vrijgemaakt.
6. De eigenschappen van stabielen humus kunnen worden aangeduid door het vermogen om disperse kleien uit te vlokken en in een kruimelstructuur te brengen.

Wij geven geen verslag van de mislukte pogingen om de stoffen te analyseeren, die bijna alle verklaard kunnen worden uit het feit, dat de natuur den stabielen humus nooit zuiver levert. Zij is altijd vermengd met irreversibel veenachtig materiaal en met nog onvergane plantenresten. Het fractioneeren, dat wij aanvankelijk deden, door behandeling met alcohol, tetrachloorkoolstof, om harsen en wassen te verwijderen en het grovere zand, leidden niet tot het doel. Evenmin geven de *Waksman*-analysen licht [18]).

[18]) dus bepaling van harsen en wassen, hemicellulosen, cellulosen, lignine-achtige stoffen en mengsels daarvan, zoogenaamde ligno-proteïnen.

De gefractioneerde behandeling met verdunde logen gaf ons geen materiaal, dat wij als een betrekkelijk zuiver preparaat konden beschouwen. Daarom moesten wij trachten den stabielen humus zelf te bereiden volgens den gedachtengang, die wij in dit eerste hoofdstuk hebben ontvouwd en die als uitgangsmateriaal dezelfde stof heeft, welke de natuur vaak onder anthropogenen invloed in de veenkoloniën heeft gebruikt, n.l. het sphagnumveen.

Dit moet dus aan een behandeling met actief SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3, actieve N-verbindingen en zuurstof onderworpen worden. En wel zoodanig, dat geen vernietiging van stof plaats heeft.

In Hoofdstuk II zullen wij de proeven beschrijven, die geleid hebben tot de bereiding van een stof, die als „stabiele humus" kan fungeeren. Daarbij zijn allerhande ervaringen opgedaan, die hetgeen boven reeds gezegd is, bevestigen, of wanneer de voorstelling incompleet was, deze uitbreiden en die ook soms tegenspreken.

HOOFDSTUK II.

De kunstmatige bereiding van stabielen humus [1]).

De grondstoffen, waarover wij beschikken om den „stabielen humus" te bereiden, zijn van plantaardigen oorsprong. Zij moeten dus de bouwstoffen kunnen leveren, waaruit men het eindproduct bereidt en liefst in zoo zuiver mogelijken vorm. Om te beoordeelen of plantenstof in het algemeen in staat is grondstof te zijn voor den stabielen humus, moet eerst vastgesteld worden, welke de eischen zijn, waaraan de stabiele humus moet voldoen om voor landbouwdoeleinden bruikbaar te zijn. Men kan deze als volgt formuleeren:

1. Het product moet gemakkelijk in water peptiseeren en in zijn hoofdbestanddeel uiterst dispergeerbaar zijn. Het moet in de nauwe poriën van de kluiten zware klei kunnen doordringen. Doet het dit niet, dan wordt het verbeteren van zware klei onmogelijk.

2. Het product moet geheel reversibel zijn, moet dus na indrogen zonder moeite weer water kunnen opnemen, zich daarin maximaal kunnen verdeelen en bij eventueel opnieuw indrogen dezelfde eigenschappen behouden.

---

[1]) Het in dit hoofdstuk behandelde is in het onderzoeklaboratorium van Calvé-Delft uitgewerkt.

3. Het preparaat moet zich aan de oppervlakte van de kleideelen kunnen hechten en wel zoo stevig, dat spoelwater het er niet weder afneemt.

Structuurtechnisch moet het dus de eigenschap bezitten van een koolstofketen, die bepaalde groepen bezit, welke de gewenschte stevige aanhechting aan klei mogelijk maken. Deze eigenschap veronderstelt een andere, die zeer gunstig is uit een technisch oogpunt. Immers stevige aanhechting aan het klei-oppervlak brengt een verzadigingstoestand van het systeem klei-humus met zich mede, waardoor nieuwe aangevoerde sterk gedispergeerde humusdeelen geen kans hebben aan de reeds omhulde kleideelen vast te hechten. Er moet dus, zoodra het klei-oppervlak met humus bedekt is, geen neiging meer bestaan den humusmantel te verdikken. De humus houdt immers niet op humus vast, spoelt af en hecht op onbedekte klei elders. D.w.z. hij doordringt het bodemvolume. De humuswerking moet daarom, indien men de structuurverbetering meten kan, een drempelwaarde bezitten. Die drempelwaarde moet in deze voorstelling laag liggen, wat landbouwkundig van groote beteekenis is. Wij zullen aantoonen, dat die drempelwaarde inderdaad bestaat; in ons geval ligt zij bij $\pm$ 0.1 % van het droge bodemgewicht.

4. De eisch van punt 3 stelt een nieuwe, n.l. dat men bij de bereiding zorgen moet de hechtcapaciteit op de klei te vergrooten. Wij noemen deze eigenschap de activiteit van het product. Het activeeren van den humus is een bewerking, die volgen moet op de humificeering van de grondstoffen. Er zijn dus twee stadia in de bereiding te verwachten.

5. De stabiele humus moet resistent zijn tegen biologische verbranding. Hij moet zijne structuurverbeterende eigenschappen minstens eenige jaren behouden.

6. Het product moet een hoog uitwisselend vermogen hebben voor de kationen-voedingselementen.

Zoo men ziet, zijn de eischen niet gering, maar zij omvatten geen van alle een onmogelijkheid. Alle die eischen berusten op de kennis van kolloïde systemen en zijn feitelijk geen andere dan men in de natuur bij goed werkenden humus ook vindt. Dat is alles in hoofdstuk I reeds beschreven. Alleen is het de vraag of men uit plantenstof, die een mengsel is van allerhand organisch materiaal, werkelijk organische lichamen kan maken met zoo'n eenvormig karakter als men practisch zal blijken noodig te hebben.

Nu is er over de humusstoffen chemisch al tamelijk veel bekend, dat ons helpen kan. Men weet, dat ze carboxyl-groepen (COOH) en zure phenolgroepen bevatten, d.w.z. OH-groepen, die aan benzeenkernen zijn gebonden.

Het gedrag ten opzichte van verschillende basen berust op dezen bouw. Zoo kan de zeer belangrijke eigenschap van het uitwisselend vermogen door de aanwezigheid van verschillende carboxyl- en phenolgroepen verklaard worden. *Stadnikoff* [19]) schrijft het verloop van de uitwisseling van Ba uit Ba-humaat door K-ionen toe aan het bestaan van een geheele rij van kalium-bariumhumaten. Deze kunnen alleen bestaan, indien er carboxylgroepen aanwezig zijn. Ook het zeer geleidelijk uitvlokken van K-humaten bij toevoeging

[19]) Neuere Torfchemie, blz. 131.

van toenemende hoeveelheid zuur, twee- of driewaardige basen, wordt er door verklaard.

De meerbasiciteit bestemt zulke lichamen tot stoffen, die in zich de bijzondere eigenschappen kunnen vertoonen, die wij noodig hebben.

Het komt er nu op aan (zooals reeds in den aanhef werd gezegd) te weten of men uit plantenstof zulke lichamen kan maken. De kans daarop bestaat, omdat de meeste plantenstoffen òf ringsystemen met aliphatische zijketens bevatten, die de bouwsteenen kunnen vormen van goede huminezuren, òf ringsystemen, die onder bepaalde omstandigheden voldoende reactief zijn om nieuwe ringsystemen te vormen van het meer stabiele in humuszuren voorkomende type. Deze bouwsteenen kunnen door polymerisatie en condensatie tot huminezuren aan elkaar gekoppeld worden. Hexosen, uronzuren, pentosen en hun polyverbindingen alsmede cellulose zijn opgebouwd uit ringsystemen, die voor de vorming van goede huminezuren in geheel anderen vorm zullen moeten overgaan. Ligninen en protaïnen bevatten ringsystemen, die behoudens geringe chemische verandering in hoofdzaak direct voor de vorming van huminezuur kunnen dienst doen. Zoo gezien schijnt de onderneming *niet* hopeloos. De vraag is alleen maar of uit alle die ringverbindingen met aliphatische zijketens juist diegene te maken zijn, die de eigenschappen van humus bepalen.

De beoordeeling van de humusstoffen in chemisch opzicht geschiedt thans volgens diverse methoden, die alle conventioneel zijn. Men bepaalt de zoogenaamde oplosbaarheid in alcalische oplossingen van de eenwaardige basen Na, K of NH_4, nadat men het uitvlokkende Ca en Mg heeft verwijderd. Aldus „opgeloste" stoffen vlokken weer uit met zuren en met Ca-zouten. Men zegt dan, dat de „zuren" en Cahumaten onoplosbaar zijn. Echte humuszuren zijn onoplosbaar in acetylbromide. Zij leggen K, Na, Mg en Ca uitwisselbaar vast, zoo lang het Ca of Mg overweegt [20]). Eenzijdige K en Na-humus is *zeer* dispers, misschien oplosbaar. De donkere kleur is typisch voor humuslichamen, men gebruikt die eigenschap voor concentratie-bepalingen in suspensies.

Van veel belang is de verhouding van koolstof en *zuurstof* in het molecuul, omdat deze inlichting geeft over de structuur van de zijketens, die aan de C-kernen zijn gebonden en welke COOH-groepen bevatten. Het stikstofgehalte is een lang omstreden punt; naar onze meening moet de stabiele humus N bevatten in kernbinding. N is dan een koppelelement. Daarover is in hoofdstuk I reeds gesproken en nu blijkt, wanneer men ammoniumhumaten „*maakt*", de verhouding van de met MgO-afdestilleerbare N (NH_3-N) tot de kern N een buitengewoon gewichtig kenmerk te zijn om den stabielen humus te beoordeelen. Dit alles zal blijken uit onze verdere mededeelingen.

In recente plantenresten zijn de volgende hoofdgroepen aanwezig:

Suikers,	Pektinen en gommen,
Zetmeel,	Eiwitten,
Cellulose,	Ligninen,
Hemicellulose,	Harsen, wassen en vetten.

[20]) Omdat Mg in de natuur nooit overweegt, is de aanwezigheid van Ca voor het conserveeren van K en Na in den humusgrond noodzakelijk.

De suikers vormen in vrijen toestand ringverbindingen met O-sluiting (pyranoïde structuur met 5 C-atomen of furanoïde structuur met 4 C-atomen). Deze ringen zijn labiel en reactief. Polyosen, zooals cellobiose, zetmeel en lichenine, hoofdbestanddeel van de reserve cellulose en de eigenlijke cellulose zijn polymeren, d.i. door middel van O aan elkaar gebonden pyraanringen (glucoside binding). Ook deze polymeren zijn over het algemeen reactief, zelfs nog bij de hoog gepolymeriseerde eigenlijke cellulose. Bij aggregaten die vermoedelijk door restvalenties (volgens v. d. Waals) gebundeld zijn is de reactiviteit sterk verminderd. De beweeglijkheid van de ringen openbaart zich bij pentosanen, bijv. in de vorming van furforol, bij hexosen in de vorming van methoxy-furfurol, waarbij een zes-C-verbinding in een 5-ring overgaat. De naam hemicellulose zou eigenlijk alleen op cellulose zeer nastaande verbindingen, zooals lichenine (reserve cellulose) mogen worden toegepast. Men verstaat er evenwel allerlei polyosen, hexosen en ook pentosanen onder, alsmede uron- en polyuronzuren. Het zijn reactieve stoffen. De pektinen zijn opgebouwd uit polyuronzuren, verbonden met hexosen of pentosen. Het zijn polymeren met glucoside-achtige binding. Ook deze stoffen zijn reactief, de poly-uronzuren gaan onder koolzuurontwikkeling zeer gemakkelijk in furforol over. Sommige aminozuren (eiwit is opgebouwd uit aminozuren) zooals tyrosine bevatten evenals de bouwsteenen van het lignine een benzeenkern met een zijketen van 3 C-atomen. Tyrosine vormt de zeer donkere eiwithumus of melanine. De ligninen geven veel hoofdbreken. Het is een verzamelbegrip, evenals pektinen een verzamelnaam is voor gevarieerde stoffen met hetzelfde grondkarakter. Maar voor ligninen is het moeilijker aan te geven. Vast staat, dat zij als bouwsteenen benzeenkernen bevatten met een zijketen van 3 C-atomen, welke laatste als een glycerine-rest is op te vatten. De genuine of de in jonge planten voorkomende lignine en de alcali-lignine, ook lignine zuren genaamd, zijn gevoelig voor auto-oxydatie en dus reactief. De lignine, volgens Willstätter met sterke zuren bereid uit plantenmateriaal als restproduct is zeer weinig auto-oxydabel en die, welke met verdunde zuren uit suikers en hout bij hooge temperatuur als restproduct achterblijft, is in het geheel niet auto-oxydabel.

Waksman heeft zich veel moeite gegeven de diverse plantenstoffen naast elkaar te bepalen. Hij gebruikt de extractiemethode en de behandeling met zuren. De lignine-bepaling is altijd de rest-bepaling; de eiwitbepaling berust op de conservatieve aanname, dat eiwitten 6.25 × zoo zwaar wegen als de stikstof volgens Kjeldahl bepaald. Er is veel critiek op de Waksman-analyse uitgeoefend, zeer waarschijnlijk terecht. Maar zij geeft eenige denkbeelden over de samenstelling van plantenmateriaal en gehumificeerd plantenmateriaal, vooral door vergelijking. In een boschgrond b.v. vond hij:

	Hemicellulose	Cellulose	Lignine
versche dennennaalden	20.8	15.8	31.8
bovenste laag ruwe humus	20.7	13.7	35.—
diepere „ „ „	11.7	2.6	50.—

Hij leidt daaruit allerhande af over het vergaan van plantenstof tot humus, o.a. dit, dat de hemicellulose en cellulose veel minder weerstand bieden aan biologischen afbraak dan lignine.

Zoo vindt hij bij de veensoorten een groot verschil. Laagveen is arm aan cellulose en hemicellulose, hoogveen rijk.

Twee analysen geven dit aan.

	Hemicellulose	Cellulose	Lignine
laagveen	8.26	0.43	44.9
hoogveen	23.8	14.5	23.2

Omdat lignine volgens deze analyse de rest is, die blijft na verwijdering van hemicellulose en cellulose door afbraak met zuren en na aftrek van harsen, wassen, vetten (alc. opl.) en eiwitten (N × 6.25) is het begrip lignine vaag. O.i. moeten daarin ook humusachtige lichamen inbegrepen zijn.

Volgens moderne opvattingen bestaat de vorming van huminezuren — welk proces humificatie kan worden genoemd —, uit condensatie en polymerisatie van kleine eenheden tot groote moleculen. Deze zijn dan gekoppelde ringsystemen. Aan deze zijn OH en COOH-groepen gebonden.

Wanneer de COOH-groepen ontbreken, kan men mogelijk ook van humusstoffen spreken, doch het zijn *niet* die verbindingen, die wij wenschen, omdat juist de middelsterke COOH-groepen de zwakke basen als NH_3 en $Al(OH)_3$ binden, die bij de plantenvoeding of bij de activeering van den humus een rol spelen.

Schrader en *Fischer* hebben aangetoond, dat lignine in een autooxydabel proces tot huminezuren kunnen worden omgezet. Dit kan dus alleen uit die lignine-achtige lichamen, die zelf auto-oxydabel zijn.

Voor eiwitten als grondstof voor humuslichamen kan men verwijzen naar onderzoekingen van *H. S. Raper* [21]) en *W. L. C. Veer* [22]), die de vorming van melaline uit tyrosine betreffen. De auto-oxydatie en de bijzonderheden er van hebben de werking van ons procédé met NH_3-toevoeging verhelderd (wordt toegelicht in proefschrift v. Reesema).

Dat hemicellulosen, pektinen en gommen, die pentosanen naast hexosen en poly-uronzuren als hoofdbestanddeel bevatten, ook uitgangspunt kunnen zijn bij de vorming van huminezuren, is begrijpelijk, omdat eensdeels deze stoffen gemakkelijk in furfurol kunnen overgaan, dat in een bepaalde soort huminezuur is over te voeren en anderdeels de theoretische mogelijkheid van overgang van bepaalde pektine bestanddeelen in lignine, geenszins is uitgesloten. In dit verband is het veelzeggend, dat *K. Griffioen* [23]) gevonden heeft, dat naar mate lignine in den celwand verschijnt, de pektinen er uit verdwijnen.

De suikers, zetmeel en cellulose, dus hexosen en uit hexosen gevormde polymeren, worden met zuren in humusachtige lichamen omgezet. De klassieke onderzoekingen van *Berthelot* daarover, zijn later door *Schweizer's* onderzoek zeer verhelderd [24]). Zij leveren zoogenaamde huminen, onoplosbaar in alcaliën, die zwak auto-oxydabel

[21]) Bioch. J. 19; (blz. 84) (1925); 20; blz. 735 (1926) en 21; blz. 89 (1927) 27; blz. 454 (1933).
[22]) Rec. Trav. Cihm. Pays Bas 58, blz. 33 (1939).
[23]) Zie o.a. On the origin of lignin in the cellwall. *K. Griffioen*, diss. Leiden 1938.
[24]) Caramel en humine, proefschrift Delft. 1937.

zijn en dan eerst bij kamertemperatuur langzaam overgaan in in alcaliën oplosbare hymatomelaanzuren. Dit zijn huminezuren, die minder gevoelig zijn voor uitvlokken met zuren, dan de eigenlijke humuszuren en minder goede colloidale eigenschappen hebben.

Bergius [25]) kon vaststellen, dat cellulose bij 180—250° dehydrateert en dan producten geeft, die met chroomzuur de bouwelementen voor hymatomelaanzuur leveren. Deze humificatie lijkt dus op de suikerhumificatie. Wij vonden bij onze humificatieproeven, dat cellulose (watten) onder toevoeging van ammoniak de stikstof zeer langzaam opneemt; dat cellulose in natuurlijke ligging te midden van andere plantenstoffen, zich tegenover de humificatie anders gedraagt, zal hieronder blijken.

Dat verschillende componenten tijdens het humificatieproces elkaar sterk kunnen beïnvloeden volgt b.v. uit het werk van *Maillard* [26]), die vond, dat, wanneer aminozuren tegelijk met suikers bij 100° gehumificeerd worden, er als resultante huminen ontstaan, die even weinig oplosbaar zijn als die, welke alleen uit suikers ontstaan bij inwerking van anorganische *zuren*, die op die stoffen gelijken.

Bij de kunstmatige humificatie van recente plantenresten (eveneens waarschijnlijk bij jong fossiele plantenresten) is het merkwaardig, dat de cellulose aan het proces van humuswording schijnt deel te nemen. Ook hier denken wij aan een wederzijdsche beïnvloeding van de componenten in de plantenresten.

Een onzer voerde destijds met zijn medewerkers in het Calvélaboratorium proeven uit met arachisschillen, door deze fijngemalen in een NH_3-atmospheer bij 10 atm. en 120° kort te behandelen. Het reactieproduct werd met 1 % KOH gekookt en daarna bepaald, wat oploste en wat achterbleef. Het onoplosbare werd opnieuw in de autoclaaf behandeld met NH_3 bij 120° en 10 Atm., hiervan na afloop der reactie weer het oplosbare deel bepaald en het onoplosbare opnieuw behandeld.

Van de 25 gr uitgangsproduct werd de 1e maal opgelost 8.3 gr of 33.2 %. Na de 2e humificatie 7.1 gr of 28.4 % van het uitgangsproduct, dus samen 61.6 %. *Dr. L. W. J. Holleman,* die bij dit onderzoek in 1934 zijn medewerking verleende en de residu's onderzocht, deed daarbij de belangrijke waarneming, dat de verhouding cellulose tot lignine in beide restproducten even groot was en tevens even groot als in het origineele product. Hiervan was gevonden:

	oorspronk. pr.	1e rest	2e rest
Hemicellulose	25 %	—	—
lignine	36.2 %	37 %	38 %
cellulose	39.4 %	—	—

De cijfers bewijzen, dat het in H_2SO_4 oplosbare en onoplosbare deel [27]) in verhouding constant bleef.

Dit wijst op een homogene reactie der componenten en de vraag rijst of de onderlinge beïnvloeding dezer componenten in de natuurlijke ligging in het plantenmateriaal niet daarvan de oorzaak was.

Het is bekend, dat de lignine in hare natuurlijke ligging naast cellulose, door zwelling van deze stof moeilijk toegankelijk wordt.

[25]) Naturwissenschaften, *16*, blz. 1.
[26]) Ann. Ch. 9. 258; c. R. Ac. Sc. 154.66; 155.1554 en 156.1159.
[27]) De methode *Schwalbe* werd gevolgd door de lignine-bepaling.

Men zou daarom kunnen veronderstellen, dat het reactietempo bepaald zou worden door de aantasting van de cellulose en de verwijdering daarvan. Maar deze aanname is, gezien het tempo van humificatie der combinatie gedwongen, want dat tempo is veel grooter dan dat bij cellulose alleen. Ook is dit in zijn gevolg hetzelfde, zoodat men zeggen kan, dat de cellulose, die in zuiveren toestand zoo langzaam reageert, in natuurlijke ligging tusschen lignine en hemicellulose sneller gaat reageeren. Naast een onderlinge beinvloeding der verschillende componenten of hun chemische groepen, kan men aan een geïnduceerde reactie denken. De zeer beweeglijke en sterk auto-oxydabele pektinen zouden dan de reactie geïnduceerd kunnen hebben.

Onze denkbeelden over de humusvorming zouden — het geheel overziende — aldus samengevat kunnen worden:

Bij de humificatie van recente en fossiele plantenstoffen kunnen de volgende hoofdbestanddeelen hun medewerking verleenen:

1. *Eiwitten:*
   a) door melanine-vorming van de aminozuren.
   b) door levering van aminozuren, die met suikers reageeren en condensatieproducten leveren.
   c) door levering van ammoniak uit eiwitten, dat met lignine huminezuren kan opbouwen.

2. *Pentosen, pentosanen, uronzuren, poly-uronzuren, pektinen:*
   a) door levering van furfurol, dat furanoïde condensaties of polymerisaties geeft, die met NH_3 (van eiwitten afkomstig) de bouwsteen levert voor humuszuren.
   b) door overgang van pentosen en uronzuren in lignine-achtige lichamen.

3. *Lignine:*
   doordat de auto-oxydabele ligninen gemakkelijk humuszuren leveren.

4. *Hexosen en poly-osen:*
   a) door vorming van methoxyfurfurol en furfurol (zie 2 a.).
   b) omdat hexosen door hun pyranoïde (met zoutzuur behandeld) huminen kunnen leveren met pyraankern, die in hymatonolaanzuur overgaan.
   c) door splitsing in verbindingen met 3 C-atomen, welke ringverbindingen kunnen geven, die temidden van de andere componenten kunnen bijdragen tot humuslichamen. (Hierop wordt elders verder ingegaan).
   d) door overgang van hexosen in lichamen, die opgebouwd zijn uit bouwsteenen met 9 koolstofatomen onder koolzuurontwikkeling, waaruit humine kan ontstaan.

De hiergenoemde overgangen in huminezuren of humusachtige stoffen zijn voor een groot deel aangetoond of uit de aanwezige kennis af te leiden. Bij een goed geleide kunstmatige humificatie zijn een aantal regelmatigheden geconstateerd, die op gelijkvormigheid van het eindproduct wijzen. Wij wijzen daar in dit hoofdstuk herhaaldelijk op.

De richting om tot humificatie te komen van plantenafval is in groote trekken door al hetgeen vooraf gezegd is, min of meer aan-

gewezen. Men zal moeten trachten het materiaal te onderwerpen aan bepaalde condensaties en polymerisaties en daarbij gebruik maken van de auto-oxydatieve eigenschappen van de stof van uitgang. Deze auto-oxydatie moet geleid worden tusschen nauwe grenzen.

Tallooze proeven hebben wij genomen om na te gaan, wat er met diverse stoffen gebeurt, indien men ze aan deze bewerking onderwerpt.

Het ligt niet in de bedoeling om alle proeven te vermelden, waaruit wij hebben moeten leeren, hoe een goede humificatie verloopt tot een eindproduct, dat niet meer auto-oxydabel is en dat alle eigenschappen vertoont, die wij in de punten 1 tot en met 6 van blz. 529 hebben opgesomd. Wij zullen er slechts een greep uit doen om duidelijk te maken, dat een humificatie het best bij temperaturen boven 100° maar beneden 130° C. in roerautoclaven onder ± 10 atm. overdruk verloopt. Hierbij ontstaan dan huminezuren, die direct geneutraliseerd moeten worden. Het alcali, dat gebruikt moet worden, is niet Na of K of Ca of Ba, maar het gasvormige NH_3 en wel, omdat de stikstof het element is, dat bepaalde ringsluitingen geeft en de ringen koppelt tot systemen. Is eenmaal het geschikte uitgangsmateriaal gevonden, dan zijn ammoniak en lucht de andere grondstoffen, die humificatie mogelijk maken. De bij deze reactie toe te laten zuurgraad moet om het neutrale punt schommelen. Bij de oxydatie worden carboxylgroepen gevormd. Bij de toediening van ammoniak wordt deze èn door de COOH-groepen vastgelegd, èn ook in de kern opgenomen, door koppeling van groepen. Het mechanisme van de reactie wordt uitvoerig behandeld in het proefschrift van één onzer. Het zal daarbij blijken, dat intramoleculaire oxydatie-reductiereacties plaats vinden.

Wijkt men van den voor deze proeven gewenschten zuurgraad af in zure richting, dan wordt veel CO_2 ontwikkeld en ontstaan voor ons waardelooze zure organische stoffen, die in water oplossen. Werkt men te veel aan den alcalischen kant, dan ontstaan te koolstofrijke producten, die den weg van „inkoling" ingaan en eveneens voor ons doel waardeloos zijn.

Werkt men nauwkeurig volgens dit schema, dat dus een „pH-doseeringsschema" genoemd kan worden, dan loopt na eenige uren de reactie af, omdat uiteindelijk de stof noch zuurstof, noch ammoniak meer opneemt. Het product is gereed en het bevat bepaalde verhoudingen aan C, H, O en N en van de N in de kern is ongeveer 1/4 à 1/5 meer aanwezig dan van de N als NH_3 gebonden aan de zuurgroepen. De factor totaal N — met MgO afdestilleerbare N, gedeeld door de kern N $\frac{\text{Totaal N—MgO-N}}{\text{kern N}}$, = 0.750 à 0.800, waaruit afgeleid wordt, dat bij de humificatie 1/4 meer aequivalenten N in de kern verdwijnt dan er COOH-groepen gevormd worden, die NH_4 kunnen opnemen.

Wij zullen nu uit het zeer omvangrijke proefmateriaal enkele greppen doen om aan te toonen wat er bij deze processen gebeurt. Doch wij moeten een opmerking vooraf laten gaan over de onverwachte mogelijkheid om vast materiaal als stroo, plantenafval, veen enz., zij het ook vochtig, een reactie aan te zien gaan met gassen. Wij zijn zoo gewend om met reacties in oplossing te doen te hebben of met gasreacties, dat het wonderlijk lijkt, dat men in een chemisch proces vast materiaal ziet veranderen en dan geheel inwendig ziet

veranderen. Natuurlijk wordt dit materiaal fijngemalen en later bij voorkeur in de autoclaaf geroerd, niettemin verloopen de reacties aan de oppervlakte van de vaste stof vlot. Wij hebben ervaren, dat wanneer niet fijngemalen wordt of niet geroerd wordt, het proces zich langzaam voltrekt en het mogelijk is, dat geheele gedeelten van de reactie worden afgesloten, omdat zij met reactieproduct worden omhuld. Die fout is natuurlijk in den beginne herhaaldelijk gemaakt [28]). Alle bezwaren van dishomogeniteit worden opgeheven door malen vooraf en roeren daarna.

De relatief droge toestand, waarin de reactie plaats vindt, levert het technisch voordeel, dat men het eindproduct slechts weinig heeft te drogen. En omdat de auto-oxydatieprocessen warmte leveren, is het niet noodig warmte toe te voegen, eerder is er warmtewinst, zoodat malen, roeren en druk aanbrengen de mechanische middelen zijn, die de fabricage vereischen.

Over het verloop der oppervlaktereacties zullen wij verder hier niets zeggen, het is een onderwerp op zich zelf, waarvan de studie heden ten dage door eenige onderzoekers met succes is aangevat [29]).

Degenen, die over de auto-oxydabiliteit van organische stoffen georiënteerd willen zijn, vinden in de moderne boeken over ademhalingsmechanismen een ruime literatuur. Voor de humusstoffen heeft *Schrader* met ligninen reputatie verworven en verder *Eller* met polyphenolen [30]).

Sphagnumturf uit de middenlagen is zeer auto-oxydabel en het is bij onze proeven het beste materiaal gebleken om stabielen humus te maken. Naarmate deze veenproducten sterker verouderen en deze steeds grooter molecuulcomplexen vormen, vermindert de auto-oxydabiliteit.

Recent plantenmateriaal als stroo is zeer weinig auto-oxydabel, maar men kan die oxydabiliteit sterk vergrooten door het een voorbehandeling in de autoclaaf te laten ondergaan met verdund zuur. Een *korte* behandeling is dan noodig; verhit men te lang, dan neemt de auto-oxydabiliteit sterk af! Deze ervaring, die wij opdeden, is dus een waardevolle aanwijzing voor de humificatie van stroo.

De auto-oxydatieproeven worden verricht in een kolf van 750 cc, die 25 g droog gemalen organisch materiaal bevat en ± 50 cc vloeistof, zoodat dit materiaal zeer vochtig is. De stop is doorboord en bevat buizen, die vullen en ledigen met gassen mogelijk maken en die verbinding hebben met een kwikmanometer. Het geheel is geplaatst in een thermostaat, die het op 70° C. houdt. Wij werkten met zuivere zuurstof. Als katalysator werd ± ½ g ferrisulfaat toegevoegd en verder werd de vloeistof van een buffer voorzien, die de pH constant houdt.

Tabel V bevat een proef met:

I. Donkere sphagnumturf (middenlaag van het jongere veen) (gemalen en gezeefd) met vloeistof van pH 7.
II. gemalen roggestroo (slagmolen met zeef van 1.5 mm) met vloeistof van pH = 7.

---

[28]) Wij werkten toen door stapeling en dunne lagen op horren.
[29]) Zie *Kögl* en zijn medewerkers.
[30]) *Smith* en *Howard* geven in de med. van Carnegie Inst. of Technical Coalresearch Laboratory 22 (1935) voorbeelden van humificatie van koolproducten; zie ook *Kreulen*, Grundzüge der Chemie und Systematik der Kohle.

III. gemalen roggestroo, dat voorbehandeld was in een autoclaaf bij 180° en met zoutzuur vochtig gemaakt tot pH 4. De verhouding stroo tot vloeistof werd als 1 op 2 genomen. Dit stroo werd gedurende 6 uur zoo gehouden.

IV. gemalen roggestroo, voorbereid als III, doch slechts één uur.

De producten bij III en IV verkregen, werden voor de bepaling der auto-oxydabiliteit geneutraliseerd (pH = 7).

De materialen werden nu aan de auto-oxydatieproef onderworpen gedurende diverse tijden als in de tabel aangegeven.

Wij vonden:

TABEL V.

Tijdsduur auto-oxydatie	aflezing in mm kwikdrukverschil			
	I	II	III	IV
0 dagen 15 uren	15	0	1	12
0 „ 21 „	18	0	3	16
1 „ 0 „	18	0	3	17
1 „ 15 „	17.5	1	4.5	20.5
1 „ 21 „	17.5	3.5	4.5	20.5
2 „ 0 „	16	3.5	4.5	19.5
2 „ 15 „	14	5	7.5	17.5
2 „ 21 „	14.5	6	8.5	17
3 „ 0 „	13	7.5	9.5	17
3 „ 15 „	12.5	7.5	10.5	17
3 „ 21 „	12.5	7.5	11.5	17
4 „ 0 „	12	7.5	12.5	17
4 „ 15 „	11.5	7.5	15	17

Men ziet hieruit, dat sphagnumturf reeds na 21 uur belangrijke hoeveelheden O_2 opneemt, dat stroo veel trager is, dat voorbehandeld stroo (gedurende 1 uur) zich als turf gedraagt, zelfs actiever is en dat langer voorbehandeld stroo (6 uur) weer inactief geworden is en zich gedraagt als versch stroo, dat niet voorbehandeld is.

Wij zien een parallel tusschen die voorbehandeling van stroo en wat over zeer lange perioden in de natuur geschiedt, wanneer bij alcaliarmoede plantenmateriaal verveent en auto-oxydabel materiaal ontstaat (op pH = 7 gebracht).

Bij de voorbehandeling van stroo wordt een gevoelig stadium doorloopen. Omdat de pektinestoffen in het stroo wel de gevoeligste der componenten zijn en wij na de voorbereiding in de autoclaaf furfurol en methylalcohol hebben geconstateerd, ligt het voor de hand de activeering van het stroo in verband te brengen met de aantasting der pektinestoffen. Deze proef leert zien, dat men bij de bereiding van den stabielen humus wel degelijk rekening moet houden met den duur der reactie en met het uitgangsmateriaal. Doch er blijkt nog iets uit, dat de aandacht verdient, nl.: dat het niet het zoutzuur is in kwantitatieven zin, dat de voorbehandeling zoo interessant maakt, doch de pH van het milieu, want om stroo met 200 % vocht te bevochtigen, zoodat een pH van 4 ontstaat, vereischt in verhouding tot de stofhoeveelheid uiterst geringe hoeveelheden zuur. Hoe deze stof in vochtigen toestand — dus *niet* in opgelosten toestand — zoo grondig zich kan wijzigen, is het onderwerp van

aparte studie. In deze verhandeling is het genoeg er op te wijzen, dat de organische stof, waar wij mede te maken hebben, dit *kan* doen en zelfs uiterst gevoelig is voor te vergaande reacties. Daaruit is dan ook te leeren, waarom dit op langen termijn in de natuur zonder hevige ingrijpingen ook geschiedt. Het vraagstuk der humusbereiding wordt er doorzichtiger van.

Een tweede punt van groot gewicht, waarop reeds gedoeld is, is de wijze van stikstofbinding. Wij hebben in de N-bepaling van het afgeleverde product een duidelijke aanwijzing over de reactie.

Een deel van de gebonden N is afdestilleerbaar met MgO, het is practisch de uitwisselbare NH_4; een ander deel is in de kern vastgelegd en wordt niet afgedestilleerd. Wanneer men den eersten N-vorm bepaalt en aftrekt van de met de Kjeldahl-Lauro methode bepaalde hoeveelheid (totaal N), verkrijgt men de hoeveelheid kern N. Wij zullen een greep doen uit de talrijke proeven, die wij namen, om te toonen, dat de veranderingen, die sphagnumturf ondergaat, op een homogene reactie berust.

Tabel VI geeft zoo'n proef in de roerautoclaaf weer bij 8 atm. en 125°. Er zijn 2 proeven genomen op verschillende data; de eerste op 27-8-'34 en de tweede op 8-9-'34. De vulling bedroeg bij de eerste proef 2 kg turf, wat iets te zwaar bleek voor het roerwerktuig, zoodat de tweede keer maar met 1 kg gevuld werd. De pH-regeling had plaats door oxydeeren, waarbij de pH-waarde zoo constant mogelijk werd gehouden.

Daar de monstername na elke afwisseling van handeling geschiedde, kon het verloop van de pH vervolgd worden. Door de ietwat moeilijke menging is de pH-aflezing bij de eerste proef iets te hoog geweest, zooals later bleek. Men ziet nu uit de tabel, dat naarmate het proces doorgezet wordt, de humificeerende massa stikstof bindt in stijgende hoeveelheid, maar dat de verhouding tusschen beide bindingsvormen constant blijft, althans in groote trekken. Dit wijst dus op een homogeen verloopende reactie [31]), waarbij evenveel ringsluitingen (kern N) plaats vinden als zuurbindingen (door COOH-groepen).

TABEL VI.

Twee proeven in laboratorium roerautoclaaf bij 8 atm. en 125° (dosage is bij beide proeven relatief gelijk; de eerste vulling was iets te groot voor het roerwerk).

	proef-duur	MgO-N	kern N	MgO-N / kern N	pH-meting
1. van 27-8-'34	½ uur	2.36	2.71	0.871	—
	1½ „	2.64	3.77	0.700	—
	2½ „	2.80	4.11	0.681	8.2
	3½ „	3.75	4.55	0.824	8.3
	4½ „	3.76	4.59	0.819	8.3
	6 „	4.37	4.98	0.877	7.4
2. van 8-9-'34	1 „	2.—	2.35	0.851	6.7
	1½ „	2.23	2.54	0.878	6.7
	2½ „	1.91	2.60	0.735	6.9
	3½ „	2.42	3.17	0.763	7.0
	4½ „	3.28	4.07	0.806	7.1
	6 „	3.44	4.06	0.847	7.2

[31]) De pH kon soms geleidelijk iets oploopen. Wat natuurlijk gecorrigeerd werd. Daardoor liep de verhouding MgO-N tot kern N dan ook achteruit, wat uit de tabel blijkt.

Men kan zeggen, dat bij stijgende N-opname de verhouding blijft schommelen om de waarde 0.800. Er wordt dus bij dit humificatieproces fossiele plantenstof deels afgebroken, deels veranderd en daarna een nieuwe synthese aangegaan tot een product, dat echte humus kan genoemd worden. Een zeer sterken invloed op de reactie heeft natuurlijk de temperatuur. Nemen wij b.v. een greep uit onze silo-proeven [32]), waarbij *niet* onder druk en bij temperaturen van ± 70° wordt gewerkt, dan krijgen wij het beeld van Tabel VII.

TABEL VII.

Siloproef, Humificatie op horren in gesloten silo's bij 70°.

proefduur	MgO-N	Kern-N	MgO-N kern-N	pH
5-1-'34 5 dagen	1.88	2.52	0.834	—
8 „	1.77	2.17	0.827	6.7
12 „	2.04	2.33	0.875	6.4
17 „	2.60	3 16	0.822	6.8
24 „	2.70	3.44	0.785	6.9
26 „	2.86	3.76	0.761	7.—

Wij zien dezelfde neiging als bij de proef van Tabel VI in de roerautoclaaf. Duidelijk is, dat de reactie uiterst traag verloopt of m.a.w., dat werken onder druk en bij temperaturen boven 100° veel gunstiger is, natuurlijk vooral in technisch opzicht. Maar de verhouding blijft hier ook ongeveer op 0.800. Dus ook in de silomassa, zonder roeren, verloopt de reactie homogeen.

Gaat men bij hooger temperaturen werken, zooals bij een fabrieksproef, die in tabel VIII is weergegeven, dan ontdekt men plotseling, dat de reactie anders gaat verloopen; dan verschuift de verhouding naar lagere waarden, omdat nu de vorming van kern N-verbindingen sneller gaat dan die van de COOH-groepen. Deze proef werd geno-

TABEL VIII.

Proeven met de semitechnische roerautoclaaf van een capaciteit van 100 kg sphagnumturf bij 5 atm. druk en 130° C.

Proefduur	MgO-N	Kern N	MgO-N kern N	pH
28-9-'34 2½ uur	2.56	3.85	0.665	7
„ 3½ „	2.80	4.13	0.678	7.4
12-10-'34				
(1) 6 „	3.—	4.50	0.666	7.2
29-10-'34 2 „	1.87	2.84	0.658	7.0 à 8.1
„ 3 „	1.97	3.53	0.558	8
„ 4 „	2.52?	3.59?	0.702?	8.1
„ 5 „	2.16	4.20	0.514	8.1
„ 6 „	2.34	4.60	0.508	8
„ 7 „	2.64	5.32	0.496	8
„ 8 „	2.90	5.66	0.512	7.9
„ 9 „	3.—	6.31	0.475	8.5
„ 10 „	3.39	6.69	0.507	—

(1) Ontleend aan een parallel loopende proef 28-9-'34.

[32]) In de silo was het materiaal in dunne lagen op horren uitgespreid: de gassen werden over de massa heengeleid.

men in een semi-technische roerautoclaaf, die een capaciteit heeft van 100 kg turf. Er werd bij 5 atm. gewerkt, doch bij 130°. De pH-regeling werd aanvankelijk op 7 gehouden en kwam op het laatst bij 8 te liggen. Er was toen iets alcalisch gewerkt. Dat de iets hoogere temperatuur van 130° reeds zooveel invloed zou hebben, was aanvankelijk niet verwacht.

De gevoeligheid daarvoor verklaart een van de vele moeilijkheden, die wij ons getroosten moesten om een product te verkrijgen, dat aan de gestelde eischen beantwoordde.

Voor het organische deel van de door ons veelal gebruikte sphagnumturf uit de middenlagen vonden wij de volgende samenstelling:

1.	Lignine en lignine-achtige stoffen	58.97 %
2.	Cellulose	11.10 „
3.	Hexosen en polymeren hiervan gevonden in hemicellulose bepaling	12.25 „
4.	Uronzuren en poly-uronzuren	3.07 „
5.	In benzol-alcohol oplosbare stoffen (wassen, harsen en niet definieerbare verbindingen	14.40 „
		99.79 %

De ligninen predomineeren; hoogst waarschijnlijk bestaan deze voor 58.97% uit verschillende stoffen. Hoewel men geneigd zou zijn om de homogeniteit van het verloop der humificatie daaraan toe te schrijven, meenen wij toch, dat de 26.42 % cellulosen, hexosen en uronzuren wel degelijk aan de reactie deelnemen. Wij zouden bij het heterogene systeem van die diverse stoffen moeten zien, dat eerst de snel reageerende hemicellulosen werden aangetast, dàn de ligninen, terwijl de traag reageerende cellulose ver achter aan zou komen. En dat zien wij niet. Wij meenen het homogene gedrag van de stikstofopname tijdens de humificatie te moeten verklaren òf daardoor, dat de diverse lichamen in hun natuurlijke dichte ligging elkaar zoodanig in de reactie meeslepen en dan vertragen, dat ze naar rato van hun verhoudingen bijdragen aan de vorming van „humus" (geïnduceerde reacties of beïnvloeding in den zin van Kögl en medewerkers), òf daardoor, dat bij de kunstmatige oxydatie-humificatie met ammoniak bij verhoogde temperatuur de verschillende componenten in het proces veranderen in elkaar nastaande huminezuurmoleculen [33]).

