# DE INVLOED VAN DEN BASENTOESTAND VAN DEN GROND OP DE ONTWIKKELING VAN DE THEEPLANT

(THEA SINENSIS LINN.)

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

IR. J. H. THAL LARSEN TE VERDEDIGEN TEGEN

DE BEDENKINGEN VAN EENE COMMISSIE UIT

DEN SENAAT DER LANDBOUWHOOGESCHOOL

TE WAGENINGEN OP

VRIJDAG, 8 JULI 1932 TE 15 UUR

DOOR

P. M. H. H. PRILLWITZ

H. VEENMAN & ZONEN — WAGENINGEN — 1932

## STELLINGEN

### I

Gronden met een relatief basenarm adsorbeerend complex zijn gunstig, gronden met een relatief basenrijk complex, ongunstig voor de ontwikkeling van de theeplant.

### II

De adsorptie-capaciteit T van een grond is een conventioneele grootheid, die grooter is naarmate de OH-ionenconcentratie in de grondsuspensie bij het verzadigingspunt hooger is; bij de bepaling van den verzadigingsgraad V van het bodemcomplex is het rationeel het verzadigingspunt zoodanig te kiezen, dat voor gronden, die van nature een hoog gehalte aan actieve koolzure kalk bezitten, nagenoeg maximale V-waarden worden gevonden.

### III

De bepaling van den titerzuurgraad met Na-acetaat volgens de methode-VAGELER en die volgens de percolatie-methode zijn principieel verschillend; de uitkomsten verkregen volgens laatstgenoemde werkwijze zijn aanmerkelijk hooger.

### IV

Het gebruik van natrium- of lithium-oxalaat als dispersiemiddel bij de voorbehandeling van het grondmonster voor de slibanalyse (OLMSTEAD), verdient ook voor tropische gronden de voorkeur boven het gebruik van ammonia; de coagulatiegraad kan worden beoordeeld door vergelijking van de kleigehalten van met gedestilleerd water gesuspendeerde en met Na- of Li-oxalaat gedispergeerde monsters.

### V

Bij jongvulcanische tufgronden bestaat, de korrelgrootte der bodemdeeltjes als maatstaf aannemend, geen scherpe grens tusschen het reactieve en het niet-reactieve deel van het bodemcomplex.

VI

Toediening van $Ca(OH)_2$ in geringe concentratie heeft bij verscheidene tropische grondtypen geen coagulatie der minerale bodemcolloïden ten gevolge, hetgeen waarschijnlijk verband houdt met de samenstelling (verhouding $SiO_2$: sesquioxyden) van dit complex.

VII

De productie-intensiteit van een theeheester is geen juiste maatstaf voor de quantiteitsselectie.

VIII

Veldproeven bij de theecultuur dienen te worden opgezet volgens het vakkenproefsysteem, waarbij door voorpluk het verschil in productiviteit tusschen de objecten wordt vastgesteld.

IX

Methoden, waarbij de berekening van middelbare fouten berust op de variatie der verschillen tusschen de opbrengsten der objecten bij opeenvolgende oogsten, zijn voor de practische beoordeeling van de resultaten van bemestingsproeven bij de thee- en rubbercultuur, te verkiezen boven de „statistische" methode, waarbij de berekening berust op de variatie van de opbrengsten der parallelvakken.

X

Dat door beschaduwing van theetuinen met *Albizzia falcata* BACKER het optreden van *Helopeltis* wordt tegengegaan, is niet waarschijnlijk; eerder is het tegendeel het geval.

XI

De juistheid van de opvatting van TÜXEN, die aan den beuk op alle gronden, waar deze houtsoort zich niet meer op natuurlijke wijze instand kan houden, een meer schadelijke dan gunstige werking op de bodemgesteldheid toeschrijft en derhalve het aanplanten hiervan op de bedoelde gronden afkeurt, is voor de betere boniteiten allerminst bewezen.

TÜXEN, R. „Ist die Buche die „Nährmutter" des deutschen Waldes?"
Forstarchiv 1932, Heft 1–2.

## XII

Om de politieke stroomingen onder de Nederlandsche bevolking in Ned.-Indië in den Volksraad beter tot haar recht te doen komen, is het gewenscht dat:

*a*) de verkiezing van de Nederlandsche leden der gemeenteraden geschiedt volgens het principe van evenredige vertegenwoordiging der politieke partijen, en dat de wijze van stemming, bedoeld in art. 33 van de Kiesordonnantie-Gemeenteraden, over de candidaten persoonlijk, komt te vervallen;

*b*) aan de buiten de gemeenten woonachtige Nederlanders actief kiesrecht voor Nederlandsche leden der regentschapsraden wordt toegekend, althans op Java en Madoera.

# VOORWOORD

Het is mij een behoefte hier mijn bijzonderen dank te betuigen aan U, Hooggeleerde HUDIG, hooggeachte promotor, voor de bereidwilligheid, waarmede U, niettegenstaande de vele werkzaamheden die U in den laatsten tijd in beslag namen, mij terzijde hebt willen staan bij de uitwerking van dit bodemkundig onderzoek. Uw belangstelling voor het landbouwkundig werk bij de tropische cultures kan niet genoeg worden gewaardeerd, en Uw practische ervaring en critischen blik zullen ongetwijfeld bijdragen tot overwinning van de vele moeilijkheden die zich bij de landbouwkundige problemen, in het bijzonder bij de overjarige cultures in Ned.-Indië, voordoen.

Aan U, Hooggeleerde ABERSON, die mij in de grondbeginselen van de landbouwscheikunde hebt ingeleid en mijn belangstelling voor deze wetenschap hebt opgewekt, voel ik mij zeer verplicht.

Zeergeleerde DEUSS, Uw zeer gewaardeerde steun en medewerking, die ik bij het onderzoek steeds mocht ondervinden, zijn voor mij onmisbaar geweest.

Dat het Algemeen Landbouw Syndicaat te Batavia mij in de gelegenheid stelde, mijn studie aan de Landbouwhoogeschool te voltooien, heb ik hoogelijk op prijs gesteld.

Mij rest nog een woord van dank aan den heer G. VAN KOETSVELD, assistent aan het Proefstation West-Java te Buitenzorg, voor de nauwgezetheid, waarmede hij de contrôle der proeven verrichtte.

## INHOUD

I

pag.

Inleiding ..... 1

II

Het onderzoek der gronden.

§ 1. De methode, toegepast bij het onderzoek der bij de proeven gebruikte gronden ..... 5

§ 2. Eenige beschouwingen omtrent de toegepaste methoden.

*a*) De bepaling van den verzadigingstoestand ..... 13

*b*) Het adsorptievermogen van eenige tropische gronden in verband met de korrelgrootte der deeltjes ..... 26

III

Vegetatie-proeven met jonge theeplanten.

a) Inleidende onderzoekingen ..... 37

*b*) Overzicht van de bij de proeven gebruikte grondsoorten ..... 41

*c*) Opzet der potproeven ..... 43

*d*) Gemeten grootheden ter beoordeeling van de vegetatieve ontwikkeling ..... 46

*e*) Resultaten der potproeven ..... 47

*f*) Veldproeven met jonge theeplanten ..... 86

IV

Samenvatting der resultaten ..... 89

V

De invloed van zwavel en kalk op eenige eigenschappen van den grond.

*a*) Colloïd-chemische eigenschappen ..... 95

*b*) Physische eigenschappen ..... 106

VI

Slotbeschouwing ..... 110

Literatuurlijst ..... 112

Bijlage (afzonderlijke gegevens der vegetatie-proeven) ..... 115

# I. INLEIDING

In tegenstelling met de in de laatste jaren in Europa verrichte talrijke onderzoekingen omtrent den invloed van het *evenwicht tusschen basen en zuren in den grond* op verschillende cultuurgewassen, is voor tropische cultures en wel in 't bijzonder voor de *overjarige cultures* het aantal onderzoekingen op dit gebied nog betrekkelijk gering [1]). Toch heeft men door statistische gegevens en door veeljarige ervaring in de practijk, zich veelal kunnen oriënteeren nopens de eischen, die overjarige cultures aan den grond stellen.

Zoo was het bij de *theecultuur* op Java mogelijk uit een groot aantal gegevens omtrent grondgesteldheid en productiviteit van den aanplant vast te stellen, dat de theeplant op basenrijke gronden, die een alkalische reactie van de suspensie vertoonen, zeer slecht of in het geheel niet gedijt; daarentegen op basenarme gronden, met een zure reactie van de suspensie, hooge producties kan geven. De hoogste producties per hectare worden op Java bereikt op de gronden van de Pengalengansche hoogvlakte; deze reageeren doorgaans zuur (pH 4,8–5,5) [2]).

In Britsch-Indië heeft men dezelfde ervaring opgedaan [3]); goed produceerende theeaanplantingen treft men daar aan op gronden met een pH, varieerend van 4,5 tot 6,0 [4]). Op Java staan verscheidene goed produ-

---

[1]) Verslag van de 12e vergadering v. d. Vereeniging van Proefstationpersoneel, 1931.

Na de praeadviezen en voordrachten op deze vergadering kwam men inzake het verzadigingsvraagstuk van den grond tot de volgende slotsom:

„Het eerste bijeengebrachte materiaal over den invloed van de basen-verzadiging van den grond op tropische cultuurgewassen levert voldoende positieve resultaten op, om aanleiding te zijn tot een diepergaand onderzoek voor diverse cultures. De uit te werken landbouwscheikundige methodiek zal afhankelijk moeten zijn van grondtype en gewas."

[2]) De reactie van de grondsuspensie wordt bepaald door het evenwicht tusschen basen en zuren in den grond of anders gezegd door de verhouding van de hoeveelheid OH-ionen en H-ionen in de suspensie. De H-ionenconcentratie wordt aangegeven door het reactiegetal pH (negatieve logarithme van de H-ionenconcentratie). Bij pH = 7,0 is de concentratie van H- en OH-ionen nagenoeg gelijk en spreekt men van een neutrale reactie van de suspensie. Bij pH $<$ 7,0 is de H-ionenconcentratie grooter dan de OH-ionenconcentratie; de grondsuspensie reageert dan zuur. Bij pH $>$ 7,0 reageert de grondsuspensie alkalisch. De pH-waarden zijn bedoeld voor een suspensie van den grond met gedestilleerd water.

[3]) Carpenter, P. H., Cooper, H. R. and Harler, C. R.: „Soilacidity and the use of lime on tea soils." Quart. Journ. Ind. Tea Ass., 1925–I.

[4]) Harrison, C. J. „The acidity of tea soils of North East India". Quart. Journ. Ind. Tea Ass. 1930–IV.

ceerende theetuinen op gronden met een pH 4; de reactiegetallen van goede theegronden varieeren hier tusschen 4 en 6.

De theegronden van Java, in hoogteligging varieerend van 300 tot 1800 meter boven zee, verkeeren in zeer verschillende stadia van verweering; bovendien behooren zij tot verschillende geologische formaties. Het gevolg hiervan is, dat men er zeer uiteenloopende grondtypen bij aantreft, hetgeen voor DEUSS aanleiding was om de theegronden van Java en Sumatra in een aantal groepen te verdeelen [1]).

Als uitersten staan bij de theegronden van Java tegenover elkander de hooggelegen jongvulcanische humeuse tufgronden en de laaggelegen reeds tamelijk seniele leemhoudende kleigronden, met een zeer laag humusgehalte en vrijwel zonder mineralenreserve; tusschen deze uitersten treft men vele overgangsvormen aan.

Bij voortschrijdende, hoofdzakelijk chemische verweering van den grond in het extreem humiede klimaat heeft een sterke uitlooging plaats. De aard van dit uitloogingsproces is van verschillende factoren afhankelijk; o.a. speelt het humusgehalte van den bovengrond hierbij een belangrijke rol [2]). Het basengehalte van den grond neemt ten gevolge van de uitlooging geleidelijk af, want verweering van de mineralenreserve is op den langen duur niet in staat het verlies te dekken. Gepaard aan deze basen-onttrekking hebben vele andere veranderingen en omzettingen in den bodem plaats, met als natuurlijk gevolg dat gronden in verschillend stadium van verweering, niet in enkele, maar in nagenoeg alle chemische en physische eigenschappen van elkander afwijken. Dit laatste wordt gedemonstreerd door de fig. 1 en 2, waarbij de analyseresultaten van 280 monsters (bovengrond), afkomstig van 120 verschillende theeondernemingen op Java, grafisch zijn geinterpreteerd. Het bij de theecultuur op statistische wijze nagaan van de invloed van een enkelen productie-beïnvloedenden factor, is daarom slechts in zeer beperkte mate mogelijk.

De invloed van den basenverzadigingstoestand [3]) van den grond op het gewas, kan daarom slechts nagegaan worden aan de hand van *systematische proeven met verschillende grondtypen*, waarbij de gronden aan den eenen kant door toevoeging van opklimmende hoeveelheden *kalk*, *basenrijker* en dus *hooger verzadigd*, en aan den anderen kant door toevoeging van opklimmende hoeveelheden *zwavel*, *basenarmer* en dus *minder verzadigd* worden gemaakt.

Uit de ontwikkeling van de planten op gronden met aldus *sprongs-*

---

[1]) DEUSS, J. J. B.: „Over de theegronden van Java en Sumatra". Meded. v. h. Alg. Proefst. voor Thee, No. 55, 1917 en No. 89, 1924, pg 25 e.v.

[2]) MOHR, E. C. J.: „De grond van Java en Sumatra". 1922, pg 18 e.v.

[3]) Naast de bepaling van den actueelen zuurgraad (pH) van de suspensie van den grond, is een andere wijze om het evenwicht tusschen basen en zuren in den grond tot uitdrukking te brengen, de bepaling van het *relatieve* basengehalte of den *verzadigingstoestand* van den grond. Deze grootheid geeft de verhouding aan van de hoeveelheid geadsorbeerde basen (Ca, Mg, K, Na en $NH_4$) in het bodemcomplex tot de hoeveelheid adsorptief gebonden basen, die de grond onder bepaalde omstandigheden *maximaal* kan bevatten.

*gewijs veranderden verzadigingstoestand,* waarbij alle andere groeifactoren zooveel mogelijk gelijk dienen gemaakt te worden, kan men met eenige nauwkeurigheid het optimale groeigebied bepalen. Dit onderzoek, opgevat als *practisch landbouwkundig probleem,* moet wat betreft de *theecultuur,* in twee gedeelten gesplitst worden:

I. *De verzadigingstoestand van den grond in verband met den groei van jonge theeplanten, met als criterium de vegetatieve ontwikkeling.*

II. *De verzadigingstoestand van den grond in verband met het productievermogen van den volwassen theeaanplant en de qualiteit van het product.*

De sub I bedoelde proeven omvatten in de practijk in hoofdzaak:

1e. *Kweekerij-proeven met dicht plantverband.*

Uit den aard der zaak speelt hierbij de qualiteit van het blad geen rol; er wordt gestreefd naar een zoo goed mogelijk slagen der uitgelegde zaden, snellen groei der planten, en vorming van een goeden penwortel. Ten slotte is het van belang, dat de kweekplanten, na het „stumpen" en overplanten, zich op de ontginningen goed ontwikkelen.

2e. *Proeven bij nieuwe aanplantingen met normaal plantverband,* hetzij dat hierbij zaden dan wel „stumps" als plantmateriaal worden gebruikt. Hierbij komt het, behalve op een snelle ontwikkeling van de planten, aan op een groot regeneratievermogen na den eersten snoei; de aanplant wordt dan eerder productief. De hier bedoelde proeven kunnen op 2 wijzen worden opgezet:

*a*) proeven, waarbij alleen de grond, waarmede het *plantgat* wordt opgevuld, met kalk of zwavel gemengd wordt [1]); buiten de plantgaten blijft de bouwkruin grootendeels in den natuurlijken toestand.

*b*) proeven, waarbij vóór de beplanting de bovengrond over de *geheele oppervlakte* tot op zekere diepte ($\pm$30 cm) met kalk of zwavel zoo regelmatig mogelijk gemengd wordt. Deze proeven gaan later over in productie-proeven en zijn als zoodanig doeltreffender dan proeven, die ingezet worden met reeds bestaande aanplantingen.

De sub II bedoelde proeven met reeds bestaande *produceerende* theeaanplantingen geven vele moeilijkheden. In verband met de *diepe bewortelingg* van het gewas is het onmogelijk zonder sterke wortelbeschadiging de bij deze proeven te gebruiken meststoffen — kalk en zwavel — met den grond te vermengen; dit bezwaar is bij deze proeven niet te ondervangen. Bovendien moeten proeven met overjarige gewassen jarenlang worden voortgezet, wil men niet het gevaar loopen slechts voorbarige conclusies te trekken; in 't bijzonder geldt dit voor de *theecultuur,* bij welke de aanplant tientallen jaren productief blijft. Behalve het productievermogen van den aanplant zijn hierbij verschillende andere quaesties van belang. De belangrijkste vragen die zich voordoen zijn:

---

[1]) Inhoud van het plantgat ca $^1/_{30}$ m$^3$; diepte 60 cm; plantverband varieerend van 0,9 × 1,2 m tot 1,2 × 1,5 m.

1e. Welken invloed hebben *kunstmatige verhooging en verlaging van den verzadigingstoestand* — en de hiermede samenhangende *reactiewijziging* van den grond in alkalische resp. zure richting — op de *productiviteit* van den theeaanplant en op de *qualiteit* van het product?

2e. In hoeverre wordt door die maatregelen, in het bijzonder door zwavelbemesting, het *voedingsstoffenkapitaal* in de bouwkruin *op den duur* verminderd, zoodat ten gevolge van verarming van den grond de productie later zal dalen en in hoeverre zal het mogelijk zijn dit door kunstbemesting tegen te gaan?

3e. Welken invloed hebben zij op de vatbaarheid der theeheesters voor aantasting door *bladschimmels* en *wortelschimmels?*

4e. Hoe reageeren de in vrijwel alle theetuinen tusschengeplante *Leguminosen* hierop?

Deze vraagstukken zullen uiteindelijk slechts opgelost kunnen worden door jarenlang voortgezette *veldproeven*, waarbij de opbrengsten der verschillende objecten afzonderlijk bepaald worden en op geregelde tijden qualiteitsbeoordeelingen plaats hebben.

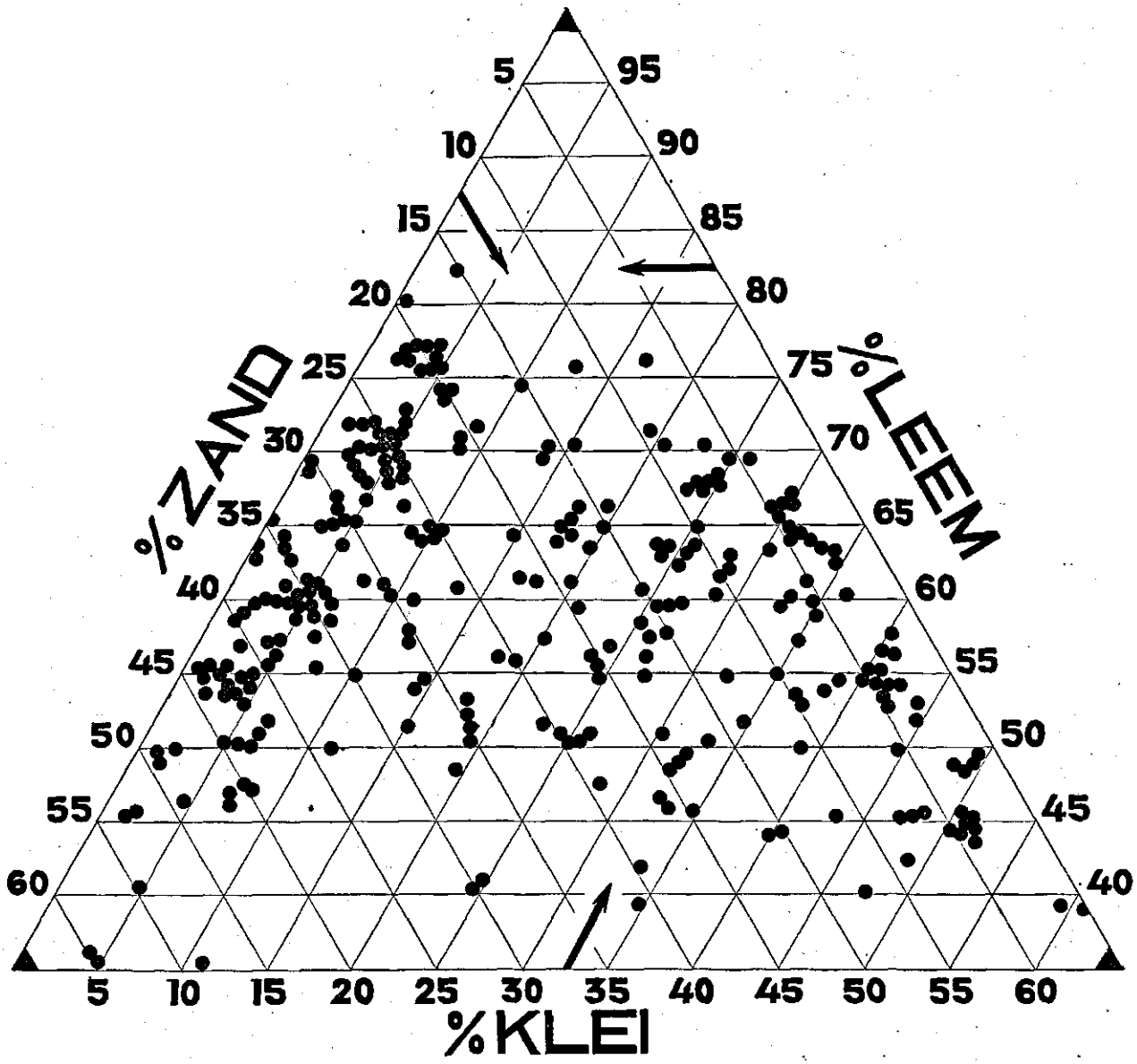
Door het *grondonderzoek* zal men in staat zijn de gevolgen van de genomen maatregelen, wat betreft het *voedingsstoffenkapitaal* in den grond, te voorzien, en de oorzaken van zich voordoende verschijnselen beter kunnen beoordeelen; *de grondanalyse is derhalve een onmisbaar hulpmiddel.*

*Potproeven.* Een groot bezwaar van alle veldproeven op dit gebied, is de moeilijke bereikbaarheid van een *intensieve menging* van kalk en zwavel tot een bepaalde diepte in den grond [1]). Aangezien evenwel intensieve menging een eerste vereischte is voor de betrouwbaarheid der proeven, bleek het noodzakelijk, naast veldproeven, *potproeven* aan te zetten. Deze laatste wijze van experimenteeren heeft vele voordeelen; menging van kalk en zwavel met den grond is hierbij beter mogelijk, terwijl de omstandigheden, waaronder de planten groeien (beschaduwing, watervoorziening, etc.) practisch voor alle potten gelijk kunnen worden gemaakt. De proeven en de hierbij verrichte grondanalysen geven dan ook meer nauwkeurige resultaten. Uiteraard zijn potproeven meer geschikt voor het experimenteeren met jonge theeplanten. De in hoofdstuk III behandelde vegetatie-proeven, als grondslag dienende voor het verdere onderzoek, zijn daarom in hoofdzaak beperkt tot *potproeven met jonge thee.*

---

[1]) Regelmatige verdeeling van kalk c.q. zwavel is noodzakelijk om overal in den grond dezelfde H-ionenconcentratie te verkrijgen. Ophoopingen of plaatselijke tekorten der toegevoegde stoffen moeten vermeden worden; de grond moet een homogene massa vormen, om voor de wortelontwikkeling overal zooveel mogelijk gelijke omstandigheden te scheppen.

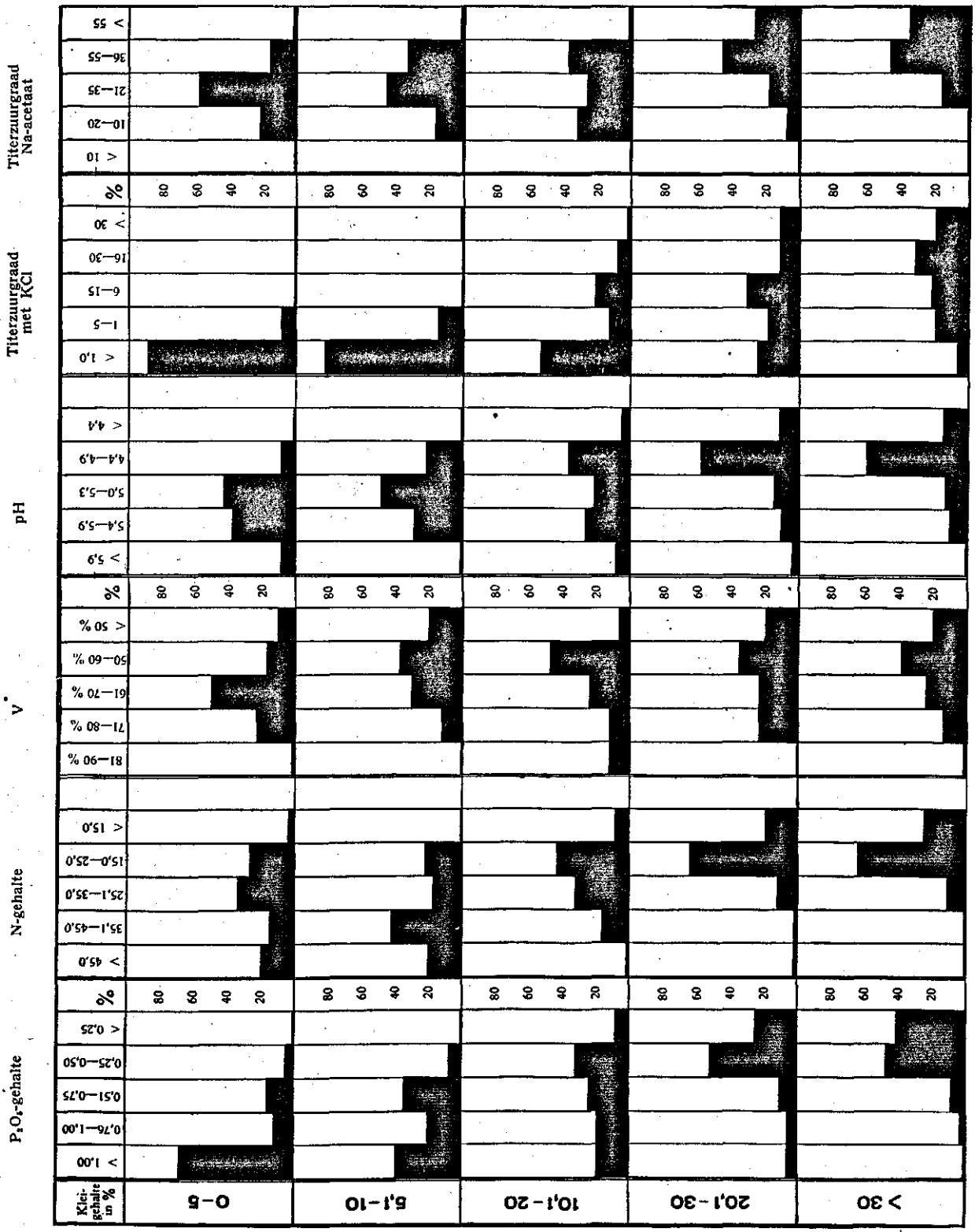
Fig. 1




Granulaire samenstelling van 280 monsters van theegronden op Java. Gronden met meer dan 65% zand, minder dan 35% leem of meer dan 65% klei, komen slechts bij uitzondering voor en zijn in deze figuur niet opgenomen. Bij de slibanalyse werden de monsters met $NH_4OH$ voorbehandeld.

| Kleigehalte ..... | 0–5% | 5,1–10% | 10,1–20% | 20,1–30 % | >30% |
|---|---|---|---|---|---|
| Frequentie..... | 82 | 41 | 37 | 48 | 72 |

Fig. 2




Grafische interpretatie van eenige analyseresultaten van 280 monsters van theegronden op Java. De gronden zijn naar het kleigehalte gesplitst in 5 groepen; evenzoo zijn van de verschillende eigenschappen 5 klassen gevormd. Voor iedere groep is de frequentie van de hieronder genoemde eigenschappen in % aangegeven:

1e. $P_2O_5$-gehalte (in citroenz. opl.) } aangegeven in quintalen
2e. N-gehalte..... } per ha per 10 cm dikte;
3e. V (verzadigingspercentage);
4e. pH van de watersuspensie;
5e. titerzuurgraad met n. KCl..... } per 100 cc grond (per 250 cc vloeistof).
6e. titerzuurgraad met n. Na-acetaat }

(Voor de analysemethoden zie hfdst. II).

## II. HET ONDERZOEK DER GRONDEN

### § 1. DE METHODEN, TOEGEPAST BIJ HET ONDERZOEK DER BIJ DE PROEVEN GEBRUIKTE GRONDEN

Bij de grondanalysen op het Agrogeologisch Laboratorium der Bergcultures te Buitenzorg gaat men uit van een bepaald volume vochtigen grond [1]; de resultaten worden per *volume-eenheid* aangegeven met vermelding van het gehalte aan drogen grond. Tengevolge van het in verschillende grondmonsters sterk wisselende gehalte aan droge stof per volume-eenheid, zijn de gegevens van verschillende gronden onderling minder gemakkelijk vergelijkbaar; de op de proeven betrekking hebbende gegevens van het grondonderzoek werden daarom omgerekend op grammen c.q. milligramaequivalenten per 100 g drogen grond.

a) *Algemeene gegevens.*

De bij de proeven vermelde gegevens zijn: de *granulaire samenstelling* (textuur), het gehalte aan *gemakkelijk oxydeerbare organische stof, matière noire, totaal stikstof, totaal phosphaat* en *in citroenzuur oplosbaar phosphaat* (bij éénmalige extractie).

Deze gegevens hebben betrekking op den grond uit het niet met kalk of zwavel bemeste contrôle-object [2] en werden door het Agrogeologisch Laboratorium der Bergcultures bepaald volgens de methoden, beschreven in het „Archief voor de Theecultuur", Jan. 1928, No. 2. [3]

De mechanische analyse werd uitgevoerd met gezeefden grond (<2 mm), volgens de pipetmethode (KRAUSS–ROBINSON), waartoe de monsters werden voorbehandeld met een geringe hoeveelheid ammonia en daarna gedurende 6 uren geroteerd werden. Door deze wijze van voorbehandeling wordt niet de maximale dispersie van den grond bereikt. (Zie § 2). Het monster wordt in *10 fracties* gesplitst (ATTERBERG).

---

[1]) Het geheel luchtdroog maken van tropische gronden voor de scheikundige analyse heeft verschillende bezwaren; zoowel de hoeveelheid uitwisselbare basen als de titerzuurgraad met KCl en met Na-acetaat, kunnen er belangrijk door verminderen, ten gevolge waarvan men dus geen juist beeld van den natuurlijken toestand van den grond zou krijgen. Men doet daarom beter de grondmonsters niet langer te drogen dan totdat het watergehalte 20 à 25% van het gewicht bedraagt.

[2]) De phosphaatcijfers zijn door toediening van het dubbelsuperphosphaat uiteraard hooger dan die van den oorspronkelijken grond.

[3]) VAGELER, P. W. E.: „De analysemethoden van het Agrogeologisch Laboratorium van het Proefstation voor Thee".

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| fractie 1 | = 1 –2 | mm | fractie 4 | = 100–250 $\mu$ | | fractie 9 | = $\frac{1}{2}$–2 $\mu$ |
| „ 2 | = 0,5 –1 | „ | „ 5 | = 50–100 $\mu$ | | „ 10 | = $<\frac{1}{2}$ $\mu$ |
| „ 3 | = 0,25–0,5 | „ | „ 6 | = 20–50 $\mu$ | | *klei* | = $<2$ $\mu$ |
| *zand* | = 0,25–2 | „ | „ 7 | = 5–20 $\mu$ | | | |
| | | | „ 8 | = 2–5 $\mu$ | | | |
| | | | *leem* | = 2–250 $\mu$ | | | |

b) *Bepalingen in verband met de beoordeeling van het resultaat der vegetatieproeven.*

1° Gehalte aan uitwisselbare basen.
2° Gehalte aan uitwisselbare kalk.
3° *a*) Titerzuurgraad met chloorkalium („Uitwisselingsaciditeit" volgens KAPPEN [1]), HOPKINS [2]) en DAIKUHARA [3]).
*b*) Titerzuurgraad met natrium-acetaat („Hydrolytische aciditeit" volgens KAPPEN [1])).
4° Adsorptiecapaciteit.
5° Basenverzadigingstoestand.
6° Waterstofionenconcentratie. (pH = reactiegetal).

1° *Het gehalte aan uitwisselbare basen.*

De bepaling hiervan geschiedde volgens de methode GEDROIZ [4])–VAGELER, waarbij de grond met $\frac{n}{20}$ HCl geëxtraheerd wordt. Deze methode is alleen bruikbaar voor gronden, welke een zure reactie van de watersuspensie vertoonen, hetgeen met nagenoeg alle theegronden van Java het geval is.

Door behandeling van den grond met $\frac{n}{20}$ HCl wordt een deel der geadsorbeerde basen door H-ionen uit het kleihumuscomplex verdrongen; de uitgewisselde hoeveelheid basen is afhankelijk van de hoeveelheid toegevoegd zuur (H-ionen) [5]). Men kan de reactie eenvoudig aldus voorstellen:

---

[1]) KAPPEN, H.: „Die Bodenazidität", 1929.

[2]) HOPKINS, C. G., KNOX, W. H. and PETTIT, J. H.: „A quantitative method for determining the acidity of soils". U.S. Dept. of Agr. Bull. 73, 1903, pg 114.

[3]) DAIKUHARA, G.: „Über saure Mineralböden". Bull. Imp. Centr. Agr. Exp. Station Japan 1914, No. 2.

[4]) GEDROIZ, K. K.: Verh. 2e comm. I. B. G., Groningen 1926. Deel A, pg 224. (Resumé PAGE, H. J.).

———: „Chemische Bodenanalyse", 1926, pg 125.

[5]) STEBUTT, A.: „Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde", 1930, pg 214: „Der Umtausch ist ein dynamisches Gleichgewicht, das aus dem Eintauschbestreben der eintauschenden und dem Austauschwiderstand der adsorbierten Ionen resultiert; er besteht also nicht in dem einseitigen Vorgange der Bindung durch Adsorption allein, sondern in einem kinetischen Hin- und Herwandern der Ionen.

Das Umtauschgleichgewicht ist darum auch von der Electrolytkonzentration in der Lösung abhängig. Die Haftintensität, der Austauschwiderstand der adsorbierten Ionen wächst mit fortschreitender Abdissoziation, d.h. je weniger Ionen im Adsorbens bleiben, desto stärker haften sie an ihm an (der gewöhnliche Einflusz des Druckes bei kinetischen Gleichgewichtszuständen). Die letzte Ionenportion musz so stark

$$\text{kleihumuscomplex}\left\{\begin{array}{l}\text{Ca}\\ \text{Mg}\\ \text{K}+7\text{HCl}\\ \text{Na}\\ \text{NH}_4\end{array}\right. \rightleftarrows \text{kleihumuscomplex}\left\{\begin{array}{l}\text{H}+\text{CaCl}_2\\ \text{H}+\text{MgCl}_2\\ \text{H}+\text{KCl}\\ \text{H}+\text{NaCl}\\ \text{H}+\text{NH}_4\text{Cl}\\ \text{H}\\ \text{H}\end{array}\right.$$

(adsorptie-evenwicht)

Door titratie van het filtraat met $\frac{n}{10}$ NaOH bepaalt men de hoeveelheid uitgewisselde basen Ca, Mg, K, Na en $NH_4$. Om de totale hoeveelheid adsorptief gebonden basen te berekenen, wordt van de door VAGELER [1]) voor polaire adsorptie-reacties opgestelde mathematische vergelijking $Y = \frac{XS}{X + qS}$ gebruik gemaakt.

In deze vergelijking stellen voor:

Y = aantal milligramaequivalenten (M.E.) uit het adsorbtie-complex verdrongen basen.

X = aantal M.E. aan den grond toegevoegde H-ionen.

S = aantal M.E. totaal geadsorbeerde basen (grenswaarde, welke bereikt zou worden, indien X oneindig groot zou zijn).

q = een constante, welke o.m. afhankelijk is van den aard van het kation en van de grondsoort (adsorptie-modulus).

Zet men de hoeveelheden basen, die bij toenemende hoeveelheden $\frac{n}{20}$ HCl ten opzichte van eenzelfde hoeveelheid grond verdrongen worden, uit in een grafiek, waarbij de hoeveelheden basen op de ordinaat en de hoeveelheden zuur op de abcis worden uitgezet, dan vormen de opeenvolgende punten een kromme, die *„verdringingscurve"* genoemd wordt.

Bij de afleiding van bovenstaande vergelijking werd aangenomen, dat de verdringingscurve een hyperbolisch verloop heeft, waarbij de vorm van de curve door de adsorptiemodulus q bepaald wordt [2]).

Indien van de verdringingscurve minstens twee punten bepaald worden,

---

anhaften, dasz die eintauschenden Ionen nicht mehr im Stande sind, sie zu verdrängen und ihr Eintausch schliesslich zum Stillstand kommt. Daher steht das Ein- und Austauschgleichgewicht in Abhängigkeit von dem Mengenverhältnis der Eintauschkationen zu den Austauschkationen in der Lösung; der Umtausch dauert so lange, als sich bei beiden Ionenarten eine Gleichgewichtskonzentration einstellt."

[1]) VAGELER, P. W. E.: „Mathematische analyse van verdringingsverschijnselen in den grond". Tijdschrift „Landbouw", N. O. I, Jrg. 1927–28.

———: „Over de bemesting met kalihoudende kunstmeststoffen". Landbouwk. Tijdschr., Sept., 1931.

VAGELER, P.W. E. en WOLTERSDORF, J.: „Beiträge zur Frage des Basenaustausches und der Aziditäten". Ztschr. Pfl. Dng. und Bdk. A–XV–6 en XVI–3/4.

[2]) VENEMA, K. C. W. („De titratieconstanten van HOPKINS en DAIKUHARA", Landbk. Tijdschr., Aug. 1931) heeft aan de hand van eenige adsorptie-gegevens kunnen aantoonen, dat althans het eerste gedeelte van de verdringingscurve in de door hem aangehaalde gevallen goed met een hyperbolische kromme overeenkomt.

kan men de grenswaarde S, d.i. de totale hoeveelheid uitwisselbare basen, met practisch voldoende nauwkeurigheid berekenen.

Voor het geval dat men het tweede punt ($Y_2$) van de curve bepaalt bij een 4× grootere verhouding zoutzuur : grond, als die waarbij het eerste punt ($Y_1$) wordt bepaald, wordt S berekend uit de vergelijking [1]: $S = \frac{3\,Y_1\,Y_2}{4\,Y_1 - Y_2}$.

Gemakshalve wordt deze vergelijking geschreven: $S = \frac{3\,S_1\,S_2}{4\,S_1 - S_2}$.

Werkwijze: Voor de $S_1$-bepaling wordt 20 cc vochtige grond met 100 cc $\frac{n}{20}$ HCl (verhouding 1 : 5) gedurende *één uur* geroteerd of geschud; 50 cc van het filtraat wordt met $\frac{n}{10}$ NaOH en phenolphtaleine als indicator getitreerd:

$S_1$ = 25 — aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH = M.E. uitgewisselde basen per 100 cc grond.

Voor de $S_2$-bepaling wordt 10 cc vochtige grond met 200 cc $\frac{n}{20}$ HCl geschud (verhouding 1 : 20); 100 cc van het filtraat wordt op overeenkomstige wijze getitreerd:

$S_2$ = 2 (50 — aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH) = M.E. uitgewisselde basen per 100 cc grond.

De berekende waarde van S wordt omgerekend op 100 g drogen grond.

Door de HCl-behandeling gaat steeds aluminium in oplossing, dat bij de titratie met NaOH als $Al(OH)_3$ neerslaat. De loog wordt zoolang toegevoegd tot een blijvende rose kleur van den indicator is bereikt; $AlCl_3$ wordt dus als zuur meegetitreerd.

De gehalten aan uitwisselbare basen van gelijke gewichtshoeveelheden van verschillende gronden zijn onderling niet vergelijkbaar, doordat gelijke gewichtshoeveelheden grond niet dezelfde hoeveelheid *reactieve bestanddeelen* (humus en kleideelen) bevatten. De hoeveelheid uitwisselbare basen per 100 g grond kan derhalve geen maatstaf zijn voor de beoordeeling van den *basentoestand* van den grond. Voor de humuszandgronden in Nederland werd dit bezwaar door HUDIG [2]) ondervangen door bij de bepaling van den *kalktoestand* van deze gronden, niet uit te gaan van een bepaald gewicht aan grond, maar het monster zoo groot te nemen, dat het steeds een *gelijke* hoeveelheid humus (organische bestanddeelen) bevat. Het kalktoestandscijfer geeft aan hoeveel kg koolzure kalk per 1000 kg *humus* noodig zijn, om een reactie van de grondsuspensie (0,7 g humus op 50 cc vloeistof) te bereiken, die door pH 6,5 is gekenmerkt. In humuszandgronden is het minerale gedeelte van den grond, hoofdzakelijk uit kwartsdeeltjes bestaande, als *niet reactieve* massa te beschouwen, zoodat men hierbij vrijwel uitsluitend

---

[1]) Algebraïsch afgeleid uit de vergelijkingen:

$$Y_1 = \frac{XS}{X + qS} \text{ en } Y_2 = \frac{4\,XS}{4\,X + qS}$$

[2]) HUDIG, J.: „Über die kwantitatieve Bestimmung der Kalkbedürftigkeit der Humussandböden". Verhand. 2e Comm. I. B. G. Groningen, dl. A, 1926, pg 116.

met een *organisch adsorbeerend bodemcomplex* te maken heeft. In verband met de wenschelijkheid dit principe ook voor andere grondtypen toe te passen [1]), is het noodzakelijk na te gaan, welke grondfracties — naast de humus — een werkzaam aandeel bij de adsorptieverschijnselen hebben.

Volgens persoonlijke mededeeling van Prof. HUDIG blijkt dit bij de Nederlandsche kleigronden over het algemeen alleen het geval te zijn met de gronddeeltjes $<10\ \mu$, indien men de grondmonsters voor de mechanische analyse voorbehandelt volgens de methode OLMSTEAD (zie § 2); de grens is evenwel niet overal even scherp. Ook STEBUTT [2]) neemt tusschen de chemisch actieve en inactieve gronddeeltjes ongeveer deze grens aan. Eenige onderzoekingen in deze richting met *tropische* gronden (theegronden) zijn in § 2 medegedeeld, waaruit blijkt dat tropische gronden zich ten aanzien hiervan zeer verschillend gedragen.

2° *Het gehalte aan uitwisselbare kalk (Ca).*

In de $\frac{n}{20}$ HCl extracten, waarin $S_1$ en $S_2$ door titratie bepaald werden, wordt het kalkgehalte, na als Ca-oxalaat te zijn neergeslagen, titrimetrisch volgens de permanganaat-methode bepaald [3]).

In het $S_1$-extract: aantal cc $\frac{n}{10}$ $KMnO_4$ = $Ca_1$.

In het $S_2$-extract: $2 \times$ aantal cc $\frac{n}{10}$ $KMnO_4$ = $Ca_2$.

De totale hoeveelheid M.E. uitwisselbare kalk per 100 cc grond wordt berekend door de vergelijking: $Ca = \frac{3\ Ca_1 Ca_2}{4\ Ca_1 - Ca_2}$ en omgerekend op 100 g drogen grond.

3° *a) Titerzuurgraad met KCl.*

Omtrent het wezen van den titerzuurgraad met KCl bestaan uiteenloopende theorieën, wel een bewijs dat men hieromtrent nog in het duister tast. Volgens de oudere theorie van KAPPEN wordt de titerzuurgraad met KCl veroorzaakt doordat bij sterk verweerde gronden Al-ionen naast andere kationen in het complex voorkomen. Door behandeling met KCl-oplossing zouden deze Al-ionen door K-ionen uit het complex verdrongen worden; het gevormde $AlCl_3$ wordt in het filtraat als zuur getitreerd.

Deze theorie blijkt niet geheel juist te zijn, doordat slechts zelden aequivalentie tusschen de hoeveelheid $Al_2O_3$ in het KCl-filtraat en het titratiecijfer hiervan bestaat [4]).

---

[1]) HUDIG, J.: „Das Wesen, die Bedeutung und die Bestimmungsmethoden der Bodenazidität." Ztschr. Pfl. Dng. und Bdk. A–IV, 1925, pg 231.

[2]) STEBUTT, A.: „Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde". 1930, pg 59.

„In der Tat überzeugen zahlreiche Analysen, dasz Bodenteilchen unterhalb 0,01 mm alle Eigenschaften eines echten Tons, diejenigen oberhalb dieser Dimenzionsgrenzen alle Eigenschaften des Sandes zeigen."

[3]) TREADWELL: „Analytische Chemie," dl. II.

[4]) ABERSON, J. H., EVERSMAN, F. en VAN DIJK, J. W.: „De reactie van den grond en de behoefte aan kalk". Landb. Tijdschr. Nov. 1924, pg 409.

Andere theorieën zijn die van GEDROIZ [1]), WIEGNER [2]), PAGE [3]), HISSINK[4]) volgens welke in onverzadigde gronden een deel der valenties van het adsorbeerend complex door H-ionen zijn bezet; deze H-ionen kunnen uitwisselbaar zijn tegen K-ionen van de kaliumchloride-oplossing, waarbij als secundaire reactie het aluminium in oplossing gaat.

KAPPEN neemt nu beide mogelijkheden aan [5]). De hoeveelheid Al-ionen in een oplossing hangt af van de pH hiervan; dit bleek uit proeven van MAGISTAD [6]), waarbij aan een oplossing van aluminiumsulfaat stijgende hoeveelheden NaOH werden toegevoegd. Tot een pH 5 is de oplosbaarheid van aluminium betrekkelijk gering, doch neemt bij verdere daling van de pH sterk toe. In verband met het feit, dat de KCl-suspensie van gronden met een zure reactie in den regel een lagere pH-waarde heeft dan de watersuspensie, zal de KCl-suspensie ook meer Al-ionen bevatten dan de watersuspensie (het aluminium in den grond wordt, na de H-ionen uitwisseling, door het HCl onder vorming van $AlCl_3$ gedeeltelijk opgelost). Alle Al-ionen welke zich in het filtraat van de KCl-suspensie bevinden, behoeven daarom niet uit het adsorptie-complex afkomstig te zijn.

TRENEL [7]) heeft naar aanleiding van door hem genomen proeven met kunstmatige mengsels van kiezelzuur en aluminium (permutiet) een geheel andere theorie. Hij constateerde, dat bij het ontbasen van permutiet (verhouding 3–3,5 mol. $SiO_2$, 1 mol. $Al_2O_3$, 0,9–1,1 mol. basen), de titerzuurgraad met een normaal KCl-oplossing pas begint op te treden bij verlies van de *halve* basenhoeveelheid. De invloed van het KCl op de beide componenten van het aluminiumsilicaat ($SiO_2$ en $Al_2O_3$) werd nu door hem afzonderlijk nagegaan. Hierbij bleek, dat kiezelzuurgel niet met een KCl-oplossing reageert, maar dat door inwerking van KCl op aluminiumhydroxyde-gel een alkalische reactie van de suspensie ontstaat, die door hem als volgt verklaard wordt:

$$Al(OH_3)+3\ KCl \rightleftarrows AlCl_3+3\ KOH.$$

Indien nu door aanwezigheid van kiezelzuur-gel het KOH gebonden wordt, kan de reactie naar rechts verloopen, waardoor dus het zuurreageerende $AlCl_3$ gevormd wordt.

TRENEL leidt uit bovenstaande waarnemingen af, dat de titerzuurgraad met KCl ontstaat, doordat de aluminium-silicaten bij voortschrijdende

---

[1]) GEDROIZ, K. K.: „Der adsorbierende Bodenkomplex", 1929, pg 64.

[2]) WIEGNER, G.: „Dispersität und Basentaustausch". Act. IV Conf. Int. Pod. Rome, 1926, vol. II, pg 390.

[3]) PAGE, H. J.: „The nature of soil-acidity". Verh. 2e comm. I.B.G. Groningen, dl. A–1926, pg 232.

[4]) HISSINK, D. J.: Ztschr. Pfl., Dng. und Bdk, A IV, 1925, pg 235.

[5]) KAPPEN, H.: „Die Bodenazidität", 1929, pg 123–124.

[6]) ———: „Die Bodenazidität," 1929, pg 126.

[7]) TRENEL, M. und WUNSCHIK, J.: „Über den Chemismus der mineralischen Bodenazidität." Ztschr. Pfl., Dng. und Bdk., A–XVII, 1930.

TRENEL, M.: „Die Rolle des Aluminiums im entkalkten Boden". Die Ernähr. der Pflanze, Sept. 1931, No. 18 en 19.

basenvermindering uiteenvallen in de componenten: kiezelzuur- en aluminium-gelen; het aluminium gaat dan door inwerking van KCl volgens bovenstaande reactie in oplossing. Het optreden van den titerzuurgraad met KCl zou dus het eerste symptoom zijn van de ontleding der aluminiumsilicaten.

Om aan te toonen dat een *hooge* titerzuurgraad *geen* direct *schadelijken invloed* heeft op de ontwikkeling van de theeplant — hetgeen volgens sommige onderzoekers voor verscheidene Europeesche cultuurgewassen wel het geval is — werden de titerzuurgraden van de verschillende bij de proeven gebruikte gronden vermeld. De gegevens hebben betrekking op 100 cc vochtigen grond; het gehalte aan drogen grond is hierbij aangegeven [1]).

Werkwijze: 20 cc vochtige grond wordt geschud met 50 cc n. KCl-oplossing; van het filtraat wordt 25 cc met $\frac{n}{10}$ NaOH en broomthymolblauw als indicator getitreerd.

10 × aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH = titerzuurgraad met KCl per 100 cc grond.

3° *b*) *Titerzuurgraad met Na-acetaat* (*H*).

In een waterige oplossing is Na-acetaat gedissocieerd in $Na^{\cdot}$ en $CH_3COO'$ en het water in $H^{\cdot}$ en $OH'$. Als gevolg van de geringe dissociatie van azijnzuur ten opzichte van natriumhydroxyde, is de OH-ionenconcentratie in de oplossing grooter dan de H-ionenconcentratie; de oplossing reageert dus alkalisch.

Indien men aanneemt dat bij behandeling van den grond met een oplossing van Na-acetaat, een uitwisseling van H-ionen tegen Na-ionen plaats heeft (Kappen, Wiegner, Gedroiz, Page) kan de reactie als volgt worden voorgesteld:

$$\left.\begin{matrix}\text{kleihumus-}\\ \text{complex}\end{matrix}\right\} H + CH_3COONa \rightleftarrows \left.\begin{matrix}\text{kleihumus-}\\ \text{complex}\end{matrix}\right\} Na + CH_3COOH$$

Het adsorptie-evenwicht treedt in, nadat een bepaalde concentratie van de vrije H-ionen in de suspensie bereikt is. Dit evenwicht wordt bij behandeling van den grond met KCl al vrij spoedig bereikt, aangezien de uitgewisselde H-ionen vrijwel *niet* door de anionen gebonden worden. Behandelt men den grond daarentegen met acetaat-oplossingen, dan heeft de uitwisseling van H-ionen uit het kleihumuscomplex de vorming van *weinig-gedissocieerd azijnzuur* tengevolge; hierdoor wordt het evenwicht van de adsorptie-reactie sterker naar rechts verschoven, dan het geval is bij behandeling van den grond met neutrale zouten. De door titratie van het filtraat gevonden waarde voor den titerzuurgraad met Na-acetaat, ligt daarom steeds hooger dan den titerzuurgraad met KCl [2]).

