

EEN ONDERZOEK NAAR FIJNHEID EN VERDEELING VAN HET PHOSPHOR- ZUUR EN ZIJN OPNEEMBAARHEID IN DE MERGELGRONDEN VAN JAVA

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR
IN DE LANDBOUWKUNDE AAN DE LANDBOUW-
HOOGESCHOOL TE WAGENINGEN, OP GEZAG VAN
DEN RECTOR-MAGNIFICUS A. TE WECHEL, HOOG-
LEERAAR IN DE BOSCHEXPLOITATIE EN DE BOSCH-
HUISHOUDKUNDE, VOOREENE, — OVEREENKOMSTIG
ART. 46, LID 4 VAN DE WET VAN 15 DECEMBER 1917
TOT REGELING VAN HET HOOGER LANDBOUW-
EN HOOGER VEEARTSENIJKUNDIG ONDERWIJS
(STAATSBLAD No. 700), ZOOALS DIE LAATSTELIJK
IS GEWIJZIGD BIJ DE WET VAN 29 JUNI 1925
(STAATSBLAD No. 283), — DAARTOE BENOEMDE
COMMISSIE UIT DEN SENAAT, TE VERDEDIGEN OP
DONDERDAG, DEN 16^{EN} DECEMBER 1926,
DES NAMIDDAGS TE VIER UUR, DOOR

JOHN THOMAS WHITE L.I.

HOOFD VAN HET BODEMKUNDIG LABORATORIUM IN N. OOST-INDIË

GEBOREN TE SEMARANG (JAVA)



Landbouwhoogeschool
WAGENINGEN

EEN ONDERZOEK NAAR FIJNHEID EN VERDEELING VAN
HET PHOSPHORZUUR EN ZIJN OPNEEMBAARHEID
IN DE MERGELGRONDEN VAN JAVA

STELLINGEN.

1. De theorie van VAN ES over de epirogenetische bewegingen om de „Soendazee” gedurende het plioceen-kwartair vindt in den bouw van het bodemprofiel in de lage kustlanden van Oost-Sumatra meer steun dan de hypothese van MOLENGRAAFF over hetzelfde onderwerp.

Ir. L. C. J. VAN ES JR.: De voorhistorische verhoudingen van land en zee in den Oost-Indischen Archipel enz. Jaarboek van het Mijnwezen. 45e Jaargang. 1916. Verhandelingen. 2e gedeelte. p. 255—304. Speciaal p. 271.

G. A. F. MOLENGRAAFF en M. WEBER: Het verband tusschen den plistoceenen IJstijd en het ontstaan der Soendazee (Java- en Zuid-Chineesche zee) enz. Verslagen Kon. Akad. v. Wetenschappen. Amsterdam. Deel XXVIII (1e gedeelte). p. 497—554. Speciaal noot I op p. 512. 1919.

G. A. F. MOLENGRAAF: De zeeën van Nederlandsch Oost-Indië. Hoofdstuk Geologie. p. 272—357. 1922.

Ir. J. TH. WHITE: Geologische Bouw, landschapsvorm en grondgesteldheid van den Tandjoeng Selat-Djaran, beschouwd als een element van het Oost Sumatraansche laagland. Archief van het Departement van L. N. en H. Buitenzorg. 1922.

2. Het grondprofiel van de Jong-vulkanische terreinen van Java en Sumatra pleit lokaal sterk voor het aannemen in den „Soendaboog” van twee hoofdperioden in het plioceen-kwartair vulkanisme, gescheiden door een langdurige „inter-eruptieve periode”.

Prof. J. VAN BAREN: Bodemonderzoek op Java en Sumatra. Resultaten eener geologische en agrogeologische reis in 1916. No. 2. J. TH. WHITE: Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool. 1919. p. 57—64.

J. TH. WHITE. l.i.: Bijdrage tot de kennis van de Agrogeologie van de Way-Lima-streek enz. Med. Alg. Proefst. v. d. Landbouw. No. 19. 1925. p. 20—21.

3. Evenals in de gematigde en koude streken zijn — in tegenstelling met de gangbare opvattingen van POTONIÉ, JANENSCH, MOHR en SCHÜRMANN — in de Tropen laagvenen te vinden, gevormd in een kalkrijke omgeving en bevattende veel kalk en weinig kiezelzuur. De condities voor de vorming dier venen zijn in de drie

streken dezelfde, omdat die vorming onafhankelijk is van de temperatuur.

J. TH. WHITE l.i.: De scheikundige samenstelling van enkele veenmonsters uit den Oost-Indischen Archipel. *Natuurkundig Tijdschrift v. Ned. Indië*. Deel LXXXIV. p. 199—209. 1924. Zie hierin ook Litteratuur.

4. De meening van Glinka, als zou Terra rossa zijn te beschouwen als een ektodynamomorf grondtype, is in strijd met het ontstaan van den grond, uitsluitend op bepaalde kalksteensoorten en onder de meest uiteenlopende klimaten. Terra rossa is een endodynamomorf grondtype.

K. GLINKA: *Revue internationale des renseignements Agricoles*. N. serie Vol. II. No. 1. 1924. p. 7.

5. De oorzaak van de grondverschillen tusschen Oost- en West-Java is niet te zoeken in het verschil in klimaat tusschen de beide deelen van het eiland, doch in hun verschil in petrografische gesteldheid en geologischen ouderdom.

Dr. E. C. J. MOHR: Over den grond van Java. 1911. *De grond van Java en Sumatra*. 1922.

J. VAN BAREN: Rapport betreffende een agrogeologische studiereis door Ned. Indië. 1917. p. 12.

J. TH. WHITE: Grondverschillen op de groote Soenda-eilanden. Verslag 7e bijeenkomst Ind. Landb. Technici. Wageningen. 1925. p. 10.

6. De opvatting van JESWIET, als zou bij het opsporen van de oorzaken van het groote verschil in Flora tusschen Oost- en West-Java de factor grond grootendeels buiten beschouwing kunnen blijven, is zonder meer niet te aanvaarden.

Dr. J. JESWIET: Moeilijkheden, verbonden aan Planten-Geografisch werk op Java. Inaugureele Rede. Wageningen 1926. p. 10.

7. De „Jong-vulkanische” gronden van Noord-Japan lijken voor den rijstbouw niet minder vruchtbaar dan de „granitische” gronden van Zuid-Japan. Het verschil in bruikbaarheid van de beide deelen van de eilandenrij voor den rijstbouw mag dan ook niet zonder meer aan de grondgesteldheid ervan worden toegeschreven. Veel eerder is de oorzaak van dat verschil te zoeken in het klimaat, dat in Noord-Japan voor sawahbouw minder geschikt is dan in Zuid-Japan.

Dr. P. J. S. CRAMER: Aanteekeningen over den landbouw in Japan. Med. v. h. Algemeen Proefstation v. d. Landbouw. No. 22. 1926. p. 8—9.

8. Bij de kalibepaling in grondextracten is aan de kobaltnitriet-methode volgens MITSCHERLICH de voorkeur te geven boven de gebruikelijke platinareductie- en overchloorzuurmethode.

MITSCHERLICH: Bodenkunde. 2e en 4e druk.

CHRISTENSEN en FEILBERG: Landw. Versuchsst. Bd. XCVII. 1920. p. 27—56.

Dodd. Journ. Agr. Science. London. Vol. XIV. 1924. p. 139—150.

9. Zonder een onderzoek naar de fijnheid en verdeeling van de kalk in den grond is van den z.g. „kalktoestand” van een grond geen goed denkbeeld te krijgen.

Jaarboek van het Departement van Landbouw in N.O.-I. 1923—1925, onder: Laboratorium voor Bodemkundig onderzoek.

10. Kalkbemesting kan op Java belangrijke voordeelen opleveren, zoodat uitgebreider proeven met die bemesting dienen te worden genomen.

Jaarboek van het Departement van Landbouw enz. 1924 en 1925, onder: Laboratorium voor Bodemkundig onderzoek.

11. Natuurlijke fosphaten van goede kwaliteit kunnen op Java op bepaalde — veel voorkomende — grondsoorten, zooals laterietgronden en Bantamleemen, betere resultaten opleveren dan superphosphaat. Meerdere proeven om de beide groepen van meststoffen te vergelijken zijn practisch van groot belang, vooral voor den Inlandschen landbouw.

Jaarboek van het Departement van Landbouw enz. 1925, onder: Laboratorium voor Bodemkundig onderzoek.

12. Lysimeterproeven zijn voor den Landbouw op den duur van zooveel belang, dat het noodzakelijk is, er op Java zoo spoedig mogelijk mede te beginnen, al kosten die proeven ook veel geld.

13. Zonder meer kennis van de physiologische verschijnselen bij het suikerriet gedurende de z.g. „groote periode” en van den invloed op die verschijnselen van uitwendige factoren, zal oogstvoorspelling bij dit gewas op grond van omstandigheden in ééne „kritische periode” een aanmerkelijk risico met zich blijven brengen.

Dr. T. A. TENGWALL en E. C. VAN DER ZIJL: Het verband tusschen klimaat en suikerproduct op Java. Archief voor de Suikerindustrie in N.-I. 1924. p. 65—139.

14. Een karteering van de gronden van Nederlandsch Oost-Indië met een landbouwkundig doel moet ressorteeren onder het Departement van Landbouw. Ondeskundige leiding van die karteering zal haar spoedig in discrediet brengen. Daarom is een proef, door haar te plaatsen onder den dienst van de mijnbouwkundige-geologische opsporingen, gevaarlijk.

VOORREDE.

Indien er één gebied in de landbouwwetenschap is, waarbij schier alle natuurwetenschappen te pas komen, dan is dit wel de kennis van den grond. En daarom moeten wij ons gelukkig achten, die kennis aan de Landbouwhoogeschool te kunnen verkrijgen van U, Hooggeleerde ABERSON. In die natuurwetenschappen is U een meester en de wijze, waarop U ze weet toe te passen op het grondonderzoek, is origineel en bewonderenswaardig.

Mijn onderzoek over de verdeeling van kalk en phosphorzuur in de gronden van Java is door Uw colleges ingegeven. Op die colleges werden door U de kennis van den grond en de bemestingsleer als één gebied behandeld. Op die wijze zijn door U beide vakken in hun natuurlijk verband samengevoegd, zooals -- en dit wordt helaas weinig begrepen, ook in Indië -- noodzakelijk is. Op mijn onderzoek zit dus Uw stempel. En dit stempel alleen kan -- naar mijn overtuiging -- voldoende waarborgen geven voor goed werk op het gebied van de betrekkingen tusschen plant en grond, welke voor den landbouw van cardinaal belang zijn.

Hooggeachte Promotor: In de oogenblikken, waarin wij samen mijn werk bespraken, heb ik opnieuw veel van U kunnen leeren. Maar bovenal heb ik dezen keer weer leeren waardeeren de wijze, waarop U een leerling behulpzaam kan zijn. Letterlijk niets was U te veel om het werk zoowel innerlijk als uiterlijk goed verzorgd te krijgen. En altijd en overal vond ik U bij en om mijn werk. Professor ABERSON: Ik dank U voor Uw lessen en voor al Uw hulp. De oogenblikken mijner promotie bij U zullen voor mij onvergetelijk blijven.

Hooggeleerde VAN BAREN: In een bodemkundige mededeeling komen geologische onderwerpen den eenen keer beter naar voren dan een anderen keer. En als U een indruk wil krijgen, of Uw onderwijs in geologie en mineralogie voor ons grondonderzoek in Indië mede van belang is, dan zou ik U liever willen wijzen op de overige mededeelingen van ons laboratorium in Buitenzorg, welke meer op ons dagelijksch werk slaan. Daar zijn onderwerpen behandeld van Uw slag -- sinds 1905. Daar hebben wij de werkwijze gevolgd, welke ook door U jarenlang is gevolgd en die anders is dan van

andere geologen. Wij willen vèrder zien dan hoe een landschap is ontstaan — wij willen ook zien hoe een landschap is en hoe het zal worden. Welnu: deze studie van het landschap in zijn betrekking tot den landbouw noemen wij Agrogeologie. En ik ben U dankbaar, die Agrogeologie van U te hebben mogen leeren.

Ook waren Uwe belangstelling in mijn werk en Uw hulp — overal waar ik ze noodig had — mij een steun. En ik blijf mij in Uw vriendschap aanbevelen.

Zeergeleerde MOHR: Op Uw werk en ook op Uw wijze van werken zijn wij in Bogor doorgegaan. Dit is aan het onderzoek, dat hier is gepubliceerd, duidelijk te zien, al is het op zich zelf ook een andere richting uitgegaan dan waarin door U het laboratorium werd geleid. Maar dit was noodzakelijk. U had nog te zorgen voor een overzicht van de gronden van Indië. Daarop bouwen wij nu voort met die gronden stuk voor stuk nader te onderzoeken. Onder de hand gaan wij met Uw werk door.

En als ik nu mijn omgeving in Indië mag toespreken, dan wil ik beginnen met U, Zeergeleerde CRAMER, dank te zeggen voor Uw werkelijke belangstelling en voor Uw vriendelijke hulp bij mijn werk. De gegevens van dit onderzoek zijn verzameld in een tijd, dat het advieswerk drukker was dan ooit te voren. Maar U begreep met den U eigen ruimen kijk op zaken, dat in elk geval het eigenlijke onderzoek — de kennis van den grond te vermeerderen — niet door dat advieswerk op den achtergrond mocht geraken. Daarom waren de belangen van het grondonderzoek bij U in goede handen.

Maar ik heb aan U nog wat anders' gehad dan goede leiding bij mijn werk. U is een eerlijke en humane chef, bij wien onze belangen veilig zijn. En de rust, waarmede daardoor op ons Algemeen Proefstation het werk kan worden verricht, zal dat werk ongetwijfeld ten goede komen.

Waarde SCHEIBENER en oude vriend SHEILDS: Op Uw kennis en opoffering heb ik bij mijn werk, gedurende zes jaren, mogen rekenen. En hiervoor ben ik U dankbaar. Wil dien dank ook overbrengen aan ons personeel.

Over enkele weken zal ik weer in Uw midden zijn. Mogen wij dan de volgende periode op dezelfde wijze samenwerken bij denzelfden eenvoudigen en eerlijken omgang, waardoor wij — zonder onderscheid van rang — vrienden zijn geworden.

AAN MIJN VADER EN
AAN MIJN VROUW.

INLEIDING.

„The efficacy of insoluble phosphate of lime as a fertilising ingredient rises or falls with the more or less finely divided state in which it occurs in various phosphatic materials.”

Dr. ABRAHAM VOELCKER: On the comparative value of soluble and insoluble phosphates. The Journal of the Royal Agricultural Society of England. 1880. p. 158 (1868. p. 176—196).

In verband met het op Java veelvuldig voorkomen van gebrek aan phosphorzuur in den grond is het daar van groot belang, na te gaan, in hoeverre men door laboratoriumonderzoek zich een oordeel over de phosphorzuurvoorziening van gronden kan vormen.

Een der eersten, die het vraagstuk onder handen nam, was MARR ⁽¹⁾. Hij ging na, of er voor de hoeveelheid phosphorzuur in den grond een grens is te vinden, waarbeneden de grond geen voldoende hoeveelheid van die plantenvoedingsstof bevat voor normale producties van suikerriet.

Voor het doel bepaalde hij in suikerrietgronden, welke gedeeltelijk wel en gedeeltelijk niet op een phosphorzurbemesting reageerden, de hoeveelheid phosphorzuur, oplosbaar in verschillende zuren, en meer in het bijzonder in koud 25 % zoutzuur en in koud 2 % citroenzuur.

(1) TH. MARR: Over kali en phosphorzuur in onzen bouwgrond. Archief voor de Java-Suikerindustrie. 1907. p. 298—455 (overdruk).

A. Grens- Daarbij vond hij in de gronden met gebrek aan phosphorzuur voor suikerriet in het algemeen veel minder oplosbaar phosphorzuur dan in de andere gronden. In den regel bleken in eerstgenoemde — dus de phosphorzuurarme — gronden, in koud 25 % zoutzuur en in koud 2 % citroenzuur oplosbaar, minder dan 0.030 % respectievelijk 0.005 % P_2O_5 voor te komen, terwijl in laatstgenoemde gronden — dus de phosphorzuurrijke gronden — altijd meer phosphorzuur werd gevonden.

Deze cijfers kregen op Java groote beteekenis, omdat een beoordeeling van de suikerrietgronden van het eiland, op grond van die cijfers, vrijwel altijd in overeenstemming was met de uitkomsten van bemestingsproeven.

Dit nadere onderzoek werd verricht door GEERTS (1). Hij had daarbij de beschikking over een groot aantal resultaten (185) van phosphorzuurbemestingsproeven en over phosphorzuuranalysen van de gronden, waarop die proeven waren genomen. Door beide gegevens met elkaar te vergelijken, kwam GEERTS tot de slotsom, dat gronden met minder dan 0.026 % in koud 25 % zoutzuur en minder dan 0.009 % in koud 2 % citroenzuur oplosbaar phosphorzuur in het algemeen gevoelig waren gebleken voor een phosphorzuurbemesting.

De verschillen met de oorspronkelijke cijfers zijn van ondergeschikt belang, vooral als in aanmerking wordt genomen, dat GEERTS in de verschillende centra van suikerrietcultuur niet altijd tot precies dezelfde waarden was gekomen.

Hoofdzak is, dat ook bij nader onderzoek een „duidelijke phosphaatgrens” werd aangetroffen tusschen de suikerrietgronden, welke wel en die, welke niet op een phosphorzuurbemesting hebben gereageerd.

Naderhand bleken de grenswaarden ook bruikbaar om, zooals door DEN BERGER (2) in 1916 werd geschreven, „in het algemeen fosforzuurgebrek in den grond voor het rijstgewas op te sporen.”

Helaas is echter een nader uitgebreid onderzoek hiervan nog niet mogelijk, omdat daarvoor nog onvoldoende materiaal is verzameld: het gevolg van een onvoldoende samenwerking tusschen het proefveldonderzoek en grondonderzoek in vorige jaren.

(1) Dr. J. M. GEERTS: Samenvattende bewerking van de resultaten der proefvelden bij de rietcultuur op Java. Vijfde bijdrage. De werking van superphosphaat in de proeven tot en met het oogstjaar 1913. Archief voor de Java-Suikerindustrie. 1916. p. 543—654 (overdruk).

(2) Dr. L. G. DEN BERGER: De waarde van grondanalyses voor den landbouw. Algemeen Nederlandsch-Indisch Bodemcongres, gehouden te Djocja. 1916. Algemeen en officieel verslag. p. 203—212.

Maar voorzoover er gegevens aanwezig waren, trok VAN ROSSEM ⁽¹⁾ er de conclusie uit, dat „0.03 % P_2O_5 in zoutzuur oplosbaar, en 0.01 % in citroenzuur oplosbaar, gehalten schijnen te zijn, beneden welke men voor rijst gebrek aan phosphorzuur kan verwachten.”

Alweer dus alleen een kleine verandering in de cijfers; maar in de hoofdzaak een bevestiging van het bestaan van grenswaarden.

Zekerheidshalve hebben GEERTS en KUYPER ⁽²⁾ later ook nog bij de nieuwere phosphorzuurbemestingsproeven bij suikerriet nagegaan, of de uitkomsten dezer proeven met den algemeenen regel klopten.

Maar ook hierbij kwamen zij tot geen andere gezichtspunten. Zelfs konden de cijfers van GEERTS geheel gehandhaafd blijven.

Het bestaan van grenswaarden voor suikerriet- en rijstgronden werd dan ook weinig meer in twijfel getrokken en daarmede de mogelijkheid erkend om door de gebruikelijke grondanalyse zich een oordeel te vormen over de phosphorzuurvoorziening dier gronden.

B. Afwijkingen. In enkele gevallen werden echter wel eens op proefvelden andere resultaten verkregen dan op grond van de phosphorzuurgehalten der desbetreffende gronden was verwacht. Bij voorbeeld gaven enkele zeer phosphorzuurrijke gronden van de s.f. (*) Medarie, gelegen op de helling van den vulkaan Merapi, volgens GEERTS ³⁾, met een phosphorzuurbemesting een hooger riet-product en werd in de vlakte van Demak, gelegen in de residentie Semarang, volgens DEN BERGER ⁽⁴⁾, bij rijst gebrek aan phosphorzuur geconstateerd op gronden met meer phosphorzuur dan 0.030 % in zoutzuur en 0.005 % in citroenzuur oplosbaar.

Maar met zekerheid viel er uit die proeven weinig op te maken. Eensdeels waren daarvoor de uitkomsten ervan te wisselvallig — zooals op Medarie — en anderdeels waren de proeven — met name die van DEMAK — van een te zeer oriënteerend karakter om er met zekerheid uit te concluderen, dat de gronden werkelijk gebrek aan phosphorzuur hebben vertoond.

(1) Dr. C. VAN ROSSEM: Bemestings-, nawerkings- en vruchtwisselingsproeven op Java en Sumatra. Verslag over den Westmoesson 1919—1920. Mededeelingen van het Algemeen Proefstation voor den Landbouw. no. 10. Batavia. 1921. p. 15—16.

(2) Archief voor de Java-suikerindustrie (later: Archief voor de suikerindustrie in Nederlandsch Indië). 1917. p. 1647 (overdruk) — 1919. p. 2282 (overdruk) — 1915. p. 120—121. Ook de Verslagen der vergaderingen van de Vereeniging van adviseurs bij de Java-Suikerindustrie, vanaf 1922. Archief voor de Suikerindustrie in Ned.-Indië. 3e deel. Verslagen p. 203—204.

(*) s.f.: afkorting voor suikerfabriek.

(3) Dr. J. M. GEERTS: Loc. cit. 1916. p. 621—623 (overdruk).

(4) Dr. L. G. DEN BERGER: Loc. cit. 1916. p. 205—206.

Uitzonderingen van beteekenis op den regel waren er niet. En zoo kon Dr. PH. VAN HARREVELD, t.t.t. Directeur van het Proefstation voor de Suikerindustrie op Java, dan ook veilig schrijven (3 Maart, 18 Mei en 17 Juni 1924), dat hem in het suikerareaal op Java nog geen zeker geval bekend was van gebrek aan phosphorzuur op een grond met meer phosphorzuur, dan 0.025 % in zoutzuur en 0.008 % in citroenzuur oplosbaar.

Inmiddels had zich echter in 1922 bij de dessa (dorp) Glonggong, gelegen in de Residentie Semarang, nabij Poerwodadi, op een grond, die volgens de grenswaarden van MARR-GEERTS zeer rijk is aan phosphorzuur, een geval van gebrek aan deze plantenvoedingsstof voorgedaan, waaraan niet viel te twifelen, omdat het bij herhaling en in meerdere proeven werd bevestigd ⁽¹⁾.

En later bereikten ons berichten, dat ook in de suiker — in het Sidhoardjosche (Residentie Soerabaja), o.a. op de suikerfabriek Poppoh — hetzelfde verschijnsel was waargenomen ⁽²⁾.

In de volgende jaren werd het onderzoek bij suikerriet door het suikerproefstation vervolgd met als resultaat, dat in laatstgenoemde streek op menige plek op gronden met veel en zelfs zeer veel phosphorzuur een phosphorzuurbemesting effect gaf ⁽³⁾.

Met dergelijke uitzonderingen kwam de bruikbaarheid van de grenswaarden wel eenigszins in het gedrang, en het vertrouwen in de cijfers ging dan ook gaandeweg achteruit, toen ook in andere gevallen en op andere grondsoorten meer en meer gebrek aan de plantenvoedingsstof werd aangetroffen op gronden, waarop dat gebrek, afgaande op de analysecijfers, niet was verwacht.

C. Factoren, die de opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond bepalen. Er ontstond behoefte aan een veiliger maatstaf om de phosphorzuurvoorziening in gronden te beoordeelen.

Om daartoe te kunnen komen, was het noodig, de factoren, welke de opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond bepalen, in studie te nemen en meer speciaal na te gaan, waaraan het is toe te schrijven, dat gronden met veel en dikwijls gemakkelijk oplos-

(1) Jaarverslag van den Landbouwvoorlichtingsdienst over 1922 en 1923. Weltevreden. 1923. p. 33—34 en 1924. p. 55.

(2) Roneo-verslagen van de proefvelden van het Proefstation voor de Java-suikerindustrie. Groep Sidhoardjo. 1923 en volgende jaren. Later in: Dr. J. KUYPER: Beknopt overzicht der resultaten van de in 1924 geoogste vakkenproeven. Archief voor de Suikerindustrie in N.-I. 1925. p. 120—121.

(3) Dr. J. KUYPER: Beknopt overzicht der resultaten van de in 1925 geoogste vakkenproeven. Archief voor de Suikerindustrie in N.-I. 1926. p. 63—65.

baar phosphorzuur toch voor een phosphorzurbemesting gevoelig kunnen zijn (*).

Met het oog op het groote aantal dier factoren hebben wij bij ons onderzoek van het vraagstuk de gronden grondsoortsgewijze bekeken en dus ook de afwijkingen naar de grondsoort, waarop zij werden waargenomen, ingedeeld. Hiermede bereikten wij, dat door de verwantschap binnen de grondsoort telkens minder factoren tegelijk in beschouwing behoeften te worden genomen.

Het onderzoek omvatte de drie voornaamste stam-grondsoorten van het eiland: de laterietgronden, de vulkanische aschgronden en de mergelgronden.

Van deze gronden zullen thans alleen de mergelgronden nader worden besproken, waarbij de afwijkingen Glonggong en Sidhoardjo het meest opvielen en het onderzoek resultaten van ook algemeener beteekenis heeft opgeleverd.

Mergelgronden. (1).

Onder mergelgrond verstaan wij in Buitenzorg een groep van zware kleigronden en stugge leemgronden, ontstaan uit kalkhoudende gesteenten en klei- en leemsteen, op Java bij de geologen bekend onder den naam van „Mergel”. De gronden zijn van de andere grondsoorten van het eiland gemakkelijk te onderscheiden door hun ongunstige physische eigenschappen en hun kleur. Deze is in den regel zwart, maar er zijn ook witte en grauwe mergelgronden. Een voornaam kenmerk der gronden is het voorkomen in de meeste daarvan van koolzure kalk, een bestanddeel, dat in de andere belangrijker grondsoorten van het eiland zelden voorkomt.

De koolzure kalk is in de zwarte mergelgronden, welke voornamelijk in het laagland voorkomen, voorhanden in den vorm van „niervormige” concreties. Deze concreties liggen in den grond gebed in een overigens koolzure-kalkvrije massa. Zij vallen in de gronden onmiddellijk op door haar witte tot grijze kleur en door haar grootte,

(*) Het omgekeerde verschijnsel van gronden, arm aan phosphorzuur, en desondanks zonder gebrek aan phosphorzuur, schijnt ook meermalen te zijn voorgekomen. Vooral heeft ons hierop GEERTS gewezen. Voor nader uitvoerig onderzoek is dit onderwerp echter door gemis aan voldoende bewijsmateriaal nog niet voldoende rijp.

(1) Zie voor een uitvoeriger beschrijving der mergelgronden:

Dr. E. C. JUL. MOHR: *De grond van Java en Sumatra*. Amsterdam, 1922.

F. LEDEBOER: Verslag van de Veldproeven onder leiding van het Proefstation Cheribon, gedurende 1910/1911. *Archief voor de Java-Suikerindustrie*. 1912. p. 767—772.