Wij hebben gestreefd naar een algeheele humificatie van de organische uitgangsstof met zoo hoog mogelijk rendement. Dit heeft alleen plaats wanneer aan de reeds genoemde voorwaarden strikt de hand wordt gehouden.

Bij de bespreking van de structuurformule der bereide producten komt een onzer daarop terug. Maar deze kwestie kan nog niet afdoende behandeld worden zonder eerst te behandelen wat de dosage van lucht en ammoniak beteekent voor het proces en voor de eigenschappen van het eindproduct. Wij nemen om dit duidelijk te maken daarvoor als voorbeeld enkele proeven uit het begin van ons onderzoek, toen wij in de autoclaaf werkten met tamelijk geringe hoeveelheden uitgespreide turf.

[33]) Beide mogelijkheden worden door één onzer binnenkort in het meermalen genoemde proefschrift behandeld.

Geroerd werd er niet; lucht en ammoniak werden tegelijk toegelaten.

Evenmin is bij deze proeven nog van een pH-regeling sprake. Tabel IX geeft het verloop van zoo'n eenvoudige proef weer.

TABEL IX.

Humificatie in autoclaaf bij 5 atm. en 125°, 1 l lucht per uur, wisselende hoeveelheid ammoniak.

Proefopzet	duur	MgO-N	kern N	MgO-N kern-N
1. 300 gr turf + 600 cc amm. 25 % [34])	2	2.15	4.08	0.527
2. 300 gr turf + 600 cc amm. 10 % [34])	2	2.24	3.49	0.642
3. 250 gr turf + 250 cc amm. 5 % [34])	2	2.04	3.07	0.664

Wij zien bij een overmaat ammoniak en een geringe dosage lucht van 1 l per uur het merkwaardige verschijnsel, dat bij de toename van de NH_3-concentratie alleen de hoeveelheid kern N wordt vermeerderd en in onzen zin de verhouding van MgO-N tot kern N ongunstiger wordt.

Wij vinden in onze beste producten een verhouding van 0.750 à 0.800.

De hierboven beschreven producten van de proeven 1, 2 en 3 voldoen dus lang niet aan de eischen.

In een andere serie proeven voerden wij een constante hoeveelheid ammoniak toe en wel met behulp van geijkte capillairen, daarentegen werd de lucht in overmaat genomen en wel volgens het schema van Tabel X, die de uitkomsten bevat.

TABEL X.

Vulling A t/m F met 50 gr gemalen sphagnumturf (luchtdroog) met 250 cc H_2O bevochtigd [35]).

in autoclaaf bij 7.4 tot 8 atm. overdruk en 125°.

Proeven, die langer dan 2 uur duurden, werden na 2 uur gespuid en met versche lucht onder denzelfden druk voorzien.

Proef	Duur	Overdruk in atm.	L. lucht p. u. boven vulling om 2 uur	L. NH_3 geijkt bij Atm.	MgO-N	kern N	MgO-N kern N	pH
A	2 uur	7.4	0	1 bij 1 Atm.	1.49	1.06	1.4	6.4
B	4 „	7.4	0	„ „	1.85	4.18	0.442	6.5
C	6 „	7.2	0	„ „	1.59	4.58	0.347	6.—
D	6 „	7.5		„ „	2.48	2.67	0.928	5.3
E	6 „	7.6	100	2 „ „	2.46	2.90	0.848	5.7
F	6 „	8.—	60	1 „ 8 „	3.46	5.89	0.587	7.—

In de proeven A, B en C is de hoeveelheid toegevoerde NH_3 geheel verbruikt. Bij het openmaken van de autoclaaf resp. spuien, is

[34]) Dat bij de eerste proeven 5 gr Fe-red. was toegevoegd om de reactie te versnellen, verder 30 gr silicatisch materiaal (hoogovenslak) was toegevoegd, doet aan de proef niets af.

[35]) Het mengsel bevatte nog 5 gr Fe-red. en 30 gr fijngemalen hoogovenslak, zie noot [34]).

geen NH_3 meer in de gassen aangetroffen. De pH is gedaald beneden het neutrale punt.

Voor een groot deel is de reactie in zuur milieu verloopen. Vergelijkt men de resultaten van de groep A, B en C, dan blijkt, dat in de eerste 2 uren de reactie nog in ontwikkeling is en nog weinig N-koppeling heeft plaats gehad; die begint eerst na de eerste nieuwe vulling met lucht (dus na 2 uren) en verloopt dan snel. Terwijl de MgO-N van 1.49 op 1.85 % stijgt, vliegt de kern N van 1.06 naar 4.18 omhoog. Maar dan is ook de reactie op den verkeerden weg, want na opnieuw „gelucht" te zijn, verdwijnt zelfs eenige MgO-N en gaat er weer iets meer N in de kern, zoodat de verhouding met 0.347 wel zeer ongunstig wordt.

In de proef D is tusschenin extra lucht toegevoerd boven de normale verversching om de 2 uur en wel aanvankelijk 12 l per uur, later opklimmend tot 60 l per uur. Nu zien wij direct de reactie een anderen weg inslaan. Het MgO-N-gehalte wordt hooger en er gaat minder stikstof in de kern, terwijl de eind-pH zuur is. Het spuien tusschenin geschiedde met progressieven luchtinvoer. Er is hier te veel lucht ingevoerd, zoodat uiteindelijk de massa zuur wordt. De proef is belangrijk, omdat zij doet zien, dat bij stijging in de verhouding zuurstof : ammoniak de reactie naar zuurvorming toe gaat en verminderde ringsluiting. Vergeleken bij de proef C kan men ook concludeeren, dat daling in die verhouding naar overwegende ringsluiting voert.

Omdat wij de beste humuswerking vinden bij producten, die een verhouding hebben van MgO-N tot kern N van ongeveer 0.800, zal men dus het proces zoodanig moeten leiden, dat men noch zure, noch alcalische reactie-processen kan laten overheerschen. Wanneer men dan daarmede de hoeveelheden ammoniak en luchtzuurstof doseert, is het proces dus aanmerkelijk vereenvoudigd en is dus de pH-regeling de aangewezen factor voor de fabricage. De proeven C en D, die wij uit velen aanhalen, zijn typische voorbeelden van de slechte gevolgen van eenzijdige doseering.

Proef *E* toont aan, dat wanneer men de hoeveelheid lucht en ammoniak beide vergroot en wel in dezelfde mate, men geen ander product verkrijgt dan bij proef D, waar de verhouding der gassen even groot was, doch de hoeveelheid van beiden ongeveer de helft. Bij proef F daarentegen werd de luchtdosage verminderd en de ammoniakdosage, door een capillair te gebruiken van 1 l bij 8 Atm. geijkt, verhoogd. Er ontstaat dan weer een ander product met hooger gehalte aan kern N, terwijl de eind-pH neutraal is. De verhouding van MgO-N tot kern N is te laag voor ons doel. De proef bewijst ten duidelijkste, dat men in de verhouding ammoniak tot lucht den aard van het reactieproduct geheel in de hand heeft.

In de CO_2-ontwikkeling heeft men een goede leidraad voor de stofafbraak. Nu blijkt, dat men bij zure reactie werkend (NH_3-tekort of zuurstofovermaat) een sterker afbraak vindt dan bij een goed evenwicht in de ammoniak : zuurstof-dosage. In tabel XI geven wij een overzicht van de werkwijze bij 120° onder 7 à 8 Atm. druk. Dit overzicht is uitgedrukt in de verhouding van de hoeveelheid ontwikkeld koolzuur in vol. % tot opgenomen zuurstof eveneens in vol. %. De pH is de wisselende factor.

TABEL XI. (reactie-temp. 120°).

reactie pH	verhouding CO_2:O_2 (volume %)	
4.2	0.600	
5.—	0.574	
6.3	0.447	Men ziet, dat het ingrijpen bij zure reactie inderdaad sterker afbraak geeft.
6.4	0.445	
6.6	0.464	
6.8	0.442	
7.5	0.426	
8.—	0.419	

Bij 125° werkend kregen wij de cijfers van tabel XII, die over het algemeen lager liggen, maar hetzelfde verschijnsel vertoonen:

TABEL XII.

reactie pH	verhouding CO_2:O_2 (volume %)
4.7	0.577
5.—	0.567
5.6	0.523
6.6	0.505
7.—	0.490
7.2	0.495
7.4	0.353

Deze cijfers worden volkomen bevestigd door de stofrendementen. Zoo werd in de proeven D en E van tabel X, die eindigden bij pH 5.3 en 5.7, 75 % en 73 % van het eindmateriaal teruggevonden. Bij proef F, waarvan de humificatie anders was verloopen en bij pH 7 eindigde, heeft de kern N-binding de stof voor afbraak behoed. Er werd 99 % van het uitgangsmateriaal teruggevonden. Er werd bij 43 chargen (vullingen) in de semitechnische autoclaaf, waarbij de humificatie in neutraal milieu verliep, een stofrendement gemiddeld van 98.57 % gevonden. D.w.z., dat practisch geen stofvermindering plaats vond.

Dat de ammoniak hier als N-koppelaar de afbraak verhoedt, blijkt uit het feit, dat men, de pH-regeling met soda of potasch uitvoerend, *altijd lage* rendementen vindt. Er kan dan geen N-koppeling dus ook geen stofbesparing plaats vinden. Maar ook het uitgangsmateriaal speelt hierbij een groote rol en dat is vanzelfsprekend, wanneer men met versch plantenmateriaal werkt, dat geen stadium van vóórhumificatie heeft doorgemaakt. Bij rietampas, dat veel reduceerende suikers bevat en pektinen, maar weinig lignine-achtige stoffen zooals bij sphagnumveen het geval is, vindt men de lagere rendementen zooals tabel XIII laat zien.

TABEL XIII.
Rendementcijfers bij diverse pH (ampas als grondstof).

reactie pH	rendement %
5.75	70.5
6.20	73.9
6.40	82.9
6.80	78.7
6.92	81.8

Waarom stofverliezen optreden en hoe deze verloopen, zal worden behandeld in een afzonderlijke wetenschappelijke verhandeling over de structuurformule van den stabielen humus [36]).

In de elementair analyse heeft men nog een belangrijk middel om over de humificatie ingelicht te worden. Het best kan men de bereide stof karakteriseeren door de zuurstof-koolstof verhouding te bepalen.

Wanneer men weet, dat bij goed werkenden humus deze ongeveer 0.58 is, heeft men een vergelijking. Wij bepalen dan bij in zuur milieu verloopende milieux verhoudingen tot 0.68 en in alc. verloopende milieux tot 0.400. In het laatste geval stijgen de C-gehalten op aschvrije stof tot 68 %, wat hoog is en bij natuurlijke humusproducten niet gevonden wordt. Er heeft dan inkoling plaats, zooals bij de kool in bruinkool en vette kool. Men is gewoon aan den natuurlijken humus of organische stof in den grond een gehalte van 58 % toe te kennen.

Wij geven hier een voorbeeld van een analyse van een onzer producten:

C = 58.2 %
H 6.28
O. 34.48

op asch- en N-vrije stof.

De verhouding zuurstof tot koolstof hierin is 0.59 %. Waaruit dus te verklaren is, waarom men uit natuurlijke humusproducten organische zuren op de ouderwetsche wijze door oplossen en praecipiteeren kan afzonderen met 52 tot 62 % C. Blijkbaar heeft de natuur diverse condensaten of polymeren gemaakt bij zeer wisselende verhouding van zuurstof tot koppelende NH_3-N.

Uit het zeer omvangrijke materiaal, waarover wij beschikken, kunnen wij vaststellen, dat bij in te sterk zuur milieu gemaakte humusverbindingen de zuurstof-koolstof verhouding ligt boven 0.60 en bij de te alcalisch bereide producten beneden 0.50. Onze goede producten hebben een verhouding, die bij 0.59 ligt, terwijl, zooals gezegd, de verhouding van MgO-N tot kern N dan bij 0.800 ligt (gem. der fracties technisch product).

Wij zien dan ook duidelijk die twee kenmerken geheel samenvallen, hetgeen bij diepere beschouwing vanzelf spreekt. Dat diverse stofbalansen zijn opgemaakt, die de gegevens bevatten voor de kennis der bereidingsprocessen, kan hier nog vermeld worden. Wij hebben daar ook niet lang bij stil te staan. Gewogen en gemeten is alles wat in en uit de autoclaaf gaat, dus

1. aangewende hoeveelheid turf (in drogen vorm).
2. eindproduct (in drogen vorm).
3. zuurstofaanvoer en afvoer.
4. water „ „ „
5. koolzuur „ „ „
6. ammoniak „ „ „

Dat begin- en eindproduct tenslotte volledig geanalyseerd werden, spreekt vanzelf. Het is die stofbalans, die belangrijke aanwijzing geeft voor het verloop van de humificatie en het wezen ervan, zoodat men uiteindelijk zelfs in staat is gesteld tot in finesses te gaan en een structuurformule op te stellen van de eindproducten, die wij maken. Zooals boven reeds gezegd is, zal een onzer in een

[36]) In het meergenoemde proefschrift van een onzer.

afzonderlijke verhandeling daarover zijn meening geven. Het is een ingewikkeld organisch probleem, dat den landbouwkundige minder zal interesseeren [37]). Voor hem is het van belang te weten hoe het product gemaakt wordt, of de fabricage economische perspectieven biedt en welke de werking is van het beste eindproduct op den grond, die verbetering behoeft. Over de fabricage willen wij in dit hoofdstuk nog iets zeggen; over de eigenschappen van het ijken van de stof in de praktijk spreken wij in het volgende hoofdstuk.

De eigenschappen van den humus zijn hierdoor geheel verklaard.

Wanneer wij het overzicht van het hier medegedeelde willen opstellen, kan men dit als volgt doen en daardoor vaststellen hoe een technische fabricage kan worden opgezet.

1. Het is mogelijk plantenstoffen te „humificeeren" — ook de recente, indien men de oxydatieve humificatie onder pH-regeling met ammoniak opvat als te verloopen in een aantal opeenvolgende stadia. Hierbij moet men de oxydatieve doorbraak en vorming van brokstukken en derivaten als primair erkennen. Dit stadium wordt gevolgd door amineering, ringsluiting (indolvorming), condensatie- van moleculen tot moleculaire ketens. Voorts hebben hydrokinetische verschuivingen, met zuurstof als motor plaats, waarbij ten slotte een zeer stabiele evenwichtstoestand wordt bereikt.

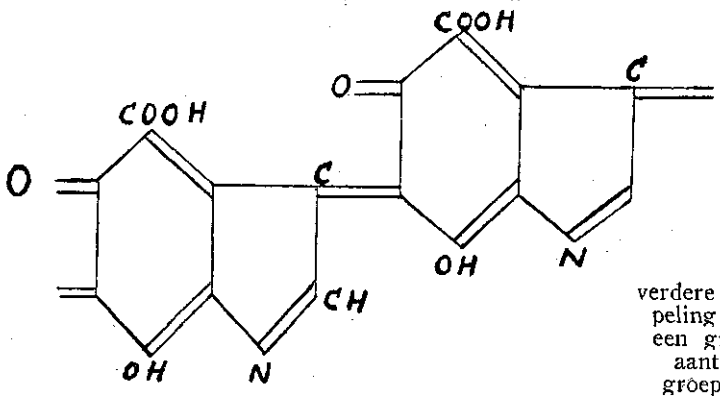
2. Het best geschiedt de bereiding van „humus" uit reeds zich een eind in de richting van humificatie bevindend materiaal als sphagnumveen. Daarbij offert men geen stof op en schijnt de afbraak juist de synthese door zuurstof-stikstofopname in evenwicht te houden.

In dit geval krijgt men rendementen van 100 %.

3. De reactie moet verloopen onder druk en bij temperaturen boven 100°, waarbij voor onze doeleinden 125° de grens is. Dit heeft het voordeel, dat de humificatie in enkele uren afloopt en wel onder de gunstige omstandigheden van warmteontwikkeling en met een betrekkelijk droge stof als eindproduct. Het droog-procédé is zeer eenvoudig.

---

[37]) De moderne organische chemie heeft de inzichten omtrent de structuur van ketens en kernen aanzienlijk verrijkt. Ook in de oxydatie- en reductieverschijnselen of in hydreeringen en deshydreering of nog anders gezegd in de hydrokinetische verschijnselen zijn onze inzichten zeer verruimd. Hierop bouwend en in verband met het geheele complex van thans verkregen experimenteele gegevens, is het mogelijk geweest een structuurformule voor te stellen voor onze stabiele humusverbindingen. Behoudens de hier niet te vermelden complicaties is de grondvorm van de formule:



verdere koppeling tot een groot aantal groepen

4. Bij de fabricage is de pH-regeling essentieel, want er mag niet te veel NH_3 ingevoerd worden, omdat dan inkoling de overhand krijgt, en niet te veel lucht, omdat dan zuren ontstaan, die voeren tot afbraak van stof. De doseering van zuurstof en ammoniak is door die regeling in de juiste verhouding te brengen.

5. Doet men dit, dan verloopt de reactie homogeen, wat kenbaar is aan de constante verhouding in de vorming van carboxylgroepen en ringsluiting door kernstikstofvorming. Dan treedt tevens een constante verhouding van gebonden koolstof en zuurstof op, zoodat ook het eindpunt groote homogeniteit bezit.

6. De eindproducten hebben de eigenschappen van echten humus: zij bieden weerstand aan biologische verbranding, geven met éénwaardige basen zeer disperse verbindingen, zijn donker bruin, zwart gekleurd, en kunnen zware kleigronden in een goede structuur brengen door de deeltjes te omhullen, zoodat aggregraten worden gevormd (zie hiervoor Hoofdstuk III en IV).

Om nog een indruk te geven van de merkwaardige resistentie tegen zuurstofopname, geven wij hier een voorbeeld uit velen in tabel XIV, die het verloop der analysen geeft van de spuigassen, gedurende de 8 uren der bereiding in de semitechnische roerautoclaaf, die een vulling heeft van 100 kg sphagnumveen.

Daaruit is te zien, hoe elk uur het koolzuurgehalte der gassen afneemt en dat van de zuurstof tot het normale luchtgehalte toeneemt.

Men kan daaruit zien, dat het ook gemakkelijk is het moment te bepalen waarop de stof gereed is.

TABEL XIV.

Analyse der *spuigassen* bij de technische bereiding in de roerautoclaaf bij 10 atm. en 120°.

Tijd	CO_2-vol. %	O_2-vol. %
2.30 uur	10.4	4.3
3.30 „	12.7	3.3
4.30 „	9.2	5.7
5.30 „	5.3	11.9
6.30 „	5.8	11.3
7.30 „	4.1	14.7
8.30 „	3.0	15.8
9.30 „	2.0	19.3

Daar de charge om 1.30 was tot stand gekomen, dus het proces inzette, ziet men, dat de reactie tusschen de gassen en het door een roerwerk omgeschepte ruwe vochtige materiaal zeer snel verloopt en in de eerste uren hevig is. Na 4 uur neemt de reactie steeds af om tenslotte te staken.

Langere behandeling heeft geen verbetering ten gevolge. Het product reageert niet meer. In den beginne bevindt zich de stof in een sterk oxydatief milieu; vermoedelijk ontstaan peroxyden. Wij zien dus ook, dat gewoon plaatijzer sterk wordt aangetast.

De technische bereiding van deze stof behoeft niet meer op moeilijkheden te stuiten. Wij hebben in de semitechnische fabriek genoeg ervaring opgedaan om de roerautoclaaf bij 10 atm. en

120 à 125° goed te laten functioneeren. De moeilijkheden van de ammoniakdosage en de luchtvoorziening onder druk zijn opgelost. Het roerwerk functioneert goed, lekkage-bezwaren behoeven niet voor te komen. De roerautoclaaf is een eenheid, die men een bepaalde capaciteit kan geven en waarvan men er verschillende in serie plaatst. De mechanische arbeid en de loonen kunnen geen groote bezwaren leveren. Het malen van het grondmateriaal vraagt daarvan de meeste energie. Draaien en roeren is eenvoudig genoeg en ook de pompen vereischen weinig extra energie. De becijfering alleen zal moeten aantoonen of het loont een stabielen humus te maken, doch dit probleem kan niet besproken worden voor men weet wat het waard is in de praktijk van den landbouw. Aan dezen kant van het vraagstuk zijn Hoofdstukken III en IV gewijd.

Wij hebben in dit hoofdstuk volstaan met het geven van een indruk van de bereiding van den stabielen humus en de gronden, waarop de mogelijkheid van bereiding berust. Een diepgaander beschouwing over de chemismen, die belangrijke groepenverschuivingen onder gedeeltelijke afbraak en daarna synthese van de brokstukken ten gevolge hebben, zal in een aparte verhandeling moeten geschieden.

Er blijft ons echter nog een punt ter bespreking, waarnaar men allicht heeft uitgezien en dat is de essentie van het SiO_2-Fe-Al-gehalte van het preparaat, dat stabiele humus moet heeten.

In hoofdstuk I is daarover gesproken en werd veel verwachting gekoesterd van deze bestanddeelen voor het stabiele product. Dit probleem heeft ons bij de bereiding in den aanvang veel bezig gehouden. Dat Fe de reacties, die voor humificatie van plantenafval noodig zijn, versnellend beïnvloedt, is reeds eenige malen vermeld.

Aanvankelijk werd dan ook Ferrum reductum toegevoegd aan het milieu, wat later bleek onnoodig te zijn, omdat wij later overgingen tot selectief hooge temperaturen en de temperatuurcoëfficient van de auto-oxydatieve reacties zoo groot bleek te zijn, dat bij ± 120° de katalytische werking van ijzer er geheel door overschaduwd wordt.

In den beginne hebben wij een licht hydrolyseerbare fijne hoogovenslak aan de massa toegevoegd om SiO_2 en Al_2O_3 in de reactie te betrekken. Omdat deze slak, die als silicakalk in den handel komt, ± 45 % CaO bevat, gebonden aan kiezelzuurverbindingen, komt daarmede helaas het Ca als betrekkelijk „storend" bestanddeel in de reactie. Als base toch wenschen wij NH_3 en niet een, die de COOH-groepen bindt en coaguleerend werkt op het geheel.

Niettemin hebben deze producten, in den bodem gebracht, uitstekend gewerkt. Een groot deel van de cultuurproeven zijn er mede uitgevoerd en zij hebben uitnemende diensten bewezen. De oudste producten in 1933 aangewend hebben tot op heden nog een krachtig effect op de structuur, nu 7 jaren na de aanwending; zij zijn dus behoorlijk stabiel gebleken.

Hoewel de producten met silicakalk bereid landbouwkundig gesproken dus goed, zelfs zeer goed voldoen, was er een reden van economischen aard om dit product niet meer te gebruiken. Het bleek n.l., dat kiezelzuur in colloïdalen vorm, de activiteit van het aluminium kan achteruit zetten. Het aluminium activeert het product in de eerste plaats, want het is het verbindende element, dat organische stof en klei verbindt, zoodat een film zich om de kleideelen kan hechten.

Het komt dus op de dosage van het Al aan en daar dit door colloidaal kiezelzuur gedesactiveerd kan worden, speelt ook de SiO_2-Al_2O_3-verhouding een rol bij de activiteit van den stabielen humus. Van het eerste product heeft men b.v. 10.000 kg per ha noodig om zeker structuurverbeterend effect te bereiken, terwijl men met ons nieuwe product, waarbij wij overwegend Al-zouten uit Bauxiet bereid, gebruiken, hetzelfde tot stand kan brengen met 3000 kg per ha.

Daardoor komt de aanwendbaarheid dus binnen practische grenzen.

De dosage van het Al is een gewichtig punt bij de activeering van het product en ook zorgvuldig uitgewerkt. Daarover spreken wij in het vierde hoofdstuk en daar zal men zien, dat overschrijding van een zekere grens ook weder desactiveering ten gevolge heeft. Dit alles geldt die gronden, welke fijn dispers materiaal bevatten, dat gedispergeerd is tusschen de grovere fracties van kwarts en mineraalresten, welke als skelet dienen en waarbij structuurmoeilijkheden ontstaan juist door de dispersiteit van het fijne materiaal. Heeft men echter met grovere gronden te doen, die minder fijn actief kleimateriaal bezitten, doch overwegend kwarts bevatten, dan zijn weer andere humus-Al-Si-complexen noodig om die gronden tot een betere structuur te dwingen. Met deze aangelegenheden zijn wij nog bezig en wij zullen er in deze verhandeling niet over spreken, omdat wij het eerst over de kleigronden willen hebben, nl. de zware en middelzware gronden, waar verbetering vooreerst van meer belang is.

Wanneer het klinisch onderzoek erop wees, dat kiezelzuur, Fe en Al een groote invloed zouden kunnen hebben op de „humuseigenschappen", is dit dan ook bewaarheid, doch de toedracht is eenigszins anders dan aanvankelijk werd verwacht. Deze stoffen hebben dus uitsluitend met de activiteit te maken en niet met de stabiliteit, zooals wij dachten. Zij zijn dus de verbindingselementen tusschen de organische stoffen en het te aggregreeren klei- of (en) fijne zand. Men zal dus ook begrijpen, dat in gronden waar Al, Fe en SiO_2 in omloop zijn of door bepaalde biologische omzettingen worden mobiel gemaakt, de kans bestaat, dat bij aanwezigheid van bepaalde organische stoffen, stabiele humus ontstaat met actieve eigenschappen.

Wanneer wij nu een definitie van het product, dat wij „stabielen en actieven humus" willen noemen, zouden moeten geven, kan dit allicht in de volgende formule tot uiting komen.

Stabiele en actieve humus is een organisch product met een aantal phenolgroepen en carboxylgroepen, die in verhouding van 1 : 1 staan. Het molecuul bevat kern N in een indolbinding en heeft een chinoide karaktertrek. Het is donkerbruin tot zwart, dispergeert in éénwaardige basen, slaat uit de dispersie neer met tweewaardige basen en waterstof en biedt weerstand aan biologische verbranding. Het bevat een O : C-verhouding van $\pm$ 0.59 en een verhouding van uitwisselbare N tot kern N van ongeveer 4/3, wanneer de uitwisselbare basen door NH_4 zijn vervangen bij een pH van 6.5. Het heeft door zijn Al-gehalte de eigenschap om op fijne kleien te kleven en deze tot een aggregratie te dwingen.

Het geheel heeft een adsorbtiecapaciteit van 2.25 m.aeq. per gr (bij pH 6.5 bepaald).

Wij zullen deze eigenschappen in de volgende hoofdstukken bespreken.

HOOFDSTUK III.

De invloed van diverse praeparaten op den bodem en op den plantengroei.

De proeven, die wij met de tallooze praeparaten hebben genomen, kunnen bezwaarlijk alle besproken worden. Daar de bereiding der praeparaten herhaaldelijk wijziging onderging ter wille van de doelbewuste verbetering en wij tenslotte de beste onder hen aanhielden, zullen wij hier slechts de hoofdeigenschappen dezer producten weergeven. De moeilijkheid van de beoordeeling van het product is gelegen in het feit, dat wij verplicht zijn dit af te leveren met $\pm$ 4 % uitwisselbaar ammonium, d.w.z. dat het product *ook* als NH_4-meststof beoordeeld dient te worden. De eerste vraag is dus: „is deze NH_4-N een behoorlijk plantenvoedsel en werkt het beter of minder dan de bekende stikstofvormen?" In ons geval is het NH_4-ion organisch gebonden en wel aan een molecuul, dat de pretentie heeft *niet* aangetast te worden door biologische invloeden. Wanneer men het dus vergelijkt met andere NH_4-meststoffen komen daarvoor in aanmerking ammoniumsulfaat, ammoniumnitraat en ammoniumbicarbonaat. Zoo gezien moet het humaat voordeelen hebben, omdat het tegen-ion niet zoo schadelijk werken kan als die der sterke anorganische zuren. Wij kennen volkomen de omstandigheden, waaronder de ammoniakzouten dier sterke zuren ons in den steek laten; het zijn de zoogenaamde zure milieux, waarin de verhooging van de waterstof-ionenconcentratie (langs biologischen weg in dit geval) tot verlaging der stikstofrendementen aanleiding geeft, die zelfs *zoo* gevaarlijk worden kan, dat deze in „negatieve rendementen" omslaat. Wij moeten dus wat dit betreft van het ammoniumhumaat *voordeel* verwachten op zure of zwak zure gronden tegenover het sulfaat of nitraat. Daar wij evenwel voor zulke gronden toch reeds de ammoniakzouten vermijden en het natriumnitraat (Chilisalpeter) nemen, moet daarom het product X ook met de werking van Chilisalpeter vergeleken worden. Op alcalisch reageerende (basenrijke) gronden zal de vergelijking het best met de ammoniakzouten van zwavelzuur en salpeterzuur het duidelijkste beeld geven van de waarde van het gebonden NH_4 bij den stabielen humus. Men zal overigens bij dit onderzoek goed in het oog moeten houden, dat wanneer eenmaal vastgesteld is, dat het aldus gebonden NH_4 nog *niet* minder is dan de vergelijkende andere meststoffen, het mestprobleem voor de beoordeeling van den stabielen humus geen probleem meer is. Hoofdzaak is en blijft de structuurverbeterende werking, omdat pas dan, wanneer deze werking blijft, althans voor een voldoend aantal jaren blijft, het doel van ons streven bereikt mag worden geacht.

Niettemin zullen wij eenige aandacht aan de stof zelf moeten wijden en dus ook aan de wijze van NH_4-binding en de werking van dezen stikstofvorm. De stof is een zwart poeder, geheel amorph, het riekt zwak naar ammoniak, maar staat de ammoniak niet aan de lucht af. Zelfs bij lang opslaan in behoorlijke verpakking neemt het gehalte aan uitwisselbare ammoniak niet af. Een verblijf in de humide tropen gedurende 1 jaar heeft de stof niet veranderd. De stof bevat, zooals alle fijn organisch materiaal, hygroscopisch water. Bij de fabricage komt het gereed met 16 à 20 % vocht.

Daardoor blijft het in een goed strooibaren vorm. Het volumegewicht bedraagt ± 0.80, zoodat het weinig volumineus is, in tegenstelling met het uitgangsproduct, dat een volumegewicht van 0.25 heeft. In water gebracht, is de massa uiterst dispers; wanneer men het in grof zand mengt en dit met water percoleert, wordt het quantitatief in het drainwater terug gevonden. In fijn zand blijft een deel hangen. In klei gemengd in de juiste hoeveelheid spoelt het niet uit. Alles hecht zich op de klei, tenzij men te *veel* op den kleigrond heeft gebracht.

Het verplaatsen in den grond is een groote puzzle geweest, totdat het inzicht rijpte, dat men het materiaal zeer dispers moest maken en goed peptiseerbaar. Dit punt werd reeds in den aanvang van hoofdstuk II behandeld. Het inwerken van deze stof geschiedt het best, wanneer de grond voor het zaaibed is klaar gemaakt, zoodat men dit met de schijvenegge kan bewerken en dan niet dieper dan 10 cm. Aanvankelijke goede menging is van zeer veel belang; de beste verplaatsing en verdeeling geschiedt echter door regenwater (door het indrogen van de klei en weer volzuigen van de poriën).

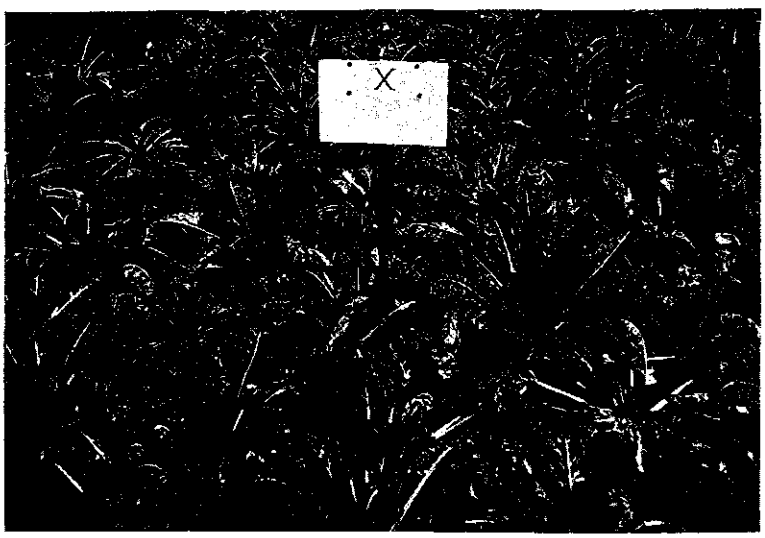
In den beginne werkten wij met producten, waaraan ten aanzien van de verhoudingen: humus-kiezelzuur-Aluminium nog onvoldoende aandacht was geschonken. Ook hadden wij toen de diverse methoden om de structuurverbetering te meten nog onvoldoende in de hand om duidelijk de kleine verschillen te meten, zoodat onze eerste proeven, die wij vermelden, ten aanzien van onze latere nog vele onvolkomenheden te zien gaven. Wij hebben die producten gekenmerkt door het teeken X_1; de latere zijn X_2-producten genoemd, of *geactiveerde* stabiele humusproducten.

Bij de X_1-producten trof het direct, dat bij voorjaars-aanwending kort na het uitstrooien en het licht onderwerken met schoffel of greep op lichte gronden of met de vleugelegge op zwaardere gronden, de grond op de behandelde veldjes veel sneller indroogt dan op de kunstmestperceeltjes. Hetzelfde ziet men bij de potproeven. Het X_2-product veroorzaakt dit verschijnsel in nog sterker mate. Geschiedt dit wanneer de jonge planten zich ontwikkelen, dan treft het in het bijzonder, dat ze op de behandelde perceeltjes het langst frisch blijven en bij aanhoudende droogte het minst lijden.

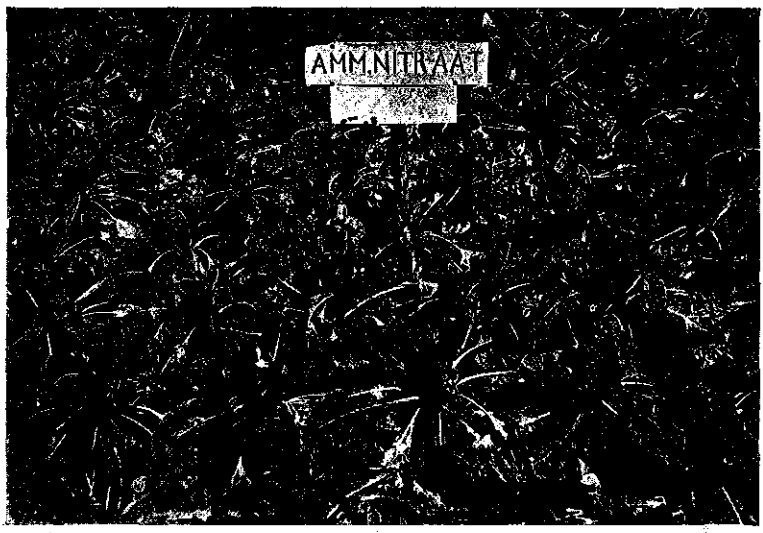
Wanneer men een profiel graaft, ziet men, dat alleen de bovenlaag uitdroogt, ongeveer 1 à 3 cm diep en dat de grond daaronder vochtig blijft. Bij de lichte gronden is dit verschijnsel soms zeer duidelijk waar te nemen. Afb. 3 geeft dit uitnemend weer, terwijl afb. 4 en 5 bieten laten zien in een droge periode, n.l. die op het X-veldje normaal en die op een kunstmestperceeltje er naast slap en lijdend. Er hebben zich tijdens ons onderzoek tallooze voorbeelden voorgedaan met dezelfde of soortgelijke verschijnselen. Een proef, die dit verschijnsel nader onderzocht, willen wij hier vermelden. Een van de proefveldgronden, een tamelijk grove zandgrond met 4 % fractie $<2\mu$, gemerkt „Dorskamp", diende als proefobject. Geëxperimenteerd werd in zoogenaamde Neubauer-bakjes, waarvan de bodem werd bedekt met glaszand en waarin centraal een glazen buisje werd gestoken. Op het zand werd 570 gr. van den zandgrond gevuld om de centrale glazen buis van 0.8 cm doorsnede heen. Door voorzichtig water in de buis te vullen, werd via het zand de grond, die vochtig was ingebracht op 50 % van de watercapaciteit vochtig gehouden. Er waren 9 bakjes in duplo volgens onderstaand

Afbeelding 3.
Rechts beneden veldje met X-1 behandeld. Scherp is de grens met de niet aan de oppervlakte indrogende kunstmestperceeltjes.

schema ingevuld. Bij droog weer werden de bakjes buiten gezet, zoodat de zon en wind de verdamping bevorderden. Bij slecht weer stonden ze onder glas (in de kas). Elke dag werd gewogen en juist zooveel gedestilleerd water bijgevuld als verdampt werd. De proef duurde 4 weken. De serie was als volgt:



Afbeelding 4.
Het stijf blijven der bietenbladeren bij behandeling met X-1.



Afbeelding 5.
Het slap hangen van bieten bij bemesting met kalkammonsalpeter.

1. onbemest.
2. bijgemengd met 11.4 gr. grof turfstrooisel.
3. „ „ 11.4 „ fijngemalen turfstrooisel.
4. „ „ product X_1 '35 11.4 gr., een der eerste producten.
5. „ „ kalksalpeter (1.16 gr.).
6. „ als 5 en met 11.4 gr. fijngemalen turfstrooisel.
7. „ met zwavelz. amm. (0.853 gr.) met 11.4 gr. fijngemalen turfstrooisel.
8. „ met Amm.nitraat (0.500 gr.) met 11.4 gr. fijngemalen turfstrooisel.
9. „ als 8 en met 11.4 gr. grof turfstrooisel.

Na de periode van 4 weken had het onbemeste bakje 425 gr. verdampt. Wanneer wij de verdamping der andere bakjes in % hiervan uitdrukken, vonden wij:

1.	onbemest	100%
2.	grof turfstrooisel	80 „
3.	fijngemalen turfstrooisel	87 „
4.	X I '35	47 „
5.	kalksalpeter	114 „
6.	kalksalpeter + fijngemalen turfstrooisel	78 „
7.	zwav. amm. + „ „	73 „
8.	amm. nitraat + „ „	75 „
9.	„ „ + grof turfstrooisel	69 „

Wij zien, dat het X_1-product iets minder dan de helft van het water heeft laten verdampen, dan de gronden in de natuurlijke ligging. Product X_1 conserveert 53 % vocht, de turfstrooiselmengsels 13 à 20 %. Mengt men den grond met zouten, dan blijkt kalksalpeter de oppervlakteverdamping te versnellen. Menging van

zouten en turfstrooisel verlaagt de verdamping met ongeveer 25 à 30 %.

Met een zwaren kleigrond met + 32 % deelen $<2\ \mu$ die kalkarm was, namen wij een soortgelijke proef. Wij vonden:

1.	onbehandeld	100%
2.	X I '35 toevoeging 1 % (op den grond berekend)	51 „
3.	mergel „ 0.5 % „ „ „ „	88 „
4.	X I (als 2) met evenveel mergel als 3	50 „
5.	fijn turfstrooisel 1 % met mergel	68 „

Ook hier conserveert X I van '35 het vocht het best [38]). Men krijgt zeer sprekende cijfers, wanneer men niet de ondiepe Neubauerbakjes gebruikt, maar glazen cylinders van 20 cm hoogte.

De voorraad grond is dan hooger. De zandgrond, die voor de eerste proef diende, verdampte met X_1 gedurende Augustus 1935: 186 cc aq. en met turfstrooisel en kalk in de maand Augustus: 334 cc aq. De vochtbesparing tegenover het fijngemalen turfstrooisel is 148 cc of op de laatste pot betrokken:

$$\frac{148}{334} \times 100 = 44.3\ \%.$$

De stof X_1 aan grond toegevoegd, conserveert het vocht door afdekking met een droge laag. Het bewijst het lyophobe karakter van de met de humus omkleede bodemdeeltjes en tegelijkertijd het kruimelend effect. Wat dus een nadeel schijnt, is in wezen een voordeel en wel geheel op dezelfde wijze als de natuur dit doet bij gronden, die door hun hoog gehalte aan organische stof een voortreffelijke kruimelstructuur bezitten. Dat het kunstmatige product veel sterker werkt dan turfstooisel is een belangijk feit. Bij de beschreven laboratoriumproeven is tot 1 % stabiele humus aan den grond toegevoegd. Bij de veldproeven van afb. 3, 4 en 5 was het 0.15 % tot 0.3 %. Bij X_2 gaan wij gemiddeld niet boven 0.1 % en bereiken hetzelfde effect.

Het indrogingseffect is reversibel; bij een zachte regenbui wordt het contact van oppervlak en vochtigen ondergrond hersteld en bij indrogen weer verbroken. Hetzelfde bereikt men bij potproeven, wanneer men de potten met een fijne broes besproeid.

Het personeel kent bij den schoffelarbeid de met het kunstmatige product behandelde perceeltjes direct aan den geringeren weerstand. Zij verkorsten niet of werken de verkorsting sterk tegen, hetgeen wij in hoofdstuk V nader zullen bespreken.