---

[1]) De uitkomsten die verkregen werden door behandeling van 20 cc vochtigen grond met 50 cc KCl, kunnen in dit geval niet per gewichtseenheid worden omgerekend.

[2]) Stebutt A. „Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde", 1930, pg 217.

Dat men hierbij niet alleen met een eenvoudige uitwisselingsreactie te doen heeft, kan o.a. afgeleid worden uit het feit dat de temperatuur een vrij grooten invloed op de waarde van den titerzuurgraad met Na-acetaat heeft.[1]) Bij uitwisselingsreacties met neutrale zouten heeft de temperatuur weinig invloed, zooals o.m. uit de onderzoekingen van ABERSON [2]) is gebleken. Verschillende acetaten geven bovendien niet dezelfde uitkomsten (zie § 2). Op het Agrogeologisch Laboratorium der Bergcultures wordt voor deze bepaling steeds *Na-acetaat* gebezigd.

Werkwijze: 20 cc vochtige grond wordt gedurende een uur geschud met 50 cc n. Na-acetaat oplossing (verhouding 1 : $2\frac{1}{2}$); van het filtraat wordt 25 cc met $\frac{n}{10}$ NaOH en phenolphtaleine als indicator getitreerd: aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH = $H_1$. (Titerzuurgraad met Na-acetaat = 10 × $H_1$).

Op dezelfde wijze wordt 10 cc grond geschud met 100 cc n. Na-acetaat oplossing (verhouding 1 : 10); 50 cc van het filtraat wordt op overeenkomstige wijze getitreerd: 2 × aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH = $H_2$.

De grenswaarde van de hoeveelheid uitwisselbare H-ionen, uitgedrukt in M.E. per 100 cc grond wordt berekend uit de vergelijking:
$H = \frac{3 H_1 H_2}{4 H_1 - H_2}$ en omgerekend op 100 g drogen grond.

Hierbij wordt verondersteld dat de verdringingscurve, ook bij het gebruik van acetaten, een hyperbolisch verloop heeft.

4° *Adsorptiecapaciteit* (*T*).

Volgens de hier toegepaste methode wordt *de som van uitwisselbare basen S en van uitwisselbare waterstofionen H*, — bepaald volgens de hierboven beschreven methoden — *als adsorptiecapaciteit T beschouwd.*

S+H = T, uitgedrukt in M.E. per 100 g grond.

5° *Basenverzadigingstoestand* (*V*).

De *basenverzadigingstoestand* V geeft aan hoeveel procent van de adsorptiecapaciteit door basen is ingenomen.

$$V = \frac{100\,S}{T}\ \%$$

6° *Waterstofionenconcentratie* (pH).

De pH werd potentiometrisch bepaald in een watersuspensie (verhouding 10 cc vochtige grond op 25 cc water), met behulp van het chinhydron-toestel van MISLOWITZER. De suspensie wordt goed geschud en blijft eenigen tijd staan ($\frac{1}{2}$–1 uur). Vóór de meting wordt 50 mg chinhydron per monster toege-

---

[1]) KAPPEN, H.: „Die Bodenazidität etc." Handbuch der Bodenlehre. Bnd. VIII, pg 365.

[2]) ABERSON, J. H.: „De adsorptieverschijnselen van den bouwgrond". Mededeelingen v. d. Landbouwhoogeschool, deel 5, afl. 1, pg 40 (1911).

voegd; de potentiaal wordt ongeveer ½ minuut na het inbrengen van de electrode afgelezen.

Voor seriebepalingen is het gebruik van de chinhydronelectrode voor de pH-bepaling het meest geschikt gebleken [1]).

Voor de theegronden op Java, die doorgaans zuur reageeren, zijn de verkregen pH-waarden in den regel tot op 0,1 à 0,2 eenheden nauwkeurig. Bij roode laterietische gronden kunnen grootere afwijkingen tusschen de pH-waarden, bepaald met de chinhydronelectrode en met de waterstofelectrode, voorkomen [2]); ook WHITE en VAN BEUKERING [3]) constateerden, dat bij *ijzerrijke* gronden de pH-bepaling volgens deze twee methoden minder goed overeenstemmende uitkomsten oplevert.

Voor gronden, die door kalkbemesting een *alkalische* reactie vertoonen, geeft de chinhydronelectrode eveneens minder nauwkeurige pH-waarden; zooals uit de proeven zal blijken, is dit laatste hier van minder belang.

## § 2. EENIGE BESCHOUWINGEN OMTRENT DE TOEGEPASTE METHODEN.

a) *De bepaling van den verzadigingstoestand der gronden.*

De, bij de bepaling van den verzadigingstoestand van den grond, onderscheiden drie grootheden zijn S, H en T.

1° S = *hoeveelheid uitwisselbare basen* per 100 g grond.

2° H = *hoeveelheid uitwisselbare waterstofionen* per 100 g grond, die beschouwd wordt als het onverzadigde d.w.z. het niet door basen ingenomen deel van het adsorptie-complex (bij een bepaald verzadigingspunt).

3° T = *adsorptie-capaciteit,* die gelijk is aan de som S+H.

In tegenstelling met de S-waarden, zijn de *T-waarden,* en hiermede vanzelf ook de *H-waarden,* geen constante, maar *conventioneele grootheden.* De T- en H-waarden hangen geheel af van het verzadigingspunt, d.i. de toestand waarbij de grond als „verzadigd" beschouwd wordt.

1° *De bepaling van de hoeveelheid uitwisselbare basen S.*

Voor de S-bepaling zijn verschillende verdringingsmiddelen bruikbaar; hiervan kunnen genoemd worden: $\frac{n}{20}$ of $\frac{n}{10}$ HCl of verdunde oplossingen van $NH_4Cl$, NaCl, $BaCl_2$ en KCl. Voor carbonaatvrije gronden met een zure reactie van de suspensie is de bepaling van de hoeveelheid uitwisselbare basen eenvoudiger dan voor gronden, die koolzure kalk of gips bevatten. Alle theegronden van Java behooren tot de eerste groep; derhalve zijn

---

[1]) HUDIG, J. und HETTERSCHY, C. W. G.: „Ein Verfahren zur Bestimmung des Kalkzustandes in Humus-Sandböden". Landw. Jahrbücher, 63, 1926, pg 207.

[2]) BRIOUX, CH. et PIEN, J.: „Employ de l'électrode à quinhydrone pour la détermination du pH des sols". Verh. 2e Comm. I.B.G., Groningen 1926, A, pg 22.

[3]) WHITE, J. en VAN BEUKERING, J.: Eerste resultaten van vergelijkende zuurgraadmetingen bij Indische gronden". Hand. 5e N.I. Nat. Wetensch. Congres Soerabaia, 1928, pg 483.

$\frac{n}{20}$ HCl en $NH_4Cl$ voor de bepaling van de hoeveelheid uitwisselbare basen voor deze gronden bruikbaar.

Wat betreft het gebruik van *verdund zoutzuur* voor de S-bepaling merkt GEDROIZ [1]) op:

„Die systematische Untersuchung der Einwirkung der Salzsaüre auf den Boden hat mir gezeigt, dasz das Wasserstofion der Salzsaüre bei einer Konzentration der Saüre nicht höher als 0,05 normal, die Humat- und Zeolithbasen des Bodens verdrängt und dabei den anderen Teil der Bodenbasen fast gar nicht angreift."

KAPPEN [2]) merkt naar aanleiding van het gebruik van zoutzuur als extractie-middel op:

„Ob bei einer solchen Saürebehandlung des Bodens die zeolitischen Silikate selbst mehr oder weniger zersetzt wurden, konnte für die Bestimmung ebensowenig Bedeutung gewinnen, wie bei der Methode von BOBKO und ASKINASI. Die Aluminium- und Eisensalze, die sich bei der Zersetzung der zeolithischen Silikate bilden konnten, wurden ja für die Titration ohne Einflusz in folge ihrer Hydrolyse." „Die Tonerde wird und kann kaum anderwärts herstammen als aus dem Adsorptionscomplex, den Verwitterungssilicaten; dasz aber deshalb, wie VON 'SIGMOND [3]) meint, diese Methode überhaupt auszuschalten ist, scheint uns nicht ohne weiteres zutreffend zu sein. Die Zerstörung des Adsorptionscomplexes ist an sich völlig nebensächlich und unbedeutend, wenn nur die Extraktion mit der Salzsaüre die Förderung erfüllt, dasz alle und dabei natürlich nur allein die austauschfähigen Basen durch sie in Lösung gebracht werden. Ob dieses Ziel mit oder ohne Zersetzung des Verwitterungssilikates erreicht wird, ist für den Erfolg ohne jede Bedeutung. Nach unserer Auffassung dürfte von allen bekannten Methoden gerade diese Salzsaüremethode von GEDROIZ wegen ihrer verhältnismäszig einfachen Ausführung noch die zweckmäszigste sein."

KAPPEN heeft de zoutzuurmethode van GEDROIZ bekort tot een éénmalige extractie met $\frac{n}{10}$ HCl.

Werkwijze: 50 g grond wordt met 250 cc $\frac{n}{10}$ HCl gedurende een uur geschud, waarna de suspensie 24 uren blijft staan. Van de heldere vloeistof wordt 125 cc afgepipetteerd en met $\frac{n}{10}$ NaOH getitreerd; uit de titratie wordt de hoeveelheid uitwisselbare basen berekend. Een bezwaar van deze methode is, dat bij éénmalige behandeling van den grond met $\frac{n}{10}$ HCl nooit alle basen verdrongen zullen worden; de uitwisselingsreactie loopt niet af. De grootte van de fout die men met deze methode maakt, is afhankelijk van het totaal basengehalte van den grond en van de grondsoort [4]).

De methode van VAGELER, waarbij de uitgewisselde hoeveelheid basen bij 2 verschillende verhoudingen grond: HCl bepaald worden, en waarna de S-waarde berekend wordt, is daarom principieel juister. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de S-bepaling met $\frac{n}{20}$ HCl alleen dan nauwkeurige titratie-waarden geeft, indien het grondmonster niet zooveel water bevat,

---

[1]) GEDROIZ, K. K.: „Chemische Bodenanalyse", 1926, pg 125.

[2]) KAPPEN, H.: „Die Bodenazidität", 1929, pg 168 en 169.

[3]) VON 'SIGMOND, A. A. J.: „Über die verschiedenen Methoden zur Bestimmung von S und V", Verhand. 2e Comm. I.B.G., Groningen, vol. B, pg 131.

[4]) SAUERLANDT, W.: „Untersuchungen über die Bestimmung des Kalksättiggungszustandes der Böden". Landw. Vers. Stationen, 1931, Bnd 113, pg 71.

dat concentratieverandering van het toegevoegde HCl merkbaar is. Verricht men de analyse met grond met een hoog vochtgehalte, dan is het wenschelijk zooveel $\frac{n}{10}$ HCl en gedest. water toe te voegen, dat de concentratie van het zuur na verdunning door het water, dat het monster bevat, precies $\frac{1}{20}$ normaal wordt. Bevat 20 cc grond W grammen water, dan zal voor de $S_1$-bepaling hieraan toegevoegd moeten worden (50–W) cc water + + 50 cc $\frac{n}{10}$ HCl; voor de bepaling van $S_2$ wordt aan 10 cc grond toegevoegd $(100 - \frac{W}{2})$ cc water + 100 cc $\frac{n}{10}$ HCl. Vooral voor de $S_1$-bepaling kan het vochtgehalte van den grond een niet te verwaarloozen fout veroorzaken, doordat men bij terugtitratie van het toegevoegde $\frac{n}{20}$ HCl te hooge waarden voor $S_1$ zou vinden. Gaat men bij de bepaling uit van luchtdrogen grond, dan kan het vochtgehalte hiervan verwaarloosd worden. Het geheel luchtdroog maken van vele tropische gronden kan echter, in verband met de dehydratatie van het adsorbeerend complex, behalve een aanmerkelijke daling van den titerzuurgraad met KCl en Na-acetaat, tengevolge hebben dat men een geringere hoeveelheid uitwisselbare basen vindt, dan bij vochtige gronden, en is om deze reden dan ook minder gewenscht.

De bepaling van Ca, Mg, K en $NH_4$ geschiedt op het Agr. Lab. der Bergcultures voor serie-onderzoekingen alleen in de $S_2$-oplossing (verhouding grond : zoutzuur = 1 : 20); de gevonden waarden worden op grenswaarde berekend door vermenigvuldiging met de grenswaardefactor $\frac{S}{S_1}$. De hechtintensiteit is evenwel voor elk kation verschillend; hoe sterker een kation door het adsorbeerende complex wordt gebonden, des te minder wordt er in het $S_1$-extract (verhouding grond : zoutzuur = 1 : 5) uitgewisseld en des te grooter zal de factor om de grenswaarde te berekenen zijn; de verdringingscurven zijn dientengevolge voor verschillende kationen niet gelijk.

Strikt genomen zou men dus elke base zoowel in de $S_2$-oplossing als in de $S_1$-oplossing moeten bepalen en uit de twee gevonden waarden de grenswaarde moeten berekenen. De gehalten aan Mg, K en $NH_4$ van de theegronden zijn doorgaans zoo gering, dat de afzonderlijke grenswaardefactoren niet zuiver te bepalen zijn.

Bij eenige uit potproeven afkomstige gronden werd nagegaan in hoeverre de factor $\frac{S}{S_1}$ ook voor de berekening van de grenswaarde van het *kalkgehalte* gebruikt kan worden, zonder hierdoor grootere fouten te maken. In tabel 1 zijn hiertoe eenige gegevens vermeld, welke het resultaat waren van de analyse van luchtdroge monsters [1]).

$S_1$ = bepaald na behandeling van 20 g luchtdrogen grond met 100 cc $\frac{n}{20}$ HCl.
$S_2$ = „ „ „ „ 10 g „ „ „ 200 cc $\frac{n}{20}$ HCl.

[1]) De gegevens die bij de potproeven vermeld staan, zijn met deze gegevens niet vergelijkbaar, aangezien deze laatste analysen in *luchtdrogen* grond verricht werden, de analyse van de gronden der proeven A 1 t/m A 5 geruimen tijd na het afsluiten der proeven plaats had, en de monsters der proeven B 2 en B 5 eenige maanden vóór het afsluiten dezer proeven werden genomen.

In de $S_1$- en $S_2$-filtraten werd, na de titratie met NaOH, het kalk-gehalte bepaald (resp. $Ca_1$ en $Ca_2$):

TABEL 1

| Proef | Object | Uitwisselbare basen, in M.E. per 100 g grond | | | | | Uitwisselbare kalk, in M.E. per 100 g grond | | | | | 100 Ca / S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $S_1$ | $S_2$ | S | $\frac{S}{S_2}$ | op droge stof S | $Ca_1$ | $Ca_2$ | Ca | $\frac{Ca}{Ca_2}$ | op droge stof Ca | |
| *Grijze, weinig verweerde gronden* | | | | | | | | | | | | |
| A 1 | 2K | 15,3 | 21,2 | 24,4 | 1,15 | 29,4 | 9,2 | 9,6 | 9,7 | 1,01 | 11,7 | |
| | O | 11,6 | 16,4 | 19,0 | 1,15 | 22,9 | 5,1 | 5,5 | 5,7 | 1,04 | 6,9 | 30% |
| | 1Z | 7,4 | 11,4 | 13,9 | 1,22 | 16,8 | 2,2 | 2,6 | 2,8 | 1,08 | 3,4 | |
| | 3Z | 4,7 | 7,4 | 9,1 | 1,20 | 11,0 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,08 | 1,6 | |
| A 2 | 2K | 15,5 | 22,8 | 27,1 | 1,19 | 32,3 | 11,2 | 13,3 | 14,2 | 1,07 | 16,9 | |
| | O | 11,0 | 16,6 | 20,0 | 1,20 | 24,0 | 7,1 | 9,0 | 9,9 | 1,10 | 11,8 | 49% |
| | 1Z | 8,8 | 13,8 | 17,0 | 1,23 | 20,2 | 4,2 | 5,0 | 5,3 | 1,06 | 6,3 | |
| | 3Z | 5,3 | 9,4 | 12,7 | 1,35 | 15,1 | 1,6 | 2,0 | 2,2 | 1,10 | 2,6 | |
| B 5 | O | 15,2 | 20,2 | 22,7 | 1,12 | 26,7 | 10,2 | 11,5 | 12,0 | 1,05 | 14,1 | 53% |
| | 1Z | 8,1 | 12,2 | 14,7 | 1,20 | 17,3 | 3,2 | 4,2 | 4,7 | 1,15 | 5,5 | |
| | 2Z | 4,1 | 7,2 | 9,6 | 1,33 | 11,3 | 0,9 | 1,9 | 3,0 | 1,55 | 3,5 | |
| | 3Z | 3,0 | 5,2 | 6,9 | 1,33 | 8,1 | 0,8 | 1,5 | 2,1 | 1,40 | 2,5 | |
| | 4Z | 1,9 | 4,1 | 6,7 | 1,39 | 7,9 | 0,7 | 1,3 | 1,8 | 1,46 | 2,1 | |
| | 6Z | 1,7 | 3,8 | 6,4 | 1,68 | 7,5 | 0,6 | 1,3 | 2,1 | 1,61 | 2,5 | |
| | 8Z | 1,4 | 3,1 | 5,2 | 1,68 | 6,1 | 0,6 | 1,2 | 1,8 | 1,50 | 2,1 | |
| *Bruine, meer verweerde gronden* | | | | | | | | | | | | |
| B 2 | O | 16,3 | 19,6 | 21,0 | 1,07 | 23,6 | 10,8 | 12,2 | 12,8 | 1,05 | 14,4 | 61% |
| | 1Z | 12,2 | 14,2 | 15,0 | 1,06 | 16,9 | 7,8 | 8,6 | 8,9 | 1,04 | 10,0 | |
| | 2Z | 6,5 | 8,4 | 9,3 | 1,11 | 10,4 | 3,6 | 4,4 | 4,8 | 1,09 | 5,4 | |
| | 3Z | 4,9 | 5,2 | 5,3 | 1,02 | 6,0 | 2,3 | 2,6 | 2,8 | 1,08 | 3,1 | |
| | 4Z | 2,5 | 3,4 | 3,9 | 1,15 | 4,4 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 1,00 | 0,9 | |
| | 6Z | 2,7 | 3,4 | 3,7 | 1,09 | 4,1 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1,17 | 0,8 | |
| | 8Z | 2,0 | 2,4 | 2,6 | 1,08 | 2,9 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 1,20 | 0,7 | |
| A 3 | 2K | 11,1 | 13,0 | 13,8 | 1,06 | 15,7 | 8,0 | 8,4 | 8,5 | 1,01 | 9,7 | |
| | O | 7,3 | 8,4 | 8,8 | 1,05 | 10,0 | 4,0 | 4,3 | 4,4 | 1,02 | 5,0 | 62% |
| | 1Z | 3,7 | 4,1 | 4,3 | 1,05 | 4,9 | 1,7 | 2,0 | 2,1 | 1,05 | 2,4 | |
| | 3Z | 1,8 | 2,2 | 2,4 | 1,09 | 2,7 | 0,7 | 1,0 | 1,2 | 1,20 | 1,4 | |
| A 4 | 2K | 12,8 | 15,6 | 16,8 | 1,08 | 19,3 | 8,2 | 9,6 | 10,2 | 1,06 | 11,7 | |
| | O | 10,4 | 12,0 | 12,6 | 1,05 | 14,5 | 5,4 | 6,2 | 6,5 | 1,05 | 7,5 | 52% |
| | 1Z | 7,5 | 8,2 | 8,5 | 1,04 | 9,8 | 3,4 | 4,2 | 4,6 | 1,09 | 5,3 | |
| | 3Z | 3,7 | 4,3 | 4,5 | 1,05 | 5,2 | 1,7 | 2,1 | 2,3 | 1,10 | 2,6 | |
| *Sterk verweerde roode laterietische grond* | | | | | | | | | | | | |
| A 5 | 2K | 4,3 | 4,8 | 5,0 | 1,04 | 5,4 | 2,0 | 2,2 | 2,3 | 1,05 | 2,5 | |
| | O | 3,0 | 3,2 | 3,3 | 1,03 | 3,6 | 0,9 | 1,2 | 1,4 | 1,16 | 1,5 | 42% |
| | 1Z | 1,8 | 2,0 | 2,1 | 1,05 | 2,3 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 1,25 | 0,5 | |
| | 3Z | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,07 | 1,6 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 1,00 | 0,2 | |

De gegevens van dit weliswaar geringe aantal monsters wijzen erop, dat bij weinig verweerde gronden de verhoudingen $\frac{S}{S_2}$ over het algemeen hooger zijn dan de verhoudingen $\frac{Ca}{Ca_2}$; bij kleihoudende gronden zijn de verschillen gering. De berekening van de totale hoeveelheid uitwisselbare kalk, door $Ca_2$ met $\frac{S}{S_2}$ te vermenigvuldigen, geeft dientengevolge voor jongvulcanische gronden iets te hooge waarden voor Ca aan; de fout is evenwel niet groot en voor practijkonderzoekingen van weinig belang. Bij de zeer lage S- en Ca-waarden van gezwavelde gronden worden de verhoudingscijfers minder nauwkeurig.

Uit de gegevens blijkt tevens, dat de verhoudingscijfers $\frac{S}{S_2}$ voor jongvulcanische gronden met een hoog humusgehalte bij steeds afnemende basenhoeveelheden vrij regelmatig toenemen; dit kan verklaard worden doordat kleine hoeveelheden basen relatief sterker door de bodemcolloïden worden vastgehouden dan grootere. Dit verschijnsel is bij kleihoudende gronden minder sprekend. Het ongelijke gedrag vloeit voort uit het verschil in humusgehalte, in verband met het feit dat humuscolloïden een belangrijk hoogere adsorptie-capaciteit bezitten dan kleicolloïden [1]).

Het *relatieve kalkgehalte* van het adsorptie-complex blijkt bij verschillende grondsoorten sterk uiteen te loopen [2]).

Uit onderzoekingen van GEDROIZ [3]) is gebleken dat de *Cl-ionenadsorptie* (anionenadsorptie) in Europeesche gronden minimaal is; dit vraagstuk zal echter voor tropische gronden nog nader onderzocht moeten worden. Adsorptie van Cl-ionen door den grond tijdens de behandeling met HCl zou ten gevolge hebben, dat de door *titratie* gevonden S-waarde grooter is dan de som van de basen ($Ca+Mg+K+Na+NH_4$), die in het zoutzuurextract voorkomen. Indien in het extract slechts Ca, Mg, K en $NH_4$ bepaald worden en het verschil $S-(Ca+Mg+K+NH_4)$ beschouwd wordt als *natrium*, zou het op deze wijze berekende gehalte aan Na, voor het geval Cl-ionenadsorptie plaats heeft, grooter zijn dan in werkelijkheid.

---

[1]) TURNER P. E.: „An analysis of factors contributing to the determination of saturation capacity in some tropical soil types." Journ. Agrc. Science, Vol. XXII-1-1932 pg 80.

HISSINK D. J.: „Het verband tusschen de pH, de kalkfactor, den verzadigingstoestand (V) en de S (humus) van eenige humusgronden, etc." Versl. Landb. Ond. Rijkslandb. Proefst. XXXI, 1926, pg 207–208. Voor Nederlandsche gronden is het adsorptievermogen van humus ongeveer 4,5 × zoo groot als dat van een gelijke gewichtshoeveelheid klei.

[2]) Bij de Nederlandsche gronden bestaat het adsorptie-complex doorgaans voor ca 80% uit Ca-ionen; men kan hierbij voor practijkonderzoekingen met de bepaling van uitwisselbare kalk volstaan, waarna door vermenigvuldiging van deze uitkomst met $\frac{10}{8}$, de totale hoeveelheid basen berekend wordt. Voor tropische gronden kan deze werkwijze dus niet toegepast worden.

[3]) GEDROIZ, K. K.: „Die Lehre vom Adsorptionsvermögen der Böden", 1931, pg 334 e.v.

Van belang is verder voor jongvulcanische tufgronden na te gaan in hoeverre door de behandeling van den grond met $\frac{n}{20}$ HCl een grootere hoeveelheid basen — in het bijzonder *natrium* — uit den grond wordt vrijgemaakt, dan door de behandeling met *neutrale* zouten ($NH_4Cl$); blijkt dit het geval te zijn, dan zou het zoutzuur behalve een verdringende, ook een oplossende werking hebben.

De gehalten aan uitwisselbare *kalk*, bepaald door extractie met $\frac{n}{20}$ HCl en met $NH_4Cl$, blijken over het algemeen weinig van elkander te verschillen [1]). Het onderzoek in deze richting zal voortgezet moeten worden, teneinde de deugdelijkheid van $\frac{n}{20}$ HCl als verdringingsmiddel voor de bepaling van de hoeveelheid geadsorbeerde basen van tropische gronden, beter te kunnen beoordeelen.

Zoolang deze onderzoekingen niet verricht zijn, lijkt mij het gebruik van *ammoniumchloride* als extractiemiddel te prefereeren.

*Percolatiemethode.* Bij het schudden van den grond met een bepaalde hoeveelheid $\frac{n}{20}$ HCl of $NH_4Cl$-oplossing, ontstaat na een zekeren tijd een evenwichtstoestand bij de uitwisselingsreactie (adsorptie-evenwicht); bij een éénmalige extractie worden de geadsorbeerde basen dus slechts ten deele verdrongen. Bij de *schudmethode* is men er dus op aangewezen de hoeveelheid uitgewisselde basen bij minstens 2 verhoudingen grond : vloeistof te bepalen en de totale hoeveelheid geadsorbeerde basen (grenswaarde) *mathematisch* te berekenen. *Percoleert* men daarentegen een zekere hoeveelheid grond met het verdringingsmiddel, dan worden de uitgewisselde basen met de doorloopende vloeistof geregeld afgevoerd, zoodat zich *geen evenwichtstoestand* bij de uitwisselingsreactie kan instellen. Gebruikt men een $NH_4Cl$-oplossing voor de percolatie, dan verloopt de reactie:

---

[1]) Van eenige gronden werd het gehalte aan uitwisselbare *kalk* door percolatie met een 3% $NH_4Cl$-oplossing bepaald. Uit de vergelijking van deze gegevens met de door $\frac{n}{20}$ HCl gevonden Ca-gehalten bleek dat de uitkomsten vrij goed overeenkwamen.

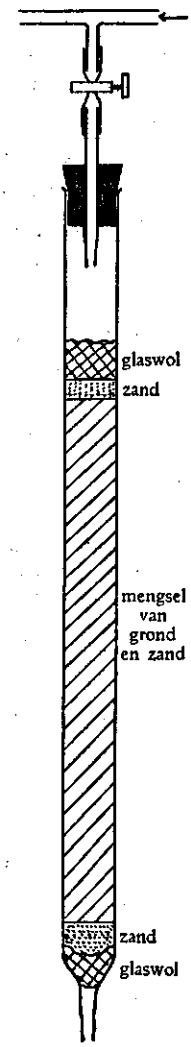
| Monsters | Jongvulc. gronden | | | Meer verweerde gronden | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A 1 | A 2 | B 5 | B 2 | A 4 | A 5 |
| Ca-gehalte in M.E. per 100 g grond: | | | | | | |
| $\frac{n}{20}$ HCl ..... | 6,9 | 11,8 | 14,1 | 14,4 | 7,5 | 1,5 |
| $NH_4Cl$ ..... | 6,8 | 10,2 | 12,8 | 14,2 | 7,8 | 1,8 |

Voor jongvulcanische tufgronden, zijn de kalkgehalten, bepaald met $\frac{n}{20}$ HCl, iets hooger.

$$\text{Kleihumus-complex}\left\{\begin{matrix}Ca\\Na\end{matrix}\right. + 3NH_4Cl \rightarrow \text{Kleihumus-complex}\left\{\begin{matrix}NH_4\\NH_4\\NH_4\end{matrix}\right. \begin{matrix}+CaCl_2\\+NaCl\end{matrix}$$

vrijwel geheel in rechtsche richting. Tengevolge van de groote hechtintensiteit van het $NH_4$-ion heeft de verdringing der geadsorbeerde basen zeer snel plaats; men benadert op deze wijze dus al vrij spoedig de grenswaarde. Deze methode wordt door Prof. HUDIG voor de bepaling van de hoeveelheid uitwisselbare kalk van Nederlandsche kleigronden toegepast.

Teneinde het contact tusschen de gronddeeltjes en het verdringingsmiddel te bevorderen, en een regelmatige afvoer van de percolatievloeistof mogelijk te maken, wordt het grondmonster met een zekere hoeveelheid zuiver glaszand intensief gemengd. Bij de in hfdst. V behandelde percolatieproeven werd uitgegaan van 10 gram luchtdrogen grond, welke hoeveelheid met 30 cc glaszand gemengd werd; deze verhouding was gebleken voldoende te zijn. De hierbij gebruikte percolatiebuizen hadden een lengte van ± 30 cm en een binnendiameter van ± 2 cm; de wijze waarop deze percolatiebuizen gevuld werden blijkt uit fig. 3. Door de bovenin de percolatiebuizen aangebrachte klemkraantjes kon de druppelsnelheid van de inloopende vloeistof geregeld worden.



Percolatie-buis
Fig. 3

In het $NH_4Cl$-percolaat kunnen de afzonderlijke basen Ca, Mg, K en Na bepaald worden. Ook kan men de geheele hoeveelheid uitgewisselde basen in het $NH_4Cl$-percolaat ineens bepalen, door titratie met $\frac{n}{10}$ NaOH, na toediening van een zekere hoeveelheid 35% formaldehyde-oplossing[1]).

Ammoniumchloride vormt met een overmaat formaldehyde HCHO een verbinding hexamethyleentetramine $(CH_2)_6N_4$, waarbij een hoeveelheid zoutzuur vrijkomt, die aequivalent is aan het gehalte aan ammoniumchloride van de oplossing [2]):

$$6HCHO + 4NH_4Cl \rightarrow (CH_2)_6N_4 + 6H_2O + 4HCl$$

De door formaline-toevoeging hoeveelheid vrijgekomen zuur wordt met $\frac{n}{10}$ NaOH en phenolphtaleine als indicator getitreerd; eventueel optredende titerzuurgraad met $NH_4Cl$ heeft geen invloed op de resulteerende S-waarde. De S-waarde wordt bepaald uit het verschil van het aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH, dat noodig zou zijn voor neutralisatie van de gebruikte hoe-

[1]) Deze methode wordt door VAGELER en ALTEN voor het onderzoek van gronden uit aride gebieden toegepast; voor de theegronden van Ned. Indië werd zij tot dusverre nog niet toegepast. VAGELER P. und ALTEN F. „Böden des Nil und Gash III" Ztschr. Pfl. Dng. und Bdk. 1931 A–21 pg 48.

[2]) WIESSMAN, H.: „Agriculturchemisches Praktikum." 1926, pg 103.

veelheid $NH_4Cl$ (na toevoeging van formaline) en het aantal dat voor neutralisatie van het percolaat noodig is. Zoowel de $NH_4Cl$- als de formaldehyde-oplossing worden van te voren met NaOH en broomthymolblauw als indicator precies geneutraliseerd.

2° *De bepaling van de hoeveelheid uitwisselbare H-ionen* (H)

De hoeveelheid uitwisselbare H-ionen in het complex kan direct of indirect bepaald worden. De *directe* bepaling geschiedt door behandeling van den grond met *hydrolytisch gesplitste* zouten; *indirect* wordt de H-waarde afgeleid door de *adsorptie-capaciteit T* te bepalen en de *S-waarde* hiervan af te trekken.

Voor de directe bepaling zijn Na- en Ca-acetaat het meest gebruikelijk (BAUMANN & GULLY, KAPPEN). De bepaling met Ca-acetaat geeft hoogere waarden voor den titerzuurgraad dan die met Na-acetaat; het verschil wordt veroorzaakt door de verschillende eigenschappen van de zich vormende verbindingen. Zoo zijn bijv. de door inwerking van de Ca-acetaatoplossing op den grond gevormde Ca-humaten, minder oplosbaar en ook minder hydrolytisch gesplitst dan Na-humaten [1]). Het calcium-hydrooxyde, ontstaan ten gevolge van de hydrolytische splitsing van Ca-acetaat, schijnt bovendien aanleiding te kunnen zijn tot de vorming van nieuwe adsorbeerende complexen in den grond [2]).

VAGELER [3]) verklaart het verschil als volgt:

„Der Grund für dieses auffallende Ergebnis dürfte wesentlich darin zu suchen sein, dasz unter dem Einflusz freier Basen nicht nur das etwa vorhandene Kolloid-H abgesättigt wird, sondern aus dem in Böden wohl stets vorhandenen freien $SiO_2$ in kolloidaler Lösung und Sesquioxydhydraten mehr oder weniger neue Sorptionskomplexe sich formen.

Ganz besonders ist das bei der Verwendung von Kalzium-azetat der Fall, da dem Ca als zweiwertigem, ladungskonzentriertem Ion eine besonders starke „Klammerwirkung" im Sinne TRENEL's [4]) zukommt". „Jede H-bestimmung ist also in gewissem Sinne konventionell, weil sich H-verdrängung und Komplexneubildung nicht auseinander halten läst".

Voor de beoordeeling van de kalkbehoefte van den grond, verdient uit den aard der zaak het gebruik van Ca-acetaat de voorkeur boven Na-acetaat. Voor die cultures, waarbij van „kalkbehoeftigheid" der gronden weinig sprake is, komt het er weinig op aan of voor de bepaling van de H-waarde Na- of Ca-acetaat gebruikelijk is.

Titerzuurgraad, uitgedrukt in M.E. H per 100 g grond (verhouding grond : acetaat = 1 : 5):

---

[1]) ODEN, S.: „Die Huminsäuren", 1922, pg 106.

[2]) GEDROIZ, K. K.: „Der adsorbierende Bodenkomplex", 1929, pg 60.

[3]) VAGELER, P. und ALTEN, F.: „Böden des Nil und Gash III". Ztschr. Pfl. Dng. und Bdk. A, 21, 1931.

[4]) TRENEL, M. und WUNSCHIK, J.: „Ueber den Chemismus der mineralischen Bodenazidität". Ztschr. Pfl., Dng. und Bdk. A, XVII, 1930.

| | Jongvulcanische gronden | | | Meer verweerde gronden | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| humusgehalte | 10,6 % | 9,1 % | 7,8 % | 3,2 % | 3,3 % | 1,7 % |
| n. Na-acetaat .. | 6,0 | 5,2 | 4,0 | 3,5 | 6,7 | 5,8 |
| n. Ca-acetaat .. | 7,5 | 6,8 | 4,9 | 4,1 | 7,4 | 6,3 |

De verschillen zijn bij de gronden met een hoog humusgehalte relatief het grootst.

De absolute verschillen tusschen de Na-acetaat en Ca-acetaat waarden nemen bij grootere verhoudingen acetaat-oplossing : grond toe.

Titerzuurgraad, uitgedrukt in M.E. H per 100 g grond van een jongvulcanischen grond met 10,6 % humus:

| Verhouding grond : acetaat .. | $H_1$ 1 : 2½ | $H_2$ 1 : 5 | $H_3$ 1 : 10 | $H_4$ 1 : 20 | $H_5$ 1 : 25 | H ∞ berekend uit $H_1$ en $H_3$ | H ∞ berekend uit $H_2$ en $H_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n. Na-acetaat..... | 4,3 | 6,0 | 7,5 | 8,9 | 9,2 | 10,0 | 10,6 |
| n. Ca-acetaat ..... | 5,3 | 7,5 | 9,7 | 12,2 | 12,8 | 13,4 | 14,2 |

De berekening van H ∞ uit $H_1$ en $H_3$ (verhoudingen resp. 1 : 2½ en 1 : 10) voert hier tot lagere waarden dan de berekening uit $H_2$ en $H_4$ (verhoudingen resp. 1 : 5 en 1 : 20).

Opmerkelijk is, dat de door *percolatie* van den grond met acetaten gevonden waarden voor den titerzuurgraad ($H_1$), *aanmerkelijk hooger* zijn dan de H-waarden, die volgens de vorige werkwijze verkregen worden.

Titerzuurgraad met Ca-acetaat (M.E. H, per 100 g grond):

| Monster..... | B 5 | A 3 | A 4 |
|---|---|---|---|
| H-schudmethode ... | 18,9 | 13,6 | 14,3 |
| $H_1$-percolatiemeth. . | 31,9 | 21,5 | 20,8 |

Hetzelfde verschijnsel doet zich voor bij het gebruik van Na-acetaat.

Uit bovenstaande gegevens blijkt, dat men zich voor de H-bepaling voorloopig nog zal tevreden moeten stellen met conventioneele methoden, welke ieder op zich zelf een element van onzekerheid hebben.

3° *De bepaling van de adsorptie-capaciteit* (T).

Reeds werd opgemerkt, dat de adsorptie-capaciteit van den grond van

verschillende factoren afhankelijk is. Doordat verschillende *kationen* niet hetzelfde effect op den physischen toestand van het bodemcomplex hebben, zal het niet onverschillig zijn, met welk kation de adsorptie-capaciteit bepaald wordt [1]).

De *waterstofionenconcentratie* van den grond bij het verzadigingspunt is van zeer grooten invloed; de keuze van dit punt is willekeurig. HISSINK [2]) bepaalt de waarde T–S (= H) door behandeling van den grond met stijgende hoeveelheden $Ba(OH)_2$, waardoor het aequivalentiepunt van de klei- en humuszuren gevonden wordt (conduktometrische titratie). Volkomen verzadiging van de zeer zwakke klei- en humuszuren (bodemacidoïden [3])) door een sterke base als bariet, vindt eerst plaats nadat een sterk alkalische reactie bereikt is; het aequivalentiepunt ligt ongeveer bij pH 11. [2]) Volgens deze werkwijze zouden alleen gronden met een pH $\pm$ 11 (die in de natuur practisch nooit voorkomen) een verzadigingstoestand van $\pm$ 100% aanwijzen; gronden die ongeveer neutraal reageeren (pH $\pm$ 7), worden zoodoende als sterk onverzadigd beschouwd (verzadigingstoestand 32 tot 38%) [4]). GEHRING [5]) bepaalt de adsorptie-capaciteit met $Ca(OH)_2$, doch vermijdt hierbij de sterke oververzadiging met kalk, door zoolang koolzuur door de suspensie te leiden totdat phenolphtaleine ontkleurd wordt; de grond wordt hierdoor tot een pH $\pm$ 8,5 verzadigd. Het is m.i rationeeler het verzadigingspunt zoo te kiezen dat de in de natuur voorkomende gronden met een hoog gehalte aan koolzure kalk als geheel verzadigd (V = 100%) worden beschouwd, zooals volgens de methode GEHRING het geval is; de V-waarden (verzadigings %) bewegen zich dan voor verschillende gronden tusschen ruimere grenzen en worden meer sprekend. Volgens TRENEL [6]) is de maximale pH-waarde van een grond, die een hoog gehalte aan

---

[1]) Onderstaande opmerkingen van GEDROIZ („Die Lehre vom Adsorptionsvermögen der Böden", 1931) zijn daarom minder juist:

pg 368: „Bezüglich der Adsorptionskapazität sind alle Metallkationen gleichwertig; mit jedem kann der Boden gesättigt werden, und ihr Gehalt im Boden ist dann stets gleich der Adsorptionskapazität."

pg 378: „Behandeln wir einen Boden zweckentsprechend mit einer solchen Lösung, so wird seine ganze Adsorptionskapazität durch das eine Kation abgesättigt, und die Menge an adsorbiertem Kation ist dann eine für den betreffenden Boden konstante Grösze, die gleich der Adsorptionskapazität ist. In dieser Beziehung sind alle Kationen, darunter auch der Wasserstof, einander gleichwertig."

[2]) HISSINK, D. J.: „De verzadigingstoestand van den grond." Versl. Landb. Ond. Rijkslandb. Proefst. XXX, 1925, pg 119.

[3]) MICHAELIS, L.: „Die Wasserstofionenkonzentration". 1922, pg 206. De term „acidoiden" wordt gebruikt voor niet-moleculairdisperse stoffen, die aan zuren analoog zijn; hiertoe behooren klei en humus.

[4]) HISSINK, D. J.: „Verhandelingen 2e Comm. I.B.G., Groningen, 1926, Vol. A, pg 201.

[5]) GEHRING, A, PEGGAU, A und WEHRMANN, O.: „Über die Methode zur Bestimmung des Kalkbedürfnisses des Bodens etc.". Ztschr. Pfl. Dng. und Bdk. A, VIII, 1927, pg 322.

[6]) TRENEL, M.: „Die Wissenschaftlichen Grundlagen der Bodensäurefrage, 1927, pg 38.

koolzure kalk bevat, ongeveer 8,4. Om aan deze gronden nagenoeg maximale V-waarden toe te kennen, zal men bij de bepaling van de adsorptiecapaciteit van den grond, volgens de *percolatie-methode*, oplossingen van ongeveer dezelfde pH moeten gebruiken; bij de percolatieproeven op pg. 100 e.v., heb ik daarom een *n. Ca-acetaat-oplossing* gebruikt [1]), en hieraan zooveel $Ca(OH)_2$ toegevoegd, dat zij met phenolphtaleine een lichtrose kleur gaf (20 cc $\frac{n}{100}$ $Ca(OH)_2$ per liter n. Ca-acetaat-oplossing; pH van de oplossing 8,6–8,8). Percoleert men den grond met deze oplossing, dan worden H-ionen uit het adsorptiecomplex vrijgemaakt en verloopt de reactie:

$$\left.\begin{matrix}\text{Kleihumus-}\\ \text{complex}\end{matrix}\right\}\begin{matrix}H\\ H\end{matrix} + (CH_3COO)_2Ca \rightarrow \left.\begin{matrix}\text{Kleihumus-}\\ \text{complex}\end{matrix}\right\} Ca + 2CH_3COOH$$

doordat het gevormde azijnzuur afgevoerd wordt, sterk in rechtsche richting. In het begin verloopt de uitwisselingsreactie zeer snel, maar neemt spoedig af; de adsorptiekromme verloopt asymptotisch. Om de absolute grenswaarde te bereiken, waarbij de titer van het percolaat gelijk geworden is aan dien van de percolatievloeistof, zouden zeer groote hoeveelheden vloeistof noodig zijn. Men is daarom voor praktijkonderzoekingen aangewezen op het trekken van een willekeurige *grens*, door bijv. de percolatie niet langer voort te zetten dan tot het moment dat voor de titratie van 100 cc percolaat $\pm$ 1 cc $\frac{n}{10}$ NaOH noodig is (indicator phenolphtaleine).

---

[1]) Percolatie met *calciumhydroxyde* geeft *sterk verhoogde* adsorptie-capaciteiten *); dit wordt aangetoond door onderstaande proef met jongvulcanischen tufgrond (monsters afkomstig van de objecten O t/m 6Z van proef B 5; humusgehalte $\pm$ 10%).

Werkwijze: 15 g luchtdroge grond werd met 30 cc glaszand gemengd. Gepercoleerd werd met ca. $\frac{n}{50}$ calciumhydroxyde, totdat het percolaat nagenoeg denzelfden titer had; voor elke 15 g grond was hiervoor 2500 cc kalkwater noodig. Hierna werd met $CO_2$-vrij gedestilleerd water uitgewasschen totdat ter neutralisatie van 100 cc percolaat ca 1 cc $\frac{n}{10}$ HCl noodig was (pH van het percolaat $\pm$ 11). Per monster was hiervoor ongeveer 2500 cc water noodig; het door den grond vastgelegde calcium wordt blijkbaar slechts langzaam door water uitgewasschen. Bij neutralisatie van het percolaat ontstond vrijwel steeds een neerslag van $Al(OH)_3$; er worden dus ook calcium-aluminaten uitgespoeld.

Na de percolatie met water werd met n. $NH_4Cl$ gepercoleerd om de hoeveelheid uitwisselbare kalk te bepalen; per monster was 800 cc n. $NH_4Cl$-oplossing noodig om practisch alle kalk te verdringen.

Resultaat van de proef:

Hoeveelheid geadsorbeerde Ca-ionen, berekend in M.E. per 100 g drogen grond:

| | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Proef B 5 | 143,8 | 144,7 | 139,5 | 140,5 | 137,0 | 134,3 |

Deze waarden zijn ongeveer 3,5 maal zoo hoog als die, welke na percolatie met Ca-acetaat gevonden werden (zie pg 101); het verschil wordt veroorzaakt door het groote verschil in pH van den grond bij het verzadigingspunt (pH $\pm$ 11 resp. pH $\pm$ 8).

Zooals uit het bovenstaande is af te leiden, zijn percolatie-proeven met calciumhydroxyde zeer tijdroovend. De bepaling van de adsorptie-capaciteit met behulp van Ca-acetaat verloopt veel sneller en is daarom veel practischer.

*) Burgess, P.S.: „The so-called „build-up" and „break-down" of soil zeolites as influenced bij reaction" Agr. Exp. Stat. Arizona. Tech. Bull. 28, 1929.

Nadere onderzoekingen zullen moeten uitwijzen in hoeverre de uitwisselbare hoeveelheid kalk in den grond nog toeneemt bij verdere percolatie.

KAPPEN [1]) nam met eenige gronden de volgende proef: 100 g grond werd met 250 cc n. Ca-acetaatoplossing gedurende een uur geschud, waarna de suspensie 18 uren staan bleef. Hierna werd van de heldere vloeistof boven den grond 125 cc afgepipetteerd en 125 cc nieuwe Ca-acetaatoplossing toegevoegd. Deze behandeling werd 10 × herhaald, waarna de grond met water werd uitgewasschen en de pH van de suspensie bepaald werd. Hierbij bleek dat alle monsters na de behandeling een pH van 7,8 à 8,0 hadden. Men kan aannemen, dat op het moment dat voor de neutralisatie van 100 cc percolaat nog slechts 1 cc $\frac{n}{10}$ NaOH noodig is, ook de met Ca-acetaatoplossing *gepercoleerde* grond, bevrijd van het overtollige Ca-acetaat, in de watersuspensie waarschijnlijk een pH $\pm$ 8 heeft. Deze bepalingen zullen voor tropische gronden nog verricht moeten worden, om experimenteel vast te stellen, welke pH-waarden de gronden bij het verzadigingspunt hebben.

Na de percolatie met Ca-acetaat-oplossing wordt de grond met gedestilleerd $CO_2$-vrij water uitgewasschen, om het zich in den grond bevindende overtollige Ca-acetaat te verwijderen. Hierna wordt met n. $NH_4Cl$-oplossing gepercoleerd om de door den grond geadsorbeerde Ca-ionen te verdringen. Het kalkgehalte van het percolaat wordt, na praecipitatie als oxalaat, titrimetrisch bepaald en berekend in M.E. Ca per 100 g drogen grond. Doordat het adsorptie-complex na percolatie met een voldoende hoeveelheid Ca-acetaat-oplossing vrijwel geheel uit Ca-ionen bestaat, — behalve de H-ionen worden ook de andere geadsorbeerde kationen grootendeels verdrongen — kan de in het $NH_4Cl$-percolaat bepaalde hoeveelheid kalk, als *adsorptie-capaciteit T* beschouwd worden. Deze T-waarde geeft dus aan de maximale hoeveelheid uitwisselbare Ca-ionen, die een grond bij verzadiging tot pH $\pm$ 8 kan bevatten.

Kent men het gehalte aan uitwisselbare basen S, dan kan men dus het *verzadigingspercentage* V berekenen uit de verhouding van S en T:

$$V = \frac{100\,S}{T}\ \%.$$

Volgens deze werkwijze kan dus de bepaling van H (hoeveelheid adsorptief gebonden H-ionen) voor de bepaling van den verzadigingsgraad komen te vervallen.

Naarmate de adsorptie-capaciteit van den grond per gewichtseenheid grooter is, zal men met een *grootere* hoeveelheid Ca-acetaat-oplossing moeten percoleeren, om het aangenomen grenspunt te bereiken. Dit blijkt duidelijk uit fig. 4, waarin het aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH, noodig voor de neutralisatie van telkens 100 cc percolaat voor een 2-tal grondtypen grafisch is voorgesteld; bij deze proeven werd uitgegaan van 10 g luchtdrogen grond.

Om voor verschillende grondtypen het grenspunt met een *gelijke hoe-*

---

[1]) KAPPEN, H.: „Die Bodenazidität", 1929, pg 98.

*veelheid n. Ca-acetaat*-oplossing (bijv. 500 cc) te bereiken, — waardoor de methode belangrijk vereenvoudigd zou worden, aangezien men dan niet elke 100 cc percolaat zou behoeven te titreeren — is het duidelijk dat men voor de percolatie niet een gelijke gewichtshoeveelheid grond moet nemen, maar een zoodanige hoeveelheid, dat de monsters een nagenoeg *gelijk adsorptievermogen* bezitten. Alvorens de bepaling van deze laatste hoeveelheid mogelijk kan zijn, zal men het adsorptievermogen van het organisch en het anorganisch adsorbeerend bodemcomplex moeten leeren kennen. Indien blijken zou dat bij verschillende grondtypen een duidelijke grens voor de korrelgrootte der gronddeeltjes bestaat, waarboven de fracties geen of slechts een gering adsorptievermogen bezitten en derhalve als niet-reactieve bestanddeelen van den grond kunnen beschouwd worden, zouden de hoeveelheden met een ongeveer gelijke hoeveelheid reactieve bestanddeelen, uit het humusgehalte en de granulaire samenstelling kunnen worden benaderd.

