

KALKTOESTAND- ONDERZOEKINGEN

I

DOOR

J. HUDIG

MET MEDEWERKING VAN

IR E. BIEWENGA EN IR J. B. v. D. MEULEN

HET INBRENGEN VAN CA-IONEN IN HET
ADSORBTIECOMPLEX VAN DEN GROND
MET BEHULP VAN EEN POREUSCALCIUM-
ALUMINIUM SILICAAT



Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool
Deel 37 — Verhandeling 3

H. VEENMAN & ZONEN — WAGENINGEN — 1933

2050430

KALKTOESTAND-ONDERZOEKINGEN

I

door J. Hudig

met medewerking van Ir E. Biewenga en Ir J. B. v. d. Meulen

HET INBRENGEN VAN CA-IONEN IN HET ADSORBTIECOMPLEX VAN DEN GROND MET BEHULP VAN EEN POREUS CALCIUM- ALUMINIUM SILICAAT

(Ingekomen 2 Augustus 1933)

1. INLEIDING

Sinds jaren is er door mij op gewezen, hoe gebrekkig feitelijk de middelen zijn, die ons ten dienste staan om den kalktoestand van het actieve bodemcomplex te verhoogen.

In een vlugschrift van 1927 ¹⁾ heb ik daar o.m. over geschreven en aangetoond, hoe moeilijk het is om twee vaste stoffen: grond- en kalkmeststof zoo innig te mengen, dat de gewenschte reactie, nl. de verdringing van de waterstof, uit het adsorbeerend bodemcomplex door Ca-ionen, ook werkelijk tot stand komt.

Intusschen zijn 6 jaren verlopen en werd onze ervaring dermate verrijkt, dat het mij dienstig voorkwam andere wegen in te slaan om het bij de „bekalking” gestelde doel te bereiken.

Vooraf nog een enkel woord over de moeilijkheden, waarover in 1927 werd gesproken. Indien men b.v. 4000 kg kalkmergel wenscht te mengen door de bovenste 20 cm van een humushoudenden zandgrond, beteekent dit dat 4000 kg gemengd moet worden door 2.500.000 kg grond, d.i. een mengverhouding van 1 op 625. Bij kleigronden, waar b.v. 10.000 kg gebluschte kalk per ha, dus per 3.000.000 kg grond, over een diepte gerekend van 20 cm, een gewone bekalking beteekent, is de verhouding iets gematigder, nl. 1 : 300.

Evenwel is in beide gevallen de verhouding ongunstig genoeg om in te zien, dat een volledig aflopende reactie in absoluten zin onder deze omstandigheden slechts een „kans” beteekent. Bij deze voorbeelden is uitgegaan van een ideale menging, een omstandigheid, die in de praktijk natuurlijk niet voorkomt.

Hoe ver de praktijk daarvan afstaat, kan door een eenvoudige proef worden aangetoond.

¹⁾ No 32: Bericht van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen: „De moeilijkheden bij het bereiken van bepaalde kalktoestanden door bemergeling.”

Door een behoorlijk geoefend kunstmestzaaier werd over een perceel mergel gestrooid. Daarna werden op verschillende willekeurige plekken een vierkant latwerk van juist 1 m² oppervlakte geworpen en de daarbinnen liggende grond als volgt bemonsterd:

Van de oppervlakte werd met behulp van den grondboor (doorsnee 9,2 cm) een viertal monsters gestoken, juist zoo diep, dat de grond in den boor „hield”. De gestoken dikte werd voor dit geval overal precies op 4 cm genomen, zoodat het volume van 't grondmonster berekend kon worden. Daarna werd 't monster in een bus luchtdicht verpakt, en in het laboratorium gewogen, gedroogd, weer gewogen en gemengd. De bepaling van het CaCO₃-gehalte met een gewoon GEISSLER-apparaatje was de basis voor de berekening van de hoeveelheid CaCO₃, die op den grond had gelegen.

Daarna werden de bemonsterde plaatsen met piketten gemerkt, en toen 't land licht geploegd; d.w.z. \pm 10 cm omgelegd. De piketten werden bij 't ploegen verwijderd, stuk voor stuk als de ploeg langs kwam en weer ingezet; daarna werd een diepte van 12 cm bemonsterd op de bovenbeschreven wijze. De proef werd 6 malen herhaald.

Tabel 1 doet zien, hoe of de verdeeling vóór en na het ploegen uitviel.

De hoeveelheid mergel was zoo bemeten, dat bij ideaal uitstrooien op een dikte van 4 cm van het monster, precies 800 mg CaCO₃ per 100 g grond mocht gevonden worden en na 't ploegen per 100 g grond 800 : 3 = 266 mg CaCO₃.

TABEL 1.

MILLIGRAMMEN CaCO₃ PER 100 GRAM GROND GEVONDEN

No	Na het strooien	Na het omwerken	No	Na het strooien	Na het omwerken
1	1200	nihil	13	930	nihil
2	1620	430	14	770	290
3	430	620	15	530	560
4	nihil	310	16	80	120
5	460	820	17	3150	60
6	620	210	18	290	420
7	1430	120	19	6300	310
8	1020	30	20	1400	190
9	830	112	21	890	30
10	overmaat	330	22	1300	400
11	220	400	23	60	160
12	440	30	24	nihil	nihil

Er werd zooveel mogelijk voor gezorgd, dat de monsters na 't ploegen op dezelfde plaatsen werden genomen als vóór het ploegen, hetgeen natuurlijk niet precies gelukte. Voorts moet medegedeeld worden, dat de grond aan de oppervlakte tamelijk droog was en bij het wenden uiteenviel, zoodat men den indruk kreeg, dat het stoppelploegje niet alleen wendde, doch ook mengde.

De getallen doen zien, hoe bitter droevig de menging uitviel; men kan gerust zeggen, dat het werk, waarover een practicus op het gezicht tevreden zou zijn, door deze bepalingen op zijn zachtst gezegd, een fiasco gebleken is. Wat wij zien, zijn ophooping en tekorten! Dit is een bedenkelijk verschijnsel, omdat wij weten, dat beide toestanden een regelmatig en hoogen oogst in den weg staan. Dat in de praktijk de kalkmengingen vaak zoo slecht slagen, behoeft dan ook geen verwondering te wekken; nog minder, dat op deze wijze *nooit* het volle 100% der werking kan worden verwacht. En zonderling genoeg; tóch doet de praktijk dat!

Dat nog zooveel van bekalkingen terecht komt vindt zijn oorzaak in 't feit, dat de plantenwortel vele lagen in den grond raakt en bij voorkeur die opzoekt, waar de harmonische verhouding van Calcium tot waterstof in het complex wordt aangetroffen. Bovendien zal de koolzuurontwikkeling in den grond en het zakkend regenwater, dat dan min of meer met CO₂ beladen wordt, de kalkverspreiding door vorming van het oplosbare — dus verspreidbare — Ca(HCO₃)₂ bevorderen. *Eenige* gelijkmaking in de door ons gevonden ongelijkmatigheid heeft dus wel plaats onder invloed der groeiomstandigheden.

Toch moet men zich van het natuurlijk nivelleeren van tekorten en ophooping niet te gemakkelijk voorstellen.

In gronden, waarin gewerkt wordt, zal *op den duur* de kalkverdeling verbeteren, hetgeen tot uitdrukking komt in de ervaring dat kalk „nawerkt”. Op gronden, waarin niet gewerkt wordt, is van een verdeling weinig sprake; ik herinner aan het vroeger in de hierboven aangehaalde verhandeling reeds medegedeelde, dat b.v. bij graslandbekalkingen vrijwel alle kalk in den bovengrond blijft hangen. Een proef in 1926 gaf 2½ jaar na de kalkbemesting vlak voor het inzaaien van het gras, toegediend bij gemiddelden van 6 parallellen, de volgende kalktoestanden:

bovenste 5 cm kalktoestand	-2
tweede 5 „ „	-10
derde 5 „ „	-24

Het uitgangspunt was -24. CLEVERINGA vindt bij zijn proeven nog ongunstiger uitkomsten ¹⁾.

¹⁾ Verslagen der proefvelden in Noordelijk Gelderland, 1925 en volgende jaren.

Dat op humeuze zandgronden een kalkbemesting *nooit* tot volle 100% werken kan, wordt niet alleen door het mengprobleem veroorzaakt, doch ook door het feit, dat het verdringen der waterstof-ionen door Ca-ionen tot ongeveer de potentieele zuurgraad -10 bereikt is, nagenoeg volgens de becijfering verloopt, terwijl daar beneden, de humus, CO₂ gaat ontwikkelen en mogelijk COOH-groepen afsplitst. Daardoor wordt het kalkgebruik dus *grootter*, dan berekend kan worden voor de waterstof verdringing. Proeven daarover zijn herhaaldelijk gedaan zoowel in het laboratorium als in de praktijk.

Van de eerste soort vermeld ik een der volgende series in tabel 2.

Toevoegingen van CaCO₃ aan een humeusen zandgrond in 8 trappen. Humusgehalte 8%.

De kalktoestand van den grond was: -26.

TABEL 2.

No's	Volgens berekening te bereiken	Werd bereikt
1	-20	-20
2	-15	-15
3	-10	-11
4	- 5	- 8
5	0	- 7
6	+ 2	- 4
7	+ 5	- 1
8	+10	+ 1

Een dergelijke proef is ook op blz. 3 van vermeld vlugschrift no 32 weergegeven met geheel dezelfde tendenz. In beide gevallen werd fijn krijt met den grond gemengd in het mengtoestel ¹⁾, dat absolute menging geeft. De fijnheid van het krijt lag beneden 30 mikromillimeter. En om te voorkomen, dat de deeltjes door kleven bijeenbleven ²⁾, werd vooraf in een mortier met fijn zand, de koolzure kalk practisch volmaakt gedispergeerd.

Over de ontwikkeling van CO₂ uit humusachtig materiaal door kalk heeft WOLLNY reeds geschreven ³⁾. Zelf nam ik proeven met turfstrooisel en humus uit een veenkoloniale grond bereid, waarbij in een

¹⁾ Ein Apparat zur innigen Bodenmischung. Landw. Jahrb. Bnd. 45, 1913, 635-639.

²⁾ Zie over het kleven van fijne deelen. Fijnheid en verdeling van een als meststof toegediend natuurlijk fosfaat. Dr Ir G. H. A. LEYENAAR, Proefschrift Wageningen, 1932.

³⁾ Zie zijne „Zersetzung der organischen Stoffe“, 1897.

koolzuurvrije atmosfeer $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in n/50-oplossing werd toegevoegd. De koolzuurontwikkeling begint blijkbaar bij een bepaald punt, dat nl. bij de potentiële zuurgraadsbepaling in kalktoestandsmaat uitgedrukt bij -10 ligt of er iets onder. De bepaling der waterstof-ionenconcentratie gaf bij dit mineraalarne materiaal varierende waarden tusschen 5,5 en 5,75. Trouwens CO_2 ontwikkeling kan men bij het titreeren in de roerelectrode ¹⁾ heel duidelijk waarnemen en ook meten.

Door deze verschijnselen zal men op een zandgrond bij ongelijkmatige uitstrooiing van kalkmeststoffen bij de ophooping een kalkverbruik vinden, grooter dan de verdringsreactie wenscht; vooral in sterk geaereerden grond, waar oxydatieverschijnselen optreden. Bij de tekorten blijft het daar beneden. Wanneer men dan later, na afloop der kalkreacties, den grond mengt, blijft het geheele stelsel grond: kalk *beneden* den toestand welke beoogd werd. Omdat de menging toevallig is, is er ook geen werkingsfactor van kalkbemesting te berekenen: de ervaring leert dan ook dat die evenzeer „toevallig” is. Zij schommelt tusschen 30 en 80% in de praktijk.

Bij humusarme kleigronden vindt men het overmatig kalkverbruik *niet*: daar kan men kalk toedienen en elke gewenschte kalktoestand volgens berekening bereiken... mits een ideale menging mogelijk is. Deze laatste conditie is nog veel moeilijker te vervullen, dan bij de humuszandgronden en hier treden dan ook de grootste mislukkingen op. Omdat het anorganische colloïdale kleicomplex, zoodra het waterstof-ionen gaat bevatten beneden een zekere grens, een taaie structuur krijgt is hier menging practisch uitgesloten. Ook bij ideale menging in het mengtoestel; immers bij kleigronden vallen de deelen niet uitéén, maar blijven agregaten.

Een mooi voorbeeld is te vinden bij potproeven met een kalkarme stugge klei, waarin men steeds kleine korrels CaCO_3 onwerkzaam vindt liggen, zelfs wanneer men den grond in kleine porties en zoo droog mogelijk met droog $\text{Ca}(\text{OH})_2$ heeft gemengd!

Nog erger is dit op het vrije veld, waarvan fig. 1 en 2 een duidelijk voorbeeld geven. Beide monsters zijn afkomstig van proefvelden, waardoor uitstrooien in kleine porties en grepen eenerzijds (fig. 1) en het inmengen met de spateleg anderzijds (fig. 2) heeft plaats gehad.

Dat in zulken grond de ophooping schaadt kan men waarnemen aan den wortelgroei; evenmin als in kalklooze „kluiten” groeien de wortels in deze kalkrijke. Van een wortelgroei, die zich bij voorkeur in aansluitende lagen of deelen, waar de menging dan vrij goed gelukt is, ontwikkelt is hier in mindere mate sprake dan bij zandgronden.

¹⁾ Zie: Het meten van H-ionenconcentraties in bodemextracten en bodem-suspensies. J. HUDIG en W. STURM: Versl. van landbk. onderz. der R. L. Proefst. 1919, no XXIII.

Dat de wortels in staat zijn bepaalde gunstige lagen als het ware op te zoeken, bewijst een proef, die Ir BREWENGA op mijn verzoek nam en waarvan de opzet als volgt is. In een aquariumbak wordt 3 cm boven den bodem een geperforeerde plaat gebracht van aardewerk of geparaffineerd zink zooals in de cultuurpotten, welke vroeger zijn beschreven ¹⁾. Doorluchttingsbuizen zijn aan de zijden aangebracht tot op den glazen bodem. De grond van verschillenden kalktoestand wordt in verticale lagen ingevuld met behulp van blikkenschotten, die in den bak passen en welke na de invulling eruit worden getrokken, zoodat de lagen nu tegen elkaar komen te liggen.

Bij deze proef werd grond gebruikt met $\pm 4\%$ humus, waarvan de laagste kalktoestand -23 was. Door bekalking op 't vrije veld waren toestanden van -10 en $+2$ geschapen, zoodat wij over 3 kalktoestandsverschillen beschikten. De lagen werden afwisselend geplaatst en waren $2\frac{1}{2}$ cm dik. In de middelste laag werd maïs gezaaid en in een bepaald groeistadium werd het blok grond uit den bak genomen en op een plank met pennen gedrukt (breinaalden), daarna werd de grond voorzichtig weggespoeld. De wortels hangen aan 't einde slap neer tusschen de pennen, zoodat men kan waarnemen waar deze zich het best hebben ontwikkeld. Fig. 3 laat zien hoe de maïswortel in de eerste groeiperiode hooge kalktoestanden vermijdt. Fig. 4 geeft een andere opstelling weer. GÖRBING ²⁾ nam proeven met Begonia en Hortensia in potten, ook met tarwe, gerst, bij verticale, zoowel als horizontale laagsgewijze scheiding.

Een later door ons herhaalde proef geeft hetzelfde te zien; proeven met kleigronden zullen nog in bewerking genomen moeten worden.

Bij kleigronden heeft CLEVERINGA op voorbeeld van GÖRBING, voor de verplaatsing van kalk, stalbemesting aangeraden, d.w.z. verhooging van koolzuurproductie, hetgeen inderdaad zeer goede gevolgen heeft. Dit voortreffelijke middel kan natuurlijk ook op zandgronden worden toegepast. Evenwel een gebrek blijft steken in de moeilijke verdeelbaarheid van onze kalkmeststoffen, die nu eenmaal onoplosbare verbindingen zijn en zoo ze een zwakke oplosbaarheid bezitten zooals gebluschte kalk, maakt het koolzuur er weer een onoplosbaar carbonaat van. De verdeelbaarheid moet bij CO₂-productie in den grond uiteindelijk berusten op *overmaat* koolzuur, een omstandigheid, die niet altijd aanwezig is en ook niet altijd voordelig, omdat men ze niet kan regelen en vooral niet beperken tot de gevaarlijke grens waarboven

¹⁾ 3e mededeeling over de Veenkoloniale Ziekte. Versl. v. Landbk. onderz. der R. Lb. Proefstations 1919; no XXIII, J. HUDIG en C. MEYER.

²⁾ Zie o.a. Blumen- und Pflanzenbau 1930, Heft 4 en Fortschritte der Landw. 1931, Heft 12, blz. 402-416. In dit laatste artikel komen nog andere literatuuropgaven voor.

kalk als dubbel koolzurekalk uitspoelt, dus weer verloren gaat! Dàt dit gebeurt bewijzen de ervaring en de klassieke analyses van VAN BEMMELEN benevens het feit, dat oude stalmentgronden *altijd* basen-arm zijn of worden.

Dat het zeer gewenscht is naar verbetering te streven en deze gezocht moet worden in het te gebruiken kalkhoudende materiaal, behoeft geen nader betoog. Bij het zoeken daarnaar lieten wij de volgende overweging gelden. Een ideale kalkmeststof zou oplosbaar in water moeten zijn en het kenmerk moeten dragen, dat aanwezigheid van koolzuur in beperkte mate er geen onoplosbare carbonaten van kan maken. De gewone calciumzouten van zoutzuur en zwavelzuur zijn onbruikbaar, omdat deze met de waterstof-ionen uit het complex niet omwisselen. Immers bij zoo'n reactie zou dan zoutzuur ontstaan en zwavelzuur, beide sterke (gedissocieerde) zuren, die schadelijk in den grond zijn en onmiddellijk het complex zouden aantasten, door er weer zure waterstof-complexen van te maken.

Daarom is men op oplosbare Calciumzouten van zwakke zuren aangewezen, zooals Calciumacetaat of saccharaat, 't liefst *organische* zouten, die zelf in den grond aan vernietigende bacteriën ten offer vallen. Deze verbindingen zijn veel te duur, dus practisch onbruikbaar.

De eenigste *anorganische* Calciumverbinding, die aan dezen eisch zou voldoen is Calciumsilicaat, maar het metasilicaat CaSiO_3 is onoplosbaar en wordt ook niet zoo gemakkelijk door water ontleed. Daarom zou men moeten zoeken in de richting van Aluminium-dubbelsilicaten, welke door een fijne of poreuse samenstelling wel gemakkelijk door water ontleed worden, zooals b.v. bij de vulcanische tuffen in tropische klimaten wordt waargenomen.

Een toeval bracht ons in aanraking met de hoogovenslak en wel met het product, dat door de Kon. Ned. Hoogovens en Staal fabrieken werd gemaakt en waarover naar aanleiding van Amerikaansche proeven ¹⁾ een oordeel werd gevraagd. Zooals het product in 1930 werd aangeboden had het inderdaad eenige voordeelen. Maar voldeed het aan onze eischen van snelle ontleding?

De experimenten met dit product en het later verbeterde materiaal zullen hier vermeld worden en tenslotte worden bewezen, dat dit silicaat, zooals het nu in den handel wordt gebracht, en dat aan hooge eischen van porositeit en ontleedbaarheid door zwakke zuren voldoet, inderdaad een aanwinst is, welke vele van de bezwaren bij de tot nog toe bestaande kalkverbindingen op zijde zet. Het is in den grond oplosbaar, zij het ook langzaam, en wordt *niet* omgezet in koolzure kalk, die als onwerkzame korrels (samenballingen) in den grond achterblijven!

¹⁾ Zie hoofdstuk 3.

Bovendien geeft het een interessante nevenwerking op zandgronden te zien, die het mogelijk maakt dat de kalktoestanden niet kunnen terugloopen, hetgeen men daar zoo vaak waarneemt.

Dit laatste verschijnsel, dat samenhangt met de hier bovengenoemde eigenschap van de humuslichamen om boven een zekere „kalktoestands-” of verzadigingsgrens te oxydeeren en koolzuur te ontwikkelen (afsplitsing van COOH-groepen) is op zandgronden, zelfs bij technisch behoorlijke menging, een steeds teleurstellende ervaring. Het sterkst wordt dit „terugloopen” gevonden op gronden, waarvan de organische stof nog niet in het stabiele stadium van de oude humus is overgegaan. D.w.z. op ontginningen en alle nieuwe gronden.

Is eenmaal de humus op een bepaalden hoogen kalktoestand gestabiliseerd, en dat kan het best op oude humusgronden, dan *blijft* bij overigens zorgvuldig in evenwicht gebrachte bemesting ook de kalktoestand stabiel. De ware toedracht daarvan is nog niet bekend; waarschijnlijk moet dit verklaard worden door de aannahme van een kiezelzuur aluminium-humus complex, dat deze stabiele eigenschappen op dezelfde wijze zou moeten bezitten als het zuiver anorganische kiezelzuur-aluminium-complex, zooals WIEGNER dat heeft beschreven in zijn talrijke verhandelingen ¹⁾ en STEBUTT het in zijn „Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde” uiteenzet. Aanwijzingen daarvoor zijn reeds in oudere analyses aanwezig. ²⁾

Thans is het onderzoek, dat daarover gaande is nog niet zoover gevorderd om daarover verdere mededeelingen te doen. Zeker is echter, dat het adsorptievermogen van den grond toeneemt met het $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ gehalte precies zooals MATSON ³⁾ dat voor het anorganische complex heeft aangetoond.