Onder bepaalde omstandigheden kan deze eigenschap een oogst redden; omstandigheden, die zelden zoo zijn gecombineerd, dat wij het als flagrant feit kunnen waarnemen. De uitdroging mag niet te lang duren om het langst profiteerende gewas ook aan te tasten, de regen moet op het tijdstip invallen, dat hij dit laatste gewas juist redt en het achtergeblevene reeds zoodanig geschaad is, dat het niet meer door regenval te herstellen is. Wij hebben dit bij onze proeven slechts een paar malen ontmoet. Wij zullen één proef vermelden, omdat deze proef bij het structuuronderzoek een groote rol heeft gespeeld. Het was een proef met een zwaren kleigrond, afkomstig van het proefveld van Ir. Cleveringa te Etten, genomen op de

[38]) Ook met zeer geringe hoeveelheden X_2 van de orde van 0.1 % werden aanzienlijke reducties in de verdamping bereikt.

boerderij van den heer E. Poodt. Deze Oude IJselklei heeft een gehalte aan 40 % deelen $<2\ \mu$ en was van huis uit arm aan kalk. Er waren 4 kalktrappen, waarvan I de kalkarme grond is. No. II de 1e, No. III de 2e en No. IV de 3e of overkalkte trap. In tabel XV is de oogst van 1935 aan mosterd (totaalgewicht) genoteerd bij 3 giften van X_1 en wel naar 3000, 6000 en 9000 kg per ha. Dit product X_1^{88} was in 1933 gegeven. Het bleek later, dat wat de SiO_2:Al_2O_3-verhouding betreft, dit product slechts ⅓ van de activiteit bezit van de later verbeterde X_2-producten, zoodat de maximum structuurverbetering eerst bij een gift van 9000 kg is te verwachten.

In 1935, dus 2 jaar na de aanwending was alle uitwisselbare NH_4 verdwenen in de vorige oogsten. Het is dus een nawerkingsproef. De bemesting was bij alle vakken dezelfde en wel:

kalksalpeter 100 kg per ha berekend
Sec.-Ca-fosfaat 100 „ P_2O_5 „ „
kaliumsulfaat 100 „ K_2O „ „

Tabel XV geeft van het resultaat een overzicht.

TABEL XV.

Grammen luchtdroog materiaal per vakje.

	Zonder X_1	6000 kg X_1	9000 kg X_1
kalktrap I	1.10	0.75	2.4
„ II	24.85	28.20	37.2
„ III	27.65	33.25	50 95
„ IV	34 80	39.30	83.50

De beste opbrengst kon bij serie IV verwacht worden. Wij zien, dat de X_1-giften van 3000 en 6000 kg per ha den oogst niet van belang hebben beïnvloed, dat gebeurde eerst bij de 9000 kg van het oude product X_1, productiejaar '33 (dat ⅓ van de activiteit bezit van de X_2-producten).

De proef bewijst voldoende, dat de X_1-producten reeds een zeer bijzondere werking bezaten en dat het volkomen verantwoord was het onderzoek voor te zetten. Men krijgt zelfs al eenige denkbeelden omtrent de stabiliteit van het materiaal, omdat de vakken in de buitenlucht liggen en dus alle wisselingen van het klimaat, dus ook de winteruitspoeling, mede maken. Wij hebben in het weergegevene met een echte „humuswerking" te maken, die de praktijk zoo gaarne ziet. Diezelfde merkwaardige humuswerking vonden wij in een reeks potproeven, die wij met X_1 '34 opzetten en die als volgt beschreven kan worden.

Een tweetal gronden — een echte oude veenkoloniale van de proefboerderij te Borgercompagnie met 17 % gloeiverlies en een zeer oude klei met 40 % deelen $<2\ \mu$ werden in Mitscherlichpotten ingevuld. Wij vergeleken de reactie van haver op diverse N-giften gegeven in den vorm van uitwisselbare N van product X_1 '34 en in den vorm van een mengsel van $Ca(NO_3)_2$ en NH_4NO_3. Per pot werd gegeven resp. 500, 750, 1000, 1250, 1500 en 1750 mgr. N. In 1935 werd geen essentieel verschil in opbrengsten gevonden tusschen de overeenkomende N-hoeveelheden in de aangeduide vormen. Toen werd spinazie nageteeld, die op de X-series zoowel op veenkolonialen als op den ouden kleigrond slaagde, maar op

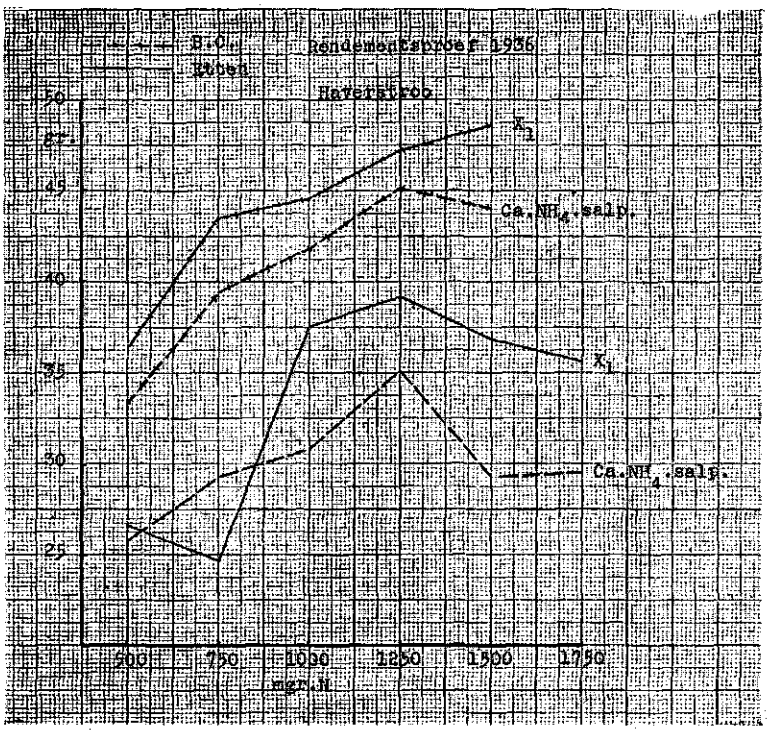
de kunstmestreeksen mislukte vanwege het hooge zoutgehalte. Hetgeen als een bijkomstig voordeel van de organische stof X_1 kan worden aangemerkt. De spinaziecultuur werd spoedig geëindigd en de potten werden den winter buiten gezet, zoodat ze konden uitregenen. Overtollige zouten, waaronder de genitrificeerde N-resten konden worden uitgespoeld. In 1936 werd opnieuw haver gezaaid en op dezelfde wijze bemest als in 1935, n.l. met een grondbemesting van $CaHPO_4$ en K_2SO_4, $MgSO_4$ en verder de N, zooals hierboven aangegeven is. Wij verkregen de opbrengsten van fig. 9 en 10. De eerste geeft de grafiek voor stroo, de tweede voor korrelopbrengsten weer. Duidelijk is de betere werking van het X-preparaat op beide gronden. Bij den veenkolonialen grond over de geheele linie, zonder regressie bij de hoogste gift, wat de kunstmest N *wel* doet. En bij den zwaren kleigrond is het verschil evenzeer evident, al liggen de opbrengsten op lager niveau en al treedt reeds bij de 1250 mgr. N-gift zoowel voor X_1 '34 als voor den kunstmest een duidelijke regressie op.

Wij zien hierbij dus duidelijk iets van een cumulatieve werking en een nabootsing van hetgeen wij tenslotte zullen moeten aanraden, n.l. om de structuurverbeterende gift niet ineens toe te passen, maar in twee malen, zoodat men in de hoeveelheid van $\pm$ 3000 kg per ha, die een grond behoeft van het nieuwe product X_2, niet de volle 120 kg uitwisselbare stikstof geeft, doch in twee keer achter elkaar. Wat de NH_4-N-werking betreft bij de eerste gift hebben wij vaak waargenomen, dat die niet zelden beter werkt dan bij kunstmestaanwending. In dit geval was de eerste gift minstens evengoed als wanneer wij de stikstof half in den vorm van kalksalpeter half in den vorm van ammoniaksalpeter gaven.

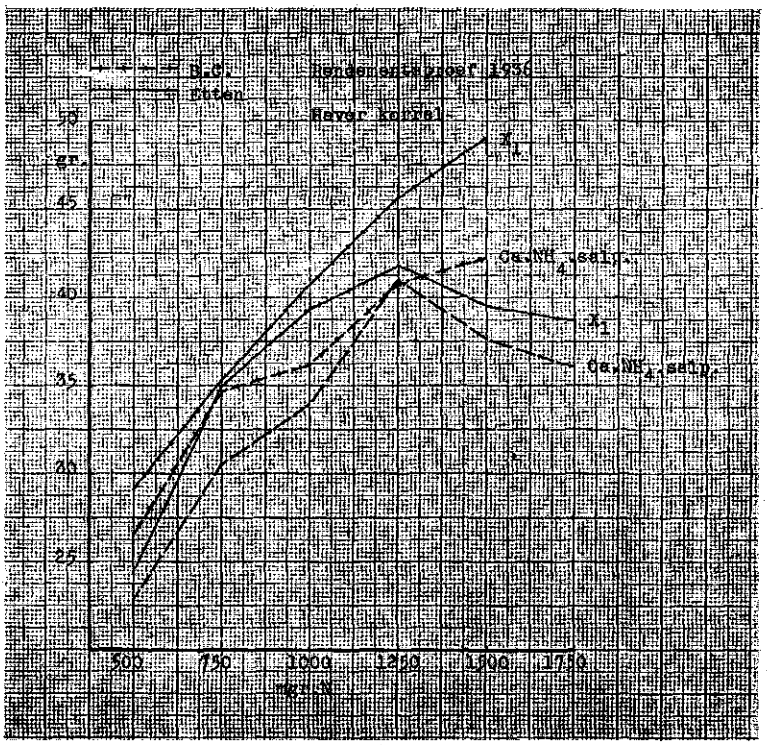
Wij wenschen hier een ingewikkelde proef te vermelden, die wij op een armen zandgrond aanlegden ter vergelijking van diverse fosfaten en waarbij wij gelegenheid vonden om in de stikstofbemesting variaties aan te brengen met enkele X_1-producten.

De grond is een preglaciaal grindhoudend grof zand, met een fijne fractie van $<2\ \mu$ tot ongeveer 4 % en is tamelijk humusarm. Met de methode Ischtscherekow vindt men $\pm$ 2 %. Over het ontstaan dier fijne fractie is men niet zeker. Schrijvers van dit artikel meenen, dat zij ontstaan is uit remineralisatie van de organische stoffen, welke in een armelijke boschvegetatie zijn neergelegd en later bij het rooien van het bosch en het in beslag nemen door een primitieve cultuur zijn geoxydeerd. De fijne fractie gelijkt in hare eigenschappen sterk op het materiaal, dat wij als fijne fractie hebben achtergehouden na de behandeling van een humuszandgrond met H_2O_2, en waarover in het eerste hoofdstuk is gesproken.

Op dien grond hebben wij in de lengte-richting diverse fosfaatmeststoffen vergeleken, n.l. beendermeel, Thomasslakkenmeel en tertiair fosfaat, in diverse giften van resp. 40; 80 en 120 kg P_2O_5 per ha. Dwars daarover waren diverse kalkgiften aangebracht, zoodat men bij 11 fosfaatverschillen, 7 kalktoestandsverschillen aantrof. Er waren dus 77 perceelen. Elk van deze werd nu in tweeën gedeeld, waarvan de eene helft met een X_1-product werd voorzien en de andere helft met een N-houdende kunstmeststof werd behandeld. De kalibemesting werd voor alle perceelen gelijk genomen. De A-helften ontvingen X_1 34 en de B-helften kunstmeststikstof



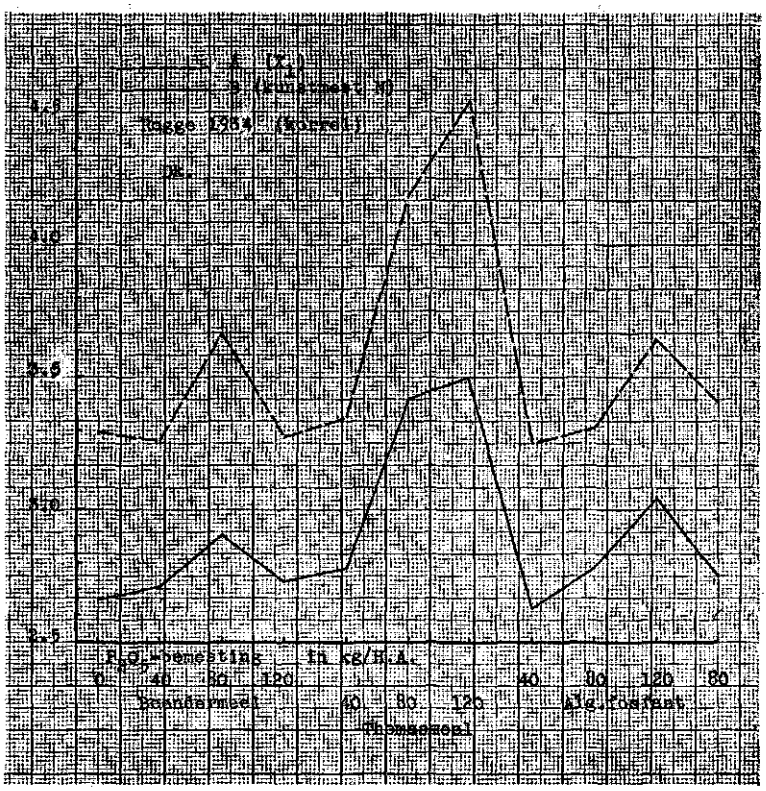
Figuur 9



Figuur 10.

in den vorm van Ca $(NO_3)_2$ met enkele procenten ammoniumnitraat; gegeven werd op de zomerrogge naar 70 kg N per ha.

In figuur No. 11 is grafisch de opbrengst aan korrels weergegeven. De A-lijn, die de X-werking voorstelt, ligt steeds boven de B-lijn. Zij gaat met de werkingslijn van de fosfaatinvloeden (naar hoeveelheid en vorm) mede. In dit opzicht ontwaren wij geen bijzonderheden. Stellen wij evenwel de grafiek op naar de kalktoestanden (uitgedrukt in afwijkingen van een verzadiging tot pH 6.5, als kg $CaCO_3$ per eenheid actief materiaal (tekort met — gemerkt en overmaat met +) dan krijgen wij een merkwaardig inzicht. Wij zien dan, dat de betere werking van het X-product ligt aan de kalkarme zijde (Fig. 12).



Figuur 11.

Wilde men de betere werking van een organische NH_4-verbinding verklaren, dan zou men aan betere nitrificatie kunnen denken bij geringe H-ionen concentratie. Dit is hier niet het geval. Wij kunnen dus slechts verwachten, dat het de dispersiteitsvermindering is geweest, die het X_1-product heeft tegengewerkt.

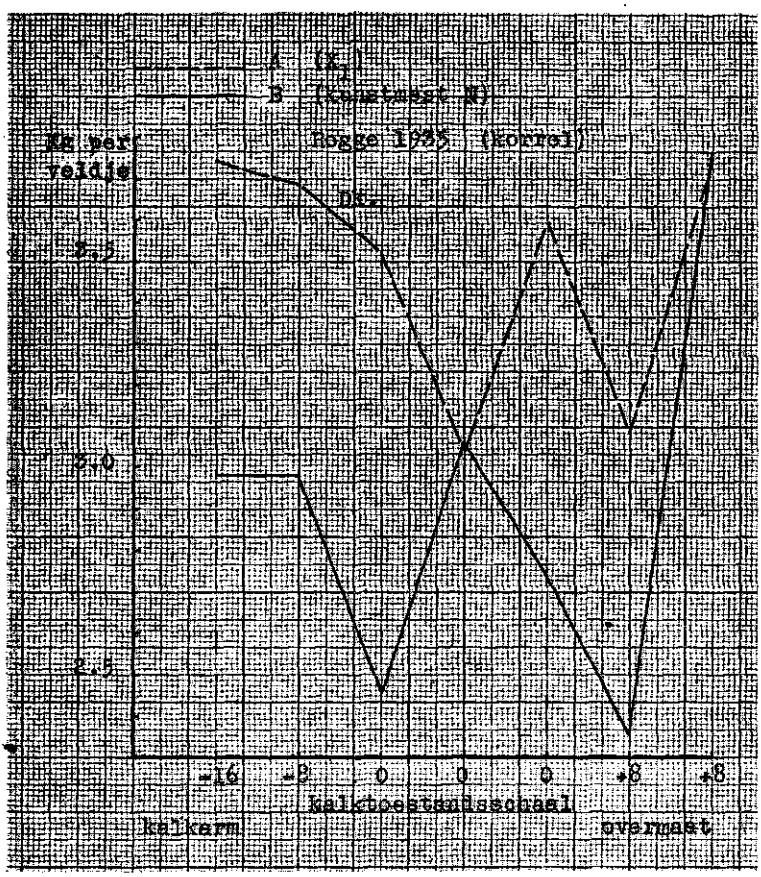
Dat één + 8 groep (met 11 fosfaatvariaties) een veel betere werking vertoont, is dan weer niet te begrijpen, tenzij men aanneemt, dat deze + 8 waarde verkregen was met een hoogovensiak, die overwegend uit een snelgekoeld kalksilicaat bestaat. De H.L.-gewichten zijn over de diverse series verschillend. Zij zijn voor de

A-strooken:

beter bij 40 kg P_2O_5 als beendermeel en minder bij 80 kg P_2O_5
„ „ 120 „ „ „ beendermeel „ „ „ 80 „ P_2O_5
„ „ 40 „ „ „ Thomasmeel „ „ „ 40 „ P_2O_5

of naar de kalktoestanden gerangschikt:

beter bij —8 en minder bij —16
„ „ 0 (verkregen met mergel „ „ „ 0 (verkregen met kalksilicaat)
„ „ +8 (verkregen met kalksilicaat).



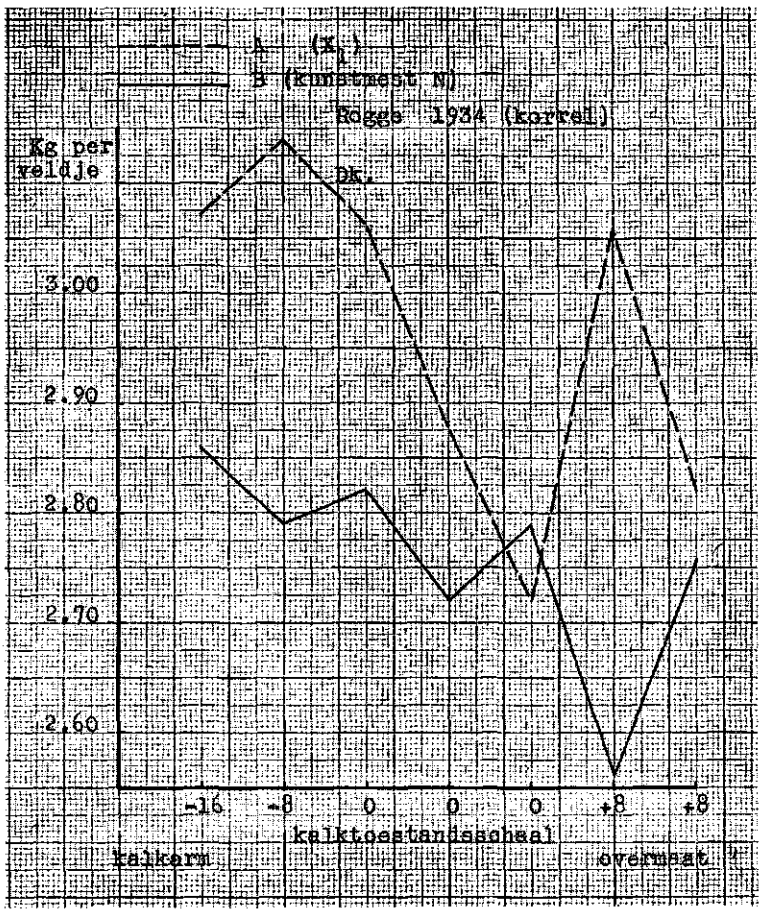
Figuur 12.

Er schijnt hier niet de minste regelmatigheid voorhanden. Wat de opbrengsten betreft, is er een duidelijke uitspraak in het voordeel van X_1-werking tegenover het handels-kalksalpeter (dat 3½ % ammoniaksalpeter bevat). In de kwaliteits beschouwing is er onregelmatigheid. Daarentegen ligt het PO_4-gehalte van de korrel op de A-serie gemiddeld overal hooger. Naar de kalktoestanden gerangschikt, vonden wij de volgende cijfers:

TABEL XVI.

	A-strook	B-strook
—16 met mergel	0.53	0.49
— 8 „ „	0.55	0.54
0 „ „	0.58	0.57
0 „ silicakalk (fijn)	0.56	0.53
0 „ „ (grof)	0.55	0.53
+ 8 „ „ (fijn)	0.59	0.59
+ 8 „ „ mergel	0.54	0.52

Belangrijk waren de resultaten met hetzelfde gewas en dezelfde bemestingen in 1935. Toen waren de verschillen even zoo in het voordeel van het X_1-product. Fig. 13 toont het voor de korrel-



Figuur 13.

opbrengsten aan, gerangschikt naar de variaties in de kalktoestandsverschillen. De merkwaardigheid is, dat op de tweede O-strook (met 11 fosfaat-variaties in 1935) *geen* X-product was gegeven om eventueel „nawerking" te kunnen onderzoeken en deze strook was

met kalksalpeter uit den handel bemest. Er werd geen nawerking gevonden, wel een cumulatieve nawerking op de andere strooken. Aanvankelijk leek dit onwaarschijnlijk, doch thans weten wij, dat het product X_1^{84} in de toen aangewende hoeveelheid onvoldoende was voor de werking, die wij er aanvankelijk van verwachtten. Dat nawerking ontbreekt, is, wanneer men de structuurwerking in het oog vat, dan begrijpelijk. De aangewende hoeveelheid van stof X_1^{84} was *niet* in staat deze structuurverbetering te veroorzaken.

Vermeldingswaard is, dat de X-oogsten alle rijker waren aan stikstof en fosforzuur, dus ook nu in kwaliteit over de geheele linie uitblonken, waaruit geconcludeerd kan worden, dat de N- en P-rendementen, dank zij de herhaalde aanwending van het X_1-product hier beter waren.

Deze resultaten zijn geheel gelijk aan die van de potproeven, welke hierboven zijn weergegeven. Ook daar vonden wij eerst duidelijke verschillen bij de herhaalde aanwending. Dat wij bij eerste aanwending van de X_1-producten geen of onbelangrijke verschillen met kunstmestaanwending aantroffen, is ook bij andere proeven herhaaldelijk voorgekomen. In enkele vonden wij dit dan gepaard gaan met een aanvankelijken voorsprong van het X_1-product, die later verdween en werd ingehaald door de kunstmestperceelen.

Van een „tweede" aanwending hebben wij nog een paar voorbeelden, die vermelding behoeven, op soortgelijken grond als het juist beschreven proefveld. Evenwel met dit verschil, dat de gronden veel langer in cultuur waren. Ook hier was het gewas zomerrogge. Bij het voorgewas op beide proefvelden, n.l. aardappelen, waren geringe verschillen waargenomen. In 1935 was het anders. Wij beschrijven eerst het proefveld gemerkt „terrein". Hier werden diverse hoeveelheden X_1 aangewend, berekend naar het gehalte aan uitwisselbare N en vergeleken werd met even groote N-giften in den vorm van het handelsproduct, kalkammonsalpeter. De perceelen waren in viervoud. De basisbemesting van fosfaat en kali was overal dezelfde.

Aanvankelijk waren de verschillen zeer groot en in het voordeel van X_1^{85}. Wij namen van de diverse perceelen op 6 Mei monsters, toen de uitstoeling begonnen was en vonden cijfers volgens onderstaand overzicht.

TABEL XVII.

Behandeling	aantal planten per monster	aantal uitgestoelde planten per monster	aantal uitstoelingen in %
zonder N	16	2	12.5
15 kg N/ha als X_1	19	6	31.6
15 „ „ „ kalkamm.	10	4	40.—
30 „ „ „ X_1	10	10	100.—
30 „ „ „ kalkamm.	17	9	53.—
60 „ „ „ X_1	10	10	100.—
60 „ „ „ kalkamm.	13	10	77.—
90 „ „ „ X_1	12	12	100.—
90 „ „ „ kalkamm.	12	11	92.—
120 „ „ „ X_1	14	14	100.—
120 „ „ „ kalkamm.	19	16	84.—

Op een later tijdstip (23 Mei) werden zorgvuldig monsters genomen volgens het „random" principe van Fisher. Deze monsters werden onderzocht met het resultaat van onderstaande tabel:

TABEL XVIII.

Behandeling	gemiddelde lengte in cm hoofd-halm	zij-halm	100 pl. wegen droog in gr	% N	opgenomen N in mgr in 100 planten
zonder N	22.1	afw.	16.6	2.7	45
15 kg N/ha als X_1	29.2	19	27.7	2.48	69
15 „ „ „ kalkamm.	24.9	17	26.2	2.37	62
30 „ „ „ X_1	39.1	23.3	81.1	2.27	191
30 „ „ „ kalkamm.	26.2	17	28.4	2.38	68
60 „ „ „ X_1	39.3	29.3	85.0	3.25	276
60 „ „ „ kalkamm.	29.3	19.5	51.2	2.41	123
90 „ „ „ X_1	41.7	30.1	78.6	3.05	240
90 „ „ „ kalkamm.	34.8	22.1	59.1	2.50	148
120 „ „ „ X_1	45.1	31.9	96.7	4.10	397
120 „ „ „ kalkamm.	30.4	28.5	65.7	2.98	196

Het voordeel van de X_1-stof aanwending is vooral bij de hoogere N-giften zeer groot. Wij hadden dan ook op dezen grond een buitengewoon resultaat verwacht. Helaas was de groeiperiode, die nu volgde, door droogte ongunstig, zoodat wij den indruk kregen, dat juist de voorlijkste planten een oogenblik het sterkst leden. Men kan dit ook aan de korrelopbrengsten, zoowel als aan de strooopbrengsten zien. Gemiddeld werd geoogst:

TABEL XIX.

Behandeling	korrel kg	stroo kg
zonder N	5.63	10.08
15 kg N/ha als X_1	7.17	13.42
15 „ „ „ kalkamm.	7.11	12.66
30 „ „ „ X_1	8.35	15.65
30 „ „ „ kalkamm.	8.07	14.66
60 „ „ „ X_1	9.60	17.98
60 „ „ „ kalkamm.	9.06	16.97
90 „ „ „ X_1	9.19	18.35
90 „ „ „ kalkamm.	9.19	17.20
120 „ „ „ X_1	8.08	18.67
120 „ „ „ kalkamm.	9.62	18.39

Eenige voorsprong is overgebleven ten voordeele van X_1, vooral in de stroo-productie, doch niet noemenswaard. Wij zullen zien, dat later bij de 3e aanwending bij bieten de X-aanwending wel groote voordeelen brengt.

Het tweede voorbeeld, dat wij wenschen aan te halen, geeft het proefveld gemerkt v. Br. II.

Het is een der interessantste proefvelden geweest, dat wij in 1935 exploiteerden. Achter elkaar lagen de perceeltjes in 4 herhalingen volgens het schema van onderstaande tabellen. Ook hier werd gemeten en gewogen als bij het proefveld „terrein". De eerste uitkomst bij deze metingen en wegingen van planten op 23 Mei 1935 was:

TABEL XX.

Behandeling	Lengte gem. in cm		100 pl. wegen in gr droog	N-gehalte %	N opgenomen in mgr per 100 pl.
	hoofdhalm	zijhalm			
geen N	20	afw.	10.3	2.50	25.8
25 kg N/ha als X_1	29	17	30.1	2.14	64.4
25 „ „ „ kalksalp.	24.5	afw.	14.8	2.21	32.7
50 „ „ „ X_1	37	21.1	48.5	2.55	123.6
50 „ „ „ kalksalp.	26.8	afw.	22.6	2.69	60.8
75 „ „ „ X_1	39.7	23	64.—	2.69	172.2
75 „ „ „ kalksalp.	28.3	16	21.3	3.23	68.8

Er was bij deze proef een zeer groote voorsprong door de aanwending van het X-product. Dit moge blijken uit afb. 6 en 7 (bl. 65) die een overzicht geven van de proefveldstrook. Het veld lag gegolfd voor den toeschouwer, die op een hoog punt staande alle X-veldjes als donker groene golftoppen kon onderscheiden van de minder sterk gekleurde kunstmestperceelen, die als golfdalen functionneerden. Een bijzonderheid deed zich nog voor. Op 10 Juli brak na de droogteperiode een bui los, die de kunstmestperceeltjes alle tot legeren bracht, terwijl de veldjes met X min of meer staande bleven, of indien zij gelegerd waren geweest, na 2 dagen weer opgericht waren. Afb. 8 (bl. 66) doet dit zeer duidelijk zien.

De slotopbrengsten waren gunstig voor het humusproduct, doch niet in die mate, als men op grond van de plantenanalysen van 23 Mei had verwacht.

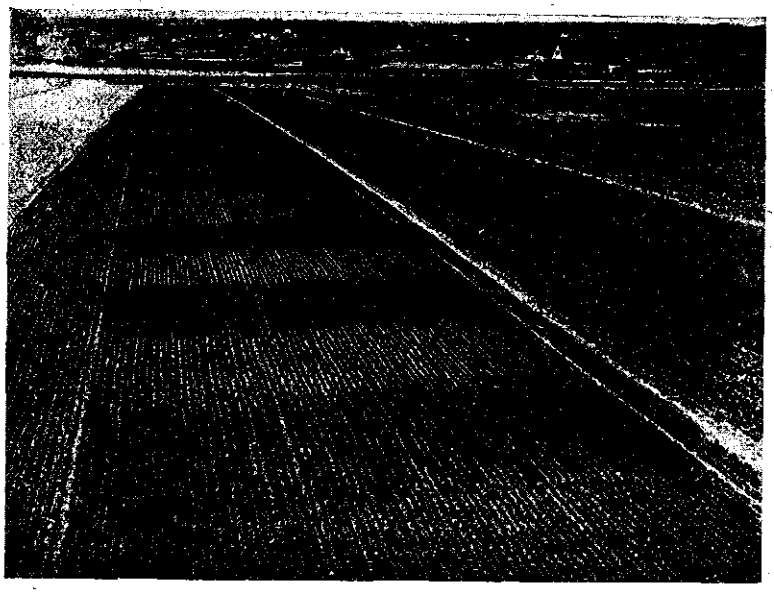
Geoogst werd:

TABEL XXI.

Behandeling	kg per veldje	
	korrel	stroo
geen N	9.81	24.88
25 kg N/ha als X_1	14.09	35.01
25 „ „ „ kalksalp.	13.04	32.30
50 „ „ „ X_1	16.80	41.79
50 „ „ „ kalksalp.	14 23	36 48
75 „ „ „ X_1	16.76	44.22
75 „ „ „ kalksalp.	14.62	38.40

Wanneer wij ons afvragen, waarom de zomerrogge op het proefveld „terrein" niet in de eind-opbrengsten de verschillen te zien gaf tusschen de humus-ammoniakbemesting en de kunstmest en het proefveld v. Br. II wel, terwijl beide in den aanvang een treffend voordeelige werking van het organische praeparaat te zien gaven, dan moeten wij denken aan het verschil in bodemgesteldheid, dat wij helaas niet nader kunnen definieeren.

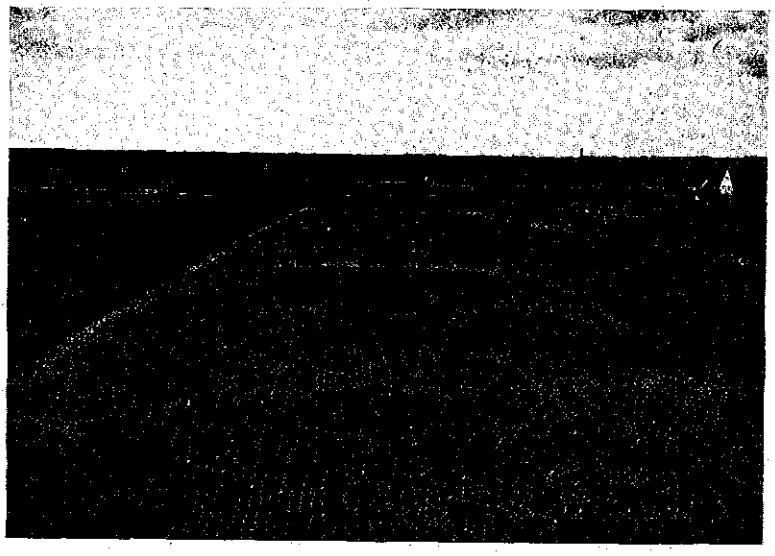
Dat juist door het herhaald voorkomen van de zeer bijzondere werking van de X_1-praeparaten naast degenen, waar van een eenmalige X_1-aanwending weinig voordeel werd ondervonden, aansporing werd geoefend op het voortzetten der proeven, lag voor de



Afbeelding 6.
De strooken met X-2 behandeld, afgewisseld met kunstmest.
Opname begin Mei 1935.

hand. Wij kregen door dit verschijnsel dan ook sterk den indruk, dat de tot nog toe bereide producten wel een echte werking bezaten, die wij aan den stabielen humus toeschrijven, maar niet in voldoende mate.

Naast deze proeven zijn tallooze potproeven genomen, die nu eens een zeer gunstige werking, dan weer een gewone stikstofwerking te zien geven. In geen enkel geval hebben wij een schadelijke werking te zien gekregen. Bij het onderzoek van diverse producten,



Afbeelding 7.
Dezelfde strooken als van afb. 6. Einde Juni 1935.

die met geringe variaties in de bereidingswijze werden gemaakt, speciaal met schommeling in de reactie, bleek, dat altijd de neutraal bereide producten de beste uitkomsten geven. Een enkele maal vinden wij hooge, zelfs zeer hooge rendementscijfers met gunstige kwaliteitsverbeteringen, dan weder zijn de voordeelen minder evident of waren de resultaten der stikstofwerking niet van die der gewone kunstmestseries onderscheiden. Wij zullen uit de vele gevallen daarvan alleen vermelden, dat niet zelden de graankorrel gelijkmatiger is bij X-aanwending; dat bij Brusselsch lof de spruiten grooter en fijner van smaak zijn. Het komt niet voor, dat de gelijkmatigheid of de smaak minder is.

Afbeelding 8.
Op den voorgrond kunstmestperceel met legerende rogge na regenbui. Op achtergrond met X-2 behandelde grond, waar de rogge staande is gebleven.

Tenslotte zullen wij nog een serie proeven in hun geheel vermelden, waarvan de resultaten een goed denkbeeld geven van hetgeen het stabiele product als meststof vermag.

Wij vermelden eerst een voortgezette proef op kleinere cultuurvakken in den proeftuin van 1.5 m doorsnede en 9 m lengte naast elkaar gelegen op denzelfden grond. Er zijn 8 strooken, die zich in den kalktoestand alleen onderscheiden, doordat zij bij den aanleg stijgende hoeveelheden kalkmergel ontvingen.

Nu waren deze vakken in 1930 aangelegd en beplant geweest met achtereenvolgens houtsoorten, bloemen, bieten en vlas. In 1934 zijn deze naast elkaar liggende vakken van 1.5 × 9 m in 3 deelen verdeeld, zoodat men op alle kalktoestandstrappen nu 3 veldjes van 1.5 × 3 m heeft. Vanaf 1934 krijgt een serie dwars over de kalktoestandstrappen steeds stikstof in den vorm van een X_1-product, een andere steeds in den vorm van kalkammonsalpeter en de derde serie ontvangt Chilisalpeter als stikstofmest. De P en K bemestingen zijn voor alle veldjes gelijk.

De grond bevat 10 % deelen $<2\mu$ en heeft ongeveer 2.8 % org. stof. De geadsorbeerde basen zijn bekend en er werd vastgesteld,

dat over *alle* perceelen het gehalte aan Na, Mg en K gelijk is, te weten in % van de adsorbtiecapaciteit, bepaald met Ca-acetaat van pH 6.5, 4 % Na, 4 % Mg en 3 % K. De rest is Ca of H. De pH-waarden waren bij het begin van deze proef:

No. 1	kalkarm	5.0
2		5.1
3		5.35
4		5.65
5		6.50
6		6.85
7		6.8
8	kalkrijk	7.1

In 1935 werd den 9en Mei de N-mest gegeven, nadat van te voren K en P als patentkali en secundair fosfaat waren toegekend, beide naar 100 kg per ha. Aan stikstof werd 75 N (bij X uitwisselbare N) gegeven. Denzelfden dag werd gele mosterd gezaaid.

Het groeiverloop was interessant; terwijl van meet af aan de mosterd, die H-rijken grond schuwt, op de X-strook zeer goed groeide, was dit gewas op de kalkammonsalpeter-strook armelijker, naarmate de grond kalkarmer was. Ook bij Chilisalpeter zag men beteren groei, naarmate men naar de strooken met hooger Ca-gehalte kwam.

De totaalopbrengsten en die aan zaad vielen als volgt uit, in grammen per perceeltjes aangegeven:

TABEL XXII.

Strook	met X_1		kalkamm. salpeter		Chilisalpeter	
	totaal	korrel	totaal	korrel	totaal	korrel
1. kalkarm	1690	415	675	155	1165	195
2.	1630	420	1015	225	1305	215
3.	1760	410	1330	285	1610	250
4.	1795	455	1305	250	1395	235
5.	1755	460	1450	295	1650	310
6.	1710	385	1480	285	1655	330
7.	1570	370	1560	340	1775	400
8. kalkrijk	1445	340	1090	265	1165	275

Bij alle N-giften is een stijging en een daarop volgende regressie; bij kalkammonsalpeter het sterkst, bij X_1 het zwakst. Wij zien bij toedienen van de organisch gebonden NH_4 juist in de lage kalktoestanden een buitengewone werking! Het Ca-armste veldje brengt met X_1 reeds meer aan zaad op, dan het maximum van Chilisalpeter op trap 7. De beste opbrengst van kalkammonsalpeter op trap 7 blijft een flink eind beneden het kalkarme X_1-veldje. Telt men over alle kalktoestandstrappen op, wat iedere N-meststof presteerde, dan vindt men:

	Zaad + stroo	Korrel
voor X_1	13355 gram	3255
„ kalkammonsalpeter	8905 „	2100
„ Chilisalpeter	11720 „	2210

Bepaalt men het aantal grammen stroo, dat 1 gr. korrel heeft geproduceerd, dan vindt men onderstaand overzicht:

TABEL XXIII.

Strook	bij X_1	bij kalkammonsalpeter	bij Chilisalpeter
1. kalkarm	3.1	3.4	5.—
2.	2.9	3.5	5.1
3.	3.3	3.7	5.4
4.	2.9	4.2	4.9
5.	2.8	3.9	4.3
6.	3.4	4.2	4.—
7.	3.2	3.6	3.4
8. kalkrijk	3.3	3.1	3.—

Bij de X_1-behandeling is het getal 3 ongeveer constant en normaal; bij kalkammonsalpeter schommelt het van 3 tot 4 en bij Chilisalpeter is veel blad en stengel gevormd en weinig zaad bij de trappen 1 tot en met 6. Alleen bij de hooge kalktrappen werd de verhouding weer normaal.

Een analyse van N, P, Ca en K werd eveneens uitgevoerd. Zij behoort niet tot dit onderzoek, zoodat wij alleen volstaan met de vermelding, dat de gehalten der X_1-oogsten gunstig waren, n.l. òf beter òf van dezelfde orde als die der andere opbrengsten. De H.L.-gewichten muntten evenwel weer uit, wat blijkt uit onderstaande cijfers:

TABEL XXIV.

Strook	met X_1	Kalkammonsalpeter	Chilisalpeter
1. kalkarm	73.8	70.2	69.2
2.	74.8	71.6	68.2
3.	74.4	74.8	72.—
4.	74.—	74.8	72.—
5.	74.4	74.2	73.8
6.	74.2	74.8	73.6
7.	73.8	74.—	72.4
8. kalkrijk	73.6	71.6	74.4

Bij de volgende jaren kunnen wij korter zijn.

In 1936 werd laat blauwmaanzaad geteeld, dat ernstig van de luis leed. In 1937 werd lupine verbouwd, die onder werd gewerkt (geen oogst bepaald); in 1938 werden voederbieten geplant, die ernstig van de droogte leden en in 1939 zomertarwe, die eveneens een fatale droogteperiode moest doorworstelen.

De papaveroogst aan bollen, de bieten- en de suikeropbrengst en de tarwe-opbrengst zullen achtereenvolgens zonder commentaar worden weergegeven. Wederom werden in die jaren dezelfde meststoffen in dezelfde kwantiteiten aangewend.

TABEL XXV.

Blauwmaanzaad 1936. Opbrengst aan zaadbollen gr per veldje.

Strook	met X_1	kalkammonsalpeter	Chilisalpeter
1. kalkarm	715	1410	745
2.	625	1115	560
3.	535	625	385
4.	455	425	350
5.	420	390	395
6.	405	375	390
7.	410	465	545
8. kalkrijk	610	435	415

De X_1-opbrengsten zijn beter dan die van Chilisalpeter, maar niet beter dan die van kalkammonsalpeter.

TABEL XXVI.

Voederbietenopbrengst in knollen en suiker 1938, in gr per veldje.

Strook	met X_1		kalkammonsalpeter		Chilisalpeter	
	knollen	suiker	knollen	suiker	knollen	suiker
1. kalkarm	11500	748	1800	100	5800	406
2.	15100	891	3600	212	10000	620
3.	16000	976	9800	617	10700	685
4.	18500	1110	12300	775	9000	549
5.	20600	1195	16600	1062	10800	756
6.	21200	1378	19100	1261	17600	1109
7.	19700	1478	10300	793	11000	616
8. kalkrijk	18200	1201	6600	521	4300	374

Hier is de uitslag niet twijfelachtig en heeft het X_1-product weer de bovenhand.