Uit de hieronder volgende gegevens van een onderzoek naar het adsorptievermogen van de verschillende fracties van *tropische* gronden blijkt evenwel, dat hierbij in den regel geen scherpe grens is vast te stellen tusschen de reactieve en niet-reactieve minerale bodem-

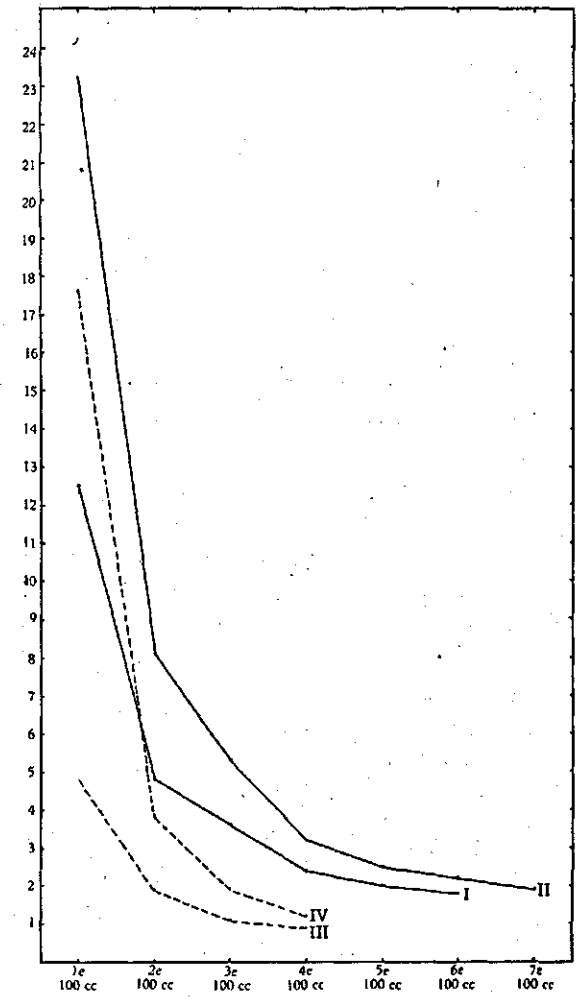



Fig. 4

Aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH noodig ter neutralisatie van het Ca-acetaat-percolaat van 10 g luchtdrogen grond

I. humeuse sterk zandhoudende leemgrond V = 73 %; pH 5,9

II. humeuse sterk zandhoudende leemgrond V = 18 %; pH 3,7

III. sterk kleihoudende leemgrond V = 79 % pH 6,6

IV. sterk kleihoudende leemgrond V = 17 %; pH 3,8

bestanddeelen, en dat bovendien het adsorptievermogen van de fracties met gelijke korrelgrootte bij verschillende gronden niet even groot is. De bepaling van het adsorptievermogen op grond van het humusgehalte en de granulaire samenstelling is derhalve voor tropische gronden zeer moeilijk. De methodiek zal nog verder uitgewerkt worden.

Een systematisch onderzoek naar de vergelijkbaarheid der berekende verzadigingspercentages, verkregen volgens de tot nu toe op het Agrog. Lab. der Bergcultures te Buitenzorg gebruikelijke methode (hfdst. II, § 1) en die, welke volgens de hierboven aangegeven percolatiemethoden worden verkregen, komt mij zeer gewenscht voor.

Resumeerend komt deze laatste werkwijze in het kort erop neer, dat:

*a*) S bepaald wordt door percolatie van den grond met een $\frac{n}{5}$ of $\frac{n}{10}$ $NH_4Cl$-oplossing en titratie van het percolaat met behulp van formaline en $\frac{n}{10}$ NaOH;

*b*) T bepaald wordt door percolatie van den grond met een n. Ca-acetaat-oplossing, uitwassching met water, percolatie met een n. $NH_4Cl$-oplossing en titrimetrische bepaling van de hoeveelheid kalk in het percolaat. De grootte van de monsters zal zoodanig moeten genomen worden dat deze een vrijwel even groote adsorptie-capaciteit bezitten (bijv. 3 milligramaequivalenten).

In hoeverre deze werkwijze ook met vochtige grondmonsters uitvoerbaar is, zal de ervaring moeten leeren. Bij jongvulcanische gronden met een laag kleigehalte zal men hierbij waarschijnlijk weinig moeilijkheden ondervinden.

b) *Het adsorptievermogen van eenige tropische gronden in verband met de korrelgrootte der deeltjes.*

Bij kleihoudende gronden heeft men, behalve met het organische adsorbeerende bodemcomplex (humus), ook te maken met het anorganische bodemcomplex; voor Nederlandsche kleigronden kan men voor praktische doeleinden blijkbaar volstaan met alleen de grondfracties $<10\,\mu$ als het reactieve minerale deel van den grond te beschouwen [1]).

Tropische gronden, vooral gronden van vulcanischen oorsprong, wijken in chemische en physische eigenschappen sterk van Europeesche gronden af. Ten einde na te gaan, welke grondfracties bij tropische gronden, naast den humus een werkzaam aandeel bij de adsorptieverschijnselen in den

---

[1]) GEDROIZ („Der adsorbierende Bodenkomplex", 1929, pg 13) beschouwt alleen de fracties met een diameter $<0{,}25\,\mu$ als echte bodemcolloïden; bij toenemende korrelgrootte der deeltjes neemt het adsorptievermogen sterk af. Hierbij wordt verondersteld alleen met *primaire* deeltjes, dus niet met aggregaten te doen te hebben. Deeltjes van deze grootte hebben onder invloed van electrolyten een sterke neiging tot samenvlokking en vormen aggregaten; bovendien worden zij aan de oppervlakte van grootere gronddeeltjes vastgehecht. Deze aggregaten komen bij de slibanalyse, in verband met de grootere valsnelheid in water, bij de grootere fracties terecht; hierdoor worden de adsorptieve eigenschappen van de fracties $>0{,}25\,\mu$ veroorzaakt.

grond hebben, werden eenige onderzoekingen verricht, waarvan de resultaten hier worden medegedeeld.

De bij de slibanalyse gevonden hoeveelheden van de fijnere fracties zijn in hooge mate afhankelijk van de wijze waarop de grondmonsters worden *voorbehandeld;* principieel zal men voor dit onderzoek een methode moeten toepassen, waardoor een hooge dispersiteitsgraad van de grondsuspensie wordt verkregen, en waarbij het adsorbeerend complex zelf zoo min mogelijk wordt aangetast. Voorbehandeling van de monsters met ammoniak, zooals bij het Agrogeologisch Laboratorium der Bergcultures te Buitenzorg gebruikelijk is, geeft voor dit doel een onvoldoende dispersie. Een hoogere dispersiteitsgraad wordt verkregen door toepassing van de methode van OLMSTEAD [1]); deze werkwijze werd daarom voor dit onderzoek toegepast.

Werkwijze: 10 g luchtdroge uitgezeefde grond (<2 mm), met bekend watergehalte, werd met 50 tot 100 cc waterstofperoxyde (6% $H_2O_2$) (afhankelijk van het humusgehalte van den grond) behandeld. Na (gedeeltelijke) oxydatie van de organische stof, werd de suspensie door een membraanfilter afgezogen en met gedestilleerd water nagewasschen.

Nadat de grond in een slibcylinder (SIKORSKY) gebracht was, werd 10 cc $\frac{n}{2}$ natrium-oxalaat (c.q. lithium-oxalaat) toegevoegd.

De cylinders werden met gedestilleerd water bijgevuld, totdat de hoogte van de vloeistofkolom boven de uitstroomingsopening 20 cm was, en daarna eenige malen flink geschud [2]). Op vastgestelde tijden werd de vloeistof afgetapt en opgevangen, waarna de cylinders opnieuw met gedestilleerd water werden bijgevuld. Deze bewerking werd zoo dikwijls herhaald, totdat de vloeistof aan het einde van de bezinkingsperiode helder was (voor elke fractie 8 à 10 maal).

Soortelijk gewicht van de gronddeeltjes en temperatuur van het water zijn, naast andere factoren, van invloed op de valsnelheid der deeltjes [3]).

---

[1]) OLMSTEAD, L. B., ALEXANDER, L. T. and MIDDLETON, H. E.: „A pipettemethod of mechanical analysis of soils, based on improved dispersion procedure". U.S. Dept. of Agr. Techn. Bull., 170, 1930.

[2]) Om van elke grondfractie een voldoende hoeveelheid te verkrijgen, werden 6 slibcylinders gebruikt.

[3]) Formule van STOKES *) voor de berekening van de valsnelheden van kogelvormige lichamen in water:

$$V = \frac{2}{9} r^2 \frac{(d-d_1)\,g}{\eta}$$

waarbij, V = valsnelheid van het gronddeeltje in cm per sec.
r = halve middellijn van het gronddeeltje in cm.
d = soortelijk gewicht van het gronddeeltje.
$d_1$ = soortelijk gewicht van het water.
$\eta$ = inwendige wrijving van water.
g = versnelling van de zwaartekracht = 981 cm per sec. (Midden-Europa).

De berekening van de valsnelheid der deeltjes volgens deze vergelijking is voldoende nauwkeurig voor deeltjes met een diameter $<100\,\mu$. Voor grootere deeltjes geschiedt de berekening volgens de formule van OSEEN *).

*) GESSNER, H. G.: „Die Schlämmanalyse", 1931, pg 9 en 19.

Eenvoudigheidshalve werd aangenomen dat het soortelijk gewicht der gronddeeltjes 2,7 en de temperatuur gemiddeld 15° was; volgens de tabel van Köhn [1]) zijn dan de valtijden, berekend voor een valafstand van 20 cm:

| Diameter | 0,002 mm | 0,005 mm | 0,010 mm | 0,020 mm | 0,050 mm |
|---|---|---|---|---|---|
| Valtijd .. | 17 h. 0 min. | 2 h. 44 min. | 41 min. | 10 m. 6 sec. | 1 min. 40 sec. |

Door afhevelen en indampen van de vloeistoffen bij betrekkelijke lagen temperatuur (± 60° C.) boven een waterbad, werden de fracties <2 $\mu$, 2–5 $\mu$, 5–10 $\mu$, 10–20 $\mu$ en 20–50 $\mu$ verkregen. De deeltjes grooter dan 50 $\mu$ werden uitgezeefd en in de volgende fracties verdeeld: 50–100 $\mu$, 100–250 $\mu$, 250–500 $\mu$, $\frac{1}{2}$–1 mm en 1–2 mm. Na weging der verschillende fracties in luchtdrogen toestand werd van elke fractie de adsorptie-capaciteit volgens onderstaande werkwijze bepaald:

Elk monster [2]) werd met 20 cc glaszand gemengd en in een percolatiebuis gebracht. Hierna werd met ca. $\frac{n}{50}$ $Ca(OH)_2$ oplossing gepercoleerd tot de titer van het percolaat praktisch gelijk was aan dien van de oorspronkelijke kalkoplossing; op dit moment werd dus door den grond vrijwel geen kalk meer vastgelegd. Hierna werd met gedestilleerd water uitgewasschen [3]) totdat voor de neutralisatie van 100 cc percolaat niet meer dan 1 cc $\frac{n}{10}$ HCl noodig was. De geadsorbeerde hoeveelheid kalk werd met n. $NH_4Cl$ oplossing uitgedreven en titrimetrisch bepaald. Een nadeel van de toegepaste percolatiemethode is, dat de uitkomsten die men krijgt eenigszins afhankelijk zijn van de hoeveelheden grond, die men voor de proef gebruikt; de uitkomsten kunnen derhalve geen aanspraak maken op groote absolute nauwkeurigheid. Zooveel mogelijk werd met gelijke gewichtshoeveelheden van elke fractie gewerkt; voor die fracties, waarvan de bij de slibanalyse verkregen hoeveelheid ontoereikend was, werden kleinere hoeveelheden genomen.

Voor het onderzoek werden 5 grondtypen gebezigd:

*a*) Grijze jongvulcanische humeuse andesiet-tufgrond; sterk zandhoudende leemgrond (afkomstig uit het contrôle-object van proef B 5).

---

[1]) Köhn, M: „Beiträge zur Theorie und Praxis der mechanischen Bodenanalyse". Landw. Jahrbücher LXVII, 1928, pg 542.

[2]) De gewichtshoeveelheden zijn bij de gegevens vermeld.

[3]) Men kan hierbij van twee principes uitgaan:

*a*. de monsters waarvan wij weten dat zij in adsorptie-capaciteit per gewichtseenheid verschillen, worden elk met een gelijke hoeveelheid water uitgewasschen, of

*b*. het uitwasschen geschiedt voor elk monster zoolang totdat een nagenoeg gelijken titer van het percolaat is verkregen; in dit geval is voor de monsters die een hoogere adsorptie-capaciteit bezitten, een grootere hoeveelheid water noodig, dan voor de monsters met een lage adsorptie-capaciteit. Bij de onderhavige proeven werd de laatste werkwijze gevolgd.

*b*) Liparietgrond; klei- en leemhoudende zandgrond (afkomstig uit het contrôle-object van proef A 6).
*c*) Matig verweerde bruine grond, ontstaan uit jongvulcanisch materiaal; sterk kleihoudende leemgrond (afkomstig uit het contrôle-object van proef B 2).
*d*) Vrij sterk verweerde bruine tertiaire grond; sterk kleihoudende leemgrond; (afkomstig uit het contrôle-object van proef A 3).
*e*) Sterk verweerde roode laterietische grond; sterk kleihoudende leemgrond; (afkomstig uit het contrôle-object van proef A 5).

*Resultaten van het onderzoek:*

a) *Grijze jongvulcanische andesiet-tufgrond.*

Voor de slibanalyse werden 6 monsters, elk van 12 g luchtdrogen grond (= 10,08 g droge stof), afgewogen. Als dispersiemiddel werd gebruikt:

bij 2 monsters 10 cc $\frac{n}{2}$ Na-oxalaat per monster;
„ 2 „ 10 cc $\frac{n}{2}$ Li-oxalaat „ „ ;
„ 2 „ 10 cc $\frac{n}{2}$ LiOH „ „ .

Gewichten der fracties in grammen:

| Fracties | $<2\,\mu$ | 2–5 $\mu$ | 5–10 $\mu$ | 10–20 $\mu$ | 20–50 $\mu$ | Totaal $<50\,\mu$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Na-oxalaat .... | 0,78 | 0,79 | 1,94 | 2,32 | 2,76 | 8,59 |
| Li-oxalaat .... | 1,34 | 0,89 | 1,71 | 2,14 | 2,88 | 8,96 |
| LiOH ..... | 1,54 | 0,93 | 1,72 | 1,83 | 2,74 | 8,76 |
| | 3,66 | 2,61 | 5,37 | 6,29 | 8,38 | 26,31 |

| Fracties | $<50\,\mu$ | 50–100 $\mu$ | 100-250 $\mu$ | 250-500 $\mu$ | $\frac{1}{2}$–1 mm | 1–2 mm | Totaal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Na-oxalaat . | 8,59 | 1,80 | 2,68 | 2,20 | 1,96 | 0,42 | 17,65 |
| Li-oxalaat... | 8,96 | 1,77 | 2,59 | 2,02 | 1,97 | 0,48 | 17,79 |
| LiOH..... | 8,76 | 1,76 | 2,61 | 2,12 | 1,96 | 0,49 | 17,70 |
| | 26,31 | 5,33 | 7,88 | 6,34 | 5,89 | 1,39 | 53,14 |

Het verschil tusschen de verschillende dispersiemiddelen is bij dezen grond gering; LiOH en Li-oxalaat hebben een iets grootere hoeveelheid klei ($<2\,\mu$) gegeven dan Na-oxalaat.

*Adsorptie-capaciteit* van de verschillende fracties, aangegeven in M.E. Ca per gram droge stof:

| Fracties | <2 μ | 2–5 μ | 5–10 μ | 10-20 μ | 20-50 μ | 50–100 μ | 100-250 μ | 250-500 μ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hoeveelheid [1]) | 2,5 g | 2,5 g | 4 g | 4 g | 4 g | 4 g | 4 g | 4 g |
| Adsorptiecap. | 1,97 | 1,58 | 1,56 | 1,46 | 1,26 | 0,91 | 0,91 | 0,83 |

Opmerkelijk is, dat zelfs de grovere leemfracties nog een vrij groote hoeveelheid calcium adsorptief kunnen binden; wel een bewijs ervoor dat men bij de zand- en leemfracties van vulcanische tufgronden niet met primaire deeltjes te maken heeft, maar met agglomeraten van fijnere gronddeeltjes — door DEUSS [2]) genoemd „*pseudozand*" — en deeltjes met een sterk verweerde oppervlakte. Doordat door de $H_2O_2$-behandeling niet alle organische stof geoxydeerd is, bestaat de mogelijkheid, dat de adsorptie-capaciteiten der fracties bij deze proef door de resteerende hoeveelheid organische stof te hoog zijn uitgevallen. Maar dit neemt niet weg, dat toch de middenfracties een belangrijke rol spelen bij de adsorptie-reacties in den grond, zij het dan ook dat dit ten deele het gevolg is van de impregnatie van humusstoffen in de pseudozandkorrels.

b) *Liparietgrond.*

Voor de slibanalyse werden 6 monsters, elk van 10 g luchtdrogen grond (= 9,21 g droge stof), afgewogen. Als dispersiemiddel werd gebruikt:

bij 3 monsters 10 cc $\frac{n}{2}$ Na-oxalaat per monster;
„ 3 „ 10 cc $\frac{n}{2}$ Li-oxalaat „ „ .

Gewichten der fracties in grammen:

| Fracties | <2 μ | 2–5 μ | 5–10 μ | 10–20 μ | 20–50 μ | Totaal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Na-oxalaat .... | 4,69 | 1,87 | 1,24 | 0,98 | 0,89 | 9,67 |
| Li-oxalaat .... | 5,45 | 1,73 | 1,00 | 0,66 | 0,79 | 9,63 |
| | 10,14 | 3,60 | 2,24 | 1,64 | 1,68 | 19,30 |

De fracties > 50 μ werden voor 6 monsters tezamen gewogen:

| Fracties | <50 μ | 50–100 μ | 100-250 μ | 250-500 μ | ½–1 mm | 1–2 mm | Totaal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19,30 | 1,85 | 5,05 | 10,58 | 16,01 | 2,05 | 54,84 |

[1]) Gewichtshoeveelheid die voor de bepaling gebruikt werd.
[2]) DEUSS, J. J. B.: „Over de theegronden van Java en Sumatra" l.c.

Li-oxalaat heeft bij dezen grond een *sterkere dispersie* ten gevolge gehad dan Na-oxalaat.

*Adsorptie-capaciteit* van verschillende fracties, aangegeven in M.E. Ca per gram droge stof:

| Fracties | <2 μ | 2–5 μ | 5–10 μ | 10–20 μ | 20–50 μ | 50–100 μ | 100-250 μ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hoeveelheid. | 3 g | 3 g | 1,5 g | 1,5 g | 1,5 g | 1,5 g | 3 g |
| Adsorptiecap. | 0,53 | 0,49 | 0,46 | 0,45 | 0,35 | 0,19 | 0,08 |

De fracties kleiner dan 20 μ verschillen betrekkelijk weinig in adsorptie-capaciteit. De fracties >50 μ bestaan vrijwel geheel uit onverweerde mineralen [1]), en hebben een slechts zeer geringe adsorptie-capaciteit.

c) *Matig verweerde bruine grond.*

Voor de slibanalyse werden 3 monsters, elk van 10 g *luchtdrogen* grond (= 8,90 g droge stof) en 3 monsters van elk 12 g *vochtigen* grond (= 8,72 g droge stof), afgewogen. Als dispersiemiddel werd in beide gevallen 10 cc $\frac{n}{2}$Na-oxalaat per monster gebruikt.

Gewichten der fracties in grammen:

| Fracties | <2 μ | 2–5 μ | 5–10 μ | 10–20 μ | 20–50 μ | Totaal <50 μ | 50 μ–2 mm | Totaal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Luchtdroog. | 12,33 | 2,52 | 2,01 | 1,98 | 2,25 | 21,09 | 4,56 | 25,65 |
| Vochtig.... | 12,27 | 2,26 | 1,81 | 2,13 | 2,22 | 20,69 | 4,41 | 25,10 |
| | 24,60 | 4,78 | 3,82 | 4,11 | 4,47 | 41,78 | 8,97 | 50,75 |

Het gehalte aan droge stof der vochtige monsters, waarvan werd uitgegaan, was iets geringer dan dat van de luchtdroge monsters; uit de vergelijking van de gewichten der verschillende fracties blijkt, dat het luchtdroog maken van dezen grond *geen merkbaren invloed* heeft gehad op de uitkomsten van de slibanalyse.

*Adsorptie-capaciteit* der fracties <50 μ, aangegeven in M.E. Ca per gram droge stof:

| Fracties | <2 μ | 2–5 μ | 5–10 μ | 10–20 μ | 20–50 μ |
|---|---|---|---|---|---|
| Hoeveelheid ..... | 4 g | 4 g | 2 g | 2 g | 2 g |
| Adsorptiecapaciteit.. | 0,78 | 0,62 | 0,49 | 0,51 | 0,49 |

[1]) Hoofdzakelijk: kwarts, sanidien, biotiet, augiet, zirkoon en magnetiet.

Ook deze grond bevat pseudozand in de verschillende fracties; de afname van de adsorptie-capaciteit bij toenemende korrelgrootte is niet sterk geprononceerd.

d) *Vrij sterk verweerde bruine tertiaire grond.*

Voor de slibanalyse werden 6 monsters, elk van 10 g luchtdrogen grond (= 8,96 g droge stof) afgewogen. Als dispersiemiddel werd gebruikt:

bij 3 monsters 10 cc $\frac{n}{2}$ Na-oxalaat per monster;
„ 3 „ 10 cc $\frac{n}{2}$ Li- „ „ „ .

Gewichten der fracties in grammen:

| Fracties | <5 μ | 5–20 μ | 20–50 μ | Totaal <50 μ |
|---|---|---|---|---|
| Na-oxalaat ..... | 18,32 | 2,63 | 1,32 | 22,27 |
| Li-oxalaat ..... | 18,47 | 2,62 | 1,38 | 22,47 |
| | 36,79 | 5,25 | 2,70 | 44,74 |

De fracties >50 μ werden voor de 6 monsters tezamen gewogen:

| Fracties | < 50 μ | 50–100 μ | 100-250μ | 250-500μ | ½–1 mm | 1–2 mm | Totaal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 44,74 | 2,15 | 3,45 | 2,15 | 0,40 | 0,08 | 52,97 |

Li-oxalaat heeft bij dezen grond een vrijwel evensterke dispergeerende werking als Na-oxalaat.

*Adsorptie-capaciteit* van verschillende fracties aangegeven in M.E. Ca per gram droge stof:

| Fracties | <5 μ | 5–20 μ | 20–50 μ | 50–100 μ | 100–250 μ | 250–500 μ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Hoeveelheid .. | 2 g | 2 g | 2 g | 2 g | 2 g | 2 g |
| Adsorptiecap. . | 0,33 | 0,19 | 0,17 | 0,18 | 0,16 | 0,15 |

De adsorptie-capaciteit der fracties is over het algemeen laag. De fractie <5 μ heeft een ongeveer 2× zoo groote adsorptie-capaciteit als de overige fracties.

e) *Sterk verweerde roode laterietische grond.*

Voor de slibanalyse werden 6 monsters, elk van 10 g luchtdrogen grond (= 9,32 g droge stof), afgewogen. Als dispersiemiddel werd gebruikt:

bij 2 monsters 10 cc $\frac{n}{2}$ Na-oxalaat per monster;
„ 2 „ 10 cc $\frac{n}{2}$ Li-oxalaat „ „ ;
„ 2 „ 10 cc $\frac{n}{2}$ LiOH „ „ .

Gewichten der fracties in grammen:

| Fracties | <2 μ | 2–5 μ | 5–10 μ | 10–20 μ | 20–50 μ | Totaal < 50 μ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Na-oxalaat .... | 8,98 | 0,43 | 0,33 | 0,42 | 1,02 | 11,18 |
| Li-oxalaat..... | 8,92 | 0,43 | 0,30 | 0,46 | 1,12 | 11,23 |
| LiOH ..... | 8,94 | 0,38 | 0,31 | 0,44 | 1,07 | 11,14 |
| | 26,84 | 1,64 | 0,94 | 1,32 | 3,21 | 33,55 |

De fracties >50 μ werden voor 6 monsters tezamen gewogen:

| <50 μ | 50–100 μ | 100–250μ | 250–500 μ | ½–1 mm | 1–2 mm | Totaal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 33,55 | 13,95 | 5,19 | 0,29 | 0,31 | 0,45 | 53,74 |

De dispergeerende werking van Na-oxalaat, Li-oxalaat en Li-hydroxyde is bij dezen rooden grond vrijwel even groot.

*Adsorptie-capaciteit* der verschillende fracties, aangegeven in M.E. Ca per gram droge stof:

| Fracties | <2 μ | 2–5 μ | 5–10 μ | 10–20 μ | 20–50 μ | 50–100 μ | 100–250 μ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hoeveelheid | 3 g | 1 g | 0,94 g | 1 g | 3 g | 3 g | 3 g |
| Adsorpt.cap. | 0,44 | 0,13 | 0,12 | 0,07 | 0,08 | 0,04 | 0,05 |

Bij dezen grond bestaan de fracties >2 μ hoofdzakelijk uit kwartsdeeltjes; pseudozand ontbreekt vrijwel geheel. De adsorptie-capaciteiten der fracties >2 μ zijn gering in verhouding tot die van de kleifractie <2 μ.

Resumeerend blijkt uit bovenstaande gegevens het volgende:

1e. Het adsorptievermogen van verschillende fracties neemt bij afnemende korrelgrootte toe, hetgeen te verwachten was.

2e. Behalve de kleifractie ($< 2\mu$), die het colloïdale gedeelte van het adsorbeerend bodemcomplex insluit (deeltjes $<0{,}25\,\mu$), hebben bij het meerendeel der onderzochte gronden, ook de leemfracties ($>2\,\mu$) een aanmerkelijk adsorptie-vermogen. Dit is vooral bij vulcanische tufgronden het geval.

Fig. 5 geeft de grafische interpretatie der gegevens van 4 grondtypen. De verhouding van het adsorptievermogen der fracties $>2\,\mu$, ten opzichte van de kleifractie $<2\,\mu$, wordt verduidelijkt door het adsorptievermogen van de kleifractie = 100% te stellen:

| Fracties | $<2\,\mu$ | 2–5 $\mu$ | 5–10 $\mu$ | 10–20 $\mu$ | 20–50 $\mu$ | 50–100 $\mu$ | 100–260 $\mu$ | 250–500 $\mu$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| grond a | 100% | 94% | 79% | 74% | 64% | 46% | 46% | 42% |
| grond b | 100% | 92% | 87% | 85% | 66% | 36% | 15% | |
| grond c | 100% | 79% | 63% | 65% | 63% | | | |
| grond e | 100% | 30% | 28% | 16% | 18% | 9% | 11% | |

Dat de leemfracties van vulcanische tufgronden t.o.v. de kleifracties nog een aanmerkelijke adsorptie-capaciteit bezitten, bewijst dat deze fracties grootendeels bestaan uit agglomeraten van fijnere deeltjes (pseudozand), die bij de voorbehandeling van den grond voor de slibanalyse niet gedispergeerd worden; deze pseudozandkorrels hebben een groote inwendige oppervlakte.

Bij grond e (sterk verweerde roode grond) bestaan de fracties $>2\,\mu$ grootendeels uit kwartskorrels en hebben dientengevolge slechts een gering adsorptievermogen.

Het grootere adsorptievermogen van de fractie 2–5 $\mu$ t.o.v. de fracties $>5\,\mu$ wordt bij dezen grond waarschijnlijk veroorzaakt doordat colloïdale deeltjes ($<0{,}25\,\mu$) aan de oppervlakte der grootere deeltjes vastgehecht zijn.

3e. De kleifracties van verschillende grondtypen bezitten niet het zelfde adsorptievermogen (voor de gronden a, b, c en e resp. 1,97, 0,53, 0,78 en 0,44 M.E. per gram). Oorzaken hiervan kunnen o.m. zijn, een niet gelijk gehalte aan deeltjes $<0{,}25\,\mu$ in de verschillende gronden en ongelijke samenstelling van het anorganische adsorbeerend complex. Uit onderzoekingen

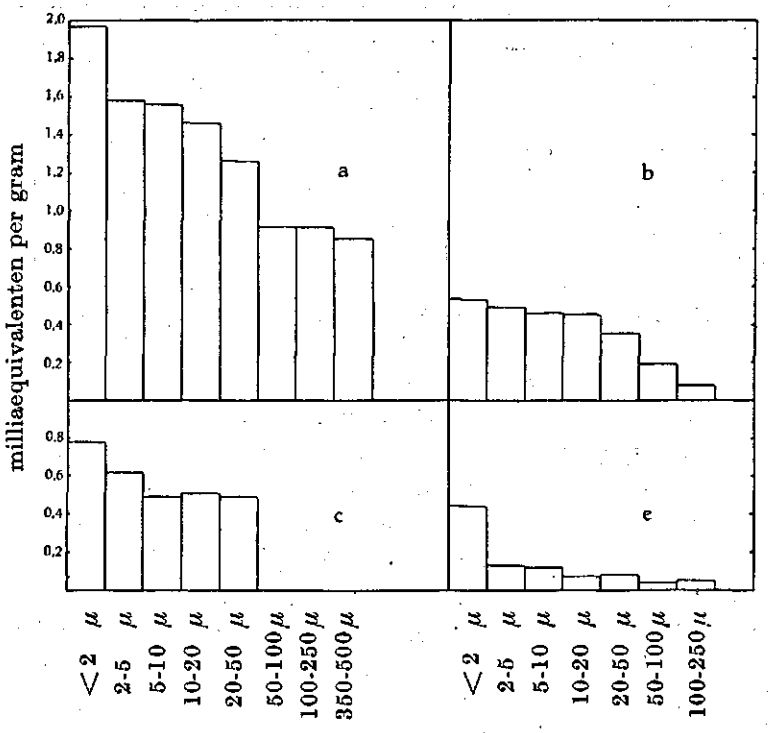



Fig. 5. Adsorptie-capaciteit van verschillende grondfracties
a = jongvulc.andesiettufgrond
b = liparietgrond
c = matig verweerde bruine grond
e = sterk verweerde roode grond

van ANDERSON en MATTSON [1]) is gebleken dat de *verhouding* $SiO_2$: ($Al_2O_3$ + + $Fe_2O_3$) van de kleicolloïden van invloed is op het adsorptievermogen; een grootere verhouding (relatief hooger $SiO_2$-gehalte) blijkt samen te gaan met een hoogere adsorptie-capaciteit.

4e. De voorbehandeling van de monsters voor de slibanalyse volgens de methode OLMSTEAD geeft belangrijk *hoogere* waarden voor de kleifractie, dan voorbehandeling met ammonia [2]).

Vergelijking van het *kleigehalte* (fracties $< 2\,\mu$) bij voorbehandeling van den grond volgens de methode OLMSTEAD en $NH_4OH$, berekend in % van den oorspronkelijken drogen grond:

---

[1]) ANDERSON, M. S. and MATTSON, S. E.: „The relation between properties and chemical composition of soil colloïds". Science 62, 1925, no. 1596, pg. 114.

[2]) Werkwijze: 20 g droge grond wordt met 10 druppels 10% $NH_4OH$ en 100 cc water gedurende 6 uren geschud. (VAGELER: „De analysemethoden etc", l.c., pg. 84).

| Grondsoort afkomstig van proef: | a<br>B–5 | b<br>A–6 | c<br>B–2 | e<br>A–5 |
|---|---|---|---|---|
| Voorbehandeld met $NH_4OH$ ... | 3,6% | 12,4% | 26,4% | 39,2% |
| Voorbeh. volgens OLMSTEAD: | | | | |
| Na-oxalaat ..... | 3,8% | 25,5% | 47,1% | 48,2% |
| Li-oxalaat..... | 6,6% | 29,5% | 46,9% | 47,8% |

Opgemerkt dient te worden dat bij de monsters, die met $NH_4OH$ behandeld waren, voor de fractiebepaling de pipetmethode werd toegepast. De ongelijke werkwijze bij de mechanische analyse kan evenwel de groote verschillen niet veroorzaakt hebben; zij moeten grootendeels worden toegeschreven aan het verschil in voorbehandeling en aan het ongelijke dispergeerend effect van de gebruikte dispersiemiddelen.

Voorafgaande oxydatie van de organische stof met waterstofperoxyde en het gebruik van Na- of Li-oxalaat als dispersiemiddel bij de mechanische analyse, in plaats van $NH_4OH$, verdient m.i. ook voor tropische gronden aanbeveling. Het bereiken van een *hoogeren dispersiteitsgraad* met deze middelen zal bijdragen tot grootere nauwkeurigheid van de resultaten van de mechanische analyse en leiden tot een betere classificatie der gronden op grond van de granulaire samenstelling.

Sommige bodemkundigen stellen zich op het standpunt dat men den grond bij de voorbehandeling voor de slibanalyse niet te sterk moet dispergeeren, omdat men dan geen indruk krijgt van den natuurlijken toestand, waarin de grond verkeert en geven daarom aan het gebruik van $NH_4OH$ de voorkeur. Het lijkt mij evenwel beter, om den *coagulatiegraad* van den grond te beoordeelen, door vergelijking van het kleigehalte (fracties $<2\mu$), dat men vindt na dispergeering van het monster met Na- of Li-oxalaat, en dat na suspendeering met gedestilleerd water.

## III. VEGETATIE-PROEVEN MET JONGE THEEPLANTEN

*a) Inleidende onderzoekingen.*

Alvorens met vegetatie-proeven met jonge theeplanten te beginnen, werd eerst op een tweetal grondtypen nagegaan, welke veranderingen in zuurgraad verschillende hoeveelheden zwavel en kalk op den grond ten gevolge hadden. Vóór de toediening van zwavel c.q. kalk, werd de grond in de voor de proef bestemde veldjes tot 60 cm diepte omgewerkt; zoowel zwavel als gebluschte kalk werden als fijn poeder in geïsoleerde vakjes van 1 $m^2$ tot $\pm$15 cm diepte intensief met den grond gemengd. Na één maand werden de eerste monsters op 5 cm diepte gestoken en na 5 maanden op dezelfde diepte een tweede serie monsters. Twee jaren na de toediening werden in de gezwavelde vakjes op verschillende diepte monsters genomen, om de diepte-invloed te controleeren. Van elk monster werden de pH in watersuspensie en de titerzuurgraden met KCl en met Na-acetaat per 100 cc grond bepaald; de gegevens zijn de gemiddelde waarden van minstens 2 bepalingen.

Tabel 2 en 3 bevatten de gegevens, die verkregen werden op een matig verweerden sterk kleihoudenden leemgrond (regenval ter plaatse ongeveer 4300 mm per jaar; hoogte 260 m.b.z.).

Tabel 4 en 5 geven de resultaten weer van een soortgelijke proef op een weinig verweerden jongvulcanischen tufgrond (sterk zandhoudende leemgrond; regenval ter plaatse 3000 mm per jaar; hoogte 1150 m.b.z.). Zwavel en kalk werden hierbij eveneens tot $\pm$ 15 cm diepte met den grond gemengd.

Amerikaansche onderzoekers (WAKSMANN & JOFFE) vonden dat de oxydatie van elementaire zwavel (sulfoficatie) in den grond voornamelijk plaats heeft door *Thiobaccilus thio-oxydans*, een aërobe bacteriesoort, die een zeer sterk zuur milieu — pH 0,6 à 0,8 — nog verdraagt [1]).

Chemische oxydatie speelt hierbij een zeer ondergeschikte rol. De oxydatie verloopt het snelst wanneer het vochtgehalte ongeveer 50% bedraagt van de totale watercapaciteit; goede doorluchting van den grond en een hoog humusgehalte bevorderen het proces [2]). De invloed van calciumcarbonaat is verschillend; zoowel een versnellende [3]), als een vertragende [4]) werking hiervan op het sulfoficatie-proces werd geconstateerd.

---

[1]) STOKLASA, J. und DOERELL, E. G.: „Handbuch der biophys. und biochem. Durchforschung des Bodens". 1926, pg 587–588.

[2]) BROWN, P. E. and KELLOGG, E. H.: „Sulfofication in soils". Agric. Exp. Stat. Iowa, Research Bull. 18, 1914.

[3]) BROWN, P. E. and JOHNSON, H. W.: „Studies in sulfofication". Soil Sc. 1916, pg 358.

[4]) AMES, J. W.: „Solvent action of nitrification and sulfofication". Ohio Agr. Exp. St. Bull. No. 351, 1921, pg 238.

In tropische gronden blijkt het sulfifocatieproces zeer snel te verloopen. Uit de tabellen is af te leiden dat de monsters uit de met zwavel bemeste vakjes, één maand na toediening gestoken, sterker zuur reageeren dan de monsters, die na 5 maanden, resp. na 2 jaren genomen werden. Het gevormde zwavelzuur wordt, ten deele als vrij zuur, ten deele als sulfaten, door het regenwater naar ondergelegen lagen gevoerd, terwijl bovendien door *verweering van den grond opnieuw basen in het complex komen;* de vermindering van de aciditeit van den bovengrond kan hierdoor verklaard worden. De invloed van een bemesting van 100 g zwavel per $m^2$ is na 2 jaren alleen nog merkbaar in de bovenlaag (monsters op 5 cm diepte). Bij soortgelijke proeven met *aluminiumsulfaat* was 2 jaren na de toediening van 200 g $Al_2(SO_4)_3$ per $m^2$ vrijwel geen verandering in aciditeit meer te constateeren. *Deze gronden bezitten blijkbaar de eigenschap het door toediening van verzurende meststoffen verstoorde evenwicht tusschen basen en zuren op den duur, althans gedeeltelijk, te herstellen.* Men ondervindt derhalve bij zwavelbemestingsproeven het bezwaar dat de pH en de verzadigingsgraad van den grond gedurende de proefperiode niet constant blijven, maar na een zeker moment geleidelijk toenemen.

Bij het onderzoek van verschillende lagen, dat 2 jaren na de bemesting plaats had, bleek de grond in de vakken, waar grootere hoeveelheden zwavel waren toegediend, ook in diepere grondlagen verzuurd te zijn. Bij de eerste proef, waarbij 1000, resp. 500 g zwavel per $m^2$ tot op 15 cm diepte werden gemengd, bleken de monsters van 35 cm resp. 25 cm nog vrij sterk in aciditeit toegenomen te zijn. Bij de proef op jongvulcanischen tufgrond, welke laatste doorlatender is dan den vorigen grond, was de dieptewerking iets grooter.

Door toevoeging van $\pm$ 500 g gebluschte kalk per $m^2$ tot op 15 cm diepte (ca 150 $dm^3$ grond) werd op beide gronden ongeveer de neutrale reactie van de suspensie bereikt. Deze hoeveelheid is aanmerkelijk grooter dan die de potentiometrisch bepaalde *titratie-curven* aangeven. Hierbij werd als volgt te werk gegaan:

aan een suspensie van 30 cc vochtigen grond werden stijgende hoeveelheden $\frac{n}{10}$ NaOH resp. $\frac{n}{10}$ $H_2SO_4$ toegevoegd; de verhouding in elke suspensie was 30 cc grond op 150 cc vloeistof. Na goed geschud te zijn, bleven de suspensies 24 uren staan; hierna werd de pH van elke suspensie met behulp van de chinhydronelectrode bepaald. Zoo werd bijv. voor den jongvulcanischen tufgrond (humusgehalte $\pm$ 10 %) de volgende titratiecurve bepaald:

| | pH |
|---|---|
| Suspensie met 12 cc $\frac{n}{10}$ NaOH | 7,3 |
| „ „ 6 „ „ „ | 6,7 |
| „ „ 3 „ „ „ | 6,2 |
| „ „ $1\frac{1}{2}$ „ „ „ | 5,7 |
| Onbehandelde suspensie | 5,2 |

TABEL 2

| Sterk kleihoudende leemgrond<br>Hoeveelheid per m² | Monsters na één maand, diepte 5 cm | | | Monsters na 5 maanden, diepte 5 cm | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | pH | Titerzuurgraad | | pH | Titerzuurgraad | |
| | | KCl | Na-acet. | | KCl | Na-acet. |
| *Zwavelpoeder* | | | | | | |
| 1000 g | 2,9 | 178 | 251 | 3,1 | 123 | 185 |
| 500 g | 3,1 | 154 | 211 | 3,5 | 105 | 154 |
| 300 g | 3,3 | 114 | 163 | 3,8 | 83 | 136 |
| 200 g | 3,5 | 104 | 154 | 3,8 | 67 | 116 |
| 100 g | 4,2 | 40 | 87 | 4,3 | 34 | 74 |
| onbemest | 5,1 | 2 | 43 | 5,1 | 2 | 40 |
| *Gebluschte kalk* | | | | | | |
| onbemest | 5,3 | 1,5 | 40 | 5,2 | 1 | 38 |
| 250 g | 6,3 | 0,5 | 14 | 6,4 | 0,5 | 13 |
| 500 g | 6,9 | 0 (neg) | 5 | 7,0 | 0 (neg) | 6 |
| 750 g | 7,7 | 0 „ | 3 | 7,6 | 0 „ | 4 |
| 1000 g | 8,1 | 0 „ | 2 | 7,9 | 0 „ | 2 |

TABEL 3

| Sterk kleihoudende leemgrond<br>Gemidd. diepte v/h monster | Monsters gestoken 2 jaren na de toediening | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1000 g Z Titerzuurgraad | | 500 g Z Titerzuurgraad | | 300 g Z Titerzuurgraad | | 200 g Z Titerzuurgraad | | 100 g Z Titerzuurgraad | | onbemest Titerzuurgraad | |
| | KCl | Na-acet. | KCl | Na-acet. | KCl | Na-acet. | KCl | Na-acet. | KCl | Na-acet. | KCl | Na-acet. |
| 5 cm | 55 | 101 | 54 | 98 | 40 | 70 | 31 | 62 | 4 | 34 | 0,5 | 27 |
| 15 cm | 53 | 92 | 52 | 96 | 4 | 33 | 0 | 27 | 0 | 25 | 0 | 23 |
| 25 cm | 54 | 93 | 28 | 68 | 2 | 31 | 0 | 24 | 0 | 22 | 0 | 22 |
| 35 cm | 33 | 66 | 0 | 36 | 0 | 28 | 0 | 20 | 0 | 18 | 0 | 17 |
| 45 cm | 0 | 27 | 0 | 19 | 0 | 25 | 0 | 15 | 0 | 16 | 0 | 18 |
| 55 cm | 0 | 14 | 0 | 13 | 0 | 18 | 0 | 17 | 0 | 16 | 0 | 15 |

TABEL 4

| Sterk zandhoudende leemgrond<br>Hoeveelheid per m² | Monsters na 6 maanden, diepte 5 cm | | |
|---|---|---|---|
| | pH | Titerzuurgraad | |
| | | KCl | Na-acet. |
| *Zwavelpoeder* | | | |
| 1000 g ..... | 2,9 | 129 | 203 |
| 500 g..... | 3,3 | 75 | 149 |
| 250 g..... | 3,9 | 31 | 96 |
| 100 g..... | 4,8 | 14 | 61 |
| onbemest .. | 5,3 | 0,5 | 43 |
| *Gebl. kalk.* | | | |
| onbemest .. | 5,4 | 0,5 | 40 |
| 250 g..... | 6,8 | 0 | 23 |
| 500 g..... | 7,2 | 0 (neg) | 13 |
| 750 g..... | 7,8 | 0 (neg) | 6 |
| 1000 g..... | 8,2 | 0 (neg) | 3 |

TABEL 5

| Sterk zandhoudende leemgrond<br>Gemidd. diepte v.h. monster | Monsters gestoken 2 jaren na de toediening | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1000 g Z Titerzuurgraad | | 500 g Z Titerzuurgraad | | 250 g Z Titerzuurgraad | | 100 g Z Titerzuurgraad | | Onbemest Titerzuurgraad | |
| | KCl | Na-acet. | KCl | Na-acet. | KCl | Na-acet. | KCl | Na-acet. | KCl | Na-acet. |
| 5 cm | 34 | 106 | 25 | 94 | 18 | 86 | 6 | 57 | 0,3 | 39 |
| 15 cm | 30 | 98 | 16 | 83 | 7 | 66 | 0,2 | 37 | 0,2 | 36 |
| 25 cm | 31 | 102 | 1 | 46 | 0,5 | 41 | 0,2 | 35 | 0,2 | 36 |
| 35 cm | 23 | 82 | 0,2 | 39 | 0,3 | 40 | 0,4 | 41 | 0,3 | 39 |
| 45 cm | 3 | 59 | 0,2 | 37 | 0,3 | 39 | 0,3 | 40 | 0,3 | 37 |
| 55 cm | 0,2 | 44 | 0,1 | 38 | 0,2 | 40 | 0,2 | 39 | 0,3 | 38 |

| | pH |
|---|---|
| Suspensie met $1\frac{1}{2}$ cc $H_2SO_4$ ..... | 4,8 |
| „ „ 3 „ „ ..... | 4,5 |
| „ „ 6 „ „ ..... | 4,1 |
| „ „ 12 „ „ ..... | 3,7 |

Door interpolatie vindt men dat $\pm 9$ cc $\frac{n}{10}$ NaOH per 30 cc grond noodig geweest zijn om een neutrale reactie van de suspensie te bereiken. Deze hoeveelheid, omgerekend in g $Ca(OH)_2$ per 150 $dm^3$ grond, bedraagt 160 à 170 g en is dus aanmerkelijk lager dan de in de practijk bepaalde hoeveelheid [1]). Voor de bepaling van de benoodigde hoeveelheid zwavel per volume-eenheid, om een bepaalden basen-toestand te bereiken, geeft de potentiometrische titratie eveneens te lage uitkomsten; hier komt nog bij dat het in den grond door oxydatie van zwavel gevormde zwavelzuur gedeeltelijk door het regenwater naar ondergelegen lagen verplaatst wordt c.q. uit de potten met gezwavelde gronden wordt uitgespoeld.

Bij de keuze van de bij de proeven gebruikte hoeveelheden gebluschte kalk en zwavel werd derhalve afgegaan op de in de practijk verkregen resultaten. Eenvoudigheidshalve werd bij proeven met denzelfden opzet gelijke hoeveelheden kalk of zwavel per pot toegediend.

b) *Overzicht van de bij de proeven gebruikte grondsoorten.*

Alle potproeven werden in den proeftuin van het Proefstation voor Thee te Buitenzorg aangezet; de voor de proeven gebruikte gronden waren van verschillende theeondernemingen afkomstig (bovengrond tot $\pm 30$ cm diepte) [2]).

## Proef A 1

1° *Grijze jongvulcanische tufgrond* van den *Tjikoraj* (Oost-Preanger); verweeringsproduct van andesietische en basaltische tuffen, vermengd met vulcanische asch. Te oordeelen naar de groote hoeveelheid onverweerde mineralen is deze grond *weinig verweerd.*

De grond is een *sterk leemhoudende zandgrond* met $\pm$ 8% humus en een vrij hoog gehalte aan stikstof en phosphaat.

Hoogte 1150 m.b.z.

---

[1]) Hudig, J.: „Über die kwantitatieve Bestimmung der Kalkbedürftigkeit etc." l.c., pg 119.

[2]) Voor de algemeene beschrijving der theegronden van Ned.-Indië wordt verwezen naar:

Deuss, J. J. B.: „Over de theegronden van Java en Sumatra". Meded. v. h. Proefstat. voor Thee, No. 55, 1917 en No. 89, 1924.

Mohr, J.: „De grond van Java en Sumatra", 1922.

Proef A 2

2° *Grijze jongvulcanische tufgrond* van de *Pengalengansche* hoogvlakte (Midden-Preanger); evenals de vorige grond weinig verweerd.

De grond is een *sterk leemhoudende zandgrond* met ±10% humus en een hoog gehalte aan stikstof en phosphaat.

Hoogte 1500 m.b.z.

Proeven A 8, B 4 en B 5

3° *Grijze jongvulcanische tufgrond* van den *Gedeh* (Noord-West-Preanger); evenals de vorige gronden weinig verweerd.

De grond is een *sterk zandhoudende leemgrond*, met 9–10% humus en een hoog gehalte aan stikstof en phosphaat.

Hoogte 1150 m.b.z.

Proef B 3

4° *Grijze jongvulcanische tufgrond* van den *Salak* (*West-Preanger*); iets ouder en meer verweerd dan de vorige gronden.

De grond is een *zand- en kleihoudende leemgrond* met ±5,5% humus en een middelmatig gehalte aan stikstof en phosphaat.

Hoogte 800 m.b.z.

Proeven A 7, B 1 en B 2

5° *Matig verweerde bruine grond, ontstaan uit jongvulcanisch materiaal* (*Buitenzorg*); vrij geringe mineralenreserve.

De grond is een *sterk kleihoudende leemgrond* met 3–4% humus en een laag gehalte aan stikstof en phosphaat.

Hoogte 260 m.b.z.

Proef A 3

6° *Vrij sterk verweerde bruine grond, ontstaan uit jong-tertiaire gesteenten* (andesietische en basaltische breccien en conglomeraten)[1]) (*Noord-Preanger*); geringe mineralenreserve.

De grond is een *sterk kleihoudende leemgrond* met ±4% humus; en een vrij laag gehalte aan stikstof en phosphaat.

Hoogte 850 m.b.z.

Proef A 4

7° *Vrij sterk verweerde bruine grond, ontstaan uit jong-tertiaire gesteenten* (breccien en conglomeraten[1])) (*Zuid-West-Preanger*); geringe mineralenreserve.

De grond is een *sterk kleihoudende leemgrond* met ±3,5% humus en een

---

[1]) $m_1$-formatie volgens FENNEMA en VERBEEK: „Geologische beschrijving van Java en Madoera", 1896.

vrij laag gehalte aan stikstof en phosphaat.
Hoogte 650 m.b.z.

Proef A 5

8° *Sterk verweerde roode laterietische grond, van tertiairen oorsprong* [1]) (*N.O. Buitenzorg*); vrijwel geen mineralenreserve.

De grond is een *sterk kleihoudende leemgrond* met een zeer laag gehalte aan humus, stikstof en phosphaat.
Hoogte ±300 m.b.z.

Proef A 6

9° *Bruine liparietgrond* (*Sumatra's Oost Kust*); kenmerkend voor dit grondtype zijn de groote hoeveelheden kwarts, kaliveldspaat (sanidien) en glimmer in de zandfracties.

De grond is een *klei- en leemhoudende zandgrond* met ±3% humus, een laag stikstofgehalte, maar een hoog phosphaatgehalte.
Hoogte ± 400 m.b.z.

Met uitzondering van den liparietgrond, reageeren de suspensies van alle gronden *zuur*; de *alkalische* reactie van den liparietgrond is een uitzondering op den regel.

c) *Opzet der proeven.*

Voor het onderzoek werden potten van twee afmetingen gebezigd:

1e. *Kleinere* potten (A-proeven) met een inhoud van ca 18 $dm^3$ (afmetingen 22×22×35 cm).

2e. *Grootere potten* (B-proeven) met een inhoud van ca 130 $dm^3$ (binnenafmetingen 45×45×65).

De proeven met de *kleinere potten* (materiaal blik) dragen een meer oriënteerend karakter. In de betrekkelijk geringe hoeveelheid grond kunnen de theeplanten zich slechts korten tijd op normale wijze ontwikkelen; deze proeven werden daarom 7–8 maanden na het planten afgesloten.

De proeven in de *grootere potten* (materiaal beton) kunnen langeren tijd worden voortgezet; vanzelfsprekend is hierbij de plantwijdte van invloed.

Alle proeven van groep A, en die van groep B, werden zooveel mogelijk op dezelfde wijze uitgevoerd.

Elke proef omvat 4–8 herhalingen per object en bestaat dus uit een even groot aantal series; elke serie bestaat uit een aantal verschillend behandelde potten (evenveel als het aantal objecten). Bij de *kleinere pot-*

---

[2]) Volgens WHITE: „laterietgrond". Volgens MOHR: „rood lixivium". Volgens VAGELER: „roodaarde".

*proeven* (A) werd de hoeveelheid grond, bestemd voor één serie, van te voren gemengd om grondverschillen binnen de serie uit te schakelen; de planten in de potten van elke serie zijn daarom onderling het best vergelijkbaar. De menging van kalk resp. zwavel met den grond geschiedde met een hoeveelheid, die voor één pot voldoende was en werd zoolang voortgezet totdat een homogeen mengsel werd verkregen. Tijdens deze menging werd tevens de kunstmest: 20 g dubbelsuperphosphaat (40% $P_2O_5$) en 20 g zwavelzure kali (48% $K_2O$) per pot toegediend.