J. TH. WHITE: Bijdrage tot de kennis omtrent den grond en het klimaat van de voornaamste agavestrecken van Java en Sumatra's Oostkust. *Teysmannia*. 1922. p. 553—558.

welke die van een kindervuist kan bereiken. Daar een goede afbeelding dezer concreties — op het veld het beste kenmerk der gronden — in de litteratuur niet te vinden is, voegen wij er hier een tweetal fotografieën van bij. Nadere bijzonderheden dienaangaande zullen later worden opgegeven, als wij onze onderzoekingen over de verdeeling van de koolzure kalk in de mergelgronden gaan publiceeren. Naast de kalkconcreties komen in de zwarte mergelgronden mangaan- en ijzerconcreties voor in den vorm van „hagelerts” en „boonerts”; ook van deze concreties geven wij hierbij een afbeelding. Uit het voorkomen van vele concreties in den grond mogen wij afleiden, dat de zwarte mergelgronden in een ouderdomsstadium verkeeren. Daarom hebben wij ze „Oude mergelgronden” genoemd; een naam, die o.i. de voorkeur verdient boven de gangbare Inlandsche benaming „rantja-minjak”, omdat daarin oorsprong en ouderdom der gronden duidelijk uitkomen; hetgeen bij den Inlandschen naam niet het geval is (*).

Geheel anders is meestal het voorkomen van de koolzure kalk in de witte, geelwitte, grijze en grauwe mergelgronden. In deze gronden komen in den regel geen kalkconcreties voor, doch wel resten van het kalkhoudende moedergesteente, zooals stukjes mergel en foraminifeeren, en verder zeer fijn kalkgruis, in den vorm van agglomeraten van kristalletjes calciëet, waarvan wij den diameter konden vaststellen op 20 μ tot 100 μ . Uit een en ander is af te leiden, dat wij in zoo’n geval met een jongen grond te maken hebben en bijgevolg hebben wij dergelijke mergelgronden „Jonge mergelgronden” genoemd.

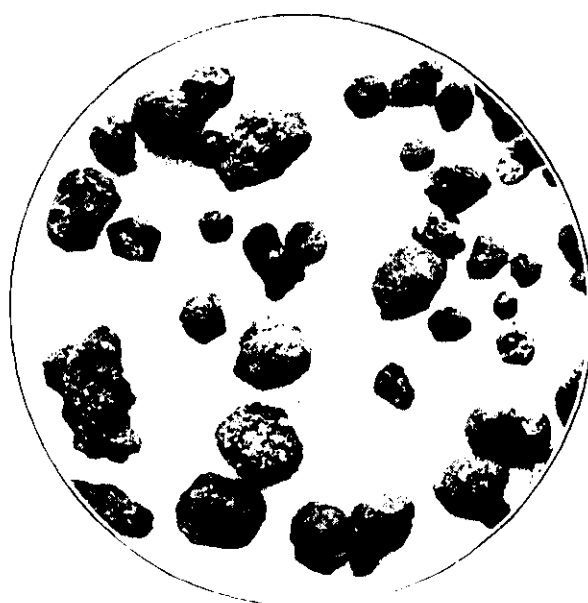
Het in den landbouw meest opvallende kenmerk van de mergelgronden is op Java hun gebrek aan phosphorzuur. Als oorzaak daarvan werd oorspronkelijk algemeen aangenomen de kleine hoeveelheid van de plantenvoedingsstof in bijna alle bekende mergelgronden. Mergelgronden, rijk aan phosphorzuur, had men in den landbouw nog weinig aangetroffen. Toen zij echter werden gevonden, bleken ook deze mergelgronden voor een phosphorzuurbemesting gevoelig te zijn. Het waren de Jonge mergelgronden, zooals die van Glonggong en lokaal ook mergelgronden, zooals die van Sidhoardjo, welke in alle opzichten op de bekende phosphor-

(*) De naam „rantja-minjak” is afkomstig van Cheribon. Rantja = moeras (Soendaneesch) en minjak = olie (Maleisch). Blijkbaar slaat de benaming op de drassigheid, tengevolge van de ondoorlatendheid der gronden, en hun glimmend uiterlijk. Het woord is in de litteratuur het eerst ingevoerd door LEDEBOER (F. LEDEBOER: loc. cit. 1912. p. 767), die ook het eerst de gronden goed heeft beschreven en onderzocht. Later is bij het gebruik van het woord door ondeskundigen veel verwarring ontstaan, zooals dit ook bij het gebruik van het woord „lateriet” het geval is.

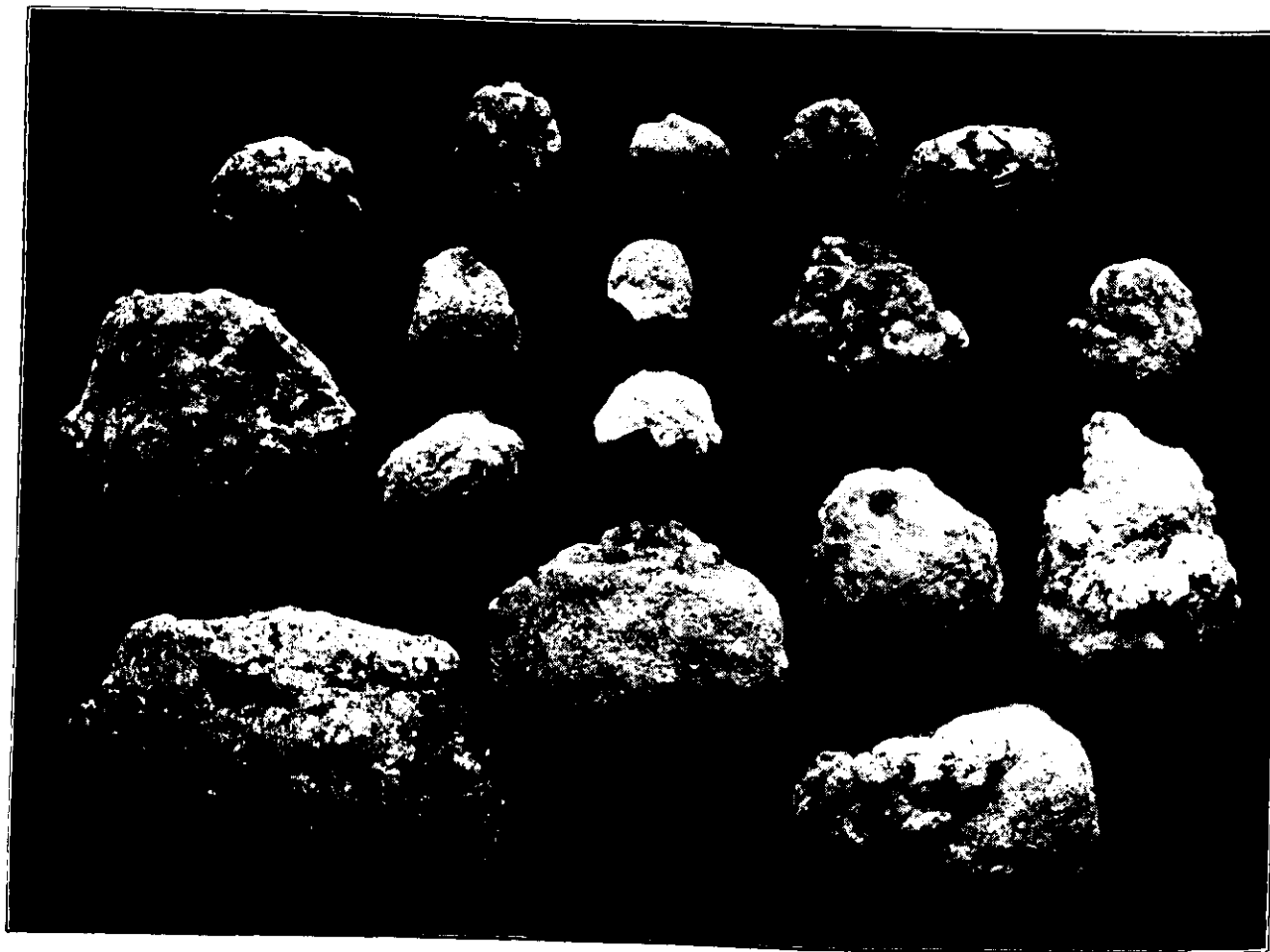


↓
kalk-
concreties

Oude mergelgrond met lokaal kalkeconcreties.
nat. grootte

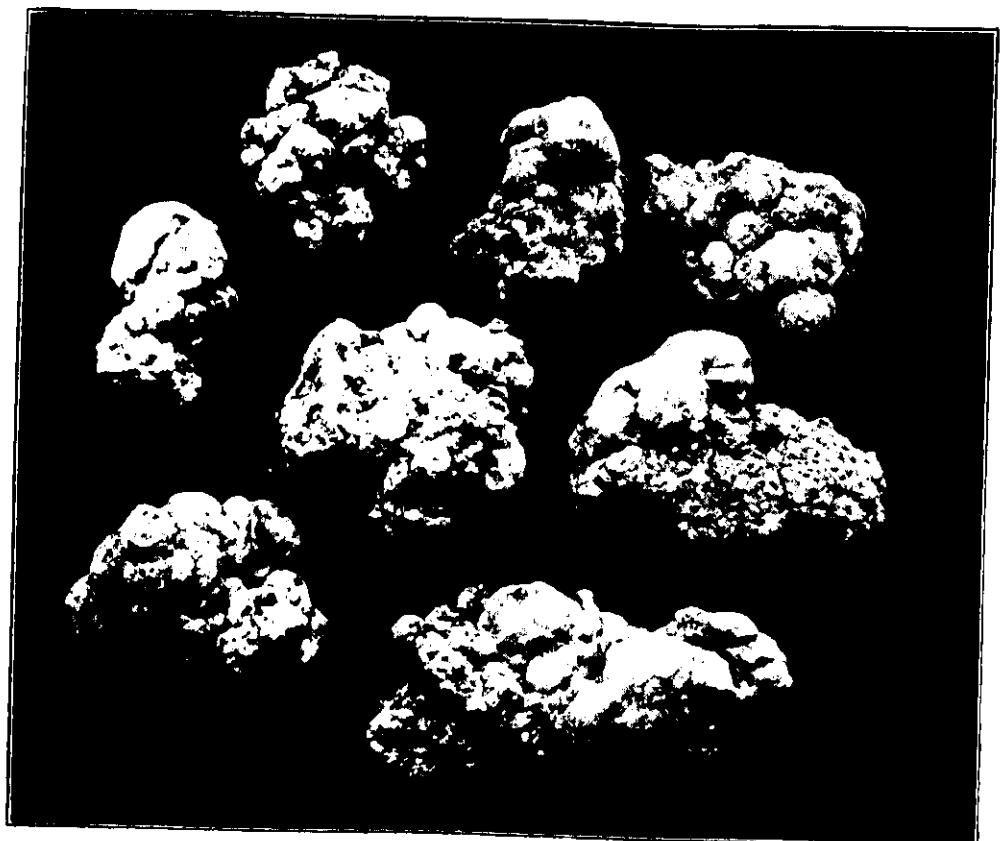


Mangaan-ijzerconcreties.
nat. grootte



Gladde kalkconcreties.

nat. grootte



Niervormige kalkconcreties.

nat. grootte

zuurarme Oude mergelgronden gelijken en voortaan zullen worden genoemd: phosphorzuurrijke Oude mergelgronden.

Er konden in de mergelgronden dus nog andere factoren zijn dan alleen de hoeveelheid phosphorzuur, oplosbaar in zoutzuur en citroenzuur, welke de opneembaarheid van het phosphorzuur in die gronden bepalen.

Hoe het met die opneembaarheid is gesteld, was nagenoeg onbekend, zoodat wij moesten beginnen met daarnaar een onderzoek in te stellen. Als resultaat van dit onderzoek bleek het phosphorzuur in de phosphorzuurarme mergelgronden op zich zelf vrij goed opneembaar, en veel beter opneembaar te zijn dan in de phosphorzuurrijke mergelgronden, waarin het phosphorzuur al heel slecht voor de plant toegankelijk bleek.

De vraag was nu, waaraan de geringe opneembaarheid van de plantenvoedingsstof in de mergelgronden, rijk aan phosphorzuur, zou zijn toe te schrijven.

Van een weinig oplosbaren vorm van de phosphorzuurverbindingen in de gronden bleek hierbij al spoedig geen sprake te kunnen zijn. Integendeel bleken die phosphorzuurverbindingen in eigenschappen overeen te komen met natuurlijke phosphaten, welke in den landbouw als meststof worden gebruikt. En dan was ook in samenstelling tusschen de vrij goed opneembare en zeer slecht opneembare phosphorzuurverbindingen in de mergelgronden, die arm respectievelijk rijk zijn aan phosphorzuur, geen onderscheid te bekennen.

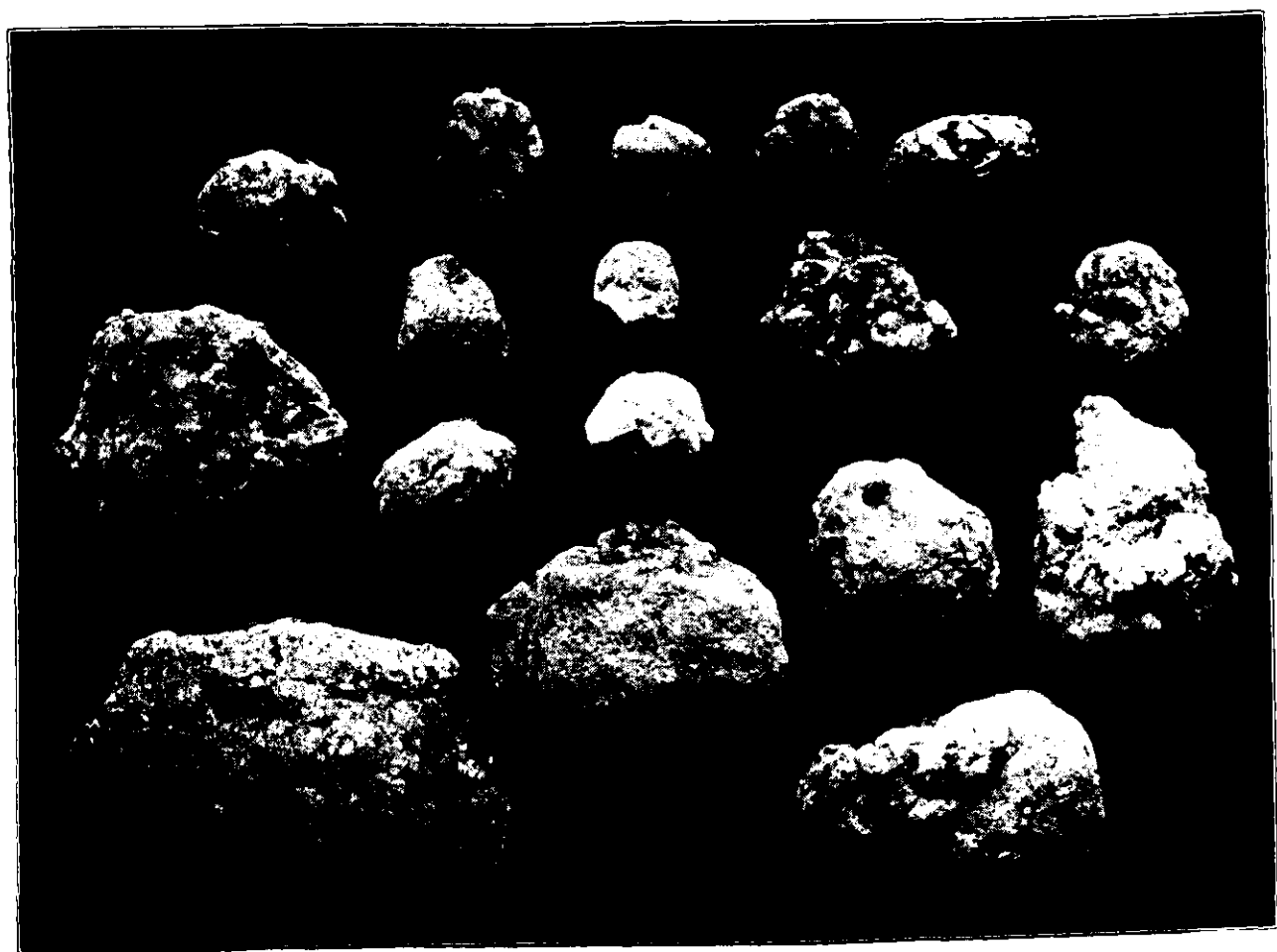
Er moest voor het verschijnsel naar andere, minder bekende oorzaken worden gezocht.

Daarbij hadden wij houvast aan het feit, dat de phosphorzuurverbindingen in de mergelgronden in eigenschappen en samenstelling gelijk te stellen zijn aan natuurlijke phosphaten; wel te verstaan, die natuurlijke phosphaten, welke in den landbouw een goeden naam hebben.

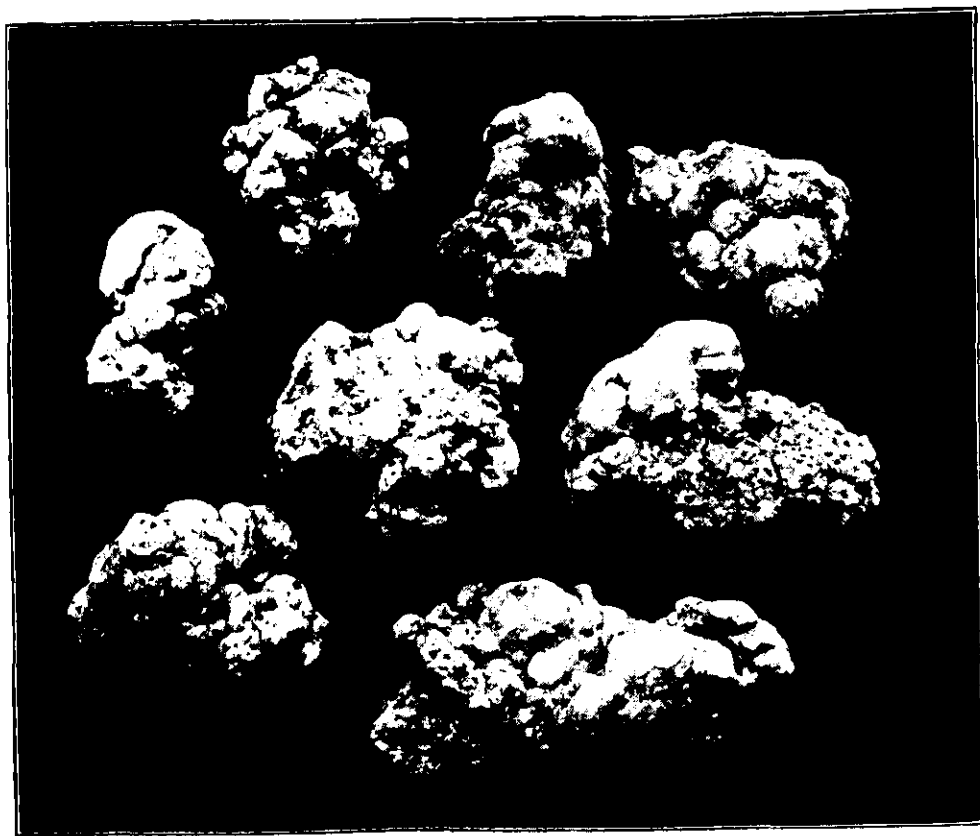
Wij gingen na, welke factoren er bekend zijn, die de werking van deze meststof bepalen ⁽¹⁾.

In het algemeen kunnen natuurlijke phosphaten alleen worden aanbevolen op zandgronden en zure gronden. En dan nog is de werking ervan zeer afhankelijk van de fijnheid van de meststof en haar verdeeling door den grond. Op zware gronden is er tot

(1) Zie hiervoor: o.a. A. MÜNTZ en A. CH. GIRARD: *Les Engrais*, 1890. Tôme II. p. 333—582 en vooral: N. PRJANISCHNIKOW: *Die Düngerlehre*. Berlin. 1923.



Gladde kalkconcreties.
nat. grootte



Niervormige kalkconcreties.
nat. grootte

zuurarme Oude mergelgronden gelijken en voortaan zullen worden genoemd: phosphorzuurrijke Oude mergelgronden.

Er konden in de mergelgronden dus nog andere factoren zijn dan alleen de hoeveelheid phosphorzuur, oplosbaar in zoutzuur en citroenzuur, welke de opneembaarheid van het phosphorzuur in die gronden bepalen.

Hoe het met die opneembaarheid is gesteld, was nagenoeg onbekend, zoodat wij moesten beginnen met daarnaar een onderzoek in te stellen. Als resultaat van dit onderzoek bleek het phosphorzuur in de phosphorzuurarme mergelgronden op zich zelf vrij goed opneembaar, en veel beter opneembaar te zijn dan in de phosphorzuurrijke mergelgronden, waarin het phosphorzuur al heel slecht voor de plant toegankelijk bleek.

De vraag was nu, waaraan de geringe opneembaarheid van de plantenvoedingsstof in de mergelgronden, rijk aan phosphorzuur, zou zijn toe te schrijven.

Van een weinig oplosbaren vorm van de phosphorzuurverbindingen in de gronden bleek hierbij al spoedig geen sprake te kunnen zijn. Integendeel bleken die phosphorzuurverbindingen in eigenschappen overeen te komen met natuurlijke phosphaten, welke in den landbouw als meststof worden gebruikt. En dan was ook in samenstelling tusschen de vrij goed opneembare en zeer slecht opneembare phosphorzuurverbindingen in de mergelgronden, die arm respectievelijk rijk zijn aan phosphorzuur, geen onderscheid te bekennen.

Er moest voor het verschijnsel naar andere, minder bekende oorzaken worden gezocht.

Daarbij hadden wij houvast aan het feit, dat de phosphorzuurverbindingen in de mergelgronden in eigenschappen en samenstelling gelijk te stellen zijn aan natuurlijke phosphaten; wel te verstaan, die natuurlijke phosphaten, welke in den landbouw een goeden naam hebben.

Wij gingen na, welke factoren er bekend zijn, die de werking van deze meststof bepalen ⁽¹⁾.

In het algemeen kunnen natuurlijke phosphaten alleen worden aanbevolen op zandgronden en zure gronden. En dan nog is de werking ervan zeer afhankelijk van de fijnheid van de meststof en haar verdeling door den grond. Op zware gronden is er tot

(1) Zie hiervoor: o.a. A. MÜNTZ en A. CH. GIRARD: *Les Engrais*. 1890. Tôme II. p. 333—582 en vooral: N. PRJANISCHNIKOW: *Die Düngerlehre*. Berlin. 1923.

dusverre weinig resultaat mede verkregen, omdat daarin de meststof moeilijk goed verdeeld kan worden en die verdeling er in deze gronden bijzonder op aankomt, omdat de circulatie in den grond heel gebrekkig is en de beworteling van de plant er meer zal zijn gelocaliseerd dan in zand- en zandige leemgronden. Ook schijnen natuurlijke phosphaten in regenrijke streken beter te voldoen dan in droge streken (1).

Korter kan worden gezegd, dat in de practijk natuurlijke phosphaten alleen dan goed bruikbaar zijn gebleken, als de omstandigheden voor een goede oplosbaarheid van de meststof (o.a. fijnheid) en voor een groote trefkans van plantenwortel en phosphaatdeelen (o.a. verdeling) gunstig zijn.

Bij de mergelgronden hebben wij in de eerste plaats te maken met zeer zware kleigronden. Willen de planten hier van het phosphorzuur profijt trekken, dan zal dat phosphorzuur er dus in zeer fijnen toestand in aanwezig moeten zijn. Vanzelf zal dan meestal ook de verdeling van de plantenvoedingsstof goed zijn. In de tweede plaats zijn de mergelgronden eerder aan den alkalischen dan aan den zuren kant en zal koolzuurvorming in den grond, in verband met zijn geringe hoeveelheid organische stof en zijn ongunstige physische eigenschappen, wel verre van overvloedig zijn. De factoren, welke de oplosbaarheid van het phosphorzuur in gronden kunnen bevorderen, zijn dan ook in de mergelgronden afwezig. Daarentegen kunnen zelfs in sommige mergelgronden zich remmende factoren op die oplosbaarheid voordoen, zooals het voorkomen van koolzure kalk. De eenige gunstige factor is, dat bij den sawah-bouw veel water wordt gebruikt. Maar overigens liggen de gronden in droge streken, zoodat in den tijd, dat zij niet voor sawahbouw worden benut en gedurende de periode, dat er suikerriet op staat, de omstandigheden voor een goede oplosbaarheid van de phosphorzuurverbindingen in de mergelgronden al bijzonder ongunstig zijn. Alles zal daarom des te meer van de fijnheid en verdeling dier verbindingen afhangen, of zij — ondanks genoemde ongunstige voorwaarden — nog voldoende opneembaar zullen zijn. Dat zij dit kunnen zijn, bewijzen ons de goede rendementscijfers van het phosphorzuur in de mergelgronden, welke aan de plantenvoedingsstof arm zijn.

En zoo kwamen wij ertoe, naar de fijnheid en verdeling van de phosphorzuurverbindingen in de mergelgronden van Java een onderzoek in te stellen (*).

(1) G. S. ROBERTSON: Basic slags and Rock phosphates. Cambridge. 1922.

(*) Behalve de fijnheid is op de oplosbaarheid van de desbetreffende verbindingen ook van invloed de natuur dier verbindingen, waarmede be-

D. De fijnheid en verdeling van de phosphorzuurverbindingen.

Deze factoren blijven bij het grond-onderzoek als regel buiten beschouwing. Dit is eigenlijk heel vreemd. Immers wordt er bij het onderzoek van meststoffen en in de bemestingsleer — dus in een zeer verwant gebied — wel, en dan nog zeer veel aandacht aan geschonken. Dit zien wij duidelijk tot uiting komen in de eischen van fijnheid, welke er vrijwel overal voor den handel van in water onoplosbare phosphorzuurmeststoffen en koolzure kalk zijn gesteld. Zoo vermeldt b.v. de „Nederlandsche codex-meststoffen” (1), dat Thomasslakkenmeel en natuurlijke phosphaten minstens voor 75 % een zeef met 0.17 m.m. maaswijdte moeten passeeren, willen zij als volwaardig kunnen worden beschouwd. Bevatte genoemde meststoffen minder dan 65 % van dergelijke fijne deelen — z.g. „fijnmeel” — dan kan een koper van die meststoffen, handelende onder de z.g. „Algemeene Handelsvoorwaarden”, de meststoffen weigeren, terwijl voor elk procent minder fijnmeel dan 70 %, de koper een bepaalde korting op de koopsom kan eischen. Bij de beoordeeling van genoemde meststoffen wordt dan ook hier te lande altijd het gehalte aan fijnmeel bepaald. En in de laatste jaren zijn er nog stemmen opgegaan om den eisch van fijnheid voor genoemde meststoffen te verzwaren, waarvoor o.i. zeer veel valt te zeggen. Immers kan het materiaal, dat de „fijnmeel”-zeef passeert, van zeer verschillende fijnheid en daarmee van zeer verschillende werkzaamheid zijn, zonder dat hiervoor thans een officiële waardeering bestaat.