Het proefveld „terrein" werd in 1936 met voederbieten beplant en weer behandeld als de vorige jaren. Het ontving dus de humus-NH_4-verbinding voor de 3e maal. Wij zullen de uitkomst slechts in een drietal kolommen aangeven. In de eerste plaats van planten geoogst bij het dunnen en in de tweede plaats de opbrengst aan knollen en suiker.

TABEL XXVII.

	Drooggewicht in gr van 100 gr uitgedunde pl. 12/6-'36	Eindopbrengst in kg	
		knollen	suiker
zonder N	10.3	113.1	11.1
15 kg N/ha als X_1	14.1	131.1	12.7
15 „ „ „ kalkamm.	12.6	122.5	12.0
30 „ „ „ X_1	17.3	168.3	15.8
30 „ „ „ kalkamm.	16.9	160.6	14.8
60 „ „ „ X_1	21.3	192.5	18.0
60 „ „ „ kalkamm.	18.0	168.9	16.0
90 „ „ „ X_1	23.6	215.1	19.6
90 „ „ „ kalkamm.	20.1	175.2	16.2
120 „ „ „ X_1	25.7	232.—	20.1
120 „ „ „ kalkamm.	19.6	176.1	15.6

Al naarmate meer N wordt toegediend, worden de verschillen voor het org. N-product gunstiger. In knollen uitgedrukt, is de meeropbrengst ten aanzien van dezelfde hoeveelheid N in den vorm van kalkammonsalpeter:

Voor	15	kg	N	7	%
,,	30	,,	,,	5	,,
,,	60	,,	,,	14	,,
,,	90	,,	,,	23	,,
,,	120	,,	,,	32	,,

Men ziet in deze cijfers berekend uit 4 parallellen een doorloopende stijging.

Na den voederbietenoogst werd het geheele perceel met winterrogge en voederbieten bezaaid om voor het voorjaar 1937 een groene bemesting te winnen. De rogge ontving een overbemesting van 20 kg N in den vorm van ureum. In Mei werd het menggewas, dat matig ontwikkeld was, ondergeploegd en daarna werden suikerbieten gezaaid in kunstmest alleen, dus nu werd een „na"-werking onderzocht.

De groenbemesting heeft de bedoeling gehad, dezen grond, die geheel uitgeput is, voor zoover den biologischen buffer aangaat, weer eenigszins op peil te brengen. Wij hebben natuurlijk geen stalmest willen aanwenden hoewel de praktijk dit geëischt zou hebben. temeer omdat het perceel in kwestie gewoonlijk sterk de vergelingsziekte vertoont, wanneer suikerbieten worden gezaaid.

De bieten zijn dan ook zeer ziek geworden, doch het was opmerkelijk, dat de perceeltjes, die 3 jaren de X-producten hadden ontvangen, minder sterk aangetast waren. De 4 parallel strooken ontvingen nu 2 aan 2 verschillende hoeveelheden kalkammonsalpeter en wel 2 strooken naar 75 kg per ha en 2 naar 125 kg per ha. De opbrengstverschillen door de hoogere N-gift ontstaan, zijn gering, wij noteeren alleen de eindopbrengsten in kg:

TABEL XXVIII.

Behandeling vorige 3 jaren	bieten	suiker
geen N	60.7	9.1
15 kg N/ha als X_1	72.5	10.8
15 ,, ,, ,, kunstmest N	66.7	10.3
30 ,, ,, ,, X_1	68.2	10.3
30 ,, ,, ,, kunstmest N	62.2	9.1
60 ,, ,, ,, X_1	70.1	10.2
60 ,, ,, ,, kunstmest N	62.9	9.5
90 ,, ,, ,, X_1	71.5	10.6
90 ,, ,, ,, kunstmest N	64.9	9.6
120 ,, ,, ,, X_1	68.9	10.3
120 ,, ,, ,, kunstmest N	60.4	9.1

Worden de opbrengsten van alle vroegere X_1-velden opgeteld, en die van alle kunstmestperceelen, dan vinden wij voor:

	X_1	kunstmest	meer bij X_1 in %
bieten	351.2	317.1	17.5 %
suiker	52.2	47.6	9.7 %

Bij deze proef is, ondanks het zeer ongunstige groeijaar

door het sterk optreden van de vergelingsziekte, een duidelijke nawerking van de X_1-producten opgetreden.

De beschreven proeven zijn alle met X_1-producten genomen. Daar wij met de X_2-producten in hoofdzaak de structuur-onderzoekingen hebben uitgevoerd, zullen wij daar nog over enkele opbrengstresultaten spreken. De NH_4-N-werking is echter bij de X_1-producten geheel dezelfde als bij X_2, zoodat het geen zin heeft over die werking onderzoekend ook de verbeterde X_2-producten te betrekken.

Voor wij met een kort overzicht van de N-werking besluiten, rest ons nog een onderwerp te behandelen, dat voor de praktijk van groot belang is. Het product, dat wij maken, is ammoniumhumaat in de terminologie van *„Sven Oden"*, dus als dispers materiaal zeer actief. Het zal in den grond omwisselingsreacties kunnen aangaan met de kationen, die daar de samenstelling van de bodemvloeistof beheerschen. Men kan dus verwachten, dat wanneer men Ca-rijke gronden heeft, het materiaal als Ca-humaat zal uitvlokken en onoplosbaar worden. Daar het NH_4 in het organische complex van den stabielen humus niet geheel uitgewisseld behoeft te worden om een onoplosbare stof te leveren, is het van belang te weten bij welke Ca-NH_4-verhouding de oplosbaarheid of dispergeerbaarheid verdwijnt.

De volgende proef toont aan hoe het Ca-gehalte de „oplosbaarheid" beheerscht. Een hoeveelheid van een X_1-preparaat overeenkomende met 2 gr. organische stof werd in 40 gr zuiver kwartszand gemengd en dit mengsel in een glazen buis van 25 cm lengte en 1.2 cm inw. doorsnede gevuld; het mengsel rustte op een wattenprop, waarop 2 cm zuiver kwartszand was gelegd. De vulling wordt door een laag van 3 cm kwartszand afgedekt. Hierop werd gepercoleerd met 500 cc van een oplossing van NH_4-acetaat en Ca-acetaat in diverse verhouding. De pH was 6.5. Daarna werd uitgewasschen met water en bepaald wat daarin oploste in 500 cc waschvloeistof (de zoutenoplossing leverde een zwak geel gekleurd percolaat) en tenslotte hoeveel NH_4 en hoeveel Ca in het onopgelost geadsorbeerd achterbleef.

TABEL XXIX.

No.	Samenstelling percolatie opl.	Org. stof opgel. in wasch.w. %	Samenstelling ads. complex per gram	
			m.aeq. NH_4	m.aeq. Ca
1	0.2 N.NH_4 ac.+0.00 Ca-ac.	18	0.76	0.30
2	0.2 „ „ +0.001 „	17	0.76	0.69
3	0.2 „ „ +0.005 „	0	0.78	0.93
4	0.2 „ „ +0.010 „	0	0.81	1.20
5	0.2 „ „ +0.020 „	0	0.72	1.49

Wij verkrijgen hierbij precies hetzelfde verschijnsel als bij echte veenkoloniale gronden, n.l. dat de 2-waardige ionen, in casu het Ca, de oplosbaarheid of dispergeerbaarheid bepalen en dat de ads.-capaciteit niet met éénwaardige doch met tweewaardige ionen bepaald moet worden. De complexen der éénwaardige ionen zijn sterk gehydrolyseerd, dus zijn nooit verzadigd, zooals dit bij de vrijwel

ongedissocieerde Ca-complexen het geval is. De ads.capaciteit van dit product is 2.25 m.aeq. Alleen dus bij de verhouding 0.72 m.aeq. NH_4 en 1.49 m.aeq. Ca is dit getal bereikt, Ca moet dus overwegen! Bij serie 4 met 0.8 m.aeq. NH_4 tegen 1.20 m.aeq. Ca is reeds gedissocieerd, zoodat de adsorptie-capaciteit maar 2 m.aeq. bedraagt. De oplosbaarheid is bij 0.76 m.aeq. NH_4 en 0.69 m.aeq. Ca reeds 0, wanneer dan bij 0.8 m.aeq. aan het totaal de adsorptiecapaciteit ontbreekt. Omdat in den grond altijd Ca aanwezig is, wordt dus, indien het product X eenmaal in den grond is, dit achtergehouden en op de deeltjes-oppervlakte vastgelegd.

De adsorbtie-capaciteit bij pH 6.5 voor het Ca-ion met Ca-acetaat bepaald, is 2.25 m.aeq. per gram organische stof, wat voor een humusverbinding zeer mooi is. Bij het onderzoek van diverse natuurhumusproducten, b.v. van heidegrond, venen en van uit zulke producten gemaakte cultuurgronden van ouden tot recenten datum vinden wij adsorbtie-capaciteiten van 1.1 m.aeq. tot 2.35 m.aeq. De meeste waarden liggen even onder waarde 2. De stof X neemt dus een zeer gunstige plaats in.

Nu is het van groot belang bij een zoo uitermate dispers materiaal als het X-preparaat, dat het bij het toedienen aan den grond in natte perioden, niet door weg- of uitspoeling verloren gaat. Brengt men het b.v. in *zuiver* zand, dan kan men het door aanhoudende percolatie inderdaad uitspoelen. Doch nauwelijks bevat de grond kleimateriaal van eenige beteekenis, of het zet zich vast op het colloidale oppervlak, zoodat zelfs na grondige percolatie slechts zwak gekleurde percolaten ontstaan.

Van de uitspoelproeven, die wij namen, zullen wij er enkele weergeven, die voldoende duidelijk aantoonen, dat er een oppervlaktevastlegging plaats heeft op de met X_1^{34} behandelde gronden, waardoor ook gedurende den winter veel minder uitwisselbare N uit den grond verdwijnt. Wij behandelden 5 lichte zandgronden, afkomstig van op diverse wijzen behandelde perceelen en wel:

1. Permanent proefveld Wageningen, 22 jaar onbemest pH 5.2.
2. „ „ „ „ „ K.P. + eenige malen CaO, pH 7.8.
3. „ „ „ „ „ N(chili) K.P. pH 6.
4. „ „ „ „ „ N (zwav. amm.) K.P. (zeer kalkarm) pH 4.8.
5. proefveld Dorskamp „ 3 jaar onbemest.

Deze gronden werden in Mitscherlichpotten gevuld en resp. in 5 series als volgt behandeld:

a) 2 gr N in den vorm van zwavelz. ammoniak.
b) 2 „ „ „ „ „ „ uitwisselbare N van stof X_1^{33}.
c) 1 „ „ als zwav. amm. en 1 gr N als uitwisselbare N van X_1^{33}.
d) 2 „ „ in den vorm van niet uitwisselbare N, dus kern N van X_1^{33}.

Het product was bereid door uitwassching met $\frac{n}{10}$ HCl, jammer genoeg bleef er sporen N in uitwisselbaren vorm achter.

e) Geen N-toevoeging.

De potten stonden de maanden Dec. '33 en Jan., Febr., en Maart '34 in den regen. Er viel 116 mm neerslag; het percolaat werd opgevangen en doorloopend geanalyseerd volgens de methode-Devarda. Practisch al het in het drainwater aanwezig N was NO_3-N, behalve op den zeer zuren grond 4, waar veel NH_4-N werd gevonden. Om te verhinderen, dat bizondere biologische processen oorzaak zouden worden van NO_3 of NH_4-ontleding werden de percolaten met koper of chloroform gesteriliseerd.

Wij vonden in mgr N uitgedrukt verliezen van:

TABEL XXX.

	Grond 1	2	3	4	5
Behandelingswijze a	1275	1447	1335	1709	1676
„ b	537	491	415	574	612
„ c	1020	969	816	1060	1147
„ d	133	135	159	175	178
„ e	105	94	113	162	151

Corrigeert men de N-verliezen met de verliezen, die bij de onbehandelde gronden werden aangetroffen, dan kan men een tabel samenstellen, die de procentische verliezen uitdrukt.

TABEL XXXI.

	Grond 1	2	3	4	5
Behandelingswijze a	58.—	62.6	61.1	77.4	76.2
„ b	21.6	19.9	15.1	20.6	23.1
„ c	45.8	43.8	35.2	44.9	49.8
„ d	1.4	2.1	2.3	0.7	1.4

De werking van X_1[33] is derhalve, wat de stikstofverliezen betreft, evident gunstig geweest. Dat werkelijk de kern N in de X-producten ontoegankelijk is voor de biologische aanvallen, wordt zeer duidelijk gedemonstreerd.

Nu zou men nog kunnen aannemen, dat de uitwisselbare N, waarvan de met het X_1-product behandelde gronden 77 tot 85 % conserveert in deze zeer lichte gronden met uiterst weinig afslibbare deelen, in den grond verdwijnt als kern N of wordt gereduceerd en als elementaire N weggaat. Om dit na te gaan, hebben wij een aparte proef opgezet en wel met een zavelgrond, die min of meer kalkarm is en dezelfde, die wat kalkrijker is gemaakt, afkomstig van het proefveld te Rha, door *Cleveringa* als kalktoestandsproefveld geëxploiteerd. Verder nog grond der perceelen van het permanente proefveld te Wageningen met No. 3 en No. 4 hierboven aangeduid (resp. met pH 6.5 en 4.8).

Deze gronden ontvingen in Mitscherlichpotten in den herfst 2 gr N in een serie als uitwisselbare N van product X_1, als zwavelzure ammoniak en als Chilisalpeter. Er spoelde in den winter 100 mm regen door den grond, waarna de potten binnen werden gezet. De zavelgronden hadden ruim 35 % van de NH_4-stikstof uit de zwavel-

zure ammoniak verloren, de X-potten verloren ± 12 % en de potten, die Chilisalpeter ontvingen, waren kwantitatief uitgeput met 100 % NO_3-N-verlies. Wij vermelden hieronder de haveropbrengsten aan korrel en stroo, berekend uit 4 parallellen voor den zavelgrond en twee van de lichte zandgronden.

TABEL XXXII.

	grammen per pot	
	korrel	stroo
Rha, matig kalkarm		
zonder N	4.2	7.3
X_1^{34}-N	22.5	22.7
Zwav. amm.-N	24.1	23.5
Chili-N	4.8	8.2
Rha, matig kalkrijk		
zonder N	2.1	4.3
X_1^{34}-N	25.5	24.5
Zwav. amm.-N	23.6	22.7
Chili-N	2.4	4.9
Lichte zandgrond, pH 6.5		
zonder N	2.—	4.9
X_1^{34}-N	27.3	34.5
Zwav. amm.-N	17.2	26.3
Chili-N	2.1	5.4
Lichte zandgrond, pH 4.7		
zonder N	1.6	4.8
X_1^{34}-N	25.—	33.3
Zwav. amm.-N	18.2	24.4
Chili-N	2.1	5.4

Er blijkt duidelijk uit, dat de zandgronden een uitnemende strooproductie hebben gehad met het X_1^{34}-product en dat de stikstof goed geconserveerd bleef. Van een denitrificatie was weinig merkbaar. Jammer genoeg werden de culturen sterk door meeldauw aangetast, waardoor de korrelproductie achterbleef. Het achterblijven van de Z.A.-potten is duidelijk, zij moesten het met 40 % van de N doen en men verwondert zich slechts, dat zij het nog zoo ver brachten. Dat hier alle NO_3-N van de Chiligift met het drainwater wegspoelde, behoeft geen toelichting.

Om een indruk te geven van de basisbemesting, vermelden wij, dat elke pot 625 mgr KCl ontving, 750 mgr $MgSO_4.7$ aq. bij den aanleg en later bij overbemesting nog 550 mgr. KCl en 680 mgr $Ca(H_2PO_4)_2$.

Dat op den lichten kleigrond van Rha met een nog vrij groot inwendig oppervlak (deelen $< 2\,\mu = 14$ %) het X-product zijn NH_4 uitwisselt, ligt voor de hand. Zoowel de matig kalkarme als de matig kalkrijke bevatten voldoende Ca om een Ca-humus-verbinding te doen neerslaan en om het NH_4 in te wisselen. Maar bij den zandgrond, die hoogstens 4 % van de deelen $< 2\,\mu$ bevat, met ± 3.5 = org. stof, is het zeer bizonder, dat de zeer kalkarme grond nog zooveel van het X-product werkzaam laat zijn, dat er een korrelopbrengst mogelijk is, die bijna 40 % boven die met ammoniumsulfaat ligt. Hier is dus verschil in de anioneninvloed, n.l. het anorganisch SO_4, tegen het ongedefinieerde organische humus-complex.

Of wij deze tegenstelling als een humuswerking voor moeten stellen, is een vraag, die thans nog niet beantwoord behoeft te worden. Maar het feit is belangrijk genoeg om als overgang te kunnen dienen naar de algemeene werking der X-producten, die in sommige gevallen uitzonderlijk blijkt te zijn en zeker *niet* verklaard kan worden door de stikstofwerking alleen.

Voor den landbouwer komt het op de algemeene werking aan, die een som is van het effect van enkele eigenschappen. Voor den onderzoeker komt het er op aan, die eigenschappen in hun wezen te leeren onderscheiden, opdat men kan zeggen, welke som daaruit resulteert in de diverse omstandigheden, waarin het dynamisch systeem, dat bodem heet, verkeert. Hier staan wij nog voor een zeer moeilijk vraagstuk, dat slechts opgelost kan worden, wanneer wij de diverse ervaringen klinisch verwerkt hebben.

Na deze uitéénzettingen zal men verlangend zijn de bewijzen te ontvangen van de stabiliteit van de diverse praeparaten. Voor het grootste deel behoort dit bewijs thuis bij de bespreking van den structuurverbeterenden invloed, want het is deze eigenschap, die blijvend moet zijn en niet die van de bemestingswaarde.

Niettemin is er in dit hoofdstuk iets van te zeggen. Het bewijs van stabiliteit kan op velerlei wijze geschieden. Men heeft daar evenwel tijd voor noodig, want deze stabiliteit berust op een tijdsbegrip. Men moet dus het praeparaat eenige jaren in den grond laten liggen en dan zoowel dien grond bebouwen als onbebouwd laten liggen. Dien opzet hebben wij gevolgd. De vraag is dan welke kenmerken van den behandelden en onbehandelden grond zal men volgen? Voor de hand ligt het gehalte aan org. stof te bepalen, maar de methodiek om kleine verschillen van 0.1 % nauwkeurig vast te stellen, is ten eenenmale onvoldoende gebleken. En het zijn *die* kleine verschillen, die den practicus interesseeren, want dat grond van dichte structuur met *veel* organisch materiaal te verbeteren is, is te evident om er langer bij stil te staan. Maar zulke maatregelen zijn duur en behoeven herhaling. Daarover is in het eerste hoofdstuk voldoende gesproken.

De methoden om langs chemischen weg het gehalte aan org. stof te bepalen, berusten alle op oxydatie daarvan, hetzij door de natte verbranding met kaliumbichromaat en zwalvelzuur of met een ander oxydens als kaliumpermanganaat en waterstofperoxyde. Wij hebben zorgvuldig alle methoden onderzocht, doch bevonden, dat deze alle te wijde foutengrenzen hebben om nauwkeurig uitsluitsel te kunnen geven.

Daarom bleef, wat de chemische methoden aangaat, slechts een weg open om het product in ophooping te geven, dus in hoogere concentraties dan 0.1 %. Zoo'n proef gaf de resultaten in tabel XXXIII vermeld. In 1933 werden diverse grondsoorten met X_1^{88} voorzien en wel met 6000, 9000 en 100.000 kg per ha berekend, hetgeen verhoogingen aan organische stof beteekent van 0.13, 0.2 en 2.1 %. In 1936, dus 3 jaren *na* de aanwending werden de org. stofgehalten volgens Ischtscherikov met kal. permanganaat bepaald. Wij vonden als gemiddelden van 6 bepalingen de in de tabel, medegedeelde cijfers.

TABEL XXXIII.

Toegediend X_1[38] in kg per ha.

	0 kg	6000. kg	9000 kg	100.000 kg
Rivierzand	0.45	0.53	0.64	2.45
wit glaciaal spoelzand	0.45	0.54	0.59	2.70
Zandgrond (kalkarm)	1.60	2.—	2.—	3.27
„ (kalkrijk)	1.66	1.72	1.82	2.92
Kleigrond (zeer kalkarm)	2.70	2.81	2.82	4.22
„ (kalkarm)	2.80	2.90	2.95	4.52
„ (kalkrijk)	2.50	2.60	2.80	4.23
„ (zeer kalkrijk)	2.40	2.65	2.75	4.31

Men ziet, dat de cijfers alleen de conclusie veroorloven, dat de org. stof in X_1[38] toegevoegd na 3 jaren voor een deel, mogelijk een zeer belangrijk deel, nog aanwezig was.

Doch dit bewijst eigenlijk nog weinig, want men kan zeer goed aannemen, dat de aanwezige organische stof b.v. haar structuurverbeterende eigenschappen heeft verloren, zoodat men voor het eigenlijke bewijs toch weer aangewezen is op het structuuronderzoek.

Wij hebben dan ook onze pogingen gestaakt om langs chemischen weg tot het doel te geraken. Proeven om langs biologischen weg iets over de vertering van organisch materiaal te weten te komen, hebben wij eveneens genomen. Het komt ons voldoende voor om uit deze een serie waarnemingen over te nemen in tabelvorm en grafiek.

De bacteriologische proeven zijn genomen in kolven, die geventileerd worden en waarbij de hoeveelheid ontwikkeld CO_2 wordt bepaald. Het materiaal is vochtig met een voedingsoplossing gemengd en geënt door toevoeging van enkele grammen van een tuingrond [39]). De inhoud wordt in een thermostaat op constante temperatuur en constant vochtgehalte gehouden. Als basis voor de ontleding diende caseine. Uit de proeven in de vrije lucht met allerhande organisch materiaal weten wij, dat bij goede aeratie de meeste organische stoffen geheel vergaan. Bij onze proeven werden de reactieproducten niet verplaatst, doch werd het proces van biologische aantasting meer dan een jaar vervolgd.

Tabel XXXIV geeft het resultaat weer.

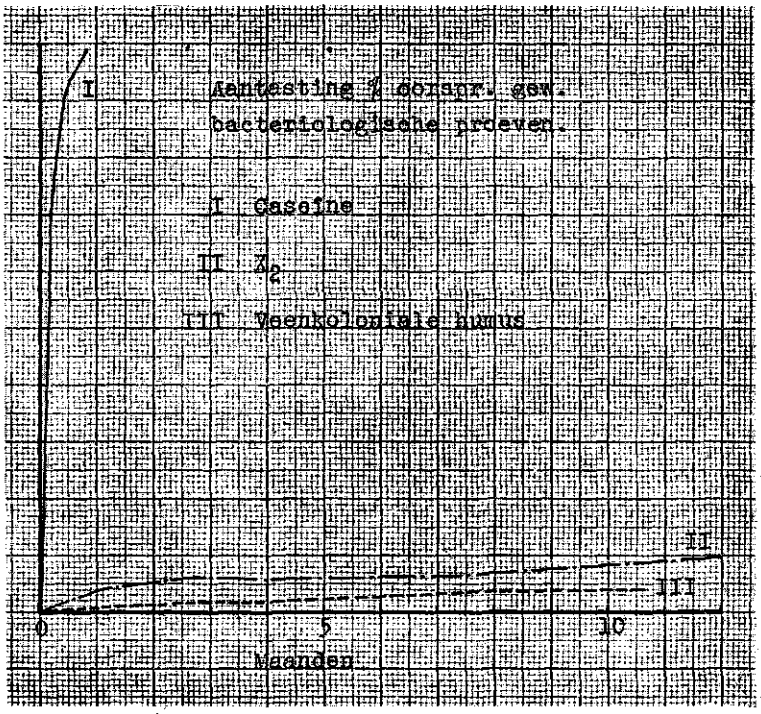
TABEL XXXIV.

Gewichtsverlies van diverse org. stoffen, bij biologische aantasting uitgedrukt in % (berekend uit de CO_2-ontwikkeling).

aantal dagen	Caseïne	aantal dagen	X_2	aantal dagen	veenk. humus
3	16.6	39	2	30	0.3
6	25.1	87	3.5	79	0.7
9	40.3	120	3.8	167	1.—
12	46.—	174	3.8	226	1.6
15	47.1	210	4.1	270	1.8
18	50.3	270	4.5	320	1.9
24	51.6	365	4.7		

[39]) Uitgegaan werd van 5 gr org. stof gemengd in 60 gr kwartszand met 15 cc aq. bevochtigd. Gebufferd werd met 167 mgr K_2HPO_4; 67 mgr $MgSO_4$; 17 mgr $FeCl_3$; 2 mgr NaCl en 2 mgr $CaCl_2$, verder met de bekende sporenelementen in onderdeelen van mgr.

Hieruit en uit fig. 14 blijkt ten duidelijkste, dat de mate van aantasting van X_2 zeer traag is en die van natuurlijken stabielen humus nadert. Overigens zou men kunnen opmerken, dat het vergaan bij ophoopingen, zooals in deze proef, trager zou kunnen zijn



Figuur 14.

dan bij de toediening in de praktijk met slechts 0.1 % van het bodemgewicht. Daarom hebben de practische proeven, waarbij de structuur gemeten wordt op regelmatige perioden, na de aanwending meer bewijskracht en deze zullen wij in hoofdstuk IV behandelen.

In elk geval hebben onze proeven wel bewezen, dat waar eiwitten, suikers en zetmeel snel worden aangetast, de kunstmatige humus zeer resistent is tegen de bacteriologische invloeden.

HOOFDSTUK IV.

De structuur van den grond.

Wanneer men de structuur van den grond in bepaalde gevallen afkeurt en deze daarom verbeteren wil met een stabiel humuspreparaat is het dringend noodzakelijk, die preparaten te toetsen op hun werking en te ijken. Maar dan is het noodig in de eerste plaats van te voren vast te stellen, wat wij onder „structuur" hebben te verstaan.

„Structuur" is een begrip, waarvan de behandeling gewoonlijk in de bodemphysica wordt ondergebracht. De methoden, die er bestaan om de structuur te meten, zijn vele. Ten onrechte meent de practicus, dat structuur door een enkele bepaling te karakteriseeren zou zijn en dan nog wel in graden of gradaties. Niets is minder juist. Structuur is een complex begrip; de wijze, waarop een grond opgebouwd wordt tot het productie-apparaat, dat de gewenschte chemische en biochemische reacties toelaat, daarbij de verplaatsing mogelijk maakt der reactieproducten en aan de levende plantenorganen het indringen mogelijk maakt, is niet zoo eenvoudig te overzien.

Dit begrip is niet in één enkele karakteristiek vast te leggen. Daarom achten wij het noodig uitéén te zetten wat wij onder structuur verstaan, opdat de wegen, die wij hebben gevolgd voor het meten onzer preparaateigenschappen, ook beter begrepen worden.

De practicus leert de structuur ondervinden in de bewerkingsmogelijkheden. Zware gronden, die vroeg na den winter kruimelen, zijn gemakkelijk en tijdig te bewerken. Zij hebben een goede structuur.

Diezelfde gronden kunnen aan slechte structuur lijden, wanneer ze na den winter lang kluitig en nat blijven. Ze kleven aan de werktuigen en men kan ze eerst laat bewerken bij het verder indrogen; zij vergen dan veel kostbaren arbeid. De oorzaak ligt in den opbouw en samenhang van het fijne materiaal. In het eerste geval vormen de fijne bodemdeelen aparte aggregaten of kruimels,

die bouwelementen zijn voor het geheel. In het tweede geval vormen de fijne deelen bonken en kluiten, die vast ineen zitten. In het eerste geval is de verdeeling van het vaste materiaal in de eenheid van volume veel gunstiger dan in het tweede.

De drie phasen, die in het systeem grond zoo'n groote rol spelen, benaderen in het eerste geval ook de ideale verdeelingsverhouding van de vaste gronddeelen tot de vloeibare oplossing en tot de gasvormige componenten zuurstof, stikstof, koolzuur (lucht), van 1 op 1 op 1. Hier kan het poriënvolume 66 % bereiken, dat voor de eene helft lucht en voor de andere helft water (oplossing) bevat. In het tweede geval raakt die verhouding in de war en dan gaat eerst de lucht in minderheid geraken en daarna het vocht. Het poriënvolume kan dan tot 24 % dalen, wanneer de grond geheel dichtslibt.

Deze voorstellingen zijn in de handboeken uiteen gezet en wij kunnen er hier naar verwijzen [40]).

Nu zou men verwachten, dat de beste wijze om de structuur te beoordeelen die zoude zijn, welke het poriënvolume bepaalt. Men neemt daarvoor volgens *Kopecki* [41]) een bepaald volume uit een grond, weegt het vochtig en droogt het. Uit het gewichtsverlies, het gewicht droge grond, het s.g. van den grond en uit het bekende volume zijn dan alle gewenschte gegevens te berekenen.

Evenwel de methode laat ons in de belangrijkste gevallen in den steek. Immers de poriën of ruimten kunnen bestaan uit vele kleine of weinig groote of deze kunnen gelijktijdig voorkomen. De methode maakt hiertusschen geen onderscheid, zij geeft de totaliteit.

Afb. 9 en 10 maken duidelijk, dat dit landbouwkundig een groot verschil beteekent. Afb. 9 geeft een afdruk van een slijpplaatje, gemaakt van een brokje grond, waarin vele groote holten aanwezig zijn en weinig kleine ruimten. Afb. 10 geeft een slijpplaatje weer, waar de vele fijne poriën gelijkmatig verdeeld zijn. Beide kunnen hetzelfde poriënvolume hebben.

Bij het „structuur"-onderzoek is nu juist de kennis van *verdeeling* van groot en klein (homogene of heterogene verdeeling) van belang en de maten van groote en kleine ruimten met al hun overgangen. Zij geven aan of de waterbeweging gemakkelijk of moeilijk zal zijn en of het „opbergend" vermogen voor vocht gunstig of ongunstig zal zijn. In het ideale geval wenschen wij kruimels van een bepaalde maat, waartusschen zich het water gemakkelijk beweegt en waarin het water in opgezogen toestand, goed opgeborgen blijft.

In de kluiten beweegt het water zich slecht, de daarin voorkomende ruimten zijn wel is waar vele, maar zoo fijn, dat er wel water maar geen lucht in doordringt. De vaste deelen liggen dicht bij elkaar en waar geen zuurstof komt is geen wortelgroei denkbaar, zoodat een „kluit" een van de productie uitgeschakelde eenheid beteekent.

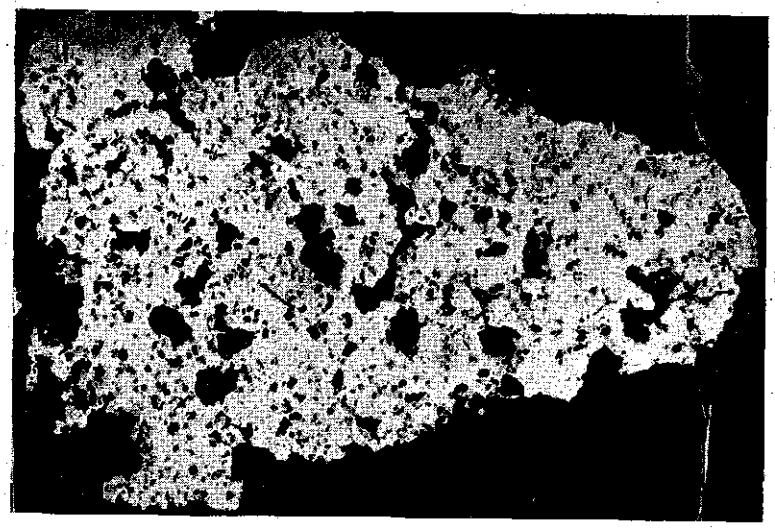
Het actieve inwendige oppervlak van een grond, dat aan de pro-

---

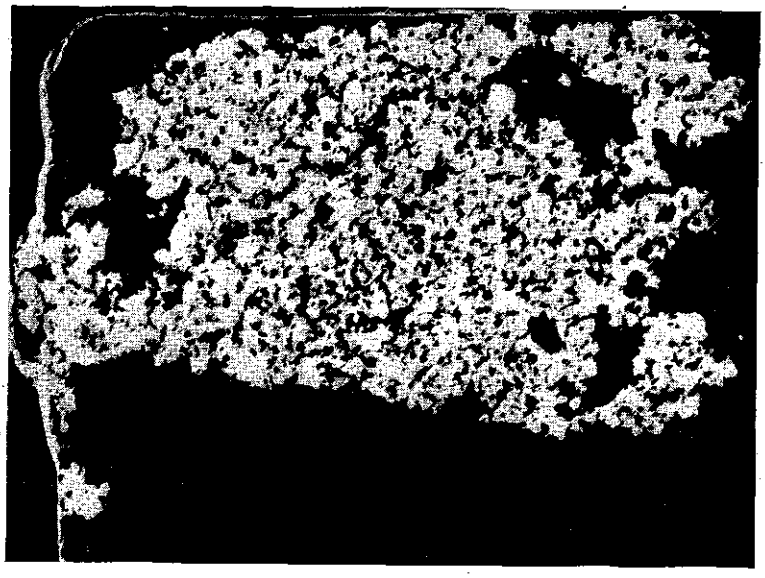
[40]) Men vindt goede uiteenzettingen in Bodenkunde van *Mitscherlich*, in *Blank's* Handbuch der Bodenlehre (zie vooral Erster Ergänzungsband) en in *Keen's* Physical properties of the soil in de „Rothamsted Monographs". Zie verder *E. W. Russell:* „Soil Structure". Imp. Bur. of Soil Sc. Techn. Comm. 37).

Jammer is, dat de Russische literatuur voor ons weinig toegankelijk is.

[41]) Later is de methode door anderen herhaaldelijk gewijzigd, maar in wezen niet veranderd.



Afbeelding 9.



Afbeelding 10.

ductie deelneemt, is in een goeden grond groot, in een slechten grond klein. Hoe het er uitziet bij een zwaren grond, wanneer die in verval verkeert, d.w.z. waarvan de structuur achteruit gaat, geeft onderstaande tabel van een onzer proefvelden duidelijk aan. Onderzocht werd een zware klei met $\pm$ 50% deelen, die kleiner zijn dan 2 μ. Een deel van het perceel had een zeer slechte structuur, een ander deel was door een kalkbemesting in een wat beteren toestand geraakt. Wij bepaalden de phasen, die in het najaar op een bepaald moment aanwezig waren en drukten die uit in volume %.

TABEL XXXV.

	grond	vocht	lucht	poriën-volume
matig deel	49.5	25.4	25.—	50.5
slecht deel	59.5	26.4	14.1	40.5

Wij hebben hier te doen met een bedenkelijken toestand, waarvan de laatste de bedenkelijkste is. In idealen grond behoort de verhouding te zijn 33.3 % grond, 33.3 % lucht en 33 % vocht. Drukten wij den toestand nu uit in procenten van den idealen, dan krijgen wij de volgende getallen:

TABEL XXXVI.

	grond	vocht	lucht	poriën-volume
matig deel	150.—	77.—	76.—	76.5
slecht deel	180.—	80.—	42.5	61.5

D.w.z. in het eerste geval is er 50 % te veel grond per volume-eenheid, 23 % te weinig vocht en 24 % te weinig lucht met 23.5 % te weinig poriënruimte.

In het tweede geval is er 80 % te veel grond, 20 % te weinig vocht en 57.5 % te weinig lucht met 38.5 % te weinig poriënvolume.

Men ziet hier duidelijk, dat er te veel grond in beide gevallen is, de grond is te dicht. Bij beide is het water-tekort even groot, maar in het luchttekort is er een zeer groot verschil ten nadeele van den slechten grond.

Bij het structuurverval ziet men dan ook telkens de gasphase het ernstigst geschaad, de hoeveelheid vocht neemt langzaam af.

Inééngedrukte grond ziet er vochtig uit, blijft lang nat, is moeilijk bewerkbaar, maar gaat men bepalingen verrichten, dan blijkt, dat zulke gronden per volume-eenheid *minder* water bevatten dan een grond, die in goede structuur is en die er droger uitziet en gemakkelijker te bewerken is. En bovendien geeft de laatste grond voldoende kans op aeratie en dat is naast de mogelijkheid van de activiteit van de geheele grondmassa, een zeer belangrijke factor.

De methode zooals hier aangegeven is, heeft incidenteele waarde, d.w.z. kan op een gegeven oogenblik inderdaad iets zeggen van den structuurtoestand, maar zij geeft, zooals gezegd is, *geen* inzicht in de ruimte-verdeeling der phasen in diverse maatverhoudingen.

De bezwaren van deze bepaling worden gedeeltelijk opgeheven door de denkbeelden van *Fischer* en *Donath,* welke belichaamd zijn in het experiment van het meten van zuigspanning, waarbij vochtige brokjes grond, op een poreuse plaat gezet, kunnen worden ontwaterd.

Sekara [42]), die deze experimenten het verst heeft uitgewerkt,

[42]) Zie de betreffende literatuur in den aanvullingsband van *Blanck's* Bodenlehre.

meent daarmede het „bouwsel" der gronddeelen het best te kunnen beoordeelen. Inderdaad komt men er zeer ver mede, doch wij zijn toch wel op bezwaren gestuit, die voorloopig niet op te lossen zijn en die bij de behandeling der slijpplaatjes-methode volgens *Kubiena* het best tot uiting komen. De methode, die wij volgden, was de volgende: Een klei, die in de natuurlijke ligging groote moeilijkheden bij de bewerking geeft en het bedrijf in zijne werkzaamheden sterk belemmert, werd als standaardklei uitgekozen.

De slibanalyse geeft het volgende beeld:

> 50 μ	15.6 %
50—10 μ	21.8 %
10— 5 μ	15.6 %
5— 2 μ	11.5 %
< 2 μ	32.6 %

Hij heeft gediend om bij het onderzoek van diverse preparaten deze te ijken. Een van de proeven voor het X_2-onderzoek met behulp van de methode van Sekara, kan als volgt beschreven worden:

Van het veld, waar de behandeling met de X_2-producten wordt onderzocht, worden brokken of kluiten genomen en wel door bemiddeling van monstername op diverse plaatsen. De brokken of kluiten worden aan de lucht gedroogd en dan aan een zijde glad afgeveild, zonder de stukken te beschadigen. Met dit gladde vlak worden ze geplaatst op nat zand (fijn tertiair kwartszand, met 99.8 % zuiver SiO_2), waarop filtreerpapier is gelegd. Het zandoppervlak wordt door regeling van het grondwaterpeil op constante vochtigheid gehouden ($\pm$ 7 cm). Door weging der brokken of kluiten bepaalt men de wateropname. Daarna worden ze geplaatst op een Jenaglasfilter of op een puimsteenplaat van bepaalde poreusiteit, die nl. onder vacuum afgezogen kan worden en dan haar capillairwater bij hooge zuigspanning, b.v. bij 450 mm, nog niet kwijt raakt. Wanneer men zorgt, dat er tusschen het platte vlak van het brokje grond en de zeefplaat een watervlies aanwezig is, kan dit brokje bij een bepaalden onderdruk water verliezen en wel zooveel als met de zuigspanning overeenkomt. Wordt de vacuumonderdruk in trappen vergroot, dan zullen achtereenvolgens de wijdere capillairen in den grond het eerst geledigd worden, zoodat bij de hoogste zuigspanning alleen de zeer nauwe capillairen nog in staat zijn hun water vast te houden.

Door het zuigspanning-continu te verhoogen en bij elke verhooging een weging uit te voeren, krijgt men een vrij goed overzicht van de poriënverdeeling in den grond. Maar zoo eenvoudig als men het hier voorstelt, is het niet; de *celvorm* heeft grooten invloed op het resultaat. Bij dichte structuren kan het voorkomen, dat groote cellen alleen door nauwe capillairen zijn verbonden en dan worden die groote cellen niet zoo gemakkelijk geledigd als bovenstaande eenvoudige redeneering aangeeft, want het zijn dan de fijne capillairen, die de wijdere cellen blokkeeren.

Deze opmerking bedoelt er de aandacht op te vestigen, dat de poriën geen capillairen zijn in den eigenlijken zin, maar een celstructuur hebben en dat het voor de structuur er op aankomt, dat de verbindingen tusschen de groote cellen behoorlijk ruim zijn voor het circuleerende vocht, terwijl de kleinere cellen zonder bezwaar fijne verbindingswegen mogen hebben, want zij conserveeren het

vocht. Bij de bespreking van de slijpplaatjes-methode, met behulp waarvan men de microstructuur *zien* kan, zal dit duidelijk worden. Niettemin bewijst *Sekara's* methode in vele gevallen voor ons doel goede diensten, hetgeen uit tabel XXXVII blijkt.

TABEL XXXVII.

Vochtopname in % van het drooggewicht van brokjes grond, geplaatst op nat zand.

No.'s	Behandeld met 0.1 % X_2 37		Niet behandeld	
	vochtopname %	afwijking van gem.	vocht-opn. %	afwijking
1	23.6	—3.35	12.6	—9.71
2	26.6	—0.35	26.9	+4.59
3	valt uit elkaar	—	23.8	+1.49
4	28.—	+1.05	23.3	+0.99
5	27.8	+0.85	27.5	+5.19
6	valt uit elkaar	—	25.—	+2.69
7	27.8	+0.85	20.5	—1.81
8	27.1	+0.15	22.3	—0.01
9	27.2	+0.25	23.4	+1.09
10	27.2	+0.25	17.3	—5.01
11	valt uit elkaar	—	21.6	+0.71
12	27.3	+0.35	23.5	+1.19
gem.:	26.95	gem. afw. 0.83 of 3.08 % v.h. gem. H_2O-geh.	22.31	gem. afw. 2.87 of 12.7 % v.h. gem. H_2O-geh.