Bezien in het licht van deze overweging zou het toedienen van een gemakkelijk door hydrolyse ontleedbaar calcium-aluminiumsilicaat alle gronden ten goede komen en dan wel door de secundaire invoeging van een alumino-silicaat-complex.

2. HET BEGRIP „KALKTOESTAND”

Voordat tot de behandeling der proeven met het Calc. Al.-silicaat wordt overgegaan, komt het mij wenschelijk voor nog eens iets over het kalktoestandsbegrip in het algemeen te zeggen. Dit zal de werking van het calcium-aluminium silicaat beter doen verstaan, vooral omdat

¹⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. 1931, Vol. I, no 7, 8 en 13.

I. Base-exchange or ionic exchange.

II. Hydrogen Clay.

²⁾ Zie Versl. v. Landbk. Ond. der R. Landb. Proefst. 1909, no V en Id., 1912, no XII.

³⁾ Anionic and cationic adsorption by soil-colloidal materials of varying $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ratio Soil Science, 1928.

ons inzicht in de laatste tijden is verdiept. De wetmatigheid is daarvan — ondanks vele praktische bewijzen in ons land zoowel als in het buitenland — in twijfel getrokken. ¹⁾ Ten onrechte, want deze wet is het fundament van de bemestingsleer. Zonder die wet is de werking der diverse meststoffen niet te begrijpen en kan men ook niet tot het inzicht komen van wat de rationeele bemesting moet zijn. Bovendien geeft deze wetmatigheid inzicht in de werking van de kalk. De formulering der wet is door mij herhaaldelijk gegeven, o.a. in het reeds meer-malen genoemde vglblad 32. Ook uit de volgende publicaties zal de beteekenis ervan in het licht worden gesteld. Zij kan thans, nu de inzichten zooveel beter geworden zijn, in drie stellingen worden omschreven en wel:

1. De plantengroei is afhankelijk van de verhouding der basen- en waterstof-ionen in het adsorbeerend bodemcomplex ²⁾.
2. De verhouding der geadsorbeerde basen onderling heeft mede invloed op het groeiproces. Voor een goeden bodemtoestand is het noodzakelijk, dat het tweewaardige Calciumion sterk overweegt.
3. De diverse planten stellen ten aanzien van de in 1 en 2 genoemde voorwaarden verschillende eischen. Waarschijnlijk zijn deze, ieder voor zich op de gewijzigde basen waterstof-verhouding geëvolueerd; in elk geval hangt de planten-associatie in de natuur ervan af.

Dat bij sterk ontbaasde complexen, zoowel van organischen als anorganischen aard over het algemeen onze veredelde, vlug groeiende gewassen slecht groeien, is bekend. Het aanwenden van waterstof-ionen aanbrengeende meststoffen kan bij zulke complex-houdende gronden dermate schadelijk zijn, dat ondanks aanwezigheid van voldoende mineraal voedsel de plantengroei stil staat of te gronde gaat. ³⁾

Voorbeelden daarvan zijn in de vele publicaties van schrijver dezes en zijn medewerkers herhaaldelijk gegeven en ook in cijfers gebracht. ⁴⁾

¹⁾ O.a. J. G. MASCHHAUPT, Landbouwkundig Tijdschr. 1931, blz. 452.

²⁾ De definitie hiervan is die van K. K. GEDROIZ in zijn „Adsorbierende Bodencomplex“.

³⁾ Men kan dan spreken van een pathologischen hongertoestand! Zie „Der Hunger des Ackerbodens“, Verh. der Ges. f. Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten“, 1928, J. HUDIG.

⁴⁾ Zie de vlugschriften van de 2e afd. v. h. Rijkslandbouwproefstation te Groningen no's 6, 14, 17, 20, 24, 37, 39, 40; de beteekenis van het begrip kalktoestand op zand- en veengronden, Veldbode 1928 en de diverse verslagen van de Vereeniging tot Exploitatie van Proefboerderijen in de Veenkoloniën 1920 en „Het verbouwen van bieten op zandgrond“; uitgave van het Bedrijfs-laboratorium voor Grondonderzoek 1929. Van Ir. RIETSEMA, directeur der St. Walfried's School te Breda vindt men in zijne verslagen vanaf 1928 interessante gegevens over tuinbouwgewassen. Ook Ir. BLOEMSA publiceerde belangrijke

Verder komt bij toenemende basenverzadiging er een gebied, waar de H-ionen der meststoffen niet meer schaden, terwijl bij de hogere basen-verzadigingstrappen juist waterstof-aanbrengende stoffen onontbeerlijk zijn. Bij humuszandgronden gaat dan de veenkoloniale ziekte te voorschijn komen. Er is dan ook tusschen het ééne uiterste van basenarmoede, waarbij de zoogenaamde Hooghalensche Ziekte ¹⁾ optreedt en het andere van basenrijkdom een geheel traject, waarin men door het regelen van den basentoestand de productie beheerscht.

Opmerkelijk is, dat zoowel bij humuszandgronden als bij kleigronden hetzelfde gebeurt, echter met dit ééne verschil, dat bij basenovermaat op de laatste *niet* de veenkoloniale ziekte ontstaat, doch enkel productievermindering optreedt. Voor het optreden van de veenkoloniale ziekte moet organische stof aanwezig zijn, bij laag gehalte aan actieve klei. ²⁾

Tusschen humuszandgronden en klei bestaat dan ook het essentieele verschil, dat een overmaat van CaCO_3 bij de laatste in 't minst niet schaadt. Ja zelfs, dat deze gronden een overmaat daarvan in actieven vorm wenschen, opdat het complex in zijn verhouding van basen tot waterstof-ionen door het aanwezig zijn van Ca-ionen in het CO_2 -houdend bodemvocht op peil gehouden kan worden. CLEVERINGA schat globaal die noodzakelijke overmaat op 1,5 à 2% CaCO_3 — bij zware kleigronden, en op 0,25 tot 1% bij lichte.

Omdat het moeilijk is door laboratoriumbepalingen uit te maken welk deel van het gevonden CaCO_3 actief is en welk niet (dit hangt van de deeltjes-grootte en van de verdeling van dit carbonaat af), kunnen die cijfers niet gecontroleerd worden, doch het komt mij niettemin voor, dat zij voor de praktijk houvast geven; bovendien zijn ze klinisch gevonden. Wij zijn bij het onderzoek van de kleigronden tot de ervaring gekomen, dat wanneer men bepaalt hoeveel Calcium op de eenheid, nl. 1 g, actieve deelen onder de natuurlijke omstandigheden een klei bevatten *kan*, men bij alle niet afgebroken kleigronden komt tot het cijfer van 15 à 16 mg CaO. *Klei als adsorbtiëf deel opgevat is een constant begrip blijktbaar!* Dit gehalte blijft bij kleigronden bij een gehalte van

gegevens over enkele producten. In CLEVERINGA geeft belangrijke cijfers in zijn proefveld verslagen; overigens zijn er vele opgaven in de buitenlandsche literatuur verspreid.

¹⁾ De Hooghalensche Ziekte, een nieuwe bodemziekte op zand- en veen-gronden. J. HUDIG en C. MEYER, 1918. Uitg. Dep. Landb., Nijverheid en Handel.

²⁾ Over het optreden van de veenkoloniale ziekte op zware kleigronden vindt men gegevens in de Versl. v. Landb. Onderz. der R. L. Proefst. 1914, no XV. Opmerkelijk is, dat zware klei *kalkarm* moet worden om de ziekte te vertoonen en dan liefst bij slechte structuur, b.v. op wendakkers of bij damhekken etc. Gebrek aan zuurstof in zulke gronden is de overeenkomst met de kalkrijke humusgronden, waar door deze humus zuurstof wordt vastgelegd.

0,2-0,5% CaCO_3 , dus constant. Omdat dit cijfer gevonden is bij ideale doorstroming in percolatiebuizen, zal het CaCO_3 -gehalte op 't vrije veld, waar men meer op diffusie dan op volledige doorstroming is aangewezen, hooger moeten liggen. In elk geval zal in de natuur, wanneer het complex door bemesting b.v. met zwavelzure ammoniak door H-ionen wordt aangetast, bij dat gehalte het niet weder *snel* door actieve of beweeglijke kalk kunnen worden aangevuld.

Zeker is, dat wij bij sommige gronden o.a. uit N.-Groningen cijfers vonden beneden de grens van 15 à 16 mg CaO, b.v. 12 à 13 mg, terwijl niettemin CaCO_3 aanwezig was. Microscopisch onderzoek doet dan zien, dat dit CaCO_3 bestaat uit kantige schelpresten, die natuurlijk veel minder actief zijn dan de uiterst fijn verdeelde CaCO_3 -deeltjes in nieuwe klei. Hoe het zij, overmaat van CaCO_3 schaadt op zulke gronden niet; wel schaadt overmaat van basische kalk, zooals bij zware bemestingen met gebluschte kalk plaatselijk en tijdelijk kan voorkomen.

Omdat CLEVERINGA binnenkort over zijn proeven afzonderlijk zal berichten en omdat door mij eveneens afzonderlijk over de bepaling van het actieve kleicomplex en de bezetting daarvan met basen en waterstof zal geschreven worden, kan dit onderwerp thans hier onbehandeld blijven. Het werd gememoreerd om te doen uitkomen, dat onder dezelfde omstandigheden, in casu, die welke in ons klimaat heerschen, het adsorbtiecomplex een zelfde hoeveelheid basen zal binden, wanneer die in bepaalden zwak gedissocieerden vorm in de bodemoplossing aanwezig zijn en dat geschiedt bij het doorstromen van den grond met zwakke oplossingen van calciumbicarbonaat, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, tot die van uiterst verdunde oplosbare carbonaten, zooals die ontstaan bij een zoutbemesting, speciaal van ammoniakzouten op CaCO_3 -houdenden grond. In waterstof-ionen concentratie uitgedrukt schommelt dan de reactie-toestand tusschen pH 5,9 tot 8,3.

Onder die omstandigheden bevat het complex toch nog tamelijk veel waterstof-ionen, hetgeen menige plant blijkbaar niet hindert, omdat dit evenwicht het natuurlijke evenwicht kan worden genoemd. Hoe die verhouding tusschen waterstof en basen dan is, is moeilijk uit te maken, daar ons het middel ontbreekt om die te bepalen. De oudere veronderstelling, dat het adsorbtievermogen een constante zou zijn als b.v. het basen-bindend vermogen van een bepaald anorganisch zuur is door de moderne colloïd-chemici verlaten en m.i. terecht. Het duidelijkst heeft WIEGNER daarop gewezen. Het adsorbtievermogen is een functie van de elektrische lading van het colloïde (myceel anion) en deze is afhankelijk van de chemische samenstelling van het myceel anion en het actieve oppervlak. Daar dit laatste al naar de hydratatie wisselt en vooral ook door de concentratie van waterstof- en hydroxyl-ionen der omgevende vloeistof wordt beïnvloed, hangt de „adsorbtiecapaciteit” daarvan af. Bovendien heeft de aard der omgevende andere

ionen een belangrijken invloed. Natrium-ionen hebben een heel andere functie door de hun omgevende groote watermantel dan de Ca-ionen b.v., die een veel kleinere mantel met zich voeren. Terecht merkt STEBUTT dan ook in zijn leerboek op, dat elk colloïdaal systeem een *labiel* systeem is en dus ook grond.

Hoe het basenbindend vermogen door de OH-ionen concentratie wordt beheerscht, toont een proef door Ir BIEWENGA in mijn laboratorium ondernomen. Hij schrijft:

SORBTIECAPACITEIT EN $[H^+]$

Om na te gaan hoe de sorbtiecapaciteit verandert, indien een grond met kalkoplossingen van verschillende zuurgraad gepercoleerd wordt, werd 6 g klei (afkomstig van de boerderij het Groenewoud te Wageningen) met glaszand tot 45 g aangevuld en verder ingevuld in percolatiebuizen als gebruikelijk.

Daarna werd met verschillende oplossingen gepercoleerd. Deze oplossingen bestonden uit N/50 Ca-acetaat-oplossingen, die met azijnzuur of Calcium hydroxydeoplossing op verschillende zuurgraad werden gebracht. De pH-waarden in de zoo verkregen oplossingen bedroegen resp.:

TABEL 3.

pH 12	=	pOH 2	=	conc. OH n/100
pH 11,6	=	pOH 2,4	=	conc. OH n/250
pH 11,3	=	pOH 2,7	=	conc. OH n/500
pH 11,-	=	pOH 3,-	=	conc. OH n/1000
pH 10,3	=	pOH 3,7	=	conc. OH n/5000
pH 10,-	=	pOH 4,-	=	conc. OH n/10.000
pH 8,7	=	pOH 5,3	=	conc. OH n/200.000
pH 7,8	=	pOH 6,2	=	
pH 7,-	=	pOH 7,-	=	

Het percoleeren met deze oplossingen gebeurde in den loop van twee dagen met tusschenpoozen; terwijl geregeld gecontroleerd werd of de zuurgraad der oplossingen niet veranderde onder invloed van CO_2 . Na de halve duur van het percoleeren, dus na 1 dag, had de doorgeloopte vloeistof dezelfde zuurgraad als zij oorspronkelijk had. Om geheel zeker te zijn, dat het evenwicht zich ingesteld had, werd het percoleeren daarna nog voortgezet.

Na beëindigen hiervan werd uitgewasschen met 70% aethylalcohol; 40 cc. aethylalcohol per buis is voldoende om de uitwassching volledig te doen zijn.

Hierna werd met n/20 NH_4Cl de gesorbeerde kalk uitgedreven en de hoeveelheid van deze kalk bepaald door praecipitatie als oxalaat en het oplossen van H_2SO_4 , waarna titratie met KO_4 volgde. Hierbij werden nu de volgende uitkomsten verkregen:

TABEL 4.

pH der oplossing, waarmee gepercoleerd werd. ¹⁾	gesorbeerde CaO in mgr.
7,-	50,-
7,8	50,7
8,7	51,8
10,-	53,3
10,3	61,2
11,-	72,8
11,3	80,3
11,6	95,4
12,-	106,4

We zien dus een aanmerkelijke stijging der sorbtiecapaciteit met de toename der $[\text{OH}^-]$. Van pH 7 tot pH 12 stijgt deze tot ruim het dubbele. Evenredig aan de $[\text{OH}^-]$ is de sorbtiecapaciteitstoename niet.

Een bezwaar tegen de op deze wijze genomen proef is, dat behalve een toename der $[\text{OH}^-]$ in de reeks oplossingen ook de $[\text{Ca}^{++}]$ toeneemt. De $[\text{OH}^-]$ neemt in deze reeks toe van $n/10.000.000$ tot $n/100$. De $[\text{Ca}^{++}]$ neemt toe van $n/50$ tot $n/33$, een praktisch volledige dissociatie aannemende. De $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ bleef constant.

(Alle bepalingen zijn in 3-voud uitgevoerd.)

Als tegenhanger van deze proef behoorde in verband met bovengenoemd bezwaar een dergelijke proef, waarbij de $[\text{OH}^-]$ op dezelfde wijze varieert en de $[\text{Ca}^{++}]$ constant blijft, wat mogelijk is door verschillende hoeveelheden $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ toe te voegen. Dan wisselt de $(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ concentratie.

De door BIEWENGA gewenschte proef is dan ook genomen en de gevonden cijfers wijken zoo weinig af van die van tabel 4, zooals uit tabel 4a blijkt.

TABEL 4a.

pH der oplossing, waarmede gepercoleerd werd ²⁾	
7,-	50,1
7,7	50,6
8,6	51,6
10,-	54,-
10,3	61,4
11,-	73,-
11,4	80,-
11,6	96,-
12,-	105,8

¹⁾ Colorimetrisch dus aproximatief bepaald.

²⁾ Colorimetrisch bepaald.

De „klei”, die gebruikt werd, heeft een slibanalyse van:

<10 μ	54,5%
humusgehalte =	2,8%
> 53 μ	18,3%
53-20 μ	12,1%
20-10 μ	11,1%
10- 5 μ	11,1%
5- 2 μ	10,6%
2 μ	32,8%

Het is een tamelijk ver ontbaasde klei, welke evenwel gemakkelijk geregenerend kan worden tot een klei, die „geconserveerd” is en blijft.

Men kan deze proeven met elke andere kleisoort herhalen en zal dan, uitgaande van de eenheid actieve bestanddeelen, ongeveer dezelfde waarden vinden. Dit percolatie-systeem is voor de bepaling van bij uitwisselingsreacties beweeglijke ionen practisch gebleken; het wijkt af van dat, hetwelk o.a. BURGESS¹⁾ volgt. De percolatiebuizen meten binnenwerks 2 cm en zijn 30 cm lang. Onder, waar de buis vernauwd is, wordt een glaswol prop aangebracht, waarop een laagje van ± 2 cm glaszand wordt gelegd. Voor de percolatie-proef wordt de grond met glaszand in een mortier fijn gewreven en vermengd, opdat de grond in zand verdund wordt en dus een groot oppervlak biedt. Het bleek, dat wanneer men een tien-voudige zandverdunning maakt van de hoeveelheid deelen, die kleiner zijn dan 10 μ , een gelijkmatige uitwisselingsreactie verkrijgt, doordat geen deelen door de vloeistof on-aangeraakt blijven. Dit is de grootste afwijking in de bekende percolatiewijzen, waarbij men den grond *niet* verdunt.

Hoe het ook zij, men zal begrijpen, dat bij een poging tot kalktoestandsverhooging van waterstofrijke en basen-arme klei of humus men de waterstof-ionen tracht te verdringen door Ca-ionen. Dat is het doel, dat men zoo dicht mogelijk moet nabijkomen!

In suspensies kan dit met behulp van oplossingen zonder bezwaar; in vasten grond is men afhankelijk van 't doorstromingseffect, de samenstelling van de doorstromingsvloeistof en de ligging der actieve kalkdeelen. Tevens dient men te weten, dat onder de omstandigheden van ons klimaat nimmer een OH-ionen concentratie boven 7,8 practisch bereikt wordt, tenzij men met sterke basen gaat werken.

Dat dit b.v. bij chilibemesting inderdaad kan gebeuren, is een belangrijke bijkomstigheid, die thans onbesproken dient te blijven, om-

¹⁾ BURGESS, The so called built up und brake down of Soil zeolithes as influenced by reaction. University of Arizona. Techn. Bull. 28, Sept. 1929.

dat sterke schokken in alkalische richting tot b.v. pH 12 ¹⁾ zeer lokaal zijn en tenslotte *niet* door den grond in zijn geheel worden opgevangen. Bij het monsternemen en mengen vindt men dan die schokken van oververzadiging niet weer. Bovendien bedenke men, dat het worteloppervlak slechts een zeer gering deel uitmaakt van het inwendige bodemoppervlak. Bij gronden van gemiddelde korrelgrootte is dit 1% maximaal. Bij fijnkorrelige gronden als onze kleigronden bedraagt dit nog niet 0,01%. Dit punt kan men daarom voor het vlug rectificeren van een ongunstige verhouding van basen tot waterstof in het geheele bodemcomplex buiten beschouwing laten.

Omdat de eenige base, die voor deze beschouwing van belang is, zoowel in de natuur als op de boerderij, het calcium is, heb ik destijds den basen-toestand kortweg „kalktoestand” genoemd, een benaming, die in 't Duitsch als „Kalkzustand” en in het Engelsch als „Lime-status” is overgenomen. Deze naam acht ik bovendien juist omdat de physiologische processen en de colloïdchemische ten opzichte van den grond door het Ca-ion worden bepaald. De basen en waterstof-ionen groepeeren zich daaromheen ²⁾. Geen ander ion heeft in het leven zoo overweldigend reguleerenden invloed. De naam kalktoestand berust op de 2e stelling der wet.

Uit het bovenstaande moge blijken, dat de kalktoestand *geenszins* geïdentificeerd kan en mag worden met de pH-waarde der bodemsuspensie.

De kalktoestand geeft een potentieele zuurgraad aan en de pH-waarde een actueele. Natuurlijk bestaat er een samenhang tusschen beide waarden, maar is deze in een formule vast te leggen? Wanneer dit zou kunnen, zou natuurlijk de dissociatie van het myceel-anion de grondslag van die formule moeten zijn. Maar wat is een dissociatie van het myceel anion? Misschien zou men kunnen spreken van een hydrolyse; doch daar die afhankelijk is van de temperatuur, de concentratie van het bodemvocht, de aard der opgeloste bestanddeelen en het labiele oppervlak van het colloïde, is een formule zeer moeilijk te vinden. Aangetoond is, dat de gronden van dezelfde pH-waarden in suspensie *niet* steeds dezelfde potentieele zuurgraad bezitten. Voor de humuszandgronden heb ik daar op gewezen bij de bespreking van de kwantitatieve bepaling der kalkbehoefte van gronden in 1926 ³⁾. Daarbij gaf ik de getallen voor een frequentie kromme op van titerzuurgraden bij een pH van 5,5. In tabel V zijn hieronder nog aanvullingen gegeven uit het traject pH5 tot pH 5,1.

¹⁾ Door mij na chilibemesting aan de peripherie der wortels gemeten.