De *grootere potten* (B) werden laagsgewijs gevuld, waardoor een regelmatige verdeeling van kalk resp. zwavel over den geheelen inhoud der potten werd verkregen. De menging had hierbij plaats in hoeveelheden van ca 30 $dm^3$ vochtigen grond, zoodat na 5 vullingen de potten geheel gevuld waren. Tijdens elke menging werd 20 g dubbelsuperphosphaat en 20 g zwavelzure kali aan den grond toegediend; de totale hoeveelheid kunstmest bedraagt dus 100 g D.S.+100 g Z.K. per pot. De toediening hiervan had ten doel eventueele tekorten aan phosphaat en kali in den grond aan te vullen.

Met het oog op een goede *afwatering* werd onderin de potten een 3 cm dikke laag steenslag gelegd, en elke pot op een steenen onderlaag geplaatst; vooral voor sterk kleihoudende gronden was dit, gezien den zeer hoogen jaarlijkschen regenval ter plaatse (4–4500 mm), een noodzakelijke maatregel. Afwatering had plaats door 9 openingen in den bodem. Alle potten werden *in het vrije veld onder natuurlijke omstandigheden* opgesteld om een zoo goed mogelijke groei der planten te verzekeren; kunstmatige watervoorziening was alleen noodzakelijk in perioden van droogte.

In verband met de betrekkelijk geringe hoogteligging van het proefterrein te Buitenzorg (260 m.b.z.) was lichte beschaduwing der jonge theeplanten noodzakelijk. Om hierin te voorzien werd boven het terrein waar de potten waren opgesteld op 2,5 m hoogte een lichte bedekking van varenblad aangebracht. De hierdoor verhoogde relatieve luchtvochtigheid in de omgeving der planten had tevens tengevolge, dat aantasting door mijten (vnl. purpermijt), welke ter plaatse veel voorkomt, bij de meeste proeven kon worden tegengegaan. Met hetzelfde doel werd om het potproeventerrein een haag van struikvormige groenbemesters (*Crotalaria anagyroïdes* H.B.K.) geplant.

De potten werden, 3 à 4 weken na toediening van de kalk c.q. zwavel, met *theezaden beplant* (*Assam-thee*). Gebleken was dat op gronden, waaraan een zeer groote hoeveelheid zwavel was toegediend, vele theezaden niet tot ontwikkeling komen en afsterven, indien zij korten tijd (1–3 dagen) na de menging worden uitgelegd.

Voor de beplanting werden zaden van verschillende handelstypen gebruikt; geselecteerd theezaad was niet beschikbaar. Aangezien de grootte der zaden (zaadlobben) in de eerste maanden invloed kan hebben op den groei der jonge theeplanten, werden alleen zaden van normale grootte gebruikt (waterzinkers met een diameter van 13–16 mm). De kieming van theezaad,

dat op kiembedden uitgelegd is, duurt eenige weken; in verband hiermede varieerde de tijd voor het uitleggen der gekiemde zaden, alnaargelang het benoodigde aantal zaden per proef, van 2–10 dagen. Om het verschil in leeftijd tusschen de objecten uit te schakelen, werden alle potten van een proef gelijktijdig beplant.

Bij de A-proeven werden de potten in één rij, of voor het geval dat het aantal potten per proef meer dan 24 bedroeg, in twee rijen opgesteld (windrichting Noord-Zuid).

Schema:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $A_1$ | $B_1$ | $C_1$ | $D_1$ | $A_2$ | $B_2$ | $C_2$ | $D_2$ | $A_3$ | $B_3$ | $C_3$ | $D_3$ |
| 1e serie | | | | 2e serie | | | | 3e serie | | | |

De groote potten (B-proeven) stonden in 5 rijen van 20 opgesteld; de indeeling der potten geschiedde bij de proeven B 1, B 3 en B 4 zoodanig, dat elk object in iedere rij evenveel malen voorkwam.

Schema proef B 1:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $A_1$ | $B_1$ | $C_1$ | $D_1$ | $E_1$ | $A_2$ | $B_2$ | $C_2$ | $D_2$ | $E_2$ |
| $D_3$ | $E_3$ | $A_3$ | $B_3$ | $C_3$ | $D_4$ | $E_4$ | $A_4$ | $B_4$ | $C_4$ |
| $B_5$ | $C_5$ | $D_5$ | $E_5$ | $A_5$ | $B_6$ | $C_6$ | $D_6$ | $E_6$ | $A_6$ |
| $E_7$ | $A_7$ | $B_7$ | $C_7$ | $D_7$ | $E_8$ | $A_8$ | $B_8$ | $C_8$ | $D_8$ |
| $C_9$ | $D_9$ | $E_9$ | $A_9$ | $B_9$ | $C_{10}$ | $D_{10}$ | $E_{10}$ | $A_{10}$ | $B_{10}$ |

Bij de proeven B–2 en B–5, die ieder oorspronkelijk uit 7 obj. à 7 herhalingen bestonden, werd van dit schema afgeweken.

Schema proef B–2:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $A_1$ | $B_1$ | $C_1$ | $D_1$ | $E_1$ | $F_1$ | $G_1$ | $A_2$ | $B_2$ | $C_2$ |
| $D_2$ | $E_2$ | $F_2$ | $G_2$ | $A_3$ | $B_3$ | $C_3$ | $D_3$ | $E_3$ | $F_3$ |
| $G_3$ | $A_4$ | $B_4$ | $C_4$ | $D_4$ | $E_4$ | $F_4$ | $G_4$ | $A_5$ | $B_5$ |
| $C_5$ | $D_5$ | $E_5$ | $F_5$ | $G_5$ | $A_6$ | $B_6$ | $C_6$ | $D_6$ | $E_6$ |
| $F_6$ | $G_6$ | $A_7$ | $B_7$ | $C_7$ | $D_7$ | $E_7$ | $F_7$ | $G_7$ | |

Het *aantal planten* in de *kleine* potten bedroeg 9 (plantwijdte 5 × 5 cm). Aangezien het aantal individuen per pot hierbij gering is, werden telkens 2 zaden naast elkaar uitgelegd, waarvan er een werd aangehouden; het inboeten werd hierdoor overbodig. *Groote* potten werden beplant met 25 *zaden per pot* (plantwijdte 8 × 8 cm).

*Het experimenteeren met een groot aantal planten per object* was een *noodzakelijkheid* gebleken in verband met de zeer groote *individueele groeiverschillen* der planten onderling, een eigenschap, die ook aan volwassen theeplanten eigen is *(heterogene populaties)*.

d) *Gemeten grootheden ter beoordeeling van de vegetatieve ontwikkeling.*

Voor de beoordeeling van de groeikracht werden *periodieke hoogte-metingen* verricht, terwijl aan het einde van elke proef, onmiddellijk na het oogsten, het *loofgewicht* (hieronder te verstaan het gewicht van het geheele bovengrondsche gedeelte van de plant) en *het wortelgewicht* werd bepaald. In verband met het zeer groote aantal planten, waarmede geëxperimenteerd werd, is om practische redenen de bepaling van het droge loofgewicht der planten achterwege gelaten.

*Hoogte* en *loofgewicht* vormen de beste maatstaf voor de beoordeeling; tusschen deze twee grootheden bestaat — over een groot aantal planten gerekend — een hooge correlatie. Het wortel*gewicht* is voor de beoordeeling van ondergeschikt belang, aangezien de wortels in verschillend behandelde gronden een geheel andere habitus bleken te hebben; een gelijk gewicht aan wortels zegt niets omtrent het aantal gevormde fijne wortels en wortelpunten.

De hoogtemeting werd, in verband met de zeer trage ontwikkeling der kiemplantjes, niet eerder verricht dan op een leeftijd van 3 maanden; zij werd bij het meerendeel der proeven maandelijks herhaald tot aan het einde van de proef. Loof en wortels werden niet per plant apart, doch per pot gewogen.

Voor elke pot werd de *gemiddelde hoogte*, het *gemiddelde loofgewicht* en het *gemiddelde wortelgewicht* per plant berekend en hieruit weer het *gemiddelde per object*. In elk object was het aantal planten per pot in den regel gelijk of verschilde onderling zeer weinig.

Om na te gaan, in hoeverre optredende verschillen tusschen de gemiddelde loofgewichten der objecten betrouwbaar geacht mogen worden, en om subjectiviteit bij de beoordeeling der resultaten uit te schakelen, werden de middelbare fouten der verschillen tusschen telkens twee objecten berekend volgens de methode van STUDENT:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{[v^2]}{n\,(n-1)} - \frac{\overline{v}^2}{n-1}}$$

In deze formule stelt voor:

n = aantal herhalingen per object (= aantal pottenparen).

$[v^2]$ = som der quadraten van de verschillen tusschen de gemiddelde loofgewichten der planten uit de met elkaar vergeleken potten.

$\bar{v}$ = arithmetische gemiddelde van deze verschillen.

Onderlinge vergelijking der potten geschiedde *binnen elke serie.*

De betrouwbaarheid der verschillen is afhankelijk van de verhouding van het verschil D tot de bijbehoorende middelbare fout $\sigma$. Theoretisch is de kans P, dat men bij herhaling van de proef een verschil zou vinden van: $D \pm 1\sigma$, $D \pm 2\sigma$, en $D \pm 3\sigma$, resp. 0,841, 0,977 en 0,998.

Deze kansberekening gaat alleen op voor een oneindig groot aantal waarnemingen en bij het ontbreken van systematische fouten. Toch is het gebruikelijk, deze kansberekening ook toe te passen voor de waardeering van de uitkomsten van landbouwkundige proeven, niettegenstaande het aantal waarnemingen hierbij zeer gering is. De waarde $\frac{D}{\sigma}$ en de hieruit afgeleide kans P, welke laatste de mate van betrouwbaarheid van het verschil aangeeft, zou daarom voor elk geval apart moeten worden aangegeven.

Voor practijk-onderzoekingen wordt echter in den regel volstaan met de aanname van een willekeurige grens voor de waarde $\frac{D}{\sigma}$, waarboven het verschil wordt beschouwd betrouwbaar te zijn. Bij de hier besproken proeven zal een verschil $D = 3\sigma$ of $D > 3\sigma$ „betrouwbaar", een verschil $D < 3\sigma$ en $> 1\sigma$ „waarschijnlijk betrouwbaar", en een verschil $D < 1\sigma$ „niet betrouwbaar" genoemd worden.

e) *Resultaten der potproeven.*

Vermeld worden de resultaten van een 8-tal A-proeven en een 5-tal B-proeven.

Achtereenvolgens is hierbij aangegeven het grondtype, de opzet van de proef, de resultaten der metingen en de gegevens van het grondonderzoek aan het einde van de proef.

Door tabellarische weergave van de gegevens wordt de vergelijking der objecten gemakkelijk gemaakt; er kan daarom volstaan worden met bij elke proef de hoofdzaken in het kort te resumeeren.

## PROEF A 1

**Grondtype:** weinig verweerde grijze jongvulcanische tufgrond; humeuse sterk leemhoudende zandgrond.
Afkomstig van de onderneming D.M.
Ligging: Oosthelling Tjikoraj; hoogte 1150 m.b.z.

a. **Opzet van de proef.**
Potproef bestaande uit 4 objecten, elk à 6 herhalingen; hoeveelheid droge grond per pot ± 12,5 kg.
Objecten .....: 2K – 30 g kalk per pot
O – contrôle object.
1Z – 15 g zwavel per pot.
3Z – 45 „ „ „ „
Kunstmest: per pot 20 g D.S.+20 g Z.K.
Beplant: 20-8-'30 (zaadtype *Raighur* T.P.).
Datum van afsluiting: 28-3-'31.
Leeftijd der planten: ruim 7 mnd.

b. **Resultaten.**

| Per object | Leeftijd | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm .. | 3 mnd. | 9,3 | 10,2 | 11,6 | 15,1 |
| | 4 „ | 9,5 | 10,4 | 12,3 | 17,1 |
| | 5 „ | 9,7 | 10,8 | 13,3 | 20,3 |
| | 6 „ | 10,6 | 12,0 | 15,6 | 25,3 |
| | 7 „ | 11,5 | 13,5 | 17,3 | 28,4 |
| Groeiresultaat[1]) na 7 mnd. in % | | 13 | 32 | 69 | 178 |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g ... | | 2,25 | 2,97 | 4,72 | 9,10 |
| Gemidd. *wortelgew.* per pl. in g | | 2,0 | 2,2 | 3,3 | 5,2 |
| Aantal planten ..... | | 52 | 53 | 52 | 53 |

Verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten:

O–2K = + 0,72 ± 0,43
1Z–O = + 1,75 ± 0,37
3Z–1Z = + 4,38 ± 0,39

[1]) Onder „*groeiresultaat*" wordt verstaan, de procentische hoogtetoename t.o.v. de gemiddelde hoogte der planten van het *controleobject* bij de eerste hoogtemeting.

c. **Grondanalyse** aan het einde van de proef.

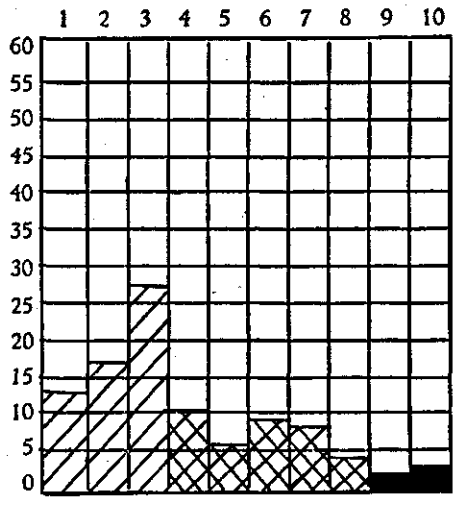
1e. Algemeene gegevens (contrôleobject).

*Granulaire samenstelling.*

| | | |
|---|---|---|
| fractie 1 – 13,0 % | zand 57,8 % | |
| „ 2 – 17,3 % | | |
| „ 3 – 27,5 % | | |
| fractie 4 – 10,0 % | leem 37,0 % | |
| „ 5 – 5,4 % | | |
| „ 6 – 9,2 % | | |
| „ 7 – 7,8 % | | |
| „ 8 – 4,6 % | | |
| fractie 9 – 2,2 % | klei 5,2 % | |
| „ 10 – 3,0 % | | |

Per 100 g grond:

| | | |
|---|---|---|
| organische stof | 7,83 | g |
| matière noire | 1,93 | „ |
| (=25% van org. stof) | | |
| totaal N | 0,521 | „ |
| totaal $P_2O_5$ | 0,307 | „ |
| in citr. opl. $P_2O_5$ | 0,0416 | „ |

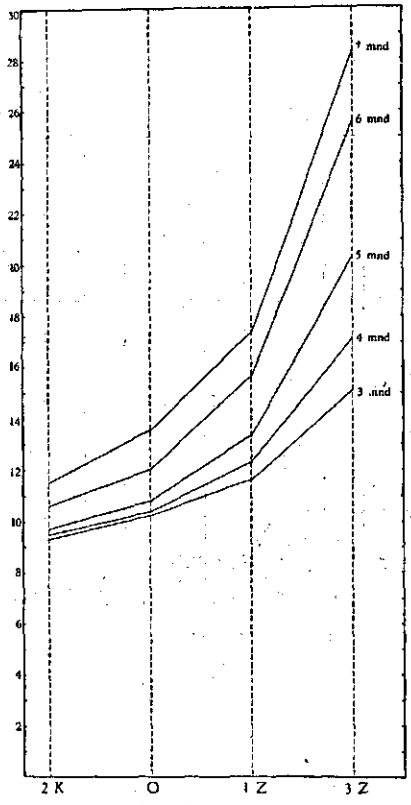



A 1. Fracties in %

2e. Gegevens van de gronden uit verschillende objecten.

Het adsorptiecomplex bevat in M.E. per 100 g grond:

| Objecten | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|
| Ca | 18,4 | 11,0 | 9,3 | 6,7 |
| S | 33,8 | 29,7 | 24,0 | 21,2 |
| H | 5,9 | 9,0 | 11,8 | 16,0 |
| S+H=T | **39,7** | **38,7** | **35,8** | **37,2** |
| $V = \frac{100S}{T}$ | **85%** | **77%** | **67%** | **57%** |
| pH | **6,8** | **6,1** | **5,4** | **4,8** |
| Titerzuurgraad p. 100 cc (=70 g droge stof): | | | | |
| KCl | 0 | 0,1 | 0,5 | 1,5 |
| Na-acetaat | 11 | 19 | 32 | 47 |




A 1. Gemiddelde hoogte der planten in cm bij verschillende leeftijden

De planten van object 3Z (bemest met 45 g zwavel per pot) hebben na 7 maanden de grootste hoogte en het grootste loofgewicht bereikt; het verschil in loofgewicht ten opzichte van het contrôle-object O is betrouwbaar.

Van den onbemesten grond [1]) uit obj. O bedroeg aan het einde van de proef de verzadiging 77%, de pH 6,1; van den grond uit obj. 3Z was de verzadiging 57%, de pH 4,8.

De kalkbemesting die bij obj. 2K toegepast werd (30 g per pot) heeft den groei der planten vertraagd; het verschil in loofgewicht met obj. O is waarschijnlijk betrouwbaar.

## PROEF A 2.

**Grondtype:** weinig verweerde grijze jongvulcanische tufgrond; humeuse sterk leemhoudende zandgrond.
Afkomstig van de onderneming T.N.
Ligging: Pengalengansche hoogvlakte; hoogte 1500 m.b.z.

a. **Opzet van de proef.**
Potproef bestaande uit 4 objecten elk à 6 herhalingen; hoeveelheid droge grond per pot ± 13 kg.
Objecten .....: 2K – 30 g kalk per pot.
O – contrôle-object.
1Z – 15 g zwavel per pot.
3Z – 45 „ „ „ „
Kunstmest per pot 20 g D.S.+20 g Z.K.
Beplant: 18-8-'30 (zaadtype *Raighur* T.P.).
Datum van afsluiting: 21-3-'31.
Leeftijd der planten: ruim 7 mnd.

[1]) Onder „onbemest" wordt hierbij verstaan „niet met kalk of zwavel bemest".

b. **Resultaten.**

| Per object | Leeftijd | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm . | 3 mnd. | **11,3** | **11,0** | **13,2** | **14,8** |
| | 4 ,, | 11,8 | 11,8 | 14,2 | 17,6 |
| | 5 ,, | 12,0 | 12,7 | 16,2 | 20,1 |
| | 6 ,, | 13,0 | 14,1 | 20,0 | 25,2 |
| | 7 ,, | **13,6** | **15,6** | **22,9** | **29,3** |
| Groeiresultaat na 7 mnd. in % | | 24% | 42% | 108% | 166% |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g . | | **2,45** | **3,30** | **5,67** | **9,35** |
| Gemidd. *wortelgew.* per pl. in g | | 2,1 | 3,1 | 4,5 | 5,3 |
| Aantal planten ..... | | 53 | 53 | 52 | 53 |

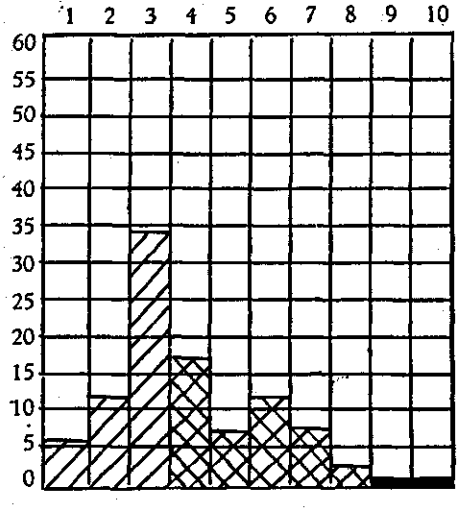
Verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten:

O–2K = **+0,85** ±0,48
1Z–O = **+2,37** ±0,62
3Z–1Z = **+3,68** ±0,40

c. **Grondanalyse** aan het einde van de proef.
1e. Algemeene gegevens (contrôle-object).

*Granulaire samenstelling.*

fractie 1 – 5,4% } zand 52,3%
,, 2 – 12,0%
,, 3 – 34,9%
fractie 4 – 17,1% } leem 46,1%
,, 5 – 7,0%
,, 6 – 11,8%
,, 7 – 7,6%
,, 8 – 2,6%
fractie 9 – 0,8% } klei 1,6%
,, 10 – 0,8%



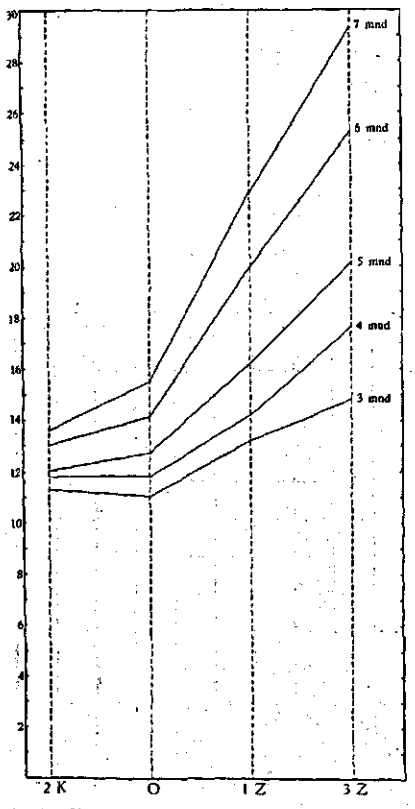

A 2. Fracties in %

Per 100 g grond:

| | | |
|---|---|---|
| organische stof ..... | 10,62 | g |
| matière noire..... | 3,43 | ,, |
| (= 32% van org. stof) | | |
| totaal N ..... | 0,735 | ,, |
| totaal $P_2O_5$ ..... | 0,557 | ,, |
| in citr. opl. $P_2O_5$ ..... | 0,0583 | ,, |

2e. Gegevens van de gronden uit verschillende objecten.
Het adsorptiecomplex bevat in M.E. per 100 g grond:

| Objecten | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|
| Ca | 19,0 | 16,0 | 12,6 | 9,4 |
| S | 29,6 | 25,5 | 23,8 | 18,1 |
| H | 8,9 | 12,8 | 16,2 | 20,0 |
| S+H = T | 38,5 | 38,3 | 40,0 | 38,1 |
| $V = \frac{100S}{T}$ | 77% | 67% | 59% | 47% |
| pH | 6,6 | 6,0 | 5,3 | 5,1 |
| Titerzuurgraad p. 100 cc (=72 g droge stof): | | | | |
| KCl | 0 | 0,1 | 0,5 | 1 |
| Na-acetaat | 21 | 33 | 44 | 58 |




A 2. Gemiddelde hoogte der planten in cm bij verschillende leeftijden

De planten van object 3Z (bemest met 45 g zwavel per pot) hebben na 7 maanden de grootste hoogte en het grootste loofgewicht bereikt; het verschil in loofgewicht ten opzichte van het contrôleobject O is betrouwbaar.

Van den onbemesten grond uit object B bedroeg aan het einde van de proef de verzadiging 67%, de pH 6,0; van den grond uit obj. 3Z was de verzadiging 47 %, de pH 5,1.

De kalkbemesting, die bij obj. 2K werd toegepast (30 g per pot) heeft den groei der planten vertraagd; het verschil in loofgewicht met obj. O is waarschijnlijk betrouwbaar [1]).

[1]) Bij het rooien der planten bleken de wortels der planten uit de objecten 2K en O (resp. gekalkt en onbemest) niet geheel normaal te zijn; afgaande op het uiterlijk werd vermoed dat dit het gevolg was van aaltjesaantasting (*Caconema radicicola*). Dr. BALLY van het Proefstation Malang, die zoo welwillend was, wortelmateriaal en grondmonsters van deze proef te onderzoeken, trof hierbij wel een groot aantal aaltjessoorten aan, doch géén soorten, die voor de theeplant parasitair zijn. De oorzaak van het verschijnsel kon niet nader vastgesteld worden. De planten in den gezwavelden grond hadden een geheel normale habitus.

**PROEF A 3.**

**Grondtype:** vrij sterk verweerde bruine tertiaire grond; sterk kleihoudende leemgrond.
Afkomstig van de onderneming M.W.
Ligging: heuvelland tusschen Gedeh en Boeranggrang; hoogte: 850 m.b.z.

a. **Opzet van de proef.**
Potproef bestaande uit 4 objecten, elk à 6 herhalingen; hoeveelheid droge grond per pot ± 18 kg.
Objecten .....: 2K – 30 g kalk per pot.
O – contrôle-object.
1Z – 15 g zwavel per pot.
3Z – 45 „ „ „ „
Kunstmest: per pot 20 g D.S. + 20 g Z.K.
Beplant: 9-8-'30 (zaadtype *Raighur* T.P.).
Datum van afsluiting: 25-3-'31.
Leeftijd der planten: 7½ mnd.

b. **Resultaten.**

| Per object | Leeftijd | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm . | 3½ mnd. | **9,5** | **11,1** | **15,4** | **17,3** |
| | 4½ „ | 10,2 | 12,9 | 19,1 | 22,1 |
| | 5½ „ | 10,9 | 14,3 | 21,9 | 23,8 |
| | 6½ „ | 12,0 | 18,5 | 28,3 | 31,0 |
| | 7½ „ | **13,3** | **20,2** | **31,2** | **33,8** |
| Groeiresultaat na 7½ mnd. in % | | 20% | 82% | 181% | 205% |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g . | | **3,17** | **5,65** | **10,82** | **12,27** |
| Gemidd. *wortelgew.* per pl. in g | | 2,4 | 3,4 | 6,5 | 7,3 |
| Aantal planten ..... | | 48 | 54 | 53 | 54 |

Verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten:

O–2K = +**2,48** ±0,61
1Z-O = +**5,17** ±0,87
3Z–1Z = +**1,45** ±0,80

c. **Grondanalyse** aan het einde van de proef.

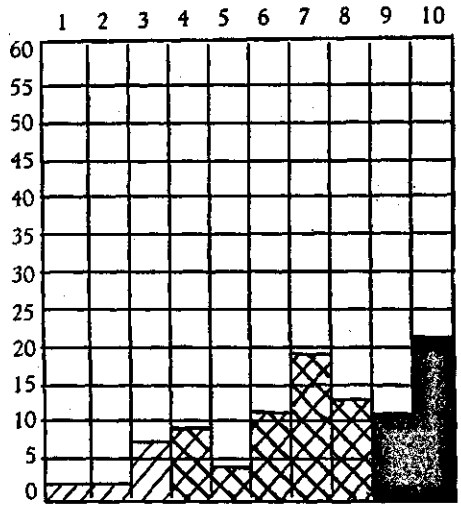
1e. Algemeene gegevens (contrôle-object).

*Granulaire samenstelling.*

| | | |
|---|---|---|
| fractie 1 – 1,9% | zand 11,1% | |
| „ 2 – 1,8% | | |
| „ 3 – 7,4% | | |
| fractie 4 – 9,8% | leem 57,3% | |
| „ 5 – 4,3% | | |
| „ 6 – 11,0% | | |
| „ 7 – 19,2% | | |
| „ 8 – 13,0% | | |
| fractie 9 – 10,4% | klei 31,6% | |
| „ 10 – 21,2% | | |

Per 100 g grond:

| | | |
|---|---|---|
| organische stof ..... | 4,16 | g |
| matière noire..... | 1,14 | „ |
| (= 27% van org. stof) | | |
| totaal N ..... | 0,241 | „ |
| totaal $P_2O_5$ ..... | 0,237 | „ |
| in citr. opl. $P_2O_5$ ..... | 0,0144 | „ |




A 3. Fracties in %

2e. Gegevens van de gronden uit verschillende objecten.

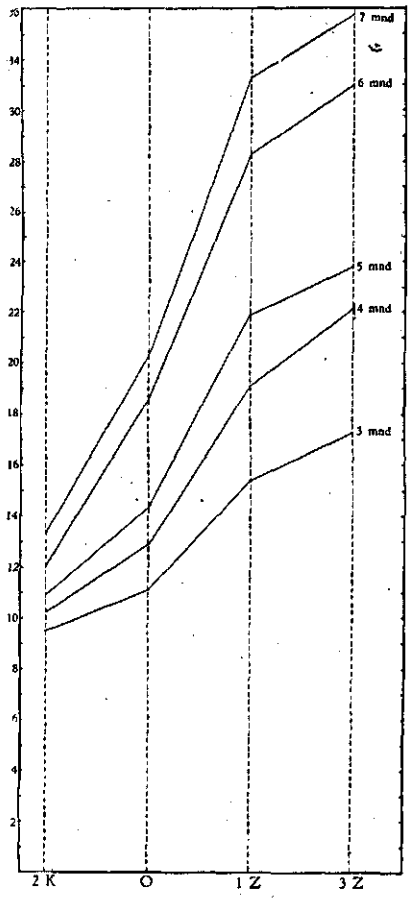
Het adsorptiecomplex bevat in M.E. per 100 g grond:

| Objecten ..... | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|
| Ca ..... | 14,3 | 9,8 | 6,1 | 5,1 |
| S ..... | 20,2 | 15,8 | 11,4 | 8,1 |
| H ..... | 6,3 | 10,1 | 12,8 | 15,9 |
| S+H = T ..... | 26,5 | 25,9 | 24,2 | 24,0 |
| $V = \frac{100S}{T}$ ..... | 76% | 61% | 47% | 34% |
| pH ..... | 6,1 | 5,3 | 4,6 | 4,1 |
| Titerzuurgraad p. 100 cc (= 104g droge stof): | | | | |
| KCl ..... | 0,1 | 1 | 16 | 30 |
| Na-acetaat ..... | 28 | 44 | 70 | 86 |

De planten van object 3Z (bemest met 45 g zwavel per pot) hebben na 7 maanden de grootste hoogte en het grootste loofgewicht bereikt; het verschil in loofgewicht ten opzichte van het contrôle-object O is betrouwbaar.

Van den onbemesten grond uit obj. O bedroeg aan het einde van de proef de verzadiging 61%, de pH 5,3; van den grond uit obj. 3Z was de verzadiging 34%, de pH 4,1.

De kalkbemesting die bij obj. 2K werd toegepast (30 g per pot) heeft den groei der planten vrij sterk vertraagd; het ver-verschil in loofgewicht met obj. O is betrouwbaar.




A 3. Gemiddelde hoogte der planten in cm bij verschillende leeftijden.

**PROEF A 4.**

**Grondtype:** vrij sterk verweerde bruine tertiaire grond; sterk kleihoudende leemgrond.
Afkomstig van de onderneming S.S.
Ligging: heuvelland ten Z. van Soekaboemi; hoogte: 650 m.b.z.

a. **Opzet van de proef.**
Potproef bestaande uit 4 objecten, elk à 6 herhalingen; hoeveelheid droge grond per pot ± 18 kg.
Objecten .....: 2K – 30 g kalk per pot.
O – contrôle-object.
1Z – 15 g zwavel per pot.
3Z – 45 „ „ „ „
Kunstmest: per pot 20 g D.S. + 20 g Z.K.
Beplant: 1-9-'30 (zaadtype *Raighur* T.P.).
Datum van afsluiting: 4-4-'31.
Leeftijd der planten: ruim 7 mnd.

b. **Resultaten.**

| Per object | Leeftijd | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm . | 3 mnd. | **11,8** | **12,7** | **13,1** | **15,5** |
| | 4 „ | 12,0 | 13,2 | 13,4 | 17,8 |
| | 5 „ | 15,7 | 16,8 | 17,5 | 25,4 |
| | 6 „ | 17,9 | 18,4 | 19,5 | 29,0 |
| | 7 „ | **21,0** | **22,3** | **23,6** | **31,7** |
| Groeiresultaat na 7 mnd. in % | | 65% | 76% | 86% | 150% |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g .. | | **5,13** | **5,30** | **5,88** | **10,56** |
| Gemidd. *wortelgew.* per pl. in g | | 3,4 | 3,7 | 4,1 | 6,2 |
| Aantal planten ..... | | 53 | 54 | 53 | 54 |

Verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten:

O–2K = +**0,17** ±0,74
1Z–O = +**0,58** ±0,66
3Z–1Z = +**4,68** ±0,87

c. **Grondanalyse** aan het einde van de proef.

1e. Algemeene gegevens (contrôle-object).

*Granulaire samenstelling.*

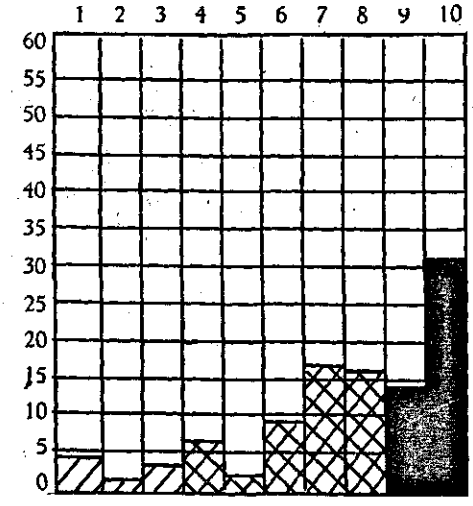
fractie 1 – 4,6%
„ 2 – 1,2%
„ 3 – 3,4%
} zand 9,2%

fractie 4 – 6,5%
„ 5 – 2,9%
„ 6 – 9,2%
„ 7 – 16,4%
„ 8 – 15,6%
} leem 50,6%

fractie 9 – 9,8%
„ 10 – 30,4%
} klei 40,2%

Per 100 g grond

organische stof ..... 3,28 g
matière noire..... 0,62 „
(= 19% van org. stof)
totaal N ..... 0,234 „
totaal $P_2O_5$ ..... 0,164 „
in citr. opl. $P_2O_5$ ..... 0,0131 „




A 4. Fracties in %

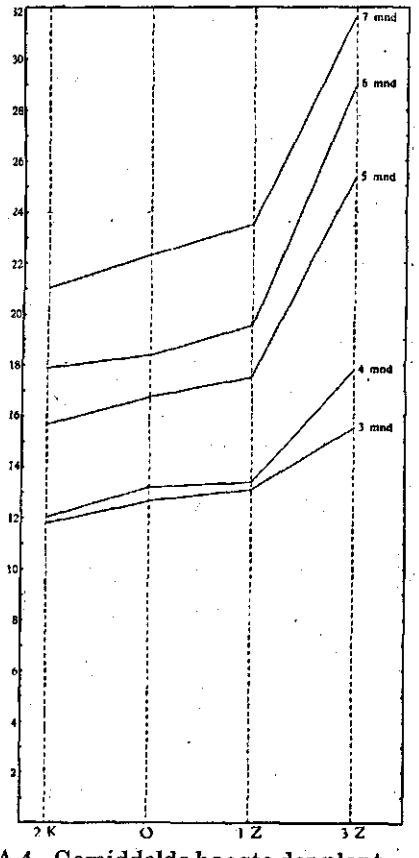
2e. Gegevens van de gronden uit verschillende objecten.
Het adsorptiecomplex bevat in M.E. per 100 g grond:

| Objecten | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|
| Ca | 16,0 | 11,5 | 7,8 | 5,4 |
| S | 23,4 | 18,1 | 15,2 | 11,9 |
| H | 7,2 | 10,8 | 14,9 | 17,7 |
| S+H = T | 30,6 | 28,9 | 30,1 | 29,6 |
| $V = \frac{100S}{T}$ | 76% | 62% | 50% | 40% |
| pH | 5,4 | 4,9 | 4,3 | 4,0 |
| Titerzuurgraad p. 100 cc (=112 g droge stof): | | | | |
| KCl | 2,5 | 15 | 46 | 84 |
| Na-acetaat | 44 | 62 | 88 | 121 |

De planten van object 3Z (bemest met 45 g zwavel per pot) hebben na 7 maanden de grootste hoogte en het grootste loofgewicht bereikt; het verschil in loofgewicht ten opzichte van het contrôleobject O is betrouwbaar.

Van den onbemesten grond uit obj. O bedroeg aan het einde van de proef de verzadiging 62%, de pH 4,9; van den grond uit obj. 3Z was de verzadiging 40%, de pH 4,0.

De kalkbemesting die bij obj. 2K werd toegepast (30 g per pot) heeft den groei der planten eenigszins vertraagd; het verschil in loofgewicht met obj. O is echter gering en niet betrouwbaar.




A 4. Gemiddelde hoogte der planten in cm bij verschillende leeftijden

**PROEF A 5.**

**Grondtype:** sterk verweerde roode laterietische grond, van tertiairen oorsprong; sterk kleihoudende leemgrond.
Afkomstig van de onderneming T.L.
Ligging: heuvelland ten N. O. van Buitenzorg; hoogte ± 300 m.b.z.

a. **Opzet van de proef.**
Potproef bestaande uit 4 objecten, elk à 6 herhalingen; hoeveelheid droge grond per pot ± 20 kg.
Objecten .....: 2K – 30 g kalk per pot.
O – contrôle-object.
1Z – 15 g zwavel per pot.
3Z – 45 „ „ „ „
Kunstmest: per pot 20 g D.S.+20 g Z.K.
Beplant: 8-9-'30 (zaadtype *Raighur* T.P.).
Datum van afsluiting: 9-4-'31.
Leeftijd der planten: 7 mnd.

b. **Resultaten.**

| Per object | Leeftijd | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm . | 3 mnd. | **10,7** | **10,8** | **11,3** | **9,5** |
| | 3 „ | 12,3 | 12,3 | 13,3 | 13,4 |
| | 5 „ | 15,5 | 15,9 | 17,4 | 18,7 |
| | 6 „ | 16,9 | 17,1 | 18,9 | 21,5 |
| | 7 „ | **17,8** | **18,4** | **20,1** | **23,7** |
| Groeiresultaat na 7 mnd. in % | | 65% | 70% | 86% | 119% |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g . | | **4,78** | **4,77** | **5,40** | **6,50** |
| Gemidd. *wortelgew.* per pl. in g | | 4,4 | 4,5 | 4,8 | 4,3 |
| Aantal planten ..... | | 54 | 54 | 54 | 54 |

Verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten:

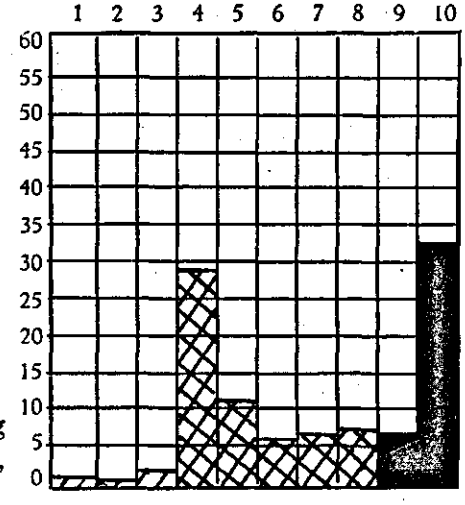
O–2K = **–0,01** ±0,17
1Z–O = **+0,63** ±0,29
3Z–1Z = **+1,10** ±0,34
3Z–O = **+1,73** ±0,42

c. **Grondanalyse** aan het einde van de proef.

1e. Algemeene gegevens (contrôle-object).

*Granulaire samenstelling.*

| | | |
|---|---|---|
| fractie 1 – 0,9% | zand 2,7% | |
| „ 2 – 0,4% | | |
| „ 3 – 1,4% | | |
| fractie 4 – 29,4% | leem 58,1% | |
| „ 5 – 10,1% | | |
| „ 6 – 5,6% | | |
| „ 7 – 6,0% | | |
| „ 8 – 7,0% | | |
| fractie 9 – 6,6% | klei 39,2% | |
| „ 10 – 32,6% | | |




A 5. Fracties in %

Per 100 g grond:

| | | |
|---|---|---|
| organische stof | 1,68 | g |
| matière noire | 0,43 | „ |
| (= 26% van org. stof) | | |
| totaal N | 0,114 | „ |
| totaal $P_2O_5$ | 0,092 | „ |
| in citr. opl. $P_2O_5$ | 0,0071 | „ |

2e. Gegevens van de gronden uit verschillende objecten.

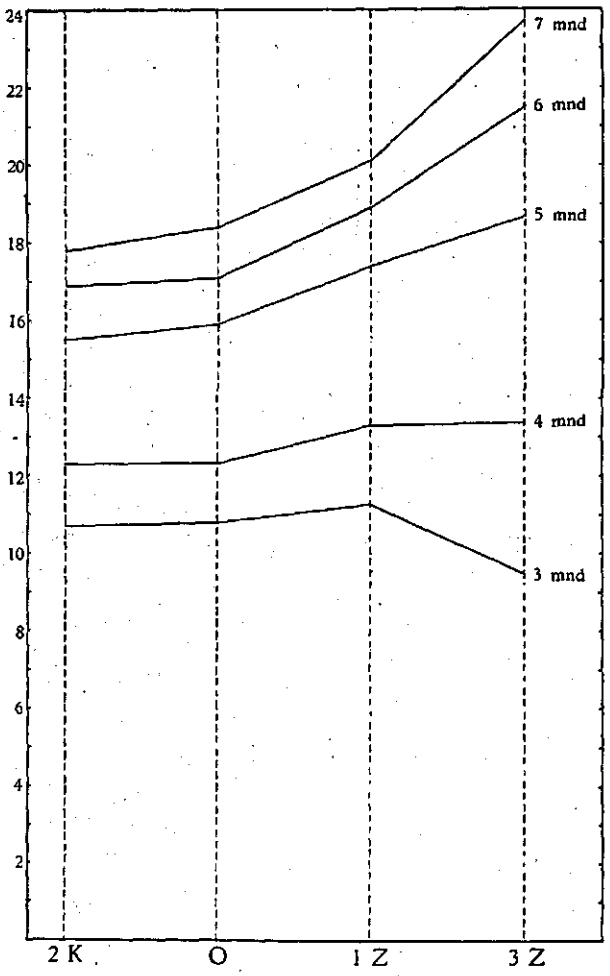
Het adsorptiecomplex bevat in M.E. per 100 g grond:

| Objecten | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|
| Ca | 5,1 | 2,6 | 1,8 | 1,4 |
| S | 8,1 | 5,8 | 4,5 | 3,8 |
| H | 5,3 | 6,5 | 8,0 | 9,4 |
| S + H = T | 13,4 | 12,3 | 12,5 | 13,2 |
| $V = \frac{100S}{T}$ | 60% | 47% | 36% | 29% |
| pH | 5,0 | 4,8 | 4,3 | 4,0 |
| Titerzuurgraad p. 100 cc (= 138 g droge stof): | | | | |
| KCl | 10 | 23 | 36 | 44 |
| Na-acetaat | 43 | 56 | 71 | 78 |

De planten van obj. 3Z (bemest met 45 g zwavel per pot) hebben na 7 maanden de grootste hoogte en het grootste loofgewicht bereikt; het verschil in loofgewicht ten opzichte van het contrôle-object O is betrouwbaar.

Van den onbemesten grond uit obj. O bedroeg aan het einde van de proef de verzadiging 47%, de pH 4,8; van den grond uit obj. 3Z was de verzadiging 29%, de pH 4,0.

Tegen de verwachting, heeft ook bij dezen sterk onverzadigden rooden grond, kalkbemesting geen gunstig effect gehad; het loofgewicht is practisch gelijk gebleven aan dat van obj. O.



A 5. Gemiddelde hoogte der planten in cm bij verschillende leeftijden.

## PROEF A 6.

**Grondtype:** licht verweerde bruine liparietgrond; klei- en leemhoudende zandgrond.

Afkomstig van den onderneming P.D.

Ligging: Siantar (S.O.K.); hoogte 400 m.b.z.

a. **Opzet van de proef.**

Potproef bestaande uit 6 objecten, elk à 4 herhalingen; hoeveelheid droge grond per pot ± 20 kg.

Objecten .....: O – contrôle-object.
1Z – 15 g zwavel per pot.
2Z – 30 „ „ „ „
4Z – 60 „ „ „ „
6Z – 90 „ „ „ „
8Z – 120 „ „ „ „

Kunstmest: per pot 20 g D.S. + 20 g Z.K.

Beplant: 4-5-'31 (zaadtype *Bazalony* T.S.).

Datum van afsluiting: 7-12-'31.

Leeftijd der planten: 7 mnd.

b. **Resultaten.**

| Per object | Leeftijd | O | 1Z | 2Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm... | 3 mnd. | **8,3** | **8,3** | **12,5** | **14,5** | **16,8** | **14,6** |
| | 4 „ | 8,5 | 8,5 | 14,1 | 17,1 | 20,0 | 17,1 |
| | 5 „ | 8,6 | 8,8 | 15,9 | 20,3 | 24,7 | 20,1 |
| | 6 „ | 8,7 | 8,9 | 17,1 | 23,1 | 28,2 | 24,0 |
| | 7 „ | **9,2** | **9,3** | **18,9** | **26,2** | **32,9** | **26,5** |
| Groeiresultaat na 7 mnd in % . | | 11 | 12 | 128 | 216 | 296 | 219 |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g .. | | **0,97** | **1,12** | **4,32** | **6,40** | **7,97** | **6,45** |
| Gemidd. *wortelgew.* per pl. in g | | 0,6 | 0,7 | 2,1 | 2,9 | 3,8 | 2,9 |
| Aantal planten ..... | | 33 | 32 | 35 | 35 | 35 | 35 |

Verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten:

1Z–O = **+0,15** ±0,18 8Z–6Z = **−2,52** ±1,61
2Z–1Z = **+3,20** ±1,43 6Z–2Z = **+3,64** ±2,29
4Z–2Z = **+2,07** ±1,58 6Z–1Z = **+6,85** ±1,00
6Z–4Z = **+1,57** ±2,61

c. **Grondanalyse** aan het einde van de proef.

1e. Algemeene gegevens (contrôle-object).

*Granulaire samenstelling.*

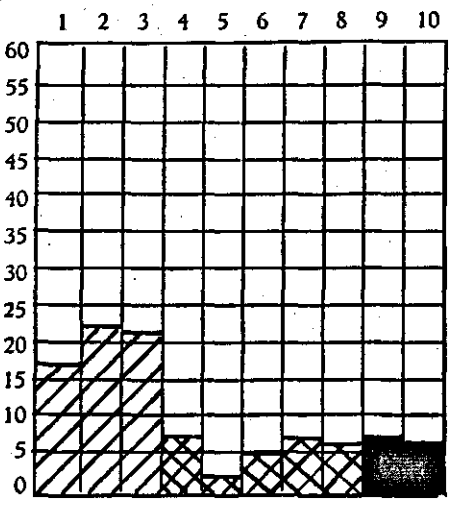
fractie 1 – 17,6%
„ 2 – 22,3%
„ 3 – 21,4%
} zand 61,3%

fractie 4 – 6,8%
„ 5 – 2,3%
„ 6 – 5,0%
„ 7 – 6,4%
„ 8 – 5,8%
} leem 26,3%

fractie 9 – 6,4%
„ 10 – 6,0%
} klei 12,4%

Per 100 g grond:

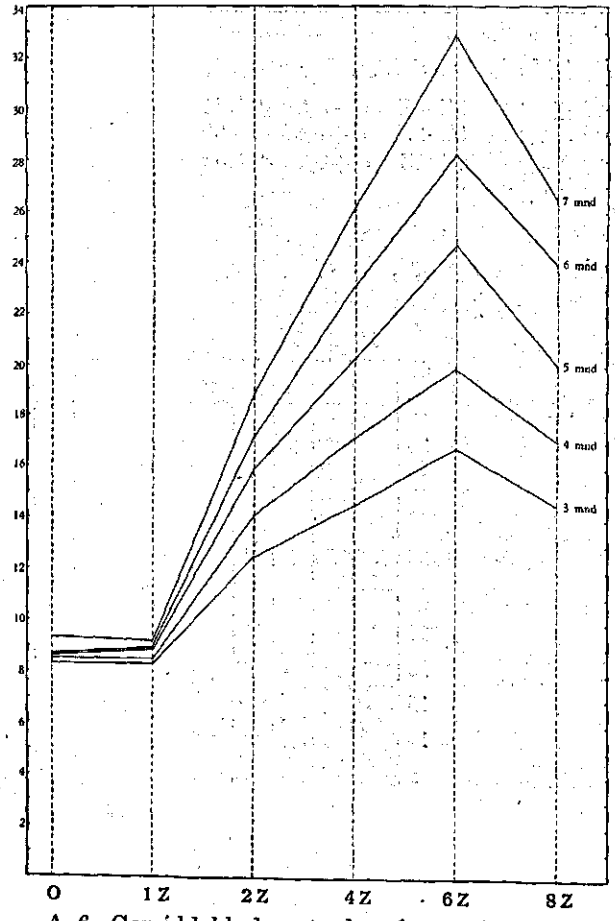
organische stof ..... 2,92 g
matière noire..... 0,62 „
( 21% van org. stof)
totaal $P_2O_5$ ..... 0,264 „
totaal N ..... 0,151 „
in citr. opl. $P_2O_5$ ..... 0,0286 „




A 6. Fracties in %

2e. Gegevens van de gronden uit verschillende objecten.
Het adsorptiecomplex bevat in M.E. per 100 g grond:

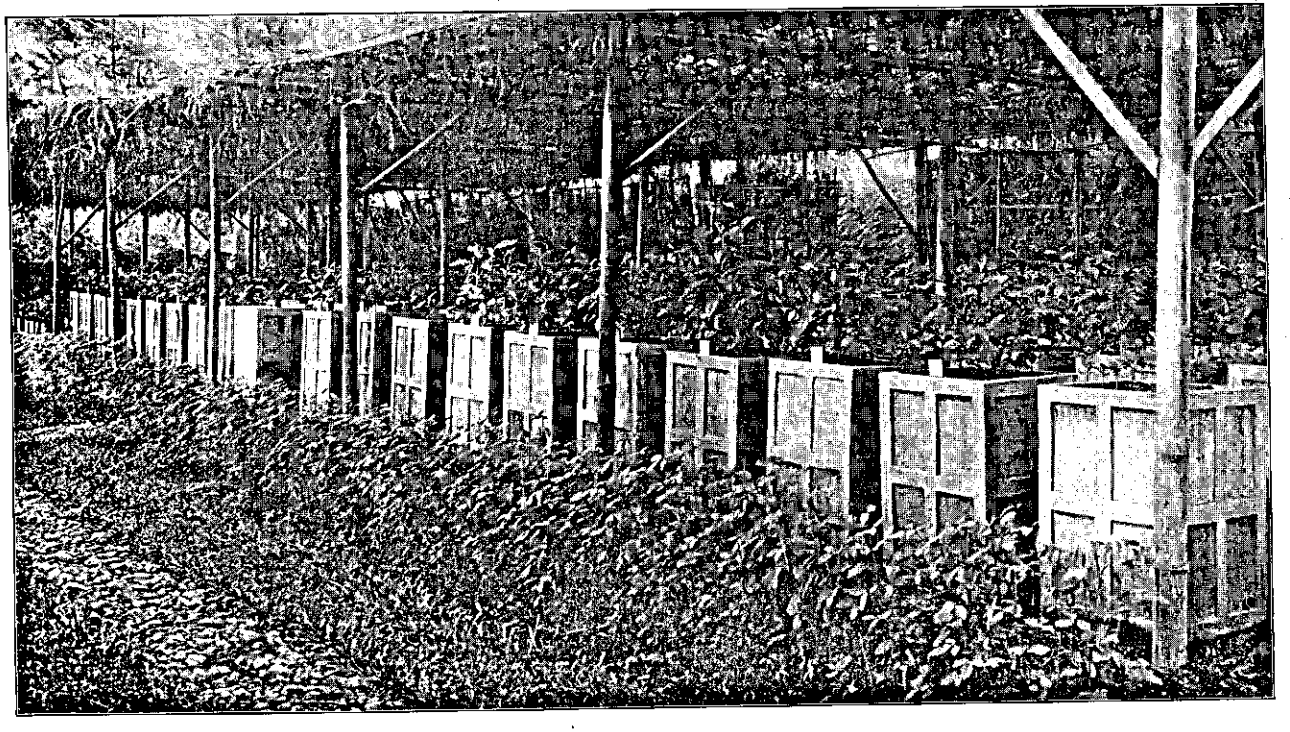
| Objecten | O | 1Z | 2Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ca | 10,6 | 8,6 | 4,8 | 3,2 | 1,8 | 0,9 |
| S | 16,8 | 15,0 | 10,3 | 6,7 | 4,8 | 4,1 |
| H | 1,5 | 2,6 | 4,4 | 6,1 | 7,8 | 8,6 |
| S+H = T | 18,3 | 17,6 | 14,7 | 12,8 | 12,6 | 12,7 |
| $V = \frac{100S}{T}$ | 92% | 85% | 70% | 52% | 38% | 32% |
| pH | 7,8 | 7,1 | 5,8 | 5,0 | 4,2 | 3,9 |
| Titerzuurgraad per 100 cc (=139 g droge stof): | | | | | | |
| KCl | 0 | 0,1 | 0,5 | 6 | 19 | 31 |
| Na-acetaat | 7 | 14 | 38 | 51 | 63 | 71 |



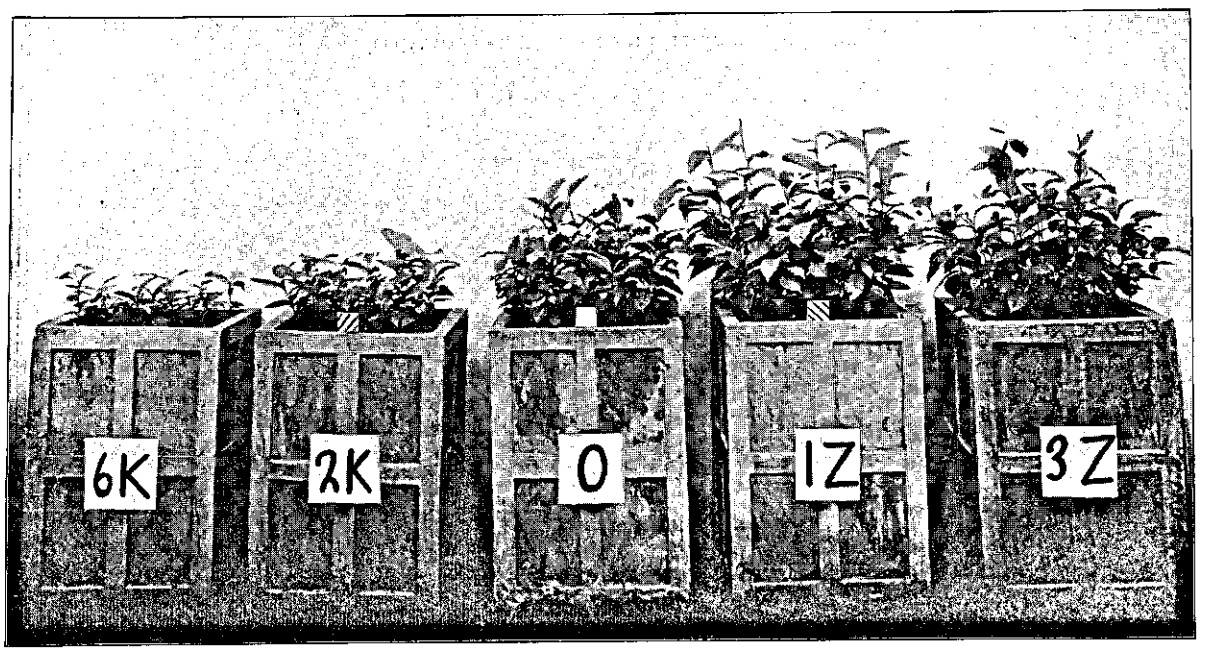

A 6. Gemiddelde hoogte der planten in cm bij verschillende leeftijden.