Van het onbehandelde en van het behandelde perceeltje van het proefveld op de standaard klei werden 12 brokjes of kluitjes van ieder na droging met vlakke zijden geprepareerd. Nagegaan werd hoeveel water de droge stukjes, op het natte zand geplaatst, konden opzuigen. Het tempo van wateropname is karakteristiek voor de structuur der brokjes.

Goede structuren nemen water vlug op, de slechte langzaam.

De gemiddelde afwijking is bij den behandelden grond 0.83 of 3.08 % van het gem. watergehalte en bij den onbehandelden grond 2.84 of 12.7 % van het gemiddelde watergehalte. Nu treft het direct, dat bij de serie ‚behandeld" 3 brokjes bij het opnemen van water uiteen vallen en bij de onbehandelde serie geen één. Bij ons geheele onderzoek is dit verschijnsel een der belangrijkste gebleken, die bij hebben gedragen tot het dynamisch begrip van structuur. Als algemeene regel geldt al, dat, wanneer water in de poriën dringt en de zwelling begint, een *kluit* moeilijk meer breekt, of, zoo zij dit doet, in groote brokken langs een *recht* vlak met scherpe kanten splijt, terwijl een kruimelig brok *uit elkaar valt in kleine losse aggregaten.* Brokken, die volgens de slijpplaatjes-methode een *homogene* fijne poreuse structuur bezitten, zwellen regelmatig en breken niet. Heeft een grond een goede archipel-structuur (zie afb. 1 bij het voorwoord), dan zijn de breuklijnen grillig, de zwakke plaatsen, die onregelmatig verspreid zijn, breken door, en het brok valt grillig uiteen. Dit verschijnsel is geenszins nieuw, zeker niet voor den veldbodemkundige, die bij zijn klinisch onderzoek het symptoom der breukvlakken gebruikt bij de bodembeoordeeling. Het verschijnsel is evenwel onvoldoende gebruikt om te begrijpen, dat dit zwellen

en krimpen bij vochtig worden en drogen een der factoren is bij het herhaaldelijk vernieuwen van het inwendig bodemoppervlak en dat dit zwellen en krimpen het geheim is van de structuur-veranderingen en de oorzaak der dynamiek.

Gaan wij terug naar de cijfers: de behandelde grond blijkt gelijkmatig van structuur te zijn, omdat de gemiddelde afwijking gering is. De onbehandelde grond is *niet* gelijkmatig en heeft een groote gemiddelde afwijking. De behandelde grond neemt *meer* water per gewichtseenheid (droge grond) op dan de onbehandelde, en wel 4.64 % of bijna 20 % van de hoeveelheid water, die de oorspronkelijke grond kan bevatten, indien men water laat opzuigen.

Nu worden de vochtige brokjes op het afzuigfilter geplaatst. Daarbij treden moeilijkheden op, die bij de weging der brokjes al duidelijk uitkwamen, nl. men beschadigt de brokjes bij het aanvatten gemakkelijk. Aanvatten met een pincet is gevaarlijk, men knijpt soms te hard; met de vingers heeft men meer macht over den druk [43]). In tabel XXXVIII komt het resultaat der eerste afzuiging voor bij een zuigspanning van 90 cm water.

TABEL XXXVIII.

Vochtopname op glasfilter bij 90 cm waterzuigspanning. (standaard-klei).

No.'s	behandelde grond met 0.1 % X_2 '37		onbehandelde grond	
	vochtafn. % dr. gr.	afwijking van gem.	vochtafn. % dr. gr.	afwijking van gem.
1	11.5	— 6.6	15.—	+ 3.8
2	16.—	— 2.1	8.9	— 3.3
3	18.—	+ 0.1	26.3	+ 15.1
4	24.—	+ 5.9	16.6	+ 5.4
5	22.—	+ 3.9	6.6	— 4.6
6	19.—	+ 0.9	10.5	— 0.7
7	15.—	— 3.1	10.5	— 0.7
8	—	—	5.4	— 5.8
9	—	—	6.2	— 5.—
10	—	—	5.8	— 5.4
gem.	18.1	±1.62	11.2	± 2.7

Van de 9 brokjes X_2-grond bezwijken er nog 2 bij het overplaatsen op het filter (puimsteen-glasfilter), van den onbehandelden grond zijn er twee bezweken door dat de brokjes uit de hand vielen, dus door oorzaken, die buiten de brosheid staan. Bij het waterverlies ziet men bij den homogenen behandelden grond nu ongelijkmatig vochtverlies optreden, hetgeen verklaard wordt door de argumenten, die wij boven hebben genoemd.

Dat de onregelmatigheid bij den onbehandelden grond iets grooter is, blijkt uit de cijfers. Dat de met X_2 '37 behandelde grond meer verliest dan de onbehandelde, berust op de grootere poriën bij de eerste. De structuur is er gunstiger.

Gaat men nu bij 150 cm waterspanning verder afzuigen, dan

[43]) Men kan de brokjes ook voorzichtig tusschen twee smalle plankjes vasthouden, zooals men kinderen „kleppers" ziet hanteeren.

verkrijgt men de resultaten van tabel XXXIX, waaruit blijkt, dat de behandelde grond weer twee brokjes ziet bezwijken, terwijl de 10 overgeblevene bij den onbehandelden grond in tact blijven. Uiteindelijk verliest de beste grond 25.1 % vocht en de oorspronkelijke 14.6 %, hetgeen wijst op een aanzienlijke verbetering in het poriënvolume.

TABEL XXXIX.

Vochtafname op glasfilter bij 150 cm waterafzuigspanning.

No.'s	met 0.1 % X_2 '37 behandelde grond		onbehandelde grond	
	vochtafname in %	afw. van gem.	vochtafname in %	afn. van gem.
1	19.2	— 5.9	20.—	+ 5.4
2	25.6	+ 0.5	14.8	+ 0.2
3	26.6	+ 1.1	29.4	+ 14.8
4	28.9	+ 3.8	20.1	+ 5.5
5	25.3	+ 0.2	10.5	— 4.1
6	—	—	13.7	— 0.9
7	—	—	12.1	— 2.5
8	—	—	6.1	— 8.5
9	—	—	8.7	— 5.9
10	—	—	10.8	— 3.8
	25.1	± 1.61	14.6	± 2.17

De met X_2 '37 behandelde brokjes geven gelijkmatiger cijfers te zien dan die van den oorspronkelijken grond.

Wij hebben gepoogd om uit deze cijfers meer op te maken voor een verder onderzoek, maar zijn gestuit op de ongelijkmatigheid van het materiaal, vooral bij den onbehandelden grond, zoodat wij tot de conclusie kwamen, dat het beter is om met een bepaalde modelproef voort te werken.

Evenwel bleek al spoedig, dat onze andere nog te beschrijven proeven om de structuurfactoren te leeren kennen, eenvoudiger zijn en dus practischer, hetgeen allerminst wegneemt, dat een als modelproef opgezet experiment met „X_2-brokken" en vergelijking met origineele kluiten nog veel belangrijks zal brengen.

Willen wij uit deze proef nog een cijfer over de verbetering berekenen, dan kan men zeggen, dat het poriënvolume bij de afzuiging van 150 cm waterzuigspanning in vergelijking uitgedrukt

$$100\,\frac{25.1-14.6}{14.6} = 71\ \%$$

blijkt te zijn.

Dit cijfer geeft geen absolute beteekenis; d.w.z., dat men niet zeggen kan, dat het poriënvolume onder alle omstandigheden met 71 % wordt verbeterd. Het werd slechts bereikt onder de omstandigheden van deze proef. Wanneer men een aldus verbeterden grond ineen kneedt, zooals bij de bepaling van het collapspunt of van de vloeigrens, zal men ontdekken, dat de verbetering verdwenen is. Ook dit is in de practijk bekend, nl., dat men elken in goede structuur verkeerenden grond door de eigenschappen van de plasticiteit in grond van slechte structuur kan doen verkeeren. Het is dus een

kwestie van de aanwezigheid der structuur bedervende invloeden, en vooral van de intensiteit daarvan, of het goede bouwsel zal blijven bestaan of niet. Men kan de resistentie van het bouwsel, die een resultante is van de inwendige krachten, die weerstand bieden aan de structuurbedervende uitwendige krachten, meten aan de intensiteit dier laatste krachten. Voor den practicus zullen deze metingen ongetwijfeld sterker spreken dan het noemen van een getal, hetwelk een incidenteele verbetering aangeeft. Daarmede is dan ook weder opnieuw erkend, dat het begrip structuur een dynamisch begrip is.

Wanneer wij een grond tot aan het collapspunt bevochtigen, juist zóó, dat hij inéénvloeit, verdwijnt alle kans op kruimeling en gaat alles over in de zuivere korrelstructuur. Wij geven daarvan een voorbeeld in de volgende proef. Een grond uit Gendringen, die de volgende slibanalyse geeft,

>	50 μ	32 %
50—	10 μ	27 %
10—	5 μ	9 %
5—	2 μ	7 %
<	2 μ	23 %

en die geen $CaCO_3$ bevat, is aan een krimpproef onderworpen, zooals in hoofdstuk I is beschreven. Er werd een monster onderzocht van het onbehandelde en van het met X_2 '37 behandelde perceel. De cijfers van tabel XL geven het resultaat.

TABEL XL.

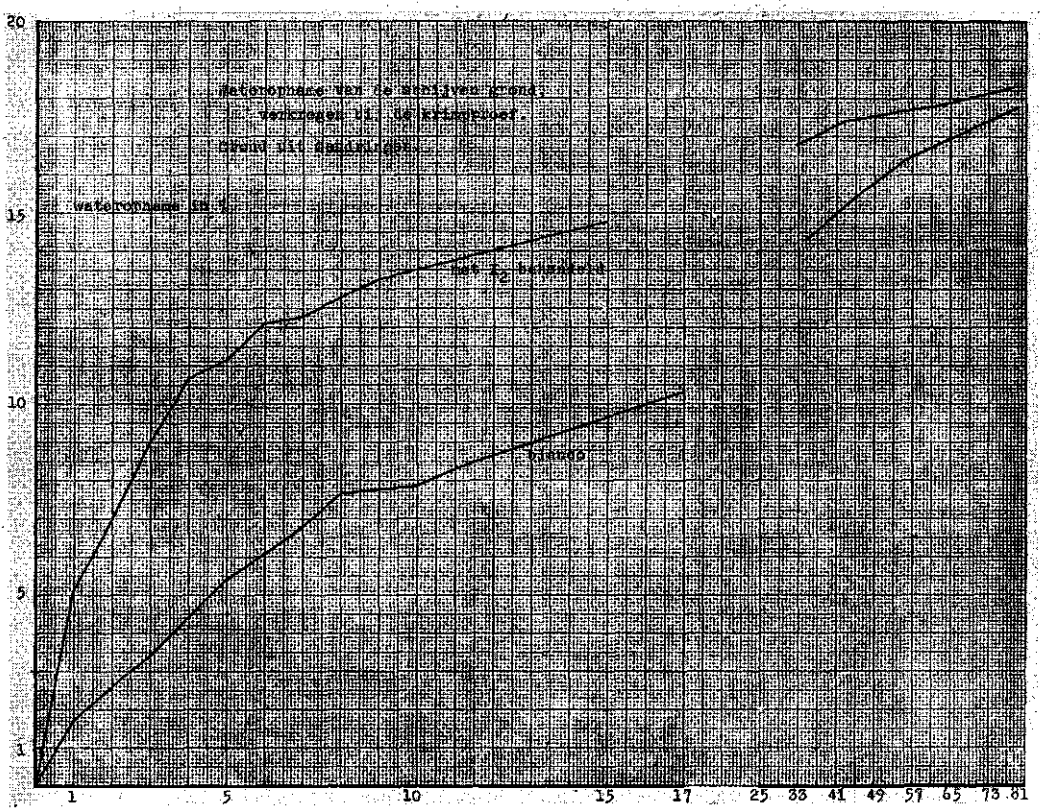
	gr dr. gr. in ring	vocht bij vloeigrens % v. d. dr. gr.	herbevochtiging in % dr. grond	1e kr.	2e kr.
met X_2 beh. gr. . .	47.05	31.—	22.5	29.5	22.5
onbehandelde „ . .	48.65	30.2	23.5	33.5	23.5

De cijfers van deze uit structuur oogpunt zwaar mishandelde gronden laten weinig vruchtbare beschouwing toe. Gezien de tamelijk ruwe bepaling is er niet veel aan op te merken. Wanneer men echter nagaat op welke wijze het water bij de herbevochtiging wordt opgenomen, dan krijgt men een duidelijk beeld ervan, dat de inmenging van X_2 in dezen grond wel tamelijk veel aan de bouwsteenen heeft veranderd en dat het alleen maar de invloed van het inéén slibben is geweest, die de mogelijkheden van gunstige aggregatie heeft veranderd. De behandelde grond neemt het water veel sneller op, zooals fig. 15 aantoont; zelfs in deze dicht opéén geslibde massa. In de practijk zal na een zwaren verslibbenden regenval de behandelde grond zich dan ook veel sneller herstellen. Hetgeen op het proefveld bewezen wordt, want wij vinden daar op de behandelde perceelen de structuur vele malen beter dan op de onbehandelde perceelen, zooals straks blijken zal.

Dat het vochtig worden en weer indrogen een buitengewoon belangrijke rol speelt in de dynamiek van structuurveranderingen, kunnen wij aan de hand van nog enkele voorbeelden toelichten.

Wanneer men een stijven grond, die kluiten houdt en keihard in-

droogt, in een sproeinevel bevochtigt, kan men aan de snelheid, waarmede het water wordt opgenomen, afmeten, hoe dicht de fijne deelen op elkaar gekleefd zitten. Men kan, rekening houdend met die snelheid, tenslotte elke kluit zoo vochtig maken, dat deze bij het indrukken in tallooze kleine stukken uitéén valt. Hoe minder dicht de pakking was, hoe lager het vochtgehalte, waarbij dit gebeurt.



Figuur 15.

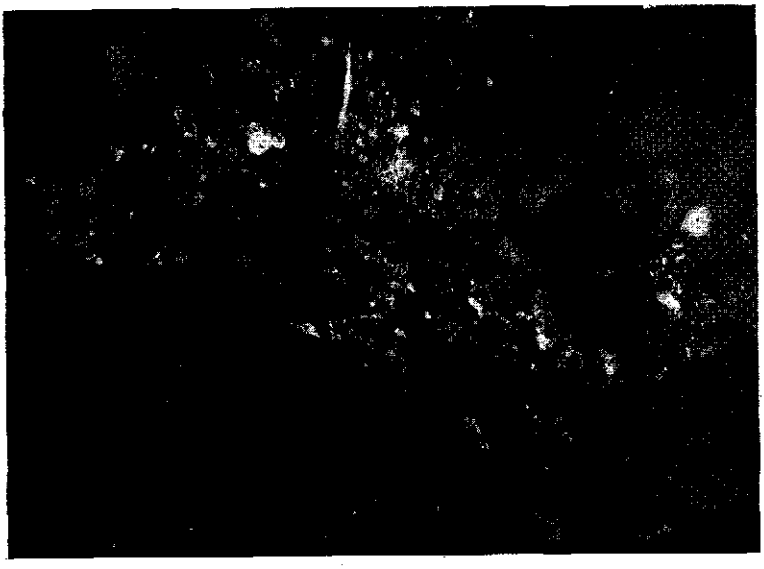
Hierdoor krijgt men een indruk van de pakking. Elk practicus gevoelt direct, dat dit een uiterst practisch kenmerk is voor de grondbeoordeeling. Het berust op het feit, dat het indringende water de bodemdeelen uitéén drukt en daardoor de kleefkracht sterk vermindert. Dat hier een grens bestaat, waarboven de kleefkracht weer toeneemt, is den practici goed bekend, maar ook den practischen boer, die niet gaarne die grens ziet overschrijden, omdat zijn grond dan smeren gaat. Hij is afhankelijk van de marge in vochtgehalte, waarbij de grond losser wordt en waarbij hij opnieuw gaat kleven.

Wij maken van deze eigenschappen gebruik om de gronden, die in kluiten en brokken in het laboratorium komen, fijn te maken, b.v. om hen voor te bereiden voor cultuurproeven. Beschouwt men nu de fijnere stukken van aldus gedesintegreerde gronden bij b.v. 30 tot 80-voudige vergrooting, dan zien wij, dat bij zeer stijve gronden het verkleinde materiaal uit kleine stukjes bestaat met hoekige kanten en min of meer gladde oppervlakten. In het geval van een grond met goede structuur zijn het kruimelige onderdeelen met

ronde kanten zonder scherpe breukvlakken. Het geheel heeft dan een poreus karakter. Het schijnt alsof de macrostructuur zich in de microstructuur herhaalt.

Wij kunnen dit aan de hand van een tweetal foto's van groote brokken demonstreeren.

Afbeelding 11
geeft een oppervlak weer van een kluit (80 × vergroot).
Duidelijk is het g l a d d e oppervlak met scherpe kantbreuk. De kluit is afkomstig van het proefveld te Wilhelminadorp op zeer zware klei, die veel last en kosten geeft bij de bewerking.



Afbeelding 12
geeft het oppervlak weer van een kruimel-aggregaat van denzelfden grond, die door preparaat X-2 in een goeden toestand is gebracht, (zie hoofdstuk V).

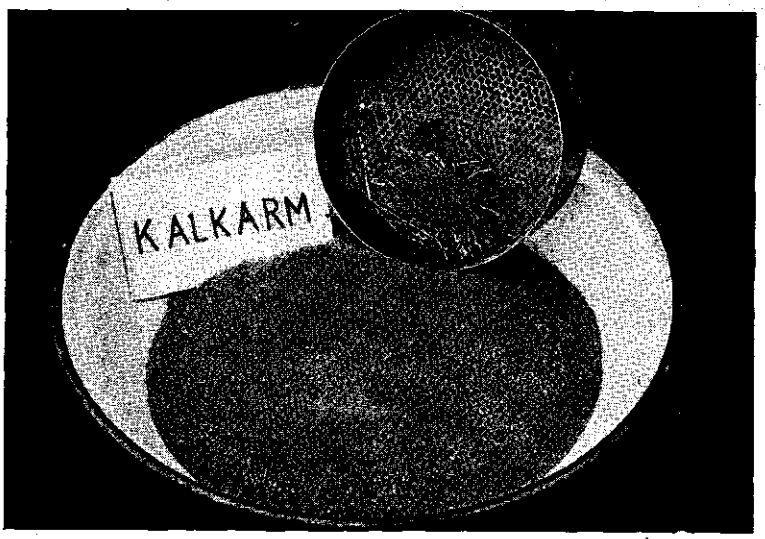
Wij zullen bij de micro-structuur van den grond, opgenomen door de slijpplaatjes-methode van *Kubiena*, precies hetzelfde zien, nl. bij slechte structuren kantige, hoekige breukvlakken, soms messcherp en bij goede ronde, kruimelige breukvlakken.

Is men eenmaal tot dit inzicht gekomen, dan is men geneigd ook landbouwkundig tot correlatieve conclusies te komen. Het heeft ons bij de proeven, vooral potproeven, tamelijk veel hoofdbrekens gekost om in te zien, dat het *niet* zoo gemakkelijk is een correlatie te vinden. Men kan zware gronden, die zoo hard indrogen, dat men een kluit met hamerslagen amper verbrokkelen kan, in een toestand brengen van fijnere verkorreling door verkleinen bij bepaald vochtgehalte. En zoo'n fijnkorrelige massa kan landbouwkundig gesproken tot de best produceerende behooren. Het is dan echter noodig om alle structuurbedervende invloeden *ver* te houden, zooals regenslag, bewerking bij vochtigen of te drogen toestand enz. Dit zijn zware eischen, die men wel in potproeven kan vervullen, maar bezwaarlijk in de practijk.

De structuur, die men dan gemaakt heeft, is echter een labiele of wankelstructuur, want niet zoodra komen afwijkingen voor, of de toestand verandert wel. Microscopisch onderzoek leert dan ook, dat de fijnere geaggregreerde bodemdeelen, die b.v. uitgezeefd in de klasse van 1 tot 3 mm vallen, toch kantig zijn en dicht gepakt. Het bouwsel daarvan bevat dan b.v. een poriënvolume van 40 à 50 % (hoogstens), maar kan bij goede regenverdeeling uitnemend een goede productiviteit handhaven. Wij maken van die eigenschap gebruik bij onze potculturen, wanneer wij den factor structuur, die zoo moeilijk te beheerschen is, willen uitschakelen. Wij houden dan den toestand in de pot met den fijngemaakten grond stabiel door het opgieten van water te vermijden en laten dit vanuit een centrale zandcylinder opzuigen. Terwijl anders een „slechte" grond in elkaar slibt en na de cultuur keihard is, valt hij nu na de cultuur prachtig en zacht uitéén. Wat wij in afb. 13, 14 en 15 demonstreeren.

Afbeelding 13
geeft de brokken harde grond weer, die slechts met een hamer vergruizeld kunnen worden.

Afbeelding 14
geeft den geleegden pot weer met den door de wortelmassa vastgehouden drogen grond in cylindervorm na de cultuur; de centrale cylinder, die met zand gevuld geweest is, is goed te zien.



Afbeelding 15
stelt denzelfden cylinder voor, maar als die door zacht schudden gezeefd is. De grond valt in precies dezelfde deelen uiteen, welke ingevuld zijn. Hij is volmaakt ongestoord gebleven gedurende de geheele productie.

Voert men in het veld een poriënvolume-bepaling uit op een moment, dat de slechte grond in een goede vochtigheidstoestand verkeert en bewerkt was, terwijl nog geen slagregens of andere nadeelige invloeden den grond bedierven, dan vindt men een veel te gunstig beeld. Ook kan het zijn, dat men den goeden grond bemonsterde op een tijdstip, dat door slechte invloeden die structuur

in een ongunstigen toestand was geraakt en men krijgt een te ongunstigen indruk. Wij loopen dus aan alle kanten vast, indien wij door een enkele bepaling de structuur van den grond willen karakteriseeren.

De consequentie van het beschrevene leidt tot het inzicht, dat het noodzakelijk is den grond op verschillende tijden te onderzoeken en de veranderingen vast te stellen. Voor wij nu daar op ingaan, dienen wij nog een zeer belangrijk punt te memoreeren, dat bij die veranderingen op den voorgrond treedt.

Het is n.l. de aanwezigheid van organisch materiaal, dat in den grond verteert, dus het betreft de werkzaamheid van den biologischen of anionenbuffer.

Profiel-onderzoek, waarbij met den krabber of weerstandsmeter de pakkingsvastheid wordt aangevoeld of in cijfers uitgedrukt, geeft aanleiding om de veranderlijkheid van pakkingsvastheid waar te nemen. Intensieve beworteling en aanwezigheid van gemakkelijk aantastbare organische stof werken een pakkingsdichtheid tegen. Zij maken den grond losser en werken naar het ideale beeld van 1 grond op 1 vocht op 1 lucht (volumedeelen) toe.

Het ontbreken van gemakkelijk verteerbaar organisch materiaal of beter nog het opgeraken ervan, werkt dit ideaal tegen, men ziet dan de beworteling slechter worden, den krabber-weerstand toenemen en den weerstandmeter hooger indrukcijfers produceeren. Men ziet dan, dat de functie van den biologischen of anionenbuffer (zie hoofdstuk I) een zeer sterken invloed heeft op den bouw van den grond en men ervaart dan ook, dat deze buffer zonder vernieuwing van organisch voedsel zich zelf opteert, en met dit wegteeren wordt de pakking der deelen hoé langer hoe vaster.

Daarover is reeds in hoofdstuk I uitvoerig gesproken. Nu is het een puzzle om te begrijpen, wat er eigenlijk gebeurt in een zoogenaamd stilliggenden grond, waar dus de deelen ten opzichte van elkaar niet bewegen en toch de pakkingsdichtheid verandert.

De invloeden, die het samenpakken tot stand brengen, zijn duidelijk van mechanischen aard [44]); het betreden met menschen en dieren, het berijden (wieldruk), de regenslag met verslepen van uiterst fijn materiaal, het bewerken op ongelegen momenten. De zwaartekracht alléén verklaart dit alles onvoldoende. Maar hoe kan men nu het aggregeeren van fijn materiaal tot licht klevende kruimels, die weer tot kruimelige brokken worden opgebouwd, verklaren in een stilliggenden grond, die in een samengepakten toestand verkeert en niet aangeraakt wordt?

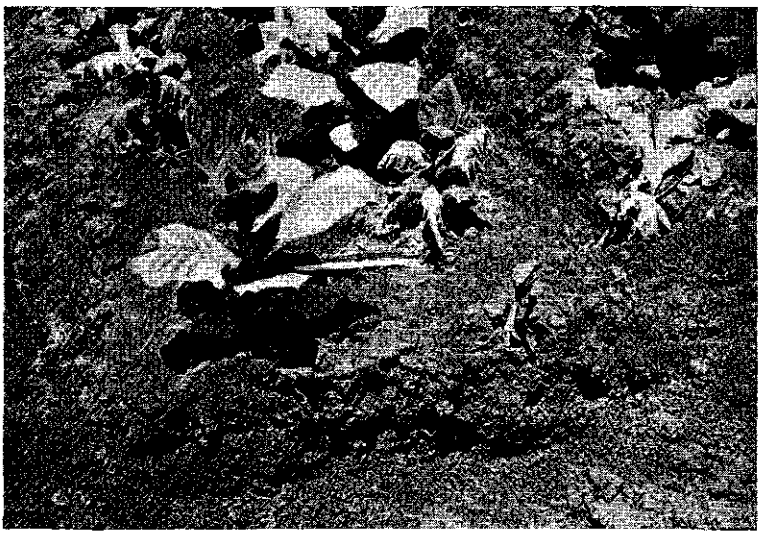
Bij het profiel-onderzoek nemen wij steeds waar, dat de structuur verandert ten gunste zoowel als ten ongunste bij stilliggenden begroeiden grond onder invloed der atmospherische factoren, alleen dus, wanneer de grond niet bewerkt wordt, zoodat mechanische verplaatsing der deelen dan ook niet plaats vindt.

Wij hebben herhaaldelijk geobserveerd, dat het inmengen van organisch materiaal in een slechten brokkigen grond, de kluiten doet uitéén vallen; zij verliezen de hoekige kanten en zij gaan schijnbaar „vanzelf" over in kruimelaggregaten. Buitengewoon fraai hebben

---

[44]) Het verschijnsel van vervloeiing of diffusie van gedispergeerde fijne deelen bij aanraking van vaste of poreuse lichamen wordt hier buiten beschouwing gelaten.

wij dit in de tropen waargenomen, nl. hoe in 2 maanden tijds een grond met zware kluiten, die voor minstens 70 % den akker inactief maakten, onder de beplanting een prachtige structuur kreeg. Dat de beplanting daarvan profiteerde spreekt vanzelf.



Afbeelding 16
geeft het kluitenprofiel weer, met een ziek gewas.

Afbeelding 17
stelt het door organische stof verbeterde profiel voor van een der perceeltjes, die een flinke bemesting met afval van perskoeken had ontvangen, en welk veldje even kluitig was als dat van de vorige afbeelding. In 2 maanden tijds is de bodemtoestand geheel gewijzigd, de verbeterde grond is bezet met stevige gezonde planten en is zwaar doorworteld. Hier produceert reeds 80 % van het geheele bodemvolume.

Een ander voorbeeld:

De clinicus onder de vakgenooten kent maar al te goed de werking van gier, die door de gebruikelijke gierverspreiders in plassen op den grond wordt gebracht. De grond slibt er aanvankelijk dicht en komt in een „onmogelijke" vaste structuur te liggen. Maar nauwelijks gaat de temperatuur stijgen in het voorjaar en komen de zachte regens, of juist die plekken waar de „structuur" hopeloos leek, worden plaatsen van haast ideale structuur.

Wat is hier gebeurd?

Voor zoover onze waarnemingen bij het profielonderzoek gaan, kunnen wij daarvan een behoorlijke beschrijving geven. Er zijn duidelijk twee stadia in het proces der structuurverandering te onderscheiden. Het eerste is dat van een dispersietoename, peptisatie dus. Neemt men monsters direct na de gierverspreiding op overmaatplaatsen, dan kan men het verschijnsel in slibcylinders goed waarnemen. Zoodra de organische stof in gisting geraakt en nitrificatie gaat optreden, wordt weer langzamerhand een uitvlokking tot stand gebracht, eensdeels veroorzaakt door toename van de zoutconcentratie (mineralisatie), anderdeels door het verdwijnen van het gepeptiseerde NH_4-ion.

Deze gang van zaken is analytisch te vervolgen. De pH-wijzigingen kunnen sterk zijn, wanneer er veel carbonaten van Na en K worden gevormd, maar meestal wordt het stelsel sterk gebufferd door koolzuurontwikkeling en bicarbonaatvorming.

Wel neemt de peptisatie sterk af, doch de spronggewijze verbetering, die zich in enkele dagen kan voltrekken, treedt pas op, wanneer *zachte* regens neervallen en den grond aereeren [45]).

Het is dan de luchtaanvoer, die haast op spontane wijze de verbetering brengt. Men krijgt een verplaatsing der reactie-producten en dan treedt duidelijk uitvlokking op en gaan de fijne bodemdeelen zich kruimelig aggregreeren.

Het verschijnsel, dat hier beschreven is, kan nog veel mooier waargenomen worden bij afvalwater-vloeivelden. De reinigende kracht van den grond is buitengewoon groot, mits men de grond maar voldoende kan aereeren. En dat doet een voorjaarsregen op haast ideale wijze. Het is de kunst van den bevloeier juist het fatale punt, waarbij reducties gaan optreden, niet te overschrijden.

Daarom werken goede beregeningsinstallaties *ook* zooveel beter.

Op goed met afvalwater beregenden grond, vinden wij dan ook de *ideale* structuren. De regen heeft naast de factor der aeratie nog de andere zeer belangrijke gunstige invloed, n.l. die van de verplaatsing der reactie producten.

Zoo gezien is de stilliggende grond, die onze vraag hierboven bepaalde, allerminst een inactief milieu. De omzettingen, die daarin plaats grijpen en de verplaatsing der reactieproducten door regenval (en verdamping evenzeer) maken den grond tot een echt dynamisch systeem. Voeg daarbij de „bewerking" van zoo'n stilliggenden grond door insecten en wormen, benevens door groeiende wortels, alle organen of organismen, die stofwisselingsproducten afscheiden, en

[45]) Bij de drainage-onderzoekingen van een onzer werd aangetoond, hoe sterk de regenval bijdraagt tot de bodem-aeratie. Zie „Het drainageproefveld te Uithuizermeeden 1900—1910. *J. Hudig* en *H. Welt*. Versl. en Mededeelingen van Landbouwkundige Onderzoekingen der R.L.P.S., deel X, 1911, blz. 123.

men zal begrijpen, dat de gegevens voor een structuurverandering aanwezig zijn. Maar, — zal men zeggen —, daarmede is dan nog niet verklaard, waarom de bodemdeelen, die eerst klevend waren en plastische eenheden vormden, nu losgeraken om zich „los" te aggregeeren, tenzij men aanneemt, dat de beschreven biochemische processen stoffen produceeren, die de suspendeerende krachten in coaguleerende omzetten. Inderdaad, hier ligt het kernpunt der kennis van de structuur of textuur der bodemdeelen, tot een luchtig actief stelsel.

Wij hopen in dit werk te bewijzen, dat de aggregatie van de bodemdeeltjes geheel afhangt van de oppervlakte bedekking van het colloidale materiaal. Wanneer de deeltjes electrisch geladen zijn, stooten ze elkaar in de suspensie af en aggregeeren ze niet.

Uitvlokking door ontlading, zooals meestal met het Ca-ion geschiedt, is bekend en wordt ruim toegepast. Niettemin kunnen kalkrijke gronden zeer onaangename, dicht ineengepakte structuren vertoonen, zooals straks wordt aangetoond met den grond uit den Wilhelminapolder [46]).

Het blijkt n.l., dat deze gronden nog water genoeg bevatten of lyophiel genoeg zijn om bij het indrogen sterk te kleven. Het komt er dus op neer om deze vlokken met een stof te omhullen, die minder lyophiel is en derhalve verhindert, dat bij het uitdrogen sterk klevende aggregaten in dichte ligging ontstaan. En dit zou dan geschieden bij het toedienen van organische stoffen.

Dat dit werkelijk zoo is, zal uit hetgeen verder over de eigenschappen van den stabielen humus wordt medegedeeld, blijken. Met behulp van de slijpplaatjes methode van *Kubiena* [47]) kan men ook *zien*, dat het inderdaad zoo gaat.

Vat men dus de structuurveranderingen zoo op, dan moet men nagaan welke de stoffen zijn, die een klei-oppervlak omhullen en het die eigenschappen verleenen. Wij komen in het gebied, dat *Sideri* [48]) het eerst heeft bewerkt en dat in de moderne colloidchemie een rol speelt bij de coacervaten theorie. Dat het gelukt is zandkorrels met eiwitomhulsels te bekleeden en de eigenschappen te verleenen van eiwitlichamen, wijst er op, dat onze opvatting over het vormen van een film om de lyophiele bodemdeeltjes alleszins normaal is.

Dit alles overwegende hebben wij na lang zoeken een zoogenaamde „kruimelproef" als beoordeelingsmethode ingeschakeld, die min of meer rekening houdt met de hierboven geleverde beschouwingen. De proef berust op de eigenschap van elken kleigrond om bij een bepaald vochtgehalte te gaan kleven. Om die kleefgrens op te sporen en het kleven duidelijk te maken, wordt een afgewogen hoeveelheid fijn gemaakte grond droog in een mayonnaise-menger gebracht, en deze gesloten. Met behulp van een verstuiver, die op een maatcylinder is gemonteerd, wordt zoolang water verstoven, tot de grond in den menger nog juist niet gaat samenballen. Dan is het vochtgehalte bekend uit de hoeveelheid verstoven water. Daarna wordt

[46]) Men vindt het ook in bedenkelijke mate in den van Citterspolder op Zuid-Beveland, waar men den stalmest verkoopt en enkel op kunstmest boert.

[47]) *Walter Kubiena.* Micropedology; voor structuur-onderzoek toegepast en verbeterd door Dr. *G. Redlich,* zie Ing. No. 6, Februari 1940.

[48]) *Sideri.* Soil Sc. 1936, blz. 135—151, 275—293, 381—393 en 461—481.
„ „ 1937, „ 43— 49.
„ „ 1938, „ 129—135, 267—270 en 337—345.
In deze artikelenreeks beziet Sideri de structuur van een nieuwe zijde.

de grond uit den menger genomen, in een stopflesch gevuld en een week in een thermostaat bij 25 % geplaatst en tenslotte in horizontalen stand geroteerd met ± 24 omw. per minuut. De grond in de flesch balt dan, indien er nog zeer weinig water over verstoven is, verder — sneeuwbalgewijs — tot groote ballen samen, wanneer de kleefkracht groot is, en geeft bij gronden, die kruimelaggregaten vormen, geen balling, of ballen, die bij het roteeren een weinig groeien, maar bij een zekere maat weer uiteenvallen. Wij bootsen hierbij dus een mechanische bodemmishandeling na bij hoog vochtgehalte en meten in de grootte der ballen het resultaat. Daarna wordt de grond gezeefd door zeeven van diverse wijdte [40]) en de fracties, die op de zeeven blijven liggen, gewogen. Aangenomen wordt, dat de ballen kogels zijn en de gemiddelde afmeting hebben van de maas, waardoor ze nog juist heengegleden zijn en die, waarop zij zijn blijven liggen. Uit de gemiddelde maaswijdte, die als diameter wordt opgevat, berekent men het totale boloppervlak van elke fractie. Men krijgt naarmate de grond kleeft weinig groote ballen (sterk kleven) of veel kleine (weinig kleven). Een groot totaal oppervlak wijst dus op een goeden grond, die resistent is tegen de kleefverschijnselen; een klein oppervlak wijst op een zwaren, kleverigen, moeilijk te bewerken grond. Wil men het totale oppervlak berekenen, dan kan men dit voor elke zeeffractie doen met de formule $\frac{3G}{r}$. In deze formule is r de halve gemiddelde maaswijdte. G is het gewicht van de fractie, uitgedrukt in procenten van het totaal gewicht van den grond. Voor de berekening van het totale oppervlak worden de oppervlakken der zeeffracties gesommeerd.

De formule $\frac{3G}{r}$ laat zich afleiden uit de overweging, dat in een bepaalde fractie het totaal aantal der bollen, die in een zeker gewicht aanwezig zijn, gelijk is aan dat gewicht, gedeeld door het product van inhoud en soortgelijk gewicht van een bol.

Indien g het gewicht is van een bol met een straal r en een s.g. s, dan is

$$g = \frac{4}{3}\pi r^3 \times s \quad 1)$$

Het volume v van dezen bol kan als volgt becijferd worden: Uit het oppervlak $o = 4 \pi r^2$ en 1) volgt:

$$o = \frac{3g}{r \times s} \quad 2)$$

Deelen we in 2) o door v ($v = \frac{g}{s}$) dan krijgen we $\frac{o}{v} = \frac{3}{r} \times \frac{g}{g}$ 3).

Dit is het oppervlak per volume-eenheid of per cm³, indien we g in grammen en v in cm³ uitdrukken.

Voor één zeeffractie vinden we dus

$$\Sigma \frac{o}{v} = \Sigma \frac{3}{r} \times \frac{g}{g} \text{ of } \frac{O}{V} = \frac{3}{r} \times \frac{G}{G} \quad 4)$$

Indien men niet met een fractie rekent, doch met een verzameling bollen van alle fracties, dan is

$$\frac{\Sigma O}{\Sigma V} = 3\left(\frac{G_1}{r_1} + \frac{G_2}{r_2} + \frac{G_3}{r_3} \ldots\ldots\right) \times \frac{1}{\Sigma G} \quad 5)$$

[40]) Gebruikt worden zeeven van 20; 14; 10; 8; 7; 6; 5; 4; 3; 2; 1½; 1; ½ mm.

Aan de som (ΣG) kan men de waarde 100 geven, wanneer men alle gewichten G_1, G_2, G_3 enz. in procenten uitdrukt van het totaal gewicht, zoodat men het kruimeloppervlak (K) in zijn geheel als volgt kan uitdrukken:

$$K = 3\ \Sigma\frac{G}{r} \times \frac{1}{100} \quad 6)$$

waarin K in vierkante cm per cc is uitgedrukt en G in „gewichtsprocenten" en r in cm.

In tabel XLI geven wij een voorbeeld van zoo'n kruimelproef, genomen met een zeer moeilijk te behandelen klei uit de Oude IJsselstreek bij Etten, die de volgende fractionaire samenstelling heeft.

$>$	50 μ	27.6 %
50—	10 μ	11.1 %
10—	5 μ	10.0 %
5—	2 μ	11.9 %
$<$	2 μ	35.7 %

De kruimelproef werd uitgevoerd met den gewonen grond, en in dien, waarbij in den menger X_2 was ingemengd en wel in hoeveelheden van 0.1 %; 0.2 %; 0.3 % en 0.5 %.

Er waren 5 monsters, bereid, zooals in de tabel aangegeven.

TABEL XLI.

De verdeeling in gewichtsprocenten der diverse zeeffracties bij de kruimelproef.

zeef-wijdte	onbehandeld		met 0.1% X_2		met 0.2 % X_2		met 0.3 % X_2		met 0.5 % X_2	
mm	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
20	9.8	7.—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	7.6	5.7	1.7	2.1	4.—	2.4	4.1	1.7	1.4	2.2
10	7.4	6.2	4.7	5.4	4.3	5.3	5.6	5.6	6.1	3.—
8	4.7	4.5	4	3.9	2.8	4.2	5.6	3.3	3.9	2.62
7	4.9	4.7	3	3.—	2.8	3.3	2.8	3.7	3.2	3.—
6	5.6	5.1	4.3	4.7	3.8	4.2	4.1	4.6	4.3	4.6
5	7.1	7.1	5.8	5.1	4.9	6.4	5.4	6.3	6.1	6.—
4	8.7	9.1	7.7	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	8.5
3	17.4	19.6	15.3	13.—	13.—	14.3	13.7	15.1	15.4	14.3
2	12.8	15.3	15.4	16.—	16.—	16.7	15.6	16.9	16.1	15.9
1½	10.7	12.2	23.2	25.8	27.7	24.3	24.—	23.6	25.—	25.5
1	2.7	3.—	7.9	9.7	9.4	8.4	8.5	8.7	7.9	9.7
½	0.5	0.5	4.5	5.1	4.3	3.7	3.9	3.7	3.9	4.6

Berekent men hier de oppervlakte getallen uit en de bijbehoorende sommen, dan verkrijgt men het overzicht van tabel XLII.

De cijfers laten zien, dat er inderdaad een groot verschil is tusschen behandelden en onbehandelden grond. In de grovere deelen is de onbehandelde grond rijker en in de fijnere armer dan de behandelde gronden. Tegelijk ziet men zeer duidelijk, dat er een drempelwaarde aanwezig is in de werking van het praeparaat X_2. De toediening van 0.2 %; 0.3 % of 0.5 % geeft geen extra verbetering in de eigenschappen van den behandelden grond.

De duplobepalingen zijn voor ons doel behoorlijk kloppend, dus bevredigend. Wanneer wij de cijfers middelen, krijgen wij het overzicht van tabel XLIII.

TABEL XLII.