De groote invloed van de fijnheid op de oplosbaarheid en opneembaarheid van hoogergenoemde phosphaten is in een groot aantal proeven aangetoond. Weliswaar is — zooals bij landbouwkundige proeven algemeener kan worden opgemerkt — een groot aantal daarvan slecht opgezet, maar er zijn er ook bij, die goed zijn genomen. Hiervan willen wij thans een enkele gaan vermelden om onze beschouwingen eenigszins met experimenten te staven.

Omtrent den invloed van de fijnheid van natuurlijke phosphaten op hun oplosbaarheid — of beter: hun oplossings-

doeld wordt, of zij kristallijn dan wel amorf zijn. Bij de mergelgronden kon, op enkele staafjes apatiet na, geen kristallijne natuur der phosphorzuurverbindingen worden ontdekt; wel bij sommige laterietgronden. Het onderwerp kan daarom beter bij laatstgenoemde gronden aan de orde worden gesteld.

(1) Eischen voor kwaliteit van hulpmeststoffen en chemische hulpstoffen voor land- en tuinbouw enz.; bij verkorting genaamd „Codex meststoffen”. Maastricht. 1911. p. 3—5.

snelheid — zijn in MÜNTZ: Les Engrais ⁽¹⁾ goede proeven vermeld.

Een dier proeven is van BARRAL en MENIER ⁽¹⁾. Deze onderzoekers maakten phosphoriet uit de Ardennen fijn in verschillende korrelgrootten. Elk der naar fijnheid ingedeelde partijen werd gedurende één uur met koolzuurhoudend water geschud. De resultaten van de proef waren:

ARDENNENPHOSPHORIET.

KORRELGROOTTE	3 m.m.	2 m.m.	1 m.m.	kl. 1 m.m.
Opgeloste phosphoriet in milligrammen	4	11	48	81
Opgeloste P_2O_5 in milligrammen	2	5	25	42

Met de fijnheid was de oplosbaarheid van het phosphoriet zeer snel toegenomen. De deeltjes kleiner dan 1 m.m. — „farine impalpable” — waren 20 maal beter oplosbaar dan de deeltjes van 3 m.m. Hieruit blijkt duidelijk de zeer krachtige invloed van de fijnheid van een stof op haar oplosbaarheid.

De oorzaak hiervan is, dat in verhouding tot hun massa het oppervlak van kleinere deeltjes groter is dan dat van grovere deelen. Verdeelt men b.v. een kubus — om ons bij het bekende voorbeeld van EHRENBURG ⁽²⁾ te houden — door negen tusschenschotten in 27 kubi, elk met ribben, die $\frac{1}{3}$ maal zoo lang zijn als van den oorspronkelijken kubus, dan is het oppervlak van deze kleinere kubi tezamen 3 maal zoo groot als dat van den oorspronkelijken kubus, terwijl de inhoud van die kleine kubi tezamen niet groter is dan die van den grooten kubus. Door een dergelijke vergrooting van oppervlak wordt het aanrakingsvlak van oplosmiddel en op te lossen stof groter, waardoor de stof gemakkelijker, of liever sneller in oplossing gaat. De verhouding oppervlak : massa noemt men het „specifiek oppervlak” van een stof.

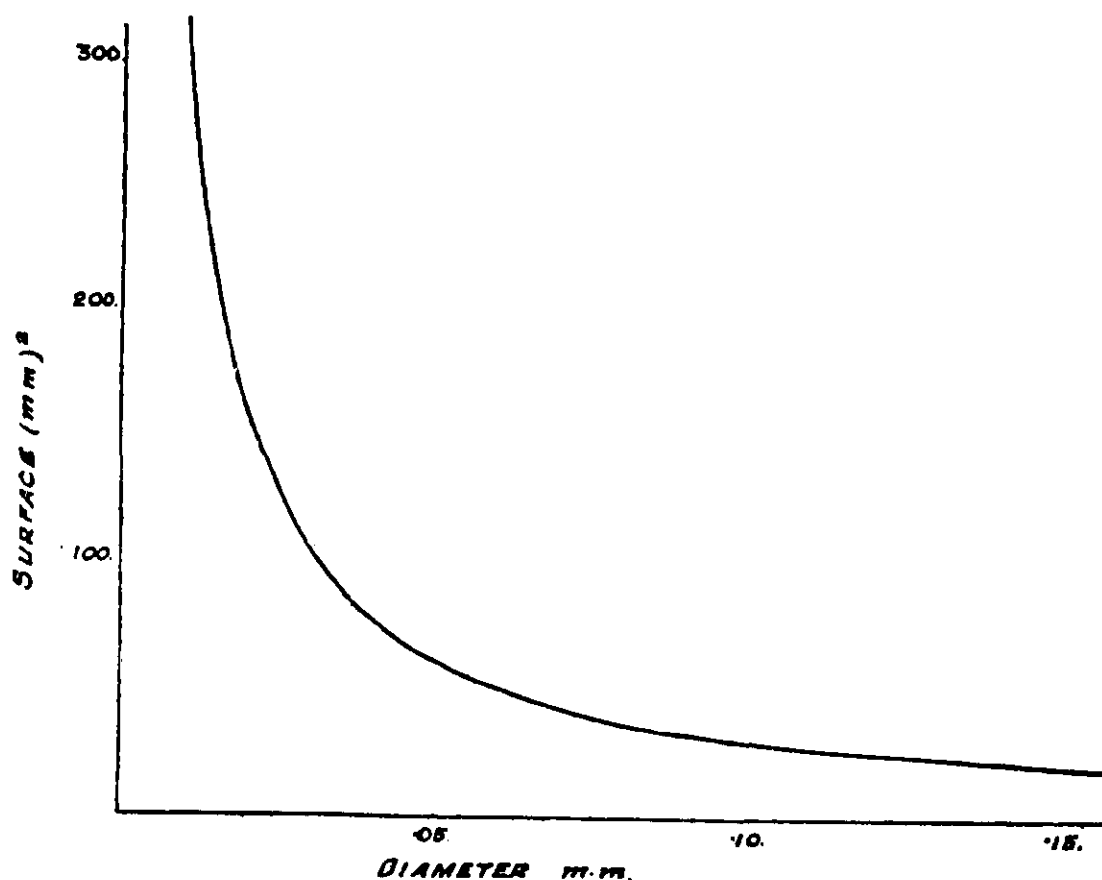
Naarmate dit oppervlak groter is, zal naar diezelfde mate — onder overigens gelijke omstandigheden — de oplossingssnelheid van een

(1) A. MÜNTZ en A. CH. GIRARD: Les Engrais. Paris. 1890. Tome II. p. 525—536. Op p. 536 besluit MÜNTZ het hoofdstuk over de fijnheid van natuurlijke phosphaten — welke in dit handboek duidelijker en vollediger is behandeld dan in menig moderner hand- of leerboek — met de volgende opmerking: „Si nous avons autant insisté sur ces considérations de finesse, c'est que jusqu'ici on n'y a pas attaché une assez grande attention. Nous pensons en effet que le succès des phosphates employés en nature dépend en grande partie de leur degré de ténuité. De proeven van BARREL en MENIER staan vermeld op p. 528.

(2) P. EHRENBURG: Die Bodenkolloide. 1922. p. 3—4.

stof toenemen. Het specifiek oppervlak zal vooral bijzonder groot zijn bij zeer fijne deelen, zooals is te zien aan de volgende grafiek van ALLAN MURRAY (1).

En zoo zou men zich dan kunnen voorstellen, dat een verbinding, welke in groven toestand z.g. onoplosbaar is, d.w.z. zoo langzaam in oplossing gaat, dan men het niet merkt, in zeer



Het verband tusschen korreldiameter en oppervlak.

fijnen toestand zóó snel in oplossing gaat, dat men zegt, dat dezelfde verbinding dan goed oplosbaar is.

In den grond brengt de fijne verdeeling van plantenvoedingsstoffen, die in koolzuurhoudend water moeilijk oplosbaar zijn, niet

(1) J. ALLAN MURRAY: The available state. Soil Science. Vol. XVII. 1924. p. 267—371.

Wij kunnen van de figuur zoo aflezen, dat vooral beneden een korreldiameter van 50 μ verkleining van de korrelgrootte bij een bepaalde hoeveelheid materiaal tengevolge heeft een relatief groote en tenslotte zelfs zeer groote vermeerdering van oppervlak. „The region of the bend” zegt MURRAY, „probably corresponds to a critical stage between the available and non-available states”, welke hypothese origineel is en nader zal moeten worden bekeken. Jammer is, dat MURRAY bij de hypothese is blijven staan.

Toen de mededeeling van MURRAY verscheen, waren wij met ons onderzoek nagenoeg klaar. Wij begonnen dit onderzoek in 1922, zooals moge blijken uit het Jaarverslag van ons Laboratorium, gepubliceerd in het Jaarboek van het Departement van Landbouw, Nijverheid en Handel in N. O. I. over 1922. Hoofdstuk: Algemeen Proefstation voor den Landbouw. 2. Onderafdeeling voor Bodemkundig onderzoek. p. 3—4 (overdruk).

alleen het voordeel met zich mede van een betere oplosbaarheid, maar ook van een betere verdeling door den grond, waardoor in verband met de langzame circulatie van het water in den grond, minder locale verschillen kunnen ontstaan. Verder is dan de trefkans van plantenwortel en voedingsstof grooter, waardoor de voeding van de plant minder afhankelijk wordt van de samenstelling van het water in den grond.

Een andere proef over den invloed van de fijnheid van natuurlijke phosphaten op hun oplosbaarheid is van ROBERTSON ⁽¹⁾. Deze onderzoeker ging de oplosbaarheid na bij harde soorten ruw phosphaat en met behulp van 2 % citroenzuur, waarmede de monsters gedurende een half uur werden geschud in een schudmachine. Genomen werd 5 gram phosphaat in 500 c.c. 2 % citroenzuur. De extracties werden 5 maal herhaald. Gedurende die vijf extracties werd opgelost:

MAKATEAPHOSPHAAT.

	1 m.m.	30"	60"	90"	100"	
Oplosbaar in 2% citroenzuur. . .	17.25	21.93	26.97	30.77	35.30	% P ₂ O ₅
Totaal phosphorzuur	38.90	39.24	39.23	39.09	38.24	% P ₂ O ₅

De cijfers 30" tot 100" geven aan het aantal mazen van de zeef op 1 inch. Zeef 100" komt de „fijnmeel"-zeef dicht nabij.

Bij de eerste extractie werd opgelost:

	1 m.m.	30"	60"	90"	100"	
Oplosbaar in 2% citroenzuur. . .	3.93	4.98	6.40	7.47	9.25	% P ₂ O ₅

Uit de cijfers blijkt duidelijk de veel betere oplosbaarheid van het phosphaat, naarmate het fijner is. Werd van de stof bij een korreldiameter van 1 m.m. bij 5 extracties nog niet de helft van de totaalhoeveelheid phosphorzuur opgelost, bij een korreldiameter van 0.25 m.m. en kleiner was onder dezelfde omstandigheden van het phosphaat tweemaal zooveel en bijna al het phosphorzuur in oplossing gegaan. Reeds bij de eerste extractie werden dezelfde groote verschillen waargenomen.

Verschillen in oplosbaarheid bij verschillende fijnheid zien wij

(1) G. S. ROBERTSON: Notes on the nature of the phosphates, contained in mineral phosphates. The Journal of Agricultural Science. London. Vol. VIII. 1916—1917. p. 16—25.

ook bij het Florida-„pebbles”-phosphaat, dat nog moeilijker oplosbaar is dan het Makateaphosphaat.

FLORIDA-PEBBLESPHOSPHAAT.

	30"	100"	
Oplosbaar in 2% citroenzuur, gedurende 5 achtereenvolgende extracties.....	17.67	26.92	% P_2O_5
Totaal phosphorzuur	33.27	31.50	% P_2O_5

Zoowel in de proeven van BARRAL en MENIER als in die van ROBERTSON is met betrekkelijk grof materiaal gewerkt, wat natuurlijk voor ons een nadeel is, omdat wij in den grond voornamelijk te maken hebben met veel fijner materiaal. ALLAN MURRAY b.v. wil als direct opneembaar beschouwen het „superfine” phosphaat in den grond van omstreeks 0.1μ diameter. Dit cijfer lijkt ons overdreven klein. Maar zeker is, dat in den grond de meeste phosphorzuurverbindingen als regel voorkomen in een fijnheid kleiner dan 0.2 m.m. , d.i. de kleinste maaswijdte van de door ROBERTSON gebruikte zeven. En het komt er voor ons nu voornamelijk op aan, de verschillen in oplosbaarheid te weten van de phosphorzuurverbindingen in de gronddeeltjes van b.v. kleiner dan 2μ en groter dan 2μ . Voorzoover ons bekend is, zijn dergelijke onderzoeken bij fosphaten nog niet verricht. Wel, zooals wij later zullen zien, bij koolzure kalk. Maar in elk geval leeren wij uit de hier vermelde proeven voldoende den grooten invloed kennen van de fijnheid van moeilijk oplosbare kalkphosphorzuurverbindingen op hun oplosbaarheid en dit is hier de hoofdzaak.

Een der eersten, die dien invloed heeft nagegaan, was de Engelschman VOELCKER ⁽¹⁾. Zijn proeven over de oplosbaarheid van fosphaten dateeren reeds van 1868. VOELCKER zag toen al zeer goed in de beteekenis van de fijnheid en van den aard van moeilijker oplosbare kalkphosphorzuurverbindingen voor den landbouw (zie motto). En wat wel het meeste opvalt is, dat hij reeds in 1880 voor de veel betere werking in den grond van superphosphaat ten opzichte van beendermeel en natuurlijke fosphaten — een onderwerp dat straks uitvoerig zal worden besproken — een verklaring wist te geven, welke nog heden ten dage als de eenige

(1) Dr. A. VOELCKER: On the solubility of phosphatic materials, with special reference to the practical efficacy of the various forms, in which Bones are used in agriculture. The Journal of the Royal Agricultural Society of England. London. 1868. p. 176—196.

goede is te beschouwen en die wij hier aan de vergetelheid meenen te moeten onttrekken. „The whole secret of the energetic action of superphosphates,” zoo schreef VOELCKER ⁽¹⁾ in 1880, „depends upon the production of most minutely subdivided or precipitated insoluble phosphate of lime, within the soil itself, and not, as is erroneously supposed by some, on the direct absorption of soluble phosphates by plantes.”

Onze kennis van een en ander is sinds 1880 al zeer weinig vermeerderd; integendeel waren wij tot voor kort nog niets verder dan VOELCKER.

Wat het verband tusschen fijnheid en opneembaarheid van natuurlijke phosphaten en andere niet in water oplosbare phosphaten van gelijke samenstelling betreft: hierover zijn proeven genomen o.m. door PRJANISCHNIKOW ⁽²⁾.

In een daarvan zijn de potproeven genomen met kwartszand en beplant met gerst.

Per pot werd gegeven 0.25 gram P_2O_5 in den vorm van beendermeel ($Ca_3(PO_4)_2$) van verschillende fijnheid. Ter vergelijking dienden potten, welke geen phosphorzuur hadden gekregen en potten met het phosphorzuur, gegeven in den vorm van in water oplosbaar fosphaat. De gemiddelde opbrengsten der verschillende potten waren:

BEENDERMEEL.

Superphosphaat	Beendermeel			Zonder phosphorzuur
	$\frac{1}{4}$ m.m.	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$ m.m.	$\frac{1}{2} - 1$ m.m.	
31.7	18.9	13.1	10.4	3.4

In deze proef bleek — ondanks den lichten grond en de nog tamelijk kleine verschillen in fijnheid der meststof, welk laatste een gebrek van nagenoeg alle dergelijke proeven is — het fijnere beendermeel bijna tweemaal zoo werkzaam als het grove beendermeel. Bedroeg de werking van het beendermeel, fijner dan $\frac{1}{4}$ m.m., ruim 50 % van die van het oplosbare fosphaat; de korrels beendermeel van $\frac{1}{2} - 1$ m.m. gaven slechts 25 % van de meerproductie van de met oplosbare fosphaat bemeste potten.

Ook nam PRJANISCHNIKOW nog potproeven met phosphoriet van verschillende fijnheid — een natuurlijk fosphaat, waarvan de

(1) Dr. A. VOELCKER: Loc. cit. 1880. p. 159.

(2) N. PRJANISCHNIKOW: Die Düngerlehre. Berlin. 1923. p. 257—258.

samenstelling van de phosphorzuurverbinding is ongeveer $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ — op zuren veengrond, waarvan de oogst van het gewas — welk gewas het is geweest, wordt niet vermeld — bedroeg in grammen ⁽¹⁾:

PHOSPHORIET.

$1/10 - 1/5$ m.m.	$1/4 - 1/2$ m.m.	$1/2 - 1$ m.m.
51	39	27

Zelfs op den zuren grond, waarin toch de meststof beter oplosbaar is dan in andere gronden, en bij de betrekkelijk geringe verschillen in fijnheid van het phosphoriet, werd nog een groote invloed van de fijnheid van het phosphaat op zijn opneembaarheid waargenomen.

Koolzure kalk.

Uitvoeriger dan bij phosphorzuurverbindingen is de invloed van de fijnheid van in water onoplosbare meststoffen op haar werkzaamheid in den grond nagegaan bij koolzure kalk of „mergel”. Wij zullen hierbij even stilstaan, omdat de oplosbaarheid en de werkzaamheid van koolzure kalk in den grond van dezelfde omstandigheden afhankelijk zijn als die van natuurlijke phosphaten en de erover genomen proeven dus voor ons van voordeel kunnen zijn. Ook zal in de volgende beschouwingen over de opneembaarheid van het phosphorzuur in de mergelgronden de werkzaamheid van de koolzure kalk daarbij ter sprake komen, welke werkzaamheid begrijpelijkerwijze eveneens afhankelijk is van de fijnheid der verbinding.

Om ons tot de allervoornaamste proeven over fijnheid en oplosbaarheid van koolzure kalk te beperken, zullen wij hier alleen behandelen de proeven van HAGER en KERN ⁽²⁾.

Deze onderzoekers hebben gedurende bepaalde tijden 1 gram koolzure kalk van verschillende, sterk uiteenlopende fijnheid met 500 c.c. koolzuurhoudend water van een verschillend koolzuurgehalte geschud en in het filtraat de hoeveelheid kalk bepaald, welke bij de extracties in oplossing werd gebracht. De koolzuurconcentraties van het water werden zoodanig gekozen, dat zij

(1) N. PRJANISCHNIKOW: Loc. cit. 1923. p. 216.

(2) G. HAGER und J. KERN: Über die Löslichkeit des kohlensauren Kalkes verschiedener Herkunft und Feinheit in kohlensäurehaltigem Wasser in ihrer Beziehung zu Boden und Pflanze. Journal für Landwirtschaft. 1916. p. 325—342.

eenigszins overeenkwamen met de koolzuurconcentraties, welke zich in het bodemvocht kunnen voordoen, waarbij als maximum voor die concentraties was aangenomen 150—200 m.gr. CO_2 per liter.

Van de resultaten dezer onderzoeken zullen wij in de volgende tabel enkele noemen, verkregen bij een korten duur van inwerking van het koolzuurhoudende water — namelijk 15 minuten — en aan de hand waarvan daarom een goede indruk kan worden verkregen van den invloed van de fijnheid der kalk op haar oplosingssnelheid.

Opgeloste hoeveelheden CaCO_3 in m.gr. per liter na 15 minuten schudden met water met 30 en 220 m.gr. CO_2 per liter:

KALKSOORT	Marmer	Kalksteen	Marmer	Geprec. kalk	Kalksteen	Krijt
Gem. korreldiam. in m.m.	0.63	0.26	kl. 0.025	0.005	kl. 0.003	0.0025
30 m.gr. CO_2	16.0	54.3	60.4	73.7	76.3	82.7
220 m.gr. CO_2	23.2	80.1	101.9	155.2	187.3	289.0

Aan de cijfers is aanstonds af te lezen, dat naarmate de koolzure kalk fijner is, zij naar die mate veel sneller in oplossing gaat. Zelfs overtreft de invloed van de fijnheid der verbinding op haar oplosingssnelheid die van de koolzuurconcentratie van het oplosmiddel, welke factor meestal als zeer krachtig wordt beschouwd. Dat deze factor werkelijk van grooten invloed is — ook bij fijne koolzure kalk — zien wij aan het verschijnsel, dat de verschillen in oplosingssnelheid van de koolzure kalk bij verschillende fijnheid groter worden met de hoeveelheden koolzuur per liter oplosmiddel, hetgeen verband houdt met de betrekkelijk nog moeilijke oplosbaarheid van zelfs fijne koolzure kalk in koolzuurhoudend water.

Bij langer schudden zullen de verschillen in oplosbaarheid (*), tengevolge van verschillen in fijnheid, tenslotte verdwijnen, omdat van de kalkdeelen op den duur de maximum-hoeveelheid CaCO_3 zal zijn opgelost. Die maximum-hoeveelheid — dus meer bepaaldelijk de oplosbaarheid — is onder dezelfde omstandigheden voor dezelfde stof dezelfde en onafhankelijk van den toestand der stof.

Maar zelfs na twee dagen staan, waarbij de oplossing elken dag twee uur werd geschud, waren de verschillen in oplosbaarheid tusschen de kalkdeelen van verschillende fijnheid in de proeven van HAGER en KERN nog merkbaar. Dit zien wij aan de volgende cijfers:

(*) Voortaan zal „oplosbaarheid” gemakshalve ook worden gebruikt als er „oplosingssnelheid” mede wordt bedoeld, tenminste als de bedoeling van de woorden gemakkelijk uit den zin is te lezen.

Opgeloste hoeveelheden CaCO_3 in m.gr. per liter na 2 dagen staan en intusschen 2×2 uur schudden met water met 30 m.gr. en 198 m.gr. CO_2 per liter.

KALKSOORT	Marmer	Kalksteen	Marmer	Gepraec. kalk	Kalksteen	Krijt
Gem. korreldiam. in m.m.	0.63	0.26	kl. 0.025	0.005	kl. 0.003	0.0025
30 m.gr. CO_2	50.6	75.8	77.1	76.5	76.0	80.8
198 m.gr. CO_2	102.0	189.3	268.8	316.2	288.3	317.5

Ook uit deze cijfers blijkt nog duidelijk het groote belang van een groote fijnheid voor een goede oplosbaarheid van koolzure kalk.

Van de vele onderzoeken over de werkzaamheid in den grond van koolzure kalk van verschillende fijnheid, kiezen wij hier als voorbeeld die van LIECHTI en TRUNINGER ⁽¹⁾.

Deze onderzoekers gingen bij hun potproeven uit van een zandigen leemgrond, waarop kalkgevoelige planten geen groote hoeveelheid goed werkzame kalk als meststof kunnen verdragen. Voordat de grond in de potten werd gedaan, werd hij gemengd met verschillende hoeveelheden koolzure kalk. Deze koolzure kalk werd in vijf verschillende korrelgrootten toegediend. Daarop werd in de potten o.m. ROODE KLAVER uitgezaaid. Dit gewas leverde — bij twee sneden — in de verschillende potten de volgende gemiddelde oogsten in grammen op:

Koolzure kalk in K.G. per H.A.	Zonder koolzure kalk	Koolzure kalk met een korreldiameter in m.m. van:				
		kl. 0.11	0.11—0.4	0.4—0.5	0.5—1.0	1.0—2.0
—	87.4	—	—	—	—	—
1000		90.7	90.3	93.3	95.8	98.6
2000		70.8	82.0	89.7	92.8	99.1
4000		0.2	76.4	84.9	90.4	90.5
8000		0.1	62.1	78.2	82.8	89.0

De cijfers spreken voor zich zelf. Terwijl reeds 2000 K.G. zeer fijne mergel een duidelijk ongunstigen invloed op het gewas had uitgeoefend en 4000 K.G. van die zeer fijne kalk op den grond zelfs afsterving van de klaver had veroorzaakt, werd er van 4000 K.G. grove mergel nog verbetering in productie verkregen en was 8000 K.G. van die grove kalk nog onvoldoende om de opbrengsten te drukken. Opvallend was, dat de groote verschillen in werkzaamheid pas werden waargenomen bij een korrelgrootte van 0.11 m.m. als grens. Overigens ziet men bij de kalkdeelen, grooter dan 0.11 m.m., de werkzaamheid ervan regelmatig met hun fijnheid toenemen.

(1) Dr. PAUL LIECHTI und Dr. ERNST TRUNINGER: Zur Frage der Kalkdüngung. Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz. 1916. p. 475—483 en 1918. p. 571—586 (tabel op p. 578).

Met bovenstaande cijfers voor oogen zal zekerniemand meer twifelen aan den zeer grooten invloed van de fijnheid van in water onoplosbare phosphaten en kalkverbindingen op de opneembaarheid en werkzaamheid van phosphorzuur en kalk in den grond.

En wij komen nu terug op de merkwaardigheid, dat de factor bij het grondonderzoek zoo weinig is nagegaan. Hierbij gaat men altijd uit van de z.g. „fijnaarde” — dus men zondert wel het al te grove materiaal van den grond, het grint, af — maar verder gaat men niet. Mogelijk is een der oorzaken van die merkwaardigheid te zoeken in de vrees, den grond uit zijn natuurlijken toestand te moeten brengen om ook de fijnheid van de plantenvoedingsstoffen te kunnen bepalen. Immers was en is nog het principe bij het grondonderzoek, den grond zooveel mogelijk in zijn natuurlijken toestand te onderzoeken. Maar o.i. is hierbij altijd over het hoofd gezien, dat de grond zoo niet reeds in het begin van, dan toch tijdens de meeste analyses uit zijn natuurlijk verband geraakt en dan verder in den veranderden toestand wordt onderzocht. Men denke slechts aan het oplossen der kruimels spoedig nadat de grond met het gewone extractiemiddel, 25 % zoutzuur, wordt samengebracht. Gedurende den verderen extractieduur verloopende de reacties dan immers toch bij een grond, die niet meer in zijn natuurlijken staat is. Maar hoe het zij, de fijnheid — en ook de verdeeling — van plantenvoedingsstoffen wordt bij de beoordeeling van gronden bijna nooit nagegaan.

E. Onderzoekingen van Wij kennen slechts één geval, waarbij dit **Szilágyi-Treitz.** (1). wel geregeld is geschied, n.l. bij het onderzoek naar den kalktoestand van gronden in de Hongaansche wijn-districten. Zooals bekend, heeft men in Frankrijk in den loop van jaren voor den wijnstok een reeks van onderstammen verkregen met een verschillenden graad van gevoeligheid voor kalk in den grond. Toen deze onderstammen in genoemde districten werden geprobeerd, deden zich merkwaardige gevallen voor. Op gronden met 50 % kalk bleken dikwijls kalkgevoelige wijnstokken van de vele kalk geen nadeel te ondervinden, terwijl in andere gevallen, op gronden met 20—30 % kalk, wijnstokken met een geringe kalkgevoeligheid aan chlorose te gronde gingen. In het eerste geval moest de kalk — die er blijkbaar in denzelfden vorm in voorkwam

(1) P. TREITZ: Die Bestimmung des physiologisch wirkenden Kalkgehaltes in Weinböden. Comptes rendus de la première conférence internationale agrogéologique. Budapest. 1919. p. 273—287. Zie ook: LAROUSSE: Agricole-Encyclopédie illustrée. deel II. p. 410—413 (calcaire actif) onder „Porte Greffé”.

als op de kalkarmere gronden — in een veel minder werkzaam toestand aanwezig zijn dan in het tweede geval. En door SZILAGYI werd nagegaan, waarin dit kon zitten. Waar bekend was, dat fijne kalk beter oplosbaar is dan grove kalk, lag het voor de hand om naar de fijnheid van de kalk in de beide groepen van gronden een onderzoek in te stellen. Daarbij bleek, dat in het slib van de kalkrijkere gronden 10—15 % kalk aanwezig was, terwijl in de gronden met weinig kalk, waarop de wijnstok voor de kalk zeer gevoelig bleek, het kalkgehalte van het slib 50 %—60 % bedroeg. Het onderzoek werd door SZILAGYI en later door TREITZ over het geheele wijndistrict uitgebreid met als resultaat: „ohne Ausnahme die Richtigkeit der von H. J. SZILAGYI ermittelten Regel, dass der physiologisch wirkende Teil des Kalkgehaltes im Boden in dem Feinboden, in den tonigen Teilen enthalten ist; der Kalksand, Kalkstaub aber keine Wirkung auf die Pflanzen ausübt.”