De planten van obj. 6Z (bmest met 90 g zwavel per pot) hebben de grootste hoogte en het grootste loofgewicht bereikt; de verschillen in loofgewichten ten opzichte van het contrôle-object O en het obj. Z1 zijn zeer groot en betrouwbaar; de verschillen met obj. 2Z en 8Z zijn waarschijnlijk betrouwbaar, en het verschil met obj. 4Z is onbetrouwbaar. De invloed van toenemende hoeveelheden zwavel blijkt duidelijk uit de curve, welke de gemiddelde loofgewichten der opeenvolgende objecten vormen. Van den onbemesten grond uit obj. O bedroeg aan het einde van de proef de verzadiging 92%, de pH 7,8; van den grond uit obj. 6Z was de verzadiging 38%, de pH 4,2.

Opgemerkt zij, dat de ontwikkeling der planten bij deze proef in vergelijking met de vorige proeven zeer ongelijkmatig was.



Overzicht van het potproeventerrein te Buitenzorg




Proef B 1. Invloed van kalk- en zwavelbemesting op den groei van jonge theeplanten; leeftijd 6 mnd; sterk kleihoudende leemgrond.

Hoeveelheden per pot in g:
6K–1000 g kalk (pH ± 7,4)
2K– 350 g „ (pH ± 6,2)
O–onbemest (pH ± 5,3)
1Z–175 g zwavel (pH ± 4,0)
3Z–500 g „ (pH ± 3,5)

## PROEF B 1.

**Grondtype:** matig verweerde bruine grond, ontstaan uit jongvulcanisch materiaal; sterk kleihoudende leemgrond.
Afkomstig van den theeproeftuin te Buitenzorg; hoogte 260 m.b.z.

### a. Opzet van de proef.

Potproef bestaande uit 5 objecten elk à 10 herhalingen [1]); totaal 50 potten; hoeveelheid droge grond per pot ± 140 kg.
Objecten .....: 6K – 1000 g kalk per pot.
2K – 350 ,, ,, ,, ,,
O – contrôle-object.
1Z – 175 g zwavel per pot.
3Z – 500 ,, ,, ,, ,,
Kunstmest: per pot 90 g D.S. + 90 g Z.K.; na 3 mnd. 30 g Nitrophoska (gehalte 16½% N + 16½% $P_2O_5$ + 20% $K_2O$).
Beplant: Jan. '29 (zaadtype *Bazalony* T.S.).
Uitdunning: Juni '29; per pot werden zooveel planten uitgedund tot er 9 overbleven (oorspronkelijk aantal 25). Leeftijd der planten bij de uitdunning: 6 mnd.
Afsluiting: Eerste helft Sept. '29 (leeftijd 9 mnd.). Tweede helft Mei '30 (leeftijd 17 mnd.).

### b. Resultaten.

1e. *Hoogtemeting* vóór de uitdunning op een *leeftijd van 6 mnd:*

| Per object | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm | **16,8** | **17,7** | **25,7** | **31,2** | **30,0** |
| Aantal planten ..... | 237 | 244 | 247 | 243 | 244 |

[1]) Een voorloopig verslag van de resultaten van deze proef werd door mij gegeven in het Archief v. d. Theecult. 1930, No. 2: „De invloed van zwavelbemesting op de bodemreactie en den groei van thee."

2e. *Loofgewichten* der *uitgedunde* planten (leeftijd 6 mnd):

| Per object | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g | **2,77** | **3,24** | **6,39** | **9,42** | **8,65** |
| Aantal uitgedunde planten | 147 | 154 | 157 | 153 | 154 |

De verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten bedragen:

2K–6K = **+0,47** 1Z–O = **+3,03**
O–2K = **+3,15** 3Z–1Z = **–0,77**

3e. Gegevens van de *eerste helft* van het aantal potten (Nos 1–25); *leeftijd der planten 9 mnd.*

| Per object | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm .. | **21,2** | **22,6** | **35,6** | **50,4** | **58,5** |
| Gemidd. *stamdiameter* in cm ... | 0,28 | 0,29 | 0,43 | 0,54 | 0,57 |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g .. | **3,17** | **5,11** | **11,82** | **20,55** | **24,62** |
| Gemidd. *wortelgew.* per pl. in g | 2,0 | 2,5 | 5,4 | 9,9 | 8,0 |
| Aantal planten ..... | 42 | 45 | 45 | 45 | 45 |

De verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten bedragen:

2K–6K = **+1,94** 1Z–O = **+8,73**
O–2K = **+6,71** 3Z–1Z = **+4,07**

4e. Gegevens van de *tweede helft* van het aantal potten (Nos 26–50); *leeftijd der planten* 17 *mnd.*

| Per object | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm .. | **31,0** | **49,5** | **71,2** | **89,0** | **92,8** |
| Gemidd. *stamdiameter* in cm ... | 0,45 | 0,58 | 0,77 | 0,89 | 0,92 |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g ... | **6,00** | **17,80** | **36,78** | **62,10** | **68,22** |
| Gemidd. *wortelgew.* per pl. in g . | 5,8 | 18,4 | 31,9 | 43,1 | 43,7 |
| Aantal planten ..... | 34 | 45 | 45 | 45 | 45 |

TABEL 6

| Obj. 6K | | | | Obj. 2K | | | | Obj. O | | | | Obj. 1Z | | | | Obj. 3Z | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pot No | Titerzuurgraad | | pH | Pot No. | Titerzuurgraad | | pH | Pot No | Titerzuurgraad | | pH | Pot No. | Titerzuurgraad | | pH | Pot No. | Titerzuurgraad | | pH |
| | KCl | Na-acet. | | | KCl | Na-acet. | | | KCl | Na-acet. | | | KCl | Na-acet. | | | KCl | Na-acet. | |
| 5a | 0 (neg) | 4 | 6,9 | 4a | 0 | 17 | 5,3 | 3a | 5 | 50 | 4,7 | 2a | 49 | 92 | 4,1 | 1a | 60 | 108 | 3,7 |
| b | 0 ,, | 3 | 7,1 | b | 0 | 18 | 5,5 | b | 0,5 | 33 | 4,9 | b | 46 | 89 | 4,0 | b | 67 | 111 | 3,6 |
| c | 0 ,, | 3 | 7,2 | c | 0 | 11 | 5,9 | c | 0 | 26 | 5,3 | c | 45 | 80 | 4,0 | c | 67 | 119 | 3,2 |
| 10a | 0 ,, | 2 | 7,1 | 9a | 0 | 17 | 5,9 | 8a | 9 | 46 | 4,7 | 7a | 47 | 79 | 3,9 | 6a | 57 | 92 | 3,9 |
| b | 0 ,, | 3 | 7,2 | b | 0 | 16 | 6,0 | b | 1,5 | 31 | 5,2 | b | 37 | 69 | 4,1 | b | 66 | 108 | 3,7 |
| c | 0 ,, | 2 | 7,3 | c | 0 | 12 | 6,1 | c | 0 | 27 | 5,5 | c | 43 | 78 | 3,7 | c | 66 | 105 | 3,6 |
| 12a | 0 ,, | 2 | 7,6 | 11a | 0 | 24 | 5,8 | 15a | 2 | 42 | 4,9 | 14a | 40 | 87 | 3,7 | 13a | 62 | 90 | 3,9 |
| b | 0 ,, | 2 | 7,5 | b | 0 | 19 | 6,0 | b | 1 | 36 | 5,5 | b | 43 | 71 | 4,2 | b | 60 | 100 | 3,5 |
| c | 0 ,, | 2 | 7,5 | c | 0 | 16 | 6,4 | c | 0 | 30 | 5,6 | c | 41 | 81 | 3,9 | c | 62 | 116 | 3,3 |
| 17a | 0 ,, | 6 | 7,3 | 16a | 0 | 24 | 6,0 | 20a | 8 | 52 | 4,6 | 19a | 46 | 78 | 4,0 | 18a | 78 | 119 | 3,4 |
| b | 0 ,, | 6 | 7,1 | b | 0 | 19 | 6,3 | b | 1 | 43 | 5,1 | b | 44 | 89 | 3,9 | b | 75 | 119 | 3,3 |
| c | 0 ,, | 3 | 7,5 | c | 0 | 13 | 6,4 | c | 0,1 | 35 | 5,5 | c | 46 | 82 | 3,9 | c | 77 | 118 | 3,3 |
| 24a | 0 ,, | 3 | 7,3 | 23a | 0 | 20 | 6,3 | 22a | 7 | 50 | 4,6 | 21a | 56 | 89 | 4,1 | 25a | 60 | 105 | 3,6 |
| b | 0 ,, | 4 | 7,4 | b | 0 | 15 | 6,4 | b | 0,1 | 35 | 4,9 | b | 40 | 85 | 4,1 | b | 73 | 112 | 3,5 |
| c | 0 ,, | 2 | 7,6 | c | 0 | 13 | 6,4 | c | 0,1 | 32 | 5,1 | c | 44 | 84 | 3,9 | c | 72 | 116 | 3,4 |
| Gemiddeld voor iedere laag: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a | 0 (neg) | 3 | 7,2 | a | 0 | 20 | 5,9 | a | 6 | 48 | 4,7 | a | 48 | 85 | 4,0 | a | 63 | 103 | 3,7 |
| b | 0 ,, | 4 | 7,2 | b | 0 | 17 | 6,0 | b | 0,8 | 36 | 5,1 | b | 42 | 81 | 4,1 | b | 68 | 110 | 3,5 |
| c | 0 ,, | 2 | 7,4 | c | 0 | 12 | 6,2 | c | 0 | 30 | 5,4 | c | 44 | 81 | 3,9 | c | 69 | 115 | 3,4 |

Overzicht van de titerzuurgraden en pH, 9 maanden na de toediening van kalk en zwavel

a = diepte 5 cm; b = diepte 15 cm; c = diepte 25 cm.

De verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten bedragen:

2K–6K = +11,80 ±2,86
O–2K = +18,98 ±2,36
1Z–O = +25,32 ±2,17
3Z–1Z = + 6,12 ±5,64

c. **Grondanalyse** aan het einde van de proef (potten 26–50); 18 mnd. na toediening van kalk en zwavel.

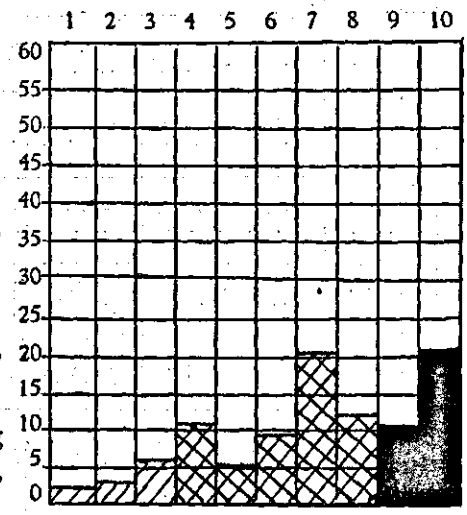
1e. Algemeene gegevens (contrôle-object).

*Granulaire samenstelling.*

fractie 1 – 2,3 %
„ 2 – 2,9 %
„ 3 – 5,7 %
} zand 10,9%

fractie 4 – 10,3 %
„ 5 – 5,0 %
„ 6 – 9,8 %
„ 7 – 20,4 %
„ 8 – 12,6 %
} leem 58,1%

fractie 9 – 10,0 %
„ 10 – 21,0 %
} klei 31,0%




B 1. Fracties in %

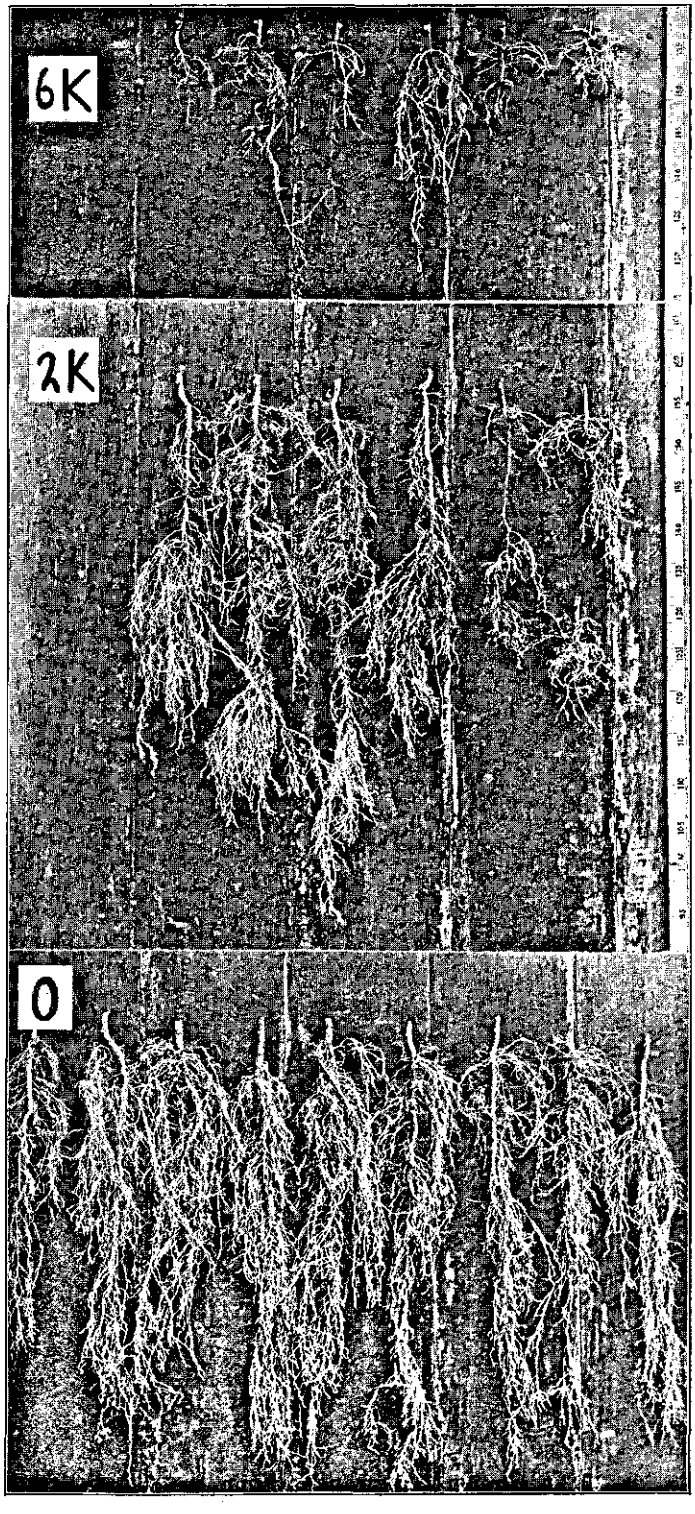
Per 100 g grond:

| | | |
|---|---|---|
| organische stof | 3,08 | g |
| matière noire | 0,78 | „ |
| (= 25% van org. stof) | | |
| totaal N | 0,156 | „ |
| totaal $P_2O_5$ | 0,258 | „ |
| in citr. opl. $P_2O_5$ | 0,0033 | „ |

2e. Gegevens van de gronden uit verschillende objecten.

Het adsorptiecomplex bevat in M.E. per 100 g grond:

| Object | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Ca | 45,0 | 15,5 | 8,9 | 4,1 | 3,6 |
| S | 57,3 | 28,6 | 22,2 | 10,9 | 8,7 |
| H | 0,9 | 3,6 | 6,9 | 15,3 | 17,3 |
| S+H = T | 58,2 | 32,2 | 29,1 | 26,2 | 26,0 |
| $V = \frac{100S}{T}$ | 98% | 89% | 76% | 41% | 33% |
| pH | 7,7 | 6,8 | 5,6 | 4,3 | 3,8 |
| Titerzuurgraad p. 100 cc (=116 g droge stof): | | | | | |
| KCl | 0 | 0 | 0,1 | 48 | 59 |
| Na-acetaat | 3 | 12 | 31 | 89 | 108 |




Proef B 1.

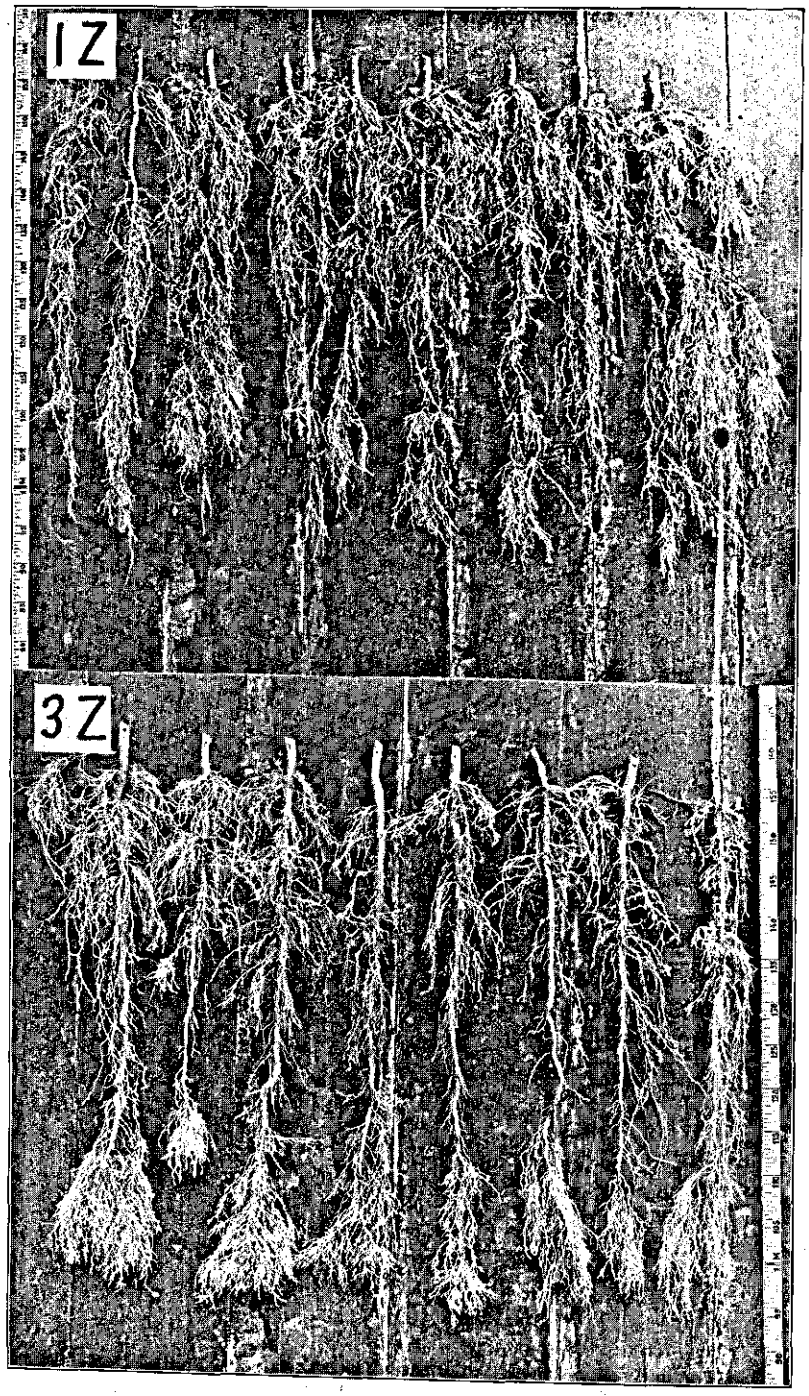
Wortelontwikkeling van jonge theeplanten (leeftijd 17 mnd.) in sterk kleihoudenden leemgrond.

pH van den grond bij het uithalen der planten:

6K–pH 7,7 (1000 g kalk per pot)

2K–pH 6,9 (350 g kalk per pot)

O–pH 5,8 (onbemest)




Proef B–1 (vervolg van Plaat 3)
1Z–pH 4,3 (175 g zwavel per pot)
3Z–pH 3,8 (500 g zwavel per pot)

Op een leeftijd van 6 maanden hadden de planten van object 1Z (bemest met 175 g zwavel per pot) de grootste hoogte bereikt; het verschil met object 3Z (bemest met 500 g zwavel per pot) is betrekkelijk gering. Kalkbemesting heeft den groei vertraagd (Pl. 2). Na de hoogte meting werden de planten zoodanig uitgedund, dat per pot 9 middelmatige planten overbleven, terwijl zooveel mogelijk met een regelmatige plantafstand werd rekening gehouden. Van de uitgedunde planten werd per pot het loofgewicht bepaald; het grootste loofgewicht hadden de planten uit object 1Z. De hoogtecijfers der objecten vóór de uitdunning komen goed overeen met de loofgewichten der uitgedunde planten; men kan daarom aannemen dat de aangehouden planten van de 5 objecten na de uitdunning ongeveer in de zelfde verhouding tot elkander stonden, als de hoogtecijfers en de loofgewichten aangeven.

3 Maanden later (leeftijd der planten 9 maanden) werden van de planten uit de *eerste helft* van het aantal potten (No. 1–25) de hoogte, het loof- en wortelgewicht, alsmede de stamdiameter op 2 cm boven den grond bepaald, waarbij de planten uit object 3Z (bemest met 500 g zwavel per pot) de grootste hoogte en het grootste loofgewicht bleken te hebben.

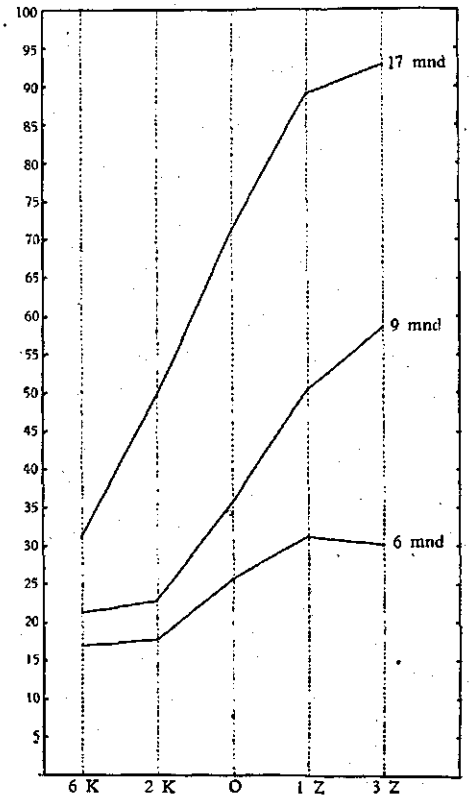
Na het uithalen der planten werden in elk van de potten (No. 1–25) grondmonsters gestoken op 5, 15 en 25 cm diepte; van deze 75 monsters werden de pH en de titerzuurgraden (per 100 cc grond) bepaald; de gegevens zijn vermeld in tabel 6. De suspensie van den grond uit object 6K reageert alkalisch, (pH 7,7), die uit het contrôle-object O reageert middelmatig zuur (pH 5,8), terwijl de suspensies der gronden uit de objecten 1Z en 3Z sterk zuur reageeren (resp. pH 4,3 en pH 3,8).

Dat de bovenste grondlaag (diepte 5 cm) van den onbehandelden grond een lagere pH-waarde heeft dan de daaronder gelegen lagen, is het gevolg van de toediening van Nitrophoska, een physiologisch zure meststof (hoeveelheid 30 g per pot (0,2 $m^2$)).

8 Maanden later (leeftijd der planten 17 maanden) werden van de planten uit de *tweede helft* van het aantal potten (No. 26–50) de hoogte, het loof- en wortelgewicht en de stamdiameter bepaald; evenals bij de eerste helft, hadden ook hier de planten van object 3Z de grootste hoogte en het grootste loofgewicht. Het verschil met object 1Z is waarschijnlijk betrouwbaar.

Vergelijkt men de gemiddelde hoogtecijfers der planten op een leeftijd van 6 maanden (vóór de uitdunning) met die van later (resp. 9 en 17 mnd.), dan ziet men een verschuiving van den optimalen groei van object 1Z (175 g zwavel per pot) naar object 3Z (500 g zwavel per pot). Mogelijk is dat de grootere standruimte der overgebleven planten na de uitdunning, de oorzaak hiervan is geweest; de verschillen tusschen de objecten 1Z en 3Z zijn evenwel niet voldoende betrouwbaar, om dit met zekerheid te kunnen uitmaken.

Pl. 3 en 4 toonen het wortelstelsel van de planten uit een serie potten. Typisch is de sterke wortelvorming van de planten uit object 3Z geheel




B 1. Gemiddelde hoogten der planten in cm op verschillende leeftijden.

onderin de pot; deze houdt vermoedelijk verband met de uitspoeling van voedingsstoffen uit de hooger gelegen lagen, tengevolge waarvan de onderste lagen het rijkst aan voedingsstoffen zijn [1]). De ongunstige invloed van kalkbemesting komt bij de wortels der planten uit de objecten 6K en 2K duidelijk tot uiting.

Van de potten 26–50 werden monsters gestoken (grondlaag van 5–25 cm diepte; tijdstip 18 mnd. na toediening van kalk en zwavel). Van den grond uit het contrôle-object O bedroeg aan het einde van de proef de verzadiging 76%, de pH 5,8; van den grond uit object 3Z was de verzadiging 33%, de pH 3,8.

Kalkbemesting heeft den groei vertraagd. In de 6K potten (bemest met 1000 g kalk per pot) was de ontwikkeling der planten zeer slecht; nagenoeg alle planten hadden een ziekelijk uiterlijk, terwijl ook het percentage niet geslaagde zaden vrij groot was, in vergelijk met de overige objecten. In deze potten is het aantal planten, dat na de uitdunning nog 45 bedroeg, 11 maanden later gedaald tot 34; een sterfte dus van bijna 25%.

*Herhalingsproef.* Met den grond uit de O, 1Z en 3Z potten van de tweede helft van proef B 1, werd eenigen tijd later opnieuw een kleine potproef aangezet, bestaande uit 3 objecten, elk à 8 herhalingen, zonder herhaalde toediening van kunstmeststoffen. De beplanting had plaats ult. Febr. 1931 d.i. 26 mnd na toediening van kalk en zwavel.

*Resultaat.*

Over het algemeen was de groei der planten in dezen grond, die reeds eenmaal met thee beplant was geweest, vrij slecht, hetgeen ook te verwachten was. Het blijkt dat de vroeger toegediende zwavel nog een gunstig effect op den groei der planten had, niettegenstaande het basengehalte van deze gronden sterk gedaald was.

De planten van object 3Z waren evenwel minder goed ontwikkeld dan

[1]) Büsgen, M. („Bau und Leben unserer Waldbäume", 1927, pg 264) merkt op: „Bessere Ernährung an einer bestimmten Wurzelstelle übt einen fördernden Einflusz auf die Erzeugung von Nebenwurzeln aus."

die van object 1Z, hetgeen wijst op verarming van den grond door toediening van groote hoeveelheden zwavel.

| Per object | Leeftijd | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm ... | 5 mnd. | 9,4 | 15,2 | 13,9 |
| | 6 „ | 9,6 | 16,3 | 15,0 |
| | 7 „ | 10,6 | 18,0 | 16,2 |
| | 8 „ | 11,5 | 19,3 | 17,5 |
| | 9 „ | 12,5 | 20,8 | 18,6 |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g ... | | 2,35 | 5,43 | 4,67 |
| Aantal planten ..... | | 54 | 70 | 69 |

Met dezelfde grondsoort, doch van een andere plaats van den proeftuin afkomstig, werd een tweede proef (B 2) aangezet, waarbij de invloed van toenemende hoeveelheden zwavel werd nagegaan.

## PROEF B 2.

**Grondtype**: matig verweerde bruine grond, ontstaan uit jongvulcanisch materiaal; sterk kleihoudende leemgrond.
Afkomstig van den theeproeftuin te Buitenzorg; hoogte 260 m.b.z.

a. **Opzet van de proef.**
Potproef bestaande uit 7 objecten, elk à 6 herhalingen [1]); hoeveelheid droge grond per pot ± 140 kg.
Objecten .....: O – contrôle-object.
1Z – 250 g zwavel per pot.
2Z – 500 „ „ „ „
3Z – 750 „ „ „ „
4Z – 1000 „ „ „ „
6Z – 1500 „ „ „ „
8Z – 2000 „ „ „ „
Kunstmest: per pot 100 g D.S.+100 g Z.K.
Beplant: 7-3-'31 (zaadtype *Manipuri*, T.S. en *Singlo Hill* B.K.).
Datum van afsluiting: 12-1-'32.
Leeftijd der planten: ruim 10 mnd.

---

[1]) Oorspronkelijk 7 herhalingen; de 7e serie was bestemd voor het wortelonderzoek op een leeftijd van 6 mnd.

b. **Resultaten.**

| Per object | Leeftijd | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm | 3 mnd. | **9,1** | **12,6** | **13,6** | **14,3** | **14,8** | **13,0** | **11,9** |
| | 4 „ | 9,8 | 15,3 | 16,3 | 17,1 | 17,4 | 15,6 | 14,2 |
| | 5 „ | 11,4 | 19,7 | 21,7 | 22,2 | 23,6 | 19,9 | 18,1 |
| | 6 „ | 12,1 | 23,7 | 25,6 | 26,7 | 28,3 | 24,5 | 22,3 |
| | 7 „ | 13,5 | 29,7 | 32,0 | 33,1 | 36,3 | 30,9 | 28,7 |
| | 8 „ | 14,4 | 35,2 | 37,8 | 39,4 | 43,4 | 38,2 | 34,4 |
| | 9 „ | 16,2 | 43,4 | 45,4 | 47,0 | 52,4 | 46,8 | 41,4 |
| | 10 „ | **17,8** | **49,5** | **50,0** | **53,3** | **58,4** | **53,2** | **47,7** |
| Groeiresult. na 10 mnd. in % | | 96 | 444 | 449 | 486 | 542 | 485 | 424 |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g | | **4,20** | **19,60** | **21,42** | **23,63** | **24,20** | **22,32** | **19,93** |
| Gem. *wortelgew.* p. pl. in g . | | 2,4 | 6,7 | 7,3 | 7,1 | 7,7 | 6,4 | 6,2 |
| Aantal planten ..... | | 109 | 125 | 139 | 137 | 138 | 138 | 131 |

Verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten:

1Z–O = +**15,40** ±1,88
2Z–1Z = + **1,82** ±1,59
3Z–2Z = + **2,21** ±1,64
4Z–3Z = + **0,57** ±1,78
6Z–4Z = – **1,88** ±1,87
8Z–6Z = – **2,39** ±2,13
4Z–1Z = + **4,60** ±1,60
4Z–8Z = + **4,27** ±1,77

c. **Grondanalyse** aan het einde van de proef.

1e. Algemeene gegevens (contrôle-object).

*Granulaire samenstelling.*

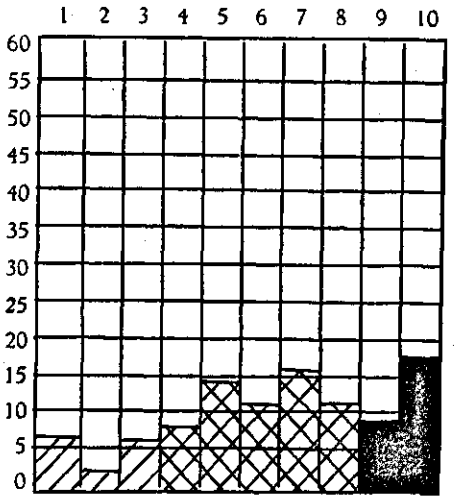
fractie 1 – 6,5%
„ 2 – 2,4%
„ 3 – 5,9%
} zand 14,8%

fractie 4 – 7,9%
„ 5 – 14,9%
„ 6 – 10,2%
„ 7 – 15,2%
„ 8 – 10,6%
} leem 58,8%

fractie 9 – 8,8%
„ 10 – 17,6%
} klei 26,4%

Per 100 g grond:

organische stof ..... 3,19 g
matière noire..... 0,67 „
(= 21% van org. stof)
totaal N ..... 0,172 „
totaal $P_2O_5$ ..... 0,232 „
in citr. opl. $P_2O_5$ ..... 0,0073 „




B 2. Fracties in %

2e. Gegevens van de gronden uit verschillende objecten.

Het adsorptiecomplex bevat in M.E. per 100 g grond:

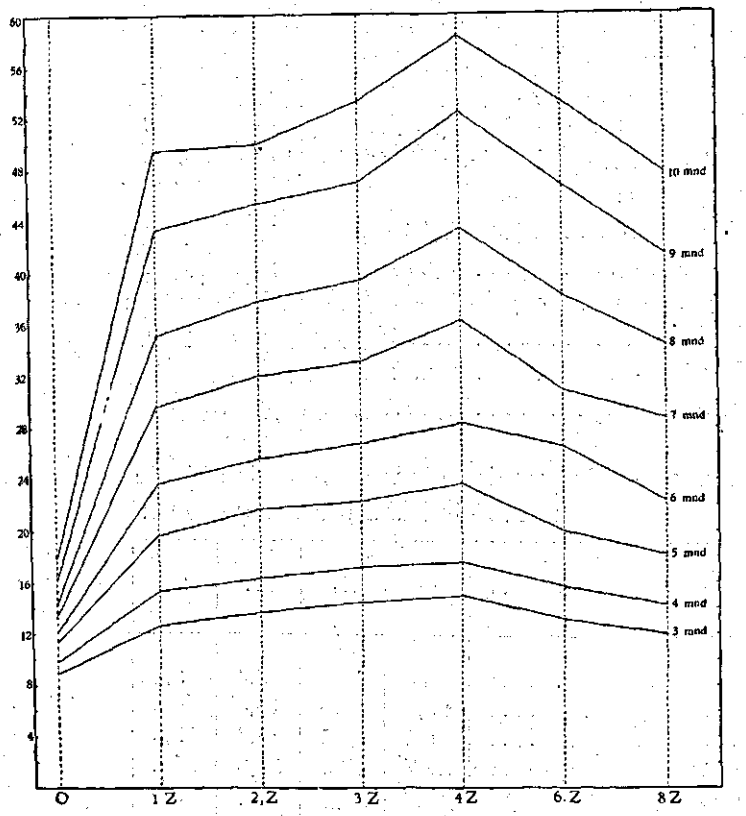
| Object ..... | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ca ..... | 14,4 | 10,0 | 5,4 | 3,1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| S ..... | 23,6 | 16,9 | 10,4 | 6,0 | 4,4 | 4,1 | 2,9 |
| H ..... | 6,1 | 12,1 | 16,4 | 18,2 | 19,0 | 20,2 | 21,1 |
| S+H = T ..... | 29,7 | 29,0 | 26,8 | 24,2 | 23,4 | 24,3 | 24,0 |
| $V = \frac{100S}{T}$ ..... | 79% | 58% | 39% | 25% | 19% | 17% | 12% |
| pH ..... | 6,6 | 5,1 | 4,3 | 4,0 | 3,8 | 3,8 | 3,6 |
| Titerzuurgraad per 100 cc (=112 g droge stof): | | | | | | | |
| KCl ..... | 0,1 | 16 | 39 | 45 | 49 | 55 | 59 |
| Na-acetaat..... | 21 | 69 | 82 | 94 | 100 | 113 | 120 |

De planten van object 4Z (bemest met 100 g zwavel per pot) hebben na 10 maanden de grootste hoogte en het grootste loofgewicht bereikt; het verschil met het contrôle-object O is betrouwbaar. De verschillen van object 4Z met de objecten 3Z en 6Z, zijn niet betrouwbaar; die met de objecten 1Z, 2Z en 8Z zijn waarschijnlijk betrouwbaar.

Van den onbemesten grond uit het object O bedroeg aan het einde van de proef de verzadiging 79%, de pH 6,6; van den grond uit object 4Z was de verzadiging 19%, de pH 3,8.

Pl. 5 geeft een beeld van een willekeurige serie potten van deze proef, 10 maanden na het planten (de potten geven niet het gemiddelde der objecten weer).

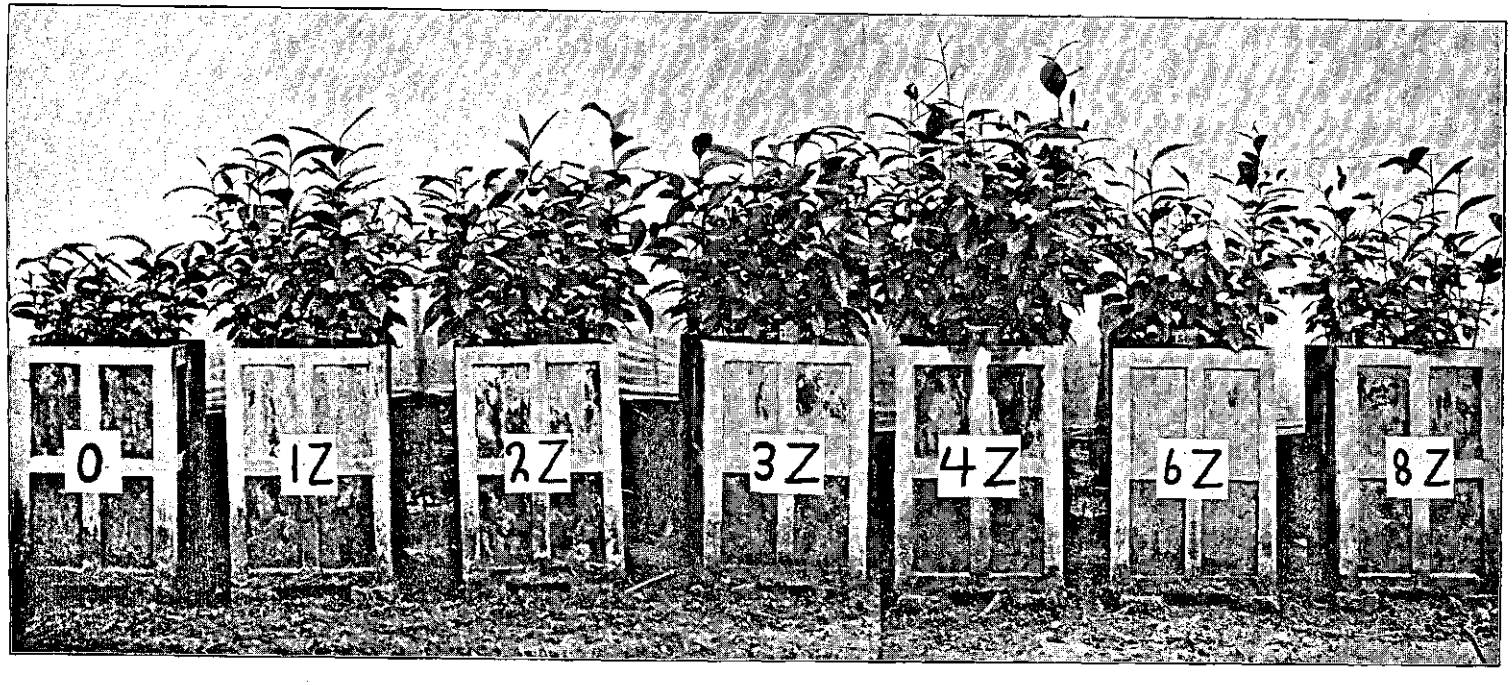
Pl. 6 demonstreert de wortelontwikkeling der planten uit verschillende




B 2. Gemiddelde hoogte der planten in cm bij verschillende leeftijden.

objecten. Het wortelstelsel in den onbemesten grond (object O) is betrekkelijk oppervlakkig; vorming van een diepgaanden penwortel heeft hierbij niet plaats gehad, hetgeen wel het geval was met de planten uit de objecten 1Z, 2Z, 3Z en 4Z. De zeer groote zwavelgiften bij de objecten 6Z en 8Z hebben een sterkere vertakking der wortels veroorzaakt.

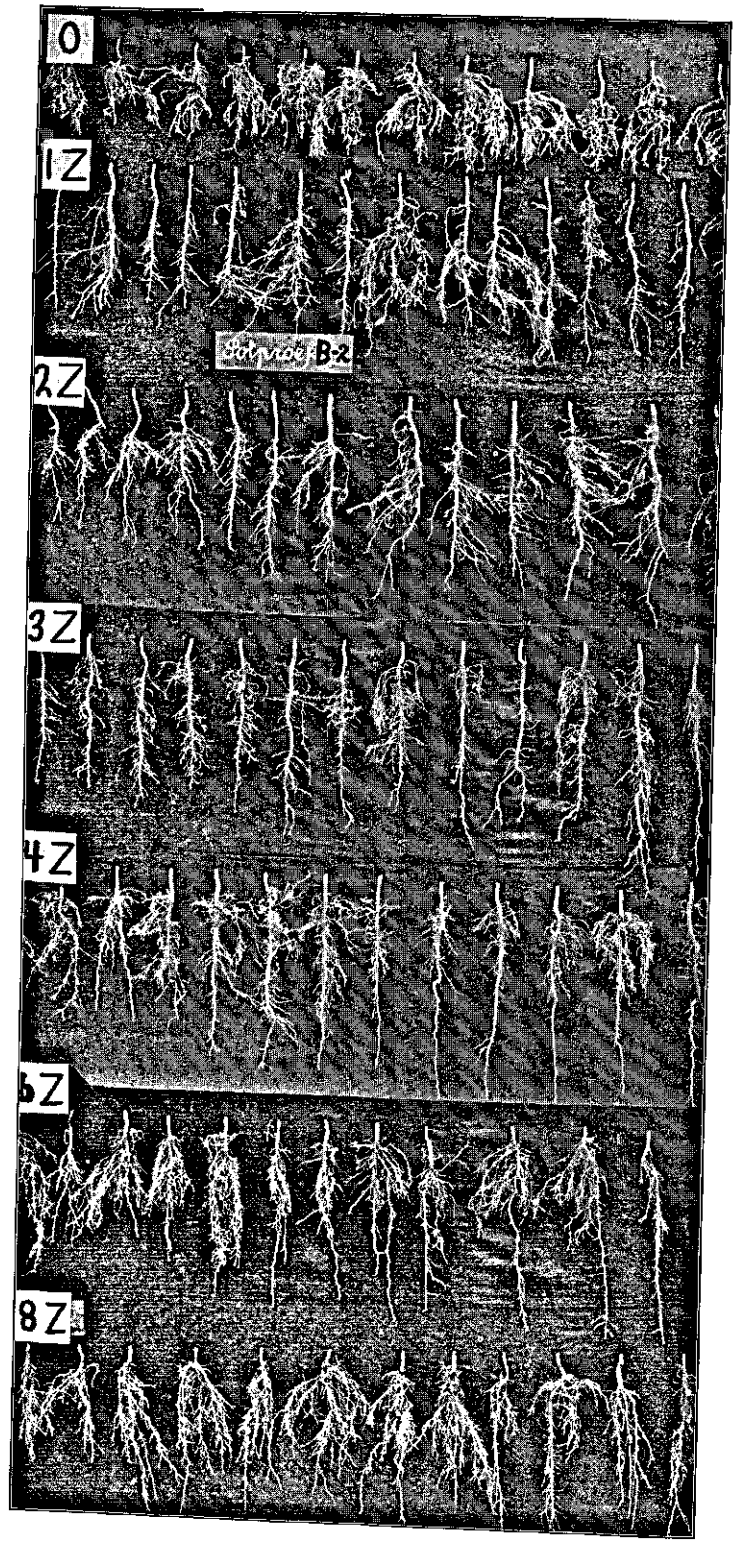
Met dezelfde grondsoort werd een proef met kleine potten (proef A 7) aangezet, waarbij de invloed van *mengsels* van kalk en zwavel en van gips werd nagegaan.




Proef B 2. Invloed van verschillende hoeveelheden zwavel op den groei van jonge theeplanten (leeftijd 10 mnd.); sterk kleihoudende loemgrond

| | |
|---|---|
| Aantal g zwavel per pot: | 3Z–750 g (pH–4,0) |
| O–onbemest (pH–6,6) | 4Z–1000 g (pH–3,8) |
| 1Z–250 g (pH–5,1) | 6Z–1500 g (pH–3,8) |
| 2Z–500 g (pH–4,3) | 8Z–2000 g (pH–3,6) |

PLAAT 6




Proef B 2

Wortelontwikkeling van jonge theeplanten (leeft. 10 mnd.) in sterk kleihoudenden leemgrond. pH van den grond bij het uithalen der planten:

O–pH 6,6 (onbemest)
1Z–pH 5,1 (250 g zwavel per pot)
2Z–pH 4,3 (500 g zwavel per pot)
3Z–pH 4,0 (750 g zwavel per pot)
4Z–pH 3,8 (1000 g zwavel per pot)
6Z–pH 3,8 (1500 g zwavel per pot)
8Z–pH 3,6 (2000 g zwavel per pot)

## PROEF A 7.

**Grondtype:** matig verweerde bruine grond, ontstaan uit jongvulcanisch materiaal; sterk kleihoudende leemgrond.
Afkomstig van den theeproeftuin te Buitenzorg; hoogte 260 m.b.z.

a. **Opzet van de proef.**
Potproef bestaande uit 6 objecten, elk à 10 herhalingen; hoeveelheid droge grond per pot ± 18 kg.
Objecten .....: A – contrôle-object.
B – 45 g zwavel per pot.
C – 125 „ kalk + 30 g zwavel per pot.
D – 125 „ „ + 45 „ „ „ „
E – 375 „ gips ($CaSO_4.2H_2O$) per pot.
F – 375 „ „ + 45 g zwavel per pot.
Kunstmest: per pot 20 g D.S. + 20 g Z.K.; na 4 mnd. 30 g chilisalpeter.
Beplant: 14-3-'31 (zaadtype *Singlo Hill* B.K.).
Datum van afsluiting: 16–12–'31.
Leeftijd der planten: 9 mnd.

b. **Resultaten.**

| Per object | Leeftijd | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm .. | 6 mnd. | 8,7 | 17,8 | 8,1 | 9,7 | 9,3 | 18,5 |
| | 7 „ | 9,2 | 19,5 | 8,3 | 10,3 | 9,7 | 21,1 |
| | 8 „ | 9,7 | 23,4 | 8,8 | 11,0 | 10,2 | 24,2 |
| | 9 „ | 10,2 | 25,5 | 9,1 | 11,5 | 11,2 | 26,8 |
| Groeiresultaat na 9 mnd. in % | | 17 | 193 | 5 | 32 | 29 | 208 |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g .. | | 0,86 | 7,17 | 0,67 | 1,26 | 1,08 | 6,85 |

Verschillen van de *gemiddelde loofgewichten* der objecten:

B–A = +6,31 ±0,39
C–B = –6,50 ±0,45
D–C = +0,60 ±0,28
E–D = –0,19 ±0,28
F–E = +5,77 ±1,79
F–B = –0,32 ±0,64

c. **Grondanalyse** aan het einde van de proef.

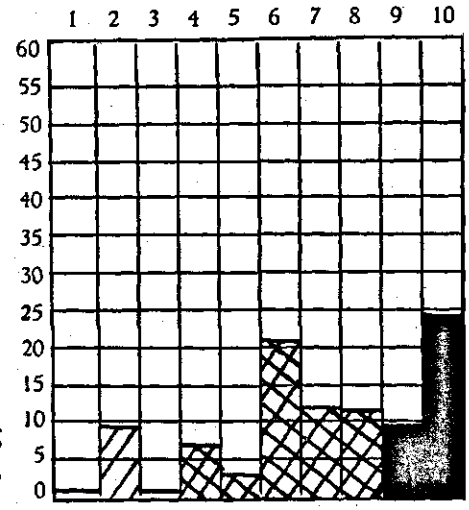
1e. Algemeene gegevens (contrôle-object).