²⁾ Daarom spreekt STEBUTT in zijn leerboek over de „twee hoofdklassen”: kalkhoudende en kalkvrije gronden, blz. 101.

³⁾ Ueber die quantitative Bestimmung der Kalkbedürftigkeit der Humus-sandböden. Verh. der 2-ten Komm. der Int. Bodenk. Ges., Teil. A., S. 116.

TABEL 5.

TITRATIEWAARDEN MET KOH, UITGEDRUKT IN KALKTOESTANDEN BIJ 210 GRONDEN MET EEN pH-WAARDE VAN 5 TOT 5,1

van - 5 tot -10	18
van -10 tot -15	61
van -15 tot -20	87
van -20 tot -25	36
van -25 tot -30	8

Voor kleigronden zal ik in de tweede verhandeling over kalktoestands-onderzoekingen daarover nadere en dergelijke mededeelingen doen. Hoofdzaak is dat men uit een en ander kan opmaken, dat pH-waarde en kalktoestandsgetallen iets anders beoogen, dus ook verschillende begrippen zijn. Hoewel men natuurlijk bij gronden met een H-rijk complex lagere pH-waarden vinden zal, dan bij H-arme en basenrijke complexen, is er *geen* vooraf vast te stellen dwingend verband. Het zou ook om redenen van practischen aard geen zin hebben het wel te verwachten. Immers dient eerst vastgesteld te worden of een pH-waarde bij complex-arme gronden dezelfde beteekenis kan hebben als bij complex-rijke. En die vraag kan practisch direct ontkennend beantwoord worden. Waar H- of OH-ionen geleverd worden buffert de complex-rijke grond veel gemakkelijker de schadelijke ionen weg, dan bij complex-arme. D.w.z. dat in deze tegenstelling de pH-waarde in het laatste geval sneller zich wijzigt dan bij complex-rijke gronden. De ervaring met waterculturen heeft de juistheid bewezen ¹⁾; in zandculturen is het nog duidelijker waar te nemen.

Bij deze vond ik b.v. bij NaNO_3 -bemesting bij de wortel na opname van alle NO_3 , (op een zonnigen dag 4 uur na de gift van 700 mg per pot van 1 dm² oppervlakte) pH-waarden van 12 en hooger, en in het zand door diffusie waarden van 10 tot 11.

Bij verwerking van NH_4NO_3 werden onder dezelfde condities, waarden van 4,7 bij de wortel en van $\pm 5,3$ in het zand gevonden. Bijvoeging van bufferzouten als NaH_2PO_4 -of Ca HPO_4 veranderen die waarden onmiddellijk naar de neutrale zijde, zonder die te bereiken. Dr LEYENAAR geeft daar in zijn proefschrift ²⁾ duidelijke voorbeelden van door aan te toonen, dat in zandculturen door NaNO_3 -bemesting het PO_4 -ion veel minder beweeglijk is, dan wanneer aan het zand humus wordt toegevoegd, vooral wanneer dit organisch complex veel H-ionen bevat.

In de practijk beslist daarom de bufferwerking, die weer bepaald wordt door de quantiteit van het actieve complex in den grond.

¹⁾ Zie ZINZADZE, Landw. Vers. St. C. V, 1927, 267-332.

²⁾ l.c. 1932.

Het laatste punt, dat bij de bespreking van het begrip kalktoestand dient aangevoerd te worden is de vraag of men door het kalktoestands-cijfer ook de basenverhouding der tweede stelling kan bepalen.

Voor zoover de humuszandgronden betreft, is dit *niet* zoo en dat is een lacune, doch door de aanvullende bepaling van het kaligehalte van de humus ¹⁾, kan men dit euvel ten deele verhelpen.

Niettemin is dit een leemte, welke uit den weg geruimd zal moeten worden; hetgeen intusschen zeer goed mogelijk is, wanneer het ons gelukt de geheele methode voor de humuszandgronden op dezelfde wijze te veranderen, zooals nu de kalktoestand in onze kleigronden kan worden bepaald en waarover in de aangekondigde tweede mededeeling wordt gesproken.

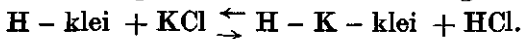
Thans kan dit punt hier buiten bespreking blijven, omdat de practijk zich kan redden bij het instellen der gewenschte kalktoestanden. Daarbij is de volgende beschouwing van gewicht:

Indien men de natuurlijke vruchtbare gronden in 't oog vat, zoowel de humeuse als de minerale, dan zal men inzien, dat basenlevering geheel op den toestand van het complex berust. Speciaal geldt dit voor kali, kalk en magnesia. De basen komen door contact van wortel en complex, via de oplossing door uitwisseling in het plantenlichaam; het proces is op te vatten als een membraanchemisme.

Dat dit zoo is, blijkt o.a. uit het feit, dat kali en magnesia in zoo'n grond practisch onoplosbaar in water zijn, terwijl zij toch door den plantenwortel vlot worden opgenomen. Het zal daarom van beteekenis zijn, (een beteekenis, die reeds door THOMAS WAY in 1854 en door G. J. MULDER in 1860 en later door VAN BEMMELN in 1880 werd verdedigd) om de basen harmonisch in 't complex te brengen. *En dit kan met de ons ter beschikking staande middelen alleen geschieden als de kalktoestand op peil is!*

Gronden die veel H in het complex bevatten, geven met b.v. kalizouten *geen* omwisseling van beteekenis. Een waterstof-rijke klei neemt practisch geen kali op uit de chloriden en sulfaten.

Immers daarbij ontstaan de zuren HCl en H₂SO₄, welke onmiddellijk de reactie tegenwerken, zooals het volgende schema aangeeft:



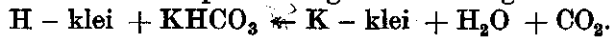
Omwisseling ontstaat pas, wanneer eerst voldoende basen in 't complex zijn opgenomen (de kalktoestand dus is verhoogd) en wel volgens het schema:



Dit evenwicht wordt verder naar rechts verschoven naarmate er meer Ca in 't complex is opgenomen!

¹⁾ Hierover zal vermoedelijk nog in 1934 een proefschrift verschijnen.

Alleen wanneer men met organische kaliverbindingen werkt, zooals de stalmost, kan men op onverzadigde gronden kali in 't complex brengen. De reactie verloopt dan ongeveer als volgt:



Deze mogelijkheid berust op de praktische onoplosbaarheid en de snelle splitsing van het koolzuur in water en koolzuurgas. De practijk weet dit ook instinctief door op bepaalde gronden aan stalbemesting vast te houden, zooals b.v. bij bieten op kali-arme of bijna kali-arme kleigronden, die dan in den regel kalkarm, althans niet kalkrijk zijn. De tabakcultuur maakt gebruik bij kalk- en kali-arme complexen van *asch*. Dus van basische kalk en kali.

Voorloopig houden wij ons voor de humusgronden aan de bekende titratie-methode ¹⁾. Voor de klei gebruiken wij thans de bepaling van de uitwisselbare basen (in hoofdzaak kalk) met behulp van de percolatie-methode en wel in dien zin, dat de percolatiebuis 4 g actieve bestanddeelen in 40 g zand gemengd, bevat. Bij klei-rijke gronden wordt dan met zuiver kwartzand bijgemengd. Het O-punt in de schaal is voor de humuszandgronden nog de pH-waarde der suspensie van 6,5, het punt, waarbij de optimumgroei ligt van azotobacter, het suspensie-effect van WIEGNER geen praktische beteekenis meer heeft en waarboven gemakkelijk bij alcalische bemesting de veenkoloniale ziekte ontstaat.

Voor de kleigronden geldt als O-punt het gehalte van 16 mg CaO per 1 g actieve bestanddeelen (waarover later), wanneer alle basen door CaO vervangen zijn gedacht, vermeerderd met 10 mg CaO per actieve eenheid, omdat wij aannamen, dat een kleigrond het complex bij die overmaat *in den vorm van CaCO₃* op peil kan houden. Hoewel deze onderstelling willekeurig schijnt, is zij, zooals later zal blijken, praktisch uitnemend bruikbaar. Zij berust op de oplosbaarheid van Ca in zwak CO₂-houdend water en heeft het voordeel, dat men een kalktoestandsschaal verkrijgt, die direct met die in de zandgronden is te vergelijken. In milliaequivalenten is het cijfer dan $0,571 + 0,357 = 0,928$.

Wat aan kalk ontbreekt beneden dit punt, wordt in schaaldeelen aangegeven, waarvan 1 schaaldeel 1 kg CaO per 1000 kg actieve bestanddeelen beteekent.

¹⁾ Ein Verfahren zur Bestimmung des Kalkzustandes in Humussandböden. Landw. Jahrb. 1926, blz. 207-218.

Het meten van waterstof-ionen concentraties in bodem-extracten en bodem-suspensies. Versl. v. Landbk. Onderzoekingen 1919, XXIII.

Die Wasserstoff-electrode. J. HUDIG en C. W. G. HETTERSCHY, Landw. Jahrb., Bnd. 59, 687-691.

3. DE POTPROEVEN

Na deze uiteenzettingen kunnen wij overgaan tot de beschrijving der proeven met het poreuse Calcium-Aluminium-silicaat, dat in zijn tegenwoordigen vorm Silicakalk is genoemd. Hoofdzaak was om na te gaan of met dit materiaal evengoed het inbrengen van Ca-ionen in het complex kan geschieden dan met de bestaande kalkhoudende stoffen. De cultuurproef hebben wij in de eerste plaats laten beslissen.

In 1930 werden de proeven aangezet met een grauwe tamelijk poreuse slak, afkomstig uit de Hoogovens te IJmuiden.

De analyse gaf het volgende beeld:

TABEL 6.

	Procenten
SiO ₂	33,54 -
Al ₂ O ₃	13,73 -
CaO	44,69 -
MgO	5,82 -
FeO	1,02
Fe ₂ O ₃	0,28
MnO	0,33
Alkali-metalen	0,82
SO ₄	0,38
S (als sulfiden)	1,75

Zoo men ziet is deze slak een Calc. Al.-silicaat met een geringe hoeveelheid Magnesium en ijzer. Dat Fe als tweewaardig metaal werd gevonden wijst op een afkoeling onder luchtafsluiting. Men vindt soms mooi groene glimmerachtige kristallen in deze slak. Het zwavelgehalte is hoog, voornamelijk door de aanwezigheid van sulfiden.

Afgezien van de vraag of het Ca-, Al-silicaat als zoodanig in staat is Ca-ionen te leveren, welke in zwakbasische vorm H uit het complex kunnen verdringen, was er een andere vraag, nl. of ophooping, dus overmaat, schaden kan en wel hoofdzakelijk door de aanwezigheid van sulfiden. Bevochtiging met water en zwakke zuren vooral geeft een sterke zwavelwaterstoflucht. Ook wanneer men vochtige basenarme grond met de gemalen slak mengt.

Bij den aanvang van de proef beschikken wij over de gegevens van een proef van AMES uit 1916 ¹⁾, waaruit bleek, dat hoogovenslak niet zoo goed werkte als koolzure kalk.

De beste publicatie daarna is van WHITE ²⁾.

¹⁾ Ohio Agric. Exp. Stat. Bulletin 1.

²⁾ Bull. Pennsylvania State College no 220; 1928.

WHITE toonde aan, dat de werking van hoogovenslak speciaal van de fijnheid afhangt. Soms vond WHITE betere werking, soms mindere dan met gemalen kalksteen (hij spreekt van limestone: waaronder ook sommige tertiaire mergels worden verstaan).

Verdere literatuur bestaat van COWLES en SCHEIDT ¹⁾, die met een dicalciumsilicaat werkten.

Deze proeven, die positief uitvielen, werden door HARTWELL en PEMBER ²⁾ nagedaan met negatief resultaat. De Amerikaansche onderzoekingen leerden ons feitelijk niets, omdat de noodige gegevens over den grond ontbraken en niet kon worden afgeleid uit hetgeen wel medegedeeld werd of de grond een kalkarm complex bezat en zoo ja, hoeveel daarvan in % uitgedrukt en hoe arm. Deze proeven gelijken in dat opzicht op de ontelbare proeven, die vroeger met kalk genomen zijn, waar eveneens die gegevens ontbreken en waarvan 't einde niets dan een ongeordende tegenspraak gaf van positieve en negatieve uitkomsten.

Daarom kozen wij ter onderzoek twee kalkarme grondsoorten nl.:

a. een tamelijk nieuwe humeuse zandgrond, waarvan het humusgehalte 4% was en de kalktoestand -21;

b. een lichte zavelgrond, welke onderstaande slibanalyse gaf en buitengewoon kalkarm was. Deze grond was afkomstig van het kalktoestandsproefveld van Ir CLEVERINGA te Rha, waarvan de proefveldhouder is de heer METZ.

deelen >53 μ	40,4	Humusgehalte	2,6%
deelen 53-10 μ	20,2	Kalktoestand	-25.
10- 5 μ	8,1		
5- 2 μ	6,3		
<2 μ	20,2		

Daar wij in den aanvang niet wisten hoe het silicaat werken zou, werden de hoeveelheden willekeurig toegediend in stijgende trappen en wel zoodanig dat als laatste en hoogste trap een overmaat werd gegeven. Dit was noodig en om de mogelijkheid dat 't silicaat gedeeltelijk onwerkzaam zou zijn en omdat een overmatige gift, zij het ook gelijkmatig verdeeld, de gevolgen van een ophooping kan nabootsen.

Vergeleken werd de werking op den zandgrond met een juist gedoseerde hoeveelheid CaCO_3 (krijt) en op den kleigrond met een eveneens gedoseerde hoeveelheid Ca(OH)_2 , teneinde de grond in bepaalde kalktoestandstrappen te brengen, welke door aanwending van poederkalk vóór 4 jaren met dienzelfden grond op het proefveld te Rha waren bereikt (zie serie II-IV).

Tevens werd van die trappen een monster van het proefveld genomen

¹⁾ Electric Smelting and Aluminium Co 1917, Senaran, N.-I.

²⁾ Soil Sc. 1920, pag. 56-60.

en in potten gevuld om na te gaan, wat de reeds in evenwicht verkeerende grond vóór had boven de zoo juist theoretisch op dezelfde hoogte gebrachte grond. De menging geschiedde in 1930 in April kort voor den aanleg! Proefgewas was gerst. In tabel 7 zijn de resultaten medegedeeld!

TABEL 7.

OPBRENGST IN GR LUCHTDROOG GEWICHT DER CULTUURPOTTEN

Gewas: Gerst. Jaar: 1930

Vulling	no	Totaal gewicht			Korrel gewicht			Stroo + kafgewicht		
		a	b	gem.	a	b	gem.	a	b	gem.
Humuszandgrond I	1	21,9	23,9	22,9	8,4	9,2	8,8	13,5	14,7	14,1
Id. + 5 g silicaat	2	32,8	29,7	31,2	14,-	12,5	13,3	18,8	17,2	18,-
Id. + 10 „ „	3	30,1	31,-	30,6	12,2	13,1	12,7	17,9	17,9	17,9
Id. + 15 „ „	4	32,2	29,9	31,-	13,7	12,6	13,2	18,5	17,3	17,9
Id. + 20 „ „	5	31,1	31,3	31,2	13,8	12,9	13,4	17,3	18,4	17,9
Id. + 1,5 „ CaCO ₃	6	26,2	27,7	27,-	11,2	11,4	11,3	15,-	16,3	15,7
Id. + 2,3 „ „	7	26,8	26,3	26,6	10,7	10,8	10,8	16,1	15,5	15,8
Id. + 3,9 „ „	8	28,5	29,6	29,1	11,4	11,7	11,6	17,1	17,9	17,5
Id. + 5,5 „ „	9	30,5	32,-	31,3	10,7	12,8	11,8	19,8	19,2	19,5
Klei Rha I	10	1,5	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0
Id. + 15 g silicaat	11	29,2	31,7	30,5	12,7	13,5	13,1	16,5	18,2	17,4
Id. + 30 „ „	12	29,7	27,9	28,8	12,4	11,3	11,9	17,3	16,6	17,-
Id. + 60 „ „	13	20,4	17,7	19,1	8,3	5,8	7,1	12,1	12,1	12,1
Id. + 7,03 g Ca(OH) ₂	14	32,1	35,9	34,-	14,4	15,9	15,2	17,7	20,-	18,9
Id. + 11,58 „ „	15	31,7	30,7	31,2	13,9	12,6	13,3	17,8	18,1	18,-
Id. + 15,2 „ „	16	35,8	32,1	34,-	14,1	11,6	12,9	21,7	20,5	21,1
Metz Rha II	17	35,-	38,6	36,8	15,5	16,5	16,-	19,5	22,1	20,8
„ „ III	18	34,6	37,7	36,2	14,7	16,7	15,7	19,9	21,-	20,5
„ „ IV	19	50,2	54,2	52,-	22,5	24,7	23,6	27,7	29,7	28,7

De potten, die gebruikt werden, zijn dezelfde als destijds in de derde mededeeling over de veenkoloniale ziekte zijn beschreven ¹⁾. Ook de bemesting was dezelfde bij het invullen; nl.

536 mg CaHPO₄290 mg K₂SO₄126,5 mg MgCl₂709 mg NaNO₃

¹⁾ Versl. Landbk. onderz. der R. Landb. Proefst. 1919, no XXIII.

De stikstofbemesting werd bij het te voorschijn komen van het zesde blad herhaald, terwijl bij het in de aar schieten nog 305 mg werd gegeven.

De potten bevatten van den zandgrond 2640 g droge grond; van den kleigrond 2390 g. Bij beide series werd de waterhoeveelheid aanvankelijk op 25% van het gewicht gebracht; bij het groeien langzaam vermeerderd tot 30%. In tijden van sterke verdamping werd het water $2 \times$ daags toegevoegd.

De ongekalkte zandgrond gaf een flink Hooghalensch ziek gewas, dat zich later herstelde. De onbekalkte kleigrond gaf een misgewas.

De proef met gerst was een krachtproef, omdat gerst een kalkrijken grond verlangt, die in evenwicht is. Evenwel werd juist daarom gerst genomen, omdat wanneer er iets blijken zou van kalkwerking door de kalk-slak dit bij verbouw van gerst het meest overtuigend zou zijn, vooral omdat de aanwending zoo laat geschiedde nl. *eenige* dagen voor het zaaien.

De uitkomsten waren verrassend. De kalk-slak werkte op den zandgrond direct en goed. Een overmaat gaf *geen* schade te zien! Korrel- en stroo-opbrengsten bleven vrijwel even hoog als de gift, die met 5 g kalkslak per pot overeenkomt. Aangezien deze hoeveelheid per ha 5000 kg beteekent, zijn wij in de buurt van een practisch aanwendbaar kwantum.

Opmerkelijk is, dat de mergelaanwendingen stijgend verbetering in halm-vorming geven en wel van 15,7 g met de eerste mergelgift van 1,5 g CaCO_3 tot 19,5 g bij 5,5 g CaCO_3 .

In het korrelgewicht komt dit *niet* tot uiting; wat niet behoeft te verwonderen omdat gerst nu eenmaal een grond verlangt, waar het calcium-waterstof evenwicht volkomen is bereikt; hetgeen voorkomt bij de in evenwicht zijnde klei-cultures der trappen II, III en IV. Daarentegen gaf het kalk-aluminiumsilicaat van de hoogovenslak *wel* hogere korrelgewichten. Daarbij komt iets zeer opmerkelijks voor den dag en wel dit, dat bij de silicaatserie de verhouding stroo: korrel *hoog* blijft bij stijgende slakgiften tot het overmatige getal van 20 g (20.000 kg per ha!) toe; terwijl die verhouding bij de veel kleinere giften van het calc. carbonaat naar resp. 1,5; 2,3; 3,9; en 5,5 g (5500 kg per ha) *dalen*.

Dit blijkt zeer duidelijk uit *tabel 8* (pag. 25).

Dat kalkbemesting dit effect *kan* hebben is bekend. Vroeger is er op gewezen, dat tot een zeker punt inderdaad het oplosbaar fosforzuur bij stijgende kalkgiften op een kalkarme grond toeneemt en daarna afneemt ¹⁾. Silicaathoudend materiaal zou dit laatste verschijnsel dan

¹⁾ Fosfaat, bodem en plant, Landbk. Tijdschr. 1931.

TABEL 8.

VERHOUDING GEMIDDELDE KORREL: STROO

Gerst 1930

Vulling 1930	no	korrel: stroo
Humuszandgrond I	1	0,62
Id. 5 g Ca-silicaat.....	2	0,74
Id. 10 „ „	3	0,71
Id. 15 „ „	4	0,73
Id. 20 „ „	5	0,75
Id. 1,5 g CaCO ₃	6	0,72
Id. 2,3 „ „	7	0,68
Id. 3,9 „ „	8	0,66
Id. 5,5 „ „	9	0,61
Klei Rha I	10	—
Id. + 15 g Ca-silicaat.....	11	0,77
Id. + 30 „ „	12	0,70
Id. + 60 „ „	13	0,58
Id. + 7,03 g Ca(OH) ₂	14	0,81
Id. + 11,58 „ „	15	0,74
Id. + 15,20 „ „	16	0,61
Metz Rha II	17	0,77
„ „ III	18	0,77
„ „ IV	19	0,83

tegenhouden zooals LEMMERMANN ¹⁾ destijds aantoonde.