Oppervlakte cijfers berekend volgens formule.

zeef-wijdte	onbehandeld		met 0.1% X_2		net 0.2 % X_2		net 0.3 % X_2		net 0.5 % X_2	
mm	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
20	0.29	0.21	—	—	—	—	—	—	—	—
14	0.27	0.20	0.06	0.07	0.14	0.09	0.15	0.06	0.05	0.08
10	0.37	0.31	0.24	0.27	0.22	0.27	0.28	0.28	0.31	0.15
8	0.31	0.30	0.27	0.26	0.19	0.28	0.37	0.22	0.26	0.17
7	0.39	0.38	0.24	0.24	0.22	0.26	0.22	0.30	0.26	0.24
6	0.52	0.47	0.40	0.43	0.35	0.39	0.38	0.43	0.40	0.43
5	0.77	0.77	0.63	0.56	0.53	0.70	0.59	0.69	0.67	0.65
4	1.16	1.21	1.02	0.89	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	1.13
3	2.97	3.35	2.61	2.22	2.22	2.44	2.34	2.58	2.63	2.44
2	3.07	3.67	3.70	3.84	3.84	4.01	3.74	4.05	3.86	3.82
1½	3.66	4.17	7.93	8.82	9.46	8.30	8.20	8.06	8.85	8.72
1	1.29	1.44	3.79	4.65	4.52	4.03	4.07	4.17	3.79	4.65
½	0.40	0.40	3.60	4.08	3.44	2.96	3.12	2.96	3.12	3.68
	15.57	16.88	24.49	26.33	26.04	24.64	24.37	24.71	25.11	26.16

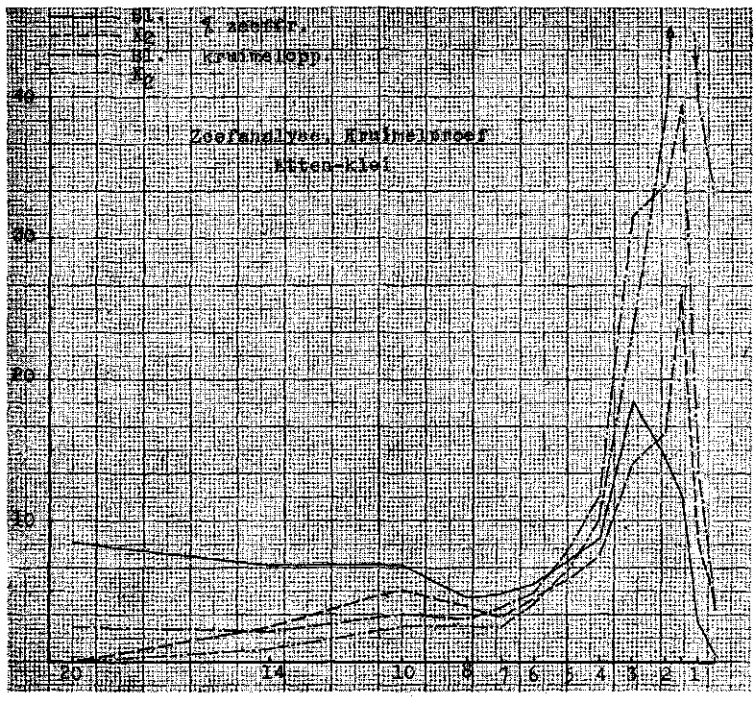
TABEL XLIII.

Gemiddelde waarden van tabel XLI en XLII.

zeeffractie in mm	% der zeeffractie op totaal gewicht		oppervlakte cijfers berekend volgens formule	
	onbeh.	X_2	onbeh.	X_2
20	8.4	0	0.25	0
14	6.7	2.5	0.24	0.09
10	6.8	5.—	0.34	0.25
8	4.6	3.8	0.31	0.25
7	4.8	3.1	0.38	0.25
6	5.4	4.4	0.50	0.41
5	7.1	5.8	0.77	0.63
4	8.9	7.5	1.19	1.—
3	18.5	14.—	3.16	2.40
2	14.1	16.1	3.38	3.86
1½	11.5	26.2	3.94	9.—
1	2.9	8.3	1.40	3.99
½	0.5	4.1	0.40	3.28
	100.4	100.8	16.26	25.41

Deze getallen leenen zich beter tot een nadere beschouwing om te zien, wat de methode voor ons waard is. Naar aanleiding van die cijfers is een grafiek gemaakt, die het verschijnsel weergeeft waarom het ons te doen is. (Figuur 16). Wij zien daaruit, dat de percentslijsten aantoonen, dat de karakteristiek is gelegen in de tegenstelling grof en fijn. Er is een middengebied van fractieklassen, vanaf 10 mm tot ongeveer 3 mm, waarin de procentische samenstelling niet uiteenloopt. Dit verschijnsel nemen wij bij *alle* gronden waar, die aan een kruimelproef zijn onderworpen.

Wel varieert de wijdte van dit tusschengebied, maar het feit wordt niet veranderd. Hetzelfde namen wij waar bij *alle* zeefproeven,



Figuur 16.

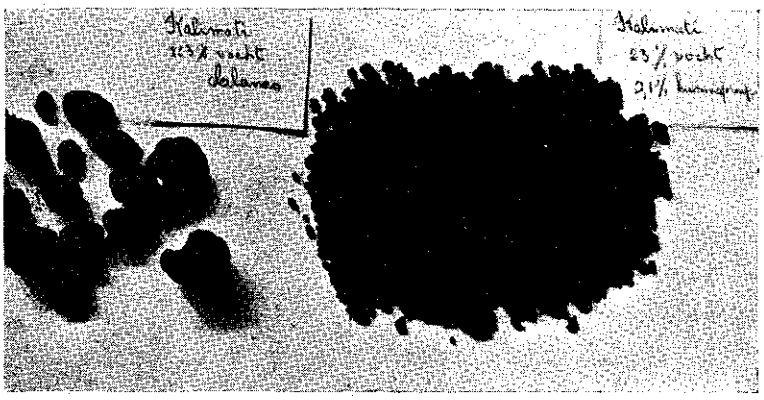
die wij later zullen vermelden bij het zeven van veldmonsters. Ook wordt het aangetroffen bij de meting van de holten en vaste deelen bij het nog te noemen slijpplaatjes-onderzoek. Het schijnt dus een algemeen verschijnsel te zijn, dat, wanneer een grond *fijner wordt* gemaakt (door verkruimeling), het aantal grove deelen afneemt en het aantal fijne toeneemt, met een schijnbare onveranderlijkheid van het middengebied. Op een ander terrein hebben wij iets soortgelijks waargenomen, n.l. bij het fijner malen van gesteenten of slakken, zonder dat men uitzeeving of windzichting inschakelt.

Sommeeren wij de oppervlakte-cijfers, dan vinden wij gemiddeld voor onbehandelden grond, 16.25 en voor den met X_2 behandelden grond 25.41, hetgeen een verbetering is van 9.16 of op 16.25 uitgerekend van 56.5 %. Wil men een billijke vergelijking maken, dan kunnen wij voor beide monsters de verhouding der 6 cijfers voor fijn tot grof vaststellen, en nemen wij daarvoor de O-cijfers tot de fractie 7 en daarna, dan vinden wij:

		onbehandeld	X_2
a)	O-som tot en met 7 mm	1.52	0.84
b)	„ 6—½ mm	14.73	24.57
c)	verhouding : a	0.97	2.92

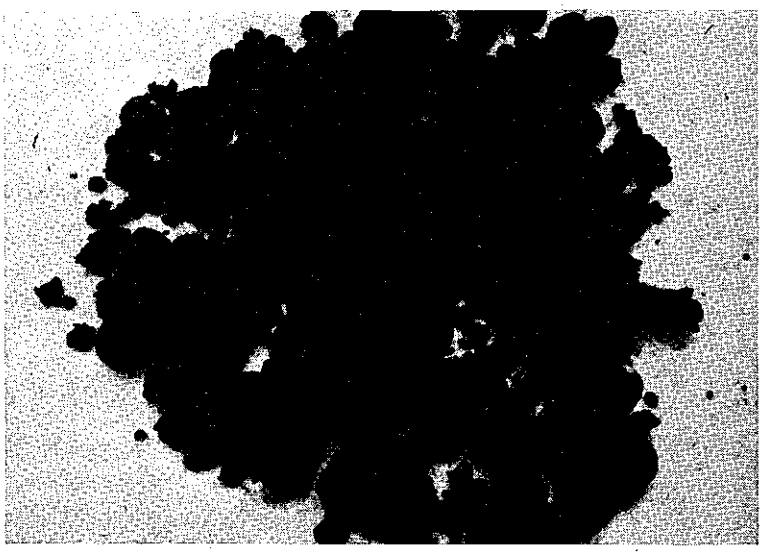
De kruimelproef is uiterst practisch gebleken om gronden op de gevoeligheid te beoordeelen voor structuurverbetering. De cijfers, die wij voor dezen grond hebben aangegeven, zijn reproduceerbaar binnen de vereischte grenzen van nauwkeurigheid. Het doet er practisch weinig toe of wij verbetering van totaal oppervlak vinden van 40 tot 60 %, maar bovendien is het niveau, waarop zich de

structuur bevindt natuurlijk van het grootste belang. Het spreekt vanzelf, dat wanneer een grond buitengemeen sterk kleeft en onhandelbaar is, de sprong naar de verbetering enorm groot is. Immers dan vindt men bij den onbehandelden grond louter groote ballen, zonder fijn materiaal, en bij den behandelden grond, weinig of geen

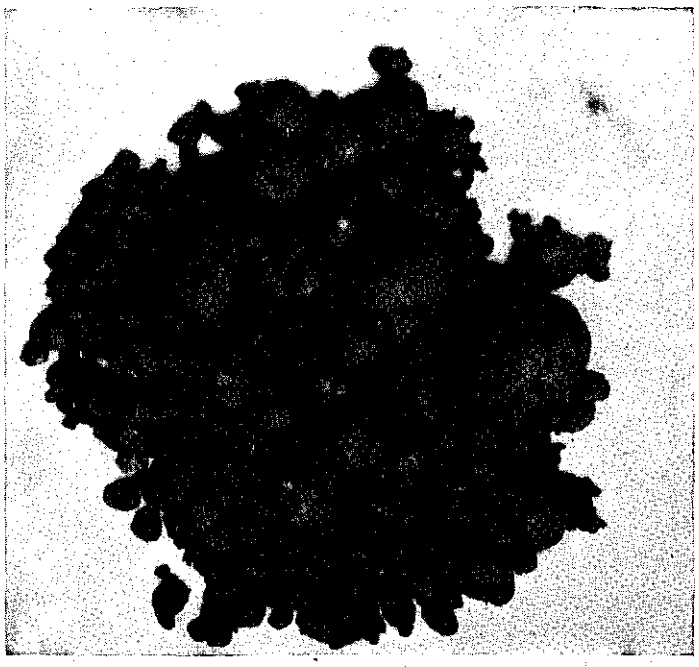


Afbeelding 18.

groote ballen en veel fijn materiaal. Zulk een geval geven wij in afb. 18 weer, bij een tropischen grond uit Cheribon, waar de verbetering in eenige honderden procenten kan worden uitgedrukt. Ook vinden wij zooiets bij onze echte *knik*gronden. Het structuurniveau, waarop een grond kan geklasseerd worden, kan tot op zekere hoogte dan uitgedrukt worden in het absolute oppervlakte cijfer, hetwelk b.v. dan onder de 10 liggend als laag wordt beschouwd en boven de 25 als behoorlijk. Maar ook deze opvatting kan voor kritiek vatbaar zijn, omdat de kleefkracht sterk afhankelijk is van het vochtgehalte; zoodat men het eerst daarover eens moet zijn. De waarde, die men aan de kruimelproef moet hechten, is dezelfde,



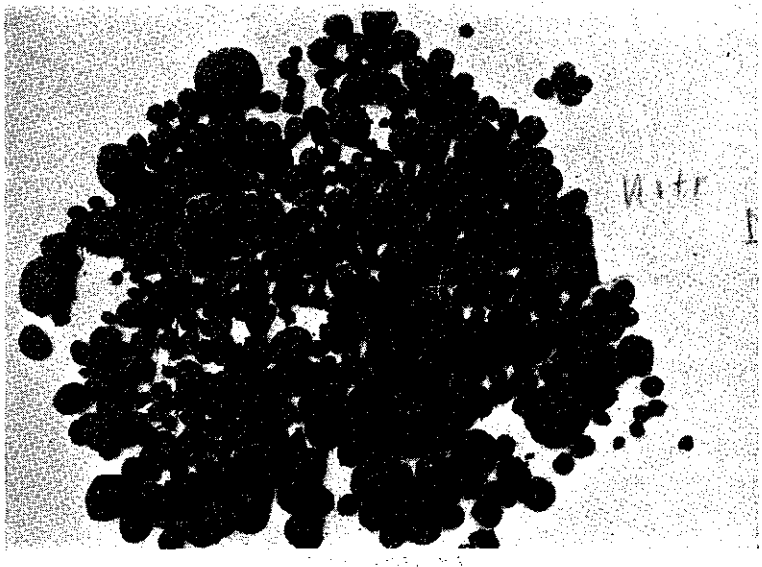
Afbeelding 19.



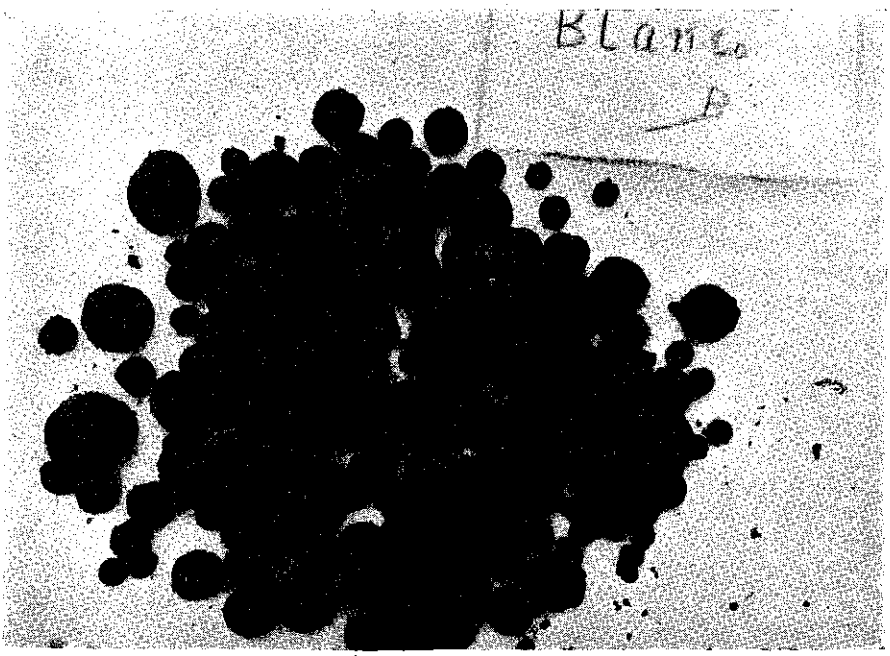
Afbeelding 20.

die men aan analysen hecht, die berusten op een conventioneele bepalingsmethode, zooals wij die toepassen bij meststoffen als Thomasmeel, waarbij men de citroenzuurcijfers als beoordeelingsfactor gebruikt. En zulk een waarde is van zeer groote practische beteekenis.

Overigens is het beeld van de gerolde massa zeer instructief. Als voorbeeld geven wij nog afb. 19 en 20, die behandelde en onbehan-



Afbeelding 21.



Afbeelding 22.

delde klei bevatten uit de Nude bij Wageningen, en afb. 21 en 22, die een zandgrond met ± 10 % deelen <20 μ weergeven uit het fluvioglaciale gebied, eveneens behandeld en onbehandeld, waaruit blijkt, dat ook zandgronden met betrekkelijk weinig fijn materiaal reageeren op X_2. De behandeling van beide gronden had plaats met 0.1 % X_2.

In tabel XLIV geven wij nog diverse gronden weer, die behandeld zijn op deze wijze en die alle een zeer sterke verbetering te zien geven.

TABEL XLIV.

Kruimelproeven bij eenige gronden.
Oppervlaktecijfers of kruimeloppervlakten.

Oorsprong	blanco	0.1 %	0.2 %	0.3 %	0.5 % X_2
Liparietgebied Sumatra ..... grove grond	10.8	12.9	12.7	12.1	13.5
Liparietg. gemengd Sumatra	6.1	15.5	—	—	—
Cheribon Java ..... zeer kleverige grond	3.9	13.9	12.5	11.6	13.5
Mergelklei, Java ..... zeer kleverige grond	6.6	8.1	—	—	—
Yang-geb. Java ..... mooie gekruimelde grond	7.65	7.8	7.8	7.8	8.—
Tertiaire klei, Deli ..... kleverige grond	17.8	—	—	—	22.—
zwarte stof grond Deli ..... mooie kruimelige grond, liggend op tertiaire klei	20.2	—	—	—	20.2

De gronden, die door eigen aard rijk aan org. stof zijn, zooals die uit het Yang-gebergte (Java) en de zwarte stofgrond (Deli), vertoonen geen reactie op X_2. Wanneer men de kruimels in fracties zeeft, en deze uitdrukt in % van het totaal gewicht, krijgt men b.v. voor de gronden de volgende cijfers:

				blanco	0.1	0.2	0.3	0.5
Liparietgr. Sumatra	grooter dan	6	mm	74.9	32.9	35.2	35.1	27.2
Cheribon Java	„	„	10 „	99.6	12.9	15.5	17.4	14.4
Mergel klei Java	„	„	10 „	61.5	31.5	—	—	—

De vraag rijst, of alle fijne gronden die verbetering geven. Natuurlijk niet; maar dan zijn het gronden, die reeds in ideale structuur verkeeren, zooals de echte „Tschermozeme" of zwarte aarden, of zooals de zwarte stofgrond uit Deli — die bekend is wegens het niet voorkomen van de slijmziekte.

Over de verdiensten van deze proef behoeft niet lang gediscussieerd te worden; zij bewijst hetgeen bewezen moest worden, n.l. dat een met X_2 behandelde grond in kleefkracht afneemt en dat bij de mishandeling in de mengmachine en in de roteerende flesch zoo'n grond resistentie vertoont tegen die mishandeling. Dat wenscht de practicus in de eerste plaats, n.l. een tegen de bezwaren der bewerkingsarbeid of tegen de structuurbedervende invloeden der natuur resistente grond. En de mishandeling in de mengmachine en roteerende flesch is een zeer sterke ingreep.

De kruimelproef heeft een andere wijze van werken weer op den voorgrond gebracht, die vroeger bij het bodemonderzoek meer is toegepast, n.l. die van het zeeven van een vochtig of gedroogd monster grond, zonder dat opzettelijke verfijning heeft plaats gehad. Wij hebben deze zeefanalyse steeds met succes kunnen gebruiken, nadat wij ze nauwkeurig hebben bestudeerd. Wij bemonsteren den grond van eenige plekken van het te onderzoeken perceel en wel systematisch op bepaalde van te voren vastgestelde raailijnen. Men steekt de monsters òf uit met een schop direct òf uit een profielkuiltje, doch *steeds zoo, dat de grond medegenomen wordt zoo als ze van nature ligt.* Het verpakkingsmateriaal moet daarop ingericht zijn; mechanisch geweld (indrukken, stuk knijpen) mag niet plaats vinden.

Men moet nooit monsters nemen, wanneer de grond geheel ingedroogd is en evenmin, wanneer hij een vochtgehalte bevat boven de kleefgrens. De speling, die toegelaten is in het vochtgehalte, is zoo groot, dat men alleen in uiterste gevallen verhinderd wordt monsters te nemen. Wij gebruiken voor de verpakking goed sluitende blikken bussen, die zoo geplaatst kunnen worden, dat ze bij verzending niet dooréén vallen, of te hevige schokken ondergaan. Dat de bus zoodanig gevuld moet zijn, dat het materiaal niet los zit, spreekt vanzelf en dat men dit slechts bereiken kan door voorzichtig vullen en *zacht* aankloppen spreekt ook van zelf.

Wanneer men deze voorzorgen neemt, bewijst de dan volgende zeefanalyse zeer belangrijke diensten. Maar ook daarbij houde men zich aan strenge voorschriften. De zeef moet met de hand geschud worden, en elke portie moet zoo groot zijn, dat men de zeef nooit verstopt. Men schudt zachtjes ½ minuut (niet meer), en houdt de zeef vlak boven de tafel, zoo dat het zeefsel niet valt. Men ziet direct daarbij de karakteristieke verschillen, die bestaan tusschen de goede

en slechte structuur. Men ziet bij de eerste de groote brokken uiteénvallen en bij de slechte structuur *niet*. Deze kluiten blijven kluiten en men zeeft er hoogstens de scherpe kanten af, waardoor fijn materiaal ontstaat, dat het zeefbeeld iets te mooi maakt.

Zoo toegepast geeft de zeefanalyse een nabootsing van de grondbewerking, die elke practicus kent. Immers hij ziet, dat op goede gronden de brokken uitéénvallen en bij slechte gronden de al te groote kluiten breken en de kleinere versleept worden.

Uit de verkregen zeefcijfers kan men weder als bij de kruimelproef oppervlaktegetallen becijferen, maar men heeft ook gelegenheid te letten op iets wat belangrijker is, n.l. op de groote stukken in kluitvorm, die niet aan de productie deelnemen. De methode zelf van het zeeven tracht eenigszins tegemoet te komen aan de bepaling van het actieve deel van den grond, doch het is maar een benadering, want ook de slechtste grond bevat nog deelen, die uit kruimelachtig materiaal zijn opgebouwd en waartusschen zich wortels kunnen bewegen, of die vocht leveren met de voedende bestanddeelen voor de dichtbijzijnde wortelharen.

Dat de monster-zeefanalyse andere waarden levert dan de kruimelproef spreekt van zelf, doch ze gaan in dezelfde richting. Wij geven daarvan in tabel XLV een overzicht, n.l. van den reeds genoemden grond uit Etten, waarvan de kruimelproef eenigszins uitvoerig is vermeld en waarop wij ook een veldproef hebben aangelegd, die ons op diverse tijden zeefanalysen leverde.

TABEL XLV.

Overzicht der kruimel- en zeefproef, grond Etten. Behandeld met X_2.

	blanco	0.1%	0.14 %	0.2%	0.28 %	0.3%	0.42 %	0.5%
o-cijfer kruimelpr.	19.25	31.5	—	31.2	—	30.5	—	31.4
proc. verbetering	—	63.5	—	62.—	—	58.5	—	63.—
o-cijfer veldproef	10.7	—	12.7	—	12.6	—	12.1	—
zeefanalyse		—						
proc. verbetering	—	—	18.7	—	17.8	—	13.1	—
proc. ballen 14 mm kruimelproef	15.05	1.9	—	3.2	—	2.9	—	1.8
proc. verbetering	—	86.—	—	78.—	—	81.—	—	88.—
proc. brokken 14 mm	13.07	—	2.88	—	3.59	—	4.17	—
veldpr. zeefanalyse	—	—	79.—	—	72.5	—	68.—	—

Een merkwaardige overeenkomst bestaat hier tusschen de kruimel- en de zeefproef, alleen is de percentische verbetering bij de ballen iets grooter.

Maar veel belangrijker is, dat zoowel uit de kruimelproef als uit de zeefanalyse de drempelwaarde van het X_2-product te voorschijn komt. Wij vinden dit verschijnsel bij alle gronden terug, dus ook bij die van de meest verschillende voorgeschiedenis; *derhalve staat de drempelwaarde als apart verschijnsel vast.* Hiermede is een hechte steun gegeven aan de juistheid van de voorstelling, dat het X_2-product de kleiaggregaten omhult en bijéénhoudt en wel in een zoo dikke laag, dat de deelen in suspensie electrisch geneutraliseerd schijnen. Dat humus X_2 niet op zich zelf kleeft, bewijst de dispersiteit van het materiaal. Dit geeft dan ook een goede verwachting van de aanwendbaarheid van het materiaal in de practijk, waarvoor gerechte vrees bestond, wanneer men vooraf het vraagstuk overdenkt, hoe

een poedervormig fijn roetachtig materiaal door den grond moet verdeeld worden, die van nature stijf, kleverig en onhandelbaar is geworden. De veldproeven zullen bewijzen, hoe het mogelijk is den grond te doordringen, *mits* het materiaal gelijkmatig wordt uitgestrooid, gelijkmatig en ondiep wordt ingewerkt met de schijveneg, en men een regenperiode afwacht, die het materiaal in den grond spoelt. Wanneer men onder ondiep verstaat niet dieper dan 10 cm en de stof in 2 malen geeft en dan de tweede maal na het stoppelploegen, kan men zonder bezwaar een bouwvoor van 20 cm scheppen, die behoorlijk van het materiaal doordrongen is.

Voor wij nu de proeven in het veld verder behandelen moeten wij eerst nog iets zeggen over de resistentie der met X_2 verkregen kruimels. De resistentie wordt het best gemeten door den invloed van den regenslag of door overstrooming. Voor het eerste is een regenproef ontworpen, voor het laatste een slibproef. Van de laatste geven wij een voorbeeld, ondernomen met den standaard Nudegrond.

Een grond, die gekruimeld wordt aangetroffen of waarvan men kruimels maakt in de mengmachine, zooals bij de kruimelproeven is beschreven [50]), wordt gezeefd en de kruimel van een bepaalde fractie wordt onderzocht. De gronden worden in een zuigtrechter ingevuld en met water overgoten. Een serie wordt op verbonden zuigkolven geplaatst, zoodat alle trechters hetzelfde vacuum ondergaan. Tijdens het afzuigen wordt het vacuum geleidelijk verhoogd. In het hier beschreven geval zijn de kruimels bij 18 % vocht gemaakt, dus onder de kleefgrens. De vloeistof wordt tijdens het zuigen op constant niveau gehouden. Gemeten wordt de tijdsduur, waarin 100 cc door de grondmassa wordt doorgelaten. Geeindigd wordt de proef wanneer het vacuum tot ½ atm is gedaald. De afmeting der zuigtrechters is 58 mm doorsnede, hoogte 30 mm, het aantal gaatjes 93. De uitkomst van deze proef is in tabel XLVI opgenomen.

TABEL XLVI.

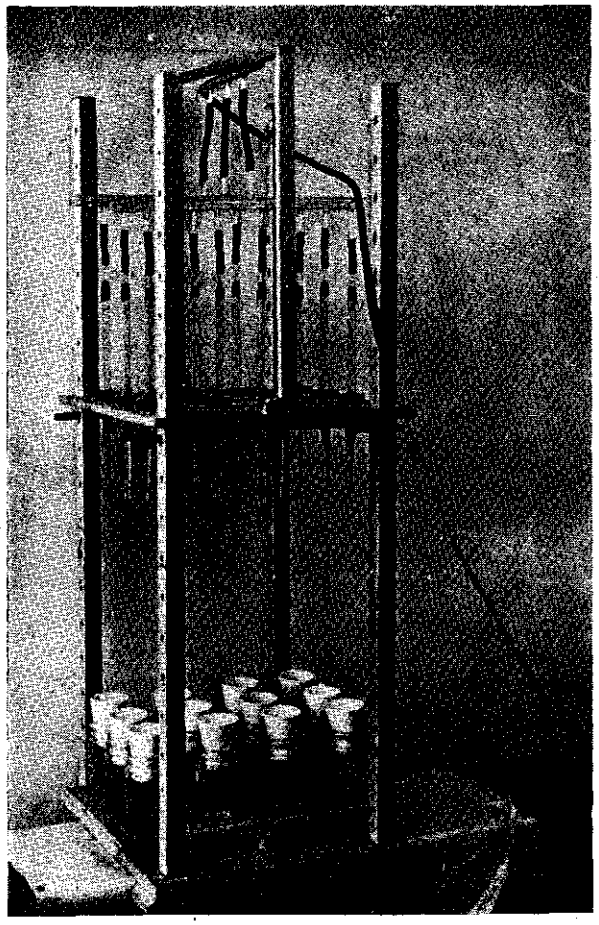
Doorlooptijd in minuten van 100 cc water.

	onbeh. grond			met 0.1 % X_2 beh. gr.			procentische verschillen der gem.
	a	b	gem.	a	b	gem.	
1e 100 cc ..	23	22	22.5	19	19	19	18.4
2e „ „ ..	40	35	37.5	30	31	30.5	22 9
3e „ „ ..	26	19	22.5	14	12	13	73.1
4e „ „ ..	25	25	25	15.5	14	14.75	60.5
5e „ „ ..	24	19	21.5	17.5	14	15.75	36.5

Dat de 2e 100 cc sneller wordt doorgelaten dan de 1e, vindt zijn oorzaak in het verhoogde vacuum. Opmerkelijk is, dat bij den onbehandelden grond de doorloopsnelheid een sterkere stijging ondergaat, n.l. van 22.5 op 37.5, dus met 67 % toeneemt, en bij den met X_2 behandelden grond een geringere stijging, n.l. met 24.5 %. Daarna nemen de procentische verbeteringen toe en weer af. De behandelde kruimel is bij deze proef resistenter gebleken; hij laat het water steeds sneller door.

[50]) Hier wordt niet nageroteerd in de flesch!

De regenproef is voor den practicus overtuigender. Deze is als volgt ingericht. De kruimels van een bepaalde zeeffractie, hetzij op het veld verzameld, hetzij door den menger verkregen, worden in Goochs kroezen van 30 mm bodemdoorsnede en 60 mm hoogte en met 100 gaatjes gevuld. Hierop laat men uit pipetten, waarvan de uitvloeiopening voorzien is van een geijkte capillair, water doordruppelen. Er worden tegelijk 3 series van 4 kroezen behandeld, zooals in afbeelding 23 is aangegeven. De pipetten, die met buizen en slangen onderling in verbinding staan kunnen door het onderschuiven van een bak met water gevuld worden, wanneer een licht vacuum wordt aangebracht. Het water wordt opgezogen tot de merkstreep; de bak weggenomen en de verbinding met de buitenlucht hersteld, zoodat de pipetten gelijkmatig gaan druppelen.

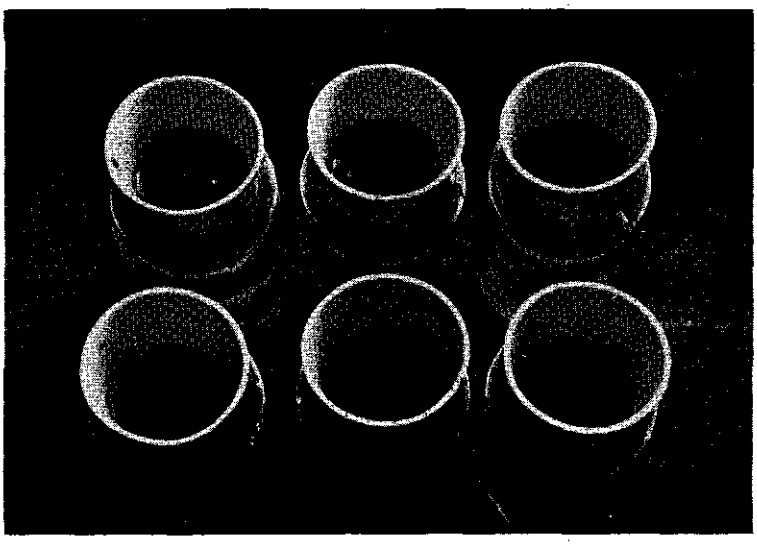


Afbeelding 23.

De kroezen staan op glazen potten, op een platform, dat een draaiende beweging kan maken, zoodat de druppels niet achter elkaar op dezelfde plaats vallen. De pipetten kunnen op verschillende hoogte worden gezet, zoodat de valhoogte kan worden gevarieerd. Op deze wijze is het mogelijk de resistentie van de kruimels te meten, want door den druppelslag worden zij vernield en neemt

de doorlaatsnelheid af. Deze laatste wordt in de opgevangen hoeveelheid per tijdseenheid tot uiting gebracht.

De X_2-kruimel blijkt veel resistenter te zijn, en het komt voor, dat de blanco-kruimel al lang dichtgeslagen is, wanneer de X_2-kruimel nog steeds water doorlaat. Van zoo'n proef geeft afb. 24 een duidelijk beeld. De bovenste drie kroesjes zijn gevuld met blanco-grond uit Azewijn, en de onderste met X_2 behandelden grond. De bovenste kroesjes laten geen water meer door en weerspiegelen het opstaande water; de onderste kroesjes laten nog steeds water door en zijn nog bij lange niet vernield. Dat men tenslotte den besten grond, dus ook den met X_2-behandelden grond, geheel inéén hameren kan door een sterken regenslag (groote valhoogte), is van zelfsprekend. Het is echter de vraag, hoe lang ze het uithouden en



Afbeelding 24.

hoe sterk de druppelslag moet zijn om het stelsel te vernielen. Deze proef heeft ons veel geleerd over de wijze waarop de grond water opneemt en het is daarom noodzakelijk te wijzen op een phenomeen, dat zeer bedriegelijk is.

Een grond, die in zeer slechte structuur verkeert en uit kleine kluitjes is opgebouwd, *kan* zeer doorlatend zijn uit hoofde van het moeilijk bevochtigen dier kluitjes. Een fijne grond zuigt *zeer* langzaam water op en het kan zijn, dat het op zoo'n drogen kluitengrond een geheelen dag regent, zonder dat het water *in* de kluiten dringt. De snelheid van opnemen van water is een karakteristiek voor den grond. Is eenmaal zoo'n grond geheel doortrokken en zijn de deelen gezwollen, dan gaan ze loslaten en den grond versmeren. Dit kan zeer lang duren en het uiterste geval, waarbij het water *niet* meer doordringt, doet zich voor bij sommige veen-kleimengsels, waarbij het veen irreversibel is geworden. Zij vormen dan de zoogenaamde uitdrogende gronden, die niet meer nat worden, zelfs niet, wanneer men ze een jaar in het water laat liggen.

Men moet dus bij de regenproef rekening er mede houden, dat men die niet begint voor de kruimels of brokjes, waarvan men

uitgaat, geheel doordrongen zijn van water en behoorlijk gezwollen zijn.

Wij zullen nu één van deze proeven beschrijven, om een indruk te geven van het verloop.

20 gram grond van een vakkenproef, in de open lucht gelegen, werd in de kroes ingevuld en wel van het fijnere materiaal van ± 1 mm grootte. Hierop werd 11 keeren 10 cc water uit de pipet gebracht, welke vlak boven den grond werd geplaatst met een valhoogte van ± 0 cm om te voorkomen, dat de regenslag de deelen zou uitéénslaan vóór ze goed bevochtigd waren. De pipet liep in 1 minuut en 18 sec ($1^{8}/_{10}'$) leeg. Er is dan geen merkbaar verschil in doorlatendheid. Na deze behandeling worden de kroezen afgedekt met een horlogeglas en gedurende den nacht aan hun lot overgelaten. Den volgenden ochtend blijkt de 12e 10 cc uit de pipet voor den onbehandelden grond 1 min en 30 sec noodig te hebben, en voor den met 0.1 % X_2-behandelden grond 1 min en 26 sec, om door te loopen. Nu wordt de valhoogte vergroot tot 30 cm en met 16 druppels per minuut de grond bewerkt. Door bewegen der kroesjes valt elke druppel op een „andere plek". Dan wordt het morphologisch beeld van behandelden en onbehandelden grond al spoedig zeer verschillend. Iedere druppel vormt bij behandelden grond een putje en bij onbehandelden *niet*. Daar vervlakt zich de grond, terwijl op den behandelden grond de deeltjes op zijde geduwd worden. Op onbehandelden grond glimt het oppervlak of er blijft een plasje staan, op behandelden grond is het oppervlak dof en loopt het water direct weg. Na één regenslag van 30 cm hoogte wordt de 14e 10 cc nu weer bij 0 cm opgebracht. De doorloopsnelheid is dan bij onbehandelden grond 15.6 min en bij behandelden grond 7.7. min.

Zoo kan men door experimenteeren nagaan, hoe veel regenslagen van b.v. 30 cm valhoogte de behandelde grond noodig heeft om dicht te slaan en hoe veel de onbehandelde. De laatste zit in enkele keeren dicht en het komt er op aan, dit door eenige herhalingen te bevestigen.

Een van de gronden, die zeer slecht zijn en het verschijnsel geven van het traag indringen van het vocht *in* de bodemdeeltjes, gaf het onderstaande leerrijke beeld.

Er werd 11 keer 10 cc doorgedruppeld en wel 9 maal van 0 cm hoogte, 1 maal van 10 cm en 1 maal van 30 cm hoogte. En daarna 6 keer 10 cc doorgevloeid bij 0 cm hoogte. Nu stond de grond 2 × 24 uren afgedekt om de gelegenheid te geven te zwellen. Daarna werd éénmaal geregend van 70 cm hoogte en éénmaal van 0 cm. De resultaten met den doorlooptijd van deze laatste 10 cc waren, in minuten uitgedrukt:

onbehandeld			behandeld		
13.1	8.1	3.1	2.1	0.1	2.1

De cijfers geven parallel-bepalingen aan. De zeer belangrijke ongelijkheden wijzen er op, dat men bij overgangstoestanden werkt.

Beregent men nog éénmaal bij 70 cm valhoogte dan worden de cijfers, in minuten uitgedrukt:

onbehandeld			behandeld		
32.1	52.1	4.1	4.1	2.1	3.1

Herhaalt men dit nog eens bij die groote valhoogte, dan worden de cijfers:

onbehandeld			behandeld		
346.1	278.1	183.1	2.1	2.1	3.1

Gaat men dan door met dezen zwaren regenslag, dan slibt de onbehandelde *geheel* dicht en krijgt de doorloopsnelheid ook van den behandelden grond een zwaren stoot, zoodat dan tenslotte ook deze dicht gaat zitten, maar nog water doorlaat in resp. 130, 103 en 47 minuten.

De behandelde grond blijkt dus bij dezen *zeer* zwaren grond veel resistenter te zijn dan de onbehandelde.

De cijfers doen zien, dat men er voor zorgen moet steeds met paralellen te werken en dat men door het varieeren van de hoeveelheid water en de valhoogte, het karakteristieke punt moet vinden, waarbij een grond nog juist intact blijft.

Door deze proeven hebben wij,zooals boven reeds gezegd werd, veel geleerd, o.a. dit, dat ook hier weer de irreversibiliteitsverschijnselen het beeld vertroebelen. Zoo begrijpen wij nu, waarom er zware gronden zijn, die in den zomer in tusschentijdsche regenperioden (die ons klimaat kent), zoo weinig herstellen en ook weinig nat worden, terwijl ze in den winter zeer ondoorlatend worden en versmeren. Zij laten het water des zomers door de spleten heen zakken en hebben den tijd niet zich vol te zuigen. Een goede grond neemt wel het gevallen water op.

Wij hebben in zulke perioden bij onze profielstudies menig maal het voor velen onverklaarbare feit waargenomen, dat een slechte grond *dieper* nat wordt dan een goede.

Men kan ook b.v. bij de uitdrogende gronden, die uit veen-kleimengsels bestaan, op grasland zien, hoe zelfs na *zware* regenperioden de ondergrond stofdroog blijft en het water langs de spleten wegvoert. De wortels groeien in de spleten om de brokjes, die inwendig droog zijn, *heen* en volgen in grillige kronkelwegen de waterbanen. Dat zulk grasland alleen groeit in vochtige perioden bij flinke mestbehandeling spreekt vanzelf. In droge perioden worden ze als „heide"gronden, met juist dezelfde vegetatie van b.v. wollig zorggras, schapengras, zwaar bloeiende witte klaver, potentil en zelfs dopheide!

De grond van goede structuur moet het water direct opzuigen en vasthouden, d.w.z. niet eerder loslaten voor de poriën een water/lucht verhouding hebben van ongeveer 1 op 1.

Proeven als de slib- en regenproef zijn te omslachtig om te gebruiken voor het meten van de structuur als toestand van een bepaald oogenblik. Om de veranderingen na te gaan, welke onder invloed van klimaat, begroeiing, bewerking en werking van den biologischen buffer zich voltrekken, is eenvoudige methodiek noodzakelijk. De beide genoemde methoden, die de resistentie van de kruimels of kleine kluitjes met behulp van waterinvloed meten, kunnen in twijfelgevallen dan goede diensten bewijzen.

De zeefanalyse van de veldmonsters, zooals wij die beschreven, is practisch en bruikbaar bevonden voor de beoordeeling van de structuur en structuurveranderingen. Wij zullen dit aan de hand van de ervaringen met eenige groote en kleine veldproeven aantoonen.

Een der moeilijkste gronden, die wij onderhanden kregen, is een grond uit den Wilhelminapolder (bij Goes). Hoewel deze 8 % koolzure kalk bevat, is het een puzzle den juisten tijd te vinden om den grond te bewerken. Hij droogt snel in en wordt dan te hard — of hij wordt bij regenslag vochtig en dan kleeft het materiaal aan de werktuigen, zoodat ploegen in beide gevallen zwaar werk wordt en niet eens den grond in een kruimeltoestand brengt. Het is deze grond, die een eigenschap vertoont, waarop nog te weinig de aandacht is gevestigd, n.l. dat het vocht in de kluiten of vaste brokken zeer langzaam indringt, zoodat de buitenzijde van een brok plastisch wordt en de kern nog geheel droog blijft. Het niet gelijkmatig doordringen van vocht in den grond wijst op een zeer fijne kluitenstructuur door de fractieverdeeling van het materiaal.

De slibanalyse bevestigt dit, zooals uit de onderstaande cijfers duidelijk is:

$>$ 50 μ	12.8 %
50—10 μ	37.4 %
10— 5 μ	4.5 %
5— 2 μ	4.4 %
$<$ 2 μ	32.7 %

Het is de fijne zandfractie, die gemengd met klei bij ontbreken van een voldoende hoeveelheid van de grove zandfractie, het geheel tot een dichten grond stempelt.