*Granulaire samenstelling.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| fractie | 1 – | 0,6% | zand 11,1% |
| ,, | 2 – | 9,5% | |
| ,, | 3 – | 1,0% | |
| fractie | 4 – | 7,1% | leem 54,7% |
| ,, | 5 – | 3,4% | |
| ,, | 6 – | 20,4% | |
| ,, | 7 – | 12,0% | |
| ,, | 8 – | 11,8% | |
| fractie | 9 – | 9,4% | klei 34,2% |
| ,, | 10 – | 24,8% | |

Per 100 g grond:

| | | |
|---|---|---|
| organische stof | 2,31 | g |
| matière noire | 0,52 | ,, |
| (= 22% van org. stof) | | |
| totaal N | 0,082 | ,, |
| totaal $P_2O_5$ | 0,270 | ,, |
| in citr. opl. $P_2O_5$ | 0,0108 | ,, |



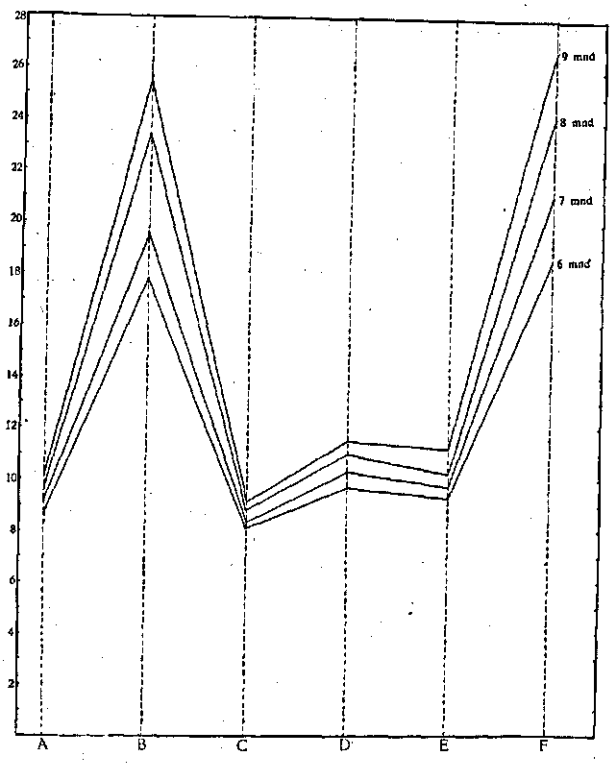

A 7. Fracties in %

2e. Gegevens van de gronden uit verschillende objecten.

Het adsorptiecomplex bevat in M.E. per 100 g grond:

| Object | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ca | 9,5 | 1,9 | 17,8 | 12,8 | 13,5 | 4,7 |
| S | 22,1 | 9,6 | 30,8 | 23,6 | 22,4 | 10,6 |
| H | 5,7 | 12,7 | 3,0 | 5,5 | 5,5 | 11,9 |
| S + H = T | 27,8 | 22,3 | 33,8 | 29,1 | 27,9 | 22,5 |
| $V = \frac{100S}{T}$ | 79% | 43% | 91% | 81% | 80% | 47% |
| pH | 6,5 | 4,6 | 7,4 | 6,8 | 6,8 | 4,7 |
| Titerzuurgraad per 100 cc (= 109 g droge stof): | | | | | | |
| KCl | 0,1 | 33 | 0 | 0,1 | 0,1 | 26 |
| Na-acetaat | 26 | 75 | 9 | 22 | 21 | 70 |

De planten van obj. B (bemest met 45 g zwavel per pot) en obj. F (bemest met 375 g gips + 45 g zwavel per pot) hebben zich het beste ontwikkeld. De verschillen met de overige objecten zijn betrouwbaar; het onderlinge verschil tusschen objecten B en F is niet betrouwbaar. Gipsbemesting alleen heeft vrijwel geen effect gehad; de verzadigingsgraad van den grond en de pH-waarde van de suspensie zijn hierdoor iets toegenomen. Object D (bemest met 125 g kalk + 45 g zwavel) gaf een iets beteren groei dan object C (bemest met 125 g kalk + 30 g zwavel); door het kalk-zwavelmengsel van het laatste object heeft de suspensie van den grond een licht alkalische reactie verkregen. Het mengsel van 125 g kalk + 45 g zwavel heeft op den grond, evenals de gipsbemesting, slechts een geringe vermindering van aciditeit tengevolge gehad.




A 7. Gemiddelde hoogte der planten in cm bij verschillende leeftijden.

Van den grond uit het contrôle-object A bedroeg, aan het einde van de proef, de verzadiging 79%, de pH 6,5; van den grond uit object B was de verzadiging 43%, de pH 4,6. Uit deze proef blijkt derhalve dat de groei der planten *alleen dan verbeterde, indien de waterstof-ionenconcentratie in den grond werd verhoogd.* Worden de bij de zwaveloxydatie gevormde H-ionen door kalk geneutraliseerd, dan heeft geen groeiverbetering plaats.

## PROEF B 3.

**Grondtype:** licht verweerde grijze jongvulcanische tufgrond; licht kleihoudende leemgrond.
Afkomstig van de onderneming T.O.
Ligging: N.-helling Salak; hoogte 800 m.b.z.

a. **Opzet van de proef.**
Potproef bestaande uit 5 objecten elk à 5 herhalingen, hoeveelheid droge grond per pot ± 100 kg.

Objecten .....: 6K – 1000 g kalk per pot.
2K – 350 „ „ „ „
O – contrôle-object.
1Z – 175 g zwavel per pot.
3Z – 500 „ „ „ „

Kunstmest: 100 g D.S. + 100 g Z.K. per pot; na 3 mnd. 30 g chilisalpeter.
Beplant: 27–3–'30 (zaadtype *Bazaloni* T.S.).
Datum van afsluiting: 3–11–'30.
Leeftijd der planten: ± 7 mnd.

b. **Resultaten.**

Na 7 mnd werden de volgende resultaten verkregen:

| Per object | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm ... | 9,2 | 11,1 | 15,7 | 19,4 | 26,7 |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g ... | 0,84 | 1,52 | 3,42 | 4,48 | 9,16 |
| Gemidd. *wortelgew.* per pl. in g .. | 0,9 | 1,5 | 1,6 | 2,2 | 2,8 |
| Aantal planten ..... | 97 | 115 | 117 | 118 | 123 |

Verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten:

2K–6K = +0,68 ± 1,03 1Z–O = +1,06 ± 0,59
O–2K = +1,90 ± 0,16 3Z–1Z = +4,68 ± 1,08

c. **Grondanalyse** aan het einde van de proef.

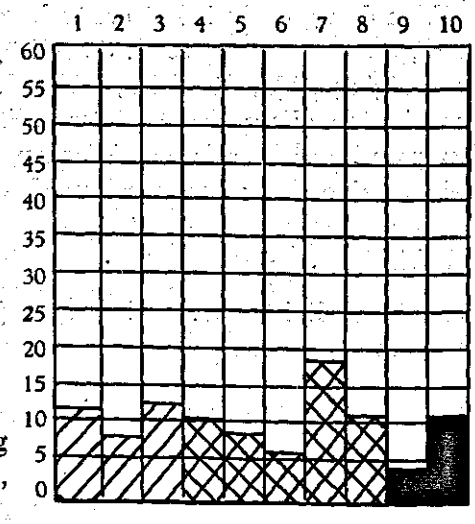
1e. Algemeene gegevens.

*Granulaire samenstelling.*

fractie 1 – 11,7%
„ 2 – 7,8%
„ 3 – 12,4%
} zand 31,9%

fractie 4 – 10,0%
„ 5 – 8,5%
„ 6 – 5,8%
„ 7 – 18,2%
„ 8 – 10,4%
} leem 52,9%

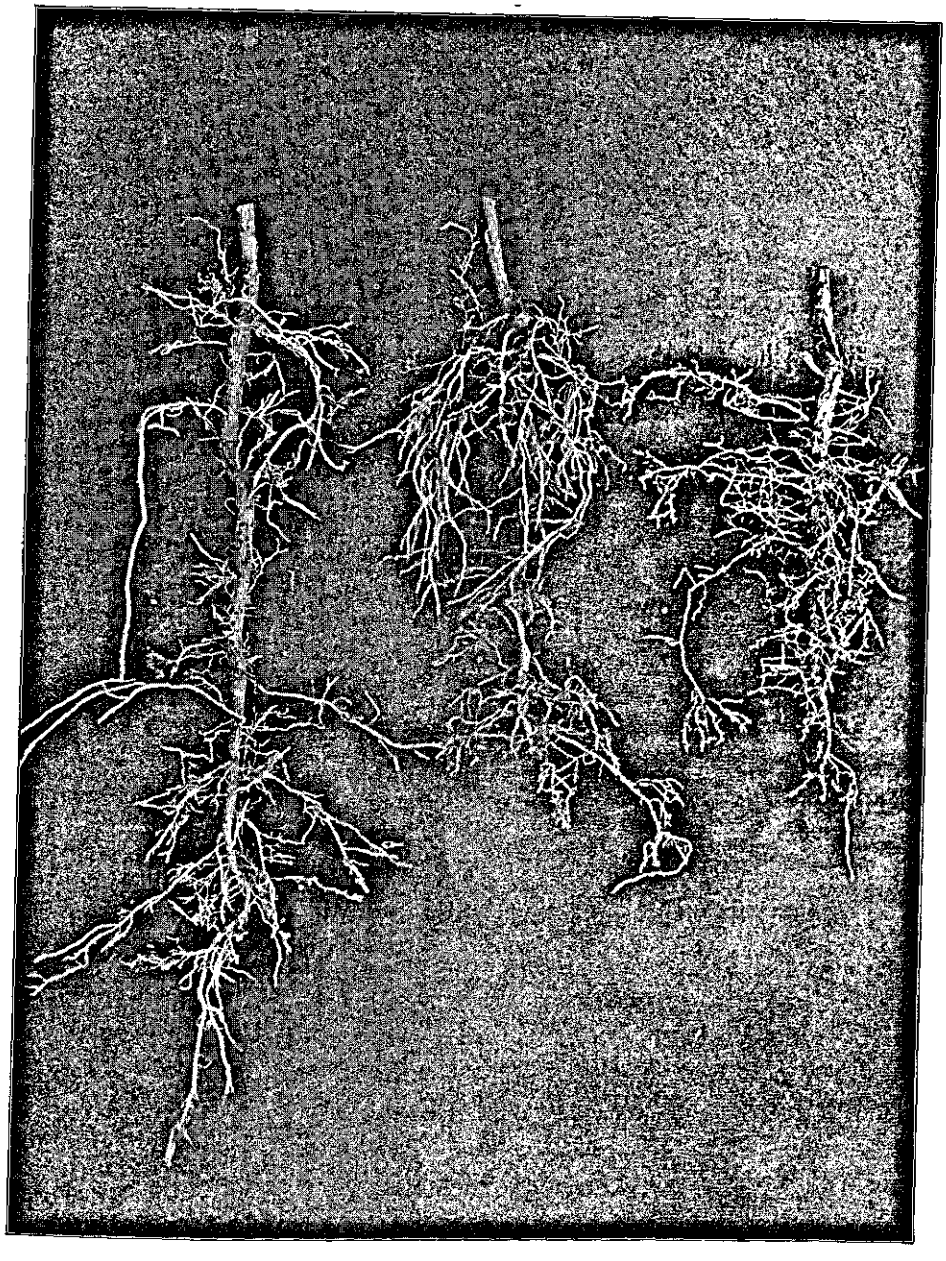
fractie 9 – 4,4%
„ 10 – 10,8%
} klei 15,2%



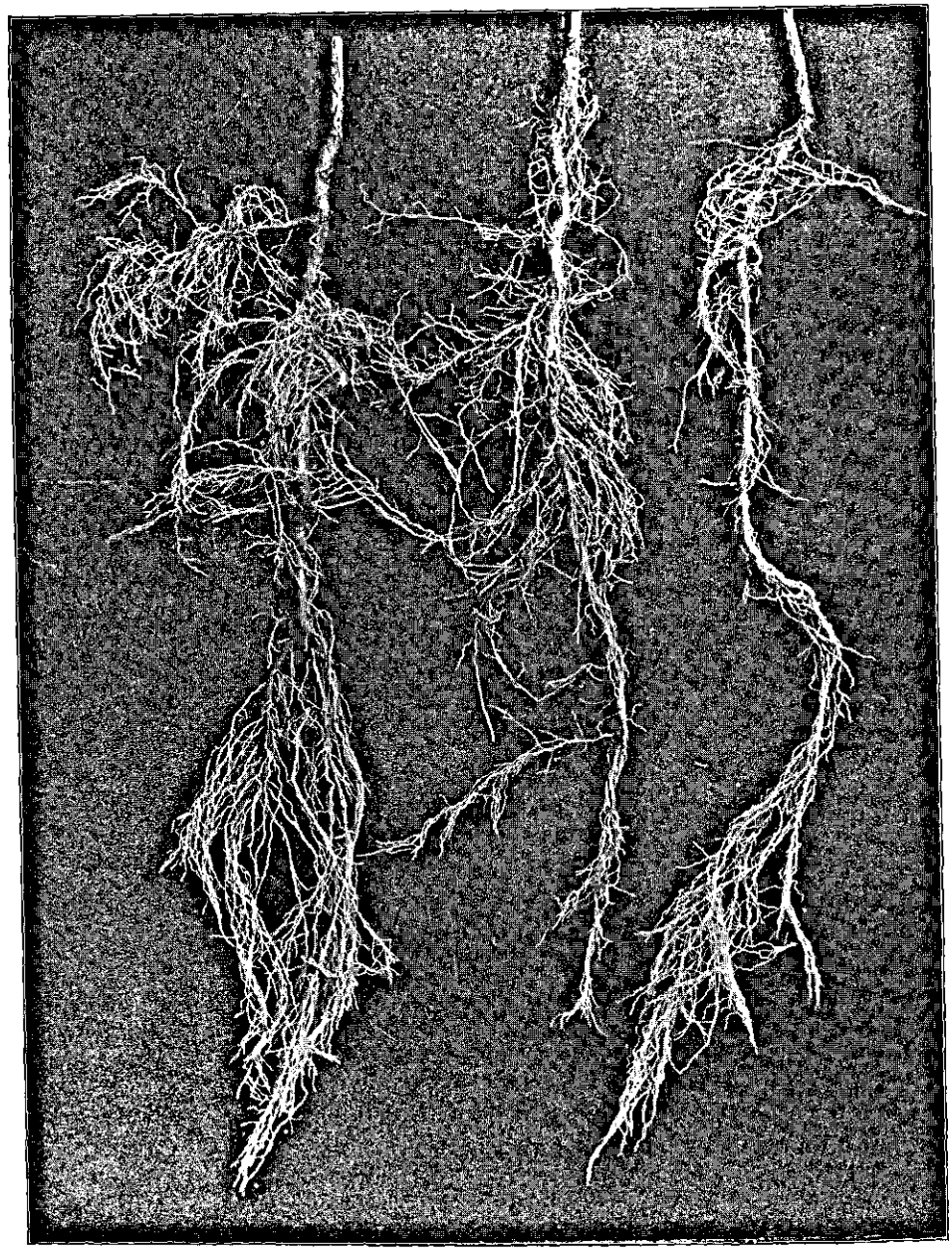

B 3. Fracties in %

Per 100 g grond:

organische stof ..... 5,54 g
matière noire..... 1,41 „
(= 25% van org. stof)
totaal N ..... 0,304 „
totaal $P_2O_5$ ..... 0,272 „
in citr. opl. $P_2O_5$ ..... 0,0106 „



Proef B 3. Wortelstelsel van jonge theeplanten (leeftijd 7 mnd.) gegroeid in lichtgekalkten grond; object 2K (pH–5,6)



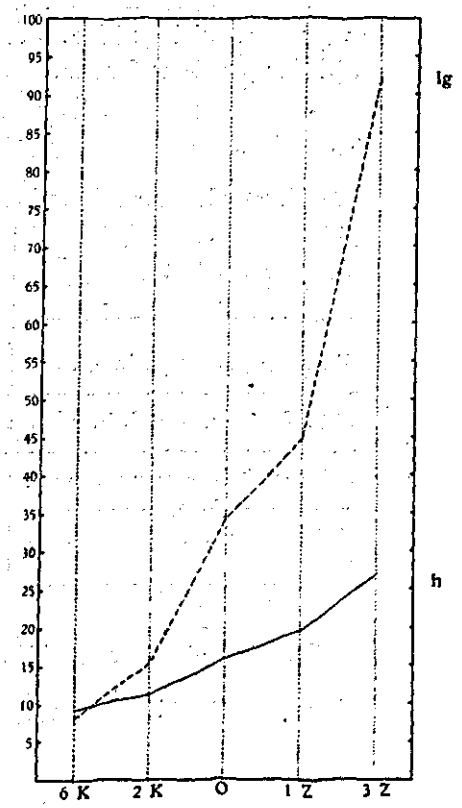
Proef B 3. Wortelstelsel van jonge theeplanten (leeftijd 7 mnd.) gegroeid in gezwavelden grond; object 3Z (pH–3,9)

2e. Gegevens van de gronden uit verschillende objecten.
Het adsorptiecomplex bevat in M.E. per 100 g grond:

| Object | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Ca | 36,3 | 18,1 | 11,2 | 7,9 | 6,8 |
| S | 43,3 | 26,2 | 19,4 | 14,5 | 11,6 |
| H | 1,8 | 6,4 | 12,8 | 16,1 | 18,1 |
| S + H = T | 45,1 | 32,6 | 32,2 | 30,6 | 29,7 |
| $V = \frac{100S}{T}$ | 96% | 80% | 60% | 47% | 39% |
| pH | 7,2 | 5,6 | 4,7 | 4,0 | 3,9 |
| Titerzuurgraad p. 100 cc (=82 g droge stof): | | | | | |
| KCl | 0 | 0,1 | 13 | 32 | 43 |
| Na-acetaat | 5 | 28 | 58 | 76 | 89 |

De planten van object 3Z (bemest met 500 g zwavel per pot) hebben na 7 maanden de grootste hoogte en het grootste loofgewicht bereikt; de verschillen met object 1Z en het contrôle-object O zijn betrouwbaar. Kalkbemesting heeft den groei vertraagd. Vooral bij object 6 K, waar bij de suspensie van den grond alkalisch reageerde, waren de planten zeer slecht ontwikkeld; het verschil t.o.v. het contrôle-object O is betrouwbaar.

Pl. 7 en 8 geven de typische verschillen weer van de wortelontwikkeling in een lichtgekalkten (2K) en in een gezwavelden grond (3Z). Bij de wortels uit den lichtgekalkten grond zijn de fijnere wortels over 't algemeen vrij kort, en ten deele afgestorven; de geheele habitus wijst erop, dat een normale wortelontwikkeling niet heeft plaats gehad. Daarentegen zijn de wortels uit den gezwavelden grond forsch ontwikkeld; afsterving van fijnere wortels is hierbij niet waar te nemen.




B 3. Gemiddelde hoogten in cm en loofgewichten in cg der planten op een leeftijd van 7 maanden.

Van den onbemesten grond van object O bedroeg aan het einde van de proef de verzadiging 60%, de pH 4,7; van den grond uit object 3Z was de verzadiging 39%, de pH 3,9.

## PROEF B 4

**Grondtype:** weinig verweerde grijze jongvulcanische tufgrond; humeuse sterk zandhoudende leemgrond.
Afkomstig van den theeproeftuin P.S.
Ligging: O.-helling Gedeh.; hoogte 1150 m.b.z

a. **Opzet van de proef.**
Potproef bestaande uit 5 objecten, elk à 5 herhalingen; hoeveelheid droge grond per pot ± 90 kg.
Objecten .....: 6K – 1000 g kalk per pot.
2K – 350 ,, ,, ,, ,,
O – contrôle-object.
1Z – 175 g zwavel per pot.
3Z – 500 ,, ,, ,, ,,
Kunstmest: per pot 100 g D.S.+100 g Z.K.; 3 mnd. na beplanting 30 g chilisalpeter.
Beplant: Mei '30 (zaadtype *Bazaloni* T.S.).
Datum van afsluiting: Nov. '30.
Leeftijd der planten: 6 mnd.

b. **Resultaten.**

Na 6 mnd. werden de volgende resultaten verkregen:

| Per object | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm ... | **9,4** | **12,3** | **14,5** | **19,5** | **24,8** |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g ... | **0,88** | **1,36** | **1,90** | **3,32** | **5,50** |
| Gemidd. *wortelgew.* per pl. in cm | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 2,0 | 2,6 |
| Aantal planten ..... | 93 | 113 | 115 | 123 | 122 |

Verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten:

2K–6K = **+0,48** ±0,23
O–2K = **+0,54** ±0,99
1Z–O = **+1,42** ±0,22
3Z–1Z = **+2,18** ±0,47

c. **Grondanalyse** aan het einde van de proef.

1e. Algemeene gegevens (contrôle object).

*Granulaire samenstelling.*

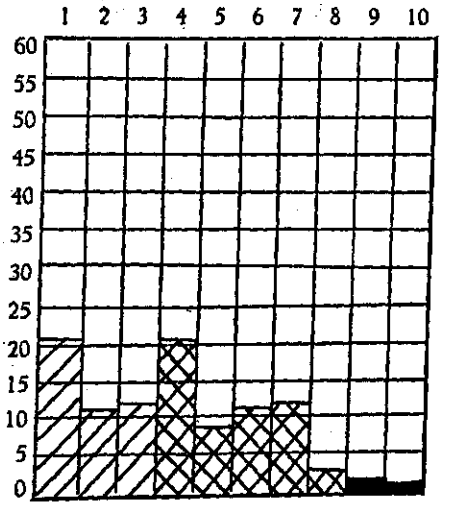
fractie 1 – 20,6% } zand 43,6%
„ 2 – 10,9%
„ 3 – 12,1%

fractie 4 – 20,8% } leem 54,4%
„ 5 – 8,6%
„ 6 – 10,8%
„ 7 – 11,4%
„ 8 – 2,8%

fractie 9 – 1,2% } klei 2,0%
„ 10 – 0,8%

Per 100 g grond:

| | | |
|---|---|---|
| organische stof ..... | 10,15 | g |
| matière noire..... | 2,44 | „ |
| (= 24% van org. stof) | | |
| totaal N ..... | 0,757 | „ |
| totaal $P_2O_5$ ..... | 0,628 | „ |
| in citr. opl. $P_2O_5$ ..... | 0,0491 | „ |

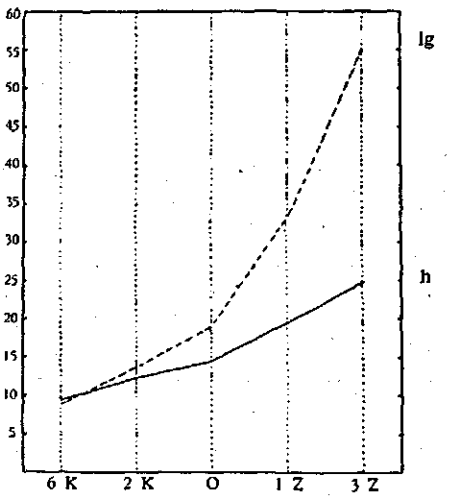



B 4. Fracties in %

2e. Gegevens van de gronden uit verschillende objecten.

Het adsorptiecomplex bevat in M.E. per 100 g grond:

| Object ..... | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Ca ..... | 44,3 | 22,6 | 13,7 | 8,3 | 5,7 |
| S ..... | 51,0 | 30,9 | 21,8 | 13,3 | 10,3 |
| H ..... | 2,3 | 8,8 | 16,3 | 21,2 | 24,4 |
| S+H = T ..... | 53,3 | 39,7 | 38,1 | 34,5 | 34,7 |
| $V = \frac{100S}{T}$ ..... | 97% | 78% | 57% | 39% | 30% |
| pH ..... | 7,2 | 6,3 | 5,3 | 4,3 | 4,0 |
| Titerzuurgraad p. 100 cc (=73 g droge stof): | | | | | |
| KCl ..... | 0 | 0 | 0,5 | 3 | 12 |
| Na-acetaat ..... | 5 | 21 | 45 | 68 | 87 |




B 4. Gemiddelde hoogten in cm en loofgewichten in cg der planten op een leeftijd van 6 maanden.

De planten van object 3Z (bemest met 500 g zwavel per pot) hebben na 6 maanden de grootste hoogte en het grootste loofgewicht bereikt; de verschillen t.o.v. het object 1Z (bemest met 175 g zwavel per pot) en het contrôle-object O zijn betrouwbaar. Kalkbemesting heeft den groei vertraagd; vooral bij object 6K waarbij de suspensie van den grond alkalisch reageerde, hebben de planten zich zeer slecht ontwikkeld; het verschil van object 6K t.o.v. het contrôle-object O is betrouwbaar.

Van den onbemesten grond uit object O bedroeg, aan het einde van de proef, de verzadiging 57%, de pH 5,3; van den grond uit het object 3Z was de verzadiging 30%, de pH 4,0.

Met dezelfde grondsoort werd een tweede proef (B 5) aangezet, waarbij de invloed van toenemende hoeveelheden zwavel werd nagegaan.

**PROEF B 5.**

**Grondtype:** weinig verweerde grijze jongvulcanische tufgrond; humeuse sterk zandhoudende leemgrond.
Afkomstig van den theeproeftuin P.S.
Ligging: O.-helling Gedeh; hoogte 1150 m.b.z.

a. **Opzet van de proef.**
Potproef bestaande uit 7 objecten elk à 6 herhalingen [1]); hoeveelheid droge grond per pot ± 90 kg.

Objecten .....: O – contrôle-object.
1Z – 250 g zwavel per pot.
2Z – 500 „ „ „ „
3Z – 750 „ „ „ „
4Z – 1000 „ „ „ „
6Z – 1500 „ „ „ „
8Z – 2000 „ „ „ „

Kunstmest: per pot 100 g D.S. + 100 g Z.K.
Beplant: Febr. '31 (zaadtype *Assam* S.A.).
Datum van afsluiting: Dec. '31.
Leeftijd der planten: 10 mnd.

---

[1]) Oorspronkelijk 7 herhalingen; de 7e serie was bestemd voor het wortelonderzoek op een leeftijd van 6 maanden.

b. **Resultaten.**

| Per object | Leeftijd | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* per pl. in cm | 3 mnd. | 8,6 | 11,1 | 15,4 | 15,7 | 14,6 | 14,1 | 11,9 |
| | 4 „ | 8,8 | 11,9 | 17,4 | 18,7 | 17,0 | 17,2 | 15,0 |
| | 5 „ | 9,3 | 13,4 | 21,9 | 23,7 | 21,4 | 21,8 | 19,7 |
| | 6 „ | 9,8 | 16,2 | 26,7 | 28,3 | 25,5 | 27,0 | 23,6 |
| | 7 „ | 10,6 | 20,1 | 35,0 | 37,1 | 32,2 | 34,4 | 30,6 |
| | 8 „ | 11,5 | 24,4 | 41,6 | 43,7 | 38,2 | 41,9 | 38,6 |
| | 9 „ | 13,3 | 30,8 | 51,7 | 54,5 | 48,1 | 52,4 | 49,8 |
| | 10 „ | 14,7 | 35,2 | 58,0 | 60,3 | 54,3 | 58,9 | 56,0 |
| Groeiresult. na 10 mnd. in % | | 71 | 309 | 574 | 601 | 532 | 585 | 551 |
| Gemidd *loofgew.* p. pl. in g... | | 2,92 | 10,02 | 23,48 | 25,22 | 20,67 | 22,37 | 21,15 |
| Gemidd. *wortelgew.* p. pl. in g | | 3,1 | 6,0 | 8,5 | 8,5 | 8,0 | 7,6 | 7,0 |
| Aantal planten ..... | | 122 | 131 | 133 | 138 | 136 | 136 | 113 |

Verschillen tusschen de *gemiddelde loofgewichten* der objecten:

1Z–O = + 7,10 ±1,64 8Z–6Z = – 1,72 ±3,38
2Z–1Z = +13,46 ±1,58 3Z–1Z = +15,20 ±2,71
3Z–2Z = + 1,74 ±3,00 3Z–6Z = + 2,35 ±3,64
4Z–3Z = – 4,55 ±1,25 3Z–8Z = + 4,07 ±2,23
6Z–4Z = + 2,20 ±2,20

c. **Grondanalyse** aan het einde van de proef.

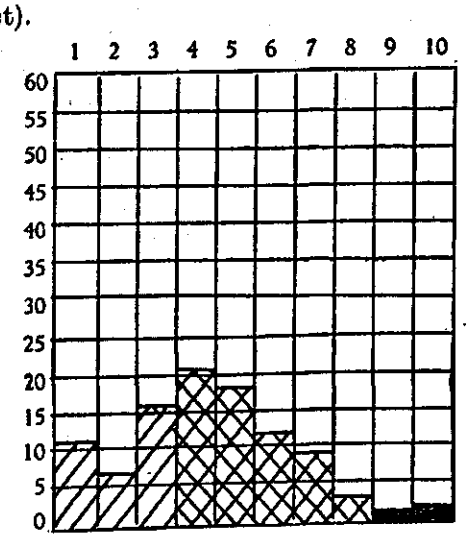
1e. Algemeene gegevens (contrôle-object).

*Granulaire samenstelling.*

fractie 1 – 11,0%
„ 2 – 6,5%
„ 3 – 16,1%
} zand 33,6%

fractie 4 – 20,1%
„ 5 – 18,3%
„ 6 – 12,0%
„ 7 – 9,2%
„ 8 – 3,2%
} leem 62,8%

fractie 9 – 1,6%
„ 10 – 2,0%
} klei 3,6%




B 5. Fracties in %

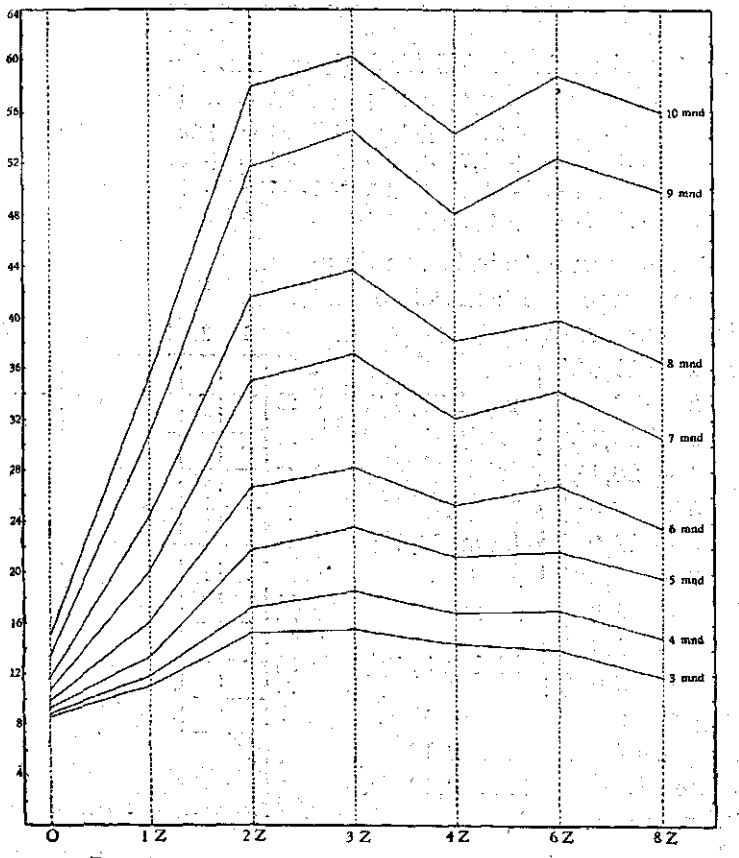
Per 100 g grond:

organische stof ..... 9,10 g
matière noire..... 2,42 „
(= 27% van org. stof)
totaal N ..... 0,668 „
totaal $P_2O_5$ ..... 0,521 „
in citr. opl. $P_2O_5$ ..... 0,0492 „

2e. Gegevens van de gronden uit verschillende objecten.
Het adsorptiecomplex bevat in M.E. per 100 g grond:

| Object | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ca | 16,8 | 8,0 | 3,3 | 2,6 | 2,3 | 2,0 | 1,2 |
| S | 28,4 | 19,5 | 12,0 | 8,6 | 8,1 | 6,3 | 6,4 |
| H | 10,3 | 18,9 | 22,4 | 26,2 | 26,4 | 29,0 | 28,5 |
| S+H = T | **38,7** | **38,4** | **34,4** | **34,8** | **34,5** | **35,3** | **34,9** |
| $V = \frac{100S}{T}$ | **73%** | **51%** | **35%** | **25%** | **23%** | **18%** | **18%** |
| pH | **5,9** | **4,9** | **4,1** | **3,8** | **3,8** | **3,7** | **3,7** |
| Titerzuurgraad per 100 cc (=77 g droge stof): | | | | | | | |
| KCl | 0,5 | 4 | 12 | 19 | 20 | 23 | 22 |
| Na-acetaat | 41 | 76 | 101 | 120 | 124 | 137 | 138 |

De planten van object 3Z (bemest met 750 g zwavel per pot) hebben na

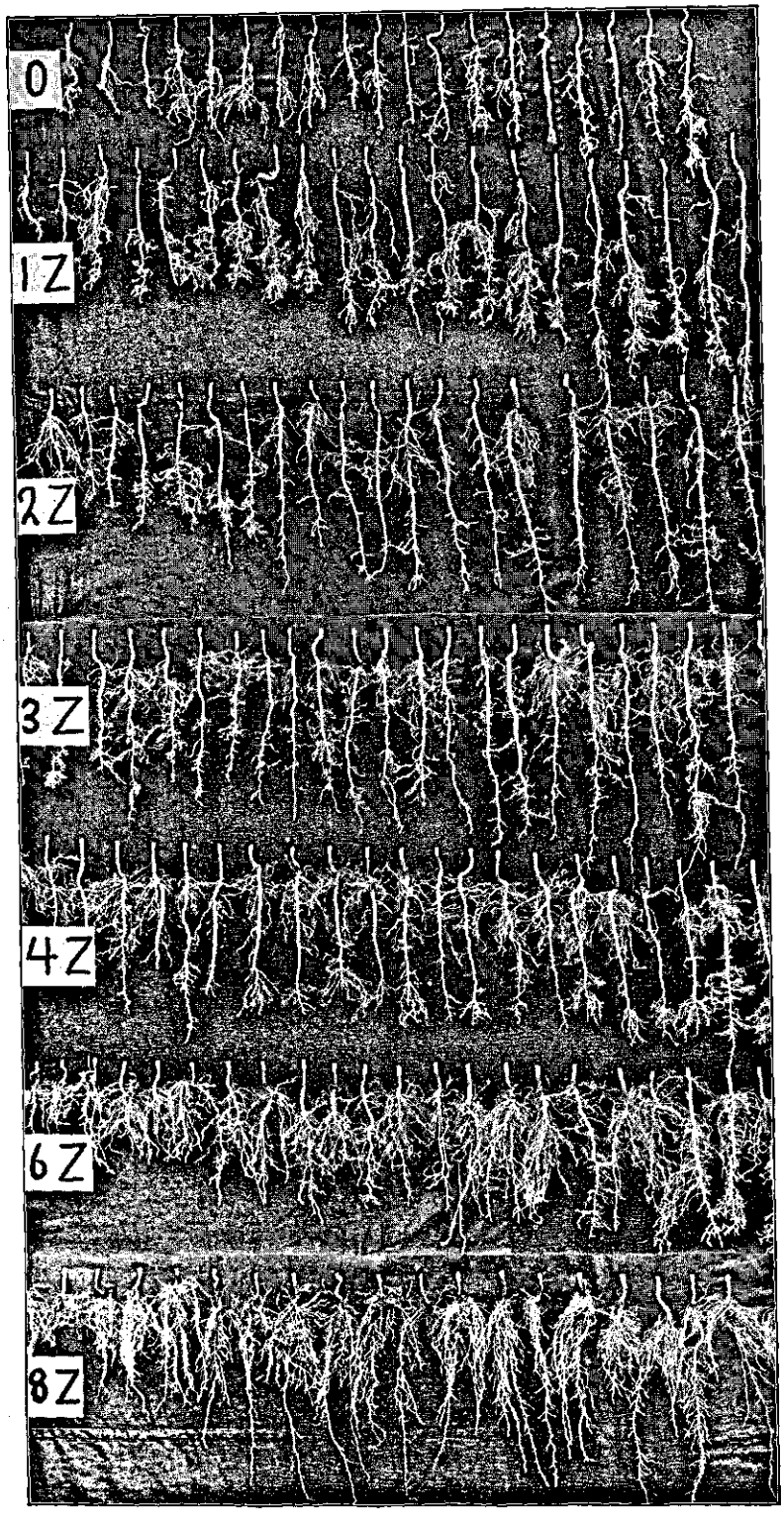



B 5. Gemiddelde hoogte der planten in cm bij verschillende leeftijden.

Proef B 5. Invloed van verschillende hoeveelheden zwavel op den groei van jonge theeplanten (leeftijd 10 mnd.); jongvulcanische tufgrond.

Aantal g zwavel per pot:
O–onbemest (pH 5,6)
1Z–250 g (pH 4,6)
2Z–500 g (pH 4,0)
3Z– 750 g (pH 3,9)
4Z–1000 g (pH 3,8)
6Z–1500 g (pH 3,7)
8Z–2000 g (pH 3,7)

PLAAT 10




Proef B 5

Wortelontwikkeling van jonge theeplanten (leeftijd 6 mnd.) in jongvulcanischen tufgrond.
pH van den grond bij het uithalen der planten:

O–pH 5,6 (onbemest)
1Z–pH 4,6 (250 g zwavel per pot)
2Z–pH 4,0 (500 g zwavel per pot)
3Z–pH 3,9 (750 g zwavel per pot)
4Z–pH 3,8 (1000 g zwavel per pot)
6Z–pH 3,7 (1500 g zwavel per pot)
8Z–pH 3,7 (2000 g zwavel per pot)

10 maanden de grootste hoogte en het grootste loofgewicht bereikt; het verschil met het contrôle-object O en object 1Z (bemest met 250 g zwavel) is betrouwbaar. De verschillen van object 3Z met de overige objecten zijn over het algemeen niet betrouwbaar. Het mindere loofgewicht van object 4Z t.o.v. 3Z en 6Z is ten deele het gevolg van *mijtenaantasting.*[1]) Bij de gemiddelde loofgewichten per pot bleken groote onderlinge verschillen te bestaan tusschen de potten van dezelfde objecten.

Van den onbemesten grond uit het controle-object O bedroeg aan het einde van de proef de verzadiging 73%, de pH 5,9; van den grond uit object 3Z was de verzadiging 25%, de pH 3,8.

Pl. 9 geeft een beeld van een willekeurige serie potten van deze proef, 10 maanden na het planten; de potten geven niet het gemiddelde der objecten weer.

Pl. 10 demonstreert de wortelontwikkeling der planten uit verschillende objecten; het wortelstelsel in den onbemesten grond (object O) is veel slechter ontwikkeld dan bij de overige objecten. Toevoeging van zeer groote hoeveelheden zwavel (object 6Z en 8Z) heeft — evenals bij proef B 2 het geval was — een sterkere vertakking der wortels veroorzaakt.

Om den invloed van verschillende mengsels van kalk en zwavel na te gaan, werd met dezelfde grondsoort een proef met kleine potten aangezet (A 8).

## PROEF A 8.

**Grondtype:** weinig verweerde grijze jongvulcanische tufgrond; humeuse zanderige leemgrond.
Afkomstig van den theeproeftuin P.S.
Ligging: O.-helling Gedeh; hoogte 1200 m.b.z.

a. **Opzet van de proef.**
Potproef bestaande uit 8 objecten, elk à 6 herhalingen; hoeveelheid droge grond per pot ± 12 kg.

| | | |
|---|---|---|
| Objecten ..... : | A – controle-object | (O) |
| | B – 45 g zwavel per pot | (3Z) |
| | C – 45 ,, ,, + 15 g kalk per pot | (3Z+1K) |
| | D – 45 ,, ,, + 30 ,, ,, ,, ,, | (3Z+2K) |
| | E – 45 ,, ,, + 45 ,, ,, ,, ,, | (3Z+3K) |
| | F – 45 ,, ,, + 60 ,, ,, ,, ,, | (3Z+4K) |
| | G – 45 ,, ,, + 90 ,, ,, ,, ,, | (3Z+6K) |
| | H – 45 ,, ,, + 120 ,, ,, ,, ,, | (3Z+8K) |

Kunstmest: per pot 20 g D.S. + 20 g Z.K.; na 3 mnd. 30 g chilisalpeter.
Beplant: 10-6-'31 (zaadtype *Raighur* T.O.).
Datum van afsluiting: 11-1-'32.
Leeftijd der planten: 7 mnd.

---

[1]) Purpermijt *(Eriophyes carinatus* GREEN).

b. **Resultaten.**

| Per object | Leeftijd | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gemidd. *hoogte* der pl. in cm . | 3 mnd. | **12,4** | **15,3** | **16,0** | **15,5** | **14,2** | **13,1** | **11,3** | **10,8** |
| | 4 „ | 12,6 | 16,5 | 17,1 | 16,5 | 15,5 | 13,6 | 11,8 | 11,0 |
| | 5 „ | 12,8 | 17,3 | 18,1 | 17,2 | 16,1 | 14,5 | 12,4 | 11,2 |
| | 6 „ | 13,2 | 19,1 | 19,9 | 19,1 | 17,7 | 15,9 | 13,3 | 12,1 |
| | 7 „ | 14,2 | 22,2 | 23,2 | 21,5 | 20,3 | 18,2 | 15,0 | 13,1 |
| Groeiresultaat na 7 mnd in % | | 15 | 79 | 87 | 73 | 64 | 47 | 21 | 6 |
| Gemidd. *loofgew.* per pl. in g .. | | **2,23** | **5,72** | **6,10** | **5,43** | **5,13** | **3,85** | **2,83** | **2,16** |
| Gemidd. *wortelgew.* p. pl in g .. | | 1,9 | 3,3 | 3,4 | 3,4 | 3,1 | 2,7 | 2,2 | 1,8 |
| Aantal planten..... | | 52 | 54 | 54 | 53 | 54 | 54 | 53 | 54 |

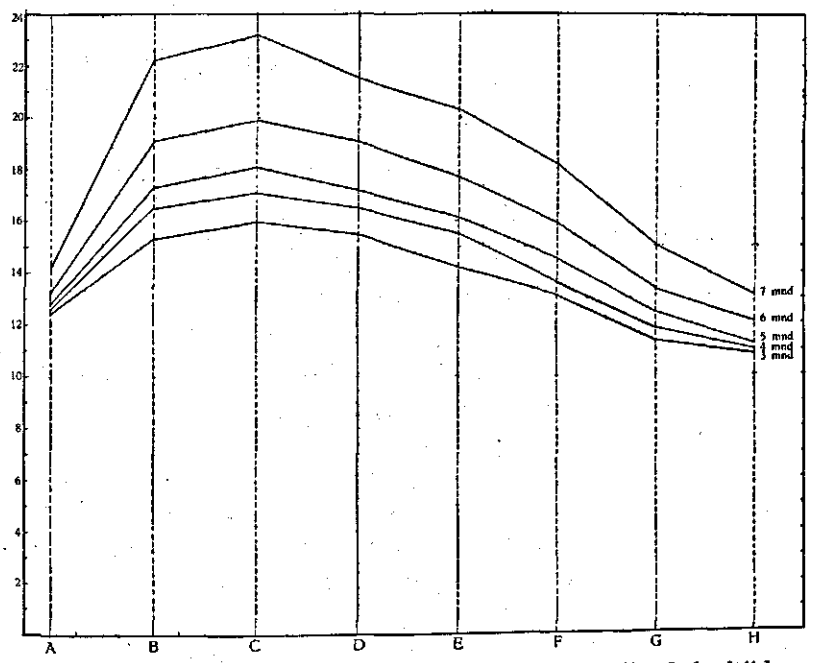
Verschillen van de *gemiddelde loofgewichten* der objecten:

B–A = **+3,49** ±0,49
C–B = **+0,38** ±0,55
D–C = **–0,67** ±1,09
E–D = **–0,30** ±0,54
F–E = **–1,28** ±0,57
G–F = **–1,02** ±0,45
H–G = **–0,67** ±0,38
C–E = **+0,97** ±0,74
C–F = **+2,25** ±1,11
C–G = **+3,27** ±0,83

c. pH en titerzuurgraden aan het einde van de proef:

| Object ..... | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH ..... | 5,3 | 4,2 | 4,3 | 4,3 | 4,4 | 4,6 | 5,1 | 5,6 |
| Titerzuurgraad per 100 cc (=74 g droge stof): | | | | | | | | |
| KCl ..... | 0,5 | 9 | 8 | 7 | 7 | 3 | 0,5 | 0,1 |
| Na-acetaat ..... | 45 | 81 | 78 | 73 | 71 | 62 | 51 | 32 |

De planten van object C (bemest met 45 g zwavel + 15 g kalk per pot) hebben na 7 maanden de grootste hoogte en het grootste loofgewicht bereikt; het verschil met object B (bemest met 45 g zwavel per pot) is gering en niet betrouwbaar. De verschillen van object B en C t.o.v. het contrôleobject A zijn betrouwbaar. De verschillen van object C met object D zijn niet betrouwbaar, met object E en F waarschijnlijk betrouwbaar en met object G en H betrouwbaar.




A 8. Gemiddelde hoogte der planten in cm bij verschillende leeftijden.

Van den onbemesten grond bedroeg aan het einde van de proef de pH 5,3; van den grond uit de objecten B en C was de pH resp. 4,2 en 4,3.

Pl. 11 toont een serie potten uit deze proef, 7 maanden na het planten.

Toenemende hoeveelheden kalk hebben den groei van de theeplanten steeds meer vertraagd. Evenals bij proef A 7, blijkt ook hier zeer duidelijk dat de groei bevorderd wordt door toename van de H-ionenconcentratie in den grond. Hoe meer de bij de zwaveloxydatie gevormde H-ionen door kalk geneutraliseerd worden, des te sterker wordt de groei vertraagd.

f) *Veldproeven met jonge theeplanten.*

**PROEF K.H. VI.**

In den theeproeftuin te Buitenzorg (grondsoort: sterk kleihoudende leemgrond) werd naar aanleiding van de resultaten, die met potproeven bereikt werden, een kalk- en zwavelbemestingsproef aangezet; op het proefterrein hadden theekweekbedden gestaan, die op 2-jarigen leeftijd gerooid werden.

De proef omvat 5 objecten elk à 8 herhalingen; de vakgrootte is 12,5 $m^2$ ($2\frac{1}{2} \times 5$ m). De vakken werden door aaneengesloten bamboelatten tot 30 cm diepte in den grond van elkaar geïsoleerd (Pl. 12).

Objecten:

6K – 6000 g gebl. kalk per vak (480 g per $m^2$)
2K – 2000 g „ „ „ „ (160 g per $m^2$)
O – contrôle object
1Z „ 1000 g zwavel per vak ( 80 g per $m^2$)
3Z – 3000 g „ „ „ (240 g per $m^2$)

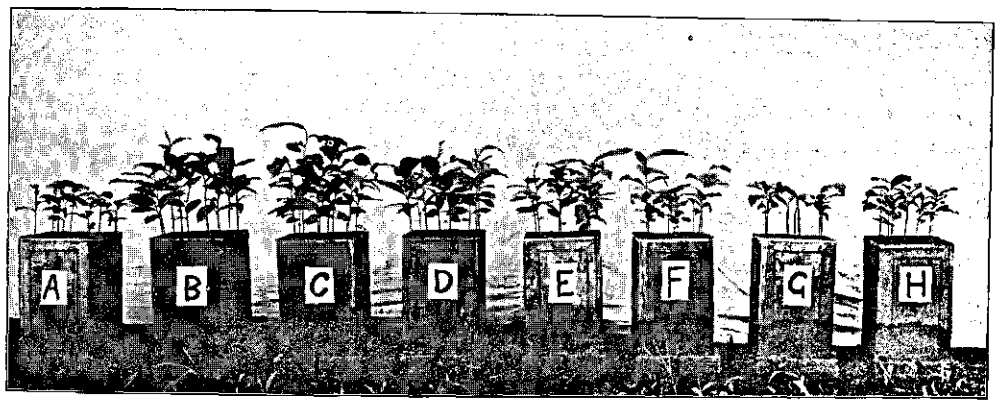
De hoeveelheden kalk en zwavel werden in 2 keeren toegediend, en over de geheele oppervlakte zoo regelmatig mogelijk met den bovengrond tot op ± 25 cm diepte vermengd; (de eerste hoeveelheid ult. Juni 1929; de tweede helft ult. Oct. 1929). Op de hoeken der vakken werden stumps van *Derris microphylla* VAL. geplant.

Medio November werden de vakken met 2-jarige theestumps beplant; hiervoor werden twee theetypen (*Ghoiralli* T.A. en *Manipuri* T.A.) op de kweekerijen uitgezocht. Met elk van deze typen werden 20 vakken — 4 van elk object — beplant (plantverband 60 × 90 cm; 20 planten per vak). Een half jaar na het planten werden de afgestorven planten vervangen door andere; ingeboet werden in de 6K-vakken 17, in de 2K-vakken 6, in de O-vakken 8 planten en in de 1Z en 3Z- vakken elk één plant.

Drie Maanden na het planten werd elk vak bemest met één kg van een mengsel van Leunaphos, natuurphosphaat en zwavelzure kali, (verhouding 3 : 2 : 1; gehalte ± 10% N, 18% $P_2O_5$, en 8% $K_2O$); 14 maanden na het planten werd 100 g walvischguano per plant toegediend (gehalte 8–9% N, 10–12% $P_2O_5$).

Niettegenstaande de kunstbemesting vertoonden de planten in de 6K-, 2K- en O-vakken doorgaans een slechten groei; de planten in de 1Z-vakken groeiden beter en die in de 3Z-vakken ontwikkelden zich snel.

18 Maanden na het planten (ult. Mei 1931) werden alle planten, die een hoogte van minstens 90 cm bereikt hadden, op 20 cm hoogte boven den grond gesnoeid, waarna voor elk vak apart het snoeisel gewogen werd. Planten kleiner dan 90 cm werden gespaard.