Omdat wij dit verschijnsel in onze latere onderzoekingen herhaaldelijk tegenkomen zullen wij hier voorloopig bij de vermelding der feiten blijven staan.

Wat de kleigrond betreft, zien wij dat de groote giften van de kalkslak, die ook ver boven de practische aanwendbare hoeveelheden gaan, wel schaden (zie fig. 5 en 6), (foto's 18 Juni en 3 Juli). De grens ligt blijkbaar dichtbij 30 g per pot of 30.000 kg per ha. Ophooping van dien aard zouden dus vermeden moeten worden, *indien men het product aanwendt vlak voor den zaai*, althans bij gerstcultuur. In fig. 7 geven wij de wortels weer, die in de diverse culturen werden ontwikkeld. Hierbij blijkt dat de aanwending van 30 g slakken de grootste wortelontwikkeling gaf. Mogelijk had een iets kleinere hoeveelheid nog meer wortels gevormd. Wij zullen zien, dat het kwantum van 60 g per pot, d.i.

¹⁾ Zsch. f. Pfl. Ern und Düngung 1923.

60.000 kg per ha, dat bijna $2 \times$ zoo groot is als voor het bereiken van den toestand IV noodig is, ook in 1931 bij haver den opbrengst iets drukt, zij het ook weinig en zij het ook dat de cijfers aanleiding geven er aan te twijfelen.

De giften van $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hebben wel is waar de grond dermate verbeterd, dat van een misgewas een volle oogst komt, doch bij stijgende kalkgift neemt de verhouding korrel : stroo af om met het cijfer 0,61 te dalen op 't laagste punt der CaCO_3 -serie bij den humusandgrond. In fig. 8 is het late groeistadium op 3 Juli weergegeven, waarin men vooral de verschillen in habitus der planten kan zien!

Dat gerst een goed geëquilibreerden grond verlangt, bewijzen de opbrengsten van de series II, III en IV, die in de natuurlijke ligging zijn verkregen na vier jaren bewerking en cultuur en sinds geen kalk meer gegeven werd. Serie IV, die 0,8% CaCO_3 in overmaat bevat met een volkomen verzadigd complex (16 mg CaO -aeq. per 1 g actieve stof!) brengt 23,6 g korrel op en 28,7 g stroo (verhouding 0,83!) of in % uitgedrukt *meer* dan de natuurlijke grond II, resp. 47% korrel en 38% stroo. De proef van 1930 heeft derhalve het volgende resultaat opgeleverd:

Het calc. al-silicaat in hoogovenslak is in staat den kalktoestand te verhoogen en werkt waarschijnlijk bij *late* aanwending op een humusandgrond met 4% humus even actief als de kalkmeststoffen dit doen; terwijl het bij stijgende hoeveelheden op zandgrond tot op ± 9000 zuiver CaO per ha berekend (20.000 kg slak) geen verlagenden invloed heeft op de verhouding korrel : stroo hetgeen wel het geval is bij aanwending van veel geringere hoeveelheden koolzure kalk, waar de verhouding met 16% afnam.

„Op een kleigrond met 34,6% actieve bestanddeelen werkte een gift hooger dan 30.000 kg per ha schadelijk. Daar beneden voordeelig, doch bereikte in absoluten zin de kalkbewerking bij $\text{Ca}(\text{OH})_2$ niet geheel. Hier kan over den invloed op de verhouding korrel : stroo niets gezegd worden.”

In 1931 werd de proef met haver herhaald met dit verschil, dat in plaats van NaNO_3 , nu NH_4NO_3 als stikstofvoeding werd gebruikt en wel 334 mg per pot bij den aanleg en 334 mg bij het verschijnen van het zesde blad en 167 mg bij het in de aar schieten.

De grond werd uit de potten genomen en opnieuw ingevuld. Het verloop van den groei was zeer interessant.

Op de kalk-silicaat-potten was de groei normaal en overal gelijk. De potten zonder kalktoevoeging werden flink Hooghalensch-ziek. Zij herstelden zich later, wat te zien is uit de stroo-opbrengst, die bijna normaal werd, doch de korrel-opbrengst bleef 7 g onder de normale van ± 15 g bereikte ons maar 47% daarvan.

Bij de potten, die koolzure kalk hadden ontvangen was het terugloopen in den kalktoestand, waarover in hoofdstuk II gesproken is, buitengemeen duidelijk. *Alle* potten vertoonden Hooghalensch zieke planten en wel het minst bij de hoogste giften. Dat onder deze omstandigheden de oogsten ongelijk uitvielen is gewoon. Ze bleven, en wat stroo-opbrengst betreft, doch vooral wat korrel-opbrengst betreft, ver achter. Hier zien wij dus, dat aanwending van kalk-aluminium-silicaat het verschijnsel van „terugloopen”, dat wij uit onze praktijk-ervaringen zoo goed kennen, *heeft voorkomen*. Dat is een uiterst belangrijk verschijnsel! De opbrengst-tabel 9 geeft de uitkomsten weer.

In fig. 9 en 10 is de toestand weergegeven op 28 Mei, resp. 25 Augustus. Op den 28en Mei scheen het alsof de groote overmatige hoeveelheid hoogovenslak een nadeelige werking zou hebben; evenwel was die bij den oogst verdwenen. Moeten wij uit dit klinische beeld opmaken, dat *toch* na enkele jaren voortzetting de oogstdepressie gaat optreden, die wij bij bekalkingsovermaat zoo goed kennen? Het zou geen wonder zijn, omdat 20.000 kg per ha op dezen nog jongen grond wel zeer veel is. Voortgezette cultuur zal het moeten leeren.

De verschillen in de nawerking van het kalksilicaat uit de hoogovenslak en van het calciumcarbonaat kunnen ook duidelijk uit de verhouding korrel : stroo afgelezen worden, welke in *tabel 10* zijn weergegeven. (zie pag. 29)

Terwijl de silicaatpotten een verhouding van korrel tot stroo geven van even beneden het getal 1, brengen de carbonaatpotten het niet verder dan ongeveer 0,6. Dat is een typisch kenmerk van de Hooghalensche ziekte.

De klei-cultuur is voor haver in 1931, veel gunstiger uitgevallen dan voor gerst in 1930; blijkbaar heeft de overmaat van 60 g kalksilicaat van den slak, de cultuur enkel in de korrelvorming gehinderd. De 30 g brachten veel korrels op bij matige strooproductie. De grond met $\text{Ca}(\text{OH})_2$ behandeld is al gauw op peil, zooals te verwachten was, omdat dit bij de haverculturen op het proefveld steeds zoo geweest is.

De reeds oudere gronden der Serie II, III en IV, waarvan de 3 kalkgiften een nabootsing zijn, geven ongeveer dezelfde cijfers.

Of de hoeveelheid van 30 g hoogovenslak werkelijk grooter opbrengst gaf, mag niet direct uit de cijfers worden vastgesteld, al doen de cijfers het vermoeden.

De verhoudingscijfers van korrel : stroo zijn belangrijk in zooverre dat ze bij de kleigronden iets hooger liggen dan bij den zandgrond.

In fig. 11 geven wij het beeld weer der culturen op 20 Juni, waaruit blijkt, dat de oorspronkelijke grond een ijl gewas geeft, dat in fig. 12 (op 25 Augustus) in rijpen toestand een typisch onregelmatige pluim-

TABEL 9.

OPBRENGST IN GRAMMEN LUCHTDROOG GEWICHT DER CULTUURPOTTEN

Gewas: Zegehever Jaar: 1931

Vulling	no	Totaal gewicht			Pluim gewicht			Halm gew. zonder pl.			Korrel gewicht			Stroo + kaf		
		a	b	gem.	a	b	gem.	a	b	gem.	a	b	gem.	a	b	gem.
Humuszandgrond I.	1	25,65	21,43	23,54	11,84	8,03	9,94	13,81	13,40	13,61	10,3	6,5	8,4	15,35	14,93	15,14
Idem + 5 g. siliceaat	2	32,78	32,12	32,45	17,96	17,10	17,53	14,82	15,02	14,92	15,85	15,15	15,50	16,93	16,97	16,95
Idem + 10 "	3	29,34	33,02	31,18	16,56	18,04	17,30	12,78	14,98	13,88	14,10	15,80	14,95	15,24	17,22	16,23
Idem + 15 "	4	30,73	30,82	30,78	16,96	17,35	17,16	13,77	13,47	13,62	15,-	15,25	15,13	15,73	15,57	18,65
Idem + 20 "	5	29,72	34,06	31,89	16,71	18,51	17,61	13,01	15,55	14,28	14,35	16,30	15,53	14,87	17,76	16,32
Idem + 1,5 g. CaCO ₃	6	22,06	24,99	23,53	9,39	10,54	9,97	12,67	14,45	13,56	17,75	8,95	8,35	14,31	16,04	15,18
Idem + 2,3 "	7	26,48	26,77	26,63	12,-	11,87	11,94	14,48	14,90	14,69	10,35	10,30	10,33	16,13	16,47	16,30
Idem + 3,9 "	8	25,58	24,18	24,88	11,97	10,45	11,22	13,61	13,72	13,67	10,15	8,90	9,53	15,43	15,28	15,36
Idem + 5,5 "	9	24,20	21,91	23,06	11,09	9,79	10,44	13,11	12,12	12,62	9,40	18,80	8,85	14,80	13,61	14,21
Klei Rha I	10	21,36	16,57	18,97	12,95	8,70	10,83	8,41	7,87	8,14	11,70	7,45	9,58	9,66	9,12	9,39
Idem + 15 g. siliceaat	11	26,69	29,02	27,86	15,21	16,51	15,86	11,48	12,51	12,-	13,35	14,15	13,75	13,34	14,87	14,11
Idem + 30 "	12	26,03	29,98	28,01	15,74	18,25	17,-	10,29	11,73	11,01	14,05	16,-	15,03	11,98	13,98	12,98
Idem + 60 "	13	24,44	24,88	24,66	14,17	14,36	14,27	10,27	10,52	10,40	12,40	12,30	12,35	12,04	12,88	12,31
Idem + 7,03 g. Ca(OH) ₂	14	30,61	29,51	30,06	17,36	16,39	16,83	13,25	13,12	13,19	15,35	14,30	14,63	15,26	15,21	15,24
Idem + 11,58 "	15	21,73	25,04	23,39	12,72	14,40	13,56	9,01	10,64	9,83	11,10	12,55	11,83	10,63	12,49	11,56
Idem + 15,2 "	16	29,28	23,09	26,19	16,31	13,57	14,94	12,97	9,82	11,25	14,35	11,90	13,13	14,93	11,19	13,06
Metz Rha II	17	23,25	25,09	24,17	12,55	12,74	12,65	10,70	12,35	11,53	10,65	11,10	10,88	12,60	13,99	13,30
" " III	18	29,77	26,55	28,16	16,19	14,74	15,47	13,58	11,81	12,70	14,15	12,55	13,35	15,62	14,-	14,81
" " IV	19	29,59	27,60	28,60	15,65	15,05	15,35	13,94	12,55	13,25	13,50	13,25	13,38	16,09	14,35	15,22
Poodt Etten	1a	7,95				3,8		4,15					3,35			
Vis Potten	2a	35,70				18,9		16,8					16,71			
Bereikt met 11 g. Ca(OH) ₂ 80%	1-2a	34,82				18,65		16,17					16,52			
" " " 80%	3a	28,75				15,20		13,55					13,75			
" " " 80%	1-3a	39,65				18,8		14,85					16,75			
" " " 80%	4a	28,76				15,54		13,22					13,97			
" " " 80%	1-4a	30,74	30,82	30,78	16,87	16,24	16,56	13,87	14,58	14,23	14,90	14,45	14,68			

TABEL 10.

GEMIDDELDE VERHOUDING KORREL : STROO

Haver: 1931

Vulling 1930	No	beoogde kalktoestand in 1930	korrel : stroo
Humusandgrond I	1		0,55
Idem + 5 g Ca-silicaat	2		0,92
Idem + 10 „ „	3		0,92
Idem + 15 „ „	4		0,97
Idem + 20 „ „	5		0,96
Idem + 1,5 g CaCO ₃	6		0,55
Idem + 2,3 „ „	7		0,63
Idem + 3,9 „ „	8		0,62
Idem + 5,5 „ „	9		0,62
Klei Rha I	10		1,04
Idem + 15 g Ca-silicaat	11		0,98
Idem + 30 „ „	12		1,16
Idem + 60 „ „	13		1,00
Idem + 7,03 g Ca(OH) ₂	14		0,98
Idem + 11,58 „ „	15		1 02
Idem + 15,20 „ „	16		1.00
Metz Rha II	17		0,82
„ „ III	18		0,91
„ „ IV	19		0,88

vorming vertoont tegenover de gehaltepotten:

Indien wij de proef van 1931 samenvatten komen wij tot de volgende conclusie:

„Het calcium-aluminiumsilicaat in den hoogovenslak heeft een sterke nawerking. Deze is bij den tamelijk nieuwen humusandgrond effectiever dan die van koolzure kalk, die een „terugval” vertoont, zooals wij die in de praktijk herhaaldelijk op nieuwen grond waarnemen. In dit opzicht schijnt het calcium silicaat een groote aanwinst te zijn.

„De nawerking op kleigrond is minstens evengoed geweest als die van gebluschte kalk, terwijl van een schade, zooals in 1930 bij gerst gezaaid direct na de aanwending niets viel waar te nemen.”

„Hoogstens heeft de abnormale hoeveelheid van 60.000 kg per ha nog iets geschaad, zoodat ophooping, die in dit getal kunnen worden uitgedrukt dienen voorkomen te worden.”

4. DE PROEFVELDEN

Met hetzelfde zeer fijne materiaal van de hoogovenslak werden ook proeven aangezet op het vrije veld. Dit geschiedde in 1931, nadat door het vóóronderzoek in potten bij gerst zoo'n gunstig resultaat was bereikt. Twee vragen kwamen thans naar voren en wel:

1e Is het noodig in de praktijk het zeer fijne materiaal te gebruiken met minstens 80% fijnmeel, waarvan de gemiddelde fijnheid, zooals b.v. voor Thomasmeel verlangd wordt, ver beneden 170 μ ligt, of kan ook volstaan worden met grover materiaal?

2e Kan bij de berekening van de kalktoediening, zooals wij die op basis van een bodemanalyse uitvoeren, ook de vergelijking getrokken worden tusschen poederkalk en de slakkenkalk. M.a.w. zijn beide kalkvormen gelijkwaardig?

Punt 1 is een technisch punt. Fijne maling is duur! Bovendien heeft zulk fijn materiaal de eigenschap te kleven, zooals LEYENAAR voor tertiair fosfaat met cijfers heeft aangetoond en wij in de praktijk met poederkalk en vooral het veel fijnere schelpkalkbloem hebben ervaren. Er moet een overgangsgebied in den fijnheidstoestand gevonden worden, waarbij het materiaal *niet* kleeft, *niet* stuift en zich toch zoo goed laat verdeelen, dat een directe werking gunstig is, en liefst met hoog rendement. In hoofdstuk V zal daarover nader gesproken worden. Wij begonnen onze proef met uitersten, nl. een fijne maling als bij de potproeven en een grof gezeefd materiaal met hoogstens 20% fijnheid beneden 170 μ (de thomasmeelgrens) en overwegend korrels van 2 tot 5 mm.

Door den langen winter kon de aanleg der proefvelden eerst zeer laat plaats hebben; einde Maart werden de preparatieven genomen, begin April had de eigenlijke menging op het veld plaats. Dat de resultaten zoo buitengemeen gunstig uitvielen, is te danken aan het werk van Ir BIEWENGA en zijn helpers, die met de uiterste zorg het silicaat uitstrooiden en met de greep uitwerkten.

Er werden drie *klei*-proefvelden gekozen en een *zand*-proefveld. De kleigronden waren min of meer kalkarm; voor den zandgrond werd een buitengemeen verwaarloosde leemhoudende grond genomen, die hoog lag en op 't punt stond weer „*driest*” te worden.

De proefvelden zullen achtereenvolgens behandeld worden. Het eerste lag in de Lijmers bij Zevenaar op zeer kalkarmen, stuggen kleigrond op de boerderij van den heer DORRESTEYN. De slibanalyse ¹⁾ gaf:

¹⁾ Volgens OLMSTEAD, ALEXANDER en MIDDLETON uitgevoerd.

Zandfractie	>50 μ	9,9%
Reserve materiaal	50-10 μ	23,7%
Gedeeltelijk actief materiaal..	10- 5 μ	13,8%
Gedeeltelijk actief materiaal..	5- 2 μ	7,3%
Volledig materiaal	<2 μ	41,8%

Het humusgehalte bedroeg 4,2%.

Daar per gram actief humus-klei aequivalent 8 mg CaO-aeq. aan basen gebonden was en de natuurlijke verzadiging 16 mg CaO-aeq. kan bedragen was de grond slechts voor de helft van zijn natuurlijke capaciteit van basen voorzien ¹⁾.

Er werd naar gestreefd bij poederkalkaanwending in twee trappen theoretisch zooveel te gebruiken tot bij de hoogste 100% der natuurlijke verzadiging werd bereikt, terwijl bij de aanwending der silicaat-kalk in drie trappen werd gewerkt, waarvan de hoogste de zoogenaamde verzadiging overschreed; hier werd dus een kalkreserve aangebracht. Het bemestingsschema blijkt uit tabel 11. De veldjes waren 45 m² groot en kwamen in 4-voud voor. De grond was oogenschijnlijk gelijk; kleine afwijkingen bleken later te bestaan, toen alle percelen af-

ABEL 11.

KALKPROEFVELD 1931

S. Dorresteyn, Zevenaar

Haver (gewicht in kg)

Kalkbemesting	Kalktoestand theoretisch	Totaal opbrengst luchtdroog					Korrelopbrengst luchtdroog					Stroo + kaf-opbrengst luchtdroog				
		a	b	c	d	gem.	a	b	c	d	gem.	a	b	c	d	gem.
Zonder kalk	-18,-	28,6	32,8	27,4	30,-	29,7	12,4	14,1	10,7	13,5	12,7	16,2	18,7	16,7	16,5	17,-
24,5 kg poederkalk ..	-15,5	30,3	31,8	34,6	33,2	32,5	12,7	14,4	14,6	14,3	14,-	17,6	17,4	20,-	18,9	18,5
71 " " " ..	-10,-	38,2	36,3	36,-	38,1	37,2	15,9	14,4	15,5	15,5	15,3	22,3	21,9	20,5	22,6	21,8
34 kg <i>grof</i> silicaat ..	-15,5	29,5	31,6	33,-	32,9	31,8	12,5	14,1	14,5	14,5	13,9	17,-	17,5	18,5	18,4	17,9
97 " " " " ..	-10,-	32,2	34,7	35,4	32,5	33,7	13,8	14,9	15,-	14,8	14,6	18,4	19,8	20,4	17,7	19,1
160 " " " " ..	- 4,5 (+5,5)	30,8	35,4	35,1	33,6	33,7	12,2	14,9	14,7	15,-	14,2	18,6	20,5	20,4	18,6	19,5
34 kg <i>fijn</i> silicaat ..	-15,5	29,3	30,4	40,1	35,-	33,7	12,8	12,9	17,3	15,-	14,5	16,5	17,5	22,8	20,-	19,2
97 " " " " ..	-10,-	37,4	37,6	40,5	41,1	39,2	15,4	15,2	17,2	17,7	16,4	22,-	22,4	23,3	23,4	22,8
160 " " " " ..	- 4,5 (+5,5)	38,1	36,6	42,1	41,5	39,6	15,1	15,1	17,5	16,8	16,1	23,-	21,5	24,6	24,7	23,5

¹⁾ Over deze berekening zal in kalktoestandsonderzoekingen II gesproken worden. Wij vermelden daarom in 't vervolg enkel de cijfers.

zonderlijk werden bemonsterd. De kalibemesting werd gegeven als atentkali naar 100 kg K_2O per ha. De fosfaatbemesting naar 100 kg P_2O_5 per ha in den vorm van super en de stikstofbemesting naar 75 kg N per ha in den vorm van kalksalpeter. Het gewas was haver.

Aanvankelijk werd een lichte schade waargenomen op de hooge poederkalk- en silicaatkalkperceelen. Een schade, die zich bij het invallen van den regen spoedig herstelde en overging in voorsprong. Ja zelfs dermate, dat de hoogste giften tenslotte legerend koren leverden. De stikstofwerking, vermoedelijk van de reservestikstof uit de organische resten, was later vooral bij de hooge kalkgiften zeer intensief; een verschijnsel dat op stalmestgronden meermalen is waargenomen.

Men ziet, dat ook in de opbrengsten de kalkwerking zich duidelijk afspiegelt, en dat vooral de fijne maling de poederkalk overtreft en het grove zeefproduct de poederkalkwerking niet overtreft. Indien de opbrengst van het onbekalkte veld op 100 wordt gesteld, krijgen wij gemiddeld de cijfers te zien van tabel 12.

TABEL 12.