Jammer is, dat wij van deze onderzoeken slechts over een voorloopige mededeeling beschikken, welke bovendien niet overal even duidelijk is.

Bijvoorbeeld kunnen wij er niet precies uit opmaken, of door TREITZ onder „physiologische kalk” alleen wordt verstaan koolzure kalk, dan wel nog andere vormen van kalk. Zelfs is hierover bij de beschrijving van de methoden van onderzoek van die „physiologische kalk” niets te vinden, zoodat bovendien deze methode moeilijk is na te volgen. Verder is de methode zuiver empirisch gevonden, speciaal voor de verhouding van grond en wijnstok in Hongarije, zoodat zij voor algemeen gebruik zonder meer weinig kans op succes biedt (*).

Maar in beginsel bood de verhandeling op het gebied van grond-onderzoek iets nieuws, waarvan het belang o.i. onvoldoende is ingezien.

Moge het ons gelukken, dit belang in de volgende verhandeling aan te toonen.

(*) Dit ondervond ook Mevr. BEUMÉE-NIEUWLAND, die de methode SZILAGYI-TREITZ bij haar onderzoek van de Djati-boschgronden van Java gebruikte. Al aanstonds ondervond zij moeilijkheden bij de afscheiding van het slib der door haar onderzochte mergel- en laterietgronden, in welk slib de hoeveelheid „physiologische kalk” moest worden bepaald. Dat zij bij haar onderzoek volgens SZILAGYI-TREITZ niet tot resultaten is gekomen, is voor een deel zeker toe te schrijven aan de gevolgde methode, welke was die van de Hongaarsche onderzoekers. Later komen wij, als onze onderzoeken over de verdeeling van de kalk in den grond van Java worden gepubliceerd, op het onderwerp uitvoerig terug. Mevr. BEUMÉE-NIEUWLAND is echter in elk geval een der zeer weinigen geweest, die het belangrijke onderzoek van SZILAGYI-TREITZ niet uit het oog heeft verloren. — N. BEUMÉE-NIEUWLAND: Onderzoeken van Djatiboschgronden op Java. Mededeelingen van het Proefstation voor het Boschwezen. No. 3. Weltevreden. 1922. p. 12—16.

I. HET MATERIAAL VAN ONDERZOEK.

Vanzelfsprekend bestond het materiaal voor ons onderzoek in de eerste plaats uit monsters, genomen van de proefvelden, waarop de afwijkingen werden aangetroffen. In de tweede plaats hebben wij ter vergelijking ook nader geanalyseerd monsters van mergelgronden, die arm zijn aan phosphorzuur.

Van deze monsters — zeven in aantal — mogen hier enkele algemeene bijzonderheden worden opgegeven, opdat men zoo goed mogelijk worde ingelicht omtrent de objecten, welke wij in handen hebben gehad. De nummers, welke wij bij elk monster zullen vermelden, zijn die van de doorlopende collectie grondmonsters, aanwezig in het Laboratorium voor Bodemkundig Onderzoek te Buitenzorg — Java.

JONGE MERGELGRONDEN.

Glonggong. Van de twee proefvelden bij de dessa van dezen naam werden gemiddelde monsters genomen van 0—40 c.M. diepte en — toen deze monsters bleken dezelfde samenstelling en eigenschappen te vertoonen — later gemengd verder onderzocht onder No. 10396—10401.

Van de afzonderlijke monsters was de granulaire samenstelling, welke wij bij ons onderzoek bepaalden volgens de op Java gebruikelijke methode BUREAU OF SOILS (U.S.A.)-MOHR ⁽¹⁾:

No.	ZAND					STOF		LUTUM		
	2-1 m.m.	1-1/2 m.m.	1/2-1/8 m.m.	1/8-1/16 m.m.	1/16-1/32 m.m.	50-20 μ	20-5 μ	5-2 μ	2-1/2 μ	kl. 1/2 μ
10396	0	0	2.28	1.47	2.09	10.75	21.16	27.60	23.13	11.79
10401	0	0.37	1.33	1.23	2.14	9.99	19.00	27.31	24.84	14.15

(1) Dr. E. C. J. MOHR: Die Mechanische Bodenanalyse, wie sie zur Zeit zu Buitenzorg ausgeführt wird. Bulletin du Département de l'Agriculture aux Indes Néerlandaises. No. XLI. 1910. Verkort overgenomen in de „Gecodificeerde Voorschriften. 1913”. p. 10—13.

De hoeveelheden der fracties zijn opgegeven in percenten van de fijnaarde, gedroogd — evenals de fracties zelf — boven een waterbad.

Om de fijnaarden te verkrijgen, werd een bepaalde hoeveelheid grond, zonder eenige bewerking vooraf, met zoo weinig mogelijk water tot een brei opgeroerd en in breitoestand door een zeef met 2 m.m. maaswijdte gegoten. Daarna werd de zeef nagespoeld en het grint, dat eventueel erop was achtergebleven, op de zeef schoongewasschen. Fijnaarde en grint werden vervolgens boven een waterbad langzaam gedroogd; de fijnaarde onder voortdurend omroeren, om ontmenging en korstvorming bij het indampen te voorkomen. Was de fijnaarde droog, dan werd zij uit de hand verkruimeld en in voorraadflesschen verzameld. Deze ongewone bereidingswijze van fijnaarden was noodig om elke vergruizing van materiaal te voorkomen. Het is te begrijpen, dat bij een onderzoek naar de verdeling van de bestanddeelen van een grond een ruwe voorbewerking der monsters tot groote fouten aanleiding zou geven.

Op Java worden grondmonsters meestal met een houten stamper fijn-gewreven en dan gezeefd. Welke grove fouten daardoor kunnen worden gemaakt, bleek ons o.a. bij het onderzoek van monster No. 6804, hetwelk volgens een oudere analyse ervan meer dan 25% CaCO_3 in de z.g. fijnaarde zou bevatten, terwijl in die fijnaarde, bereid op de wijze als hierboven is aangegeven, bijna geen koolzure kalk werd gevonden. Tijdens het stampen en wrijven werden blijkbaar bij die oudere analyse de kalkconcreties van den grond, welke vrij zacht zijn, fijn-gewreven. Dat wij aan dergelijke analyses, waarvan er o.a. van Djatiboschgronden een groot aantal zijn gepubliceerd, weinig hebben, is zonder meer duidelijk. ⁽¹⁾

Daarom zijn wij ook bij onze verdere analyses steeds van de nat-gezeefde fijnaarden uitgegaan. Dat bij onze bewerking dier fijnaarden de structuur van den grond verloren ging, kon ons niet veel schelen (zie pag. 18).

Om de granulair-samenstelling van den grond beter te overzien, hebben wij aan de hand van bovenstaande cijfers er een diagram van gemaakt volgens het model van MOHR ⁽²⁾. Dit diagram is op pagina 22 afgedrukt.

Een dergelijk diagram is, zooals het eerst door MOHR werd aangetoond, voor Jonge mergelgronden kenmerkend. De bijzonderheden ervan zijn, dat het van links naar rechts regelmatig oploopt tot en met de kolom van $5-2\mu$, om daarna weer regelmatig te dalen. Het vertoont, zooals wij het op Java noemen, een „kop” bij fractie VIII ($5-2\mu$). ⁽³⁾

De grond bevat rond 40 % „klei” van kleiner dan 2μ en ruim

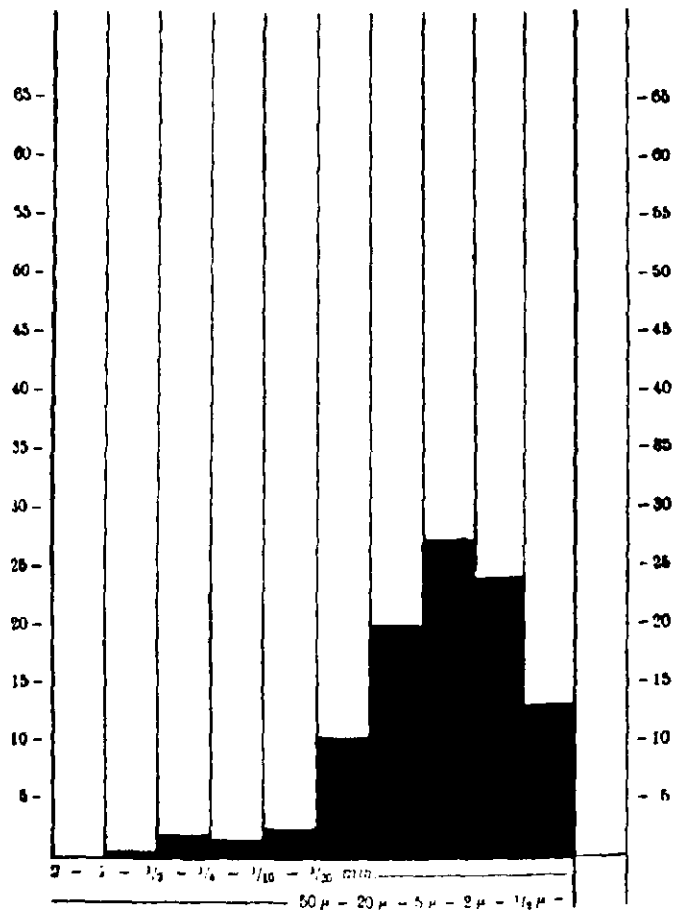
(1) N. BEUMÉE-NIEUWLAND: Loc. cit. 1922. (tabellen).

(2) Dr. E. C. J. MOHR: loc. cit. No. XLI. 1910.

(3) Dr. E. C. JUL. MOHR: Ergebnisse mechanischer Analysen Tropischer Böden. Bulletin du Département de l'Agriculture aux Indes Néerlandaises, No. XLVII. Buitenzorg. 1911. p. 52—64.

60 % „lutum” van kleiner dan 5μ . Daarbij bestaat hij uit rond 30 % „stof” van $50-5 \mu$, hetgeen vrij veel is, en uit niet meer dan 5—6 % „zand” van $2-0.05 \text{ m.m.}$ Dergelijke gronden noemen wij op Java, als het mergelgronden zijn, vette leem- tot kleigronden ⁽¹⁾. De leemige samenstelling van den grond leiden wij af uit zijn vrij hoog gehalte aan „stof” naast het vele „lutum” (*).

Voor onze berekeningen in hoofdstuk IV werd uitgegaan van de volgende cijfers voor de granulaire samenstelling van den grond, verkregen als gemiddelde van een zeer groot aantal slib-analysen:



Mengmonster No. 10396 en 10401

Glonggong	2 m.m.-50 μ	50 μ -20 μ	20 μ -5 μ	5 μ -2 μ	2 μ - $\frac{1}{2} \mu$	kl. $\frac{1}{2} \mu$
No. 10396-10401	5.2	8.3	19.7	27.3	27.8	11.7

De consistentiecijfers van den grond, bepaald volgens ATTERBERG—MOHR ⁽²⁾, waren:

Glonggong	Vloeigrens	Uitrolgrens	Plasticiteit = (Vl.-U.r.)	Hechtgrens	Kleeigrens	Surplus = (Kl.-Vl.)	Bewerk- baarheid = (Kl.-U.r.)	Omslag- punt	Max. water- voorraad = (Vl.-O.s.p.)
No. 10396-10401	55	26	29	22	32	—23	6	12	43

(1) Zie ook: Dr. E. C. JUL. MOHR: Grondonderzoek en Keramiek. Mededeelingen van het Laboratorium voor Agrogeologie en Grondonderzoek. No. 5. Batavia. 1920. p. 32.

(*) Zie voor de fractie-benamingen ook hoofdstuk III.

(2) Dr. E. C. JUL. MOHR: De Methoden van ATTERBERG, ter bepaling van consistentiecijfers, en uitkomsten daarmee verkregen, aan Gronden van Java en Madoera. Mededeelingen van het Laboratorium voor Agrogeologie en grondonderzoek. No. 1. Weltevreden. 1925.

De cijfers komen overeen met hetgeen op grond van de textuur van den grond was te verwachten. De grond is zeer zwaar. Zijn kleefgrens is n.l. — men ziet dit aan zijn sterk negatief surplus — relatief zeer laag, welke eigenschap wil zeggen, dat de grond reeds met weinig water begint te kleven. Verder liggen uitrolgrens en kleefgrens zeer dicht bij elkaar, hetgeen bij mergelgronden erop wijst, dat de grond meestentijds òf uit droge, harde stukken bestaat, òf in taaien en kleffen toestand verkeert. Slechts bij een zeer bepaalden vochtigheidstoestand is hij goed te bewerken, hetgeen ook directer volgt uit zijn laag cijfer voor de „bewerkbaarheid”.

Van het „zand” (2—0.05 m.m.) werd de mineralogische samenstelling bepaald en werden daarbij aangetroffen de voor Jonge mergelgronden typische mineralen en organismen: kwarts, orthoklaas, zirkoon, calciëet — veel foraminifeeren, en daarnaast vulkanisch materiaal: voornamelijk nogal basische plagioklaas, bovendien gewone hoornblende, hypersteen, augiet, magnetiet en vulkanisch glas.

Aan koolzure kalk, bepaald als CO_2 met het apparaatje van GEISSLER, bevat de fijnaarde van den grond 11.04%. Verder bevat zij 2.50 % organische stof, bepaald volgens DENNSTEDT. De grond is voor Java zeldzaam rijk aan koolzure kalk en betrekkelijk arm aan organische stof.

Aan plantenvoedingsstoffen werden er in den grond aangetroffen:

Glonggong	N	P_2O_5		K_2O		CaO		MgO	Vocht
		25% HCl	2% Citr.z.	25% HCl	2% Citr.z.	25% HCl	10% NH_4Cl	25% HCl	
No.10396-10401	0.10	0.058	0.033	0.054	0.021	8.33	2.38	0.22	12.55

De cijfers geven aan percenten van den onder luchtverdunning boven sterk zwavelzuur tot constant gewicht gedroogden grond. De bepalingen zijn verricht volgens de Gecodificeerde voorschriften 1913⁽¹⁾, met uitzondering van de bepaling van het phosphorzuur in de grondextracten, welke plaats had volgens VON LORENZ⁽²⁾.

(1) Gecodificeerde voorschriften voor grondonderzoek. 1913. Samengesteld door de commissie, benoemd door de Jaarvergadering te Bandoeng in 1912. Buitenzorg. 1913. Bij verkorting te noemen „Gecodificeerde voorschriften 1913”.

(2) N. BEUMÉE-NIEUWLAND, Dr. L. G. DEN BERGER en W. WEBER: De methode von Lorenz voor phosphorzuurbepaling in grondextracten. Archief voor de Suikerindustrie in Ned. Indië. 1917. p. 1425.

Van de cijfers is alleen het stikstofcijfer laag, hetgeen verband houdt met het lage gehalte van den grond aan organische stof. Overigens zijn zij hoog --- en voor kalk zelfs zeer hoog --- door het voorkomen van koolzure kalk. Naast CaCO_3 zit in den grond echter nog een groote hoeveelheid andere kalkverbindingen, n.l. 2.15 % CaO in 25% zoutzuur oplosbaar, hetgeen voor de mergelgronden van Java kenmerkend is.

In verband met de vele nogal gemakkelijk oplosbare kalkverbindingen in den grond is het niet te verwonderen, dat voor den zuurgraad van den grond van Glonggong werd gevonden een p.H. van 8.2, waaruit is af te leiden, dat de grond vrij sterk alkalisch is.

De zuurgraadmetingen der gronden geschieden in het laboratorium van Prof. ABERSON langs electrischen weg, met behulp van de verzadigde kalomel-electrode en de waterstof-electrode en onder constante doorstrooming van waterstofgas. De bepalingen werden verricht met suspensies, verkregen door 10 gram luchtdrogen grond gedurende zes uur met 25 c.c. water in een schudmachine te schudden. Uit een groot aantal metingen, die ongeveer hetzelfde resultaat opleverden, werd de gemiddelde p.H. berekend.

In Indië werd van de gronden reeds volgens de indicatorenmethode globaal de p.H. bepaald. Deze bleek bij mergelgronden te liggen tusschen 7 en 8, hetgeen op een alkalische reactie der gronden wijst. Thans hebben wij omtrent den zuurgraad der gronden nauwkeuriger gegevens verkregen.

OUDE MERGELGRONDEN.

A. Phosphorzuur- Van deze groep van Oude mergelgronden werden **arme groep.** onderzocht drie monsters van onze --- ook als phosphorzuur-bemestingsproef ingerichte --- kalk-bemestingsproeven op de gronden, n.l. van de dessa's Gamping (No. 12461/12524 --- alleen de oneven Nos.) en Woerjantoro (No. 10556/10595 --- alleen de even Nos.) in het Semboejanlaagland van de residentie Soerakarta en van de dessa Groedo (No. 12853---12861---12869) in het Noordelijke laagland van de residentie Madioen. Het waren gemiddelde monsters van een aantal --- soms een zeer groot aantal --- over het proefveld verspreid gestoken monsters, genomen op 0---40 c.m. diepte. Verder werd van deze groep van gronden nog onderzocht een monster van den bovengrond --- 0---40 c.M. --- bij dessa Batoeretna (No. 6804) in bovengenoemd laagland van Semboejan, waarop phosphaat-bemesting zeer hooge meeropbrengsten --- 30 pikol (*) oogstdroge padi (**) per bahoe (***) --- heeft gegeven.

(*) 1 pikol = 61.76 K.G. of rond 62 K.G.

(**) padi = rijst in de aar.

(***) 1 bahoe = 7096.5 M².

Van de monsters is de granulaire samenstelling:

No.	ZAND					STOF		LUTUM		
	2-1 m.m.	1-1/2 m.m.	1/2-1/5 m.m.	1/5-1/10 m.m.	1/10-1/20 m.m.	50-20 μ	20-5 μ	5-2 μ	2-1/2 μ	kl. 1/2 μ
6804	1.58	1.98	3.99	4.59	6.72	7.63	9.46	20.70	28.69	14.25
12461/.524	0.05	0.26	0.75	2.27	5.09	10.18	11.07	18.87	31.51	20.10
10556/.595	0.61	1.07	1.71	1.98	3.85	9.53	11.50	17.06	25.59	27.45
12853.861.869	0.23	0.70	1.63	2.03	2.69	9.36	10.90	21.13	29.59	22.25

waarvan op pagina 26 diagrammen zijn gegeven:

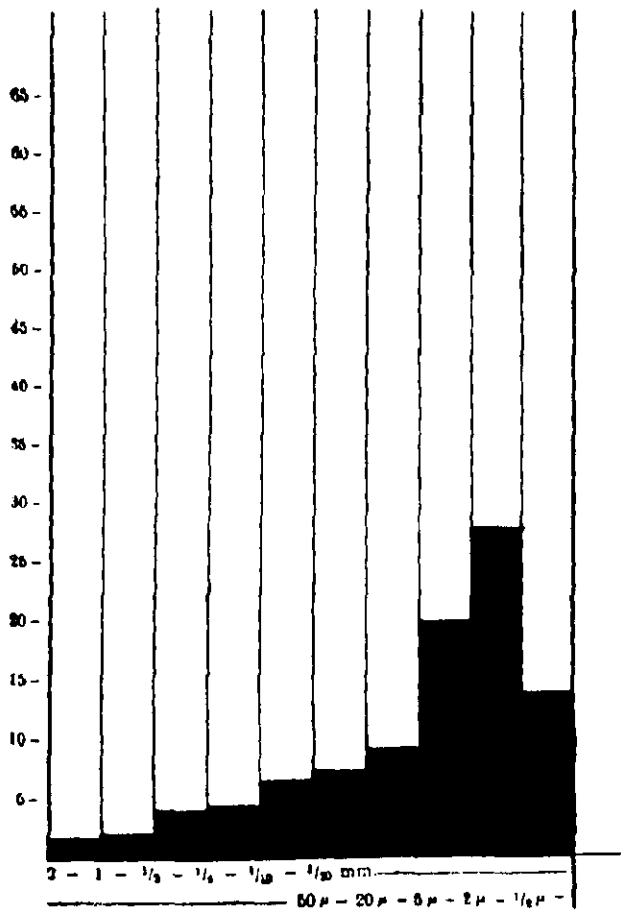
Volgens hun textuur zijn deze mergelgronden tot de groep der zware kleigronden te rekenen. Zij wijken in hun granulaire samenstelling in zooverre van den grond van Glonggong af, dat zij meer „lutum” en „klei” bevatten. Zij bestaan uit meer dan 60 %—70 % „lutum” en uit omstreeks 50 % „klei”. Belangrijker is, dat zij circa 10 % minder stof bevatten dan de grond van Glonggong, hetgeen wijst op hun minder leemige samenstelling. Zij zijn meer echte kleigronden. Hun gehalte aan „zand” is iets grooter dan bij den Jongen mergelgrond. Alleen monster No. 6804 is niet bijzonder arm aan zand (18.8 %). Dit monster is rijk aan fijn hageleerts en verder aan nogal grove kwarts kristallen, welke bestanddeelen bij het slibben in het „zand” terecht komen.

Het grint van dezen grond bestaat, evenals dat van de gronden van Gamping en Groedo, uit kalkconcreties en boonerts. In het grint van den grond van Woerjantoro komt alleen boonerts voor; kalkconcreties zijn in dezen grond niet aanwezig.

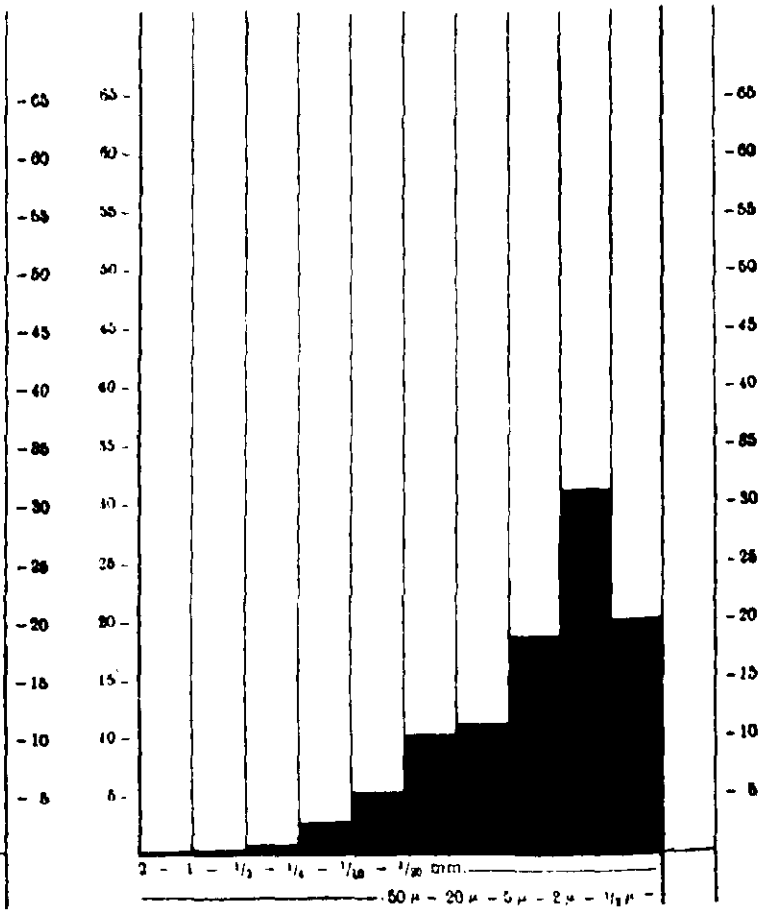
Voor onze berekeningen in hoofdstuk IV zijn wij uitgegaan van het gemiddelde van een groot aantal slib-analysen, hetwelk voor de vier monsters bedroeg:

Doorl. No.	2 m.m.-50 μ	50 μ-20 μ	20 μ-5 μ	5 μ-2 μ	2 μ-1/2 μ	kl. 1/2 μ
No. 6804.	18.8	7.1	8.8	19.6	26.2	19.5
No. 12461/.524. .	8.2	9.5	12.0	20.1	30.9	19.3
No. 10556/.595. .	9.7	8.4	11.2	13.6	21.3	35.8
No.12853.861.869	7.2	9.1	9.9	17.5	28.9	27.4

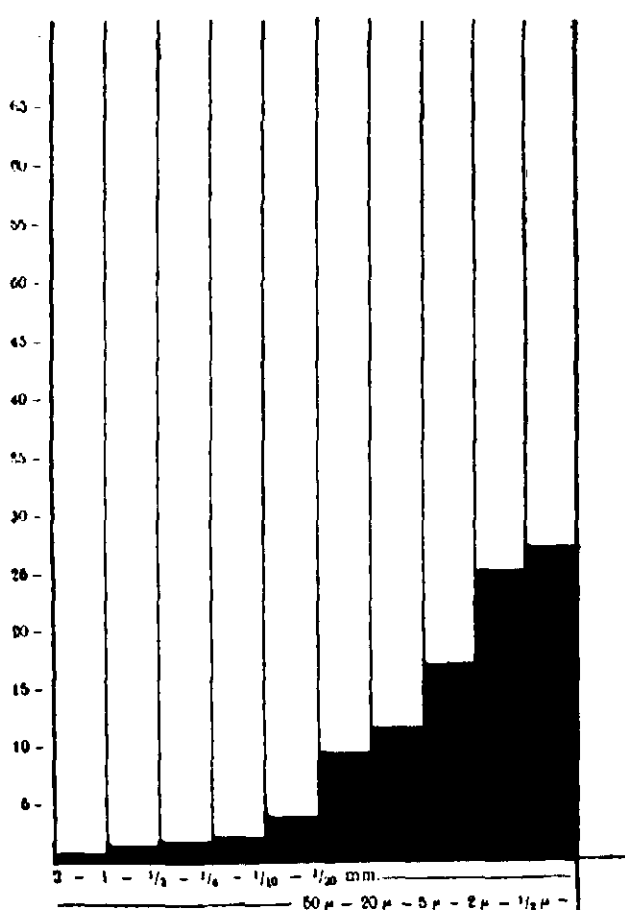
Aan de consistentie cijfers der gronden is duidelijk te zien, dat wij ook hier te maken hebben met zeer zware kleigronden. Die cijfers zijn:



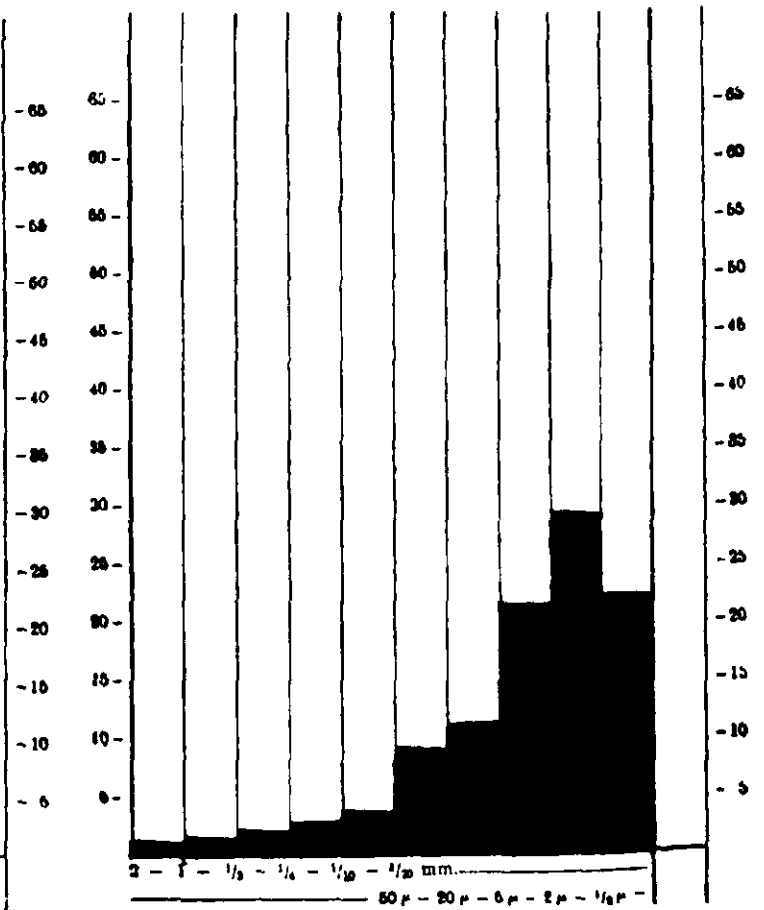
No. 6804 Batoeretna.