Het zandmateriaal schijnt van duinformaties afkomstig te zijn.

De eigenschap van het slecht opnemen van vocht blijkt al direct bij de kruimelproef. Het opnemen van vocht in den menger geeft versmering, vóór dat het kleefpunt in werkelijkheid is bereikt, wanneer men n.l. het water te snel toevoegt. Daarom moet dit uiterst langzaam geschieden. Dat de grond een sterke krimp geeft met vorming van *harde* kluiten, bewijst de herbevochtigingsgang na het indrogen van de grondschijf bij de krimpproef. De herbevochtigingsfactor is dan ook laag bij een hooge, blijvende krimp, n.l. 40.6 % bij 25 % krimp.

Om *deze* grond te verbeteren, is een zware eisch. Hoe brengt men X_2 aan, zoo dat het in den grond goed verdeeld is? Men denke aan de vele harde kluiten, die op het veld liggen en grove spleten, waartusschen de uitgestrooide stof X_2 zich kan ophoopen en wegspoelen, zoodat eerder de ondergrond geraakt wordt dan de bovengrond. Wij hebben speciaal met dezen grond extra veel werk gehad om tot een goede oplossing te komen.

Wij brachten een groote hoeveelheid naar den tuin van het laboratorium om er een „vakkenproef" mede te nemen, n.l. vakken van 0.60 $\times$ 0.60 m worden ingevuld op een ondergrond van zuiver zand, dat weer in een gesloten betonnen bak is ingevuld, zoodat de grondwaterstand en de afwatering kan geregeld worden. Die vakken liggen in de open lucht en zijn behandeld en bebouwd. Maar eerst werd een kruimelproef genomen, die, zooals reeds gezegd, groote moeilijkheden bracht door de te langzame bevochtiging der fijne deelen. Toen die overwonnen waren, kregen wij de volgende uit de zeeffracties berekende oppervlaktegetallen:

blanco	met 0.075 X_2	met 0.1 % X_2	met 0.2 % X_2
13.4	17.3	18.5	19.4

Wij zien dus ook hier weder een drempelwaarde met een verbeteringscoefficient van ± 18 %.

De vakken, die 40 cm diep waren ingevuld, werden bewerkt en bemest. Twee werden met X_2 behandeld, n.l. 0.1 % en twee onbehandeld gelaten. Na 45 dagen, n.l. 5-9-'38, werd een zeefanalyse verricht. Wij vonden voor het oppervlaktegetal gemiddeld

onbehandeld 4.31
behandeld 5.16

De relatieve verbetering was dus 19.7 %.

De bemesting had bedragen 75 kg K_2O, 60 kg P_2O_5 (als patentkali en super) en 60 kg N op de onbehandelde vakken als kalkammonsalpeter en op de behandelde als uitwisselbare stikstof aan het product X_2. De opbrengsten waren aan drooggewicht totaal aan herfstknollen gemiddeld: blanco 80 gr en met X_2 94.5 gr, dus een procentische meeropbrengst van 18.1 % bij X_2.

Na de knollen werd wintertarwe gezaaid, die door de strenge vorst uitwinterde. De zeefmonsters genomen op 4-3-'39 gaven de volgende cijfers:

onbehandeld .. 9.83
met X_2 ..... 11.92

De vorst en de wintervoor met de doodgevroren tarweresten hadden dezen kalkrijken grond dus verbeterd met ruim 100 %. De X_2-vakken blijven evenwel 21.2 % voor!

Bepaalt men de brokken grooter dan 2 mm (die dus de zeefbeweging doorstaan), dan vindt men:

onbehandeld 25.2 %
met X_2 16.6 %

dus een verbetering van ruim 51 %. Het hooge percentage van die brokken wijst op de kleverige natuur van den grond.

In den zomer van '39 werden alle vakjes bemest met 60 kg P_2O_5 (super) en 60 kg N als een mengsel van kalksalp. en kalkamm. salp. De opbrengst aan peen was:

onbehandeld 2.3 kg
met X_2 2.55 „

Een verbetering van 10.8 %, doch vooral een verbetering in kwaliteit van de peen, die bij X_2 mooi recht was en goed van vorm. Dit was dus nawerking.

Het proefveld in den polder kostte meer moeite en werd op 30 Aug. 1938 aangelegd. Het uitstrooien van X_2 baarde zorgen. De grond was in een toestand, die het beploegen met een span van 3 paarden noodzakelijk maakte. Nadat de grond 80 dagen onder den invloed van de X_2-werking gelegen had, werden veldmonsters genomen (18-11-'38), die direct deden zien, dat de werking er was, maar nog te pleksgewijze. Wij vonden de oppervlaktecijfers:

No.	onbeh.	beh.
1	4.07	
3		5.01
4	3.98	
6		5.06
7	4.27	
9		5.—
10	4.55	
12		5.61

De getallen liggen zeer laag, maar de X_2-werking is er. Deze gemiddelde cijfers wijzen dus in positieve richting.

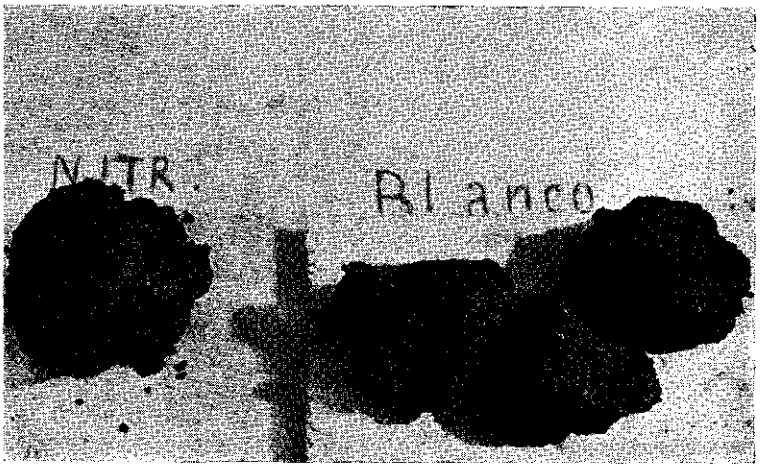
Omdat men meer zekerheid wil hebben, hebben wij alle monsters gezeefd en daaruit de waarschijnlijke fout berekend. Wij krijgen dan de waarden: Onbehandeld 4.22 ± 0.134 en met X_2 behandeld 5.17 ± 0.150, zoodat verbetering vaststaat.

Nu was op dit proefveld het product X_2 in de hoeveelheid van 0.1 % voor de bovenste 10 cm gegeven. In het voorjaar werd nog een gelijke hoeveelheid toegediend op enkele perceeltjes om de geheele 20 cm bouwvoor er mede te voorzien, nadat de eerste zône van 10 cm door spitten was gekeerd.

Eerst in Aug. werden de nieuwe veldmonsters genomen en die gaven de volgende uitkomsten voor de oppervlaktecijfers:

blanco	7.84
kleine gift	11.9
groote „	15.9

Bij de monstername bleek, dat de bovenlaag van 10 cm op de X_2-veldjes vaster was dan de onderlaag. Op de blanco perceelen was dit niet zoo, daar was de onderlaag zoo plastisch vast, dat de grond alleen met een mes te snijden was. Die waarneming is weergegeven in de afb. 25, waarop links het X_2-kruimelaggregraat ligt en rechts een aantal natuurlijke slecht opgebouwde kluiten. In afb. 26 is het resultaat weergegeven van deze eenheid na schudden. Men ziet, dat de behandelde grond verder verkruimelt dan de onbehandelde



Afbeelding 25.

grond. De monsters uit den ondergrond (10—20 cm) geven dan de volgende cijfers voor de oppervlakteberekening:

onbehandeld	4.74	met 69.6 % brokken grooter dan 20 mm
met X_2 behandeld	8.19	„ 24.4 % „ „ „ 20 „

Merkwaardiger is, dat de behandelde kruimelaggregaten 1 % meer vocht bevatten dan de onbehandelde kluiten en dat dicht bij de kleefgrens. Hier is dus het geval aanwezig, dat de kluiten *meer*, zelfs veel meer trekkracht vragen dan de kruimelaggregaten. Wij kunnen dit gerust zeggen, omdat men dit voelt met krabber en weerstandsmeter. De verschillen zijn dan ± 50 %! De spitter, die het proefveld bewerkt, kan dit zeer goed bemerken, hoewel de grond

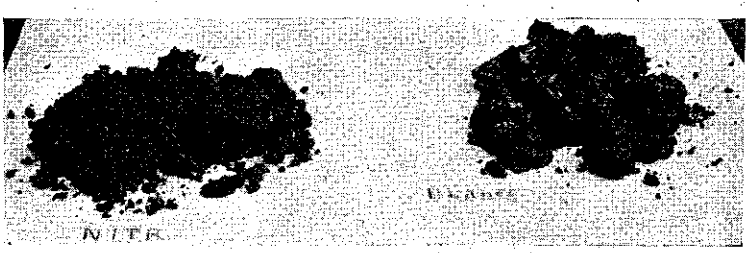
tamelijk dishomogeen is. Men vindt naast plekken van zeer goede structuur nog resten van vaste kluitvorming.

Bepaalt men de brokken grooter dan 20 mm bij de zeefanalyse gevonden, dan vindt men in procenten uitgedrukt:

Op 18-11-'38 in de bovenlaag na 80 dagen als gemiddelde van 4 perceeltjes:

onbehandeld	behandeld met 0.1 % X_2
58.4 %	33.8*

wat een gemiddelde van groote brokken van 72.8 % meer is bij onbehandeld.



Afbeelding 26.

De nieuwe gekeerde bovenlaag had op 1-11-'39 de volgende percentages brokken grooter dan 20 mm:

onbehandeld	kleine gift 0.05 % X_2	groote gift 0.1 % X_2
69.3 %	63.8 %	45.3 %

waaruit blijkt, dat de kleine gift van 0.05 % de drempelwaarde *niet* heeft bereikt en dat bovendien de menging met dezen grond wel eens waar tamelijk goed is uitgevallen, maar nog verbeterd dient te worden.

Het getal 33.8 met * gemerkt, heeft betrekking op de kleine hoeveelheid X_2, die toen nog door de 1e 10 cm was gemengd, vandaar de duidelijke verbetering. Wanneer de menging door de geheele bouwvoor van 20 cm na het spitten heeft plaats gehad, gaat de toestand, zooals uit het cijfer van 1/11 '39 blijkt, weer terug!

Het is jammer, dat de koolrapen, die op de X_2-veldjes beter stonden, niet gewogen konden worden en vergeleken met de blanco's, anders hadden wij dien beteren stand in cijfers kunnen uitdrukken. De rapen waren in een drogen tijd na uitgewinterde tarwe gezet en kwamen zeer ongelijk op. De bezwaren van „structuur"-proefvelden met oogstbepalingen zullen wij in hoofdstuk V behandelen. Deze proefvelden vragen n.l. een geheel andere behandeling dan de bemestings- of rassenproefvelden.

Bij de behandeling van het slijpplaatjesonderzoek door *Dr. Redlich*, van wien aan 't slot van dit hoofdstuk een verslag wordt opgenomen, komt dit proefveld opnieuw ter sprake.

Een tweede geval betreft de zware klei uit de Nude te Wageningen, waarover reeds op blz. 603 is gesproken en waarvan de fractionaire samenstelling is vermeld. Ook van dezen grond werd een vakkenproef aangelegd, zooals bij den grond uit de Wilhelminapolder. De aanleg had plaats in den zomer van 1938. Er werden stoppelknollen gezaaid op een basisbemesting van 60 kg P_2O_5 (super) en 75 kg K_2O (kali 40 %) en 60 kg N (kalkammonsalp.

of uitwisselbare N in X_2). De zeefanalysen gaven vóór en na den winter de volgende resultaten:

TABEL XLVII.

Onbehandeld Perc. brokken 20 mm

	22/10'39	4/3'40	22/10'39	4/3 40
Onbehandeld	4.63	9.14	59.5	45.—
X_2-behandeld	6.88	13.22	36.3	22.3
proc. verbetering	46.60	34.70	130.—	103.—

Wij zien in de getallen, dat gedurende den winter met de diverse vorstperioden de structuur verbetert en wel beide in dezelfde mate. De onbehandelde veldjes gaan van 4.63 naar 9.14 of verbeteren met 195 % en de behandelde met 192 %. D.w.z. dat, wanneer in het najaar het structuurniveau hoog is, dit, in absolute maten gemeten, na de vorstverbetering hooger komt te liggen dan waar het niveau laag is. Een slecht perceel kan dus door de vorst niet zoo veel bijspijkeren, dat het evengoed wordt als een goed perceel; althans dit is zoo op het type van den Nudegrond. Wat de opbrengst aan knollen betreft, wij oogstten in droog gewicht op den onbehandelden grond: 100 gr en op den met X_2 behandelden: 120 gr. Dus 20 % ten gunste van X_2. Na de knollen werd wintertarwe uitgezaaid, die uitwinterde, daarna werd peen verbouwd. De bemesting was nu voor alle vakken gelijk aan het schema van de onbehandelde vakken in 1938. Geoogst werd aan versch gewicht:

onbehandeld 2.5 kg
met X_2 behandeld 3.3 „ .

Er was 32 % verschil ten gunste van X_2 en vooral was de gelijkmatige kwaliteit (groei) van de wortels daar in het oog loopend.

In het vrije veld werd eveneens een proef aangelegd, doch deze leverde zooveel moeilijkheden op, dat wij er weinig profijt van hebben gehad. De grond was te onhandelbaar om aan aanwending in den zomer 1938 te denken. Die moest uitgesteld worden tot Mei 1939. Daarna werden koolrapen gezaaid. Wij hebben zeefanalysen van 3 monsters, die hieronder zijn weergegeven:

TABEL XLVIII.

	Oppervlakte cijfers			Perc. brokken grooter dan 14 cm		
	10 Mei	8 Juli	6 Oct.	10 Mei	8 Juli	6 Oct.
Onbehandeld ..	17.3	16.8	14 2	18.1	25.1	33.3
met X_2 behandeld	16.7	18.1	15.8	19.9	18.1	22.3

De cijfers zijn belangrijk, omdat zij laten zien, hoe een grond van Mei tot Juli in een droge periode niet verandert en daarna van Juli tot Oct. in een zeer natte periode een beginnende verandering te zien geeft, wat vooral in het percentage groote brokken tot uiting komt. Bij het onbehandelde perceel neemt dit iets toe, bij de met X_2 behandelde perceelen duidelijk sterk af. Jammer genoeg konden wij

dit proefveld vanwege den ingetreden oorlogstoestand niet aanhouden. Het werd vernield, wij hebben helaas dus niet kunnen nagaan hoe de invloed van X_2 bij slechte aanwending verloopt en hoe eventueel fouten daarbij gemaakt, verholpen dienen te worden.

Wij willen nog de volgende proefvelden kort vermelden, die volgens een eenvoudig principe zijn aangelegd en waarbij een kleine gift en een groote gift X_2 werden toegediend.

Met kleine gift is bedoeld 0.05 X_2 voor 10 cm bouwvoor, wat overeenkomt met ± 750 kg per ha; met groote gift de aanwending van 1500 kg per ha, met dien verstande, dat getracht wordt na de eerste gift, die niet dieper dan 10 cm is gezakt, deze laag door spitten te keeren en een laag van 10 cm, die onbehandeld is gebleven, boven te brengen, die dan de 2e gelijke gift ontvangt. Wij hebben steeds 4 parallellen; de gemiddelde cijfers zijn daarop betrokken.

Wanneer X_2 versch wordt aangewend, wordt er rekening mede gehouden, dat ook werkzame stikstof wordt gegeven. Bij de nawerking wordt het veld gewoon bemest, zooals in de praktijk gebeurt.

Wij vermelden thans de zeefanalysen van de diverse proefvelden.

Proefveld te Groessen bij Zevenaar op zware klei in een terrein, dat slecht ontwaterd is en waar men trachten wil den grond in betere structuur te brengen.

TABEL XLIX.

Monsters	6/4 '39 en 20/9 '39		6/7 '39 en 20/9 '39	
	opp. cijfers		perc. brokken grooter dan 14 mm	
onbeh.	15.80	14.80	14.2	20.7
X_2 klein	17.83	17.36	—	—
X_2 groot	19.51	19.08	6.6	4.9

Van dit proefveld hebben wij eenige zeer mooie waarnemingen in weerstandsmetingen en in profielstudie. Waar X_2 in tweemaal gegeven was, was het in den spitarbeid direct te bemerken, de grond was er beter te bewerken. Herhaaldelijk hebben wij daar met den drukveer weerstandverbetering waargenomen, die op de helft van de drukkracht neerkomt van de onbehandelde velden. Een duidelijke afbeelding geven wij weer in afb. 27, waar de kluiten van het onbehandelde perceel zijn neergelegd, en in afb. 28, waar de kruimels van het behandelde veld naast den profielkuil liggen. Schiften wij de monsters in brokkenklassen, dan krijgen wij afb. 29 voor den onbehandelden grond en afb. 30 voor den behandelden. Daarbij beteekent

I. goede brokken met kruimelstructuur.
II. matige „ „ gedeeltelijke kruimelstructuur en met scherpen kant.
III. brokken met hoekige kanten, hoofdzakelijk vaste kluiten.
IV. fijn materiaal.

Bij den onbehandelden grond zijn de fijne stukjes overwegend hoekig, wat blijkt uit afb. 29, en bij den behandelden grond meest kruimelig, wat blijkt uit afb. 30.

Op den zwaren kleigrond te Etten vonden wij de volgende cijfers van de veldmonsters:

Afbeelding 27.

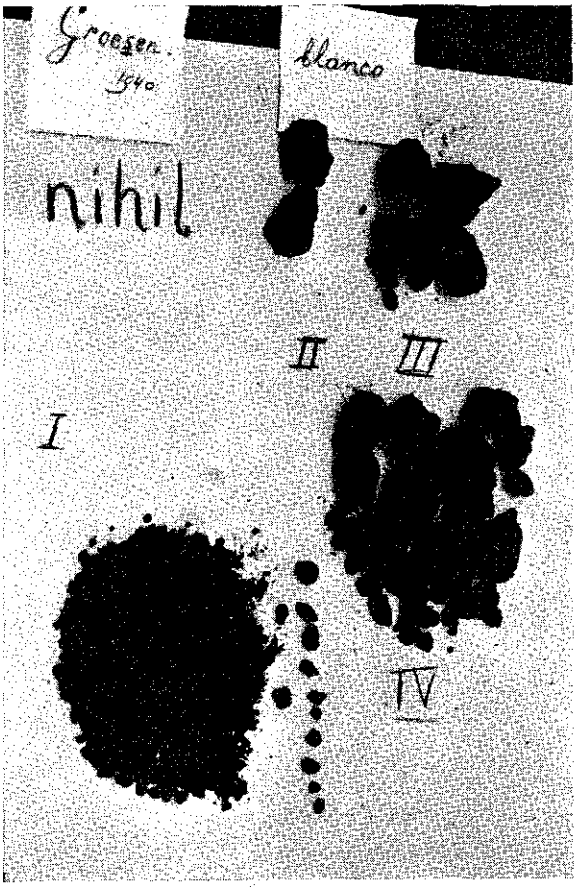
Oppervlaktecijfers gemiddeld bij onbehandeld 10.88 en bij behandeld 13.36 met een verbetering van 22.8 %.

Op een zwaren grond te Azewijn waren die cijfers:

onbehandeld 13.59 en behandeld 15.68 met een procentische verbetering van 15.4 van een monster 6/7 '39. Op den 20en Sept. '39 waren de cijfers resp. 11.19 en 14.50 met een procentische verbetering van 26.9 %.

Afbeelding 28.

Dit proefveld leverde groote moeilijkheden bij de verdeeling van het materiaal. Zoo vonden wij op de X_2-veldjes stukken, die aan een zijde geraakt waren door X_2 en aan de andere zijde niet. Afb. 31 geeft de kruimelige zijde van een kluit en afb. 32 de kluit-gebleven kant, terwijl afb. 33 een echte X_2 kruimelbrok geeft (links) en een kluit (rechts).



Afbeelding 29.
(Het merk III heeft betrekking op de brokken zoowel boven als beneden dit teeken; en IV op het links liggende fijne materiaal)

Wij hebben om de moeilijkheden van het aanleggen van kleine structuurproefvelden in de practijk gedeeltelijk op te heffen van eenige proefveldgronden in groote vakken strookenproeven op het proefterrein bij ons laboratorium ondergebracht. Daar kunnen wij de bewerking beter behartigen en ook waarnemingen verrichten, die op de praktijkproefvelden ons ontgaan. De resultaten met die proeven, waarbij goed de opbrengsten kunnen worden bepaald en waar alle behandelingen in duplo voorkomen, geven wij in tabel L weer.

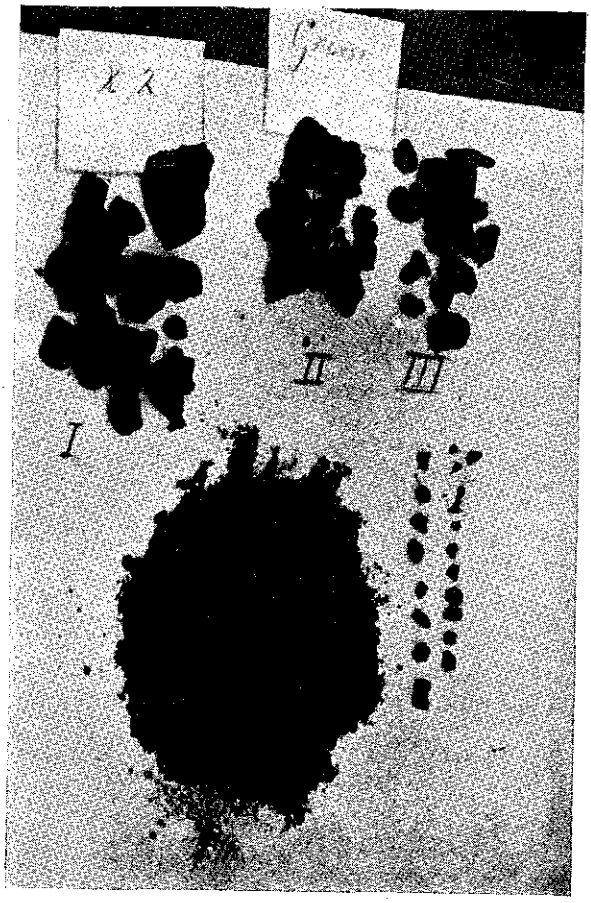
TABEL L.

Overzicht van oogstresultaten uit 1938 en 1939, bij werking en nawerking van X_2, bij proeven in de buitenlucht.

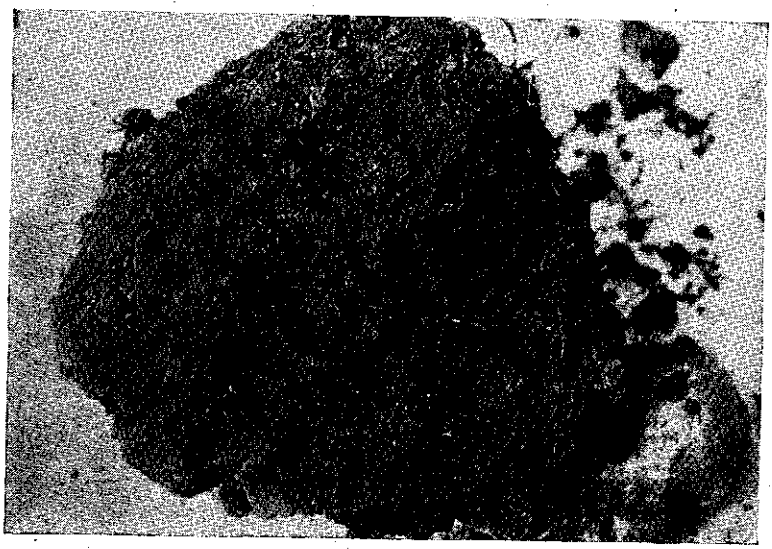
Grondsoort	Gewas	aanduiding oogst	% gem. oogstverbetering	gem. kruimelopp. verbetering %	gem. afname kluit > 14 mm %
1. zware klei Nude, Wag.	herfstk. peen	1e oogst	19.5		
		nawerking	32	34.7	103
2. zware klei Wilh. dorp Z.	herfstk. peen	1e oogst	16.6		
		nawerking	10.8	21.2	51.5
3. l. zavel Angerlo	herfstk. peen	1e oogst	31.9		
		nawerking	12.5	21.—	—
4. zw. klei Netterden	herfstk. peen	1e oogst	7.5		
		nawerking	10.4	13.6	—
5. idem proefveld	voederb.	nawerking	13.5	20.9 b.g. 29.2 o.g.	—
6. l. klei Rha 0.1 % X_2	gele most. herfstk.	1e oogst	10.4		
		nawerking	21.1	—	55.4
7. id. 0.2 % X_2	gele most. herfstk.	1e oogst	0		
		nawerking	23.9	—	55.4
8. id. 0.3 % X_2	gele most. herfstk.	1e oogst	0		
		nawerking	23.9	—	55.4
9. id. gekalkt en 0.1 % X_2	gele most. herfstk.	1e oogst	9.3		
		nawerking	19.4	—	33.9
10. zw. klei Etten, 0.1 %	gele most. herfstk.	1e oogst	0		
		nawerking	0	0	—
11. id. 0.2 % X_2	gele most. herfstk.	1e oogst	14.7		
		nawerking	13.9	17.5	—
12. id. 0.3 % X_2	gele most. herfstk.	1e oogst	0		
		nawerking	46.2	—	32.4
13. sl. zavel Didam	gele most. herfstk.	1e oogst	8.3		
		nawerking	10.9	—	54
14. zw. klei Gendringen	gele most. herfstk.	1e oogst	0		
		nawerking	7.1	—	45
15. zw. klei Etten	gele most. herfstk.	1e oogst	27		
		nawerking	21.9	—	112.7

Afkortingen: Wag. ..... Wageningen.
Wilh.dorp Z. ..... Wilhelminadorp, Zeeland.
sl. zwavel, zw. klei .. slempige zavel, zware klei.
l. zavel; l. klei ..... lichte zavel, lichte klei.
gele most ..... gele mosterd.
herfstk. ..... herfstknollen.

Data:
voor 1, 2, 3 en 4 aanleg 5-9-'38; 1e oogst 21-10-'38; 2e oogst Nov. '39
„ 5 „ 26-8-'38; „ „ 25-10-'39;
„ 6 t/m 15 „ 29-6-'38; „ „ Aug. '39; „ „ Nov. '39



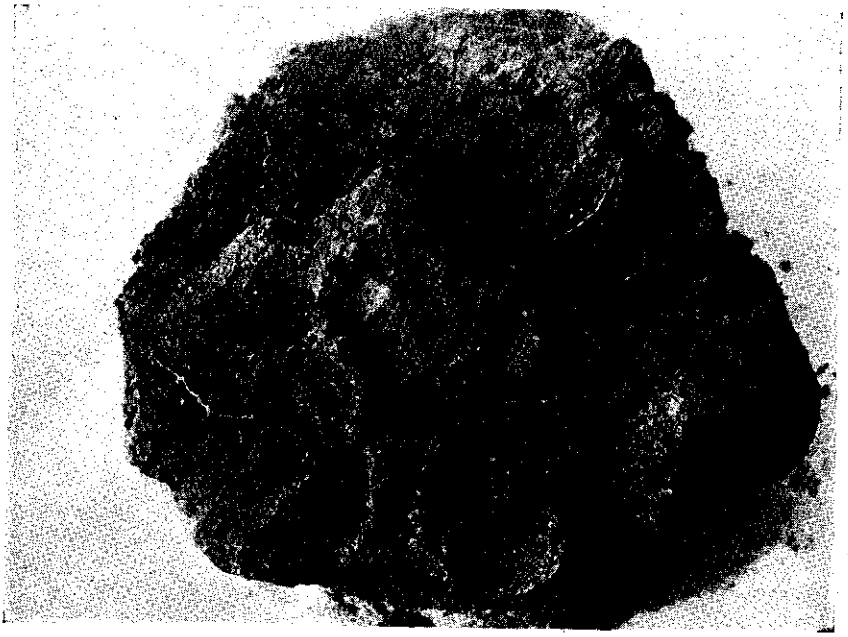
Afbeelding 30.
(Bij de hoop fijn materiaal ontbreekt het merk IV)



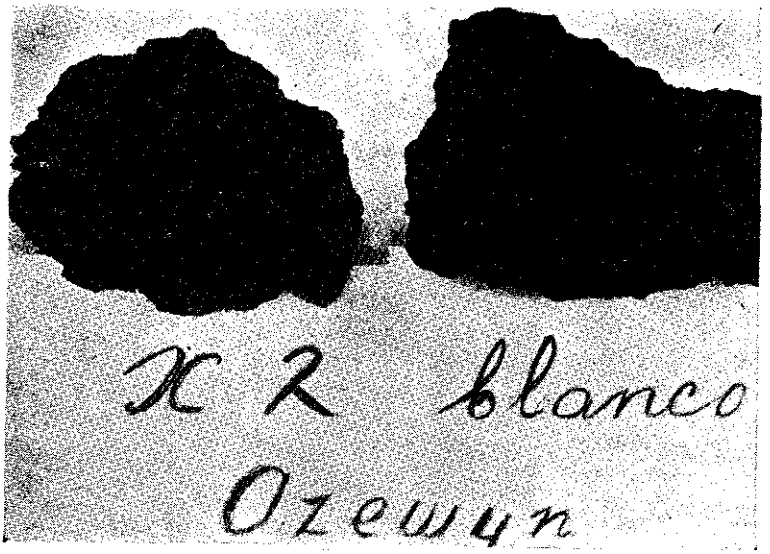
Afbeelding 31.

Deze resultaten behoeven geen bizondere beschouwingen, enkel opmerkingen. Men ziet in de serie 6, 7 en 8 het verschijnsel der drempelwaarde tot uiting komen; voorts een samenhang tusschen oogstverbetering en zeefanalyse-verbetering. Bij 10 werd geen structuurverbetering geconstateerd en ook geen oogstverbetering.

Bij de directe werking op den 1en oogst ziet men meestal een betere werking dan van de kunstmestperceelen, soms ook niet. De



Afbeelding 32.



Afbeelding 33.

2e werking of nawerking is steeds aanwezig, wanneer structuurverbetering is geconstateerd.

Op de proefvelden hebben wij vaak hetzelfde waargenomen, maar soms weer niet, omdat men op kleine veldjes, waar verbetering optreedt *niet* kan profiteeren van die verbetering; men bewerkt ze nl. steeds wanneer de slechte achtergebleven veldjes het toelaten, dus steeds te laat. Dit is onvermijdelijk bij de proefvelden van kleinere afmeting in de praktijk. Doch daarover spreken wij nog in hoofdstuk V uitvoerig.

Wat nu de stabiliteit betreft, kunnen wij, dank zij de kruimelproef, de zeefproef, de regenproef, bewijzen bijbrengen, die sterker zullen spreken dan de argumenten, die wij op andere wijzen hebben aangevoerd. Ter onzer beschikking staat een proef van 1933, die reeds vermeld is bij de bespreking in hoofdstuk III, blz. 56. De grond van Etten, een zware klei, afkomstig van een der proefvelden van *Ir. Cleveringa,* werd in open vakken van 25 × 25 × 25 cm gevuld, liggend op zeer doorlatend zand. Hij werd dus in een zeer gunstige positie gebracht, wat den waterafvoer betreft. Stuwing van ondergrondswater, dat een der belangrijkste factoren is voor structuurbederf, heeft dus sinds 1933 niet plaats gehad. Er was grond genomen van de 4 op het proefveld ingestelde kalktrappen, te weten: een kalkarm perceel, dat in een zeldzaam kalkarmen toestand was gebracht (—30), van een matig kalkarm perceel (—10), een matig kalkrijk perceel (+10) en een behoorlijk kalkrijk perceel (+30 [51]). Gedurende de 7 jaren van onze proefneming was het effect der X_1-aanwending zeer duidelijk. Het X_1-product had bij de vergelijking met X_2 ten aanzien van de kruimelproef ⅓ van de structuurwaarde, zoodat de aanwending van 6000 en 9000 kg X_1 (per ha berekend) in 1933 overeenkomt met 2000 en 3000 kg van X_2. Wij geven nu de zeefanalyse in *1940,* na een zomerregenperiode, in de kruimeloppervlakken en in de relatieve verbetering uitgedrukt. Tabel LI geeft die weer.

TABEL LI.

Kruimeloppervlakken en verbetering in % bij de proef, Etten 1933.

In 1933 aangewend	Kruimelopp.				verbetering in %			
	— 30	— 10	+ 10	+ 30	— 30	— 10	+ 10	+ 30
6000 X_1 (2000 X_2)	42.2	28.2	23.4	19.8	23.2	16.4	49.2	29.3
9000 X_1 (3000 X_2)	44.3	29 7	28.6	24.8	29.1	23.4	82.2	63.—
blanco	34.3	24.2	15.7	15.2	—	—	—	—

Uit deze tabel is het belangrijke effect vooral te lezen uit de bekalkte gronden, waarvan men tevens ervaart, dat hun structuur zeer slecht kan zijn. Dat zelfs X_1 goed werkt op een zeer zure klei (—30), die in droge periode melig wordt en in korrelstructuur tamelijk los blijft, blijkt eveneens uit de getallen.

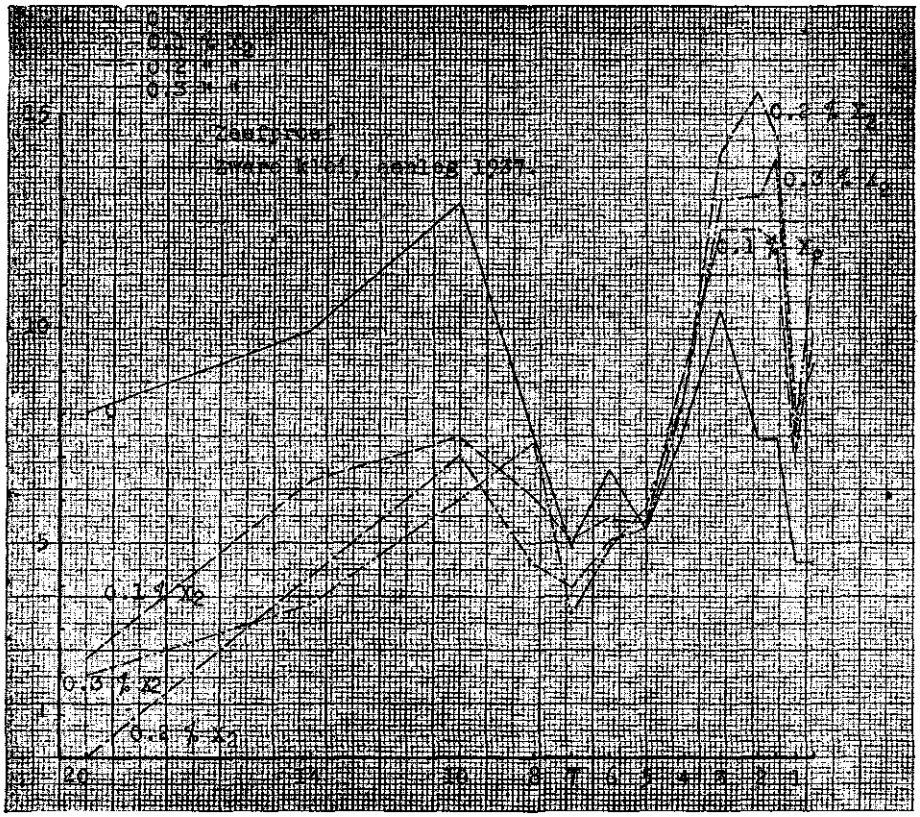
Daar wij hier hebben te bewijzen, dat de grond na de eenmalige aanwending, in 1933, in 1940 nog ten volle profiteert van den

[51]) De schalen uitgedrukt in CaO-eenheden per 1000 kg actief kleimateriaal. Het o-punt ligt bij het punt met pH 6.5 (suspensie pH).

humusinvloed, hoewel de grond in de buitenlucht alle weerschommelingen medemaakt en zelfs de laatste jaren braak is gelaten en dan nog op zand gelegd om de stuwwaterinvloeden te vermijden, zullen wij de bizonderheden, die zich leenen tot een aparte studie, niet verder bespreken.

Deze zullen, naar wij hopen, elders besproken worden. Alleen nog dit: door den grond op zand te leggen, hebben wij goede aeratie bevorderd en den onbehandelden grond voor te sterk verval gespaard. Het was noodig beide omstandigheden te handhaven, omdat wij de „stabiliteit" hadden te bewijzen in deze proef. Hadden wij stuwing van het winterwater noodig gevonden, dan hadden wij anaerobe omstandigheden kunnen inschakelen, die tegen ons betoog gericht zouden kunnen worden.

De proeven met X_2 dateeren van 1937, omdat wij toen pas dit product in handen hadden. Zij geven precies dezelfde resultaten, wat wij met de zeefanalyse bewijzen van een nieuwe proef in vakken van 50 × 50 × 25 cm eveneens liggend op zand. Wij geven de resultaten van 1940 in de figuur 17, die zonder twijfel overtuigend is.



Figuur 17.

De proefvelden in 1938 of 1939 aangelegd, hebben nog steeds hetzelfde beeld. Daar werkt X_2 en de werking bleef tot en met den zomer van 1940, zoodat wij aan de voortzetting der werking niet behoeven te twijfelen.

Welke perspectieven dit biedt, zullen wij in Hoofdstuk V behandelen.

In het einde rest ons de slijpplaatjesmethode te bespreken volgens *Kubiena,* welke *Dr. Redlich* op ons verzoek op dit onderwerp heeft toegepast en uitgebreid. Zijn verslag lasschen wij hier onveranderd in.

Microscopisch structuuronderzoek van met X_2 behandelde gronden.

Hoewel de structuurverbeterende eigenschappen reeds door verschillende methoden konden worden vastgesteld, kwam het ons ook belangrijk voor aan de hand van slijpplaatjes (naar Kubiena) verschillen in microscopischen opbouw van de met X_2 behandelde resp. onbehandelde gronden in natuurlijke ligging te leeren kennen.

Voor dit doel was het noodig de verschillen, die reeds „zichtbaar" waren aan de slijpplaatjes, in getallen uit te drukken, om een mogelijke subjectiviteit in de beoordeeling te vermijden.

De methode van het vervaardigen van slijpplaatjes in natuurlijke ligging berust in het kort daarop, dat men de te onderzoeken grondstukjes in vloeibaar kunsthars drenkt en na verharding ze als gesteente slijpt. Hierdoor verkrijgt men „bodemdoorsneden", waaraan men den bouw van den grond nauwkeurig bestudeeren kan.

Daar reeds uitvoerig over de noodzakelijkheid van een goede structuur voor den plantengroei geschreven werd, behoeft hier er niet nader op te worden ingegaan. Wij kunnen ons derhalve beperken tot een korte bespreking van de verschillende vormen van de bodemstructuur, zooals wij ze in de slijpplaatjes konden vaststellen. Gronden met slechte structuur, vooral onder den bouwvoor toonen — evenals bij de macroscopische beschouwing — in het microscoop meer of minder groote compacte stukken. Meestal zijn deze door scherpe hoeken en kanten begrensd. In deze compacte stukken ziet men microscopisch geen holten. Een dergelijk beeld noemen wij „Continent structuur" in tegenstelling met „Archipelstructuur", het beeld van slijpplaatjes van gronden met goede structuur. Het aantal groote kluiten is dan verminderd en bij de beste structuur — practisch nihil.

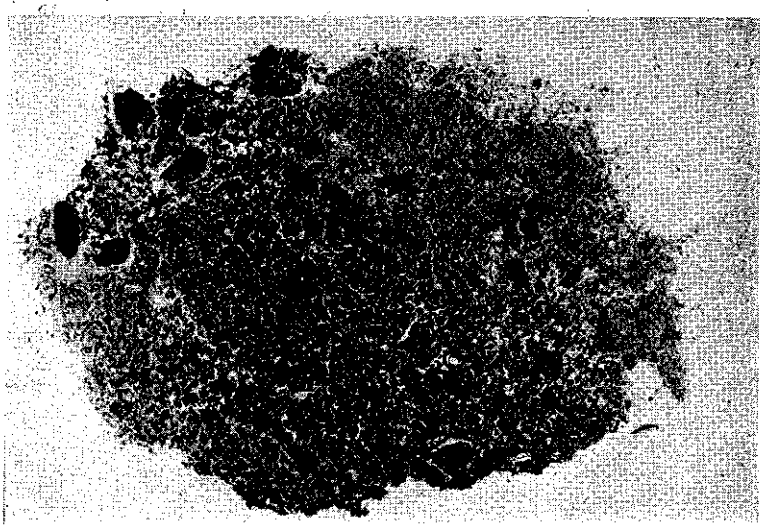
De bodemaggregaten, die door ruwe kanten gekenmerkt zijn, liggen onregelmatig in het beeldvlak verspreid, zoodat daartusschen holten van verschillende grootte aanwezig zijn. Een dergelijke goede structuur, die in slijpplaatjes „Archipelstructuur" vertoont, vindt men in de natuur bij Tschernoseem gronden en ook in andere gronden met veel organische stof. Afb. 34 toont zulk een structuur van een grond uit Argentinië, die rijk is aan organische stof.

Tusschen deze beide uitersten liggen alle overgangen van goed naar slecht. Om nu, zooals reeds gezegd, de verschillende vormen zoo objectief mogelijk te beoordeelen, was het noodig deze in getallen vast te leggen.