RELATIEVE OPBRENGST EN HET HL-GEWICHT
DER GEMIDDELDEN VAN 4 PERCEELEN

Proefveld H. Dorresteyn, Zevenaar

Bekalking	Theoretisch gewenschte kalk- toestand	Korrel opbr.	Stroo opbr.	hl gew.
1. Zonder kalk	-18,-	100	100	51,26
2. 24,5 kg poederkalk	-15,5	110	109	47,85
3. 71 „ „	-10,-	121	129	45,05
4. 34 kg <i>grof</i> silicaat	-15,5	109	106	49,30
5. 97 „ „ „	-10,-	115	113	48,89
6. 160 „ „ „	- 4,5 (5,5)	112	115	47,5-
7. 34 kg <i>fijn</i> silicaat	-15,5	114	113	49,28
8. 97 „ „ „	-10,-	129	134	48,40
9. 160 „ „ „	- 4,5 (5,5)	127	133	46,70

Wij zien uit de relatieve cijfers de duidelijk oogstvermeerderenden invloed van de grootste hoeveelheid kalk tot -10; terwijl die met het fijne silicaat 29% aan korrel en 34% aan stroo bedraagt. Opmerkelijk is, dat bij de hooge kalkgiften (bij deze late aanwending!) het hl-gewicht

daalt. In dat opzicht heeft de poederkalk den minst gunstigen invloed. De silicaat-kalk heeft alleen bij de hoogste gift aan grof maar vooral aan fijn materiaal het hl-gewicht benadeeld. In dit opzicht heeft de late aanwending dus *wel* schadelijk gewerkt. De hoge giften waren dan ook wel abnormaal groot om inééns toe te dienen; het was een geforceerde proef. Immers per ha omgerekend beteekenen de hoeveelheden:

24,5 kg poederkalk	5450 kg per ha
71 " "	16000 " " "
34 " silicaat	7500 " " "
97 " "	21500 " " "
160 " "	35500 " " "

Het tweede proefveld lag in de Neder-Betuwe te Enspijk op de boerderij der Gebroeders MERKENS.

De karakteristiek van dezen grond was:

Zandfracties	>53 μ	8,7%
Reserve materiaal	50-10 μ	21,5%
Gedeeltelijk actief materiaal..	10-5 μ	8,1%
Gedeeltelijk actief materiaal..	5-2 μ	8,1%
Volledig actief materiaal	<2 μ	44,4%

Het humusgehalte bedroeg 5%; aan het kleihumuscomplex was in CaO uitgedrukt 10 mg aan basen gebonden.

De opzet was geheel als bij het proefveld te Zevenaar; de veldjes waren 50 m² groot en in viervoud aanwezig. De grond kon eveneens pas laat voorbereid worden, zoodat de gerst bij hoge kalkgiften eveneens leed. Deze bleef daar tamelijk lang achter, doch haalde toen de schade ook weer duidelijk in. De hoogste giften gaven evenals bij het proefveld te Zevenaar een zeer weelderige ontwikkeling, die helaas tot legeren leidde en wel zoo, dat in den natten zomer de korrel zich onvoldoende ontwikkelen kon.

In tabel 13, die de opbrengsten weergeeft is aangegeven hoeveel de bemesting per veldje bedroeg, wat de kalkmeststoffen aangaat. Kali, fosforzuur en stikstof werden in dezelfde hoeveelheden en vorm aangewend als bij het vorige proefveld.

De gerst heeft op de vol bekalkte perceelen, die zooals gezegd vóór waren, door de slagregens wel erg geleden door het legeren. In de korrel-opbrengsten is dit weer te vinden, wanneer men die met de stroo-opbrengsten vergelijkt.

In tabel 14 is de relatieve opbrengst aangegeven, benevens de verhouding korrel : stroo en ook het hl-gewicht.

TABEL 13.

Proefveld Merkens te Enspijk (1931)
Gewas: Gerst

Kalkbemesting	Kalktoestand Theoretisch	Totaal opbrengst luchtdroog in kg					Korrel opbrengst luchtodr. in kg					Stroo en kaf luchtdroog in kg				
		a	b	c	d	gem.	a	b	c	d	gem.	a	b	c	d	ge
1. Zonder kalk	-16,-	52,1	47,6	51,1	47,9	49,7	21,8	23,5	20,3	20,7	21,6	30,3	24,1	30,8	27,3	28
2. 21 kg poederkalk . . .	-12,5	59,-	52,4	51,8	50,5	53,4	23,2	20,9	22,1	19,-	21,3	35,8	31,5	29,7	31,5	32
3. 60 " " " . . .	-10,-	54,6	55,7	53,9	54,1	54,6	20,9	24,5	20,5	21,3	21,8	33,7	31,2	33,4	32,8	32
4. 30 kg <i>grof</i> silicaat . .	-12,5	45,7	49,5	51,6	50,2	49,2	19,3	21,2	20,-	21,6	20,5	26,4	28,3	31,6	28,6	28
5. 86 " " " " . .	-10,-	49,8	51,6	52,4	52,1	51,5	17,5	22,2	20,3	22,1	20,5	32,3	29,4	32,1	30,-	31
6. 141 " " " " . .	-7,5 (2,5)	50,2	50,7	51,2	51,8	51,-	19,5	19,-	19,-	20,1	19,4	30,7	31,7	32,2	31,7	31
7. 30 kg <i>fijn</i> silicaat . .	-12,5	54,2	49,6	57,6	52,6	53,5	22,4	18,3	22,5	20,8	21,-	31,8	31,3	35,2	31,8	32
8. 86 " " " " . .	-10,-	56,5	61,3	58,1	57,7	58,4	23,7	22,-	26,1	22,8	23,7	32,4	39,3	32,-	34,7	34
9. 141 " " " " . .	-7,5 (2,5)	57,3	60,2	51,8	56,2	56,4	23,1	21,9	21,1	19,5	21,4	34,2	38,3	30,4	36,7	34

TABEL 14.

RELATIEVE OPBRENGST, DE VERHOUDING KORREL : STROO EN
HET HL-GEWICHT DER GEMIDDELDEN VAN 4 PERCEELEN

Proefveld Enspijk. Gebr. Merkens.

Kalkbemesting	Kalktoestand theoretisch	Korrel opbr.	Stroo opbr.	Korrel : Stroo	hl Gewicht
1. Zonder kalk	-16,-	100	100	0,77	61,59
2. 21 kg poederkalk . . .	-12,5	97,5	114	0,66	60,91
3. 60 " " " . . .	-10,-	101	117	0,66	59,65
4. 30 kg <i>grof</i> silicaat . .	-12,5	95	102	0,72	62,43
5. 86 " " " " . .	-10,-	95	110	0,66	62,24
6. 141 " " " " . .	-7,5 (2,5)	90	113	0,62	60,81
7. 30 kg <i>fijn</i> silicaat . .	-12,5	97	116	0,64	62,46
8. 86 " " " " . .	-10,-	110	123	0,69	62,60
9. 141 " " " " . .	-7,5 (2,5)	99	124	0,61	61,40

+ Men ziet uit de tabel, dat de stroo-opbrengst sterk is gestimuleerd en dat wederom het fijne silicaat de kalkwerking van poederkalk iets overtreft.

De trappen der kalkgiften zijn in het stijgen der opbrengsteijfers

weer te vinden en in het dalen der korrel- stroo-verhoudingen. Opmerkelijk is, dat hier het hl-gewicht der hoogere silicaatgiften *gunstiger* is geworden. Terwijl bij de poederkalk het hl-gewicht *wel* verlaagd wordt, wordt dit bij de silicaatkalk *verhoogd*. Hier zien wij wellicht het verschijnsel van LEMMERMANN voor den dag komen, waarover wij bij het verder onderzoek nog zullen spreken.

De tegenval met de korrelontwikkeling bewijst weer eens, hoe moeilijk het is van graanproefvelden goede cijfers te verkrijgen. Wel is waar heeft de gerst zich op de weelderig ontwikkelde veldjes na de slagbuien, die ze deden legeren opgericht, doch de schade was reeds geleden. De korrel heeft zich tijdens de natte rijpingsperiode onvoldoende ontwikkeld.

Onloochenbaar is de silicaatwerking op dit proefveld ondanks de late aanwending gunstig geweest.

Het derde proefveld lag te Beesd op het landgoed Marienwaerd van de familie VAN VERSCHUER, beheerd door Mr W. F. F. baron VAN VERSCHUER te Beesd.

De grond van dit proefveld behoort zooals pas later bleek tot een afwijkend kleitype, waarvan wij nog slechts twee andere voorbeelden aantreffen.

Deze grond is buitengewoon stug, zooals o.a. blijkt uit fig. 2 waarop de kluiten zijn afgebeeld, die wij in April 1932, dus twee jaar na den aanleg op het proefveld troffen. Men ziet dwars door de kluit een witte streep van witte korrels loopen, die ontstaan is door het aankleven van twee kluiten met platte vlakken. De witte korrels zijn samenballingen van poederkalk, die overtrokken zijn met een gecementeerde huid van koolzure kalk. Deze kluiten zijn steriel en voor de cultuur verloren, want er groeien *geen* wortels in. Het merkwaardige van dezen grond is, dat volgens onze becijfering van actieve deelen per gram actief deel *niet 16, maar 12 mg CaO* als basenaequivalent uitgedrukt kan gebonden worden. Dit getal, dat van alle andere kleigronden afwijkt bewijst of iets tegen de aanname van onze eenheid actieve deelen of dat deze grond driekwart van de adsorbtiecapaciteit per eenheid bezit van de anderen.

Daar dit niets terzake doet in ons geval kunnen wij de behandeling van die kwestie uitstellen. Alleen zij vermeld, dat deze grond ligt in een oude verlande Linge-bocht, waarop vroeger waarschijnlijk bosch heeft gestaan. De andere monsters van gelijke afwijking zijn afkomstig van een verlande bocht in de Oude IJssel te Gendringen en een van den Rijn onder Amersfoort, waar pas bosch werd weggerooid. Vermoedelijk is deze grond tamelijk sterk afgebroken en verslibd. In zooverre is de keuze gelukkig geweest omdat nu blijken kan of deze onhandelbare

stugge gronden ook verbeterd kunnen worden in de door ons vermoede richting.

De karakteristiek van den grond was:

Zandfracties	> 50 μ	26,0%
Reserve materiaal	50-10 μ	18,6%
Gedeeltelijk actief materiaal..	10- 5 μ	8,9%
Gedeeltelijk actief materiaal..	5- 2 μ	9,4%
Volledig actief materiaal	< 2 μ	30,1%

Het humusgehalte bedroeg 3,2% terwijl aan basen in het complex aanwezig was per eenheid actieve deelen 10 mg in CaO.

De bewerking geschiedde hier op dezelfde wijze als bij de vorige proefvelden. Ook de bemesting verliep eender. Zeer moeilijk was het deze stugge grond met de kalkmeststoffen te mengen. De veldjes maten 45 m². Hier werden voederbieten verbouwd en wel: Buggenummer Gele.

De groei verliep zeer matig: aanvankelijk wegens droogte, later door overmatigen regen, waardoor het groeijaar 1931 zich kenmerkte.

De opbrengsten zijn in tabel 15 vermeld.

TABEL 15.

OPBRENGST BIETEN IN KILOGRAMMEN
Kalkproefveld Marienwaard, 1931

Kalkbemesting	Kalk- toestand theo- retisch	a	b	c	d	gem.
1. Zonder kalk	-16,-	106,-	124,-	91,-	95,5	104,1
2. 24 kg poederkalk ...	-12,5	149,5	154,5	115,-	114,5	133,4
3. 69,5 „ „ ...	-10,-	152,-	173,5	127,-	113,5	141,5
4. 33 kg <i>grof</i> silicaat ...	-12,5	133,-	150,-	126,5	87,5	124,2
5. 97 „ „ „ ...	-10,-	132,-	152,-	127,-	137,-	137,-
6. 160 „ „ „ ...	- 7,5 (2,5)	152,-	133,5	123,-	121,-	132,4
7. 33 kg <i>fijn</i> silicaat ...	-12,5	156,5	127,-	137,5	104,5	131,4
8. 97 „ „ „ ...	-10,-	168,-	135,-	141,-	149,-	148,-
9. 160 „ „ „ ...	- 7,5 (2,5)	158,-	152,5	144,-	132,5	147,-

Grootte der vakken 45 m²

De grond bevat 48,4% klei

Humusgehalte 3,2%

Poederkalk serie 3 geeft 35,6% meer opbrengst
 Grof Silicaat „ 5 „ 31,7% „ „
 Fijn Silicaat „ 8 „ 42,3% „ „

Zeer belangrijk waren de opbrengstverhoogingen in kg per veldje uitgedrukt. Poederkalk werkt uitstekend; het grove silicaat minder goed, terwijl het fijne silicaat de poederkalk wederom overtreft. Om een betere maat van beoordeeling te hebben dan het wortelgewicht, werden van de *a* en *b* series suikergehalten bepaald en daaruit de suikeropbrengst berekend. De cijfers zijn in tabel 16 weergegeven.

TABEL 16.

BIETEN
Marienwaard, Beesd (1931)

Kalkbemesting	Kalk-toestand theoretisch	Suikerbepaling in water extract			
		% a	% b	gem.	gem. suiker opbrengst in kg per veldje
1. Zonder kalk	-16,-	11,47	11,62	11,55	12,02
2. 24 kg poederkalk ..	-12,5	11,42	11,42	11,42	15,23
3. 69,5 „ „ ..	-10,-	11,67	11,77	11,72	16,58
4. 33 kg <i>grof</i> silicaat ..	-12,5	11,52	11,52	11,52	14,30
5. 97 „ „ „ ..	-10,-	11,52	11,42	11,47	15,71
6. 160 „ „ „ ..	- 7,5 (2,5)	12,42	12,12	12,27	16,25
7. 33 kg <i>fijn</i> silicaat ..	-12,5	11,92	11,82	11,87	15,60
8. 97 „ „ „ ..	-10,-	11,57	11,42	11,50	17,02
9. 160 „ „ „ ..	- 7,5 (2,5)	12,26	12,06	12,16	17,88

Wanneer wij de suikerproductie van het onbehandelde perceel op 100 stellen krijgen wij de cijfers van tabel 17.

TABEL 17.

RELATIEVE SUIKEROPBRENGST VAN HET PROEFVELD TE BEESD
Bn. van Verschuer, landgoed Marienwaard

Kalkbemesting	Suikeropbrengst
1. Zonder kalk	100,-
2. 24,- kg poederkalk	126,8
3. 69,5 „ „	138,-
4. 33,- kg <i>grof</i> silicaat	119,-
5. 97,- „ „ „	131,-
6. 160,- „ „ „	135,-
7. 33,- kg <i>fijn</i> silicaat	130,-
8. 97,- „ „ „	142,-
9. 160,- „ „ „	149,-

De cijfers behoeven geen nader betoog. Met 97 kg fijn silicaat per veldje of ± 21.000 kg per ha werd reeds 42% meer opbrengst verkregen.

Het grove silicaat bracht het tot 31%: en de poederkalk tot 38%.

5. EEN VOORLOOPIGE MEDEDEELING

OVER DE KWALITEIT VAN DEN OOGST EN DE BEREIKTE KALKTOESTANDEN

Hoewel het oogstmateriaal nog niet geheel verwerkt is, kan toch reeds iets worden medegedeeld over de fosforzuropname bij de potcultures en bij de veldproeven. Speciaal over de fosforzuropname omdat men van meening is, dat deze door de aanwezigheid van het beweeglijke Ca-ion in den grond geregeld wordt.

Allereerst dan iets over de P_2O_5 -gehalten en de totalen van de cultuur van haver in 1931.

TABEL 18.

GEMIDDELDE P_2O_5 -GEHALTEN EN P_2O_5 -OPBRENGSTEN VAN DE HAVERCULTUUR IN 1931

	P_2O_5 %		P_2O_5 opbrengst per pot	
	Stroo + kaf	Korrel	Stroo + kaf	Korrel
1. Humuszandgrond I.....	0,65	1,01	0,982	0,846
2. Idem + 5 g silicaat	0,46	0,81	0,781	1,253
3. Idem + 10 „ „	0,35	0,82	0,567	1,229
4. Idem + 15 „ „	0,33	0,82	0,615	1,240
5. Idem + 20 „ „	0,62	0,83	1,015	1,289
6. Idem + 1,5 g $CaCO_3$	0,74	1,01	1,124	0,645
7. Idem + 2,3 „ „	0,88	0,93	1,432	0,957
8. Idem + 3,9 „ „	0,89	0,98	1,368	0,931
9. Idem + 5,5 „ „	0,74	0,97	1,050	0,861
10. Klei Rha I	0,17	0,76	0,160	0,730
11. Idem + 15 g silicaat	0,06	0,69	0,084	0,950
12. Idem + 30 „ „	0,16	0,83	0,276	1,248
13. Idem + 60 „ „	0,10	0,79	0,123	0,978
14. Klei Rha I + 7,03 g $Ca(OH)_2$...	0,08	0,76	0,123	1,123
15. Idem + 11,58 g $Ca(OH)_2$	0,22	0,88	0,254	1,035
16. Idem + 15,2 „ „	0,38	0,83	0,497	1,086
17. Klei Rha II	0,51	0,83	0,678	0,905
18. „ „ III	0,28	0,81	0,415	1,085
19. „ „ IV	0,17	0,81	0,258	1,085

Opmerkelijk is dat de gronden, die geen kalk ontvingen *hooger* gehalte-cijfers vertoonen dan die welke wel Ca ontvingen. Zoowel CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ als Ca-silicaat hebben hetzelfde effect gehad. De cijfers voor het stroo zijn vooral op den kleigrond van belang, omdat daar de cijfers *lager* zijn dan op het zand. Bizarde laag zijn de cijfers der potten, die het silicaat ontvingen indien men ze vergelijkt met die der potten, die gebluschte kalk ontvingen! Terwijl bij de silicaatpotten het gehalte ruim 0,1% is, is dat bij de kalkpotten al naar de stijging der kalkgift ruim 0,2 tot ruim 0,4%! Niet aldus is dit bij de gehalten in de korrel; hier ontlopen de cijfers elkaar weinig en als men de totalen beschouwt, zou men hier vragen of er wel een wezenlijk verschil in de totaalopname bestaat. Merkwaardig blijft, dat het stroo armer aan P_2O_5 werd door de silicaatbemesting. De cijfers bij veldproeven verkregen toonen m.i. aan, dat deze omstandigheid een bijzondere is geweest en dat wel een samenhang bestaat tusschen kalkbemesting en fosforzuuropname en wel speciaal bij de aanwending van het silicaat, doch dat die betrekking nog niet gedefinieerd kan worden.

De haver op het proefveld te Zevenaar gaf de uitkomsten, wat de gehalten betreft, zoals in tabel 19 is weergegeven.

TABEL 19.

P_2O_5 -GEHALTEN DER HAVERSTROO- EN KORRELMONSTERS IN
PROCENTEN VAN DE DROGE STOF

Kalkproefveld 1931. S. Dorresteyn, Zevenaar
Haver (gewicht in kg)

Kalkbemesting	Kalktoestand theoretisch	P_2O_5 gehalten korrels					P_2O_5 gehalten stroo				
		a	b	c	d	gem.	a	b	c	d	gem.
1. Zonder kalk	-18,-	0,914	0,932	0,878	0,901	0,906	0,385	0,300	0,331	0,288	0,326
2. 24,5 kg poederkalk	-15,5	0,902	0,878	0,936	0,967	0,921	0,390	0,312	0,274	0,287	0,316
3. 71 " " "	-10,-	0,954	0,966	0,966	0,978	0,966	0,316	0,431	0,449 ⁷	0,284	0,370
4. 34 kg <i>grof</i> silicaat	-15,5	0,840	0,842	0,905	0,939	0,882	0,440	0,284	0,342	0,284	0,337 ⁵
5. 97 " " "	-10,-	0,913	0,958	0,955	0,992	0,955	0,332	0,448	0,463	0,383	0,431 ⁵
6. 160 " " "	- 4,5 (+5,5)	0,943	0,934	0,934	0,891	0,926	0,283	0,338	0,323	0,324	0,317
7. 34 kg <i>fijn</i> silicaat	-15,5	0,858	0,963	0,921	0,967	0,927	0,317	0,345	0,311	0,284	0,314
8. 97 " " "	-10,-	1,021	0,925	0,949	1,039	0,984	0,316	0,496	0,302 ⁵	0,390	0,376
9. 160 " " "	- 4,5 (+5,5)	0,819	0,964	0,973	0,953	0,927	0,292	0,388	0,415	0,317	0,353

Hier op dezen kleigrond zijn de gehalten voor stroo zoowel als voor korrel hoog in vergelijking met die, verkregen op de cultuurpotten. Hoewel de cijfers der veldjes afzonderlijk nogal uiteenloopen, bestaat er een duidelijke neiging voor gehalte-*verhooging* bij de eerste kalkgiften en verlaging daarna. Hetzelfde zien wij bij de cijfers voor de korrel, welke hier veel hooger liggen dan bij de potculturen. Wat hier uit afgeleid kan worden is slechts dat het fosforzuurevenwicht bij den grond te *Zevenaar* anders was dan bij dat der potten en *dit* is in overeenstemming met het door ons uitgesproken vermoeden bij de bespreking der hl-gewichten van de haver van dat proefveld afkomstig. Men zou zich moeten afvragen of *hooge* P_2O_5 -gehalten *lage* hl-gewichten geven, dus juist tegenovergesteld aan de strekking van de opmerking daarover in het vorige hoofdstuk. Intusschen kunnen wij deze vragen voorloopig niet beantwoorden, doch alleen constateeren, dat het silicaat in dit opzicht eenzelfde neiging vertoont als gebluschte kalk, doch mogelijk in intensiteit anders functionneert.