No. 12461/.524 Gamping.



No. 10556/.595 Woerjantoro.



No. 12853-.861-.869 Groedo.

Plaatsnaam	Doorl. No.	Vloe.grens	Uitrolgrens	Plasticiteit = (Vl.-U.r.)	Hechtgrens	Kleeftgrens	Surplus = (Kl.-Vl.)	Bewerk- baarheid = (Kl.-U.r.)	Omslagpunt	Max. water- voorraad = (Vl.-O.s.p.)
Batoeretna ..	6804	54	26	28	22	29	- 25	3	12	42
Gamping	12461/.524	56	28	28	23	33	- 23	5	12	44
Woerjantoro .	10556/.595	51	28	23	24	33	- 18	5	12	39
Groedo.....	12853.861.869	59	29	30	24	34	- 25	5	13	46

Zij verschillen practisch niet van die van den grond van Glonggong, zoodat zij hier geen nadere bespreking behoeven. Zoo mogelijk zijn enkele der Oude mergelgronden nog zwaarder. Deze gronden behoren tot de zwaarste van Java en misschien wel tot de zwaarste gronden, welke er bestaan. Een uitzondering maakt bij onze vier monsters Ouden mergelgrond de grond van Woerjantoro, die, hoewel hij nog zwaar is te noemen, toch wat lichter schijnt te zijn dan de andere gronden, hetgeen ook op het veld was waar te nemen. In de cijfers komt dit uit in een kleiner negatief „surplus” en een lagere „plasticiteit”.

Wat de mineralogische samenstelling van het „zand” der monsters betreft: Schakelen wij even den grond van Woerjantoro met zijn afwijkende mineraal-samenstelling uit, dan zien wij bij de overige drie mergelgronden geen ander verschil, dan dat de grond van Groedo uit Noord-Madioen minder kwarts bevat dan de gronden van Batoeretna en Gamping uit het Semboejanlaagland. In het „zand” van laatstgenoemde gronden komt voor Oude mergelgronden opvallend veel kwarts voor, vooral in een korrelgrootte van 2 - 0.2 m.m.; dus nogal grove kwartskorrels. Verder vonden wij in de drie gronden veel kalkrijke plagioklaas (labrador-anortiet) met daarbij wat minder kalkrijke plagioklaas (oligoklaas-andesien), een weinig hypersteen, gewone hoornblende — in den grond van Groedo ook basaltische hoornblende — verder enkele kristallen augiet, vulkanisch glas, vrij veel magnetiet en een enkel korreltje zirkoon. De grond van Woerjantoro heeft een geheel andere mineralogische samenstelling. Wel bevat het „zand” van dezen grond ook veel kwarts, maar in de eerste plaats is het kwarts er veel fijner in verdeeld en bevat de grond er veel meer van. En in de tweede plaats is basische plagioklaas in den grond afwezig. Daarentegen is de grond rijk aan zeer kalkarme plagioklaas (albiet-oligoklaas), welke op het veld, tezamen met het moeilijk daarvan te onderscheiden kwarts, door haar schittering in

den grond opvallen. Daarnaast troffen wij in den grond van Woerjantoro aan: nogal wat gewone hoornblende en een enkel vezeltje (als Bantamtuf!) hypersteen, vrij veel zuur vulkanisch glas, veel magnetiet en een enkel korreltje zirkoon. Dit complex van mineralen was voor ons het bewijs, dat de grond ontstaan is uit de eronder liggende trachytische tuf, welke in samenstelling — en wellicht ook in ouderdom — met de z.g. „Bantamtuf” overeenkomt. Tenslotte bevatte het „zand” van den grond wat hagelerts, dat ook in de andere Oude mergelgronden werd aangetroffen — hier soms naast een enkel korreltje koolzure kalk.

Aan koolzure kalk en organische stof bevatten de gronden:

Doorl. No.	6804	12461/.524	10556/.595	12853,861.869
CaCO ₃	0.25 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Organische stof ..	2.62 %	3.20 %	1.87 %	3.45 %

Opvallend is de armoede van de fijnaarden der gronden aan koolzure kalk — en in de meeste gevallen was het bestanddeel in de analyse-monsters zelfs geheel afwezig. En toch zijn de gronden, met uitzondering van den grond van Woerjantoro, rijk tot zeer rijk aan kalkconcreties. Bij de bereiding der fijnaarden waren deze grove deelen CaCO₃ echter als „grint” op de fijnaarde-zeef achtergebleven (zie pag. 21). Wat er daarbij nog aan koolzure kalk door de zeef was gelopen, bleek later uit kleinere concreties te bestaan, welke bij het slibben geheel als „zand” in de fractiegroep 2—0.05 m.m. werden afgescheiden. In de hoofdmassa der gronden was dus geen koolzure kalk voorhanden. Deze eigenschap van de Oude mergelgronden is steeds scherp in het oog te houden!

Evenals de Jonge mergelgrond van Glonggong, bevatten de phosphorzuurarme Oude mergelgronden — zooals gewoonlijk — weinig organische stof — circa 2—3 % — en daarom ook weinig stikstof, zooals uit de volgende tabel blijkt.

Aan plantenvoedingsstoffen werd er in de gronden aangetroffen:

Plaatsnaam	Doorl. No.	N	P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO	Vocht
			25% HCl	2% Citr.z.	25% HCl	2% Citr.z.	25% HCl	10% NH ₄ Cl	25% HCl	
Batoeretna . . .	6804	0.07	0.006	0.002	0.019	0.011	1.98	1.58	0.10	12.05
Gamping	12461/.524	0.04	0.010	0.004	0.034	0.017	1.91	1.74	0.11	11.05
Woerjantoro . .	10556/.595	0.06	0.003	0.001	0.010	0.005	1.23	1.17	0.13	13.52
Groedo	12853,861.869	0.11	0.004	0.002	0.029	0.014	1.60	1.50	0.24	13.70

Behalve aan kalk, zijn de monsters aan die plantenvoedingsstoffen, welke voor de practijk van belang zijn, alles behalve rijk. Bijzonder arm zijn al de gronden aan phosphorzuur, terwijl in sommige ervan ook bepaald weinig kali voorkomt. Het is dan ook niet te verwonderen, dat de gronden in den regel een groot gebrek aan phosphorzuur vertoonen en in sommige gevallen er ook kali-gebrek op geconstateerd is. Op Java is echter helaas aan de kali-behoefte der gronden veel te weinig aandacht geschonken.

De hoeveelheid kalk in de gronden is voor Java hoog en bij de monsters van Batoeretna en Gamping zelfs bijzonder hoog. Daarbij moet in aanmerking worden genomen, dat de analysemonsters geen of vrijwel geen koolzure kalk bevatten. De gronden zijn dus rijk aan andere kalkverbindingen. De groote hoeveelheid hiervan, in 25 % zoutzuur oplosbaar, is voor mergelgronden heel gewoon en zelfs, zooals wij reeds zeiden, karakteristiek. Die kalk is in de gronden voor 80 —100 % in NH_4Cl oplosbaar, waaruit mag worden afgeleid, dat zij in betrekkelijk gemakkelijk oplosbaren vorm in den grond voorkomt. Merkwaardig is daarom, dat de gronden, blijkens onze onderzoekingen op een kalkbemesting gunstig reageeren (*).

De zuurgraad van de gronden is:

Doorl. Nummer	Plaatsnaam	p.H.
6804	Batoeretna	8.0
12461/.524	Gamping	7.1
10556/.595	Woerjantoro	6.6
12853.861.869	Groedo	7.2

Onder de monsters bevinden zich dus zoowel alkalische als zwak zure en vrijwel neutrale gronden. Zuur is slechts de grond van Woerjantoro, welke van de serie het armste is aan kalk (kalkarme plagioklaas!). Deze grond is minder gevoelig voor een phosphorzuurbemesting dan de andere phosphorzuurarme gronden, hetgeen mogelijk met zijn weinig zure reactie verband houdt. De overige, meer typische rantja-minjakgronden — zooals de mergelgronden,

(*) Zie voorloopig de „Jaarverslagen van het Algemeen Proefstation voor den Landbouw” over de jaren 1923 en 1924 in de „Jaarboeken van het Departement van Landbouw, Nijverheid en Handel” over de jaren 1923 en 1924. Weltevreden. 1924 en 1925. p. 3—5 respectievelijk p. 26—29 (overdrukken). Hierbij moge tevens worden opgemerkt, dat reeds in het verslag over het jaar 1922 het phosphaatgebrek op phosphaatrijke gronden door ons werd besproken en de oorzaak hiervan voorloopig werd vastgesteld. In bovengenoemde verslagen is ook in de volgende jaren dit vraagstuk telkens weer naar voren gebracht.

en meer speciaal de hier besproken groep ervan, in de wandeling worden genoemd — zijn zeer zwak tot vrij sterk alkalisch. Vrij sterk alkalisch is de grond van Batoeretna, die ook de meeste kalk en daarnaast koolzure kalk in de fijnaarde bezit. Er is tusschen het kalkgehalte der mergelgronden — meer speciaal hun gehalte aan koolzure kalk — aan den eenen en hun zuurgraad aan den anderen kant, eenig verband te ontdekken, al is dat verband ook niet zoo eenvoudig als men wel zou verwachten. Op dit onderwerp komen wij later terug.

B. Phosphorzuur-rijke groep. Van de phosphorzuurrijke Oude mergelgronden onderzochten wij nader een monster bovengrond van een proefveld van de s.f. Poppoh, waarop met een phosphorzuurbemesting succes was verkregen — d.i. monster No. 12648, afkomstig van het Suikerproefstation. Verder een grondmonster van de s.f. Perring, eveneens afkomstig van een proefveld, waarop phosphorzuurbemesting was geprobeerd — n.l. No. 13321. Het monster van de s.f. Poppoh werd gestoken in den tuin Tjankring Lor op het proefveld, waarvan de uitkomsten staan vermeld in de roneoverlagen van het Suikerproefstation, groep Sidhoardjo, 1923, pag. 43. Het monster van de s.f. Perring werd genomen in den tuin, bezuiden de Kedoeng-Oelingleiding, op een plek, waarop in 1925 een phosphorzuurbemestingsproef werd opgezet. Dit monster danken wij aan Dr. J. M. GEERTS. Het zijn beide monsters van den bovengrond van 0—40 c.M.

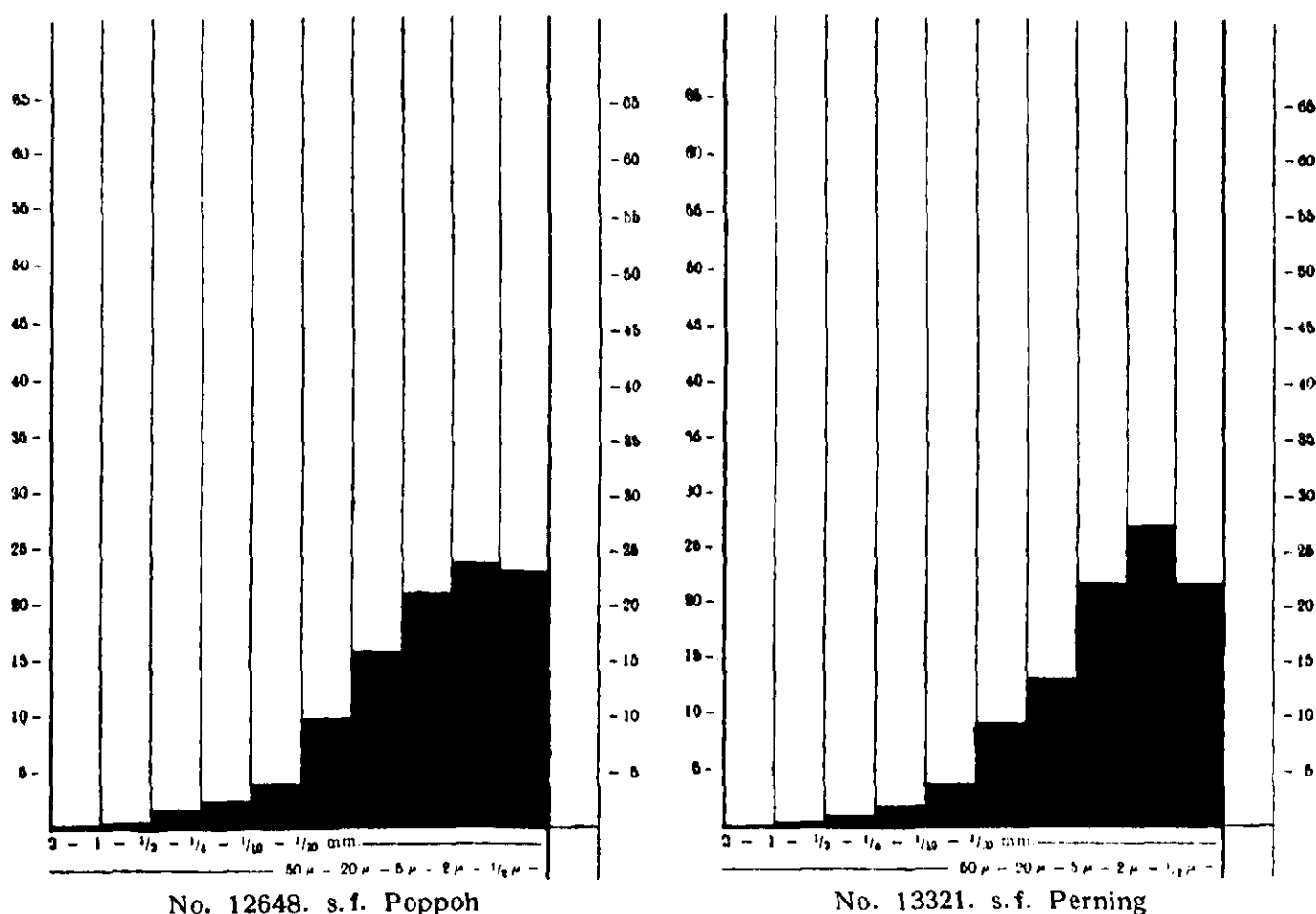
Hun granulaire samenstelling is als volgt:

Plaatsnaam	Doorl. No.	ZAND					STOF		LUTUM		
		2-1 m.m.	1- $\frac{1}{2}$ m.m.	$\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{5}$ m.m.	$\frac{1}{5}$ - $\frac{1}{10}$ m.m.	$\frac{1}{10}$ - $\frac{1}{20}$ m.m.	50-20 μ	20-5 μ	5-2 μ	2- $\frac{1}{2}$ μ	kl. $\frac{1}{2}$ μ
S.f. Poppoh	12648	0.15	0.25	0.21	2.05	3.56	9.73	15.75	21.05	23.82	23.01
S.f. Perring	13321	0.01	0.19	0.89	1.41	3.88	9.12	13.19	22.06	27.44	21.96

Uit deze cijfers zijn op pagina 31 diagrammen opgesteld.

De diagrammen zijn van hetzelfde type als die van de phosphorzuurarme Oude mergelgronden van Batoeretna, Gamping en Groedo. Speciaal is te letten op den „kop”, welken zij vertoonen in de kolom van $2-\frac{1}{2}\mu$, d.i. de IXe fractie. Een dergelijke „kop” is in een textuurdiagram, hetwelk overigens regelmatig van links (2—1 m.m.) naar rechts (kleiner dan $\frac{1}{2}\mu$) verloopt, voor Oude mergelgronden kenmerkend. Jonge mergelgronden daarentegen hebben, zooals gezegd, in hun diagram den „kop” meestal in de kolom van $5-2\mu$,

d.i. fractie VIII — zooals wij dit ook bij den grond van Glonggong hebben gezien. In verband met zijn afwijkenden oorsprong is het diagram van den grond van Woerjantoro een weinig anders dan bij de typische Oude mergelgronden. Dit diagram vertoont geen „kop”, doch loopt onafgebroken van links naar rechts op, zooals wij dit op Java — maar dan veel meer geprononceerd — zien bij Oude laterietgronden en daaruit gevormde gronden. De grond van Woerjantoro wijkt dus in menig opzicht van den typischen vorm van Oude mergelgronden af. Daarentegen lijkt hij in verschillende eigenschappen, zooals phosphorzuur- en kalk-gehalte en vooral physische eigenschappen, zooveel op de Oude mergelgronden, dat wij hem hier gerust bij deze gronden kunnen rekenen.



Bekijken wij nog even de granulaire samenstelling van de gronden van Sidhoardjo nader. Uit bovenstaande cijfers daaromtrent blijkt bij vergelijking met de soortgelijke cijfers van de andere mergelgronden, dat eerstgenoemde gronden meer „stof” bevatten dan de phosphorzuurarme Oude mergelgronden en dus leemiger zijn. Speciaal geldt dit voor den grond van Poppoh No. 12648, waarvan de hoeveelheid „stof” — 25 % — ligt tusschen die van de phosphorzuurarme Oude mergelgronden en die van den Jongen mergelgrond van Glonggong. Volgens het zeer hoge „lutum”-gehalte der Sidhoardjo-gronden — bedragende omstreeks 70 %, waarvan

45—50 % „klei” — zijn zij echter eerder tot de zware kleigronden te rekenen dan tot de vette leemgronden. Om tot laatstgenoemde groep te kunnen behoren, zouden de gronden nog wel 10 % meer „stof” moeten bevatten en minder „lutum” en „klei”. De grond van Parning bevat meer „lutum” en „klei” dan die van Poppoh.

Om de hoeveelheden „zand” — „stof” — „lutum” in de hier besproken mergelgronden gemakkelijker onderling te vergelijken, hebben wij hiernaast — in navolging van MOHR ⁽¹⁾ — die hoeveelheden, grond voor grond, in een gelijkzijdigen driehoek grafisch voorgesteld. Daaruit blijkt, dat de gronden in de hoeveelheden dier fracties weinig uiteenloopen. De verhouding van „zand”-„stof”-„lutum” is in de gronden in het algemeen als 5—10 : 20—30 : 60—70. Hiervan wijkt alleen de grond van Batoeretna No. 6804 af door een abnormaal hoog gehalte aan „zand” (18.8 %), waarmede de hoeveelheden „stof” en „klei” natuurlijk dalen.

Het gemiddelde uit een groot aantal slibanalysen, dat wij als uitgangspunt voor onze berekeningen in hoofdstuk IV zullen gebruiken, is voor de gronden van Poppoh en Parning:

Plaatsnaam	Doorl. No.	2 m.m. — — 50 μ	50—20 μ	20—5 μ	5—2 μ	2— $\frac{1}{2}$ μ	kl. $\frac{1}{2}$ μ
S.f. Poppoh	12648	6.0	9.2	14.2	18.5	25.8	26.3
S.f. Parning	13321	6.2	9.1	14.7	21.3	26.8	21.9

In overeenstemming met hun granulaire samenstelling zijn de Atterbergsche cijfers van de gronden van Poppoh en Parning ongeveer gelijk aan die van de fosforzuurarme Oude mergelgronden. De gronden zijn wel iets lichter dan die van Batoeretna, Gamping en Groedo en ook wat lichter dan de grond van Glonggong. Maar van veel belang zijn de desbetreffende verschillen niet. De consistentiecijfers zijn voor de zeven monsters, welke hier zijn besproken — met eenige reserve voor den grond van Woerjantoro — van dezelfde orde. Voor de gronden uit Sidhoardjo zijn zij als volgt:

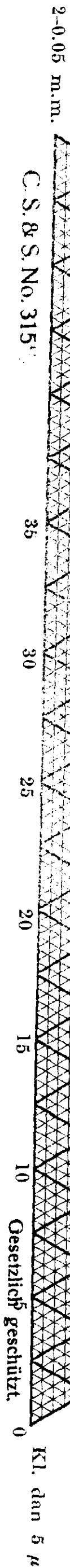
Plaatsnaam	Doorl. No.	Vloegrens	Uitloegrens	Plasticiteit = (Vl.-U.r.)	Hechtgrens	Kleefgrens	Surplus = (Kl.-Vl.)	Bewerk- baarheid = (Kl.-U.r.)	Omslagpunt	Max. water- vooraad = (Vl.-O.s.p.)
S.f. Poppoh	12648	55	27	28	23	34	— 21	7	12	43
S.f. Parning	13321	56	28	28	23	35	— 21	7	11	45

(1) Dr. E. C. J. MOHR: Loc. cit. 1910.

50—5 μ

DE VERHOUDING ZAND - STOF - LUTUM
IN DE MERGELGRONDEN

No's der monsters	ZAND	STOF	LUTUM
	2—0.05 m.m.	50—5 μ	kl. dan 5 μ
10396—10401	5.4	30.5	64.1
6804	18.8	17.1	64.1
12461/.524	8.5	21.3	70.2
10556/.595	9.3	21.1	69.6
12853—61—69	7.3	20.3	72.4
12648	7.2	25.5	67.3
13321	6.4	22.3	71.3



50—5 μ



DE VERHOUDING ZAND - STOF - LUTUM
IN DE MERGELGRONDEN

Door de relatief iets hogere kleefgrenzen der gronden is hun negatief „surplus” een weinig kleiner en hun „bewerkbaarheid” wat ruimer. Maar, zooals gezegd, zijn de verschillen vrijwel onbeteekenend.

Wat de mineralogische samenstelling der gronden betreft: het „zand” der monsters bestaat hoofdzakelijk uit mineralen, die ook in de vulkanische asch van den Kloet worden aangetroffen, namelijk zeer veel plagioklaas, kalkrijk en met duidelijken zónalen bouw, veel augiet, wat minder hypersteen en hoornblende, waaronder ook bazaltische hoornblende, al is gewone hoornblende overheerschend, verder betrekkelijk weinig magnetiet, enkele staafjes apatiet(!), een enkele korrel zirkoon en rutiel, weinig vulkanisch glas. Van de „donkere mineralen” is het meest voorhanden augiet — daarnaast komen hoornblende en hypersteen in ongeveer evengroote hoeveelheden voor. Dit is tezamen met de zeer kalkrijke plagioklaas in de gronden een kenmerk voor de Kloetasch. De gronden zijn blijkbaar, zooals in het Sidhoardjo-(Brantas-)gebied algemeen is, vermengd met materiaal van den Kloet. De mededeeling van KUYPER⁽¹⁾ over den grond van Poppoh en onze analyseresultaten loopen wel eenigszins uiteen. Intusschen is die vermenging niet zoodanig, dat het karakter van den grond als mergelgrond ook maar iets daardoor heeft geleden. Men mag bij onze mineralogische beschrijvingen niet vergeten, dat deze alleen betrekking hebben op de zandfractiegroep der gronden, welke meestal nog geen 10 % is van die gronden.

Van koolzure kalk bevatten de fijnaarden der gronden slechts een spoor. In de gronden komen echter wel kalkconcreties voor, hoewel, naar het schijnt, niet zooveel als in de vorige categorie van mergelgronden.

Aan organische stof zijn de gronden — evenals de andere mergelgronden — vrij arm. Het gehalte hiervan bedraagt: voor den grond van Poppoh 3.04 % en voor den grond van Perring 2.84 %.

Aan plantenvoedingsstoffen bevatten de gronden de volgende hoeveelheden:

Plaatsnaam	Doorl. No.	N	P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO	Vocht
			25% HCl	2 % Citr.z.	25% HCl	2% Citr.z.	25% HCl	10% NH ₄ Cl	25% HCl	
S.f. Poppoh	12648	0.03	0.039	0.020	0.047	0.016	1.69	1.37	0.40	12.97
S.f. Perring	13321	0.11	0.031	0.015	0.047	0.013	1.50	1.34	0.49	9.74

(1) Dr. J. KUYPER: Archief voor de Suikerindustrie in N. I.. 1925. p. 120—121.

Niet alleen aan phosphorzuur maar ook aan kali, kalk en magnesium zijn de gronden rijk. Opvallend is vooral, bij vergelijking met de vorige monsters, het hoge magnesiumgehalte der gronden, dat mogelijk verband houdt met de vermenging van den grond met vulkanisch materiaal van den Kloet, op welk verband wij hier niet verder zullen ingaan⁽¹⁾. In hun kalkgehalte komen de gronden van Sidhoardjo overeen met de phosphorzuurarme Oude mergelgronden, terwijl zij in hun phosphorzuur- en kaligehalte dichter staan bij den grond van Glonggong. Van dezen grond onderscheiden zij zich echter duidelijk door het gemis aan koolzure kalk in hun fijnaarden. Het gehalte der gronden aan totaal-stikstof is weer, in overeenstemming met hun betrekkelijk laag gehalte aan organische stof, gering.

Wat den zuurgraad der gronden betreft: uit de metingen hiervan blijkt, dat beide monsters zwak alkalisch reageeren. Hun H-ionenconcentraties zijn:

Plaatsnaam	Doorl. Nummer	p.H.
S.f. Poppoh.....	12648	7.7
S.f. Parning.....	13321	7.5

welke cijfers het midden houden tusschen die voor de alkalischer monsters van Glonggong en Batoeretna aan den eenen en die voor de zeer zwak alkalische monsters van Gamping en Groedo aan den anderen kant. De kalkgehalten van den grond van Poppoh en Parning zijn echter lager dan die van den grond van Gamping respectievelijk Groedo, welke laatste gronden toch minder alkalisch zijn.

Wij hadden dus gelijk met zoeven op te merken, dat een eenvoudig verband tusschen kalkgehalte en zuurgraad bij de mergelgronden niet bestaat.