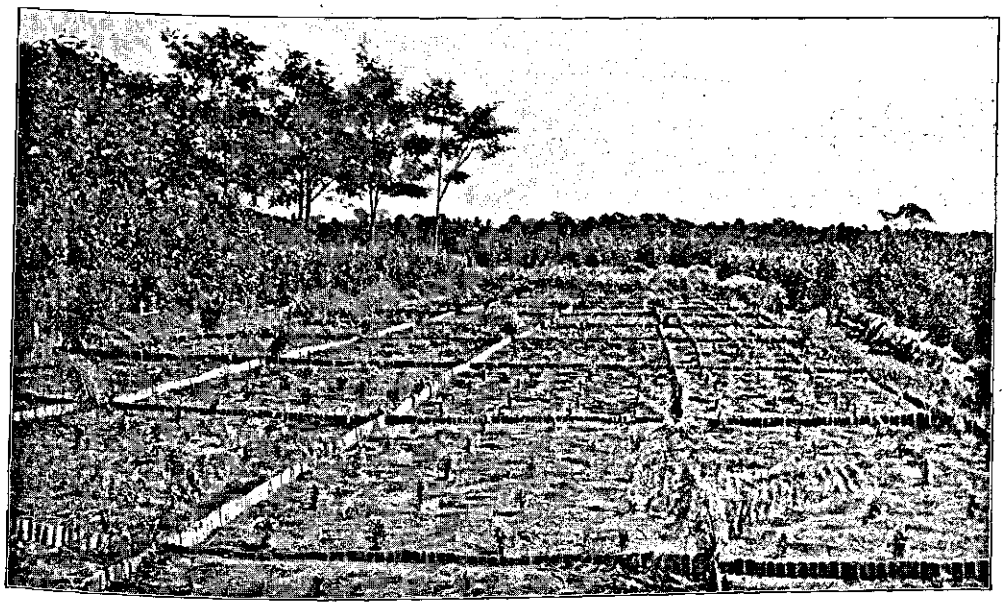



Proef A 8. Invloed van verschillende mengsels van kalk (K) en zwavel (Z) op den groei van jonge theeplanten (leeftijd 7 mnd.); jongvulcanische tufgrond.

Hoeveelheid per pot in g:

| | |
|---|---|
| A–onbemest (pH 5,3) | E–45Z + 45K (pH 4,4) |
| B–45Z (pH 4,2) | F–45Z + 60K (pH 4,6) |
| C–45Z + 15K (pH 4,3) | G–45Z + 90K (pH 5,1) |
| D–45Z + 30K (pH 4,3) | H–45Z + 120K (pH 5,6) |





Proef K.H. VI. Overzicht van het proefterrein, een maand na het uitplanten der theestumps.

*Resultaten*:

| Object..... | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| Gewicht v. h. *snoeisel* in kg.... | 18,6 | 24,2 | 22,8 | 47,0 | 104,3 |
| *Aantal* gesnoeide planten ..... | 63 | 81 | 80 | 127 | 158 |
| *Gemiddeld* gew. per pl. in kg .. | 0,295 | 0,299 | 0,285 | 0,370 | 0,660 |

De planten van object 3Z hebben het grootste gemiddelde *snoeiselgewicht* [1]).

Het *aantal snoeibare planten* (hooger dan 90 cm) was eveneens het grootste bij object 3Z en het kleinste bij object 6K.

Op terreinen die reeds eenmaal als theekweekerij hebben dienst gedaan, en dientengevolge aan voedingsstoffen verarmd zijn, vertoonen nieuw uitgeplante theestumps doorgaans een slechten groei; *zwavelbemesting* blijkt evenwel een zeer gunstig effect op den groei te hebben gehad.

Kalkbemesting heeft bij object 6K waarschijnlijk ongunstig gewerkt; de geringere hoeveelheid, welke in de 2K-vakken werd toegediend, heeft nagenoeg geen effect gehad. Een betere beoordeeling van het effect van de kalkbemesting zal eerst later mogelijk zijn.

Na den snoei werden van alle vakjes grondmonsters gestoken op 10 cm en op 30 cm diepte en per object gemengd tot een gemiddeld monster. De bepaling van de pH en titerzuurgraden van deze monsters gaf het volgende resultaat:

| Objecten ..... | 6K | | 2K | | O | | 1Z | | 3Z | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diepte v.h. monster | 10 cm | 30 cm | 10 cm | 30 cm | 10 cm | 30 cm | 10 cm | 30 cm | 10 cm | 30 cm |
| pH ..... | 7,1 | 6,3 | 6,4 | 6,1 | 5,9 | 6,0 | 4,7 | 5,4 | 4,1 | 4,4 |
| Titerzuurgr. (p. 100 cc = 111 g droge st.) | | | | | | | | | | |
| KCl ..... | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 13 | 2 | 48 | 30 |
| Na-acetaat ... | 11 | 26 | 24 | 29 | 31 | 30 | 51 | 40 | 87 | 70 |

Van den oorspronkelijken grond (object O) bedroeg, op 10 cm en op 30 cm diepte, de pH resp. 5,9 en 6,0. Van den grond uit object 3Z (3 kg zwavel per vak) bedroeg, op 10 cm en op 30 cm diepte, de pH resp. 4,1 en 4,4.

---

[1]) Het gemiddelde snoeiselgewicht per plant van de twee theetypen was:
*Ghoiralli* 108,3 kg (242 pl); gem. 0,448 kg
*Manipuri* 108,6 kg (267 pl); gem. 0,407 kg
Het verschil is in verband met de onregelmatige grondgesteldheid van het proefterrein niet betrouwbaar te achten.

Het effect van de zwavelbemesting was dus op 30 cm diepte nog duidelijk waar te nemen; de verzadiging neemt hier met de diepte toe. De wortels der theeplanten bereiken op den duur een veel grootere diepte dan 30 cm; om de zwavel tot op grootere diepten dan 25 à 30 cm regelmatig met den grond te mengen, is practisch onuitvoerbaar. Dit bezwaar zal voor deze soort proeven met diep wortelende cultuurgewassen, altijd blijven bestaan.

**PROEF P.S. XIII.**

Een tweede proef werd aangezet in den theeproeftuin op den Gedeh (grondsoort: humeuse sterk zandhoudende leemgrond).

De proef omvat 3 objecten, elk à 8 herhalingen; de vakgrootte is 100 $m^2$ ($8 \times 12,5$ m).

Objecten:

O – contrôle-object
1Z – 30 kg zwavel per vak (300 g per $m^2$)
2Z – 60 kg „ „ „ (600 g per $m^2$)

De zwavel werd tot op $\pm$ 25 cm diepte met den bovengrond gemengd. Een maand later (Nov. 1930) werden de vakken met 78 theestumps beplant (624 planten per object; plantverband $0,9 \times 1,5$ m). Bij deze proef werden geen kunstmeststoffen toegediend.

9 Maanden na beplanting (Aug. 1931) werd van alle planten de hoogte gemeten; de *gemiddelde hoogte* der planten van object O was 44,6 cm, van object 1Z 60,2 cm en van object 2Z 79,1 cm.

14 Maanden na beplanting (Jan. 1932) werd de tweede hoogtemeting verricht; de *gemiddelde hoogte* der planten was voor object O 80,7 cm, voor object 1Z 106,1 cm en voor object 2Z 136,6 cm.

Het *gemiddelde verschil* in hoogte der planten bij de tweede meting bedraagt:

$$B-A = +25,4 \pm 6,3$$
$$C-A = +55,9 \pm 6,3$$

Beide verschillen t.o.v. het contrôle-object zijn betrouwbaar.

Zwavelbemesting heeft ook hier den groei der planten sterk bevorderd. Verdere gegevens van deze proef zijn nog niet bekend.

Bovenstaande twee proeven zullen geruimen tijd worden voortgezet, ten einde te kunnen vaststellen:

*a*) hoe lang de betere groei en het grootere productievermogen der theeheesters zich handhaven in den gezwavelden grond;
*b*) hoe de qualiteit van het product is;
*c*) hoe de vatbaarheid der planten voor blad- en wortelschimmels in de verschillend behandelde gronden is.

## IV. SAMENVATTING DER RESULTATEN

Bij geen der proeven heeft *kalkbemesting* op den groei van *jonge theeplanten* een gunstig effect gehad, maar heeft daarentegen bij de meeste proeven den groei der planten vertraagd. In de potten waar de toegevoegde hoeveelheid kalk zoo groot was dat de suspensie van den grond hierdoor een neutrale of een alkalische reactie verkreeg, was het percentage geslaagde zaden aanmerkelijk minder dan in de niet-gekalkte potten; ook op lateren leeftijd kwam onder de planten nog vrij veel sterfte voor. De ontwikkeling der planten in gekalkte gronden was traag en het uiterlijk der planten ziekelijk en schraal. De proeven toonen met voldoende zekerheid aan dat basenrijke gronden met een neutrale of alkalische reactie van de suspensie, zeer ongunstig zijn voor de ontwikkeling van de theeplant. Kleinere hoeveelheden kalk, waardoor de neutrale reactie niet bereikt werd, hebben in de meeste gevallen eveneens groeivertraging tengevolge gehad. Opmerkelijk was, dat zelfs bij den zeer kalkarmen rooden laterietischen grond van proef A 5, kalk geen gunstig effect gehad heeft.

Daarentegen heeft bij alle proeven *zwavelbemesting* de ontwikkeling der theeplanten bevorderd, al was dit niet bij alle grondsoorten in dezelfde mate het geval. Planten gegroeid in met zwavel bemesten grond hadden een forsch uiterlijk, en een goed ontwikkeld wortelstelsel.

*Mengsels* van kalk en zwavel hadden alleen dan een duidelijke bevordering van den groei tengevolge, wanneer de verhouding zoodanig was, dat hierdoor de waterstofionenconcentratie in den grond toenam. Worden de bij de zwaveloxydatie gevormde H-ionen door kalk geneutraliseerd, dan treedt geen groeiverbetering op; evenmin was dit het geval bij gipsbemesting.

*De primaire oorzaak van het gunstig effect van zwavelbemesting is derhalve de toename van de hoeveelheid H-ionen in het adsorbeerende complex.*

Hierbij mag niet uit het oog verloren worden, dat de toename van de H-ionenconcentratie *secundaire gevolgen* heeft, zooals veranderingen in den *physischen* toestand van het adsorbeerend complex, waarover in het volgende hoofdstuk een en ander wordt medegedeeld. De door H-ionen uit het complex *verdrongen basen* bevinden zich, zoolang zij niet door het regenwater zijn uitgespoeld, in het bodemvocht en kunnen, indien de physiologische omstandigheden voor de planten gunstig zijn, gemakkelijk worden opgenomen; in zooverre zijn waarschijnlijk in de eerste maanden na de toediening de *voedingsvoorwaarden* in met zwavel bemeste gronden voor de theeplant *gunstiger* dan in den oorspronkelijken grond.

Ook de opneembaarheid van het *phosphaat* in den grond kan door zwaveltoediening beïnvloed worden; toename van de H-ionenconcentratie

heeft de strekking het in citroenzuur oplosbaar gehalte aan $P_2O_5$ te verhoogen [1]). Bij tropische gronden met een hoog *aluminiumgehalte* kan daarentegen het door zwavelbemesting in oplossing gebrachte aluminium de vorming van moeilijk oplosbare aluminiumphosphaatverbindingen veroorzaken. Het resultaat van deze twee tegengestelde werkingen kan slechts proefondervindelijk vastgesteld worden. De phosphaatanalysen van de gronden uit de proefpotten, aan het einde van de proef, om na te gaan in hoeverre de oplosbaarheid van phosphaat door een 2% citroenzuuroplossing beïnvloed wordt door kalk- en zwavelbemesting, leidden niet tot positieve resultaten. De verkregen uitkomsten waren onregelmatig als gevolg van de bemesting met dubbelsuperphosphaat; de gehalten waren bij de meeste gronden hoog.

Getracht werd den storenden invloed van kalk- en zwavelbemesting op de opneembaarheid van plantenvoedingsstoffen zooveel mogelijk tegen te gaan, door de proefpotten te bemesten met *zwavelzure kali* en *dubbelsuperphosphaat*.

Het is niet uitgesloten dat het gunstig effect van zwavelbemesting in enkele gevallen mede het gevolg is van het dooden van *parasitaire organismen* in den grond, die de ontwikkeling van jonge theeplanten belemmeren. Zooals bij de gegevens van proef A 2 werd vermeld, vertoonden de wortels der planten uit de niet-gezwavelde gronden pathologische verschijnselen, terwijl de wortels uit de gezwavelde gronden een geheel normalen habitus hadden.

Dat evenwel de groeiverbetering *geheel* aan bovengenoemde oorzaak moet worden toegeschreven, is wel zeer onwaarschijnlijk, aangezien het gunstig effect op zeer uiteenloopende gronden werd geconstateerd en door toevoeging van toenemende hoeveelheden zwavel aan den grond een min of meer regelmatige groeicurve verkregen werd.

Onderstaande tabellen geven een overzicht van het verband tusschen het gemiddelde loofgewicht der planten (in g) en de pH- en V-waarden der gronden bij eenige proeven.

---

[1]) AMES, J. W.: „Solvent action of nitrification and sulfofication". Ohio Agr. Exp. Station Bull. No. 351, 1921, pg 238.

FRAPS, G. S.: „Possibilities of sulfur as a soil amendment". Texas Agr. Exp. Station Bull. No. 414, 1930, pg 34.

| | | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| A 1 grijze jongvulc. tufgr.; leeftijd 7 mnd. | loofgew. | 2,2 | 3,0 | 4,7 | 9,1 |
| | pH .... | 6,8 | 6,1 | 5,4 | 4,8 |
| | V ..... | 85% | 77% | 67% | 57% |
| A 2 grijze jongvulc. tufgr.; leeftijd 7 mnd. | loofgew. | 2,4 | 3,3 | 5,7 | 9,3 |
| | pH .... | 6,6 | 6,0 | 5,3 | 5,1 |
| | V ..... | 77% | 67% | 59% | 47% |
| A 3 bruine vrij sterk verw. tert. grond; leeftijd 7½ mnd. | loofgew. | 3,2 | 5,6 | 10,8 | 12,3 |
| | pH .... | 6,1 | 5,3 | 4,6 | 4,1 |
| | V ..... | 76% | 61% | 47% | 34% |
| A 4 bruine vrij sterk verw. tert. grond; leeftijd 7 mnd. | loofgew. | 5,1 | 5,3 | 5,9 | 10,6 |
| | pH .... | 5,4 | 4,9 | 4,3 | 4,0 |
| | V ..... | 76% | 63% | 50% | 40% |
| A 5 roode sterk verw. lateriet. grond; leeftijd 7 mnd. | loofgew. | 4,8 | 4,8 | 5,4 | 6,5 |
| | pH .... | 5,0 | 4,8 | 4,3 | 4,0 |
| | V ..... | 60% | 47% | 36% | 29% |

Bij deze 8 proeven heeft obj. 3Z steeds het beste resultaat opgeleverd. Opvallend is, dat de groei in de aan voedingsstoffen aanmerkelijk rijkere gronden van proef A 1 en A 2 minder snel is, dan in de sterk kleihoudende leemgronden van proef A 3 en A 4, hoewel eerstgenoemde gronden ongeveer het dubbele productievermogen bezitten bij volwassen theeaanplantingen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het verschil in physische gesteldheid; de maximale watercapaciteit is bij eerstgenoemde gronden lager.

| | | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|---|
| B 1 bruine matig verw. jongvulc. gr.; leeftijd 17 mnd. | loofgew. | 6,0 | 17,8 | 36,8 | 62,1 | 68,2 |
| | pH .... | 7,7 | 6,8 | 5,8 | 4,3 | 3,8 |
| | V ..... | 98% | 89% | 76% | 41% | 33% |
| B 3 grijze jongvulc. tufgr.; leeftijd 7 mnd. | loofgew. | 0,8 | 1,5 | 3,4 | 4,5 | 9,2 |
| | pH .... | 7,2 | 5,6 | 4,7 | 4,0 | 3,9 |
| | V ..... | 96% | 80% | 60% | 47% | 39% |
| B 4 grijze jongvulc. tufgr.; leeftijd 6 mnd. | loofgew. | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 3,3 | 5,5 |
| | pH .... | 7,2 | 6,3 | 5,3 | 4,3 | 4,0 |
| | V ..... | 98% | 78% | 57% | 39% | 30% |

| | | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B 2 bruine matig verw. jongvulc. gr.; leeftijd 10 mnd. | loofgew. | 4,2 | 19,6 | 21,4 | 23,6 | 24,2 | 22,3 | 19,9 |
| | pH .... | 6,6 | 5,1 | 4,3 | 4,0 | 3,8 | 3,8 | 3,6 |
| | V..... | 79% | 58% | 39% | 23% | 19% | 17% | 12% |
| B 5 grijze jongvulc. tufgrond; leeftijd 10 mnd. | loofgew. | 2,9 | 10,0 | 23,5 | 25,2 | 20,7 | 22,9 | 21,1 |
| | pH .... | 5,9 | 4,9 | 4,1 | 3,8 | 3,8 | 3,7 | 3,7 |
| | V..... | 73% | 51% | 35% | 25% | 24% | 18% | 18% |
| A 6 bruine liparietgrond; leeftijd 7 mnd. | loofgew. | 1,0 | 1,1 | 4,3 | | 6,4 | 8,0 | 6,5 |
| | pH .... | 7,8 | 7,1 | 5,8 | | 5,0 | 4,2 | 3,9 |
| | V ..... | 92% | 85% | 70% | | 52% | 38% | 32% |

Bij deze drie optimumproeven, waarbij van 3 verschillende grondtypen werd uitgegaan, blijkt dat de planten van de objecten 4Z (B 2), 3Z (B 5) en 6Z (A 6) het best ontwikkeld waren; de pH van deze gronden bedroeg resp. 3,8, 3,8 en 4,2 en de verzadiging resp. 19%, 25% en 38%.

Toediening van zwavel, tot een pH $\pm$ 4 van de grondsuspensie bereikt is, heeft derhalve in alle drie gevallen het beste resultaat gehad [1]). *De conclusie dat derhalve een pH $\pm$ 4 van de grondsuspensie het physiologisch optimum voor den groei van jonge theeplanten is*, kan slechts onder eenige reserve

---

[1]) GADD *) ging de ontwikkeling van jonge theeplanten na in voedingsoplossingen met verschillende H-ionenconcentraties (pH 3,5, 4,5, 5,5, 6,5 en 7,5). De gebruikte voedingsoplossing bevatte per liter 1,00 g $Ca(NO_3)_2$, 0,25 g KCl, 0,25 g $MgSO_4$, 0,25 g $KH_2PO_4$ en een spoor $FeCl_3$; door toevoeging van bepaalde hoeveelheden $\frac{n}{10}$ $H_2SO_4$ en $\frac{n}{10}$ NaOH werden de oplossingen op de gewenschte pH gebracht. In elke oplossing werden 2 theeplantjes geplaatst (leeftijd 6 weken); om de 3 weken werd de oplossing vernieuwd. Na 9 weken bleken de planten in de oplossing met pH 3,5 het meest in loofgewicht toegenomen te zijn; bij pH 4,5 was de groei ook zeer goed, maar in de andere oplossingen werd bij toenemende pH, de groei steeds slechter. Deze waarneming komt overeen met de resultaten van de hier beschreven proeven.

De resultaten van een door hem genomen potproef waren daarentegen geheel afwijkend. Deze proef bestond uit 6 potten: 4 potten werden bemest met toenemende hoeveelheden kalk, 1 pot met zwavel en 1 pot bleef onbehandeld. Aan elke pot werd bovendien een betrekkelijk groote hoeveelheid kunstmest toegediend (mengsel van vischmeel, chloorkali, chilisalpeter en ephosphosphaat). Een maand na de menging werden in elke pot 3 jonge theeplantjes uitgeplant; na 14 maanden werd de proef afgesloten. Aan het einde van de proef bedroeg de pH in de gronden resp. 4,1 (Z), 5,3 (O), 6,5 (1K), 7,2 2K(), 7,7 (3K) en 7,8 (4K). De planten in de potten O en 1K hadden toen het grootste loofgewicht (pH 5,3 en 6,5); hierna volgden achtereenvolgens de potten Z en 2K. De planten in de potten 3K en 4K waren steeds kwijnend gebleven. Met het trekken van een conclusie uit deze proef moet men voorzichtig zijn, omdat slechts met 3 planten per object geëxperimenteerd werd en de potten niet in het vrije veld opgesteld waren.

*) GADD, C. H.: Tea and soil acidity", I, II en III. The Tea Quarterly; Ceylon, 1928, vol. I, II en 1929 vol. I.

worden aanvaard, want zooals ÅSLANDER [1]) door watercultures heeft aangetoond, is de invloed van de H-ionenconcentratie op de ontwikkeling van verscheidene cultuurgewassen sterk afhankelijk van de concentratie der gebruikte voedingsoplossingen. Zuurgevoelige gewassen verdragen een veel hoogere H-ionenconcentratie in geconcentreerde voedingsoplossingen dan in sterk verdunde; hoe grooter de toevoer aan voedingsstoffen is, des te ruimer worden de grenzen van het pH-gebied, waarin de gewassen zich goed ontwikkelen.

Bij de optimumproeven was de ontwikkeling bij object 1Z van proef B 2 (pH 5,1, V 58%), bij object 2Z van proef B 5 (pH 4,1, V 35%) en bij object 4Z van proef A 6 (pH 5,0, V 52%) slechts weinig minder dan de optimale groei. Vergelijkt men hiermede het effect van zwavelbemesting bij gronden, die *van nature* basenarm zijn en een pH lager dan 5,0 hebben, dan blijkt toch nog een sterke groeiverbetering hierdoor mogelijk te zijn. Zoo bedroeg het gemiddelde loofgewicht der planten uit de objecten O en 3Z van proef B 3 resp. 3,4 en 9,2 g (pH resp. 4,7 en 3,9; V 60% en 39%) en uit de objecten O en 3Z van proef A 4 resp. 5,3 en 10,6 g (pH resp. 4,9 en 4,0; V 63% en 40%). Dit doet vermoeden dat de toename van de voedingsstoffenconcentratie in het bodemvocht mede van invloed is op de groeiverbetering.

Uit de gegevens van het *grondonderzoek* blijkt, zooals te verwachten is, bij denzelfden grond een duidelijk verband te bestaan tusschen den verzadigingsgraad V en de pH van de suspensie. Dat beneden pH 4,5 het verband minder regelmatig wordt, kan als volgt worden verklaard. De minimale pH-waarde, die een grond, waarin *geen vrije* sterke zuren voorkomen, kan hebben, is volgens TRENEL [2]) $\pm$ 3,5; dit hangt samen met het feit dat bij deze hooge H-ionenconcentratie het aluminium in den grond in oplossing gaat [3]). Indien een bepaalde grond bij pH 4,5 een verzadigingspercentage van 50% heeft, dan kan bij verdere ontbasing van dezen grond het verzadigingspercentage van 50% tot vrijwel 0% dalen, terwijl de pH slechts van 4,5 tot 3,5 afneemt. Tusschen pH 4,5 en 3,5 kan het verzadigingspercentage dus sterk varieeren, zoodat een gering verschil in pH samengaat met een groot verschil in de V-waarde.

De ontwikkeling van de theeplant wordt blijkbaar in gronden met zeer hooge *titerzuurgraden met KCl* niet belemmerd, indien de overige groeivoorwaarden gunstig zijn. Groote hoeveelheden aluminium, die, hetzij in geadsorbeerden-, hetzij in niet-geadsorbeerden toestand, in gezwavelde

---

[1]) ÅSLANDER, A.: „Die Abhängigkeit unserer Kulturpflanzen von der Reaktion und dem Nährstoffgehalt des Bodens." Ztschr. Pfl. Dng. und Bdk. A, 23, 1932, pg 362.

[2]) TRENEL, M.: „Die wissenschaftlichen Grundlagen der Bodensäurefrage", 1927, pg 39.

[3]) De pH van een n. $AlCl_3$ en een n. $Al_2(SO_4)_3$ oplossing is $\pm$ 3,6.

gronden voorkomen, oefenen blijkbaar *geen toxische werking* op dit gewas uit [1]).

Het feit dat de producties aan droge thee op gronden, die van *nature* een hoogen titerzuurgraad met KCl vertoonen, in den regel laag zijn, moet worden toegeschreven aan het feit dat deze gronden *sterk verweerd* zijn, dientengevolge *arm* aan voedingsstoffen zijn en in een voor de theeplant *ongunstigen* physischen toestand verkeeren. De titerzuurgraad met KCl kan derhalve voor gronden, uit *vulcanisch materiaal* ontstaan, een goede maatstaf zijn voor de beoordeeling van het *verweeringsstadium* waarin deze verkeeren.

---

[1]) De titerzuurgraad met KCl hangt ten nauwste samen met de pH-waarde van de KCl-suspensie; in den regel is de pH van de KCl-suspensie bij onverzadigde gronden lager dan de pH van de watersuspensie. Bij gelijke pH-waarden kan de titerzuurgraad met KCl zeer verschillend zijn, al naar gelang het adsorbeerend complex meer uit humuscolloïden dan wel uit minerale kleicolloïden bestaat. Zie bijv. de gegevens van de proeven B 2 en B 5.

## V. DE INVLOED VAN ZWAVEL EN KALK OP EENIGE EIGENSCHAPPEN VAN DEN GROND

a) *Colloïd-chemische eigenschappen.*

1) *Adsorptie-complex.* Uit de bij de potproeven vermelde gegevens van de grondanalyse is af te leiden, dat kalk- en zwaveltoediening aan den grond tengevolge hebben:

toename resp. afname van het *basengehalte* in het adsorptie-complex;

toename resp. afname van den *verzadigingsgraad;*

afname resp. toename van de *waterstof-ionenconcentratie* in de grondsuspensie;

afname resp. toename van de hoeveelheid *uitwisselbare waterstof-ionen* in het adsorptie-complex;

afname resp. toename van den *titerzuurgraad* met KCl en met Na-acetaat.

De vermindering van de basenhoeveelheid van den grond tengevolge van de zwavelbemesting betreft niet alleen de kalk, maar ook de andere basen, met uitzondering van ammonium.

Gegevens van het adsorptie-complex der gronden van de proeven B 2 en B 5, aangegeven in M.E. per 100 g grond (extractie met $\frac{n}{20}$ HCl):

| | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proef B 2: | | | | | | | |
| Ca ..... | 14,4 | 10,0 | 5,4 | 3,1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| Mg ..... | 3,1 | 2,3 | 1,5 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| K ..... | 1,3 | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| $NH_4$ .... | 1,6 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,2 | 1,4 |
| Proef B 5: | | | | | | | |
| Ca ..... | 16,8 | 8,0 | 3,3 | 2,6 | 2,3 | 2,0 | 1,2 |
| Mg ..... | 2,0 | 1,2 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,5 |
| K ..... | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| $NH_4$ .... | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,4 | 2,6 | 2,9 |

In fig. 5 en 6 zijn de veranderingen in het adsorptie-complex, welke het gevolg zijn van zwavelbemesting, grafisch voorgesteld; fig. 5 heeft betrekking op proef B 2 (sterk kleihoudende leemgrond) en fig. 6 op proef B 5 (humeuse sterk zandhoudende leemgrond). De grafieken demonstreeren duidelijk de sterke afname van de hoeveelheid basen (S) en de sterke toe-

name van de hoeveelheid waterstof-ionen in het complex [1]). Slechts het $NH_4$-gehalte is weinig of niet veranderd; de oorzaak hiervan moet gezocht worden in:

*a*) de mogelijkheid dat ook in sterk verzuurde tropische gronden het nitrificatie-proces vertraagd wordt, zooals in Europeesche gronden doorgaans het geval is [2]);

*b*) de geregelde vorming van $NH_4$-ionen tengevolge van het ammonificatieproces in den grond;

*c*) de groote hechtintensiteit der $NH_4$-ionen.

Om na te gaan in hoeverre het nitrificatieproces bij tropische gronden door zwavelbemesting vertraagd wordt, werd van eenige grondmonsters het nitraat-produceerend vermogen bepaald [3]). Van een klein proefveld op jongvulcanischen grond, waarbij ruim één jaar van te voren verschillende hoeveelheden kalk en zwavel waren toegediend, werden gelijktijdig verschillende monsters van den bovengrond gestoken. Van elk van deze monsters werd 100 g vochtige grond (vochtgehalte ± 50% van de max. watercap.) in een wijdmondsflesch gedurende één maand bewaard [4]); aan het einde van deze periode werd het nitraatgehalte hiervan bepaald. Het nitraatgehalte van pas gestoken grondmonsters is in den regel niet hooger dan 1–2 mg $NO_3$ per kg grond, hetgeen in vergelijk tot de hoeveelheid, die het monster een maand later bevat, te verwaarloozen is. De nitraatbepaling geschiedde colorimetrisch met behulp van brucine [5]).

Hoeveelheid $NO_3$ in milligrammen per kg vochtigen grond (grondsoort overeenkomende met die van de proeven B 4, B 5 en A 8):

| | 3K | O | 2Z | 4Z |
|---|---|---|---|---|
| mg $NO_3$ | 35 | 60 | 65 | 60 |
| pH ..... | 7,2 | 5,6 | 5,0 | 4,6 |

Van enkele andere uit potproeven afkomstige gronden werd op dezelfde wijze het nitraatproduceerend vermogen bepaald:

| | Proef A 1 | | | Proef A 2 | | | Proef A 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2K | O | 3Z | 2K | O | 3Z | 2K | O | 3Z |
| mg $NO_3$ .... | 30 | 35 | 40 | 50–55 | 50 | 50–55 | 35–40 | 35–40 | 35–40 |
| pH ..... | 6,8 | 6,1 | 4,8 | 6,6 | 6,0 | 5,1 | 5,4 | 4,9 | 4,0 |

[1]) Eenige onregelmatigheden bij de uitkomsten van het grondonderzoek zijn bij zwavelbemestingsproeven, evenals bij kalkbemestingsproeven, onvermijdelijk.

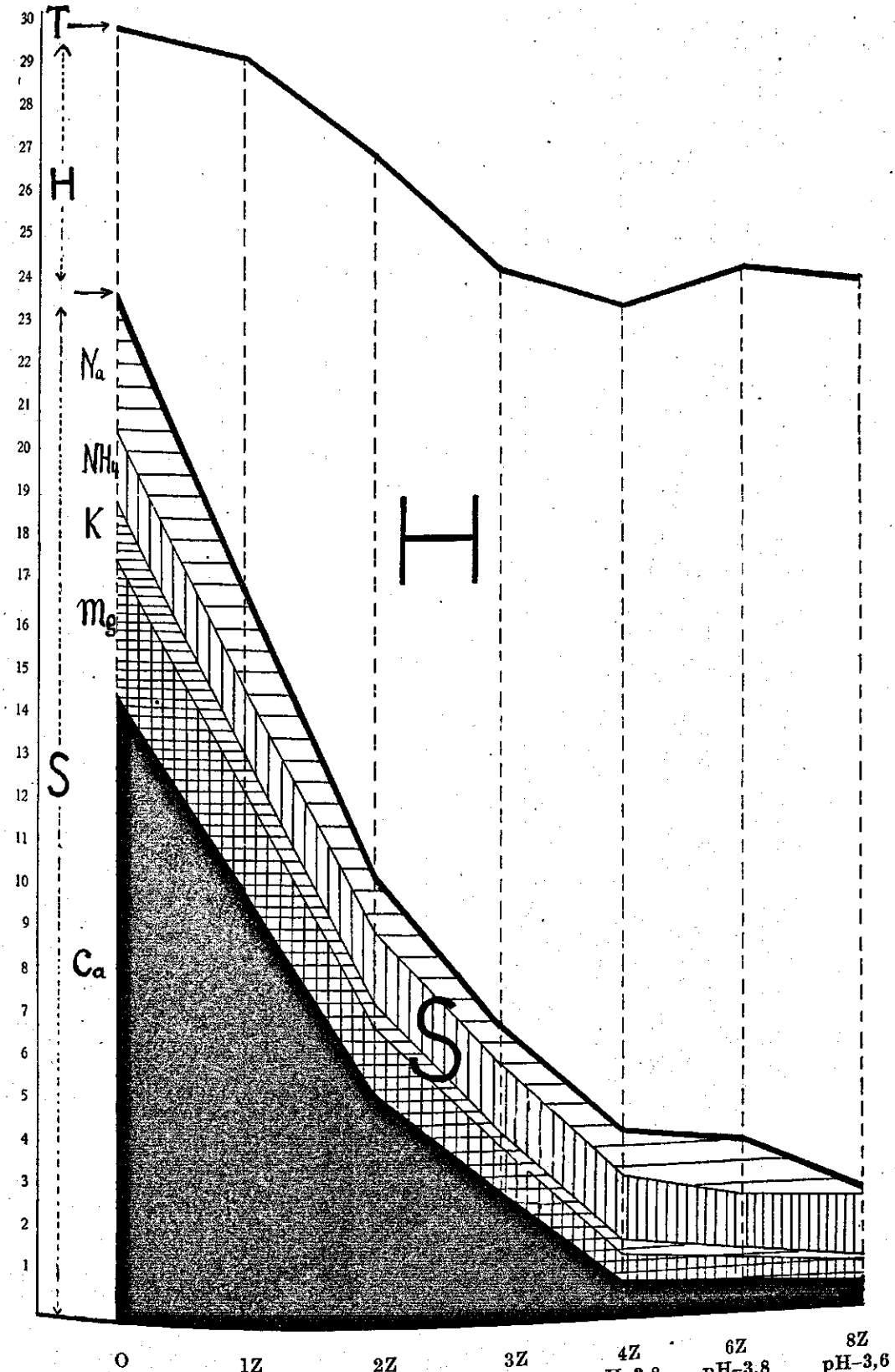
[2]) Rippel, A.: „Bakteriologisch-chemische Methoden zur Fruchtbarkeitsbestimmung". Handbuch der Bodenlehre VIII, pg 637 e.v.

[3]) In samenwerking met den Heer J. P. Peper, scheikundige aan het Agrog. Lab. der Bergcultures.

[4]) Arrhenius, O.: „Inleiding tot het uitvoeren van bodemkundige bepalingen in de practijk." Uitgave Cultuurafd. Proefst. Java-Suikerindustrie, 1927.

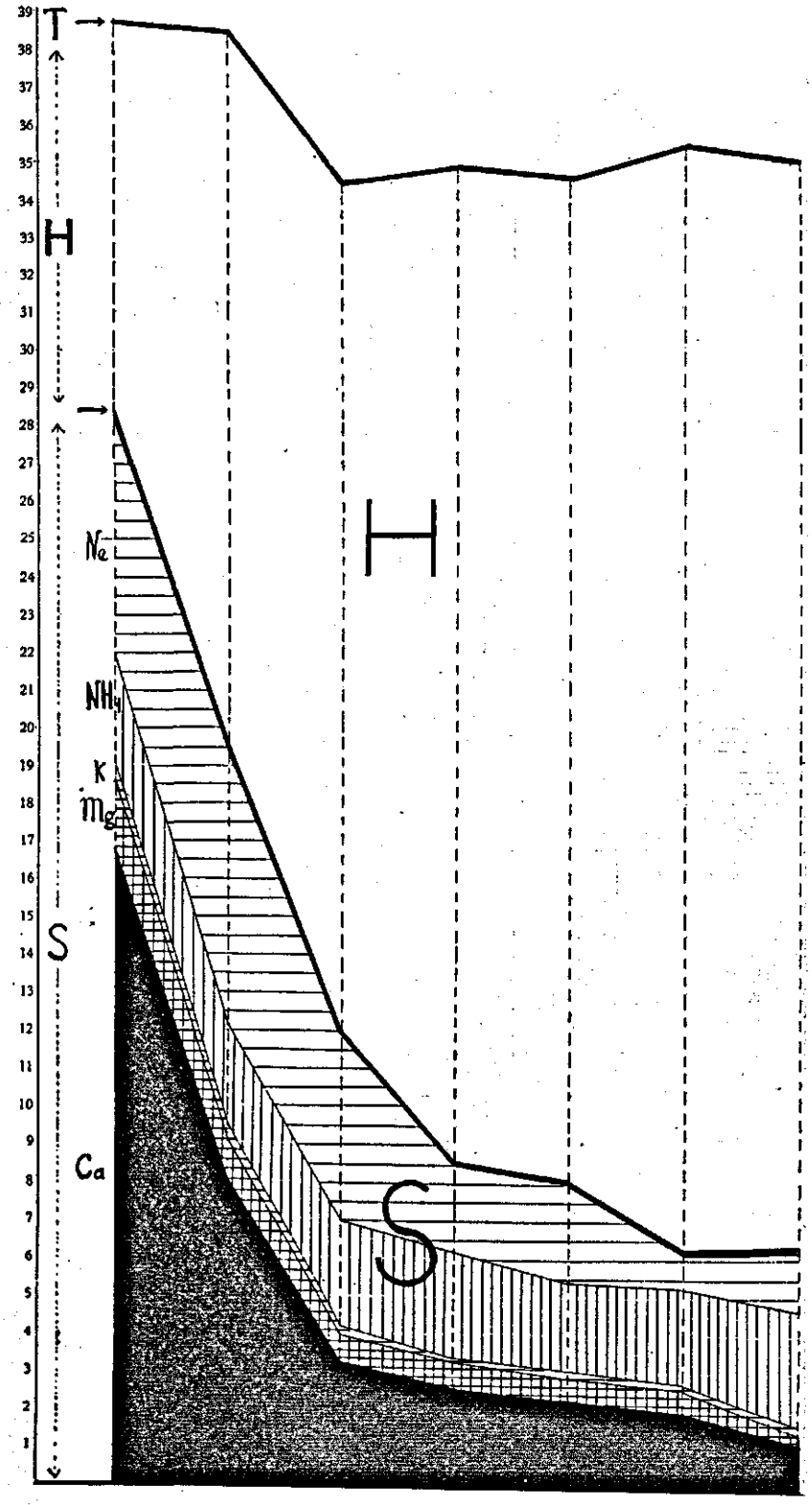
[5]) Niklas, H and Grandel, F.: „Über die Beziehungen zwischen Pflanzen- und Bodennitraten etc.", 1927.

Fig. 5




B 2. Samenstelling van het adsorptie-complex der gronden uit de verschillende objecten (sterk kleihoudende leemgrond) (hoeveelheden in M.E. per 100 g grond).

Fig. 6




B 5. Samenstelling van het adsorptie-complex der gronden uit de verschillende objecten (humeuse sterk zandhoudende leemgrond) (hoeveelheden in M.E. per 100 g grond).

Alhoewel de monsters tijdens de proef niet onder natuurlijke omstandigheden verkeerden, en de gegevens derhalve niet overtuigend kunnen zijn, wijzen deze globale gegevens er toch wel op, dat de nitraatproductie in met zwavel bemeste gronden, met een pH hooger dan 4, niet vermindert; kalkbemesting heeft in deze gevallen de nitraatproductie niet bevorderd. Tropische gronden gedragen zich ten aanzien van het nitrificatie-vraagstuk waarschijnlijk anders dan Europeesche gronden; een meer exact onderzoek in deze richting is daarom gewenscht.

Uit de scheikundige analyse van het *drainwater* van een onbehandelden en van een gezwavelden jongvulcanischen tufgrond bleek, dat bij den gezwavelden grond, behalve de *basen*, ook aanmerkelijke hoeveelheden *aluminium*, *ijzer* en *mangaan* door het zwavelzuur in oplossing werden gebracht.

Zwavelbemesting oefent in dit opzicht dus een ongunstigen invloed op den grond uit, doordat niet alleen het *basenkapitaal*, maar ook het *anorganische adsorbeerend complex* aangetast wordt.

2). *Adsorptie-capaciteit* (T). De adsorptie-capaciteit — bepaald volgens de in hfst. II aangegeven werkwijze — van de gronden, waaraan een zoodanige hoeveelheid *kalk* was toegediend, dat deze alkalisch reageerden, blijkt *sterk toegenomen* te zijn (objecten 6K van de proeven B 1, B 3 en B 4). De waarde voor uitwisselbare kalk (Ca) voor deze gronden sluit waarschijnlijk voor een deel ook vrije, niet adsorptief gebonden, kalk in; hoe groot dit gedeelte is werd niet bepaald.

Ten gevolge van de toediening van grootere hoeveelheden *zwavel* is de T-waarde *afgenomen*, hetgeen wijst op een *vermindering* van adsorptie-capaciteit.

Om ook op andere wijze na te gaan in hoeverre de *adsorptie-capaciteit* van den grond door zwavelbemesting achteruitgaat, werd deze van eenige uit potproeven afkomstige gronden door percolatie met Ca-acetaat bepaald.

Werkwijze: *10 gram* luchtdroge uitgezeefde grond (< 2 mm) werd met ± 30 cc zuiver glaszand goed gemengd en in een percolatiebuis gebracht. Om de in de gezwavelde monsters voorkomende vrije zuren („reëele aciditeit") te verwijderen, werd eerst met koolzuurvrij gedestilleerd water gepercoleerd. Na verwijdering van vrije zuren, werd met normaal Ca-acetaat-oplossing gepercoleerd (aan deze oplossing was van te voren zooveel $Ca(OH)_2$ toegevoegd, dat zij met phenolphtaleine een lichtrose kleur gaf) [1]). Het percolaat werd in kolfjes van 100 cc inhoud opgevangen en telkens met $\frac{n}{10}$ NaOH en phenolphtaleine als indicator getitreerd. De percolatie werd zoolang voortgezet totdat voor neutralisatie van het azijnzuur in het perco-

---

[1]) Per liter n. Ca-acetaat-oplossing werd 20 cc $\frac{n}{100}$ $Ca(OH)_2$ toegevoegd; pH van de oplossing 8,6–8,8. Per 100 cc oplossing werden toegevoegd 5 druppels 1‰ oplossing van phenolphtaleine in alcohol, (KOLTHOFF I.M.: „Der Gebrauch von Farbindicatoren").

laat nog slechts een geringe hoeveelheid loog noodig was (1 c.q. 2 cc $\frac{n}{10}$ NaOH per 100 cc).

Na percolatie met Ca-acetaat werd koolzuurvrij gedestilleerd water doorgeleid om het overtollige Ca-acetaat te verwijderen. Hierna werd met een normaal oplossing van ammoniumchloride gepercoleerd om de geadsorbeerde Ca-ionen te verdringen. De hoeveelheid uitgewisselde Ca-ionen werd in het $NH_4Cl$-percolaat, na afscheiding als oxalaat, titrimetrisch volgens de permanganaatmethode bepaald. De op deze wijze bepaalde hoeveelheden uitwisselbare kalk vormen een goede maatstaf voor de onderlinge vergelijking van de adsorptie-capaciteiten ($T_1$) der verschillende monsters.

*Eenige gegevens der percolatieproeven*

*Proef B 5;* jongvulcanische tufgrond met ± 10% humus. De monsters waren met stijgende hoeveelheden zwavel bemest.

O = onbemest; 1Z = $2\frac{3}{4}$‰, 2Z = $5\frac{1}{2}$‰, 3Z = $8\frac{1}{4}$‰, 4Z = 11‰, 6Z = $16\frac{1}{2}$‰ en 8Z = 22‰ zwavel, op drogen grond berekend.

*a*) Percolatie met gedestilleerd *water* (reeële aciditeit).

Aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH voor neutralisatie van 100 cc percolaat:

| 100 cc | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1e ..... | 0,1 | 0,2 | 0,9 | 1,7 | 2,2 | 2,6 | 2,7 |
| 2e ..... | | | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 1,0 |
| 3e ..... | | | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,7 |
| 4e ..... | | | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,5 |
| 5e ..... | | | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,4 |
| 6e ..... | | | | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 |

*b*) Percolatie met *n. Ca-acetaat-oplossing.*

Aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH voor neutralisatie van 100 cc percolaat van 10 g grond = aantal M.E. H per 100 g luchtdr. grond:

| 100 cc | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1e ..... | 12,3 | 18,6 | 20,8 | 21,6 | 22,1 | 23,2 | 24,6 |
| 2e ..... | 4,8 | 6,4 | 7,2 | 7,4 | 7,5 | 8,1 | 7,8 |
| 3e ..... | 3,6 | 4,3 | 4,5 | 5,3 | 5,1 | 5,3 | 5,3 |
| 4e ..... | 2,4 | 2,9 | 2,9 | 3,3 | 3,2 | 3,2 | 3,6 |
| 5e ..... | 2,1 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,4 | 2,5 | 2,9 |
| 6e ..... | 1,8 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 2,2 | 2,6 |
| 7e ..... | | | 2,1 | 2,1 | 2,0 | 1,9 | 2,3 |
| 700 cc | 27,1 | 36,8 | 42,1 | 44,4 | 44,4 | 46,4 | 49,1 |
| op 100 g drogen grond omgerekend: | | | | | | | |
| | 31,9 | 43,3 | 49,5 | 52,2 | 52,2 | 54,6 | 57,8 |
| | | | $=H_1$ | | | | |

*c*) Percolatie met gedestilleerd *water* om het overtollige Ca-acetaat te verwijderen. Aantal cc $\frac{n}{10}$ $KMnO_4$ verbruikt bij de kalktitratie = aantal M.E. Ca per 100 g luchtdr. grond:

| 100 cc | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1e ..... | zeer groote hoeveelheden | | | | | | |
| 2e ..... | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |

Het uitwasschen met 200 cc water is dus practisch voldoende.

*d*) Percolatie met n. *$NH_4Cl$-oplossing.*
Eerst 200 cc, daarna 50 cc ter contrôle.
Aantal cc $\frac{n}{10}$ $KMnO_4$ verbruikt bij de kalktitratie = aantal M.E. uitwisselbare Ca-ionen per 100 g luchtdr. grond:

| $NH_4Cl$ | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 200 cc ..... | 34,7 | 33,0 | 31,9 | 31,4 | 31,0 | 32,4 | 32,7 |
| 50 cc ..... | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 0,6 |
| 250 cc ..... | 35,4 | 33,7 | 32,5 | 32,0 | 31,7 | 32,9 | 33,3 |
| op 100 g drogen grond omgerekend: | | | | | | | |
| | 41,6 | 39,6 | 38,2 | 37,6 | 37,3 | 38,7 | 39,2 |
| = Ca = $T_1$. | | | | | | | |

Uit de vergelijking van deze waarden, die de onder de gegeven omstandigheden maximaal adsorbeerbare hoeveelheid kalk aangeven, blijkt dat de adsorptie-capaciteit van dezen grond door zwavelbemesting slechts weinig verminderd is, en het adsorbeerend complex dus weinig aangetast is.

*Proef B 2;* sterk kleiachtige leemgrond met ± 3% humus. De monsters waren met stijgende hoeveelheden zwavel bemest.
(O = onbemest; 1Z = $1\frac{3}{4}$‰, 2Z = $3\frac{1}{2}$‰, 3Z = $5\frac{1}{4}$‰, 4Z = 7‰ en 6Z = $10\frac{1}{2}$‰ zwavel, berekend op drogen grond.)

*a*) Percolatie met gedestilleerd *water* (reëele aciditeit).
Aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH voor neutralisatie van 100 cc percolaat:

| 100 cc | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1e ..... | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 1,4 | 1,2 |
| 2e ..... | | | | | 0,4 | 0,4 |
| 3e ..... | | | | | 0,3 | 0,3 |
| 4e ..... | | | | | 0,2 | 0,2 |

*b*) Percolatie met n. *Ca-acetaat-oplossing.*

Aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH per 100 cc percolaat = aantal M.E. H per 100 g luchtdr. grond:

| 100 cc | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1e ..... | 4,8 | 8,5 | 13,2 | 16,0 | 18,0 | 17,6 |
| 2e ..... | 1,9 | 2,8 | 3,3 | 3,6 | 3,8 | 3,8 |
| 3e ..... | 1,1 | 1,5 | 2,0 | 1,8 | 1,9 | 1,9 |
| 4e ..... | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 |
| 400 cc | 8,6 | 13,8 | 19,6 | 22,5 | 24,9 | 24,5 |
| omgerekend op 100 g drogen grond: | | | | | | |
| | 9,6 | 15,3 | 21,8 | 25,0 | 27,7 | 27,2 |
| | | | = $H_1$ | | | |

*c*) Percolatie met gedestilleerd *water.*

Aantal cc $\frac{n}{10}$ $KMnO_4$ verbruikt bij de kalktitratie = aantal M.E. Ca per 100 g luchtdr. grond:

| 100 cc | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1e ..... | zeer groote hoeveelheden | | | | | |
| 2e ..... | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 |

Het uitwasschen met 200 cc water is dus practisch voldoende.

*d*) Percolatie met n. *$NH_4Cl$-oplossing.*

Eerst 200 cc, daarna 50 cc ter contrôle.

Aantal cc $\frac{n}{10}$ $KMnO_4$ verbruikt bij de kalktitratie = aantal M.E. uitwisselbaar Ca per 100 g luchtdr. grond:

| $NH_4Cl$ | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 200 cc..... | 23,1 | 22,2 | 21,1 | 21,3 | 20,5 | 19,8 |
| 50 cc ..... | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 |
| 250 cc ..... | 23,4 | 22,4 | 21,4 | 21,6 | 20,8 | 20,0 |
| omgerekend op 100 g drogen grond: | | | | | | |
| | 26,0 | 24,9 | 23,8 | 24,0 | 23,1 | 22,2 |
| | | | = Ca = $T_1$ | | | |

De vermindering in adsorptie-capaciteit van dezen grond is duidelijk waar te nemen; hoe grooter de toegevoegde hoeveelheid zwavel, des te grooter is de afname van de adsorptie-capaciteit.

*Proef A 3 en A 4;* sterk kleiachtige leemgronden met resp. ± 4% en ± 3% humus. De O-monsters waren onbemest; de monsters 1Z en 3Z van elk der proeven waren resp. met ± 1‰ en 3‰ zwavel bemest. De monsters van proef A 3 zijn $O_1$, $1Z_1$ en $3Z_1$; die van proef A 4 zijn $O_2$, $1Z_2$ en $3Z_2$.

*a*) Percolatie met gedestilleerd *water* (reëele aciditeit).

Aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH om 100 cc percolaat te neutraliseeren:

| 100 cc | $O_1$ | $1Z_1$ | $2Z_1$ | $O_2$ | $1Z_2$ | $3Z_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1e ..... | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,4 |
| 2e ..... | — | 0,1 | 0,2 | — | — | 0,1 |

*b*) Percolatie met n *Ca-acetaat-oplossing.*

Aantal cc $\frac{n}{10}$ NaOH per 100 cc percolaat = aantal M.E. H per 100 g luchtdr. grond:

| 100 cc | $O_1$ | $1Z_1$ | $3Z_1$ | $O_2$ | $1Z_2$ | $3Z_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1e ..... | 11,6 | 13,7 | 16,9 | 11,5 | 15,7 | 20,0 |
| 2e ..... | 3,2 | 3,9 | 4,1 | 3,2 | 3,3 | 3,8 |
| 3e ..... | 1,7 | 2,0 | 2,5 | 1,7 | 2,0 | 2,0 |
| 4e ..... | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,3 | 1,4 | 1,6 |
| 5e ..... | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,0 | 1,1 | 1,2 |
| 500 cc | 18,9 | 22,3 | 26,3 | 18,7 | 23,5 | 28,6 |
| omgerekend op 100 g drogen grond: | | | | | | |
| | 21,5 | 25,3 | 29,9 | 20,8 | 26,1 | 31,8 |
| | | | = $H_1$ | | | |

*c*) Percolatie met gedestilleerd *water*.

Aantal cc $\frac{n}{10}$ $KMnO_4$ verbruikt bij de kalktitratie = aantal M.E. Ca per 100 g luchtdr. grond:

| 100 cc | $O_1$ | $1Z_1$ | $3Z_1$ | $O_2$ | $1Z_2$ | $3Z_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1e ..... | zeer groote hoeveelheden | | | | | |
| 2e ..... | 0,9 | 1,3 | 1,1 | 0,8 | 1,0 | 1,3 |
| 3e ..... | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,5 |

Het uitwasschen met 300 cc water is practisch voldoende.

*d*) Percolatie met n. *$NH_4Cl$-oplossing*.