TABEL 20.

P_2O_5 ONTTROKKEN AAN DEN GROND DOOR HET STROO EN DE KORRELS IN GRAMMEN PER VELDJE

Kalkproefveld 1931. S. Dorresteyn, Zevenaar
Haver (gewicht in kg)

Kalkbemesting	Kalktoestand theoretisch	P_2O_5 onttrokken door het stroo					P_2O_5 onttrokken door de korrel					Totaal gem. door 't gewas onttrokken
		a	b	c	d	gem.	a	b	c	d	gem.	
1. Zonder kalk	-18,-	69,1	62,1	61,6	53,-	61,5	120,6	142,4	100,9	143,1	124,5	186,-
2. 24,5 kg poederkalk	-15,5	76,95	60,1	60,9	60,1	64,5	123,4	135,4	148,5	194,7	150,4	214,9
3. 71 " " "	-10,-	78,6	104,2	102,9	71,8	89,4	160,8	150,3	160,-	166,8	159,5	248,9
4. 34 kg <i>grof</i> silicaat	-15,5	83,9	55,4	72,2	58,1	67,4	114,2	128,5	140,6	147,-	132,6	200,-
5. 97 " " " "	-10,-	67,8	97,9	104,6	64,8	83,8	135,9	153,2	152,7	160,8	150,7	234,5
6. 160 " " " "	- 4,5 (+5,5)	58,4	76,6	73,7	67,-	68,9	121,9	150,-	147,8	141,9	140,5	209,4
7. 34 kg <i>fijn</i> silicaat	-15,5	57,7	66,5	79,2	63,7	66,9	116,3	131,8	173,6	156,7	144,6	211,5
8. 97 " " " "	-10,-	77,2	122,4	78,3	101,4	94,8	169,-	148,6	174,2	199,2	172,6	267,4
9. 160 " " " "	- 4,5 (+5,5)	74,5	92,7	113,3	86,8	91,8	133,2	154,7	182,2	172,8	160,7	252,5

In de totaal P_2O_5 -opbrengsten spiegelt zich hetzelfde beeld af, zooals uit bovenstaande tabel 20 blijkt. Oogstvermeerdering door bekalking, hetzij met gebluschte kalk, hetzij met het Ca-silicaat van de hoog-

ovenslak, zowel als gehaltevermeerdering geven een zeer duidelijk verschil. Vooral de tweede gift van het fijne materiaal heeft een hooge P_2O_5 -consumptie ten gevolge. Wij zagen dat het hl gewicht daarbij daalde en vragen ons hier wederom af of de combinatie van sterke fosfaatbemesting met de silicaat-slak wel nuttig en aanbevelenswaardig is. Wij zullen straks zien, dat bij enkele ervaringen elders opgedaan die vraag wederom naar voren komt en dan in anderen zin, nl. dat het silicaat de fosforzuropname bevordert als het fosforzuurniveau van den grond laag is.

Over het bereiken van den kalktoestand door de aanwending van het slakken-silicaat kan ik hier kort zijn, omdat die kwestie in het tweede artikel over de kalktoestandsonderzoekingen beter belicht kan worden; temeer omdat in het zesde hoofdstuk van deze verhandeling nog een en ander over den aard van de stof moet gezegd worden.

Bij de onderzoekingen is gebleken, dat de kalktoestanden met het silicaat evengoed bij ideale menging bereikt kunnen worden als met de andere bekende meststoffen en dat het op de proefvelden iets beter gaat.

Op *alle* kleigronden vonden wij de kalktoestanden evengoed of *beter* bereikt dan met gebluschte kalk. Hier kwam nl. de eigenschap aan het licht, dat het silicaat veel gemakkelijker gestrooid en verdeeld kan worden dan de gebluschte kalk. Deze laatste vormt klonters en brokken zooals in het eerste hoofdstuk is aangetoond en vormt dan onwerkzame ophooping, die door koolzure kalk met klei verkit, lange jaren onwerkzaam kunnen blijven. *Bij het silicaat komt dit niet voor!*

Opmerkelijk was b.v. dat wij op de taaie klei te Beesd op de perceeltjes met gebluschte kalk behandeld, *steeds* koolzure kalk vonden; bij de silicaatbehandeling soms niet, soms wel, doch dan altijd veel minder. Daarvan geeft tabel 21 een beeld.

Hieruit ziet men, dat de gemiddelde hoeveelheid in den vorm van gebluschte kalk, ruim $3 \times$ zooveel $CaCO_3$ in het gezeefde monster vertoonde dan de dito hoeveelheid van het fijne materiaal. Alleen bij de *zware* bekalkingen met het silicaat ontstond er $CaCO_3$.

Daarbij bedenke men, dat deze cijfers gelden voor het *gezeefde* monster! Immers op de zeef bleven bij den grond der met poederkalk behandelde veldjes kluitjes kalk achter. In werkelijkheid zijn de verschillen dus veel grooter. De koolzure kalk, die vooral bij de hooge silicaat-aanwending ontstaat, is afkomstig van de door hydrolyse vrijgekomen kalk uit het silicaat, dat niet meer door den grond kon worden opgenomen. Bij een humuszandgrond, die wij later met het verbeterde silicaat behandelden, konden wij een even snelle inwerking

TABEL 21.

GEHALTE AAN CaCO_3 ,
ÉÉN JAAR NA DE KALKBEMESTING GEVONDEN

	a	b	c	d	gem.
1. Geen kalk	—	—	—	—	—
2. Kleine hoeveelheid $\text{Ca}(\text{OH})_2$	0,1	0,4	0,1	0,1	0,2
3. Middel „ „	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5
4. Kleine hoeveelheid silicaat (grof) ...	—	—	0,2	—	0,05
5. Middel „ „ „ ...	0,1	—	—	—	—
6. Groote „ „ „ ...	0,1	0,1	0,1	—	0,1
7. Kleine hoeveelheid silicaat (fijn) ...	—	—	—	—	—
8. Middel „ „ „ ...	0,2	0,2	0,1	0,1	0,15
9. Groote „ „ „ ...	0,2	0,3	0,2	0,3	0,25

aantoonen, en een snellere dan bij poederkalk, omdat op dezelfde wijze de verdeling effectiever plaats kon vinden.

Ook daarover zal later bericht worden, zoodra de analyses zijn afgelopen.

Thans rest nog de beschrijving van wetenswaardige resultaten, die wij op een fosforzuurarmen zandgrond (liggend op het landgoed „de Dorskamp” te Wageningen) verkregen met ongeveer 3% humus en 10% van een fractie $< 2 \mu$, welke laatste afkomstig is van een vergane boschhumus. D.w.z. dat deze fractie gevormd is uit een $\text{SiO}_2 \cdot n \text{ aq.} - \text{Al}(\text{OH})_3$ complex, afkomstig van de mineralisatie van organische bestanddeelen.

Wij vonden daar bij gevarieerde fosfaatbemesting op rogge als gemiddelde van 11 variaties bij aanwending van het Ca-silicaat van den hoogovenslak een hl-gewicht van 70,94 en bij aanwending van mergel in dezelfde hoeveelheid op CaO berekend van 68,89 bereikt werd. Opmerkelijk was het langere stroo van de silicaatopbrengsten, zij het ook, dat dit iets lichter was.

De roggekorrel bevatte in beide gevallen slechts 0,68% P_2O_5 ; het gehalte was dus laag!

Verbluffend waren de verschillen in 1932 met stoppelknollen. Wij oogstten toen totaal aan blad + knol van genoemde mergelstrook als gemiddelde van 11 fosfaatvariaties 4140 g en van de silicaatstrook bij precies dezelfde fosfaatvariaties bij aanwending van het grove silicaat 4530 g en bij het fijnere silicaat 4006 g per veldje.

In onderstaande tabel 22 zijn die getallen gesplitst in knollen en loofopbrengst.

TABEL 22.

behandeling	loof	knollen per veldje
Mergelstrook	3580	560
Silicaatstrook (grof)	3053	1477
Silicaatstrook (fijn)	2609	1396

Men ziet hieruit, hoe de silicaatperceelen *minder* loof, maar *meer* knollen vormen. Nog merkwaardiger wordt dit feit, wanneer men weet, dat de kalktoestanden der strooken weinig uit elkaar loopen. Zij liggen bij -6. En nog merkwaardiger is het te weten dat de knolvorming door mergelaanwending eerst begon bij de strook die *overkalkt* was met een kalktoestand van +2, want daar werd per veldje op de overkalkte strook van 11 variaties aan loof 2822 g en aan knollen 1238 g geoogst.

Interessant waren ook hier de P_2O_5 -gehalten en de opbrengsten van den geheelen oogst (loof + knollen) per veldje op de genoemde strooken, zooals uit onderstaand tabelletje blijkt:

behandeling	P_2O_5 ‰	P_2O_5 grammen
Mergelstrook (-6)	0,90	29,15
Silicaatstrook (-6) grof ..	0,92	34,01
„ (-6) fijn ..	0,97	30,95
Mergelstrook (+2)	0,86	26,80

Daar de knollen wat laat gezaaid en niet te laat geoogst waren, (opdat geen vorstschade den oogst zou bederven), was het onmogelijk een volle ontwikkeling van het gewas te vervolgen. Daarvoor zou men reeds in Juli moeten zaaien; nu werd het eerst in Augustus gedaan. Zeer jammer was het dat door omstandigheden niet knollen en loof afzonderlijk konden worden geanalyseerd.

Deze mededeelingen noodigen tot verder onderzoek uit en geven inderdaad den indruk, dat in het kalksilicaat eigenaardige eigenschappen schuilen, waarbij men, behalve dan de kalkwerking, nog rekening mede kan houden. Wij hopen in de gelegenheid te zijn, daarop later terug te komen.

6. DE AARD VAN HET MATERIAAL

Het onverwachte gunstige resultaat, dat met een hoogovenslak kan worden bereikt bij het vervangen van waterstof-ionen in het adsorbeerend complex door Ca-ionen, — een gunstig resultaat dat, loopende

ons onderzoek, door KAPPEN en ROTONDA ¹⁾ is bevestigd en uitgewerkt —, noopte ons nader in te gaan op het materiaalonderzoek om beter de verhoogende werking van den kalktoestand te kunnen begrijpen.

Daarbij kwam in de eerste plaats in aanmerking de studie van de fijnheid en strooibaarheid. Beide eigenschappen hangen ten nauwste samen. Aanvankelijk hebben wij gemeend, dat ook voor deze stof de fijnheidseisch, welke aan thomasslakkenmeel en mergel gesteld wordt, dient te gelden. D.w.z. dat van deze stof *minstens* 70% gezeefd moest kunnen worden door de zeef no 100 van AMANDUS KAHL, welke een maaswijdte heeft van 0,177 mm.

Al dadelijk stuitte men daarbij op groote moeilijkheden. De fabriek diende een bruikbaar handelsproduct te vervaardigen uit hoogovenslak en het bleek, dat dit gemakkelijk kon bij de bereiding van bepaalde ijzersoorten door het vlug koelen, waarbij kristalvorming wordt vermeden en waarbij de slak uitéén valt in poreuse brokken en brokjes, welke massa in de techniek „granulaat” wordt genoemd. Het vermijden van kristalvorming is zeer gewichtig, omdat in langzaam koelende slakken glimmerachtig materiaal uitkristalliseert dat niet gemakkelijk wordt ontleed. Hoofdzaak is dat een *zeer poreuse* massa ontstaat, die in haar geheel door zwakke reagentie — zonder achterlating van een meer resistente rest —, wordt aangetast. Wanneer dit bereikt is, moet het materiaal gemalen worden. Daarbij stuit men op het feit, dat de poreuse massa alleen zich daartoe leent, wanneer de vochtigheid beneden een zekere grens ligt. Wanneer aan dien eisch is voldaan maakt men kennis met een zeer eigenaardige eigenschap van het silicaat, nl. dat men altijd, dus zelfs bij een grove maling een fractie maakt, welke uiterst fijn is en die dezelfde onaangename eigenschap heeft als die welke LEYENAAR in zijn proefschrift bij natuurlijk fosfaat vaststelde. Hoe fijner men maalt, hoe groter die ongewenschte fractie wordt. Blijkbaar krijgt men bij het grof malen door het schuren van dit brosse poreuse materiaal altijd een fractie, die kleiner is dan 53 micromillimeter. Dit leert o.a. tabel 23, waarin opgenomen is het eindproduct van een maling in een kruisslagmolen met zeefplaten van diverse wijdte.

Uit de tabel blijkt duidelijk, dat zelfs bij een zeefplaat van 0,6 cm, waardoor dus korrels van 0,5 cm gemakkelijk kunnen passeeren, door de verbrijzeling van het poreuse materiaal nog 17,2% van een fractie kleiner dan 53 micron wordt gevormd en wanneer men de minder gewenschte grens stelt bij 74 micron, hetgeen voor de praktijk zeker niet te laag is, blijkt 24,6% of één vierde beneden die grens te liggen. Bij

¹⁾ Ter plaatse aangehaald.

TABEL 23.

PROCENTEN DER FRACTIES
BIJ MALING MET GEBRUIK VAN DIVERSE ZEEFPLATEN

	1 m/m	2 m	4 mm	5 mm	6 mm	zonder zeefplaat
Fracties groeter dan:						
2 mm	—	—	—	0,6	1,—	26,4
2-1 „	—	—	1,4	3,—	4,4	13,4
1-0,5 „	—	1,—	9,6	13,6	12,8	19,8
500-250 micro mm ..	2,6	9,8	23,6	20,—	17,4	14,8
250-210 „ „ ..	3,—	6,4	6,8	5,8	5,8	3,4
210-177 „ „ ..	3,2	4,4	3,2	3,6	3,8	2,2
177-149 „ „ ..	8,2	10,2	7,2	7,—	8,8	3,—
149-125 „ „ ..	6,2	6,—	5,8	4,8	6,2	2,4
125-105 „ „ ..	6,2	6,6	4,6	12,4	2,2	2,2
105-74 „ „ ..	20,4	17,6	12,—	5,8	13,—	5,—
74-53 „ „ ..	8,4	10,2	8,2	7,8	7,4	2,—
kleiner dan 53 micro mm	41,8	27,8	17,6	15,6	17,2	5,4

inleggen van een zeefplaat van 1 mm, waarbij het materiaal meermalen door de slagstanden wordt geraakt, komt zelfs 50,2% of de helft beneden de fatale grens.

Het gevaar van die fijne fractie is, dat het product bij het uitzaaien van de grovere deelen waarop het kleeft, weg stuift, ook bij windstilte en dat waar het opgehoopt neervalt plekkig blijft liggen. Het wordt in beide gevallen slecht verdeeld en ophoopingingen zijn, zooals in het eerste hoofdstuk is uitéengezet nadeelig voor de intensiteit der werking. Een voortreffelijk middel om deze bezwaren ten deele op te heffen is het product vochtig te maken, doch dat kan niet in de praktijk, omdat men dan het vochtgehalte zoo nauwkeurig zou moeten regelen, dat juist die fractieverdeeling tot stand kwam, die een goede en dan precies *de* goede verdeling op het land mogelijk maakte. Hoe sterk de zeefanalyse afhangt van het vochtgehalte bewijst tabel 24, die de zeefanalyse in procenten bevat van hetzelfde materiaal, dat de eerste maal vochtig, de tweede maal droog gezeefd werd na een maling in de kruis-*slagmolen* met een zeefbodem van 2 mm.

In het eerste geval vindt men 9,2% kleiner dan de thomasmeel-fijnheidsgrens en in het tweede geval 51,8%!

Het is uit de vele pogingen, die de fabriek in het werk stelde onmogelijk gebleken om een fijn product te maken, dat b.v. 70% fijnmeel bevat, waarvan de deelen *niet* kleiner werden dan 125 micron. Door onze laboratoriumproeven is dat volkomen bevestigd; het materiaal leent zich niet tot een maling waarbij een stof ontstaat die zoo homo-

TABEL 24.

Fracties	Vochtig	Droog
>2 mm	0,2	—
2- 1 „	2,2	1,4
1-0,5 „	24,4	14,2
500-250 micron.	37,-	20,-
250-210 „	16,8	7,2
210-177 „	10,6	5,2
177-149 „	5,6	6,8
149-125 „	2,2	5,2
125-105 „	0,2	6,8
105- 74 „	0,4	10,2
74- 53 „	0,2	5,6
< 53 „	0,6	17,2

geen zou zijn, dat uitsluitend een fractieverdeeling van b.v. 250-125 micron zou worden verkregen.

Wij moeten hier wijzen op de volkomen willekeurige bepaling van de fijnheidsgrens van 177 micron; men zou die evengoed bij 200 kunnen stellen als bij 150. Proeven over de werking van materiaal van verschillende fijnheid zijn in potproeven bij ideale menging zeer goed te nemen, zoals Dr LEYENAAE bewees; op het vrije veld, waar de menging zoo gebrekkig gaat is dit vrijwel onmogelijk. Daarom heeft men dan ook bij gebrek aan beter aan de grens van 177 micron vastgehouden. Echter heeft men nimmer rekening gehouden met de fractieverdeeling daar beneden en op die verdeeling komt het feitelijk aan!

De vraag of een andere fijnheid voor het kalksilicaat kan worden toegelaten hangt geheel van de strooibaarheid en de verdeelingsmogelijkheid op het land af. De zeer goede werking, die wij bij het grove materiaal waarnamen, waarvan de afmeting in hoofdzaak tusschen $\frac{1}{2}$ tot 1 cm lag, doet vermoeden, dat een extra fijne maling niet noodig is. Er is reeds gezegd, dat op het veld bleek, dat het silicaat *geen* aanleiding geeft tot ophooping in kluitvorm, waarbij deze omhuld door een huidje koolzure kalk, aaneengekit en onwerkzaam wordt. Dáárom gelooven wij ook, dat men streven moet naar een goed strooibaar materiaal, dat in verdeelingsmogelijkheid over het land boven poederkalk en zelfs boven mergel komt te staan.

Het product zooals het nu bereid wordt uit den hoogovenslak en dat de naam van „Silicakalk” heeft ontvangen, heeft thans ongeveer de samenstelling, zooals in tabel 25 is weergegeven. Deze is een compromis tusschen de eischen, welke aan soortgelijke meststoffen nu eenmaal worden gesteld en de strooibaarheid met de daarbij zoo nauw verbonden verdeelingsmogelijkheid over het land.

TABEL 25.

FRACTIEVERDEELING OP ZEEFANALYSE
VAN „SILICAKALK” IN PROCENTEN

>2 mm	-	
2- 1 „	0,4	50,4% is fijner dan 177 micron
1-0,5 „	17,8	55% „ „ „ 210 „
500-250 micron	21,4	
250-210 „	5,4	
210-177 „	4,6	
177-149 „	7,0	
149-125 „	5,8	
125-105 „	7,4	
105- 74 „	14,4	
74- 53 „	4,6	
< 53 „	11,2	

Dit materiaal vertoont dezelfde eigenschappen van alle gemalen monsters, dat men de hoogste percentages vindt tusschen 1000 tot 210 micron en bij de fractie 105-74 en <53. Bij bijna alle analyses vindt men een gering percentage in de fractie 74-53 micron.

Dit nieuwe product is goed strooibaar en goed verdeelbaar; het stuift niet bijzonder en valt mooi over den grond, vooral wanneer het iets vochtig is b.v. tot 2% vocht bevat. Het wordt evenwel met een lager vochtgehalte door de fabriek afgeleverd.

Om nog eens een beteren indruk te verkrijgen van het werkzame oppervlak werden hygroscopiciteitsbepalingen verricht bij de diverse fracties, en wel volgens de door MITSCHERLICH ingevoerde vereenvoudigde methode voor grond. Daartoe werd 5 g van het materiaal afgewogen en gedroogd bij 104° en de aldus gedroogde massa 2 × 24 uur in vacuum gelaten boven een schaal met zwavelzuur van 10%. Na afloop werd gewogen om het geadsorbeerde vocht te becijferen en gecontroleerd dat dit getal zich bij voortgezette behandeling niet wijzigde. Tenslotte werd het vochtige materiaal opnieuw bij 104° gedroogd, waarbij aangetoond werd, dat het silicaat op deze wijze geen water chemisch bindt. Wij voerden tegelijk bepalingen uit met Limburgsche mergel van dezelfde fractie-grootte en later ook met zand van diverse korrelgrootte, waarbij de grootte-klassen iets anders waren dan bij silica-kalk.

Gevonden werden de volgende hygroscopiciteitscijfers, uitgedrukt in %. (Zie tabel 26 op blz. 48).