Overzicht.

In verband met de phosphorzuurvoorziening der mergelgronden trekken bijzondere aandacht hun physische eigenschappen en hun zuurgraad. Verder de hoeveelheid kalk en de samenstelling van de kalkverbindingen in de gronden.

In physische eigenschappen waren, aan de hand van consistentie-

(1) J. TH. WHITE: De differentiatie der efflaten door lucht- en watertransport. Verslag van de 1e Algemeene Vergadering van de Vereeniging van Proefstation-Personeel. Buitenzorg 1921. p. 15. (overdruk.)

cijfers en terreinkenmerken, tusschen de phosphorzuurarme en phosphorzuurrijke mergelgronden geen verschillen van belang te vinden. Van de gronden hebben wij ook de diepere lagen nagegaan. Ook daarin konden wij echter geen onderscheid van eenig belang waarnemen.

Evenmin is te zeggen, dat de phosphorzuurrijke gronden een anderen zuurgraad hebben dan de phosphorzuurarme gronden. Schommelt in eerstgenoemde gronden de p.H. tusschen 7.5 en 8.2; bij laatstgenoemde gronden varieert de p.H. tusschen 7.1 en 8.0. Een uitzondering maakt de grond van Woerjantoro, die zwak zuur is en een p.H. vertoont van 6.6.

Tenslotte is ook in de hoeveelheid en samenstelling van de kalkverbindingen in de phosphorzuurrijke en phosphorzuurarme mergelgronden weinig verschil. Afzonderlijk is hierbij te beschouwen de grond van Glonggong, die aan fijnere koolzure kalk -- deelen van kleiner dan 2 m.m. diameter --- zeer rijk is. Tegenover dit eene geval van veel, fijnere koolzure kalk in een phosphorzuurrijken grond met phosphaatgebrek staan echter andere gevallen van phosphorzuurrijke gronden met phosphaatgebrek, waarin geen fijnere koolzure kalk is te vinden. In laatstbedoelde gronden is de koolzure kalk, evenals in de phosphorzuurarme gronden, uitsluitend als grove concreties voorhanden.

Noch in hoeveelheid kalk en zuurgraad, noch in physische eigenschappen en samenstelling van de kalkverbindingen vertoonen dus -- voorzoover nagegaan -- de phosphorzuurrijke mergelgronden van Java aan den eenen en de phosphorzuurarme mergelgronden aan den anderen kant verschillen, die voor de gronden als groep gelden.

II. SAMENSTELLING EN OPLOSBAARHEID DER PHOSPHOR- ZUURVERBINDINGEN IN DE MERGELGRONDEN EN HARE OPNEEMBAARHEID.

Zooals wij reeds schreven, zijn de meeste mergelgronden van Java aan phosphorzuur opvallend arm. Er zijn echter een tweetal groepen van die grondsoort, welke aan deze plantenvoedingsstof zeer rijk zijn, n.l. de Jonge mergelgronden en de phosphorzuurrijke Oude mergelgronden. De laatste lijken overigens op de hoofdgroep, welke phosphorzuurarm is en in verband hiermede phosphorzuurarme Oude mergelgronden zal worden genoemd.

De Jonge mergelgronden onderscheiden zich van de andere mergelgronden, doordat zij dikwijls koolzure kalk in fijneren toestand bevatten. Dit kan op de opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond van invloed zijn. De twee groepen van Oude mergelgronden vertoonen een verschillende productiviteit en een verschillende mate van gevoeligheid voor een phosphorzuurbemesting. Dit kan in verband staan met de verschillende hoeveelheden phosphorzuur in de twee groepen van gronden. Een en ander maakt het wenschelijk de drie groepen van mergelgronden ook verder ieder afzonderlijk te behandelen.

JONGE MERGELGRONDEN.

GLONGGONG: Van den Jongen mergelgrond van Glonggong zijn de phosphaatcijfers als volgt:

Doorl. No.	Plaatsnaam	Phosphorzuur oplosbaar in:	
		25 % zoutzuur	2 % citroenzuur
10396—10401	Glonggong	0.058	0.033

Beide cijfers zijn belangrijk hooger dan de grenscijfers van MARR—GEERTS. In het bijzonder is dit het geval met het gehalte van den grond aan in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur, dat ongeveer vier maal zoo hoog is als de minimumgrens. Zonder reserve kan de grond dus als zeer rijk aan phosphorzuur worden beschouwd.

Verder is aan de cijfers te zien, dat de phosphorzuurverbindingen in den grond gemakkelijk oplosbaar zijn. Immers is de verhouding van het phosphorzuur, oplosbaar in 25 % zoutzuur en 2 % citroen-

zuur, nog geen 2 en is dus reeds bij één extractie met citroenzuur uit den grond de helft van het in zoutzuur oplosbare phosphorzuur opgelost. Door de citroenzuurextractie viermaal te herhalen werd tenslotte bij de vijfvoudige extractie in totaal 0.056 % P_2O_5 uit den grond in oplossing gebracht. Deze hoeveelheid komt ongeveer overeen met de hoeveelheid phosphorzuur, welke in één keer met koud 25 % zoutzuur uit den grond werd uitgetrokken. De grond bevat dus al zeer gemakkelijk oplosbare phosphorzuurverbindingen. Dit was trouwens wel te verwachten in verband met de groote hoeveelheid kalk in den grond. In kalkrijke gronden, die bovendien arm zijn aan organische stof, is het phosphorzuur als regel als calciumphosphaten aanwezig. En deze phosphaten zijn in 2 % citroenzuur goed oplosbaar. Dit is o.a. aangetoond door RAMSAY, die vond, dat zuivere gepræcipiteerde tricalciumphosphaat bij oplossen in 500 c.c. 2 % citroenzuur van 5 gram stof, gedurende 30 minuten in een schudmachine, voor rond 90 % oploste. Werde de extractie drie maal herhaald dan ging van het phosphaat alles in oplossing ⁽¹⁾. Volgens een onderzoek van ROBERTSON zouden calciumphosphaten des te gemakkelijker met citroenzuur zijn op te lossen, naarmate aan het phosphorzuur meer kalk is gebonden ⁽²⁾. Het is niet onmogelijk en zelfs waarschijnlijk, dat in den kalkrijken grond van Glonggong -- en hetzelfde geldt voor de later te behandelen mergelgronden -- de phosphaten meer kalk bevatten dan $Ca_3(PO_4)_2$ -- dus een samenstelling zouden hebben van $Ca_3(PO_4)_2 \cdot xCaO$. Zij zouden dan in samenstelling ongeveer overeenkomen met de gemakkelijker oplosbare, aardachtige natuurlijke phosphaten. In oplosbaarheid verschillen beide phosphaten weinig ⁽²⁾.

De vraag is nu, hoe het staat met de opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond. Hieromtrent kunnen wij het een en ander te weten komen door de phosphorzuurbemestingsproeven van Glonggong te bekijken.

Proef bij dessa Glonggong ⁽³⁾ -- Residentie Semarang -- met sawahrijst op Jongen mergelgrond met 0.058 % P_2O_5 , oplosbaar in 25 % zoutzuur, en 0.033 % P_2O_5 , oplosbaar in 2% citroenzuur.

A. is een zoogenaamde „strookenproef” met drie parallelvakken, waarbij de proefvakken als strooken naast elkaar liggen. Deze

(1) A. A. RAMSAY: The solubility of Calcium phosphates in Citric acid. The Journal of Agricultural Science. London. Vol. VIII 1916—1917. p. 277—298.

(2) G. S. ROBERTSON: Loc. cit. 1916—1917.

(3) Jaarverslag van den Landbouwvoorlichtingsdienst over 1922 en 1923. Weltevreden. 1923. p. 33—34 en 1924. p. 55.

strooken worden ieder in een aantal gelijke vakken geoogst.

B. is een z.g. „vakkenproef” met negen parallelvakken, waarvan de vakken, als op een dambord verdeeld, over het veld zijn verspreid.

Het proefveld was niet bevoeid, doch „van regen afhankelijk”. Daarvandaan de groote productieveverschillen tusschen het eene en het andere jaar. In 1921—1922 was blijkbaar het weer zeer ongunstig. De groei van het gewas heeft hieronder geleden, hetgeen behalve aan de lage producties ook is te zien aan de vrij hooge middelbare fouten van de gemiddelde opbrengsten. De laatste wijzen op een onregelmatige aanplant.

Bemestingen per bahoe: *)	Opbrengsten in pikols *) per bahoe aan oogstdroge padi in de West-Moessons:	
	1921 — 1922	1922 — 1923
A.		
Onbemest.....	13.7 $\pm$ 0.3	28.5 $\pm$ 0.5
2 pikol enkelsuperphosphaat.....	18.4 $\pm$ 1.0	36.9 $\pm$ 0.9
Idem + 1 pikol zwavelzure ammoniak..	23.0 $\pm$ 1.0	38.0 $\pm$ 0.6
B.		
Onbemest.....	19.1 $\pm$ 0.5	34.0 $\pm$ 1.0
2 pikol enkelsuperphosphaat.....	25.7 $\pm$ 0.9	39.6 $\pm$ 0.8
Idem + 1 pikol zwavelzure ammoniak..	27.6 $\pm$ 1.0	41.6 $\pm$ 0.7

Volgens de cijfers heeft de grond duidelijk op een phosphorzuurbemesting gereageerd. In de strookenproef, waar door de veel groo-tere velden de verhoudingen natuurlijker zijn dan in de vakkenproef, is met superphosphaat rond 10 pikol oogstdroge padi meer opgebracht. Zonder fosphaatbemesting waren de producties op het proefveld het eerste jaar laag en in het tweede jaar beter. Ook in 1922—1923 was de opbrengst er echter nog niet hoog.

Aan een tekort aan gemakkelijk oplosbare phosphorzuurverbindingen kan het fosphaatgebrek van dezen grond niet worden toegeschreven, zooals eenvoudig als volgt is te berekenen.

In een bouwvoor van 30 c.M. dikte en wegende 3.000.000 K.G. per bahoe komt in den grond van Glonggong rond 1000 K.G. in 2% citroenzuur oplosbaar P_2O_5 voor (zie voor de berekening van het gewicht van den bouwvoor pag. 51). Nu wordt volgens VAN ROSSEM ⁽¹⁾ door een goed padigewas met een oogst van 36 pikol oogstdroge padi per bahoe aan den grond slechts onttrokken 18 K.G. P_2O_5 . Er is dus in den grond, zelfs bij een nog laag rendement voor de plantenvoedingsstof van 5 %, voldoende ge-

(*) 1 bahoe = 7096.5 M². 1 pikol = 61.76 K.G.

(1) Dr. C. VAN ROSSEM: De hoeveelheden der voornaamste voedingsstoffen, die door een rijstooget aan den grond onttrokken worden. Mededeelingen van het Agricultuur-chemisch Laboratorium. No. XVII. Buitenzorg. 1917. p. 17.

makkelijk oplosbaar phosphorzuur voorhanden voor een bijzonder hooge padiopbrengst van 100 pikol oogstdroog per bahoe.

Evenmin kan op Glonggong een onvoldoende wortelontwikkeling van het gewas door ongunstige groeiomstandigheden en daardoor een te klein vermogen om plantenvoedingsstoffen op te nemen, oorzaak zijn van het succes der phosphorzuurbemesting, omdat de bemesting immers ook bij betrekkelijk goede producties en dus blijkbaar normale ontwikkeling van de plant een duidelijke werking te zien geeft.

Als eenige oorzaak van het verschijnsel blijft dus slechts over, aan te nemen, dat het phosphorzuur in den grond moeilijk opneembaar is, hetgeen zeer opmerkelijk is, daar de phosphorzuurverbindingen in den grond gemakkelijk in 2 % citroenzuur oplosbaar zijn.

Koolzure kalk. In onze beschouwingen hebben wij nog geen rekening gehouden met de groote hoeveelheid koolzure kalk — $\pm 11\%$ — in den grond. Het bestanddeel drukt bij de extracties de oplosbaarheid van het phosphorzuur zeer sterk, hetgeen blijkt uit de volgende cijfers:

55 gram grond met 500 c.c. 2 % citroenzuur	
plus extra-zuur	zonder extra-zuur
0.033 % P_2O_5	0.008 % P_2O_5

Het is de vraag, of wellicht aan het voorkomen van veel koolzure kalk in den grond de geringe rendabiliteit van de kalkphosphorzuurverbindingen in den grond van Glonggong is te wijten.

In het algemeen wordt aangenomen, dat de gelijktijdige aanwezigheid in een grond van koolzure kalk en calciumphosphaten de kans van oplossen van laatstgenoemde verbindingen doet dalen. Men ziet de zaak zóó, dat er zich tussehen het koolzuurhoudende water in den grond en het phosphaat aan den eenen en de koolzure kalk aan den anderen kant een evenwicht zal instellen, waarbij de calciumionen een zoodanige concentratie verkrijgen, dat daarnaast slechts een kleine concentratie aan PO_4 - en HPO_4 -ionen in het water van den grond bestaanbaar is. De hoeveelheid opneembaar phosphorzuur zou dan minder zijn dan in het geval, dat de grond geen koolzure kalk bevat.

En om nu in grondanalysen ook dezen factor te laten meetellen, zijn velen — en daaronder ook DYER en HALL — van meening, dat het bij extracties van gronden met citroenzuur beter is, eventueel geèn extra-zuur toe te voegen, om den invloed van koolzure

kalk op het oplossen van phosphorzuur zooveel mogelijk op te heffen, hetgeen op Java wèl is voorgeschreven. Waar in den grond de kalk de opneembaarheid van de plantenvoedingsstof ongunstig beïnvloedt, moet dit — aldus hun opvatting — ook in de extracties worden nagebootst ⁽¹⁾.

Op Java ⁽²⁾ geeft men echter de voorkeur aan een afzonderlijke beschouwing van deze twee zaken: 1. de oplosbaarheid van het phosphorzuur op zich zelf — 2. de hoeveelheid koolzure kalk, welke op de opneembaarheid van het phosphorzuur van invloed zou kunnen zijn. M.i. is hiervoor alles te zeggen. De invloed van de kalk in den grond zal n.l. geheel afhankelijk zijn van de fijnheid van het bestanddeel, welke de oplosbaarheid ervan bepaalt en waarvan afhankelijk is de verspreiding van de kalk in den grond. Zijn de koolzure-kalkdeelen in den grond in groven toestand aanwezig, dan zullen zij — èn door hun moeilijke oplosbaarheid, èn door hun lokaal voorkomen — op de opneembaarheid der phosphorzuurverbindingen weinig invloed kunnen hebben. Bij onze extracties zal de koolzure kalk echter — hoe grof ze ook is, mits zij maar fijner is dan 2 m.m. — toch in oplossing gaan en de oplosbaarheid van het phosphorzuur drukken. En zou men dus een geval hebben van een grond met grove kalkdeelen en dien grond gaan extraheeren, zonder de neutraliseerende werking van de koolzure kalk te elimineeren, dan zou men — in plaats van de verhoudingen in den grond te hebben nagebootst — van de phosphorzuurvoorziening van den grond een totaal verkeerden indruk krijgen. Men zou dan namelijk bij de analyse een factor hebben ingeschakeld, welke in den grond niet die groote rol speelt, welke haar bij de analyse van den grond is toegekend.

Met een dergelijk geval hebben wij bij den grond van Glonggong te maken, die slechts circa 1 % CaCO_3 ter grootte van $2\ \mu$ en kleiner

(1) A. D. HALL: The soil. 1920. p. 182: „It has been suggested that the varying amounts of calcium carbonate contained by soils will much affect the material dissolved by the citric acid, some of which becomes neutralised by the calcium carbonate. But though the amount of phosphoric acid dissolved from a given soil by the citric acid solution will be diminished if the calcium carbonate in the soil is increased, a *very similar reduction* — cursiveering door ons — will be effected in the natural processes of solution of the soil phosphates under field conditions. No attempt should be made to add an extra amount of citric acid to combine with the calcium carbonate; secondary solvent actions are set up both by the carbon dioxide evolved and by the calcium citrate formed, whereby the real comparative basis of the method of analysis is destroyed.” Op dit tweede bezwaar komen wij nog terug.

BERNARD DYER: On the analytical determination of probably available „Mineral” plant food in soils. Journal of the Chemical Society. London 1894. p. 141—142.

(2) Zie: Gecodificeerde voorschriften 1913. Loc. cit. p. 22. Bereiding der extracten: Modificatie bij carbonaathoudende gronden.

bevat, terwijl de totale hoeveelheid koolzure kalk 11 % bedraagt. De invloed van de koolzure kalk op de opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond zal dus veel geringer zijn dan uit cijfers van analyses zonder toevoeging van extra zuur zou zijn af te leiden. De concentratie van het citroenzure extractiemiddel zou alleen door de fijne koolzure kalk in den grond slechts met circa 0.15% worden verlaagd (*). Dat dit op de uitkomsten van de analyses van niet meer dan een zeer geringen invloed kan zijn, blijkt uit het feit, dat in 1 % citroenzuur nog 0.026 % P_2O_5 uit den grond oplost — dus slechts weinig minder dan in 2 % citroenzuur.

Houden wij dus uitsluitend met de fijne koolzure kalk in den grond rekening, dan is zeker de buitengewoon geringe rendabiliteit van het phosphorzuur in den grond van Glonggong niet in de eerste plaats aan de aanwezigheid van koolzure kalk toe te schrijven.

Er moet voor het feit een andere krachtiger oorzaak zijn te vinden, die wij hoofdzakelijk zochten in de verdeling van de phosphorzuurverbindingen in den grond. Op dit onderwerp zal straks uitvoerig worden ingegaan.

Het rendement van het phosphorzuur in den grond. Om van de geringe werkzaamheid van het phosphorzuur in den grond van Glonggong een beter beeld te verkrijgen, zullen wij nog de rendabiliteit van deze plantenvoedingsstof in den grond globaal becijferen en die vergelijken met de rendabiliteit van een superphosphaatbemesting. Hierbij zullen wij tot grondslag van onze berekeningen nemen de strookenproef 1922-1923, die — gezien de producties — onder gunstige omstandigheden is verlopen. Volgens de gegevens van VAN ROSSEM⁽¹⁾ zou op de onbemeste vakken dan door het gewas, dat 28.5 pikol oogstdroge padi opbracht, aan phosphorzuur zijn onttrokken rond 15 K.G. per bahoe, d.i. 1.5% van den aanwezigen voorraad z.g. „beschikbaar” phosphorzuur, welken wij op 1000 K.G. hebben gesteld. Het rendement van de plantenvoedingsstof in den grond zou dus 1.5 % zijn.

Met 2 pikol enkelsuperphosphaat d.i. met 24 K.G. P_2O_5 meer per bahoe zou volgens de proef rond 10 pikol oogstdroge padi meer zijn opgebracht, waarvoor aan den grond zou zijn onttrokken 5 K.G. P_2O_5 meer — d.i. rond 20 % van de toegevoegde hoeveelheid P_2O_5 .

Bij vergelijking der percentages komt de zeer geringe opneembaarheid van het phosphorzuur, dat oorspronkelijk in den grond zat, al zeer duidelijk uit.

(*) De zuurgraad zal in verband met de terugdringing van de dissociatie van het citroenzuur iets sterker worden gedrukt.

(1) Dr. C. VAN ROSSEM: Loc. cit. 1917, p. 17.

OUDE MERGELGRONDEN.

A. PHOSPHORZUUR-ARME GROEP. De phosphorzuurarme Oude mergelgronden zijn de phosphorzuurarmste gronden van Java. Onze monsters b.v. bevatten de volgende kleine hoeveelheden van die plantenvoedingsstof:

Doorl. No.	Residentie	Plaatsnaam	Phosphorzuur oplosbaar in:	
			25 % zoutzuur	2 % citroenzuur
6804	Soerakarta	Batoeretna	0.006	0.002
12461/.524	Idem	Gamping	0.010	0.004
10556/.595	Idem	Woerjantoro	0.003	0.001
12853-.61-.69	Madioen	Groedo	0.004	0.002

Karakteristiek voor de gronden is niet zoo zeer de kleine hoeveelheid in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur — deze wordt ook bij andere grondsoorten aangetroffen, b.v. bij de laterietgronden — doch wel het lage gehalte van de gronden aan in zoutzuur oplosbaar phosphorzuur, dat meestal minder is dan 0.010 %. In de andere grondsoorten van Java komt als regel een grootere hoeveelheid in zoutzuur oplosbaar phosphorzuur voor. Bij de laterietgronden b.v. bedraagt het gehalte aan dit phosphorzuur in den regel meer dan 0.020 %, terwijl de hoeveelheid in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur in die gronden dikwijls niet hoger is dan in de phosphorzuurarme Oude mergelgronden. Deze mergelgronden zijn dan ook — voorzoover bekend — de eenige gronden van Java, welke als groep fosphaatgehalten vertoonen, die kleiner zijn dan de beide grenswaarden van MARR—GEERTS. Met deze grenswaarden wordt dus een bepaalde groep van gronden onderscheiden. Hieraan moet o.i. hoofdzakelijk het succes van die waarden worden toegeschreven.

Locaal bevatten de gronden meer phosphorzuur dan hier is opgegeven en vooral meer in 25 % zoutzuur oplosbaar phosphorzuur — n.l. in streken, waar zij van aschregens en aschstroomen hebben geprofiteerd of met rivierwater zijn bevoeid, afkomstig van Jong-vulkanische terreinen ⁽¹⁾. Het meest verbreid komen echter op Java de weinig vermengde mergelgronden voor. Deze bedekken er groote stukken van het eiland. In deze verhandeling zal van de phosphorzuurarme mergelgronden uitsluitend de laatstbedoelde groep worden besproken.

(1) J. TH. WHITE: Teysmannia. 1922. p. 559—560 en 562—565.

Van de voornaamste rantja-minjakstreken van Java zijn in onderstaande tabel de phosphorzuurcijfers van eenige grondmonsters opgegeven:

Doorl. No.	Residentie	Streek	Dessa	Phosphorzuur oplosbaar in:	
				25 % zoutzuur	2 % citroenzuur
8435	Rembang	Solovallei	Kepoh	0.007	0.001
8430	Semarang	Loesivallei	Pantjan	0.006	0.001
11217	Djokjakarta	Koelon- Progo	Kalimenoer	0.010	0.005
8976	Socrakarta	Semboejan- laagland	Ngoentoro- nadi	0.002	0.001
12931-32	Madioen	N.-Madioen	Djambangan	0.006	0.005
9726	Pasoeroean	Bangil	Bangil	0.007	0.001

Deze cijfers geven zonder uitzondering een duidelijk beeld van de algemeene fosphaatarmoede van onze phosphorzuurarme Oude mergelgronden. Hierop werd reeds eerder door MARR en LEDEBOER⁽¹⁾ gewezen. De Oude mergelgronden van Cheribon vergelijkende met die van andere suikerrietstreken van Java kwam b.v. LEDEBOER in 1912 tot de slotsom: „Het lage phosphorzuurgehalte is dus een algemeen kenmerk van dezen over geheel Java, zooals wij zagen, dikwijls over groote uitgestrektheden voorkomenden grond,”⁽²⁾.

Merkwaardig zijn echter bovendien de buitengewoon geringe verschillen in de cijfers voor monsters uit een dergelijk groot gebied en van ver uiteenliggende streken. Over geheel Java bevatten de gronden dus ongeveer dezelfde hoeveelheden phosphorzuur, die overal even klein zijn. Dit maakt het o.m. gemakkelijk de gronden aan hun „phosphorzuurcijfers” te herkennen en eventueele vermenging van de gronden met vreemd materiaal te ontdekken. Het vele gebruik van die cijfers bij de herkenning en groepeerings van grondsoorten op Java berust dan ook in den grond der zaak op het feit, dat daarmee een belangrijke groep van gronden — de phosphorzuurarme Oude mergelgronden — kunnen worden onderscheiden (*).

(1) TH. MARR: Resultaten van het chemisch onderzoek der rietgronden op Java. Mededeelingen van het Proefstation van de Java-Suikerindustrie. No. 23. 1912. p. 689 e.a. F. LEDEBOER: Loc. cit. 1912.

(2) F. LEDEBOER: Loc. cit. 1912. p. 771.

(*) Dit te weten kan van nut zijn bij de toepassing van de eenvoudige methode op gronden buiten Java, hetgeen maar al te dikwijls blindelings geschiedt.

De phosphorzuurbehoefte van phosphorzuurarme Oude mergelgronden. In overeenstemming met de lage phosphorzuurgehalten der gronden zijn de producties in de rantja-minjakstreken van Java in het algemeen bijzonder klein en geeft een phosphorzuurbemesting op de gronden als regel zeer groote meeropbrengsten te zien. Om een en ander onder cijfers te brengen zijn hieronder de uitkomsten opgegeven van een tweetal proeven op de desbetreffende grondsoort — de een genomen bij rijst en de andere bij suikerriet:

1. Sawahrijst. Proef bij dessa Kepok-Zuid — Residentie Rembang — (1) met sawahrijst op Ouden mergelgrond met 0.007 % P_2O_5 , oplosbaar in 25 % zoutzuur en 0.001 % P_2O_5 , oplosbaar op 2 % citroenzuur:

Bemestingen per bahoe:	Opbrengsten in pikols oogstdroge padi per bahoe in de West-Moessons:	
	1916—1917	1917—1918 nawerking
Onbemest	10.2 ± 1.8	6.5 ± 1.6
2 pikol enkelsuperphosphaat	35.6 ± 2.1	16.2 ± 1.5
Idem + 1 pikol zwavelzure ammoniak	43.1 ± 1.1	11.4 ± 1.7

In de West-Moessons 1914—1915 en 1915—1916 werden op het proefveld ongeveer dezelfde uitkomsten verkregen. Over de geheele proefperiode van 4 West-Moessons bedroegen de oogstvermeerderingen op Kepoh-zuid, verkregen met een phosphorzuurbemesting van de rijst:

Bemestingen per bahoe	MEEROPBRENGSTEN in pikols oogstdroge padi per bahoe t.o.v. onbemest				
	1914-1915	1915-1916 nawerking	1916-1917	1917-1918 nawerking	Eindwaarde
2 pikol enkel-superphosphaat	22.3 ± 1.4	8.2 ± 1.6	25.4 ± 2.8	9.7 ± 2.2	31.7 ± 2.5
Idem + 1 pikol zwavelzure ammoniak	28.0 ± 1.1	8.9 ± 1.1	32.9 ± 2.1	4.6 ± 2.3	37.1 ± 2.4

(1) Dr. A. W. K. DE JONG en Dr. C. VAN ROSSEM: Practische bemestings-, nawerkings-, en vruchtwisselingsproeven. Mededeelingen van het Agricultuur-chemisch Laboratorium. Buitenzorg. No. XII (1916) p. 68—70, No. XV (1917) p. 48—51, No. XIX (1918) p. 45—48 en vervolg in Mededeelingen van het Algemeen Proefstation voor den Landbouw. No. 3. (1919). p. 63—64. Behalve de eerste mededeeling zijn de volgende mededeelingen door VAN ROSSEM alleen geschreven.

In dit voorbeeld is de werking van de phosphorzuurbemesting wel bijzonder groot geweest. Als regel brengen de gronden met 1 pikol dubbelsuperphosphaat echter toch 10—20 pikol oogstdroge padi meer op, hetgeen bij de overige grondsoorten van Java tot dusverre slechts bij uitzondering is aangetroffen.