Uitgaande van de wetenschap, dat voor een gunstige plantenontwikkeling niet slechts de hoeveelheid van de afzonderlijke opbouwende phasen (vast, vloeibaar en gasvormig), doch ook de *verdeeling* daarvan beslissend is, kwamen wij na langdurig zoeken tot de volgende methode van meten.

De te onderzoeken slijpplaatjes worden met behulp van een kruistafel op dusdanige wijze verschoven, dat het beeld parallel met de

indeeling van de okulairmicrometer loopt. Langs den okulairmicrometer wordt dan de lengte van de gronddeeltjes en holten gemeten. Onderzoekingen, waarop wij hier niet nader kunnen ingaan, bewezen, dat het voor de beoordeeling van een slijpplaatje voldoende is een lengte van ± 200 mm te meten. Hiervoor moet men een slijpplaatje naar gelang van de lengte 4—6 maal doormeten, waarbij men het object na iedere lengtemeting 1 mm in de breedte moet verschuiven.



Afbeelding 34.

De gevonden getallen van de metingen hebben wij voorloopig in 9 groepen van ieder 160 μ ingedeeld en wel:
$<$ 160 μ, 160—319 μ, 320—479 μ etc. tot 1440—1599 μ en 1600 μ.

Ter beoordeeling van de structuur werd een quotient aangenomen, namelijk

$$\frac{\%\ \text{der totale gemeten lengte der holten} \times 100}{\%\ \text{bodemaggregaten} > 1600}$$

Om geen grootere fouten dan 10 % te verkrijgen, is het noodig van gronden met slechte structuur ± 25 en van gronden met goede structuur ± 15 slijpplaatjes door te meten. Deze getallen bewijzen reeds, dat de behandelde gronden minder heterogeen zijn dan de onbehandelde.

Een uitvoeriger bespreking van deze methode en de reden, waarop wij bovenstaande formule baseerden, kan hier niet verder gegeven worden, doch wij verwijzen naar een mededeeling, die in Soil Science verschenen is [52]).

Volgens de bij het begin beschreven methode werd met gebruikmaking van het quotient de structuur van 2 verschillende gronden onderzocht en wel:

1. Jonge zeeklei uit den Wilhelminapolder bij Goes (onbehandeld en met X_2 behandeld), en
2. Oude rivierklei uit Etten uit proefvakken genomen te Wageningen (eveneens onbehandeld en met X_2 behandeld).

[52]) Soil Science, Vol. 50, No. 1, Juli 1940.

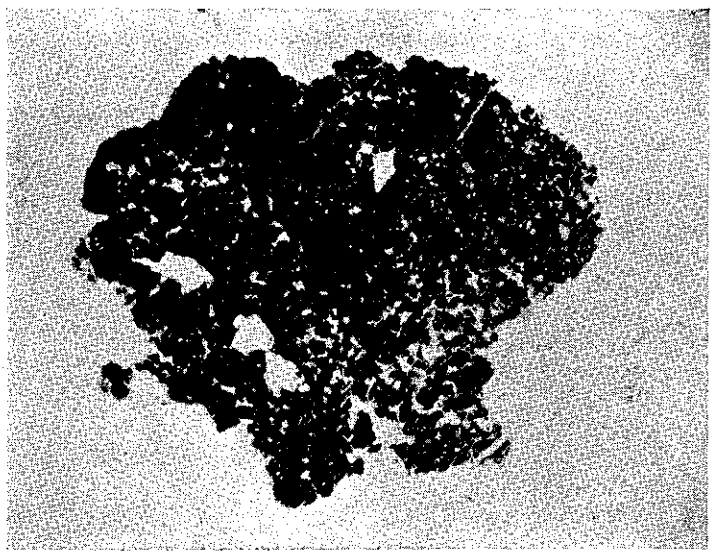
Meet-resultaten der slijpplaatjes.
Etten.

TABEL LII.

Gronden genomen van de oppervlakte met uitzondering van de gemerkte x.

Slijpplaatje No.		Grond %	Holten %	Kruimels % 1600 μ	Quotient
	94—1	87.3	12.7	22.2	57.3
	2	89.4	10.6	32.3	32.8
	3	90.5	9.5	31.1	30.4
	4	94.2	5.8	31.7	18.2
	5	95.4	4.6	37.8	1 .1
Contrôle	90—1	79.6	20.4	8.5	240.—
	2	86.5	13.5	27.2	49.5
	3	77.0	23.0	37.7	60.9
	4	81 7	18.3	30.6	59.7
	5	75.5	24.5	24.2	101.4
	6	87.5	12.5	23.7	52.8
	7	82.2	17.8	29.2	61.0
	8	87.2	21.8	35.9	63.5
	96—1	64.1	35.9	4.2	860.9
	2	78.3	21.7	7.8	276.9
	3	65.3	34.7	4.7	731.9
	4	74.9	25.1	8.4	298.7
	95—4	77.8	22.2	5.5	404.—
	5	75.7	24.3	9.8	248.—
	6	84.2	15.8	11.3	140.7
	7	81.2	18.8	2.5	741.3
	8	81.1	18.9	5.8	328.—
	95—1x	67.1	32.9	2.2	1470.—
	2x	61.2	38.8	1.8	2144.—
	3x	66.2	33.8	2.6	1289.—
	93—1	73.2	26.8	3.7	725.4
	2	75.5	24.5	7.5	325.1
	3x	74.3	25.7	2.1	1219.—
	4	77.8	22.2	4.3	521.4
	5	82.1	17 9	4.2	424.2

x) Monsters genomen uit 3 cm diepte.



Afbeelding 35.
Onbehandelde grond uit Etten. Continent-structuur.

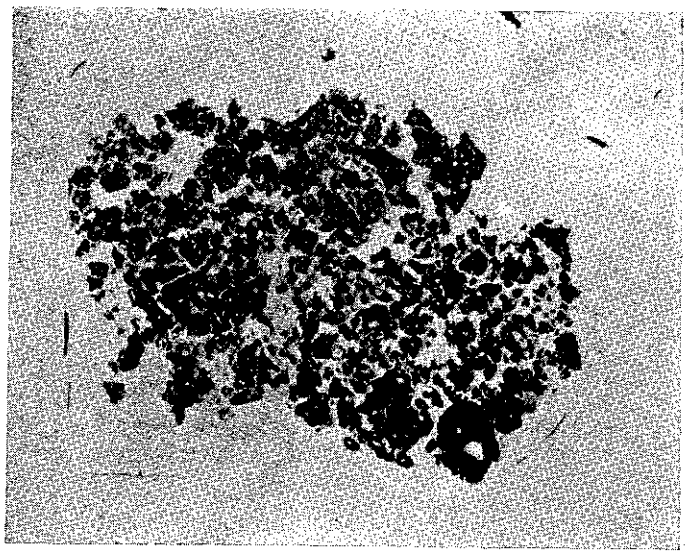
Uit bovenstaande tabel kunnen wij zien, dat het structuurquotient bij het met X_2 behandelde grondmonster veel hooger ligt dan bij den onbehandelden grond. Opvallend is het hooge quotient der slijpplaatjes 95_1, 95_2, 95_3 en 93_3, die niet van de oppervlakken, doch uit ± 3 cm daaronder afkomstig zijn en daardoor niet beïnvloed werden door structuurbedervende regenslag en andere weersinvloeden.

Deze getallen toonen gemiddeld voor de onbehandelde gronden een quotient van 64.6 ± 15.9 (24.5 % fout) en voor de behandelde gronden een van 463.6 ± 63.6 (13.7 % fout), resp. voor de gronden uit 3 cm diepte een quotient van 1530.5 ± 211 (13.8 % fout).

TABEL LIII.
Gemiddelde cijfers Goes.

	Grond %	Holten %	% 1600 μ	Quotient
Goes behandeld	83.7	16.2	21.4	86.5 ± 10.—
Goes contrôle	90.7	9.8	40.4	27.3 ± 3.7
Goes op ± 25 cm diepte	98.9	1.1	69.1	1.6 ± 0.4

In deze tabel zijn slechts de gemiddelde cijfers der onderzoekingen van monsters uit Goes weergegeven. Daar wij hier met bijzonder zware klei te doen hebben, ligt het quotient voor de met X_2 gepraepareerde grondmonsters bij 86.5 ± 10.—, voor den onbehandelden bovengrond bij 27.3 ± 3.7 en voor den grond uit 25 cm diepte bij 1.6 ± 0.4. Ook hier kunnen wij den structuurverbeterenden invloed van X_2 vaststellen.



Afbeelding 36.
Dezelfde grond als foto 2, doch met X-2 behandeld uit 3 cm diepte genomen. Hier ziet men typeerend „Archipelstructuur".

Het microscopisch beeld correleert met het macroscopisch beeld, zoodat wanneer men dit laatste heeft beschreven en onderkend, het meestal niet noodig is een microscopische bevestiging te zoeken, tenzij men de verschillen in gemeten maten wil aangeven. Overigens staan ons nog vele waarnemingen ten dienste met behandelde en onbehandelde gronden, waarvan sommige mooie voorbeelden geven van het verloop van de kruimelvorming, waarover later elders zal worden bericht.

HOOFDSTUK V.

Mogelijkheden voor de fabriekmatige bereiding der praeparaten en de aanwending er van in de praktijk.

De mogelijkheid der fabriekmatige bereiding wordt bepaald door twee basisfactoren:

1e. het effect van de stof op de bedrijfsuitkomsten;

2e. de mogelijkheid van constructie der apparatuur en de exploitatie er van.

Beide factoren berusten op een zuiver economischen grondslag. In populairen zin kan men zeggen, dat het geen zin heeft de fabriekmatige bereiding te beginnen, wanneer het economisch effect op het bedrijf der plantenproductie onvoldoende is en in de tweede plaats, dat wanneer dit effect gunstig mocht zijn, het geen zin heeft om aan aanwending te denken, wanneer de fabricage duurder mocht uitkomen dan de landbouwkundige voordeelen veroorloven. Het heeft voor den practicus alleen zin een stof te gebruiken, wanneer die hem winst bezorgt. Wij zullen dus beide factoren grondig moeten onderzoeken. Nu is de winstberekening in het practisch bedrijf een zeer moeilijk onderwerp, dat geheel ligt op het gebied der bedrijfseconomie. Wij moeten dus den bedrijfseconomen de gegevens verschaffen om de rationaliteit van de aanwending van X_2 te berekenen. Daartoe zijn wij zonder twijfel in staat.

In de eerste plaats staat vast, dat aanwending van X_2 in geen enkel geval schade of achteruitgang zal brengen. Het is een onschuldige zwarte stof, die niet op de handen bijt, geen materiaal aantast en die, mits behoorlijk verpakt, zeer lang opgeslagen kan blijven. Het stelt zelfs geringere eischen dan menige kunstmeststof.

Dat voor de aanwending de stof ook als stikstofmest beschouwd moet worden, is geen bezwaar. De uitwisselbare ammoniak is een uitnemende voedingsvorm gebleken. Het stelt den eisch, die men aan alle N-meststoffen stellen moet, n.l. die van de goede verdeeling over den grond en die eisch geldt daarom ook voor den bodemverbeteraar, hetgeen logisch is. Wij adviseeren de stof zorgvuldig uit te strooien en daarna zoo mogelijk te laten liggen tot een zachte regenbui het materiaal heeft geweekt en gesuspendeerd. Bij geschikten bodemtoestand kan met de eg ingeëgd worden, bij voorkeur met de schijveneg. Ook deze maatregel is niets bijzonders.

Waarom de stof er in slaagt zelfs op de zwaarste kleigronden in te werken, is reeds medegedeeld. Dat er op zware gronden „eilanden" blijven, waar de stof niet heeft gewerkt, is reeds beschreven en dat is begrijpelijk, wanneer men in de praktijk de aanwending van vast materiaal kent op bonkige slechte gronden. De bezwaren, die men met stalmest op zulke gronden ondervindt, zijn *veel* grooter!

Het is daarom goed het humuspreparaat in twee- of driemaal aan te wenden en dan, wanneer de NH_4-N-gift onvoldoende is, stikstof in kunstmestvorm toe te voegen. Wij meenen door ons onderzoek aangetoond te hebben, dat deze kant van het vraagstuk afdoende en practisch is opgelost.

Een tweede belangrijk punt is of men de voordeelen zal kunnen becijferen, zoodat men op grond *daarvan* de stof kan aanbevelen, wanneer de industrie een fabricage-prijs heeft vastgesteld. Deze vraag, die eenvoudig en gerechtvaardigd lijkt, is even moeilijk te beantwoorden als ten opzichte van elke andere hulpstof, die de productie tracht omhoog te voeren. Men zal bezwaarlijk gevallen kunnen ontdekken, waar men dit met zekerheid wèl kan; de plantenproductie is te veel afhankelijk van factoren, die men niet in de hand heeft, om ooit zoo'n becijfering op te zetten. Dit is dan ook de reden, dat van de bemesting in het algemeen de rationaliteit nog zelden in een „rendement" is uitgerekend en men er voorlopig genoegen mede neemt, te zeggen, dat, wanneer een behandeling geld kost, het noodig is, dat het behaalde voordeel, in geldswaarde uitgedrukt, grooter moet zijn dan de kosten. Omdat de proeffabriek ± 10 ton heeft geproduceerd, die geheel is opgegaan aan proefnemingen, waarvan het grootste deel is weergegeven in de vorige hoofdstukken, hebben wij geen gelegenheid gehad de stof in het groot aan te wenden. Nu is er met bodemverbeteringsmiddelen altijd een moeilijkheid, die bij kunstmeststoffen veel minder zwaar weegt. Men kan structuurproefvelden *niet* opvatten en in exploitatie brengen, zooals men bij bemestingsproefvelden doet.

Een structuurproefveld is een onderwerp voor langeren duur, omdat men op „nawerking" te rekenen heeft en het hangt van den nawerkingsduur af, hoe men de voordeelen in rekening brengt.

Ons product X_1 heeft na de aanwending in 1933 tot op heden (najaar 1940) zijn nawerking geheel behouden en wel op hetzelfde peil. Het product X_2, dat 3-maal zoo actief is, op de vakken en veldproeven nu reeds 3 jaren. Wij kunnen dus zonder gevaar de nawerkingstijd op 4 jaren zetten en deze termijn, die zeer veilig is gesteld, als uitgangspunt van onze beschouwingen nemen. Product X_2 is chemisch zoo veel steviger gebouwd dan X_1, dat men vermoedelijk er meer van verwachten kan.

Wanneer men nu van een structuurverbeteringsmiddel de voordeelen opsomt, kunnen die in 4 punten worden weergegeven:

1e. breedere marge voor den bewerkingstijd van den grond, dus men kan *op tijd* werken;
2e. geringere trekkracht bij ploegen, eggen, schoffelen enz., gemakkelijker oogst van knolgewassen;
3e. geringere arbeid bij de onkruidbestrijding en dus betere onkruidbestrijding;
4e. kans op hooge opbrengsten door de voordeelen der punten 1 t/m 3 en door grooter resistentie tegen droogte en overmatig vocht, betere wortelontwikkeling in den grond en hooger kunstmest rendement. Dit zijn de directe voordeelen van de goede structuur op het hoofdgewas.

Bij de bespreking van deze punten moet een opmerking worden gemaakt tegenover hen, die zouden kunnen meenen, dat in structuurverbetering een onveranderlijk fundament mag gezien worden. Wanneer de perceelen, die structuurverbetering behoeven, niet eerst

in de conditie gebracht zijn om er van te profiteeren, helpt de structuurverbeterende maatregel niets. Dus waar de ontwatering niet deugt, moet men eerst deze in orde maken; wanneer de bedrijfsleider niet weet te profiteeren van de geboden voordeelen of telkens verkeerde grondbewerking toepast, wegens gebrek aan inzicht, geeft de door ons aanbevolen maatregel even weinig. Dat wil dus zeggen, dat het profijt van de structuurverbetering geheel een kwestie van bedrijfsvoering is. Ook de exploitatie van de proefvelden is daarvan afhankelijk.

Wanneer men nu, zooals wij deden, de proefvelden aanlegt in vakken, kan men *niet* profiteeren van de punten 1 t/m 3. De bewerking, die wij toepasten, geschiedde met de hand, waarbij men weliswaar bemerkte, dat de behandelde perceelen gemakkelijker te bewerken waren, maar men profiteerde er niet van, omdat het practisch onuitvoerbaar is, de veldjes afzonderlijk te bewerken en zaaiklaar te maken. Dat moest voor alle velden tegelijk geschieden en dan bepalen de slechte veldjes tijd en tempo. Men verspeelt daarom alle voordeelen van 1 en 2, terwijl ook 3 geen voordeel biedt, omdat men het voordeel amper bemerkt.

Zoo hebben wij op een onzer proefvelden uitgebreide trekkrachtproeven genomen, zoo goed dat kon. Er werd tusschen de trekkracht (paard of menschengroep) een veerdynamometer geplaatst en nagegaan of bij de overgang van behandelde en onbehandelde perceelen (van ½ are) ook verschil werd gemeten. De groote moeilijkheid is er in gelegen den trekker gelijkmatig te laten trekken en niet met rukken. Wilde men een goede proef nemen, dan zou men een touw op rollen moeten laten loopen, die met behulp van een electromotor een instrument, b.v. een aparte ploegschaar, door den grond trekt. Men zou dan bij constant voltage de stroomspanning kunnen meten. Een diagram kon dan uitgangspunt zijn voor een maat in cijfers. Ook kan men weerstandsmetingen verrichten met den drukveermeter van Oosting, wat wij ook gedaan hebben. Uit alle deze metingen, dus de ruwe met paarden- of menschenkracht en de meer nauwkeurige met den weerstandsmeter van Oosting, gaven aanzienlijke weerstandsverminderingen, waarvan het bedrag natuurlijk geheel van het vochtgehalte afhangt.

Getallen van 40 % zijn eer regel dan uitzondering, zoodat wij gemiddeld een cijfer van 20—40 % kunnen aangeven. Bij een onzer proefvelden, beschreven in Hoofdstuk III blz. 62, wist het personeel met de schoffel nauwkeurig de overgangen aan te voelen en zelfs de behandelde veldjes (hoeveelheidsproef) aan te wijzen.

Van deze resultaten konden wij op onze proefvelden *niet* profiteeren. De kleine structuurproefvelden hebben daarom de fout, dat deze voor de praktijk zoo benijdbare voordeelen *niet* in de resultaten kunnen verwerkt worden. Erger zelfs, dat men door steeds te late bewerking de voordeelen laat slippen en mogelijk daardoor negatieve invloeden invoert. Hier heeft men met de tegenwerkende omstandigheden te maken, waarop hierboven werd gedoeld, omstandigheden, die voor de beoordeeling van een bepaalde handeling uitgeschakeld *moeten* worden, voor en aleer men over het effect van die handeling met vrucht kan spreken.

Men heeft vroeger bij de kunstmestpropaganda, door middel van proefvelden, vaak soortgelijke bezwaren ontmoet. De ouderen onder

ons herinneren zich nog zeer goed, hoe door een stikstofbemesting de oogst soms werd benadeeld! Men had ongelijkmatig gestrooid, zoodat zich de storende werking van een te veel en een tekort liet zien. In het eerste geval treedt schade op, in het tweede is er geen baat.

Het is duidelijk, dat men bij de proeven met de X-producten een nieuwen weg voor den opzet moet volgen, wil men geheel van de voordeelen kunnen profiteeren, en die opzet kan niet anders zijn dan die van het gebruik van groote oppervlakten, b.v. van ½ tot 1 ha. Daarvoor moet men over groote hoeveelheid van die stof kunnen beschikken, immers men gebruikt ± 3000 kg per ha, in tweemaal aangewend, zoodat voor een 100-tal proeven in het groot minstens 300 ton noodig is. En daar men de praktijk snel moet helpen, is het zeker van waarde om het aantal proefterreinen groot te nemen en onder diverse omstandigheden het resultaat zoo duidelijk mogelijk te laten spreken.

Wij hebben hiermede de praktijkproeven op het oog, hoeveel moeilijker wordt het dus niet om de vergelijkende wetenschappelijke proeven te nemen? Men zal daar — indien men b.v. de werking van diverse hoeveelheden van X_2 op den grond wil bestudeeren of b.v. diverse wijzen van aanwending wil vergelijken, *eenige* velden moeten aanleggen; natuurlijk ook in het groot en dan zoo groot, dat men de bewerking in één keer kan toepassen met de praktijkmiddelen voor elk perceel apart. Het is noodzakelijk hierop te wijzen, want zou men er van afwijken en den opzet zoo doorvoeren als wij hebben ondervonden op de 1 of 2 are groote veldjes, dan zou men om de *praktijk* te helpen, onherroepelijk vastloopen.

Tenslotte zijn wij er toe overgegaan geheel af te gaan op kleine strookenproeven met aangevoerden grond, die men goed kan verzorgen. Daarmede leert men de beteekenis van het product goed kennen en wanneer men deze ervaring combineert met het laboratoriumonderzoek, zooals wij dat in Hoofdstuk IV hebben beschreven, dan krijgt men een geheel. Het overdragen van deze ervaringen op de groote praktijk berust op hetzelfde beginsel als het overdragen van de resultaten van de kleine bemestingsproeven op de praktijk en dit systeem heeft, dank zij een meer dan 50-jarige ervaring, volkomen rechtvaardiging ondervonden, zóó zelfs, dat de proefveldmethodiek een speciaal vak is geworden, waarvoor men personeel zoowel in technisch als zuiver wetenschappelijk opzicht, schoolt. Bij een bodemverbeteringsmiddel als X_2 zal men het contact moeten vinden tusschen de proef als studie-object en de praktijk, en die verbinding zal dan ook gevonden kunnen worden.

Wij meenen zelfs voor dit middel iets sterker te staan dan voor menige meststof, want wij kunnen de humusstof doseeren. De kruimelproef, zoowel als de regenproef, geven zoowel kwalitatieve als kwantitatieve uitkomsten. Wij behoeven daarom het risico niet te loopen de stof aan te wenden, waar zij niet op haar plaats is. De genoemde proeven bij vooronderzoek toegepast, geven een duidelijke aanwijzing. Bij positieve reactie is het antwoord even duidelijk als bij negatieve. Wanneer wij het object kennen en weten, dat wij niet aangeland zijn in een streek van slechte ontwatering, overstroomingsgevaar enz., dan is de proef geen waagstuk meer en komt het op de bedrijfsvoering aan de proef te doen slagen in het groot, in welke richting dan ook.

Vóóronderzoek voor X_2 is even noodzakelijk als vóóronderzoek voor de gewone bemestingsmaatregelen. Wie in de huidige omstandigheden verzuimt van zijn geheele bedrijf een overzicht te maken van b.v. den fosfaattoestand door grondonderzoek, loopt kans het fosfaat te brengen op perceelen, waar het niet strikt noodig is of waar het te veel is, en te weinig te geven, waar het in grooter hoeveelheid had moeten gebracht worden. Wij kunnen door veldonderzoek en door overleg met den bedrijfsleider aangeven, of voor bepaalde gronden X_2 verbetering kan brengen en zoo ja, in welke hoeveelheid. Men inventariseert dan zijn productie-apparaat op basis van een rationeel bedrijfsinzicht.

Vraagt men nu hoeveel perceelen of welke oppervlakten in aanmerking komen voor verbetering, dan kan men zonder terughouding zeggen: *zeer groote oppervlakken.* Soms hebben heele gebieden daaraan behoefte, ook in streken, waar de drainage behoorlijk in orde is. Men denke aan de fijnzandige zavels achter de zeezandophoopingen (banken, duinen) aan onze kusten. Aan de zware kalkrijke kleigronden en kalkarme gronden in de polders. Ieder practicus weet, dat wanneer de kleigronden (vooral de zware!) hun kalk verliezen, de akkerbouw door de structuurmoeilijkheden verdwijnt en plaats maakt voor grasland, dat men dan door zware bemestingen nog exploiteeren kan. Bij de Wieringermeer is de organische stof en de structuur een fundamenteel vraagstuk. En zoo zijn er duizenden bunders alleen in ons land, die behoefte hebben aan *blijvende* structuurverbetering, perceelen, waarop men thans jaar in jaar uit veel arbeid, veel mest en veel zorg aanwendt om de productie op peil te brengen en te houden. Zoo'n grond werkt feitelijk altijd *tegen*! Hoe anders een bedrijf, waar die bezwaren niet bestaan; minder arbeidskracht, minder mest, zekerder oogst; zoo'n grond werkt mee!

Wij gelooven, dat wij open deuren zouden intrappen door verder hierop in te gaan. In onze practijk zijn zeer groote oppervlakten bekend geworden, die in ongunstigen zin afwijken van het type, dat in Nederland als hoog produceerend bekend staat, zooals de Waard- en Groetpolder, sommige jonge Dollardgronden en de jongere kalkrijke polders in het algemeen. Maar hoeveel dringender is deze kwestie niet bij de oude autochtone gronden der groote continenten in de cultuurcentra!

Dit geldt voor het te bewerken akkerland. Over het grasland, dat evenzeer verbetering behoeft, is niet eens gesproken. Het spijt ons achteraf, dat wij het probleem bij grasland niet beter hebben aangepakt, want wij hebben bij onze studies gevonden, dat vooral bij het eerste stadium van den groei de NH_4-N van den stabielen humus den planten meer eiwit geeft en ook PO_4-rijker maakt. Eenige cijfers daarover bij rogge gaven wij in Hoofdstuk III. Bij gras is het precies zoo en dat is een groot voordeel! Wij hebben het graslandonderzoek laten liggen, omdat wij eerst de bewerkte gronden in studie moesten nemen, daar toch het accent ligt op de *bodemverbeterende eigenschappen* van X_2 en niet op de stikstofwerking van het kunstmatige NH_4-humaat. Inmiddels is ons uit *Cleveringa's* onderzoek gebleken, dat in vele gevallen grasland niet minder structuurverbetering behoeft dan het akkerland, temeer daar bij ons vele gronden, die in gras liggen — zooals reeds gezegd — eigenlijk verlaten akkerbouwperceelen zijn. Wij hebben ook uit eigen

ervaring deze opvatting kunnen bevestigen en hebben o.a. waargenomen, dat op zware gronden met slechte structuur het gras *op* den grond groeit en niet *in* den grond, zoodat na vele sukkeljaren een organische zode-ophooping wordt gevormd, die uiteindelijk als bodem gaat functioneeren. Het gras vormt dan een echte mat.

Structuurverbetering door zware organische bemesting in Juli, Augustus, brengt een voordeeligen ommekeer in de zode, die zich uit in het langer groen blijven in herfst en voor-winter en vooral in eerder groen worden in het voorjaar!

Er ligt dus voor het sterk dispergeerbare kunstmatige humusproduct een geheel veld — en veelbelovend veld! — voor onderzoek open. Temeer omdat men hier in kleinere hoeveelheden herhaaldelijk kan bemesten.

Zien wij dus terug op het eerste punt in den aanhef van dit hoofdstuk genoemd, dan kan men kort resumeeren:

De stof X_2 heeft onweerlegbaar op gronden met zwakke, inwendige goede-structuur behoudende krachten, zeer gunstig gewerkt en wel blijvend voor eenige jaren, waarvan de grens van 4 jaren voorloopig als *vast* kan worden aangenomen. Het effect van deze stof op de bedrijfsuitkomsten hangt af van de bedrijfsvoering, die te waken heeft voor de juiste aanwending en het profiteeren op tijd. Technische bezwaren bestaan er voor de toepassing *niet*.

Het tweede punt, dat is dus het technische deel der fabricage, komt thans ter bespreking. Wij willen tot beter begrijpen, eraan herinneren, dat bij de bereiding van humusproducten drie grondgedachten als richtsnoeren gediend hebben:

1. een zoo actief mogelijk product te maken, wat verbetering van de bodemstructuur aangaat en
2. den duur van de werking zoo lang mogelijk te maken.
3. een technisch en economisch mogelijken uitvoeringsvorm aan de fabricage te geven.

1,

Wat punt 1 aangaat, werd van twee te onderscheiden bewerkingen gebruik gemaakt:

a. de humificeering.
b. de activeering.

a.

In hoofdstuk II is dit onderwerp reeds behandeld en het zal in een daarin aangekondigde publicatie meer theoretisch en uitgebreider worden gegeven. Wij behoeven hier dus alleen te memoreeren, dat de pH-regeling met ammoniak en lucht en de voleindiging van het proces, totdat de auto-oxydabiliteit bij het neutrale punt verdwenen is, technisch tot de beste humusproducten heeft geleid. Afwijking van de betrekkelijk zeer nauwe grenzen, waar in gewerkt wordt, heeft onmiddellijk ingrijpende veranderingen in de producten ten gevolge, die òf te ver inkolen en dan aanleiding geven tot producten met hoog stikstofgehalte, maar zonder veel landbouwkundige waarde, omdat de stikstof niet uitwisselbaar is, òf aan den anderen kant tot producten voeren, die weinig kernstikstof, maar zeer veel ammoniakstikstof en zuren bevatten, die niet tot huminezuren mogen worden gerekend (afbraak producten en sterke koolzuurvorming).

Voor Nederland is sphagnumturf, hoogveenturf en wel de geheele laag, met uitzondering van de bonkaarde of bovenste laag, het

beste geschikt voor de bereiding van goede humusproducten. Recente plantenresten zijn eveneens te humificeeren. Het proces duurt evenwel langer en het rendement van goede humusproducten is doorgaans kleiner. Verder is gebleken, dat de humificatie het best kan geschieden in roerautoclaven van bepaalde constructie, waarop wij hier niet nader kunnen ingaan.

Essentieel voor het beheerschen van het proces is het goede contact tusschen het uitgangsproduct aan den eenen kant en zuurstof en ammoniak aan den anderen kant. We merken hierbij op, dat het proces uitgevoerd wordt in een toestand, waarin het product een drogen indruk maakt en goed poreus is. Eveneens speelt het beheerschen van de temperatuur in groote massa's van het product een belangrijke rol. Men heeft immers in een technisch bedrijf met groote massa's tegelijk te maken, die gewoonlijk geheel andere eischen stellen dan bij productie in het laboratorium het geval is.

Het proces is thans op voldoend groote schaal en onder voldoend gevarieerde omstandigheden uitgevoerd om het technisch te kunnen overzien en om de noodzakelijke constructie van de autoclaven te kunnen vaststellen. De apparatuur biedt geen technische moeilijkheden.

b.

Over de activeering is in hoofdstuk II met een enkel woord gesproken, het onderwerp zal eveneens in de daar aangekondigde publicatie uitvoerig worden besproken.

Technisch is het proces zeer goed uit te voeren. Men werkt hier ook met vochthoudende, maar nog droog schijnende gehumificeerde producten, waarbij zeer langzaam en onder omroeren bij matig verhoogde temperatuur de noodige hoeveelheid aluminiumsulfaat wordt toegevoegd. De gehumificeerde stof, die neutraal uit de humificatieautoclaaf komt, wordt bij de „alumineering" zwak zuur, pH ± 5. Na afloop van de „alumineering" wordt het nu geactiveerde product met ammoniak geneutraliseerd en wordt het neutraal in zakken gebracht.

Wij merken op, dat de activeering alleen doeltreffend is, indien door een rationeele humificatie eerst goede humusproducten ontstaan zijn.

De twee processen: humificeering met pH-regeling door ammoniak en activeering zijn dus nauw met elkaar verbonden.

2.

Het tweede beginsel, dat wij nagestreefd hebben, is dat van de lange nawerking. Dit is nagestreefd op twee wijzen:

a. door stabiliseering met aluminium-kiezelzuurcomplexen.

b. door het product met ammoniak en zuurstof zoodanig te bewerken, dat het bij 10 atmospheer luchtdruk en 120° C. niet autooxydabel meer is.

Dat de stikstof door kernvorming bijdraagt tot de stabiliteit van het molecuul moge blijken uit het feit, dat bij dezelfde pH druk en temperatuur, zonder aanwezigheid van ammoniak veel meer koolzuur ontwikkeld wordt.

Zooals reeds in hoofdstuk III en IV is gezegd, hebben deze producten in speciale bacteriologische proeven, die ruim een jaar continu werden doorgezet, en door metingen van de verschillen in het

kruimeloppervlak tusschen behandelde en onbehandelde grond, een groote resistentie tegen bacteriologische aantasting vertoond. Bij de meting van het kruimeloppervlak werd betoogd, dat dit weer tot de waarde van het onbehandelde perceel zou terugloopen, zoodra de humus òf opgeteerd zou zijn òf wel zijn activiteit zou hebben verloren. Bij stalmest is wel bekend geworden, dat de goede werking op de structuur van tijdelijken aard is en ophoudt zoodra de stalmest biologisch belangrijk is aangetast. Bij ons product mag dit in een aantal jaren *niet* gebeuren. De technische ingreep om dit te bereiken brengt geen extra kosten van beteekenis met zich mede.

3.

Wat de technische en economische mogelijkheid aangaat, kunnen we daarom vaststellen, dat het proces zeer goed door te voeren is. Het geschiedt bij drukken, die weinig moeilijkheden opleveren (10 atmospheer) en de hoeveelheden te gebruiken lucht zijn, hoewel tamelijk groot, door pompen van bekende typen te leveren. De benoodigde apparatuur is door ervaring uit andere industrieën bruikbaar gebleken.

De problemen van de regelmatige verdeeling van lucht en ammoniak, volgens een bepaald verdeelingssysteem, kunnen bij den tegenwoordigen stand van de techniek geen ernstige moeilijkheden meer geven, zooals in de semitechnische proeffabriek voldoende is gebleken. De noodige afmetingen van de autoclaven zijn zonder bezwaar voor de uitvoering; de constructie is degelijk en houdbaar. De grondstoffen zijn alle in Nederland verkrijgbaar. De bereiding van het aluminiumsulfaat geschiedt in normale tijden uit bauxiet, dat echter door klei of andere silicaten uit afvalproducten is te vervangen.

De contrôle van het bedrijf is nauwkeurig door goede werklui uit te voeren. Het uitgangsproduct komt het best in fijngemalen toestand in de autoclaven, wat ook het beste contact met de lucht en de ammoniak waarborgt.

Het eindproduct is fijn poederig en makkelijk strooibaar.

Het spreekt vanzelf, dat zeer gedetailleerde kostprijsberekeningen gemaakt zijn. Deze laten zien, dat het product tegen prijzen te leveren zal zijn, die voor een lang aanhoudende bodemverbetering alleszins verdedigbaar zijn. De kostprijs van het product is afhankelijk van den omzet. In verband met de te verwachten behoefte in Nederland, zal die prijs zeer redelijk kunnen worden. Gaat men uit van het gebruik van 0.1 % van het bodemgewicht in de bouwlaag van 20 cm, dan beteekent dit ± 3000 kg/ha. Er zijn evenwel gronden, die met minder te verbeteren zijn, evenals zeer stijve, die iets meer behoeven, zegge 4000 kg; doch het gemiddelde van 0.1 % hebben wij ook uit tallooze kruimelproeven als juist bevonden. Slaat men nu den prijs op ± *f* 50.— per ton aan, geleverd op de boerderij, dan komen wij op een reëel cijfer van gemiddeld *f* 150.— per ha, dat voor sommige gronden lager zal zijn, voor andere hooger. Daarvoor krijgt de afnemer dan nog een zekere hoeveelheid bemestingsstikstof van ± 120 kg, waarvan de waarde op *f* 36.— kan worden getaxeerd, zoodat de kosten voor 1e uitgave op *f* 114.— gemiddeld komen. Wanneer men op zware gronden, die ⅓ meer aan stof noodig maken, zijn bedrijf heeft, zou men dus op een uitgave komen van *f* 114.— + *f* $\frac{114}{3}$ = *f* 152.—.

Dit bedrag kan over minstens 4 jaren verdisconteerd worden, zoodat men dan ± *f* 28.— à *f* 38.— per jaar voordeel moet zien te verkrijgen. Dit bedrag kan te minder bezwaren opleveren, omdat bij den eventueelen teruggang der werking na die periode een herhaalde nieuwe gift geen 3 ton per ha zal vragen, maar b.v. 1 ton of 1½ ton om het structuurniveau weer te herstellen. Over een grooter periode van 10 jaar wordt dan de rendementsrekening iets gunstiger dan men met *f* 30 à *f* 40.— per jaar extra uitgeven becijfert.

Wij hebben den bedrijfseconomen hiermede alle gegevens verschaft, die zij noodig hebben om de beteekenis van deze stabiele humusstof te beoordeelen. Wij onthouden ons daarom van het verder uitwerken van een kostenplan. Wij hebben dit natuurlijk herhaaldelijk gedaan en moeten doen en er ook met diverse practici over gesproken. Het resultaat van die besprekingen was steeds, dat een becijfering niet te maken is, n.l. een becijfering, die overal en altijd geldt. Men zegt: het is de bedrijfsvoering, die hier de voordeelen uitbuit en daardoor eigenlijk bepaalt, wat er van gemaakt wordt. Maar... zegt men tevens, wanneer wij zien, dat voor bodemverbetering men niet schroomt hooge sommen uit te geven, als b.v. *f* 200.— en meer, voor een schuimaarde-bemesting naar 40.000 kg/ha, en daarbij ervaart, dat ook deze uitgave wel verbetering brengt, maar nog niet genoeg vergeleken met wat de goede gronden presteeren, dan twijfelen wij niet of het zal met X_2 ook zoo zijn. Indien X_2 n.l. in de praktijk hetzelfde presteert als bij de kleine proeven.

Bovendien herstelt men structuur-tekorten meestal in de praktijk met *zware* bemestingen. Het is de kunstmestindustrie geweest, die ons in staat gesteld heeft allerlei toenemende fouten in het productie-apparaat te „verhelpen". Het is een zeer goede dienst geweest, die de kunstmest ons heeft bewezen en die daaraan dan ook zoo'n groote opbloei heeft te danken. Echter de kunstmestrendementen zijn er op zichzelf genomen niet op vooruit gegaan. En het productie-apparaat is er duidelijk mee achteruitgegaan. Wij ouderen hebben beleefd, dat het mestgebruik steeds toeneemt en wij zien bij onze klinische waarnemingen en bij het veldonderzoek steeds met verbazing aan, hoe bepaalde gronden, die in een perfecte structuur zijn te houden, steeds uitzondering zijn op den regel van stijgende mestbehoefte. Men denke b.v. aan den Waard- en Groetpolder tegenover de zavels in de Wadstreek van Friesland en Groningen. Het meststofverbruik per ha loopt zeer uiteén bij even groote productie!

Wanneer het gelukt met den stabielen humus de productie zekerder en gemakkelijker te maken, zal de mestbehoefte onweerlegbaar weer dalen naar een niveau van de ouderwetsche *hooge* rendementen, omdat toch nu weder een grooter deel van het bodemvolume beworteld wordt. Het is dit complex van arbeids„besparing", meststof„besparing" en vooral ook zorg„besparing", dat uiteindelijk hooger rendementen en zekerder bedrijfsuitkomsten levert. De tropenproducties van diverse gewassen berusten op dit soort bodemverbetering, wanneer men, eenige jaren wilde braak (broekar) met boschvegetatie toepassend, den grond weer in een geheel veranderden toestand brengt. Het is niet alleen de circulatie van nieuw plantenvoedsel, die dezen ommekeer van matige tot slechte gewassen vóór de wilde braakperiode tot prima productie daarna, heeft gebracht,

maar vooral de wijze, waarop de grond met een grooter volume aan de productie deelneemt. Wie deze verschillen met eigen oogen heeft gezien, komt daarvan sterk onder den indruk.

Een oogenblik mogen wij bij het feit stilstaan, dat gewassen in harmonische omgeving gegroeid ook resistenter zijn tegen ziekte-invasies van allerlei aard. Wij zeggen *niet,* dat de infectie bij harmonischen groei onmogelijk is — geensdeels; maar wij eischen voor den harmonischen groei het begrip „hygiëne" van het milieu op, precies zooals men dat in de menschenmaatschappij doet, en tot die hygiëne behoort naast de voedselvoorziening de verhouding der 3 phasen in het bodemvolume n.l. de vaste, de vloeibare en de gasvormige. Van microbiologisch standpunt bezien, is dit reeds lang erkend.

Hoe wij daarnaar streven, is een onderwerp voor de behandeling van de „structuur". Dat de stabiele humus daartoe sterk mede helpt, bewijst de natuur zelf en met deze opmerking zijn wij wedergekeerd tot hetgeen in hoofdstuk I als uitgangspunt werd gekozen, n.l. de vorming van stabielen humus langs natuurlijken weg.

Nog een enkele opmerking rest ons te maken en wel deze, dat hier steeds over kleihoudende gronden is gesproken en dat de grove zandgrond buiten beschouwing is gelaten.

De oorzaak van deze schijnbare eenzijdigheid ligt in de bizondere eigenschappen van het materiaal. Het hechten van een humusverbinding op de klei is een erkend feit, op zandkorrels van eenige grootte is het eveneens geconstateerd, doch het aggregeeren van deze tot kruimels berust op andere eigenschappen van den humus dan die wij bij klei zien functioneeren. Wij hebben het probleem voor de zandgronden reeds ter hand genomen, doch tot een practische oplossing kwamen wij *nog niet.* Wel hebben wij begrepen, dat wij een tusschen-kitstof moeten inschakelen, die op kwartskorrels sterk hecht en waarover een humusfilm kan worden getrokken. Dit lukt ons reeds goed, maar vóór die maatregel voor de praktijk gereed is, moeten wij nog verder experimenteeren. Dit probleem is daarom nog in ontwikkeling.

Voor de zavel- en kleigronden meenen wij het voor de praktijk nu gereed gemaakt te hebben, wat niet zeggen wil, dat het er voor geheel „klaar" is. Maar dat hebben nog nooit een nieuw inzicht of een nieuwe vinding gedaan; zij worden in het gebruik verbeterd en dat is het, wat wij vooral beoogen. Want het gebruik is de beste leermeester.

„Experientia docet".