Men ziet duidelijk dat „Silicakalk” een veel grooter oppervlak heeft in de groote fracties en dat vanaf 210 micron tot 74 micron het hygro-

TABEL 26.

fractie	Silicakalk				Mergel (Limburgsche)			
	1e bep.	2e bep.	3e bep.	4e bep.	1e bep.	2e bep.	3e bep.	4e bep.
Oorspr. product ..	3,28	3,36	3,17	3,31	0,45	0,44	0,45	0,47
500-250 micron ..	2,28	-	-	-	-	-	-	-
250-210 „ ..	2,31	-	-	-	-	-	-	-
210-177 „ ..	3,26	3,26	-	-	0,29	-	-	-
177-149 „ ..	2,81	3,27	3,27	-	0,36	-	-	-
149-125 „ ..	3,67	3,28	-	-	0,39	-	-	-
125-105 „ ..	3,28	3,88	3,40	-	0,36	0,37	0,36	+0,37
105- 74 „ ..	3,34	3,45	3,85	3,43	0,27	-	-	-
74- 53 „ ..	4,21	4,20	5,80	-	0,42	0,44	-	-
< 53 „ ..	4,82	6,33	5,88	6,-	-	-	-	-

copiciteitscijfer practisch 't zelfde blijft, eerst bij het zeer fijne materiaal beneden 53 micron neemt dit sterk toe. Daar mergel uit Limburg geen noemenswaardige hoeveelheid van de fractie <53 micron bevat, heeft de bepaling van de hygroscopiciteit dan ook practisch geen waarde. Neemt men de hygroscopiciteit van silicakalk op 3,3% en die van mergel, beide als handelsproduct op 0,45%, dan bewijst silica een $7,35 \times$ zoo groot werkzaam oppervlak te bezitten als Limburgsche mergel. Wat nu de werking betreft kan een chemisch onderzoek pas uitmaken of silicakalk voldoende reactiviteit bezit om deze voorsprong in het oppervlak ten volle te benutten. In elk geval wijst de hooge hygroscopiciteit van het product zelf er reeds op, dat de fractieverdeeling zooals die bij het product voorkomt geen nadeelen brengt, welke groot gewicht in de schaal kunnen leggen.

Van Ir GEERLING, destijds wnd. directeur van het Boschbouwproefstation ontving ik zand door zeeven in diverse korrelgrootten gescheiden. Van dit materiaal was de hygroscopiciteit bij de vier fracties liggend tusschen 273 en 139 micron 0,22 tot 0,26%. De fractie van 136-107 micron had 0,34%; die van 107-82, 0,46% en die van 82-68, 0,76%, terwijl de massa ≤ 68 micron die een colloidaal karakter heeft een hygroscopiciteitscijfer vertoont van 2,32%. Een vergelijking met zand valt dus in 't voordeel van Silicakalk uit, hetgeen in zooverre waarde heeft, omdat men Silicakalk wegens het uiterlijk ook wel eens slakkenzand heeft genoemd.

Dat silicakalk een poreus materiaal is kan men direct bij vergrooiting waarnemen; een microfoto, opgenomen bij vergrooiting van $60 \times$, wordt in figuur 13 weergegeven. Men ziet daar hoekige en poreuse stukjes van eenvormige kleur. Tegelijk is waar te nemen, dat de structuur amorf is en dat kristallen, zooals men dit bij langzaam gekoelde slakken kan waarnemen, ontbreken.

Belangrijk is nu na te gaan hoe men zich de kalkwerking moet denken, — van dit silicaat, dat in hoofdzaak een Ca-Al-silicaat zal zijn met verontreiniging van Magnesium, wat mangaan en ijzer. In water lost het *niet* op — ook niet in koolzuurhoudend water, wel wordt een zeer gering deel ontleed, waarbij de oplossing een sterk alcalische reactie krijgt. In 300 cc koolzuurhoudend water is een indampresidu van hoogstens 180 mg te vinden. Te verwachten is natuurlijk een hydrolyse — immers de werking bij pot- en veldproeven is zoo vlug en duidelijk, dat men niet anders dan een scheiding in basische kalk, en Aluminium hydroxyde en kiezelzuurhydraat kan aannemen. In verdund zoutzuur lost het materiaal op. Wij voerden de volgende proef uit:

Ruim 500 mg van het materiaal werd in 200 cc HCl van verschillende sterkte gedurende een kwartier zacht gekookt bij gebruik van een terugvloeikoeler. Daarna werd snel afgefiltreerd en in het filtraat SiO_2 , Al_2O_3 en CaO bepaald; tegelijk werd met de bekende indicatoren de pH van de vloeistof gemeten. In tabel 27 zijn de uitkomsten weer gegeven:

TABEL 27.

conc. HCl	SiO_2		Al_2O_3		CaO		pH filtraat
	% stof	% v/d opl. met n/10 HCl verkregen	% stof	% oplosbaar in n/10 HCl	% stof	% oplosbaar in n/10 HCl	
0,001 n.	—	—	—	—	1,5	3,55	8,3
0,005 n.	0,8	3,50	—	—	5,—	11,7	7,7
0,010 n.	1,20	4,58	—	—	9,22	21,6	7,1
0,015 n.	2,6	9,94	sp.	sp.	13,3	31,2	6,—
0,020 n.	4,7	17,9	2,4	18,1	16,6	38,9	4,6
0,025 n.	6,6	25,20	2,7	21,8	20,5	48,0	3,9
0,050 n.	12,7	48,5	7,22	54,4	30,6	71,6	2,4
0,100 n.	26,2	100,—	13,3	100,—	42,7	100,—	1,6
0,200 n.	27,6	—	13,5	—	43,5	—	<1,—

De cijfers zijn belangrijk. Men ziet duidelijk hoe bij de ontleding van dit silicaat het Ca vóór gaat met een weinig kiezelzuur. Bij de behandeling met 1/1000 n. HCl, dat een pH = 3 bezit, eindigt de reactie bij een pH 8,3, d.w.z. dat de H-ionen een hydrolyse hebben in de hand gewerkt. In gewoon gedistilleerd water lossen enkele mg CaO op, waardoor de eindreactie een pH van 9,5 krijgt, die aanvankelijk hoger is, doch vrij lang aan de lucht op dit peil blijft, waarschijnlijk dank zij een CO_2 -evenwicht. Bij 0,050 normaal zuur is de hydrolyse iets sterker, en bij 0,010 n. HCl is het neutrale punt bereikt. Daarbij is dan 21,6%

van de hoeveelheid CaO opgelost, die in 200 cc 0,1 n HCl in oplossing gaat; het punt waarbij *alle* materiaal oplost en waarbij enkel een weinig SiO₂ met Al₂O₃ verontreinigd achterblijft. Opmerkelijk is verder dat bij de behandeling met 0,010 n HCl nog *geen* Al van beteekenis in oplossing komt! Eerst wanneer het dubbel silicaat bij hooge H-ionen concentratie aangetast wordt, komt Al vrij en dan stijgt ineens de zuurgraad van de reactie-oplossing tot een pH van 4,6 — wat bijna altijd „het” punt is waarbij ook in de natuur bij afgebroken gronden Al in beweging komt. Men zou bij dit silicaat dat punt als een kritiek punt op kunnen vatten, als een soort kenmerk voor de echtheid van het product. Doch daarover valt voorloopig bij gebrek aan meer gegevens van op andere wijze verkregen materiaal nog niet veel positiefs te zeggen. Opmerkelijk is dit punt in elk geval wel.

Een tweede proef werd aangezet om na te gaan hoe een herhaald opkoken van het reactie residu na een maal behandelen met 0,010 n. HCl dit laatste zou aantasten.

Daartoe werd 564 mg silicakalk afkomstig van een handelsmonster eerst met 200 cc 0,010 n HCl gedurende $\frac{1}{4}$ uur gekookt, afgefiltreerd, 2× uitgewasschen met aq. dest. en het residu opnieuw op dezelfde wijze behandeld. Na elf extracties was bijna alles opgelost; de twaalfde extractie had met 0,100 n. HCl plaats, waardoor tenslotte alles behalve een weinig SiO₂ in oplossing ging. In tabel 28 zijn de resultaten opgenomen:

TABEL 28.

EXTRACTIE VAN 564 MILLIGRAM SILICAKALK MET TELKENS
200 cc 0,010 n HCl

	SiO ₂		Al ₂ O ₃		CaO	
	mgr.	% totale hoeveelh.	mgr.	% totale hoeveelh.	mgr.	% totale hoeveelh.
1e extractie	13,3	8,75	1,2	1,62	51,-	21,2
2e „	13,3	8,75	6,9	9,32	34,7	14,4
3e „	11,2	7,37	6,2	8,36	24,1	10,-
4e „	10,4	6,84	10,-	13,5	24,7	10,43
5e „	6,4	4,22	10,2	13,78	19,3	8,01
6e „	11,2	7,37	6,5	8,75	27,2	11,28
7e „	8,5	5,60	7,-	9,45	18,5	7,17
8e „	8,-	5,27	6,-	8,10	16,6	6,89
9e „	6,5	3,62	5,5	7,42	11,3	4,68
10e „	1,-	6,58	3,5	4,73	6,3	2,61
11e „	0,5	0,34	2,5	3,38	3,4	1,41
Totaal	89,2	68,75	65,5	87,-	237,1	98,2

Daar in dit monster totaal in HCl oploste 152,5 mg SiO_2 , 74 mg Al_2O_3 en 241 mg CaO, kan uitgerekend worden hoeveel procent van de hoeveelheden bij elke extractie in oplossing ging. Het residu werd, zooals gezegd, nog eens met 0,1 n. HCl behandeld, waarin resp. oploste 2 mg SiO_2 , 3 mg Al_2O_3 en 4,3 mg CaO.

Indien men de cijfers beziet, wordt duidelijk dat alle CaO verantwoord is: van 241 mg werd 241,4 mg terug gevonden. Bij Al_2O_3 en bij SiO_2 zijn tekorten, welke echter ontstaan zijn door verlies van zeer fijn materiaal, dat op de diverse filters achterbleef en niet meer kon teruggewonnen worden.

De cijfers zijn in hoofdzaak belangrijk, omdat er uit blijkt, dat „kalk weer vooraan gaat”, en dat de afname langzaam geschiedt; terwijl bij SiO_2 en Al_2O_3 de cijfers veel regelmatig zijn en ongeveer gelijk blijven! Blijkbaar bestaat dus gedurende de geheele afbraak de neiging om kalk in de eerste plaats in oplossing te laten gaan. Het spreekt vanzelf, dat zoodra Al in oplossing komt de zuurgraad stijgt en dat de Cl-ionen na de eerste hydrolyse zoowel voor de vorming van CaCl_2 als voor AlCl_3 worden gebruikt. Bij de eerste extractie worden echter alle Cl-ionen voor CaCl_2 vorming verbruikt. Daarvan hebben wij ons overtuigd door de oplossing na de SiO_2 afscheiding in te dampen en te wegen. Merwaardig genoeg werd slechts CaCl_2 gevonden met sporen Mg.

Uit deze analyses kan de slotsom getrokken worden, dat wanneer het silicaat zoo gunstig in den bodem werkt, dit in hoofdzaak aan de vlotte hydrolyse moet worden toegeschreven en de opname van SiO_2 en Al_2O_3 in een of anderen complex-vorm. Dit laatste zou dan vooral van belang zijn voor humeuze zandgronden, waarin het humuscomplex nog arm is aan mineralen.

Het nader onderzoek daarvan is aan den gang.

Belangrijker was het na te gaan hoe de hydrolyse verloopt, wanneer niet van een zuur werd gebruik gemaakt, doch van een bufferoplossing met constante pH. Daarvoor werd gedacht aan een oplossing van Ammonium acetaat in azijnzuur met pH 5 en dan niet bij evenwichtsinstelling in een suspensie, maar door percolatie. Deze proeven werden in ons laboratorium door Ir v. D. MEULEN verricht. Hij bericht daarover het volgende:

OVER HYDROLYSE VAN SILICAKALK

In ons laboratorium is een onderzoek gaande naar de wijze, waarop silicakalk ontleed wordt door stroomende vloeistoffen en naar de eigenschappen van de restproducten die daarbij ontstaan. Omtrent deze proeven, die een deel uitmaken van een grooter onderzoek over silicahydrolyse, volgen hier enkele mededeelingen die van voorloopigen aard zijn.

Er wordt gewerkt met een handelsproduct, dat door zorgvuldig zeven in verschillende fracties verdeeld is. Geanalyseerd werden de fracties 74–105 μ en die kleiner dan 53 μ ; deze bleken volkomen dezelfde samenstelling te hebben, nl.: 33,27% SiO_2 , 17,32% $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, 43,48% CaO , uitgedrukt in procenten van de gegloeide stof. Het gloei-verlies bedraagt 8,00%.

De methodiek van het onderzoek is als volgt: 2,000 g silicakalk wordt voorzichtig gemengd met 38 g goed gereinigd kwartszand en in een percolatiebuis met 18 mm inw. diameter gebracht. De snelheid van de doorstroomende vloeistof wordt constant op 100 cc per uur gehouden; de percolatievloeistof wordt in maatkolven opgevangen en geanalyseerd.

Bij percolatie met zure bufferoplossingen blijkt, dat men twee verschillende wijzen van ontleding moet onderscheiden. In vloeistoffen met zuurgraad beneden $\text{pH} = 4$ gaat de kalk snel en regelmatig in oplossing, terwijl ook kiezelzuur en aluminium afgesplitst worden.

Hier volgt het resultaat van een percolatie met twee bufferoplossingen:

1. Samenstelling: Ammoniumacetaat 0,0115 N
Azijnzuur 0,0770 N

$\text{pH} = 3,75$.

2. Samenstelling: Ammoniumacetaat 0,0058 N
Azijnzuur 0,0385 N
Natriumchloride 0,2500 N

$\text{pH} = 3,85$.

TABEL 29.

Uit 2 g silicakalk 74–105 μ Vrijgekomen na:	Oplossing 1:			Oplossing 2:		
	CaO in mg	SiO ₂ in mg	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ in mg	CaO in mg	SiO ₂ in mg	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ in mg
100 cc.	113,3	13,0	4,5	107,6	9,5	2,0
200 cc.	165,4	24,5	9,0	148,2	20,0	5,5
450 cc.	231,8	52,0	29,0	207,7	47,0	18,5
950 cc.	353,9	102,5	64,5	330,5	106,5	52,5
1450 cc.	440,9	141,0	96,0	429,4	157,0	103,0

Ofschoon de twee oplossingen sterk in samenstelling verschillen, verloopt de hydrolyse toch geheel in denzelfden zin. Men krijgt den indruk, dat de waterstofionenconcentratie dit proces vrijwel geheel beheerscht, terwijl de concentratie der andere ionen weinig invloed uitoefent.

Bij percolatie met vloeistoffen met een zuurgraad van $\text{pH} = 4$ tot $\text{pH} = 7$ verloopt de ontleding van silicakalk geheel anders. Hierbij gaat alleen kalk in oplossing, geen aluminium en slechts sporen kiezelzuur. De wijze waarop de kalk vrijkomt, is steeds dezelfde: in de

eerste percolaten gaat zeer veel CaO in oplossing, dit vermindert snel en tenslotte worden nog slechts sporen afgestaan.

Opmerking verdient, dat bij dit proces geen metaalionen uit de percolatievloeistof worden vastgelegd.

Grafisch voorgesteld krijgen we dus een kromme, die in het begin snel stijgt, spoedig vlakker gaat loopen en tot een grenswaarde nadert.

Voor de buffer 3: Samenstelling: Ammoniumacetaat 0,0412 N
Azijnzuur 0,0177 N

pH = 5,25.

werd bij ontleding van 2,000 g silicakalk 74–105 μ gevonden:

TABEL 30.

Na 100 cc.	47 mg CaO
„ 200 „ 83 „ „	
„ 230 „ 88 „ „	
„ 500 „ 105 „ „	
„ 1000 „ 124 „ „	
„ 1100 „ 124 „ „	

De grenswaarde, die op deze wijze bereikt wordt, blijkt afhankelijk te zijn van den zuurgraad van het milieu en van het oppervlak der silicakalkdeeltjes. De concentratie der overige ionen in de percolatievloeistof heeft wel invloed op den vorm van de „ontledingskromme”, maar betrekkelijk weinig op de grenswaarde daarvan. Hier volgen nog proeven met twee bufferoplossingen van bijna denzelfden zuurgraad, maar met verschillende samenstelling, verricht met silicakalk van verschillende fijnheid.

Buffer 4. Samenstelling: Ammoniumacetaat 0,0375 N
Azijnzuur 0,0250 N

pH = 4,78.

Buffer 5. Samenstelling: Ammoniumacetaat 0,0188 N
Azijnzuur 0,0125 N

pH = 4,74.

TABEL 31.

	Buffer 4 maakt vrij uit:		Buffer 5 maakt vrij uit:	
	2,000 g s.k. 75–105 μ	2,000 g s.k. <53 μ	2,000 g s.k. 74–105 μ	2,000 g s. k. <53 μ
	CaO in mgrammen.			
Na 100 cc.....	74,7	89,4	47,7	50,7
„ 200 „ 94,2	94,2	152,9	79,2	94,2
„ 300 „ 103,3	103,3	163,6	94,7	128,0
„ 400 „ 112,7	112,7	172,7	102,9	153,8
„ 500 „ 125,1	125,1	182,4	115,8	169,6
„ 600 „ 134,1	134,1	192,6	122,3	180,2
„ 700 „ 141,8	141,8	201,8	128,8	189,8
„ 950 „ 145,3	145,3	204,5	133,7	194,3
„ 1200 „ 150,4	150,4	208,2	137,9	199,3
„ 1300 „ 151,1	151,1	208,8	138,6	201,2

Zeer merkwaardig is, vooral bij de fijne fractie, de onverwacht groote hoeveelheid kalk die in de eerste percolaten vrijkomt.

Bij oplossing 4, die een normaliteit aan vrij azijnzuur heeft van 0,0250 N, zouden we in de eerste 100 cc maximaal verwachten $2,5 \times 28 = 70$ mg CaO. We vinden bij de fijne silicakalk echter 89,4 mg CaO. Evenzoo ware bij buffer 5 maximaal $1,25 \times 28 = 35$ mg CaO te verwachten; het eerste percolaat bevat echter 50,7 mg CaO.

De oplossingen reageeren dan ook alcalisch. Dit verschijnsel wijst er op, dat de kalk aan het oppervlak der silicadeeltjes buitengewoon gemakkelijk afgesplitst wordt.

Het is nu de vraag: hoe is de grenswaarde, die bij de kalkafgifte ontstaat, te verklaren? Men zou zich kunnen denken, dat de silicakalk aan het oppervlak der deeltjes uiteenvalt in de drie hoofd-bestanddeelen, dat de kalk in oplossing gaat, terwijl zich een huidje van colloïdaal kiezelzuur en aluminiumhydroxyd vormt, dat de verdere inwerking van de zure vloeistof vertraagt en spoedig onmogelijk maakt. In dit geval was het beschermende huidje wellicht onwerkzaam te maken door het sterk te drogen: hierdoor zullen scheurtjes ontstaan, die de verdere inwerking van de vloeistof weer mogelijk maken.

Deze proef is genomen: een percolatiebuis met 2 g silicakalk 74–105 μ werd zolang met de buffer 3 (pH = 4,25) behandeld tot de grens van kalkafgifte bereikt was na 125 mg CaO. Daarna werd met water uitgewassen en de buis langzaam gedroogd bij 40°, daarna bij 80° boven CaCl₂, tenslotte 1 dag bij 120°.

Daarna werd opnieuw gepercoleerd met de oplossing 3: er gingen slechts enkele milligrammen CaO in oplossing. Het blijkt dus dat de beschreven opvatting omtrent de oorzaak van de grenswaarde niet waarschijnlijk is, tenzij men aanneemt dat de kiezelzuur-aluminiumhydroxydhuidjes ook in gedehydrateerden toestand de deeltjes volkomen afsluiten.

Om een denkbeeld te krijgen van den aard van het restproduct, werd getracht dit in loog op te lossen.

Silicakalk, die niet door zure vloeistoffen gehydrolyseerd is, wordt door koude loog niet aangetast (er gaan slechts spoortjes SiO₂ en CaO in oplossing, geen Al₂O₃); kokende loog brengt geringe hoeveelheden CaO, Al₂O₃ en SiO₂ in oplossing.

Buizen met silicakalk 74–105 μ , die door percolatie met buffer 3 tot de grenswaarde (125 mg CaO) „ontkalkt” was, werden na uitwassen met water gepercoleerd met 0,5 N kaliloog. Hierbij werden de volgende merkwaardige cijfers gevonden:

TABEL 32.

	SiO ₂ in mg	Al ₂ O ₃ in mg	CaO in mg
Na 100 cc.	20,0	16,0	0,0
„ 200 „	31,0	43,0	0,0
„ 300 „	37,5	55,5	0,0
„ 550 „	47,5	76,0	7,5
„ 1050 „	60,5	87,0	20,4
„ 1550 „	78,5	93,0	32,0
„ 2050 „	93,0	95,5	42,7

Wanneer we nog zouden aannemen, dat een schaal van Al(OH)₃ en SiO₂ · x H₂O zich bevindt rondom een gave silicakalk-kern, dan kennen we de hoeveelheid Al₂O₃ en SiO₂ in deze colloïdale schil. Immers deze heeft 125 mg CaO verloren: de rest bevat dus $\frac{33,27}{43,48} \times 125 = 95,5$ mg SiO₂ en $\frac{17,32}{43,48} \times 125 = 49,5$ mg Al₂O₃. Er gaat dus veel meer Al₂O₃ in oplossing dan volgens deze aanname mogelijk zou zijn: bovendien bewijst het vrijkomen van kalk de onjuistheid daarvan. Het is noodig, een desintegratiezone rondom de silicakalkdeeltjes aan te nemen, die behalve de oorspronkelijk aanwezige SiO₂ en Al₂O₃ ook nog CaO bevat, en toch in evenwicht is met de zure percolatievloeistof.

Daar de hoeveelheid Al₂O₃ die in loog oplost, tot een grenswaarde schijnt te naderen, kunnen we berekenen wat de minimum-dikte is van deze desintegratielaag en de samenstelling daarvan bij de aannamen die tot minimum-dikte leiden.