Het groote nut eener phosphorzuurbemesting van rijst in rantja-minjakstreken komt vooral goed aan den dag als men de meeropbrengsten beschouwt in verband met de oorspronkelijke producties van de sawahs in die streken. Deze bedragen als regel gemiddeld omstreeks 12 pikols oogstdroge padi per bouw, en behooren tot de laagste van Java (*). Met 1 pikol dubbel-superphosphaat en soms zelfs met $\frac{1}{2}$ pikol van de meststof is de rijstproductie op Oude mergelgronden tot een behoorlijk peil van 30—40 pikol oogstdroge padi per bahoe op te voeren. Bijzonder slecht is het verder in de desbetreffende streken gesteld met de oogstzekerheid. Ook deze wordt bij toepassing eener phosphorzuurbemesting groter. Tenslotte geeft deze bemesting het voordeel, dat de rijst 7—14 dagen eerder kan worden geoogst en de kwaliteit van den oogst, welke op de onbemeste velden vaak alles te wenschen overlaat (looze aren), bij toediening van fosphaatmest veel beter is. Phosphorzuurbemesting ingang te doen vinden bij den Inlandschen landbouwer in rantja-minjakstreken is dan ook een der voornaamste middelen om tot betere opbrengsten te komen en daarmee de padiproductie van Java in totaal belangrijk op te voeren (**).

(*) Dr. P. VAN DER ELST: De crisis in de padicultuur op Java. Koloniale Studiën. 1924. p. 165—188 (overdruk). aflevering No. 2. April 1924. In deze statistische studie van de factoren, die globaal de productie van sawahs op Java bepalen, vinden wij op p. 174 een tabel, welke residentiegewijze vermeldt de gemiddelde padiproducties per bahoe in de decennien 1878/.87 en 1914/.23. Wij lezen van die tabel af, dat de residentie Rembang — het gebied van den mergelgrond, par excellence — met een gemiddelde opbrengst van rond 15 pikol oogstdroge padi per bahoe de laagste gemiddelde opbrengst van Java vertoont. Nemen wij in aanmerking, dat wij hier bedoelen te behandelen alleen de arme mergelgronden en dus de armste gronden van het gewest, dan is onze aanneme van een standaardopbrengst van 12 pikol voor de phosphorzuurarme mergelgronden van Java zeker niet te laag.

Wat het aantal oogstmislukkingen betreft: ook in dit opzicht behoort Rembang tot een van de vier gewesten, welke over beide decennien gemiddeld het grootste percentage mislukkingen van den sawah-aanplant tellen en waarbij dit percentage ver uitsteekt boven die in de andere gewesten van het eiland. Hiervoor zij verwezen naar de tabel op p. 180 van de mededeeling van VAN DER ELST. In het decennium 1874/.87 — toen nog niet zoo in den Inlandschen landbouw werd „ingegrepen” — stond Rembang in oogstmislukkingen aan de spits!

(**) De landbouwtechnische vraagstukken, welke zich in rantja-minjakterreinen voordoen, zijn door ons behandeld in een monografisch overzicht van een der armste dier terreinen op Java, maar tevens een der meest typische mergelgebieden op het eiland: J. TH. WHITE: Geologische en Bodemkundige excursie door het Djoejasche Zuidergebergte (3 October

Dat — in overeenstemming met hetgeen het phosphorzuurgehalte der gronden doet verwachten — in rantja-minjakstreken het phosphorzuurgebrek niet slechts lokaal, maar regionaal voorkomt, is op de als bijlage hierbij gevoegde geologische kaart van Java af te lezen. Op deze kaart zijn aangegeven de plekken, waar op Java tot 1925 bij rijst phosphaatgebrek is geconstateerd. Men ziet op de kaart bedoelde plekken als regel voorkomen nabij kalk- en mergelgebergten, welke op de kaart opvallend in zwart en zwarte blokjes zijn aangegeven. In de omgeving van deze gebergten liggen nu ook de phosphorzuurarme Oude mergelgronden. Het zijn voornamelijk de volgende streken — alle rantja-minjakterreinen — welke volgens de kaart in groote complexen op phosphaatbemesting reageeren: Bangil (Pasoeroean) — Solovallei (Rembang) — Zuid-Wonogiri (Soerakarta) — Z. W. Djokjakarta — Kromongstreek (Cheribon). In de jongste jaren is hetzelfde voor de Loesivallei (Semarang) — N. O. Soerakarta — en Noord-Madioen — waargenomen, waarmee thans practisch alle belangrijke rantja-minjakstreken van Java op haar phosphaatbehoefte zijn onderzocht en zonder uitzondering voor een phosphaat-bemesting in sterke mate gevoelig zijn bevonden (*).

1923). Verslag van de vergadering der Vereeniging van Proefstation-Personeel. Buitenzorg. 1924. p. 81—103 (enkele overdrukken hiervan zijn nog beschikbaar). In deze verhandeling worden ook uitvoeriger besproken de rantja-minjak-gronden van het Semboejan-laagland in Zuid-Soerakarta, welke in ons stuk hoofdzakelijk de phosphorzuurarme mergelgronden vertegenwoordigen. Zie ook: Dr. S. VAN VALKENBURG en J. TH. WHITE: Enkele aantekeningen omtrent het Zuidergebergte (G. Kidoel). Jaarboek van den Topografischen dienst. 1923, waarvan de hoofdstukken Geologie (2), Grondgesteldheid (5), Landbouw (6), Boschbouw (7) door ons zijn geschreven.

(*) In 1920 werden van de bemestingsproeven bij rijst de resultaten door VAN ROSSEM als volgt samengevat:

„Omtrent het gebrek aan phosphorzuur is op te merken, dat de streken, die sterk op een bemesting met superphosphaat hebben gereageerd, voornamelijk in de Noordelijke Residenties van Java en Madoera liggen en dat het phosphorzuurgebrek zich in de Residenties Cheribon en Rembang niet tot enkele plaatsen bepaalt, doch integendeel zich over groote oppervlakten uitstrekt; in Rembang zelfs over vrijwel de geheele residentie....”

Onmiddellijk na het verschijnen van de desbetreffende verhandeling werd door ons nagegaan, op welke grondsoorten de conclusie van VAN ROSSEM wel betrekking zou hebben. Tevoren waren wij reeds bij de lezing van het overzicht van GEERTS omtrent de phosphorzuurbemestingsproeven bij Suikerriet (1916) tot de slotsom gekomen, dat bij dit gewas het nut eener phosphorzuurbemesting hoofdzakelijk was aangetoond voor de z.g. rantja-minjakgronden. Tot dezelfde gevolgtrekking leidde de nadere bewerking van de rijst-proeven. Nog in hetzelfde jaar, waarin de mededeeling van VAN ROSSEM was verschenen, werd — aan de hand van de hier bijgevoegde geologische kaart — op een vergadering van Landbouwleeraren te Semarang (November 1920) de wenschelijkheid betoogd om de conclusie van VAN ROSSEM aldus te wijzigen:

„Phosphaatgebrek bij rijst is — evenals dat bij suikerriet — tot dusverre practisch uitsluitend aangetroffen op Oude mergelgronden. Deze gronden

Van de productiviteit der overige gewassen op Oude mergelgronden interesseert ons het meest de opbrengst van het belangrijkste dezer gewassen: het suikerriet, ook al uit een historisch oogpunt. Het is n.l. de suikerrietcultuur geweest, waarbij het fosphaatgebrek der gronden werd ontdekt en waardoor later het onderzoek van het onderwerp voor andere gewassen -- in het bijzonder voor rijst -- vrij eenvoudig werd gemaakt. Toen dit onderzoek in het groot begon (1912), waren de meest fosphaatbehoeftegrondsoorten van Java reeds bekend.

Hoewel in de meeste gevallen het suikerriet op Java werd verbouwd in gunstiger rantja-minjakstreken, n.l. in die, welke van

komen op Java in hun weinig vermengde vormen hoofdzakelijk in het Noordelijke deel van de Oostelijke helft van het eiland voor (geen jonge vulkanen!) en meer in het bijzonder in de z.g. Loesi-Randoeblatoeng-Solovallei, welke het voornaamste cultuurgebied van Rembang uitmaakt, dat tot over de grens van Semarangreikt. Verder is ook de door VAN ROSSEM bedoeldestreek van Cheribon (omgeving Kromonggebergte) hoofdzakelijke met die grondsoort bedekt (zie o.a. LEDEBOER). Daarom zijn het voornamelijk deze Noordelijke streken van Java, die over groote oppervlakten fosphaatgebrek te zien hebben gegeven. Gezien de resultaten bij de suikerrietcultuur mag echter worden verwacht, dat ook in andere deelen van het eiland de Oude mergelgronden voor een phosphorzuurbemesting bij rijst gevoelig zullen zijn. Dit is inmiddels reeds gebleken uit enkele proeven in Zuid-Wonogiri (Zuidelijk gedeelte van de Residentie Soerakarta). Daarentegen is van de phosphorzuurbehoefte van de andere grondsoorten in de door VAN ROSSEM aangewezen Noordelijke streken van Java nog niets te zeggen, omdat op deze grondsoorten op Java bij rijst nog vrijwel geen proeven zijn genomen."

In hoofdtrekken is de toestand thans nog dezelfde. In 1922 werd door het bodemkundig laboratorium in Buitenzorg wel reeds begonnen meer aandacht te schenken aan de andere grondsoorten en in de eerste plaats aan de voornaamste grondsoort van het eiland: de laterietgrond. Tot proeven op groote schaal is het echter op deze grondsoort nog niet gekomen.

Dezelfde eenzijdigheid zien wij bij den aanleg van de bemestingsproeven bij suikerriet. Ook hierbij bleef de aandacht voornamelijk tot de Oude mergelgronden beperkt. Eerst in de laatste jaren is dit enigszins veranderd, doordat tegenwoordig tenminste op de laterietgronden van den Moeriah (rijk aan in zoutzuur oplosbaar phosphorzuur!) nogal wat phosphorzuurbemestingsproeven worden opgezet.

Met een en ander staat in verband de beteekenis van de grenswaarden van MARR—GEERTS. Feitelijk zijn deze waarden op haar bruikbaarheid alleen getoetst voor rantja-minjakstreken. Immers beschikt men voor de andere gronden over te weinig gegevens. Ook hierop werd op Semarang (1920) de nadruk gelegd. Later in 1923 werd de zaak uitvoeriger op een vergadering van Proefstation-Personeel te Djokjakarta behandeld. In beide besprekingen werd, op grond van het bovenstaande, ertegen gewaarschuwd om bij den opzet van bemestingsproeven zich te veel door bedoelde grenswaarden te laten leiden. Beter leek het, voorloopig de proeven los van deze grenswaarden te nemen o.a. om die waarden des te beter nader te kunnen controleeren. (Beide voordrachten zijn niet in druk verschenen om een promotie op het onderwerp niet te bemoeilijken.) Zie overigens: A. WULFF: Resultaten van kunstbemesting bij de Inlandsche cultures op Java en Madoera. Arch. van de Suikerind. in N. O. I. 1925. p. 1306—1321 — en verder de Jaarboeken van het Departement van Landbouw, Nijverheid en Handel in N.O.I. 1920. p. 16 — 1922. p. 23—24, onderhet hoofd: Onderafdeeling (Laboratorium) voor Bodemkundig onderzoek.

aschregens en van rijk bevoeiingswater konden profiteeren — de arme Oude mergelgrond-terreinen als die van Rembang (Solo-vallei) en Soerakarta (Zuid-Wonogiri) worden nog heden ten dage door de suikerrietcultuur ontweken — waren de opbrengsten van het gewas op de desbetreffende gronden toch als regel opvallend laag. Na eenig zoeken kwam men tot de ontdekking, dat als de voornaamste oorzaak voor de lage productiviteit der gronden is aan te wijzen fosphaatgebrek. Met deze ontdekking is niet alleen een belang voor de suikerrietcultuur gediend, doch tevens een algemeen belang, dat voor de welvaart van Java van bijzonder groote beteekenis is geworden, omdat ermede de mogelijkheid is geopend om de productiviteit van een groot, zeer arm gedeelte van het eiland tot een normaal peil op te voeren. Hierbij mag men wel eens eraan denken, dat het de onderwijsinrichting in Wageningen is geweest, welker leerlingen ons dit succes hebben gebracht.

Om van de phosphorzuurbehoefte der oude mergelgronden voor suikerriet een voorbeeld te geven kan met de volgende proef worden volstaan:

2. Suikerriet. Proef op de suikeronderneming Wonosarie — Residentie Soerakarta — met suikerriet (Zwart Cheribon) op Ouden mergelgrond met 0.010% P_2O_5 , oplosbaar in 25% zoutzuur en 0.004% P_2O_5 , oplosbaar in 2% citroenzuur. Oogstjaar: 1906. ⁽¹⁾

Bemestingen per bahoe	Opbrengsten in pikols per bahoe aan	
	Riet	Suiker
4 pikol zwazelzure ammoniak	471	43
Idem + 1 pikol enkelsuperphosphaat	1058	104
Idem + 2 pikol idem	1380	117
Idem + 4 pikol idem	1611	141

Proeven met dergelijke uitkomsten eener fosphaatbemesting bij suikerriet zijn in het suikerarchief — zie vooral de samenvattende bewerking daarvan door GEERTS ⁽²⁾ — in een groot aantal te vinden. Men kan gerust zeggen, dat de meeste proeven, welke bij de suikerrietcultuur zijn genomen op phosphorzuurarme gronden, en welke een sterke phosphorzuurbehoefte van den grond te zien hebben gegeven, zijn opgezet op Oude mergelgronden. O.m. blijkt dit hieruit, dat die proeven grootendeels zijn genomen in enkele der reeds genoemde rantja-minjakstreken. Van deze

(1) Dr. J. M. GEERTS: Loc. cit. 1916. p. 558 (overdruk) onder no. 6. Zie verder: Archief voor de Java-Suikerindustrie. band XV. p. 403.

(2) Dr. J. M. GEERTS: Loc. cit. 1916. p. 543—654 (overdruk).

streken zijn op Java met suikerriet beplant voornamelijk West- en Oost-Cheribon (s.f. Djatiwangi, Karangsoewoeng en Sindang-laoet) — West-Djokjakarta (s.f. Rewoeloe en Sedajoe) — Oost-Soerakarta en Noord-Madioen (s.f. Wonosarie, Modjo, Soedhono e.a.) — Noord-West Kediri (1).

Wij kozen voor ons voorbeeld bovenstaande proef uit, omdat daarbij de bemesting met zwavelzure ammoniak niet bijzonder hoog is geweest. Meestal is deze op de Oude mergelgronden 6 tot 8 pikol per bahoe. Bij dergelijke zware bemestingen met zwavelzure ammoniak moet crop worden gerekend, dat in de gronden merkbare hoeveelheden phosphorzuur meer in oplossing kunnen worden gebracht dan bij een matige toediening van de meststof, met als gevolg, dat het oorspronkelijke fosphaatgebrek van de gronden zwakker aan den dag komt dan het in werkelijkheid is (2). Meestal zijn verder onder dergelijke omstandigheden de opbrengsten der niet met phosphorzuur bemeste gronden ook hoger dan in het geval, dat geen extra mobiliseering van het bodemphosphorzuur door toediening van zwavelzure ammoniak plaats vindt.

Dat door bemesting van Oude mergelgronden met zwavelzure ammoniak meer phosphorzuur voor de plant beschikbaar komt, is om meerdere redenen zeer waarschijnlijk. In de eerste plaats wordt algemeen waargenomen, dat bij rijst, ondanks de zeer groote gevoeligheid van de gronden voor een phosphorzuurbemesting en hun slechts geringe gevoeligheid voor een bemesting met zwavelzure ammoniak, op die gronden toch door laatstgenoemde bemesting alleén reeds geregeld een productievermeerdering wordt verkregen, vermoedelijk goeddeels als gevolg van een beter rendement van het phosphorzuur in den grond. In de tweede plaats worden bij suikerriet op de zeer fosphaatarme gronden door toepassing van uitsluitend zware bemestingen met zwavelzure ammoniak vaak rietopbrengsten verkregen, welke alleen mogelijk lijken bij een ongekend hoog rendement van het phosphorzuur in den grond van omstreeks 30 %. Dit verschijnsel is enkele jaren geleden door ABERSON (2) nader bekeken, die meende het voor een goed deel te moeten toeschrijven aan een mobiliseering van het phosphorzuur in den grond bij het nitrificatieproces van de zwavelzure ammoniak. Bij dit proces hebben de nitraatvormende bacteriën een stof noodig om het salpeterigzuur, dat uit de ammoniak ontstaat te neutraliseeren. „Hiervoor worden zeker” — zegt ABERSON — „voor een groot deel de fosfaatmoleculen gebruikt, welke dan in een in water oplosbaren vorm worden overgevoerd en in alle geval van tricalciumphosfaat in biphosfaat worden omgezet.”

In hoeverre, ook zonder nitrificatie, de zwavelzure ammoniak een dergelijke rol speelt b.v. door verdringing van het phosphorzuur-ion uit zijn verbindingen door zwavelzuur-ion, is gemakkelijk nader te onderzoeken door vergelijkende proeven met zwavelzure ammoniak, chilisalpeter en

(1) Zie o.a. F. LEDEBOER: Loc. cit. 1912. p. 769—770 (overdruk).

(2) N. PRJANISCHNIKOW: Die Düngerlehre. 1923. p. 285—289.

J. H. ABERSON: De beteekenis van het fosforzuur voor de plant, het voorkomen ervan in de gronden van den Oost-Indischen Archipel en de bemesting met fosfaten. Programma der vierde wetenschappelijke samenkomst van Indische landbouwtechnici met verlof hier te lande. Wageningen. 1922. p. 12—15.

b.v. ammoniumcarbonaat. Dergelijke proeven lijken van groot practisch belang, vooral in verband met het vraagstuk — een der problemen, welke op Java steeds opnieuw (politieke) belangstelling wekken — of de suikerrietcultuur door toepassing van zware bemestingen met zwavelzure ammoniak niet het al zeer geringe phosphorzuurkapitaal in de Oude mergelgronden sterk aantast, ten nadeele vooral van den rijstbouw, welke vraag ook ten aanzien van andere grondsoorten en van andere plantenvoedingsstoffen in den grond — b.v. met betrekking tot de kalk — kan worden gesteld. Mogelijk kan de grondhuurder door extraheeren van een grond met zwavelzure ammoniak den verhuurder net zoo goed nadeel berokkenen als door uitmergelen van een grond, waartegen in andere streken de verpachter dikwijls wordt beschermd. Voor alles moet echter nog met zekerheid worden uitgemaakt of inderdaad bij een bemesting van de gronden met zwavelzure ammoniak het beschikbare phosphorzuurkapitaal in een bepaalde laag van den grond door de planten beter wordt benut dan zonder die bemesting. Volgens een proef van WEBER is dit met het kalkkapitaal in een laterietgrond (Buitenzorg) zeker het geval. (F. W. WEBER: Bemestingsproef bij Bengaalsch-gras met zwavelzure ammonia tegenover stalmest. Algemeen Landbouwweekblad voor N. I.. 1923. 8e Jaargang. No. 1.)

Ons voorbeeld biedt het voordeel, dat daarin uitkomen en de oorspronkelijk lage opbrengsten der gronden en de groote meeropbrengsten, op de gronden te verkrijgen met een fosphaatbemesting.

Een klein nadeel van ons voorbeeld is, dat de opbrengst der niet met phosphorzuur bemeste vakken wel wat al te klein lijkt te zijn uitgevallen. Gewoonlijk schijnen de gronden zonder een fosphaatbemesting en met een matige bemesting van zwavelzure ammoniak — b.v. van 4 pikol — 500 à 700 pikol riet op te brengen. Ook deze hoeveelheden zijn nog bijzonder laag. Zij staan tegenwoordig gelijk met een misoogst. Met een bemesting van 2—3 pikol dubbel-superphosphaat per bahoe — maar dan ook alleen met een dergelijke fosphaatbemesting — kan op de gronden — onder overigens gunstige omstandigheden — bij een rietsoort als 247 B echter gemakkelijk een normale rietoogst van omstreeks 1400 pikol per bouw en hooger worden verkregen, hetgeen geldt voor alle typische rantja-minjakstreken. Ook bij suikerriet komt dus de algemeene en sterke phosphorzuurbehoefte van de phosphorzuurarme Oude mergelgronden duidelijk aan den dag, waarop trouwens reeds meer dan 10 jaren terug o.a. LEDEBOER⁽¹⁾ heeft gewezen.

Het rendement van het phosphorzuur in de gronden. Bekijken wij de phosphorzuurcijfers van de Oude mergelgronden nader, dan zien wij, dat het weinige phosphorzuur in de gronden aan oplosbaarheid niets te wenschen overlaat. De verhouding van het phosphorzuur, oplosbaar in 25 % zoutzuur en in 2 % citroenzuur, is bij de gronden meestal nog geen 5, terwijl zij b.v.

⁽¹⁾ F. LEDEBOER: Loc. cit. 1912. p. 769—770 (overdruk).

bij laterietgronden 10 en meer bedraagt. Stellig is dit, evenals bij de Jonge mergelgronden, toe te schrijven aan het voorkomen van het phosphorzuur in de gronden als calciumphosphaat en dan misschien — met het oog op de groote hoeveelheid kalk in den grond — met een samenstelling ongeveer als die van tricalciumphosphaat e.d. (zie pag. 37), dat onder overigens gelijke voorwaarden gemakkelijker oplosbaar is dan de ijzer- (aluminium-) phosphorzuurverbindingen in de laterietgronden.

De vraag is nu, hoe het met de opneembaarheid van die gemakkelijk oplosbare phosphorzuurverbindingen in de gronden is gesteld. Nemen wij de diepte van de bouwvoor in Oude mergelgronden voor sawahrijs aan op 30 c.M. en het gewicht van die bouwvoor per bahoe op 3.000.000 K.G. (*), dan kan worden aangenomen, dat er bij een gemiddeld gehalte van de gronden aan in citroenzuur en zoutzuur oplosbaar phosphorzuur van 0.003 % en 0.006 % P_2O_5 , in de gronden aanwezig is 90 K.G. z.g. „beschikbaar” phosphorzuur en 180 K.G. z.g. „voorraad” phosphorzuur. Volgens de gegevens van VAN ROSSEM ⁽¹⁾ zou nu voor een gunstige ontwikkeling van sawahrijs met een productie van 36 pikol oogstdroge padi per bouw ongeveer noodig zijn 18 K.G. P_2O_5 — d.i. naar bovenstaande berekening 20 % van de z.g. „beschikbare” hoeveelheid in de gronden. Bij een rendement van 20 % zou er dus in de gronden voldoende opneembaar phosphorzuur aanwezig zijn voor een padioogst van 30 à 40 pikol, hetgeen voor Java een behoorlijke opbrengst is.

Een dergelijke padi-productie is echter — zooals reeds opgemerkt is — in rantja-minjakterreinen een hooge uitzondering. Daarbij zal in zoo'n geval vermoedelijk ook phosphorzuur uit diepere grondlagen worden opgenomen, waarmede dan het rendementscijfer daalt.

Men mag al tevreden zijn, als onder gewone omstandigheden de sawahs 12 pikol oogstdroge padi opbrengen. Naar evenredigheid zou dan het gewas per geslaagden aanplant gemiddeld 6 K.G. phosphorzuur aan den grond onttrekken, hetgeen een rendement

(*) Volgens HALL — The soil. 1920. p. 70-71 — zou een zware kleigrond van Rothamsted, met 7—17 % steenen, per acre (405 M.²) ter dikte van 1 voet (0.305 M.) rond 4000.000 Engelsche ponden (0.454 K.G.) wegen. Daar deze opgave tot de weinige behoort, welke op directe meting berusten en zij voor ons het voordeel heeft, dat zij een steenhoudenden grond betreft, waar wij te maken hebben met concretiëhoudende gronden, zijn wij er bij onze berekeningen van uitgegaan. Van de fijnaarde van een serie mergelgronden van Java hebben wij het volumegewicht bepaald op 1.20—1.30. Volgens deze cijfers zou het gewicht van een bouwvoor van 30 c.m. van den grond — exclusief de concreties — tusschen de 2.000.000 en 3.000.000 K.G. per bahoe liggen.

(1) Dr. C. VAN ROSSEM: Loc. cit. Mededeeling No. XVII. 1917. p. 17.

van het phosphorzuur in de gronden zou geven van 6 à 7 %. Met het oog op den zeer zwaren grond en de dikwijls bij bevoeiing ongunstige physische eigenschappen ervan, met als gevolg een ongunstige wortelontwikkeling van de padi, zijn de cijfers nog vrij behoorlijk. Het is dan ook niets te verwonderen, dat ze dikwijls niet eens zullen worden behaald, en de producties der sawahs lager zijn. Hiertegenover staat, dat onder zeer gunstige omstandigheden op Oude mergelgronden de padiopbrengst tegen de 20 pikol aan kan loopen. Op dezelfde bouwvoor berekend zou dit met zich brengen een rendement van de beschikbare hoeveelheid phosphorzuur in de gronden van 10 %. Bij onze berekening hebben wij afgezien van het phosphorzuur, dat de planten op bevoeide sawahs uit het bevoeiingswater en het slib ervan kunnen opnemen. Mede in verband met dit laatste lijkt een rendement van het phosphorzuur in de phosphorzuurarme Oude mergelgronden van 5—10 % voor rijst niet laag geschat.

Voor suikerriet met zijn uitgebreider wortelstelsel en intensiever cultuurwijze moet de dikte van de bouwvoor op minstens 40 c.M. worden gesteld. Z.g. „beschikbaar” zou dan voor het cultuurgewas in Oude mergelgronden zijn omstreeks 120 K.G. phosphorzuur. Volgens de gegevens van KOBUS⁽¹⁾ schijnt bij een normale productie van 1400 pikol riet (247 B) rond 50 K.G. P_2O_5 aan den grond te worden onttrokken. Bij een rendement van circa 40 % zou dus op de gronden zonder fosphaatbemesting een normaal rietproduct kunnen worden verkregen.

Maar dit rendementscijfer is ongekend hoog en zal voor het phosphorzuur in gronden wel nooit worden bereikt. Daarom zullen op de gronden in kwestie, zonder een phosphorzuurbemesting, als regel geen normale producties zijn te behalen.

ABERSON kwam bij een berekening van het rendement van het phosphorzuur in suikerrietgronden tot een maximumcijfer van 28.5 %. Ook dit cijfer is nog zeer hoog. Beschouwen wij echter de zaak nader. ABERSON⁽²⁾ ging uit van een grond met 0.008 % P_2O_5 oplosbaar in citroenzuur, welke met een zware stikstofbemesting 2000 pikol riet per bahoe zou opbrengen. Hij kwam tot deze cijfers, op grond van den regel, dat op Java bij ongeveer 0.008 % in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur in den grond nog net zonder een fosphaatbemesting hoge rietproducties schijnen te kunnen worden verkregen. Bedoelde gronden nu zijn vaak Oude mergelgronden,

(1) In W. VAN DEVENTER: De cultuur van het suikerriet. Amsterdam. 1915. p. 74.