Eerst 200 cc, daarna 50 cc ter contrôle.

Aantal cc $\frac{n}{10}$ $KMnO_4$ verbruikt bij de kalktitratie = aantal M.E. uitwisselbaar Ca per 100 g luchtdr. grond:

| $NH_4Cl$ | $O_1$ | $1Z_1$ | $2Z_1$ | $O_2$ | $1Z_2$ | $3Z_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 200 cc ..... | 21,6 | 21,4 | 21,1 | 27,9 | 27,8 | 27,6 |
| 50 cc ..... | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 |
| 250 cc ..... | 22,1 | 21,7 | 21,5 | 28,2 | 28,1 | 27,8 |
| | omgerekend op 100 g drogen grond: | | | | | |
| | 25,1 | 24,7 | 24,4 | 31,3 | 31,2 | 30,9 |
| | = Ca = $T_1$ | | | | | |

Bij deze gronden is de adsorptie-capaciteit slechts weinig verminderd, omdat de toegediende hoeveelheden zwavel betrekkelijk gering waren.

Uit de gegevens der bovenstaande proeven blijkt het volgende:

1e. Toevoeging van grootere hoeveelheden zwavel aan den grond heeft op den duur vermindering van de adsorptie-capaciteit ten gevolge; de oorzaak hiervan is de aantasting van het Al-houdend adsorbeerend complex door het gevormde zwavelzuur. De afname is voor gronden met een laag humusgehalte relatief het grootst.

2e. Het verschijnsel doet zich voor dat bij sterk gezwavelde gronden, met een geringe hoeveelheid uitwisselbare basen in het adsorptie-complex, de $H_1$-waarden grooter uitvallen dan de $T_1$-waarden.

Vergelijking der gegevens:

| Proef B 5 | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_1$ ..... | 31,9 | 43,3 | 49,5 | 52,2 | 52,2 | 54,6 | 57,8 |
| $T_1$ ..... | 41,6 | 39,6 | 38,2 | 37,6 | 37,3 | 38,7 | 39,2 |

| Proef B 2 | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_1$ .... | 9,6 | 15,3 | 21,8 | 25,0 | 27,7 | 27,2 |
| $T_1$ ..... | 26,0 | 24,9 | 23,8 | 24,0 | 23,1 | 22,2 |

| Proef A 3 | O | 1Z | 3Z | Proef A 4 | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H_1$ ..... | 21,5 | 25,3 | 29,9 | $H_1$ ..... | 20,8 | 26,1 | 31,8 |
| $T_1$ ..... | 25,1 | 24,7 | 24,4 | $T_1$ ..... | 31,3 | 31,2 | 30,9 |

Indien bij percolatie van den grond met Ca-acetaat, *alleen een uitwisseling* van H-ionen en geadsorbeerde basen uit het adsorptie-complex tegen Ca-ionen van de percolatievloeistof plaats had, zou de in het percolaat getitreerde hoeveelheid waterstof-ionen minder moeten zijn dan, of — voor het geval dat het adsorptie-complex vrijwel geheel uit H-ionen bestond — hoogstens gelijk kunnen zijn aan de tijdens de percolatie door den grond vastgelegde hoeveelheid kalk. Door behandeling met $NH_4Cl$ werd evenwel een hoeveelheid geadsorbeerde kalk uitgewisseld, die *geringer* was dan de getitreerde hoeveelheid vrijgekomen azijnzuur; het verschil trad vooral aan den dag bij de sterk gezwavelde gronden van proef B 5 (humusrijke jongvulcanische tufgrond).

Ten gevolge van de hydrolytische splitsing van Ca-acetaat reageert de oplossing alkalisch; het toegevoegde $Ca(OH)_2$ verhoogt nog de alkalische reactie. Bij het behandelen van den grond met alkalische oplossingen, hebben, behalve uitwisselingsreacties, ook andere reacties plaats, van welke laatste men het chemisme nog onvoldoende kent [1]), en waardoor zeker ook de physische toestand, waarin de bodemcolloïden verkeeren, gewijzigd wordt en dus de mycelstructuur verandert. Het is mogelijk dat deze reacties ten gevolge hebben dat, tijdens de percolatie met Ca-acetaat, het calcium in zoodanigen vorm door den grond wordt vastgelegd, dat het daarna door percolatie met $NH_4Cl$-oplossing niet wordt vrijgemaakt. Hierdoor zou het verschijnsel, dat de $H_1$-waarden grooter zijn dan de $T_1$-waarden, kunnen worden verklaard.

---

[1]) KAPPEN, H.: „Die Bodenazidität", 1929, pg 69.

Het verschijnsel zou ook het gevolg ervan kunnen zijn, dat bij het uitwasschen met water na de Ca-acetaat-percolatie, behalve het overtollige Ca-acetaat, ook een groot deel der geadsorbeerde Ca-ionen werd verdreven. Uit andere percolatieproeven is gebleken, dat het uitspoelen van geadsorbeerd calcium door percolatie met water zeer geleidelijk plaats heeft; het feit dat de tweede 100 cc doorgeloopen water slechts zeer geringe hoeveelheden kalk bevatte, maakt het daarom niet waarschijnlijk, dat bij het uitwasschen noemenswaardige hoeveelheden geadsorbeerde kalk zijn verloren gegaan.

3e. De $T_1$-waarden, door percolatie met Ca-acetaat bepaald, blijken van de zelfde orde te zijn als de bij de gegevens der potproeven vermelde T-waarden, welke laatste bepaald werden door samentelling van de hoeveelheden uitwisselbare basen S en waterstof-ionen H (op grenswaarde berekende titerzuurgraad met Na-acetaat).

Vergelijking der uitkomsten:

| Proef B 5 | O | 1Z | 2 Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_1$ (percolatie) | 41,6 | 39,6 | 38,2 | 37,6 | 37,3 | 38,7 | 39,2 |
| T = S+H ... | 38,7 | 38,4 | 34,4 | 34,8 | 34,5 | 35,3 | 34,9 |

| Proef B 2 | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_1$ (percolatie) ..... | 26,0 | 24,9 | 23,8 | 24,0 | 23,1 | 22,2 |
| T = S+H ..... | 29,7 | 29,0 | 26,8 | 25,1 | 23,4 | 24,3 |

| Proef A 3 | O | 1Z | 3Z | Proef A 4 | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_1$ (percolatie) . | 25,1 | 24,7 | 24,4 | $T_1$ (percolatie) ... | 31,3 | 31,2 | 30,9 |
| T = S+H .... | 25,9 | 24,2 | 24,0 | T = S+H ..... | 28,9 | 30,1 | 29,6 |

De overeenstemming der uitkomsten bij de proeven A 3 en A 4 is zeer bevredigend. Bij de proeven B 2 en B 5 doen zich evenwel relatief vrij groote afwijkingen voor; in hoeverre deze laatste moeten worden toegeschreven aan het verschil in werkwijze, of aan de ongelijkheid der monsters, is niet uit te maken.

b) *Physische eigenschappen.*

Door kalkbemesting wordt de concentratie van Ca-ionen in den grond sterk vermeerderd, terwijl tegelijkertijd de OH-ionenconcentratie toeneemt; door zwavelbemesting daarentegen neemt de concentratie der H-ionen sterk toe.

De invloed van de verschillende ionen op den dispersiteitsgraad van het bodemcomplex — meer of minderen gecoaguleerden toestand, waarin de

bodemcolloïden (colloïdale aluminium-kiezelzuur-complexen, aluminiumhydroxyden, ijzerhydroxyden, kiezelzuur- en humusgelen) zich bevinden — is zeer ongelijk.

In het algemeen hebben alle electrolyten, boven een bepaalde concentratie (drempelwaarde), een coaguleerenden invloed op de bodemcolloïden; de minimale concentratie, waarbij nog coagulatie plaats heeft, is afhankelijk van den aard van het colloïd, de grootte der deeltjes en de soort electrolyt [1]). De coagulatie wordt bij negatief geladen colloïden veroorzaakt door de kationen van het electrolyt; positief geladen colloïden worden door anionen uitgevlokt.

In den bodem heeft men voornamelijk met negatief geladen colloïden te doen (aluminiumsilicaten, kiezelzuur- en humusgelen); alleen aluminium- en ijzerhydroxyden zijn positief geladen [2]). Coagulatie van de bodemcolloïden heeft daarom hoofdzakelijk plaats onder invloed van kationen, nadat de negatieve lading der deeltjes door adsorptie van positief geladen ionen geneutraliseerd is.

Anionen hebben een tegengestelde, doch relatief minder sterke werking (met uitzondering van het OH-ion).

Het uitvlokkend vermogen van verschillende kationen is meestal des te grooter naarmate de waardigheid en het atoomgewicht grooter is. Eenwaardige kationen coaguleeren minder sterk dan twee- resp. driewaardige kationen; een uitzondering hierop is het H-ion, dat zeer sterk coaguleert [3]). *De coaguleerende werking van zwavelbemesting* wordt derhalve veroorzaakt door de sterke toename van de H-ionenconcentratie en de vorming van aluminiumsulfaten; Al-ionen hebben een nog grooter coagulatievermogen dan H-ionen.

In tegenstelling met het H-ion, heeft het OH-ion voor negatief geladen colloïden, in plaats van een coaguleerende, een stabiliseerende c.q. dispergeerende werking; aanwezigheid van OH-ionen vermindert daarom het coaguleerend vermogen der kationen. De dispergeerende werking van het OH-ion is grooter dan de coaguleerende werking van eenwaardige ionen (K, Na, $NH_4$, Li), maar is volgens GEDROIZ kleiner dan de coaguleerende werking van Ca-ionen [4]); calciumhydroxyde zal in dit geval een coaguleerenden invloed op den bodem uitoefenen.

---

[1]) GEDROIZ, K. K.: „Die Lehre vom Adsorptionsvermögen der Böden". 1931, pg 340 e.v.

GEDROIZ, K. K.: „Der adsorbierende Bodenkomplex". 1929, pg 50.

[2]) WIEGNER, G.: „Boden und Bodenbildung", 1926.

[3]) GEDROIZ, K. K. („Die Lehre vom Adsorbtionsvermögen der Böden", 1931, pg 342) bepaalde de volgende rangorde der kationen, wat betreft het coaguleerend vermogen:

$$Li < NH_4 < Na < K < Mg < Ca < H < Al < Fe$$

Het waterstofion neemt een plaats in tusschen het Ca-ion en de 3-waardige ionen.

[4]) GEDROIZ, K. K.: id. pg 345: „Das kommt daher, dasz die stabilisierende Wirkung des Hydroxyl-ions zwar die entgegengesetzte Wirkung des einwertigen Natrium-ions übertrifft, der des zweiwertigen Kalzium-ions aber unterlegen ist."

Opmerkelijk was echter dat bij verschillende grondtypen, die bij de potproeven gebruikt werden, *kalkbemesting geen coaguleerende* werking had; ten gevolge van kalkbemesting werden sterk kleihoudende gronden minder doorlatend en plastischer, hetgeen wijst op een dispergeerende werking van $Ca(OH)_2$. In verband met de minder goede doorlatendheid en bodemventilatie hebben deze gronden een hooger watergehalte dan niet gekalkte gronden. Een 10-tal naast elkaar staande potten van proef B 1 werden op den zelfden tijd bemonsterd; het gemiddeld watergehalte in % van den drogen grond bedroeg:

| 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|
| 39,7% | 41,6% | 35,7% | 34,0% | 33,8% |

In dit opzicht wijken tropische gronden, voorzoover hiermede geëxperimenteerd werd, af van Nederlandsche kleigronden, waarbij toevoeging van calciumhydroxyde geen dispergeering, maar coagulatie van de bodemsuspensie ten gevolge heeft [1]).

Het schijnt dus van den aard en samenstelling der bodemcolloïden [verhouding $SiO_2$: $(Al_2O_3 + F_2O_3)$] af te hangen of de invloed van het Ca-ion, dan wel die van het OH-ion domineert.

EHRENBERG [2]) en KAPPEN [3]) constateerden bij enkele gronden eveneens een dispergeerenden invloed van calciumhydroxyde. Koolzure kalk heeft een meer coaguleerende werking dan gebluschte kalk, doordat een oplossing van koolzure kalk bij dezelfde Ca-ionenconcentratie een lagere OH-ionenconcentratie heeft dan gebluschte kalk.

De ongelijke invloed van calciumhydroxyde en zwavelzuur op de dispersiteit van een tropischen kleihoudenden leemgrond, kan door een twee-tal proeven aangetoond worden: In een 7-tal cylinders werden suspensies van 20 g grond + 200 cc water gebracht, die van te voren 6 uren geroteerd waren (grond afkomstig van object O van proef B 2). Daarna werd aan de cylinders No. I, II en III toegevoegd resp. 120, 60 en 30 cc $\frac{n}{100}$ $Ca(OH)_2$, terwijl aan No. V, VI en VII toegevoegd werden resp. 3, 6 en 12 cc $\frac{n}{10}$ $H_2SO_4$. Hierna werd het volume der suspensies op 500 cc gebracht. De sus-

---

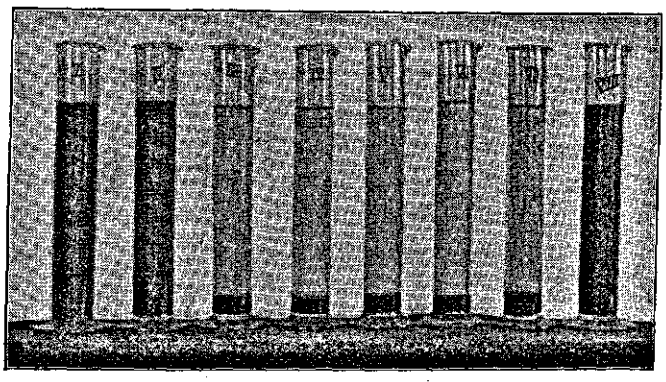
[1]) ENGELHARDT, J. H.: „Kennis van den grond", 1930, pg 39. „De kruimelstructuur van den bovengrond kan bevorderd worden door kalk en andere zouten; in het bijzonder geldt dit voor kleigronden. Door een drietal eenvoudige proeven is dit aan te toonen. De drie proeven verloopen het best wanneer ongebluschte kalk (CaO) of gebluschte kalk ($Ca(OH)_2$) genomen wordt." In welke concentraties het $Ca(OH)_2$ bij deze uitvlokkings-proeven werd toegevoegd, is niet vermeld.

[2]) EHRENBERG, P.: „Die Bodenkolloide", 1922, pg 295: „Denn dasz auch für Ätzkalk bei genügend niedriege Konzentrationen eine aufschwemmende Wirkung zu erwarten ist — entsprechend den Erscheinungen bei den Alkalihydroxyden — behauptete bereits W. DURHAM, und ähnliches läszt sich auch aus G. BODLÄNDERS Tabellen für Barium-Hydroxyde entnehmen, wie gleichfalls G. WIEGNER es aus theoretischen Gründen erwartet."

[3]) KAPPEN, H.: „Die Bodenazidität", 1929, pg 189 e.v.: „Zwei Tatsachen lassen sich mit voller Sicherheit aus den Zahlenreihen ableiten, nämlich einmal die, dasz die Beseitigung der Azidität durch Zusatz von Kohlensauren Kalk die Durchlässigkeit für Wasser erhöht hat, und zweitens die, dasz die Verwendung von Branntkalk zu demselben Zweck das Gegenteil herbeigeführt hat."

pensies waaraan $H_2SO_4$ was toegevoegd, vlokten zeer snel uit; VII was na 15 minuten practisch helder, zoodat hier de kleideeltjes blijkbaar tot agglomeraten van meer dan 20 $\mu$ diameter gecoaguleerd waren (afgeleid uit de valsnelheid). De suspensies waaraan $Ca(OH)_2$ was toegevoegd bleven, evenals de suspensie van den onbehandelden grond IV, weken lang gedispergeerd. De suspensies I en II vertoonden een alkalische reactie.

Met denzelfden grond werd op analoge wijze een 2e proef genomen om den invloed



Plaat 13

van een gelijke Ca-ionenconcentratie bij gevarieerde OH-ionenconcentraties na te gaan (Pl. 13).

Aan de cylinders werd toegevoegd resp.:

I – 50 cc $\frac{n}{100}$ $Ca(OH)_2$

II – 50 „ „ „ +1 cc $\frac{n}{10}$ HCl

III – 50 „ „ „ +2 „ „ „

IV – 50 „ „ „ +3 „ „ „

V – 50 cc $\frac{n}{100}$ $Ca(OH)_2$ + 4 cc $\frac{n}{10}$ HCl

VI – 50 „ „ „ +5 „ „ „

VII – 5 „ $\frac{n}{10}$ HCl

VIII – contrôle monster (oorspr. grond)

Het volume der suspensies werd op 500 cc gebracht.

Suspensie VII coaguleerde het sterkste, daarna volgden VI en V; de suspensie IV was pas na eenige dagen helder en II was na 3 weken nog troebel. I vertoonde op het oog geen verschillen met het contrôle-monster VIII; beiden waren sterk gedispergeerd. Uit deze proef blijkt ten duidelijkste dat de toename van de OH-ionenconcentratie het coaguleerend vermogen der Ca-ionen tegenwerkt.

## VI. SLOTBESCHOUWING

In het kort kunnen de uitkomsten van de vegetatieproeven en die van het grondonderzoek tot de volgende conclusies worden samengevat:

1e. Toediening van *gebluschte kalk* veroorzaakt op de meeste gronden groeivertraging bij jonge theeplanten; toediening van *zwavel* kan daarentegen den groei belangrijk stimuleeren.

2e. Toediening van groote hoeveelheden zwavel heeft een ongunstigen invloed op den bodem, doordat niet alleen het *basenkapitaal* sterk verminderd wordt, maar ook de *adsorptie-capaciteit* van het bodemcomplex achteruitgaat.

Zal men nu om deze laatste reden geheel van het gebruik van zwavel in de practijk moeten afzien? M.i. moet deze vraag ontkennend worden beantwoord. Dat door éénmalige zwaveltoediening het regelmatig slagen en de ontwikkeling van jonge theeplanten, hetzij op kweekerijen dan wel op nieuwe aanplantingen, op verscheidene grondtypen bevorderd kan worden is van primair belang en weegt in deze gevallen zwaarder dan de ongunstige gevolgen van zwavelbemesting, vanuit bodemkundig standpunt bezien.

Het gebruik van zwavel zal evenwel slechts tot beperkte hoeveelheden en slechts voor bepaalde grondtypen in aanmerking kunnen komen.

Op *sterk verweerde gronden* met een zeer geringe mineralenreserve is het gebruik van zwavel te ontraden; deze gronden zijn doorgaans van nature reeds basenarm. Het nadeelig effect van kleinere hoeveelheden zwavel is *voor weinig verweerde gronden* met een voldoende mineralenreserve van weinig practisch belang, omdat het aan basen verarmde adsorptiecomplex door verweering geleidelijk weer *basenrijker* wordt.

Een bijkomende gunstige omstandigheid is dat zwavel een bestrijdingsmiddel schijnt te zijn tegen sommige parasitaire wortelschimmels van de thee, i.c. de *zwarte* wortelschimmels *Rosellinia arcuata* PETCH en *R. bunodes* SACC., die overwegend op weinig verweerde jongvulcanische gronden voorkomen [1]).

In hoeverre de bij de potproeven verkregen gunstige resultaten ook in de practijk bereikt worden, zal voor een belangrijk deel afhangen van den graad van menging van zwavel en grond. Voor nieuwe aanplantingen zal zwavel in de eerste plaats voor plantgatenbemesting in aanmerking komen; het gedeelte van de bouwkruin, dat met zwavel gemengd moet worden, is

---

[1]) STEINMANN A.: „Voornaamste ziekten in de theecultuur". Versl. 9e Jaarverg. Ver. Proefst. Personeel, Djember 1928., pg. 10 en „De zwarte wortelschimmels van de thee". Archief v. d. Theecult. 1927, No. 1, pg. 66.

in dit geval gering. Daarentegen is voor kweekerijproeven menging van zwavel met den geheelen bovengrond noodzakelijk.

Het is niet gezegd dat overjarige gewassen op lateren leeftijd physiologisch dezelfde eischen stellen als planten die in het jeugdstadium verkeeren. Het onderzoek omtrent den invloed van den basentoestand van den grond op het productievermogen van *volwassen* theeaanplantingen, en de duurzaamheid hiervan over langere perioden, is derhalve een vraagstuk op zichzelf, waarbij, naast de quantiteit, de *qualiteit* van het product van groote beteekenis is.

# LITERATUURLIJST


AMES, J. W. „Solvent action of nitrification and sulfofication". Ohio Agr. Exp. Stat. Bull. 351, 1921, pg 223.

ABERSON, J. H. „De adsorptieverschijnselen van den bouwgrond". Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool, dl 5, afl. 1, 1911.

ABERSON, J. H., EVERSMAN, F. en VAN DIJK, J. W. „De reactie van den grond en de behoefte aan kalk". Landbouwk. Tijdschr., Nov. 1924, pg 409.

ANDERSON, M.S. and MATTSON, S. E. „The relation between properties and chemical composition of soil colloids" Science 62, 1925, No. 1596, pg 114.

ARRHENIUS, O. „Inleiding tot het uitvoeren van bodemkundige bepalingen in de practijk", 1927.

ÅSLANDER, A. „Die Abhängigkeit unserer Kulturpflanzen von der Reaktion und dem Nährstoffgehalt des Bodens". Ztschr. Pfl. Dng. und Bdk. A 23, 1932, pg 362.

BJILMANN, E. and TOVBORG-JENSEN, S. „On the determination of the reaction of soils by means of the quinhydrone electrode". Verh. 2e Comm. I.B.G., Groningen, 1926, Vol. B, pg 236.

BLANCK, E. „Bodenlehre". Lehrb. der Agrik. Chemie III, 1928.

BRIOUX, M. M. Ch. et PIEN, J. „Emploi de l'électrode à quinhydrone pour la détermination du pH des sols". Verh. 2e Comm. I.B.G., Groningen, 1926, Vol. A, pg 22.

BROWN, P. E. and JOHNSON, H. W. „Studies in sulfofication". Soil Science, 1916, pg 358.

BROWN, P. E. and KELLOGG, E. H. „Sulfofication in soils". Agr. Exp. Stat. Iowa Research Bull. 18, 1914.

BURGESS, P. S. „The so-called „build-up" and „break-down" of soil zeolites as influenced by reaction". Agr. Exp. Stat. Arizona, Techn. Bull. 28, 1929.

CARPENTER, P. H., COOPER, H. R. and HARLER, C. R. „Soilacidity and the use of lime on tea soils". Quarterly Journ. Indian Tea Ass., 1925, I.

DAIKUHARA, G. „Über saure Mineralböden". Bull. Imp. Centr. Agr. Exp. Station Japan, 1914, No. 2.

DEUSS, J. J. B. „Over de theegronden van Java en Sumatra. Eerste voorloopige mededeeling". Meded. Proefstat. voor Thee, No. LV, 1917.

——— „Over de theegronden van Java en Sumatra". Meded. Proefstat. voor Thee, No. LXXXIX, 1924.

EHRENBERG, P. „Die Bodenkolloïde", 1922.

ENGELHARDT, J. H. „Kennis van den grond", 1930.

FRAPS, G. S. „Possibilities of sulphur as a soil amendment". Texas Agr. Experm. Stat. Bull. 414, 1930.

GADD, C. H. „Tea and soilacidity" I, II, III. Tea Quarterly. Journ. of the Tea Research Inst. Ceylon, 1928, vol. I en II; 1929, vol. II.

GEDROIZ, K. K. „Chemische Bodenanalyse", 1926.

——— „Der adsorbierende Bodenkomplex", 1929.

——— „Die Lehre vom Adsorbtionsvermögen der Böden", 1931.

GEHRING, A., PEGGAU, A. und WEHRMANN, O. „Ueber die Methode zur Bestimmung des Kalkbedürfnisses des Bodens etc". Ztschr. Pfl., Dng. und Bdk. A VIII, 1927, pg 322.

GESSNER, H. G. „Die Schlämmanalyse", 1931.

GLINKA, K. „Die Typen der Bodenbildung", 1914.

GÖRBING, J. „Bodenreaktion und Kalkzustand", 1926.

GREAVES, J. E. „Agricultural Bacteriology", 1922.

HARRISON, C. J. „The acidity of tea soils of North East India". Quarterly Journ. Indian Tea Ass., 1930, IV.

HISSINK, D. J. „De verzadigingstoestand van den grond". Versl. Landb. Ond. Rijkslandb. Proefst. XXX, 1925, pg 115.
——— „Het verband tusschen de pH, de kalkfactor, den verzadigingstoestand (V) en de S (humus) van eenige humusgronden". Versl. Landb. Ond. Rijkslandb. Proefst., No. XXXI, 1926, pg 225.
HOPKINS, C. G., KNOX, W. H. and PETTIT, J. H. „A quantitative method for determining the acidity of soils". U.S. Dept. of Agr. Bull. 73, 1903, pg 114.
HUDIG, J. „Das Wesen, die Bedeutung und die Bestimmungsmethoden der Bodenazidität". Ztschr. Pfl., Dng. und Bdk. A IV, 1925, pg 229.
HUDIG, J. und HETTERSCHY, C. W. G. „Ein Verfahren zur Bestimmung des Kalkzustandes in Humus-Sandböden". Landwirtschaftliche Jahrbücher 63, 1926, pg. 207
HUDIG, J. „Über die kwantitatieve Bestimmung der Kalkbedürftigkeit der Humus-Sandböden". Verhand. 2e Comm. I.B.G., Groningen, 1926, vol. A, pg 116.
KAPPEN, H. „Die Bodenazidität". 1929 en „Handb. der Bodenlehre" VIII, 1931.
KELLEY, W. P. „The determination of the base-exchange capacity of soils and a brief discussion of the underlying principles". Journ. Americ. Soc. Agron. vol. 21, 1929, pg 1021.
KÖHN, M. „Beiträge zur Theorie und Praxis der mechanischen Bodenanalyse". Landw. Jahrbücher LXVII, 1928, pg 485.
KOLTHOFF, I. M. „De meting der waterstofionenconcentratie met de waterstof- en de chinhydronelectrode", 1926.
——— „Der Gebrauch von Farbindicatoren", 1926.
LÖHNIS, F. „Vorlesungen über landwirtschaftliche Bakteriologie", 1926.
MEVIUS, M. „Reaktion des Bodens und Pflanzenwachstum". Naturwissensch. und Landwirtsch. Heft 11, 1927.
MICHAELIS, L. „Die Wasserstoffionenkonzentration", 1922.
MOHR, E. C. J. „De grond van Java en Sumatra", 1922.
LUNDEGARDH, H. „Klima und Boden", 1925.
NIKLAS, H. und GRANDEL, F. „Über die Beziehungen zwischen Pflanzen- und Bodennitraten", 1927.
ODEN, S. „Die Huminsäuren", 1922.
OLMSTEAD, L. B., ALEXANDER, T. and MIDDLETON, H. E. „A pipette-method of mechanical analysis of soils, based on improved dispersion procedure". U.S. Dep. Agric. Techn. Bull., No. 170, 1930.
PAGE, H. J. „The investigations of K. K. GEDROIZ on base-exchange and adsorption". Verh. 2e Comm. I.B.G., Groningen, 1926, vol. A, pg 208.
——— „The nature of soil acidity". Verh. 2e Comm. I.B.G., Groningen 1926, vol. A, pg 232.
PARKER, F. W. „The determination of exchangeable hydrogen in soils". Journ. Americ. Soc. Agron., vol 21, 1929, pg 1030.
POWERS, W. L. „Progress of sulfur investigations in the North-Western United States". Actes IV Conf. Int. Ped. Rome, 1926, vol. II, pg 710.
RIPPEL, A. „Bakteriologisch-chemische Methoden zur Bestimmung des Fruchtbarkeitszustandes des Bodens und der Kreislauf der Stoffe". Handbuch der Bodenlehre, Bnd. VIII, pg 599.
RUSSELL, E. J. „Soil conditions and Plant growth", 1927.
SAINT, S. J. „The reaction between soils and hydroxide solutions". Verh. 2e Comm. I.B.G., Groningen, 1926, vol. A, pg 134.
SAUERLANDT, W. „Untersuchungen über die Bestimmung des Kalksättigungszustandes der Böden". Landw. Vers. Stationen, 1931, Bnd. 113.
SIGMOND, VON A. A. J. „Über die verschiedenen Methoden zur Bestimmung von S und V". Verhand. 2e Comm. I.B.G., Groningen, 1926, vol. B, pg 131.
SPRUIT, C. „Eenige beschouwingen omtrent bijzonderheden van hooggelegen gronden speciaal in verband met den basentoestand". Versl. 12e Verg. Ver. Proefstat. Personeel, 1931, pg 34.
STEBUTT, A. „Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde", 1930.
STOKLASA, J. und DOERELL, E. G. „Handbuch der biophysikalischen und biochemischen Durchforschung des Bodens", 1926.

TOLLENAAR, D. „Het tegenwoordige kalkvraagstuk in Nederland vergeleken met dat in Indië". Versl. 12e Verg. Ver. Proefstat. Personeel, 1931, pg 70.

TRENEL, M. „Die wissenschaftlichen Grundlagen der Bodensäurefrage", 1927.

——— und WUNSCHIK, J. „Über den Chemismus der mineralischen Bodenazidität". Ztschr. Pfl., Dng. und Bdk., A XVII, 1930.

——— „Die Rolle des Aluminiums im entkalkten Boden". Die Ernähr. der Pflanze, Sept. 1931, No. 18 en 19.

TURNER, P. E. „An analysis of factors contributing to the determination of saturation capacity in some tropical soil types". Journ. Agr. Science, vol XXII-1-1932, pg 80.

VAGELER, P. E. W. „Mathematische analyse van verdringingsverschijnselen in den grond". Tijdschr. Landbouw N.O.I., Jrg. 1927–28.

——— „De analysemethoden van het Agrogeologisch Laboratorium van het Proefstation voor Thee". Archief voor de Theecult. 1928-2.

VAGELER, P. E. W. en WOLLERSDORF, J. „Beiträge zur Frage des Basenaustausches und der Aziditäten". Ztschr. Pfl., Dng. und Bdk. A-XV-6 en XVI-3/4.

VAGELER, P. „Grundriss der tropischen und subtropischen Bodenkunde", 1930.

VAGELER, P. und ALTEN, F. „Böden des Nil und Gash III". Ztschr. Pfl., Dng. und Bdk., 1931, A 22, pg 21.

VENEMA, K. C. W. „Proeven omtrent den uitwisselings-zuurgraad van eenige Java-gronden". Archief Suikerind. N. I. 1931, No. 28.

——— „Notizen über die neueren Methoden der Bodenanalyse", 1930.

——— „De titratieconstanten van HOPKINS en DAIKUHARA". Landbouwk. Tijdschr., Aug. 1931.

WALKER, R., FIRKINS, B. J. and BROWN, P. E. „The measurement of the degree of saturation of soils with bases". Agr. Exp. Station Iowa. Research Bull. No. 139, 1931.

WHITE, J. TH. „Bijdrage tot de kennis omtrent den grond en het klimaat van de voornaamste agavestreken van Java en Sumatra's Oostkust". Teysmannia XII, 1922, pg 547.

WHITE, J. en BEUKERING, J. VAN. „Eerste resultaten van vergelijkende zuurgraadmetingen bij Indische gronden". Hand. 5e N.I. Nat. Wetensch. Congres, Soerabaia, 1928.

WIESSMAN, H. „Agriculturchemisches Praktikum", 1926.

WIEGNER, G. „Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum" 1926.

——— „Boden und Bodenbildung", 1926.

——— Dispersität und Basenaustausch". Actes IV Conf. Int. Ped. Rome, 1926, vol. II, pg 390.

WIEGNER, G. und PALLMANN, H. „Über den Suspensionseffekt". Ergebnisse der Agrikulturchemie, 1930, Band II, pg 88.

# AFZONDERLIJKE GEGEVENS DER VEGETATIE-PROEVEN

## PROEF A 1

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot.

| | 2K | O | 1Z | 3Z | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12,5 | 13,2 | 15,7 | 27,7 | cm |
| | 2,5 | 2,8 | 5,0 | 9,5 | g |
| 2 | 10,4 | 16,0 | 15,8 | 29,4 | cm |
| | 2,1 | 4,5 | 4,9 | 10,0 | g |
| 3 | 13,7 | 13,1 | 18,7 | 27,9 | cm |
| | 3,3 | 2,5 | 5,0 | 9,4 | g |
| 4 | 9,1 | 12,0 | 14,3 | 30,0 | cm |
| | 1,7 | 2,4 | 3,9 | 8,4 | g |
| 5 | 12,8 | 14,0 | 21,1 | 25,4 | cm |
| | 2,2 | 2,8 | 5,6 | 7,8 | g |
| 6 | 10,8 | 12,7 | 18,0 | 29,9 | cm |
| | 1,7 | 2,8 | 3,9 | 9,5 | g |

## PROEF A 2

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot

| | 2K | O | 1Z | 3Z | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12,9 | 16,6 | 18,2 | 30,3 | cm |
| | 2,2 | 3,8 | 5,0 | 10,0 | g |
| 2 | 14,0 | 15,6 | 27,2 | 28,8 | cm |
| | 2,8 | 3,7 | 6,1 | 8,3 | g |
| 3 | 15,4 | 14,3 | 26,9 | 30,0 | cm |
| | 2,8 | 2,3 | 6,0 | 9,5 | g |
| 4 | 14,4 | 19,5 | 20,2 | 28,0 | cm |
| | 2,3 | 5,0 | 5,1 | 8,3 | g |
| 5 | 13,2 | 14,8 | 21,8 | 29,1 | cm |
| | 2,7 | 2,8 | 5,4 | 9,4 | g |
| 6 | 11,6 | 12,8 | 23,0 | 29,4 | cm |
| | 1,9 | 2,2 | 6,4 | 10,6 | g |

## PROEF A 3

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot

| | 2K | O | 1Z | 3Z | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12,4 | 22,1 | 33,3 | 38,0 | cm |
| | 2,5 | 6,1 | 12,8 | 15,6 | g |
| 2 | 10,4 | 23,1 | 29,3 | 37,9 | cm |
| | 2,2 | 5,6 | 8,3 | 12,2 | g |
| 3 | 12,9 | 15,9 | 28,5 | 32,2 | cm |
| | 2,8 | 3,9 | 10,0 | 10,1 | g |
| 4 | 12,8 | 11,2 | 30,1 | 32,2 | cm |
| | 2,7 | 2,8 | 10,1 | 12,8 | g |
| 5 | 17,4 | 25,9 | 31,9 | 32,7 | cm |
| | 4,9 | 8,3 | 10,6 | 11,7 | g |
| 6 | 13,9 | 22,9 | 34,0 | 29,7 | cm |
| | 3,9 | 7,2 | 13,1 | 11,2 | g |

## PROEF A 4

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot

| | 2K | O | 1Z | 3Z | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 16,9 | 19,8 | 18,2 | 30,2 | cm |
| | 5,0 | 5,1 | 3,9 | 11,1 | g |
| 2 | 24,8 | 25,7 | 23,3 | 33,7 | cm |
| | 6,1 | 5,6 | 6,7 | 11,7 | g |
| 3 | 21,3 | 19,4 | 20,0 | 29,5 | cm |
| | 4,5 | 4,5 | 3,4 | 10,6 | g |
| 4 | 24,6 | 19,7 | 27,5 | 31,9 | cm |
| | 6,7 | 4,4 | 7,5 | 10,0 | g |
| 5 | 22,5 | 21,7 | 26,0 | 31,3 | cm |
| | 5,1 | 5,5 | 6,6 | 9,4 | g |
| 6 | 16,0 | 27,2 | 26,4 | 33,7 | cm |
| | 3,4 | 6,7 | 7,2 | 10,6 | g |

**PROEF A 5**

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot

| | 2K | O | 1Z | 3Z | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 19,4 | 18,3 | 19,7 | 24,2 | cm |
| | 5,6 | 5,0 | 6,1 | 6,7 | g |
| 2 | 15,6 | 17,6 | 22,0 | 24,3 | cm |
| | 4,5 | 4,5 | 5,0 | 6,8 | g |
| 3 | 16,4 | 17,9 | 16,4 | 22,8 | cm |
| | 4,6 | 4,5 | 5,6 | 6,6 | g |
| 4 | 16,8 | 19,8 | 20,3 | 22,2 | cm |
| | 4,6 | 5,0 | 5,0 | 6,1 | g |
| 5 | 21,3 | 18,2 | 21,7 | 25,2 | cm |
| | 5,0 | 4,7 | 5,6 | 7,8 | g |
| 6 | 17,6 | 18,7 | 20,2 | 23,2 | cm |
| | 4,4 | 4,9 | 5,1 | 5,0 | g |

**PROEF A 6**

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot

| | O | 1Z | 2Z | 4Z | 6Z | 8Z | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 9,1 | 8,9 | 14,1 | 34,6 | 30,9 | 28,0 | cm |
| | 1,3 | 1,2 | 3,3 | 8,9 | 7,5 | 7,8 | g |
| 2 | 10,5 | 12,3 | 31,1 | 26,8 | 28,3 | 28,9 | cm |
| | 1,1 | 1,7 | 7,8 | 6,7 | 6,1 | 6,2 | g |
| 3 | 8,6 | 8,8 | 7,3 | 9,7 | 37,0 | 17,2 | cm |
| | 0,6 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 10,0 | 3,9 | g |
| 4 | 9,0 | 6,8 | 23,0 | 33,7 | 35,3 | 31,1 | cm |
| | 0,9 | 0,7 | 5,6 | 9,4 | 8,3 | 7,9 | g |

**PROEF B 1**

Gemiddelde hoogte in cm per pot
Leeftijd der planten 6 mnd; potten 1–50

| | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 18,3 | 16,4 | 24,4 | 31,3 | 30,8 |
| 2 | 14,2 | 12,5 | 16,8 | 25,6 | 28,8 |
| 3 | 12,9 | 19,6 | 26,4 | 37,9 | 33,4 |
| 4 | 16,4 | 18,6 | 24,3 | 20,3 | 25,6 |
| 5 | 19,7 | 17,2 | 22,6 | 29,5 | 30,2 |
| 6 | 15,0 | 15,4 | 27,7 | 29,2 | 24,6 |
| 7 | 16,8 | 21,1 | 26,7 | 36,6 | 34,4 |
| 8 | 18,5 | 19,1 | 31,2 | 31,8 | 26,1 |
| 9 | 19,0 | 19,7 | 26,4 | 35,1 | 36,1 |
| 10 | 16,8 | 17,5 | 30,8 | 35,0 | 29,8 |

**PROEF B 1**

Gemiddeld loofgewichting der uitgedunde planten per pot

| | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,2 | 3,1 | 6,3 | 7,5 | 8,4 |
| 2 | 1,5 | 1,1 | 2,9 | 7,6 | 7,1 |
| 3 | 2,0 | 3,5 | 5,4 | 12,6 | 9,9 |
| 4 | 2,7 | 4,8 | 6,3 | 6,4 | 6,8 |
| 5 | 3,2 | 2,7 | 5,1 | 7,6 | 9,1 |
| 6 | 2,6 | 2,3 | 7,9 | 8,5 | 6,6 |
| 7 | 2,7 | 3,7 | 5,1 | 11,3 | 10,2 |
| 8 | 3,8 | 3,7 | 11,0 | 10,8 | 8,8 |
| 9 | 3,5 | 3,6 | 4,9 | 11,7 | 11,6 |
| 10 | 2,4 | 3,6 | 8,6 | 10,6 | 8,1 |

**PROEF B 1**

Gemiddelde hoogte in cm per pot
Leeftijd der planten 9 mnd.; potten 1–25

| | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22,9 | 22,9 | 35,3 | 54,8 | 53,3 |
| 2 | 17,4 | 14,0 | 25,1 | 46,2 | 59,0 |
| 3 | 16,7 | 23,1 | 38,2 | 61,0 | 59,3 |
| 4 | 19,2 | 27,0 | 41,1 | 37,9 | 55,9 |
| 5 | 29,8 | 26,3 | 38,4 | 52,1 | 64,8 |

**PROEF B 1**

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot
Leeftijd der pl. 17 mnd. (potten 26–50)

| | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 32,5 | 38,7 | 63,3 | 81,3 | 89,9 | cm |
| | 6,7 | 12,2 | 32,8 | 62,8 | 75,0 | g |
| 7 | 31,7 | 59,2 | 85,2 | 94,9 | 78,8 | cm |
| | 6,6 | 18,9 | 43,9 | 61,1 | 52,2 | g |
| 8 | 29,2 | 50,9 | 71,3 | 91,5 | 84,9 | cm |
| | 5,0 | 17,8 | 32,8 | 58,3 | 52,8 | g |
| 9 | 31,2 | 57,1 | 72,9 | 93,7 | 103,9 | cm |
| | 6,1 | 27,8 | 40,0 | 66,7 | 79,4 | g |
| 10 | 30,2 | 41,4 | 63,4 | 83,4 | 106,7 | cm |
| | 5,6 | 12,3 | 34,4 | 61,6 | 81,7 | g |

**PROEF B 2**

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot

| | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 19,8 | 52,3 | 50,6 | 52,0 | 58,4 | 54,0 | 57,8 | cm |
| | 4,7 | 19,5 | 18,4 | 22,0 | 24,0 | 2[illegible],1 | 24,8 | g |
| 2 | 12,8 | 48,2 | 39,0 | 58,0 | 53,8 | 53,2 | 46,9 | cm |
| | 1,6 | 21,6 | 18,2 | 26,0 | 24,5 | 23,2 | 19,4 | g |
| 3 | 14,3 | 49,4 | 50,9 | 52,4 | 64,2 | 54,7 | 43,4 | cm |
| | 2,9 | 20,3 | 21,8 | 22,7 | 27,9 | 23,4 | 15,8 | g |
| 4 | 12,9 | 47,0 | 57,8 | 53,4 | 50,4 | 56,5 | 44,2 | cm |
| | 1,7 | 20,2 | 27,6 | 24,0 | 19,3 | 25,1 | 17,1 | g |
| 5 | 18,5 | 52,4 | 50,8 | 54,3 | 56,1 | 51,1 | 49,4 | cm |
| | 4,6 | 19,3 | 21,0 | 25,7 | 22,5 | 22,0 | 19,6 | g |
| 6 | 28,7 | 50,4 | 47,9 | 49,7 | 67,6 | 49,9 | 44,7 | cm |
| | 9,7 | 16,7 | 21,5 | 21,4 | 27,0 | 19,1 | 22,9 | g |

**PROEF A 7**

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot

| | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8,6 | 23,2 | 9,6 | 14,7 | 8,1 | 24,6 |
| | 0,6 | 6,4 | 0,8 | 2,1 | 0,7 | 6,7 |
| 2 | 8,9 | 25,9 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 26,3 |
| | 0,8 | 7,2 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 6,3 |
| 3 | 9,0 | 21,9 | 7,7 | 7,8 | 8,7 | 26,7 |
| | 0,6 | 5,4 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 7,1 |
| 4 | 8,8 | 27,5 | 9,1 | 8,1 | 9,4 | 21,0 |
| | 0,8 | 7,0 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 4,5 |
| 5 | 10,6 | 24,1 | 7,7 | 8,8 | 12,7 | 28,1 |
| | 0,9 | 7,8 | 0,6 | 0,5 | 1,5 | 6,6 |
| 6 | 9,7 | 25,1 | 9,5 | 14,0 | 9,4 | 27,6 |
| | 0,8 | 7,2 | 0,5 | 1,8 | 0,8 | 7,4 |
| 7 | 12,2 | 30,5 | 8,2 | 15,9 | 13,3 | 24,0 |
| | 1,1 | 9,8 | 0,5 | 3,1 | 1,5 | 5,8 |
| 8 | 8,6 | 22,2 | 9,0 | 11,3 | 13,4 | 29,9 |
| | 0,4 | 4,8 | 0,5 | 1,1 | 1,6 | 7,8 |
| 9 | 10,8 | 27,2 | 8,8 | 12,7 | 13,0 | 27,7 |
| | 0,8 | 7,8 | 0,6 | 1,2 | 1,0 | 7,1 |
| 10 | 14,5 | 27,6 | 13,2 | 11,8 | 14,7 | 32,6 |
| | 1,8 | 8,3 | 1,3 | 1,0 | 1,6 | 9,2 |

**PROEF B 3**

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot

| | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8,5 | 10,3 | 16,7 | 23,2 | 29,5 | cm |
| | 0,7 | 1,5 | 3,5 | 6,4 | 11,2 | g |
| 2 | 9,8 | 11,5 | 17,2 | 21,2 | 29,4 | cm |
| | 0,9 | 1,6 | 3,9 | 4,6 | 11,6 | g |
| 3 | 7,6 | 11,4 | 13,8 | 13,2 | 26,0 | cm |
| | 0,5 | 1,2 | 2,7 | 2,3 | 9,0 | g |
| 4 | 10,2 | 11,3 | 17,2 | 21,4 | 24,4 | cm |
| | 1,1 | 1,8 | 3,9 | 5,4 | 6,4 | g |
| 5 | 9,9 | 11,2 | 13,8 | 18,0 | 24,1 | cm |
| | 1,0 | 1,5 | 3,1 | 3,7 | 7,6 | g |

**PROEF B 4**

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot

| | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 9,5 | 11,9 | 15,3 | 17,9 | 22,1 | cm |
| | 0,7 | 1,0 | 2,1 | 2,9 | 4,4 | g |
| 2 | 8,9 | 13,9 | 15,3 | 19,3 | 28,1 | cm |
| | 0,6 | 1,9 | 2,0 | 3,0 | 6,8 | g |
| 3 | 8,8 | 12,2 | 13,9 | 19,2 | 22,7 | cm |
| | 1,0 | 1,5 | 1,7 | 3,3 | 4,6 | g |
| 4 | 11,0 | 11,6 | 14,2 | 20,3 | 25,1 | cm |
| | 1,4 | 1,3 | 2,0 | 3,8 | 6,2 | g |
| 5 | 8,9 | 11,9 | 13,7 | 20,6 | 26,1 | cm |
| | 0,7 | 1,1 | 1,7 | 3,6 | 5,5 | g |

**PROEF B 5**

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot

| | O | 1Z | 2Z | 3Z | 4Z | 6Z | 8Z | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13,6 | 42,7 | 62,8 | 68,2 | 63,8 | 68,8 | 64,0 | cm |
| | 2,5 | 15,7 | 28,3 | 34,8 | 29,0 | 30,9 | 30,2 | g |
| 2 | 15,2 | 35,9 | 52,9 | 69,5 | 63,9 | 48,6 | 43,8 | cm |
| | 3,2 | 11,6 | 21,4 | 33,6 | 29,3 | 15,2 | 12,2 | g |
| 3 | 11,8 | 35,3 | 54,4 | 37,1 | 39,7 | 49,3 | 68,2 | cm |
| | 2,2 | 8,4 | 20,7 | 11,5 | 12,0 | 17,7 | 28,5 | g |
| 4 | 14,9 | 22,9 | 58,5 | 56,6 | 46,4 | 57,6 | 51,2 | cm |
| | 2,8 | 5,4 | 24,6 | 23,0 | 14,5 | 20,7 | 17,0 | g |
| 5 | 21,6 | 32,7 | 64,5 | 65,1 | 58,2 | 63,9 | 50,9 | cm |
| | 4,7 | 7,9 | 25,0 | 24,2 | 18,2 | 22,9 | 19,4 | g |
| 6 | 12,2 | 42,0 | 54,6 | 63,0 | 51,7 | 64,0 | 56,8 | cm |
| | 2,1 | 11,1 | 20,9 | 24,2 | 21,1 | 29,8 | 19,6 | g |

## PROEF A 8

Gemiddelde hoogte in cm, loofgew. in g per pot

| | A | B | C | D | E | F | G | H | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 16,4 | 19,2 | 21,1 | 22,6 | 22,6 | 20,0 | 13,2 | 12,6 | cm |
| | 3,6 | 5,4 | 5,4 | 6,7 | 6,7 | 5,4 | 3,3 | 2,4 | g |
| 2 | 16,7 | 25,9 | 22,9 | 25,1 | 21,1 | 21,3 | 13,7 | 14,8 | cm |
| | 3,3 | 7,8 | 6,9 | 7,4 | 5,4 | 5,4 | 3,0 | 3,0 | g |
| 3 | 13,6 | 19,0 | 19,2 | 24,9 | 21,2 | 22,6 | 20,6 | 15,6 | cm |
| | 1,9 | 4,1 | 4,1 | 6,1 | 5,0 | 5,0 | 4,1 | 2,4 | g |
| 4 | 13,4 | 24,0 | 25,7 | 15,4 | 17,3 | 13,0 | 15,9 | 11,6 | cm |
| | 1,7 | 5,4 | 7,8 | 3,0 | 4,4 | 3,0 | 3,0 | 1,3 | g |
| 5 | 13,4 | 22,1 | 21,7 | 15,3 | 20,7 | 16,9 | 12,6 | 12,3 | cm |
| | 1,9 | 5,8 | 5,0 | 3,1 | 4,1 | 3,0 | 1,9 | 1,3 | g |
| 6 | 11,7 | 22,9 | 28,6 | 25,9 | 19,1 | 15,2 | 14,0 | 12,0 | cm |
| | 1,0 | 5,8 | 7,4 | 6,3 | 5,2 | 1,3 | 1,7 | 1,7 | g |

## PROEF KH VI

Snoeiselgewichten in kg, aantal gesnoeide planten per vak

| | 6K | 2K | O | 1Z | 3Z | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6,2 | 8,0 | 5,4 | 8,1 | 18,3 | kg |
| | 17 | 20 | 14 | 19 | 20 | pl. |
| 2 | 3,3 | 4,7 | 3,7 | 5,8 | 13,8 | kg |
| | 15 | 15 | 14 | 17 | 20 | pl. |
| 3 | 0,5 | 1,9 | 2,5 | 5,7 | 10,6 | kg |
| | 2 | 12 | 11 | 18 | 20 | pl. |
| 4 | 0,7 | 0,9 | 0,3 | 3,9 | 12,5 | kg |
| | 5 | 4 | 2 | 15 | 20 | pl. |
| 5 | 4,9 | 7,3 | 6,5 | 10,3 | 11,1 | kg |
| | 12 | 19 | 16 | 20 | 20 | pl. |
| 6 | 1,2 | 0,6 | 2,4 | 4,4 | 14,8 | kg |
| | 6 | 4 | 13 | 17 | 20 | pl. |
| 7 | 1,5 | 0,5 | 1,8 | 5,2 | 13,3 | kg |
| | 4 | 4 | 9 | 10 | 19 | pl. |
| 8 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 3,6 | 9,9 | kg |
| | 2 | 3 | 1 | 11 | 19 | pl. |

## PROEF P.S. XIII

Gemiddelde hoogten der planten per vak

| | O | 1Z | 2Z |
|---|---|---|---|
| 1 | 72,9 | 114,6 | 141,3 |
| 2 | 78,1 | 87,2 | 137,0 |
| 3 | 80,3 | 98,0 | 122,5 |
| 4 | 69,2 | 115,0 | 136,6 |
| 5 | 81,5 | 93,6 | 128,8 |
| 6 | 72,5 | 119,0 | 138,4 |
| 7 | 79,2 | 108,2 | 154,4 |
| 8 | 111,7 | 113,0 | 134,0 |