2 g silicakalk bevat in totaal 318,7 mg Al₂O₃ + Fe₂O₃. Wanneer we de grenswaarde van Al₂O₃ in het loogpercolaat op 100 mg Al₂O₃ stellen en aannemen, dat *alle* aluminium uit de desintegratiezone wordt opgelost (deze aanname leidt tot de minimum-dikte), dan blijkt dat door de behandeling met buffer 3 minstens 31,3% van de totale stof in labielen toestand is gekomen. De samenstelling van de desintegratiemassa, in evenwicht met de bufferoplossing met pH = 5,25, is dan: 100 mg Al₂O₃, 192,5 mg SiO₂, 251,5 - 125 = 126,5 mg CaO.

De molaire verhouding Al₂O₃ + Fe₂O₃ : SiO₂ : CaO is in de silicakalk 1 : 3,48 : 3,86. Onder de bedoelde aannamen is deze verhouding in de desintegratiemassa 1 : 3,48 : 1,94.

Wanneer we de massa, na de loogbehandeling, opnieuw met een zure oplossing percoleeren, krijgen we een geheel ander beeld dan de eerste keer. In de eerste 100 cc vinden we betrekkelijk veel SiO₂, terwijl aanvankelijk veel CaO vrijkomt, welke hoeveelheid in den loop van de verdere percolatie wel vermindert, maar slechts zeer laat tot een grens schijnt te komen.

De buizen met twee verschillende silicakalkfracties, die, zooals beschreven is, met de buffers 4 en 5 behandeld waren, tot er practisch geen CaO meer vrijkwam, werden met 500 cc 1 N natronloog gepercoleerd, waarin oploste:

TABEL 33.

	SiO ₂ in mg	Al ₂ O ₃ in mg	CaO in mg
Silicakalk 75-105 μ , behandeld met opl. 4	106,0	65,0	0,0
Silicakalk < 53 μ , behandeld met opl. 4	116,5	104,0	0,0
Silicakalk 75-105 μ , behandeld met opl. 5	88,5	66,0	0,0
Silicakalk < 53 μ , behandeld met opl. 5	105,5	100,0	0,0

Hierna werd opnieuw gepercoleerd met de bufferoplossingen 4 en 5. Het resultaat was als volgt:

TABEL 34.

	Bufferoplossing 4:				Bufferoplossing 5:			
	S.k. 74-105 μ		S.k. < 53 μ		S.k. 74-105 μ		S.k. < 53 μ	
	CaO in mg	SiO ₂ in mg	CaO in mg	SiO ₂ in mg	CaO in mg	SiO ₂ in mg	CaO in mg	SiO ₂ in mg
Na 250 cc	183,0	27,5	203,0	24,0	123,6	20,5	143,3	14,0
„ 500 „	257,5	27,5	281,2	-	190,2	-	225,4	-
„ 750 „	288,0	27,5	312,1	-	219,0	-	264,2	-
„ 1000 „	305,5	27,5	326,6	-	243,0	-	293,7	-
„ 1250 „	315,7	27,5	334,5	-	262,7	-	316,0	-
„ 1500 „	340,0	27,5	355,0	-	279,6	-	333,8	-
„ 2000 „	370,6	27,5	384,9	-	312,6	-	369,9	-
„ 2500 „	397,7	27,5	405,4	24,0	340,8	-	394,0	14,0
„ 3000 „	418,0	33,5	-	-	360,2	27,0	-	-

Ook hier vinden we weer zeer groote hoeveelheden kalk in de eerste percolaten, die dan ook alcalisch reageeren.

Uit de beschreven feiten blijkt, dat silicakalk door percolatie met zwak zure oplossingen/aan het oppervlak, maar tot op groote diepte wordt aangetast. Hierbij ontstaat een „desintegratieschaal”, waarvan de dikte en waarschijnlijk de samenstelling afhankelijk is van de waterstofionenconcentratie. Deze zône bevat het kiezelzuur en de aluminium zooals die in het oorspronkelijk materiaal voorkomen en minder calcium dan in het uitgangsmateriaal aanwezig was. Interessante gegevens belooft het onderzoek betreffende het adsorbtievermogen van de desintegratiemassa op te leveren.

De stof waaruit deze schaal bestaat, is in evenwicht met de perco-

niek alles

latievloeistof. De grenswaarde, die bij de kalkafgifte optreedt, wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de ontleding van de dieper gelegen silicakalk belemmerd wordt door de aangroeiende desintegratiezône, waar de waterstofionen die de hydrolyse veroorzaken, doorheen moeten diffundeeren.

Zeer opmerkelijk is overigens, dat de snelheid waarmee deze zône de waterstofionen doorlaat, niet grooter wordt door de massa bij 120° te drogen, terwijl deze behandeling ook geen invloed schijnt te hebben op het evenwicht tusschen de ontledingsmassa en de waterstofionenconcentratie in de vloeistof.

Wordt de stof met loog behandeld, nadat zich een desintegratielaag gevormd heeft, dan gaat er veel Al_2O_3 in oplossing, minder SiO_2 , nog minder CaO . Waar zich in een zwak zuur milieu een evenwichtsproduct vormt met veel Al_2O_3 , veel SiO_2 , weinig CaO , schijnt het systeem bij alcalische reactie te streven naar een samenstelling: weinig Al_2O_3 , vrij veel SiO_2 , veel CaO .

Gaan we nu de stof opnieuw met een zure oplossing behandelen, dan tracht zich het eerste evenwicht weer in te stellen: er komt dus veel CaO vrij, ook eenig SiO_2 , maar geen Al_2O_3 . Doordat de laag door de loog- en de tweede zuurbehandeling veel dunner, althans gemakkelijker doorlatend is geworden, dringt de hydrolyse tevens dieper door, waardoor nog meer kalk in oplossing gaat.

Door wisselingen van den zuurgraad in het milieu, waarin de silica-kalk zich bevindt, wordt de ontleding van deze stof in zijn componenten dus ten zeerste bevorderd.

De gedachte dringt zich op, of daarvan in de practijk gebruik ware te maken, omdat wij in de physiologisch zure en alcalische meststoffen een middel bezitten om dergelijke variaties in den zuurgraad van den grond teweeg te brengen; zij het dan ook zeer plaatselijk.

VERKLARING DER FIGUREN

Figuur 1

Kluit met opéénhooping van kalkbrokken, die ontstaan zijn door samenballing van poederkalkvlokken. Deze „kalk” is in hoofdzaak in koolzure kalk, vermengd met gronddeeltjes, overgegaan. — De kalkaanwending had plaats in April 1931, waarna direct ingegreep werd. De kluit is in 1933, van het proefveld opgeraapt (Proefveld Mariënwaard, Beesd, zie slibanalyse, blz. 36).

Figuur 2

Kluit met ophooping van kalkbrokken, na aanwending van poederkalk op een zeer kleirijken afgebroken grond van een proefveld te Amerongen. De kalk werd in den zomer 1932, met de spateleg ingewerkt; in April 1933 werd de kluit opgeraapt. De korrels bestaan uit een samenkitting van koolzure kalk en gronddeeltjes; zij zijn ontstaan uit plekkerige ophooping van de poederkalk bij het uitstrooien.

Figuur 3

Maisplant, gegroeid op het scheidingsvlak van denzelfden grond, waarvan de linker helft in hoogen kalktoestand was gebracht en de rechterhelft in oorspronkelijken toestand was gelaten. De bemesting was voor beide helften dezelfde (CaHPO_4 , K_2SO_4 , MgCl_2 en NH_4NO_3). De wortels kiezen den lagen kalktoestand.

Figuur 4

Maisplanten gegroeid op grond, welke laagsgewijze in verschillenden kalktoestand was gebracht, en waarvan de lagen *verticaal* waren geplaatst. De kalktoestands-opéénvolging was bij 1: -23; -10; -23; -10; +2; -10; +2 en bij 2: -10; +2; -23; -10; +2; -23; -10.

De bemesting was gelijkmatig toegediend in den vorm van CaHPO_4 ; K_2SO_4 ; MgCl_2 en NH_4NO_3 .

De wortels kiezen lage kalktoestanden.

Figuur 5

18/6, 1931. Mislukkende groei op den oorspronkelijken grond (klei); goede kalkwerking bij de eerste gift en schade bij hoogste gift silicaatkalk.

Figuur 6

3/7, 1930. Zelfde serie als fig. 5: de mislukking op den oorspronkelijken grond is duidelijk evenals de schade op den grond met hoogste gift Silicaatkalk.

Figuur 7

Gerst 1930. Wortelvorming bij de kleicultuur: de grootste hoeveelheid wortels werd bij een gift van 30 g silicaatkalk gevormd.

Figuur 8

3/7 1930. De kalkwerking bij toediening van gebluschte kalk op kleigrond. De hoogere giften geven planten van een andere habitus, dan de eerste gift.

Figuur 9

28/5 1931. Duidelijke werking van de siliciaatkalk; de hooge giften geven planten van andere habitus dan de lagere giften.

Figuur 10

25/8 1931. Zelfde cultuur als fig. 9.

Figuur 11

20/6 1931. Cultuur op den kleigrond van Rha, welke op het veld in 1927 in den zelfden kalktoestand is gebracht, als die der cultuurpotten met gebluschte kalk.

Figuur 12

25/8 1931. Zelfde cultuur als fig. 11.

Figuur 13

Microfoto van Silicakalk, bij 60-voudige vergrooting. Men lette op den eigenaardigen vorm en de stukjes met „gaatjes”.

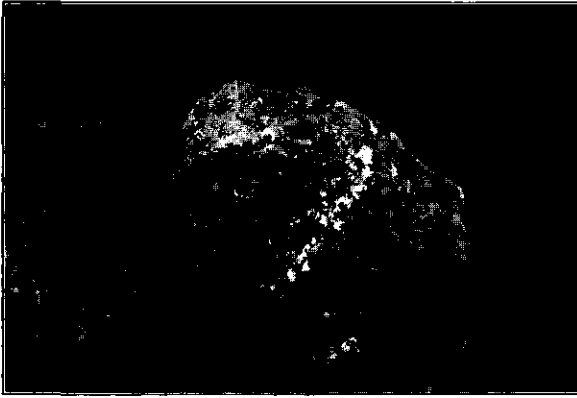


Fig. 1



Fig. 2

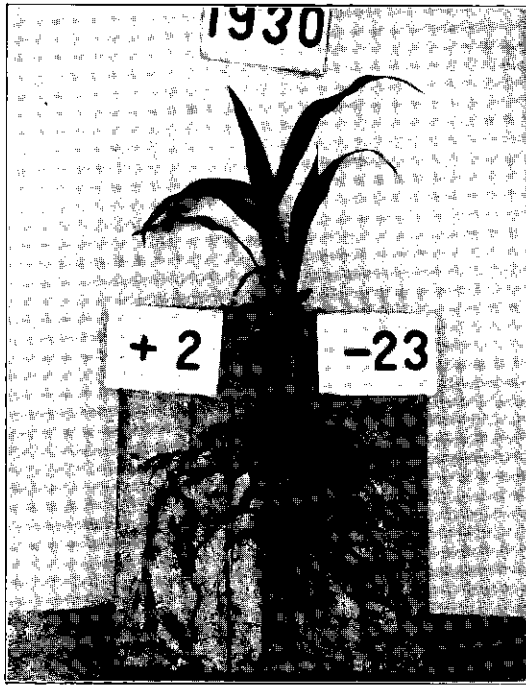


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

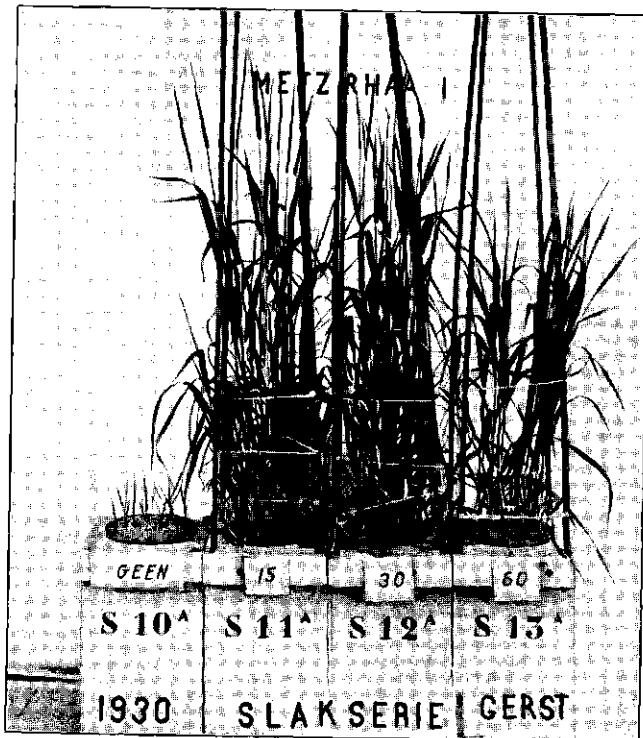


Fig. 6

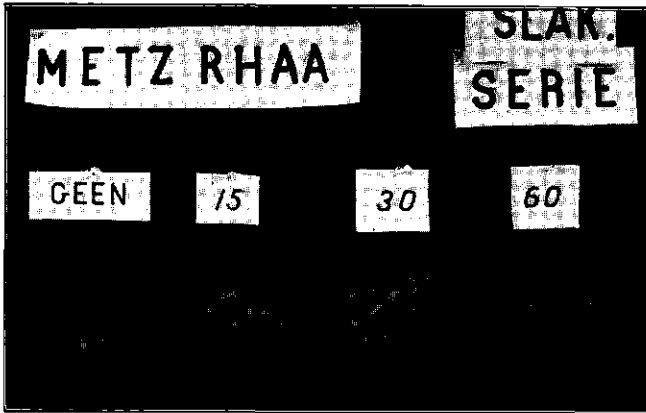


Fig. 7



Fig. 8

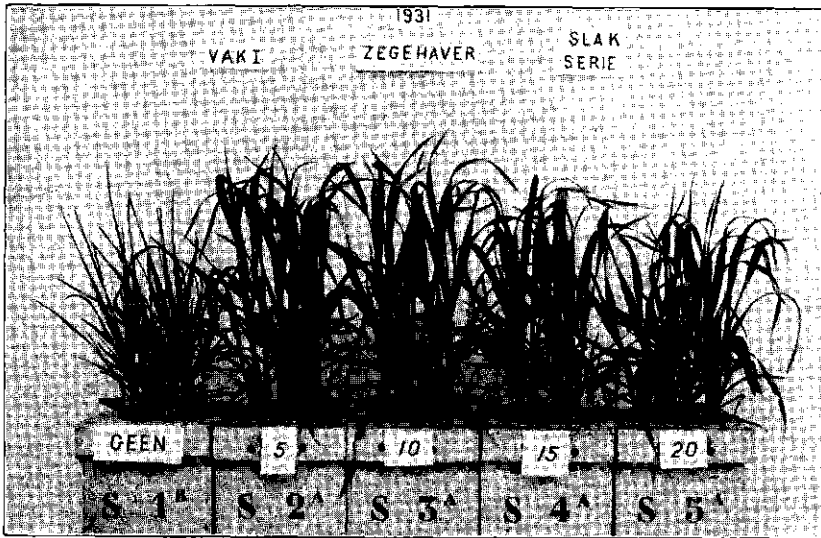


Fig. 9

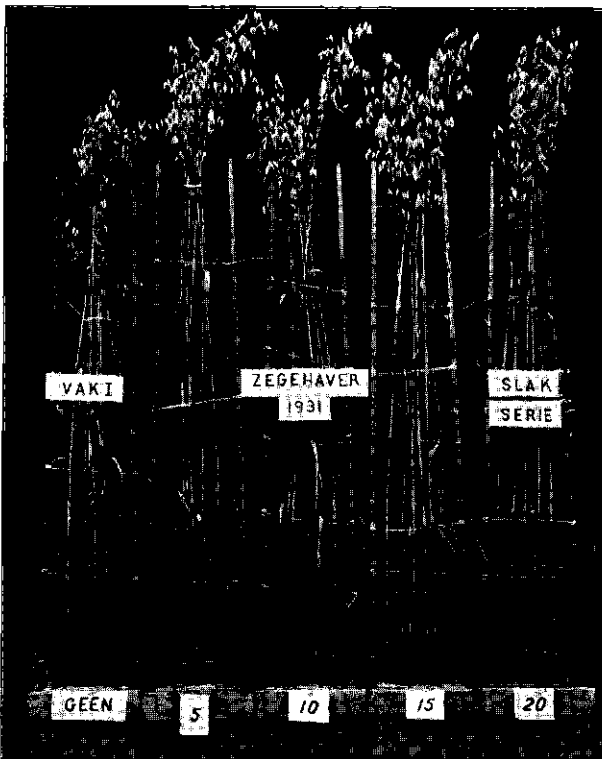


Fig. 10

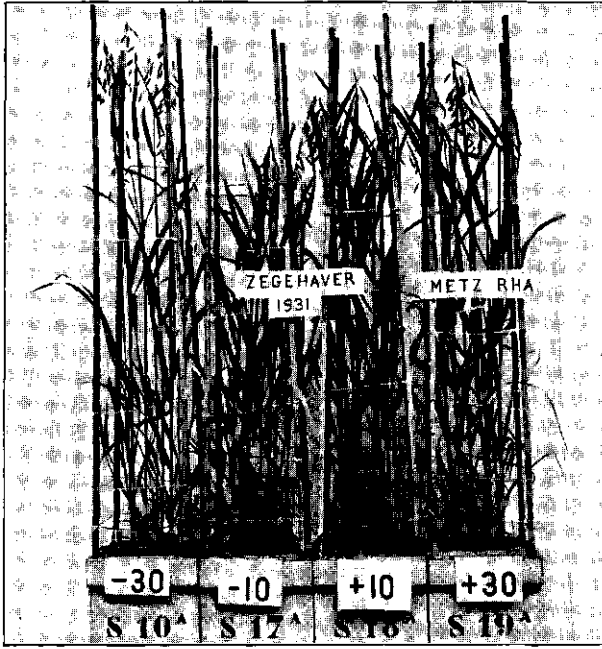


Fig. 11

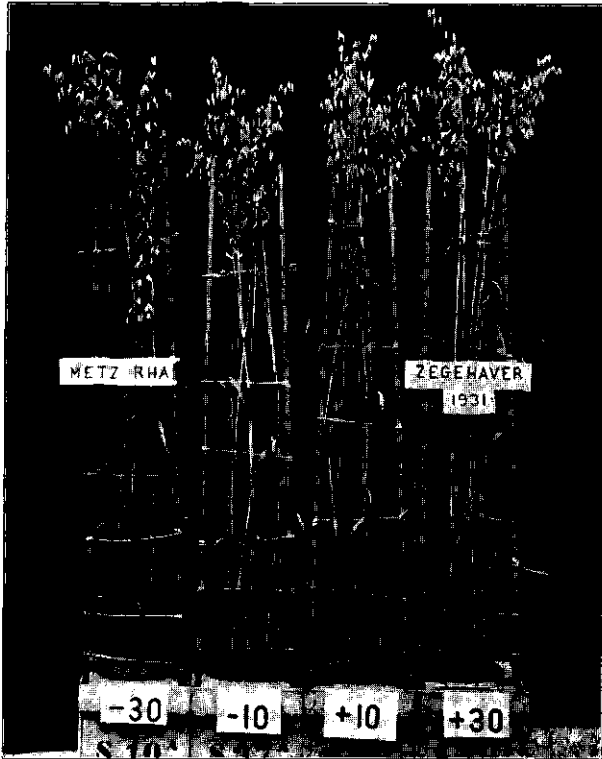


Fig. 12

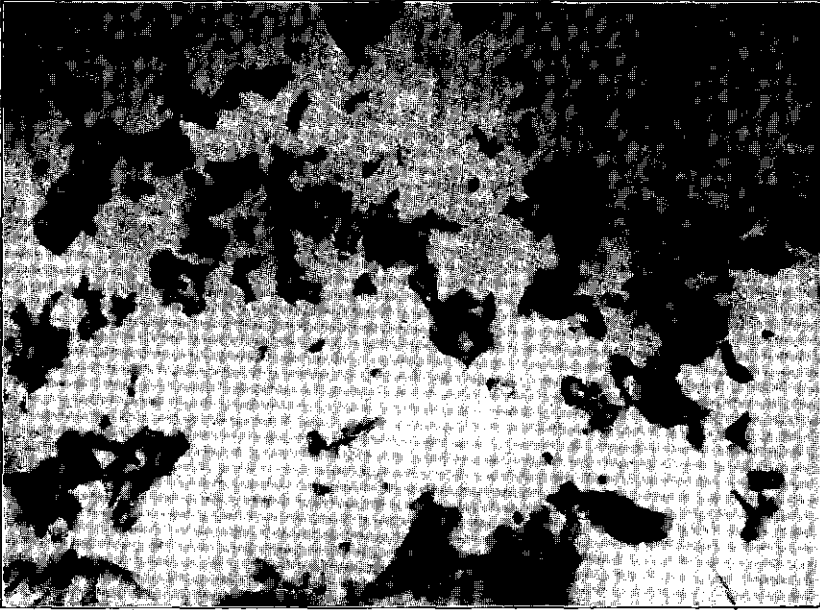


Fig. 13