(2) J. H. ABERSON: Loc. cit. 1922. p. 13.

welke met veel vulkanische asch zijn vermengd. In de eerste plaats moet dus bij deze gronden rekening worden gehouden met een zeer vlottende phosphorzuurreserve (zie p. 130). In den regel van MARR—GEERTS wordt dit gedaan door ook een grens te stellen voor de hoeveelheden in zoutzuur oplosbaar phosphorzuur in den grond, welke door ABERSON is gesteld op rond 0.030 %. In de tweede plaats is het vrij zeker, dat bij een hoog rietproduct van 2000 pikol ook plantenvoedingsstoffen worden betrokken uit diepere lagen, dan 40 c.M. Beide factoren drukken het rendementscijfer, dat dus lager zou uitvallen dan door ABERSON berekend. Neemt men — o.a. om beter bij een diepte van de bouwvoor van 40 c.M. te kunnen blijven — in plaats van het maximum product der gronden, voor de berekening aan een „normaal” rietproduct, dus b.v. een van 1500 pikol, dan zou volgens de berekening van ABERSON het rendement van het phosphorzuur in de gronden bedragen rond 20 %.

Bij dit rendement zou volgens onze berekening uit de phosphorzuurarme Oude mergelgronden door het gewas worden opgenomen 24 K.G. phosphorzuur, voldoende voor een rietooft van 700 pikol. Zonder buitengewoon zware bemestingen van zwavelzure ammoniak ⁽¹⁾ schommelen de rietproducties op de gronden werkelijk om dit bedrag. Zij liggen dan tusschen 500 en 700 pikols riet per bahoe met daarin circa 18 resp. 25 K.G. P_2O_5 . Volgens deze berekening zou het rendement van het phosphorzuur in de gronden bij beplanting met suikerriet derhalve bedragen 15%—20%.

Voor riet schijnt het phosphorzuur in de Oude mergelgronden dus veel beter toegankelijk te zijn dan voor padi, hetgeen voor een goed deel wel zal moeten worden toegeschreven aan de betere verzorging van den grond en van den aanplant van het suikerriet, met als gevolg een naar verhouding betere beworteling van het gewas. Overigens zijn de verschillen natuurlijk het gevolg van de eigenaardige eigenschappen van elk der gewassen.

In beide gevallen is echter het rendement van het phosphorzuur in den grond belangrijk lager dan dat van een bemesting met superphosphaat. Hiervan is de rendabiliteit globaal als volgt te berekenen. Stel, dat met één pikol dubbel-superphosphaat per bahoe de opbrengst van rijst met 18 pikol stijgt. Van de 24 K.G. P_2O_5 in de meststof wordt dan — ruw berekend — 9 K.G. P_2O_5 opgenomen of rond 40 %. Voor suikerriet zou bij een opbrengstvermeerdering van 600-700 pikol riet — bevattende 20 à 25 K.G. P_2O_5 — bij bemesting met 2 pikol dubbel-superphosphaat d.i. 48 K.G. P_2O_5 het rendement van de meststof 40—50% zijn. In beide gevallen

(1) J. H. ABERSON: Loc. cit. 1922. p. 15.

komen wij voor dubbelsuperphosphaat tot een gemiddeld circa 3 maal grooter rendement dan voor het oorspronkelijke phosphorzuur in den grond.

Voor een deel zal dit zijn te danken aan een vastlegging van het superphoshaat in de gronden in gedeeltelijk gemakkelijker oplosbaren vorm — bicalciumphosphaat: CaHPO_4 — terwijl verder verschnegeslagen tricalciumphosphaat — $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ — eenigszins gemakkelijker oplosbaar zal zijn dan de oudere phosphorzuurverbindingen in den grond (*). Van groot belang voor de opneembaarheid van de plantenvoedingsstof moet ook de verdeeling van het phosphorzuur in den grond zijn. Die verdeeling is misschien bij het oorspronkelijke phosphorzuur in de mergelgronden ongunstig, doordat de plantenvoedingsstof er voor een goed deel in groven toestand in voorkomt. Daarentegen zal het superphosphaat zich in de gronden goed verspreiden en bij het vrij hooge kalkgehalte — geen CaCO_3 — van de fijne deelen der gronden in de eerste plaats tusschen die fijne gronddeeltjes worden vastgelegd ⁽¹⁾. In elk geval is het thans gedeeltelijk nog een open vraag, waarom het gemakkelijk oplosbare phosphorzuur in de phosphorzuurarme Oude mergelgronden veel moeilijker opneembaar is dan de phosphaten, welke in de gronden ontstaan bij bemesting met superphosphaat.

B. PHOSPHORZUUR-RIJKE GROEP. De phosphorzuurrijke Oude mergelgronden komen in hun phosphorzuurcijfers geheel met de Jonge mergelgronden overeen, hetgeen o.a. blijkt uit de gehalten aan de plantenvoedingsstof van het tweetal vertegenwoordigers van de grondsoort, welke in deze verhandeling nader zullen worden besproken:

(*) Het laatste onderwerp zal later, bij de behandeling van de kalk in de gronden, uitvoerig worden besproken. Zie voorloopig o.a. TREITZ: Loc. cit. 1908. Een en ander houdt o.i. verband met den overgang van den labileren, amorfen toestand in den stabileren, kristallijnen toestand, in welken laatsten toestand stoffen als regel gemakkelijker oplosbaar zijn. Verder hangt de oplosbaarheid van een stof ook nog af van zijn *kristalstelsel* (trigonale calcië contra rhombische aragoniet) en tenslotte is het met betrekking tot de oplosbaarheid van een stof niet onverschillig, of *kristalvlakken* dan wel breukvlakken van de stof met het oplosmiddel in aanraking zijn. (KLOCKMANN: Lehrbuch der Mineralogie. 1912). Een en ander werd met betrekking tot de oplosbaarheid van phosphaten reeds in 1868 door A. VOELCKER (Loc. cit. 1868) experimenteel nagegaan en uitvoerig behandeld. Zie ook: A. VOELCKER: Loc. cit. 1880.

(1) A. VOELCKER: Loc. cit. 1880: „The whole secret of the energetic action of superphosphate depends upon the production of most minutely subdivided or precipitated insoluble phosphate of lime within the soil itself, and not as is erroneously supposed by some, on the direct absorption of soluble phosphates by plants.”

Doorl. No.	Residentie	Plaatsnaam.	Phosphorzuur oplosbaar in:	
			25% zoutzuur	2% citroenzuur
12648	Soerabaija	S.f. Poppoh	0.039 %	0.020 %
13321	Idem	S.f. Parning . . .	0.031 %	0.015 %

Beide gronden bevatten zeer veel in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur --- n.l. ongeveer het dubbele van de hoeveelheid, welke volgens de grenswaarden van MARR—GEERTS in gronden moet voorkomen, willen zij geacht kunnen worden voor de cultuur van suikerriet voldoende met phosphorzuur te zijn voorzien. De z.g. „voorraad” phosphorzuur in de gronden is naar verhouding niet bijzonder groot, maar toch altijd nog groter dan de door MARR—GEERTS daaraan gestelde minimumgrens. Bovendien is de oplosbaarheid van de phosphorzuurverbindingen in de gronden — gelijk bij andere mergelgronden — zeer groot. Van den z.g. „voorraad” phosphorzuur wordt n.l. bij één extractie van de gronden met citroenzuur ongeveer de helft opgelost. Met betrekking tot het phosphorzuur geldt dus voor de phosphorzuurrijke Oude mergelgronden van Java hetzelfde als voor de Jonge mergelgronden: de gronden bevatten veel en gemakkelijk oplosbare phosphorzuurverbindingen. Alleen bevatten eerstgenoemde mergelgronden naast het phosphorzuur in de fijnaarde practisch geen koolzure kalk, hetgeen met den Jongen mergelgrond wel het geval is.

In hoeverre nog in andere opzichten --- ik denk hierbij speciaal aan den oorsprong der gronden --- de beide groepen van mergelgronden op elkaar gelijken, moet nader worden onderzocht. Voorloopig schijnen de phosphorzuurrijke Oude mergelgronden meer verwantschap te vertoonen met de phosphorzuurarme Oude mergelgronden, waarvan zij vermoedelijk als een locale variëteit zijn te beschouwen. In elk geval hebben zij met den „rantja-minjak in engeren zin” gemeen: hun granulaire samenstelling, hun fysische eigenschappen, hun zwarte kleur en de niervormige kalkconcreties, welke erin voorkomen en die voor de Oude mergelgronden karakteristiek zijn. Bij de voorloopige indeeling der gronden hebben deze eigenschappen den doorslag gegeven.

Wat de verspreiding der gronden betreft: tot nu toe zijn zij alleen van de Sidhoardjovlakte bekend. Toch zijn zij nu reeds voor den landbouw van veel belang en wel, omdat de Sidhoardjovlakte behoort tot de voornaamste landbouwstreken en meer speciaal suikerrietstreken van Java. Verder zijn zij interessant door hun gevoeligheid voor een phosphorzuurbemesting --- ondanks hun rijkdom aan gemakkelijk oplosbaar phosphorzuur.

Op de gronden is eerst in den jongsten tijd de volle aandacht gevallen — wij durven hier wel bijzeggen: vermoedelijk naar aanleiding van onze besprekingen op een bijeenkomst van Proefstation-Personeel te Djokjakarta in 1923⁽¹⁾ van het geval Glonggong en de gevallen Sroeni en Poppoh van phosphorzuurgebrek op phosphorzuurrijke gronden. Was n.l. reeds uit oude proeven — Sroeni 1911 en 1912 en Poppoh 1923 en 1924 —⁽²⁾ te halen, dat de gronden ondanks hun rijkdom aan gemakkelijk oplosbare phosphorzuurverbindingen een weinig gevoelig schijnen te zijn voor een phosphorzuurbemesting bij suikerriet, eerst in 1924 — toevallig, toen de gronden in Buitenzorg juist in onderzoek waren genomen — werd door het Suikerproefstation te Pasoeroean naar het verschijnsel een systematisch onderzoek ingesteld. Hierbij kwamen de oudere resultaten van Sroeni en Poppoh algemeener, duidelijker en met groter zekerheid aan den dag. Het staat thans dus vast — hetgeen, blijkens een correspondentie in 1924, volgens Dr. VAN HARREVELD, destijds Directeur van het Suikerproefstation, tevoren niet het geval was — dat op de phosphorzuurrijke Oude mergelgronden van Sidhoardjo met een fosphaatbemesting een hooger product kan worden verkregen.

In de volgende tabel zijn aan de verslagen over de proeven — mij met de grootste welwillendheid door het Suikerproefstation en door sommige cultuurinstellingen afgestaan — omtrent de gronden een serie gegevens ontleend, welke op de zaak een duidelijk licht werpen. Voorzoover in de tabel geen jaartal is vermeld, zijn de proeven in 1925 geoogst, dat een extra gunstig „suikerjaar” voor Java is geweest. Oudere proeven dan die van oogstjaar 1924 zijn niet vermeld. Ons monster No. 12648 is afkomstig van den tuin Tjangkring lor op Poppoh — de erbij behorende proefveldresultaten vindt men in de tabel vermeld. Van de s.f. Perring is de grond No. 13321 afkomstig uit den proeftuin, bezuiden de Kedoeng-Oeling leiding, welke in dit jaar zal worden geoogst (*).

(1) Niet gepubliceerd verslag van een voordracht over: „De Methodiek van het grondonderzoek op Java” door J. TH. WHITE. 1923.

(2) Zie hiervoor: Dr. J. M. GEERTS: Loc. cit. 1916. p. 581. onder no. 92. 3. 97. Verder „Resumé Proeftuinen H. V. A. 1908/.09—1922/.23—1923/.24, mij welwillend ter lezing afgestaan. En dan nog roneo-verslagen van de proefvelden in de groep Sidhoardjo van het Suikerproefstation.

(*) Het Suikerproefstation te Pasoeroean heeft ons bij ons onderzoek alle mogelijke medewerking verleend, waarvoor wij op deze plaats in het bijzonder Dr. PH. VAN HARREVELD en Dr. J. KUYPER, t.t.t. onderscheidenlijk Directeur en Onderdirecteur dier instelling, onzen hartelijken dank betuigen. Verder hebben ons vele gegevens verstrekt Dr. J. M. GEERTS, Landbouwkundig adviseur van de Nederlandsch-Indische Landbouw Mij. en het Hoofdkantoor van de Handelsvereniging Amsterdam. Ook voor deze medewerking zijn wij zeer erkentelijk. De ons verstrekte gegevens

UITKOMSTEN VAN PROEVEN OP PHOSPHORZUURRIJKE OUDE MERGELGRONDEN

FABRIEK EN TUIN	% P_2O_5 van den grond oplosbaar in:		Pikols riet per bahoe		Verskil ten gunste van D.S. uitgedrukt in de middelb. fout	
	25% zoutzuur	2% citroenzuur	zonder dubb. superphosp. (D.S.)	met	Riet	Suiker
Sroenie.						
Tabelgedeh.....	0.034	0.021	1177	1280	2	3
Watoetoelis.						
Seketti.....	0.034	0.020	1424	1479	2	$\frac{2}{3}$
Kendal *)	0.042	0.028	1736	1809	2	3
Doplang Zuid.....	0.030	0.016	1339	1484	3	3
Djendjen.	0.030	0.015	1490	1665	3	3
Poppoh.						
Kemoelan 1924	0.034	0.019	1376	1515	3	3
			1577	1675	3	3
Kemalangan	0.028	0.017	1441	1554	3	3
Gaboos	0.041	0.028	1516	1625	3	3
Nengor 1924	0.032	0.019	1293	1506	3	3
			1769	1799	$\frac{2}{3}$	0
Tjankring Lor. .. 1924	0.031	0.018	1313	1433	3	3

*) De grond wordt beschreven als een lichte, grijze klei en is misschien een Jonge mergelgrond.

In een recente publicatie — verschenen in Januari 1926 — concludeerde KUYPER ⁽¹⁾ uit de proeven:

„De proeven op de fabrieken Sroeni, Ketegan, Watoetoelis en Poppoh komen alle van gronden, die eenzelfde type van analyse vertoonen, n.l. zoutzuurextract in de buurt van 30 à 40, citroenzuurextract meest om de 20; alleen tuin Madoebronto van de s.f. Ketegan heeft een werkelijk laag gehalte in zoutzuur. Op de meeste dezer gronden veroorzaakt superphosphaat een betrouwbare meerproductie; opmerkenswaard is ook, dat bij niet toevoeging van fosphaatmest vrijwel steeds toch nog een hoog product verkregen wordt; slechts in Madoebronto — op een afwijkende grondsoort, welke wij buiten beschouwing laten — Schr. — is het algemeene productiepeil lager. Het grondtype, waarop deze proeven gelegen

zijn: Roneo-verslagen van de proefvelduitkomsten, grondanalysen en overzichten van een en ander. Verder danken wij het grondmonster No. 12648 aan het Suikerproefstation voornoemd en het grondmonster No. 13321 aan Dr. GEERTS.

(1) Dr. J. KUYPER. Loc. cit. 1926. p. 63. Zie ook Dr. J. KUYPER: Beknopt overzicht der resultaten van de in 1924 geoogste vakkenproeven. Archief voor de suikerindustrie in N.I. 1925. p. 120—121.

zijn, is een oudere kleigrond, zwaar, zwart en klef, die niet of onvoldoende door jonger materiaal overdekt is.”

De vraag, waaraan de gevoeligheid der gronden voor een phosphorzuurbemesting — ondanks hun rijkdom aan phosphorzuur — moet worden toegeschreven, is in de mededeeling niet gesteld. Wij weten echter uit onze correspondentie over de zaak met het Suikerproefstation te Pasoeroean, dat men ginds sinds korten tijd bezig is onze fractiegewijze analyses op de gronden toe te passen ⁽¹⁾. Vermoedelijk wil men er aan meerdere monsters nagaan, of werkelijk de oorzaak van het verschijnsel kan zitten in de door ons aangegeven ongunstige verdeling van het phosphorzuur in de gronden. Inmiddels waren n.l. in 1924—1925 te Buitenzorg de fractiegewijze analyses van het tweetal gronden van Poppoh en Perning beëindigd met het resultaat, dat het phosphorzuur in die gronden hoofdzakelijk in groven toestand bleek voor te komen (zie Hoofdstuk IV). Onze analyses werden uitgevoerd naar aanleiding van de gunstige resultaten, welke in 1923 en 1924 op de onderneming Poppoh met een fosphaatbemesting bij suikerriet zijn behaald en op grond van het vermoeden, dat ook op de soortgelijke phosphorzuurrijke gronden van Perning met een phosphorzuurbemesting meer product kan worden verkregen. Op dit laatste heeft Dr. GEERTS — landbouwkundig adviseur van de N. I. Landbouw Mij. — ons attent gemaakt. Jammer is, dat KUYPER van ons onderzoek met geen enkel woord melding heeft gemaakt. Het zou niet alleen voor degenen, die de zaak aan het rollen hebben gebracht en hebben getracht erover meer licht te verspreiden, aangenamer zijn geweest, maar het zou vooral de zaak zelve ten goede zijn gekomen.

Belangstelling verdient nog de algemeene conclusie, welke KUYPER uit de proeven heeft getrokken, luidende ⁽²⁾:

„Uit het grootere proevenmateriaal, waarover wij nu beschikken, wordt het duidelijk, dat de vroeger aangenomen fosphaatgrens slechts de beteekenis heeft, dat onder deze grens vrij zeker een fosphaatreactie verkregen wordt met een meestal betrouwbaren uitslag, maar dat daarboven ook in bepaalde gebieden reacties op fosphaatbemesting voorkomen, die echter in aantal en grootte geleidelijk afnemen bij stijgend fosphaatgehalte van den grond.”

In de hoofdzaak — de restrictie op den regel van MARR—GEERTS voor phosphorzuurrijke gronden in bepaalde suikerrietstreken van Java — brengt het citaat geen nieuws. Het bevestigt slechts de

(1) Brief Dr. VAN HARREVELD d.d. 25 Februari 1926.

(2) Dr. J. Kuyper: Loc. cit. 1926. p. 63.

opvatting daaromtrent van GEERTS, welke reeds in 1916 werd verkondigd. GEERTS maakte n.l. toen reeds een uitzondering op zijn regel voor enkele gebieden n.l. voor de Medarie-gronden en voor de niet voldoende onderzochte laterietgronden. Later — en zelfs tot in den jongsten tijd — waarschuwde hij nog enkele malen ervoor zich te streng te houden aan de gebruikelijke grenswaarden, ook voor gronden, waarvan de fosphaatgehalten beneden de grenzen liggen (zie ook DEN BERGER) ⁽¹⁾. Op dit punt blijft KUYPER conversatief ^(*). . . maar geeft toch op pag. 65 van dezelfde mededeeling ⁽²⁾ een tweetal voorbeelden van de s.f. Badas, waarbij op fosphaatarme gronden geen werking van superfosfaat werd aangetroffen.

Ik vrees, dat Pasoeroean ook in deze zaak spoedig zijn opvatting zal moeten herzien. Hoe kan het trouwens ook anders. Het is immers niet te verwachten, dat op de meest uiteenlopende grondsoorten onder de meest verschillende omstandigheden de opneembaarheid van het fosforzuur en de mate en diepte van beworteling van het gewas dezelfde zal wezen. **Alleen in een dergelijk — slechts theoretisch denkbaar — geval kan van grenswaarden algemeen nut worden verwacht, zooals wij in 1923 te Djocja betoogden.**

Daar brachten wij het eerste materiaal naar voren van onweerlegbaar fosphaatgebrek op fosphaatrijken grond. Volgens Pasoeroean gaven de proeven, welke door GEERTS waren bewerkt, deze zekerheid niet, omdat zij niet voldoende waren herhaald ⁽³⁾. Dr. VAN HARREVELD kon zich bij ons te Buitenzorg ervan overtuigen, dat dit met de proef te Glonggong wel het geval was.

Wij gingen te Djocja zelfs verder en trokken uit verschillende feiten de conclusie, dat het nut van de grenswaarden slechts bewezen is voor een zeer bepaalde groep van gronden en wel voor de fosforzuurarme Oude mergelgronden met hun zeer geringe variabiliteit en voor de mengvormen daarvan met vulkanische asch. Volgens onze meening zou men in het algemeen met de grenswaarden alleen in staat zijn in deze groep van gronden een splitsing tot stand te brengen tusschen de vulkanische-aschrijke en daardoor niet fosphaatbehoefte en de vulkanische-ascharme en daarmee phos-

(1) Vergelijk p. 5 van onze verhandeling. Verder L. G. DEN BERGER: Loc. cit. 1916 en de Verslagen der vergaderingen van de Vereeniging van adviseurs bij de Java-Suikerindustrie. Archief v. d. Suikerindustrie in N. I. 1922. 3e deel Verslagen p. 202—204.

(*) Intusschen wil ik niet ontkennen, dat een conservatieve behandeling van de zaak — theoretisch beschouwd — ook haar voordeel heeft. Of de praktijk ermede gediend is, is een tweede kwestie.

(2) Dr. J. KUYPER: Loc. cit. 1926. p. 65.

(3) Verslagen van de Vergadering van de Vereeniging van adviseurs bij de Java-Suikerindustrie, vanaf 1922. Archief v. d. Suikerindustrie in N. I. 1922. 3e deel Verslagen p. 203—204.

phaatarme Oude mergelgronden. Meer mocht o.i. van de grenscijfers niet worden verwacht. Wat de mededeeling van KUYPER ons brengt is alleen van belang door de waardevolle gegevens om onze opvattingen nader uit te werken.

Nieuw is voor ons in de mededeeling de opmerking, dat de gevallen, waarbij op phosphorzuurrijke gronden fosphaatgebrek is geconstateerd, bij stijgend phosphorzuurgehalte van den grond geleidelijk in aantal en duidelijkheid afnemen⁽¹⁾. Op welke motieven echter deze stelling — die niet zoo goed in onze opvattingen past — is gegrond, is mij onbekend. Ik elk geval is zij niet uit de opgegeven cijfers af te leiden, hetgeen het duidelijkst blijkt uit de uitkomsten der proeven 1925 van Ngengor en Gaboes op de s.f. Poppoh. In deze proeven is de productievermeerdering op den grond van Gaboes — ondanks zijn hooger fosphaatgehalte — vrij veel. In den tuin Ngengor, waar in 1925 de proef werd opgezet aan den kant van den waterinlaat (slibtoevoer!), werd bij een veel lager fosphaatgehalte van den grond — in hetzelfde jaar — geen meerproductie verkregen. In denzelfden tuin werd in 1924 — blijkbaar op een andere plek (Ngengor-lor) — een zeer duidelijke fosphaatwerking geconstateerd bij hetzelfde phosphorzuurgehalte van den grond. Bij vergelijking dezer proeven zou men dus concludeeren, dat de kans op een fosphaatwerking en de grootte dezer werking op de desbetreffende gronden op geheel andere factoren berust — in ons geval b.v. mogelijk op toevoer van vulkanische asch in het slib — dan op het phosphorzuurgehalte van de gronden, waarmee de zaak geheel in de lijn onzer beschouwingen is terechtgekomen, alwaar zij ook thuisbehoort.

Laten wij verder op de hoofdzaak van de mededeeling van KUYPER letten: deze is voor ons, dat thans moet worden erkend, dat op de phosphorzuurrijke Oude mergelgronden van Sidhoardjo met phosphorzuurbemesting als regel een grooter rietproductie — en suikerproductie — is te verkrijgen. Opmerkenswaard is hierbij — mede volgens KUYPER —, dat op de gronden ook zonder een phosphorzuurbemesting meestal behoorlijke producties zijn te behalen⁽¹⁾. Met een fosphaatbemesting kunnen deze producties tot de allerhoogste worden opgevoerd, welke van Java bekend zijn. In verband hiermede moeten wij de mogelijkheid onder de oogen zien, dat het phosphorzuur in de gronden toch goed werkzaam zou kunnen zijn en alleen niet in voldoende hoeveelheid aanwezig is om maximale producties te geven. Deze zaak willen wij eerst be-

(1) Dr. J. KUYPER: Loc. cit. 1926. p. 63.

schouwen, alvorens verder naar oorzaken te zoeken voor het merkwaardige gedrag der gronden.

Het rendement van het phosphorzuur in de gronden. De rietproductie op de gronden kan bij een bemesting met 6 à 8 pikol zwavelzure ammoniak per bahoe en onder gunstige omstandigheden — het proefjaar 1924—1925 was buitengewoon gunstig — worden gesteld op 1400 pikol per bahoe.

Volgens de cijfers van KOBUS ⁽¹⁾ zou bij een dergelijke productie ongeveer 50 K.G. P_2O_5 door het gewas aan den grond worden onttrokken. In een bouwvoor van 40 c.M. is bij een gehalte van den grond van 0.020 % in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur aan z.g. „beschikbaar” phosphorzuur voorhanden omstreeks 800 K.G. P_2O_5 . Volgens deze cijfers zou het rendement van het phosphorzuur in de gronden onder gunstige omstandigheden kunnen worden gesteld op rond 6 %. Dit is — vooral in aanmerking genomen de zware bemesting der gronden met zwavelzure ammoniak (zie pag. 49) — laag en in elk geval veel lager dan bij de phosphorzuurarme mergelgronden, waarbij het nuttige effect van de plantenvoedingsstof bij beplanting met suikerriet werd berekend op 15%—20%. Was dit rendement op de phosphorzuurrijke gronden bereikt, dan zou — volgens dezelfde berekening — 3000-4000 pikol riet op de gronden zijn verkregen. Er is dus in de gronden zelfs voor ongekend hoge producties meer dan genoeg gemakkelijk oplosbaar phosphorzuur voorhanden. Zonder een phosphaatbemesting worden echter op de gronden meestal nog geen 2000 pikol riet verkregen, zoodat wij dus tot de conclusie moeten komen, dat het met de opneembaarheid van het phosphorzuur in de gronden ongunstig is gesteld.

Aan een onvoldoende oplosbaarheid van de plantenvoedingsstof kan dit niet worden toegeschreven. Evenmin zijn de andere omstandigheden, welke bekend zijn en op de opneembaarheid van de plantenvoedingsstof van invloed zouden kunnen zijn, bij de hierbetreffende gronden ongunstiger dan bij de phosphorzuurarme mergelgronden. Integendeel zijn zij — te oordeelen naar de producties der gronden met en zonder phosphorzuurbemesting — in het algemeen eer beter, en als regel goed. Er moet voor de mindere rendabiliteit van het phosphorzuur in de phosphorzuurrijke Oude mergelgronden dus wel een bijzondere oorzaak zijn. Straks zullen wij zien, dat het verschijnsel kan worden toegeschreven aan een onvoldoende verdeling van de phosphorzuurverbindingen in de gronden.

(1) Zie W. VAN DEVENTER: Loc. cit. 1915. p. 74.

Een beter rendement geeft in de gronden een bemesting met dubbel-superphosphaat. Wordt met 2 pikol hiervan — d.i. 48 K.G. P_2O_5 — per bahoe 100 tot 200 pikol riet meer gemaakt, dan is het rendement van de meststof $7\frac{1}{2}$ à 15 %. Deze cijfers zijn veel lager dan die voor een phosphorzuurbemesting op de phosphorzuurarme mergelgronden, welke 40 %—50 % bedragen. Het is echter zeer de vraag, of voor de gronden van Sidhoardjo een bemesting van 2 pikol dubbel-superphosphaat niet te hoog is voor één gewas (rendementsdaling — luxe-consumptie — en verder: Regel van MITSCHERLICH). Deze bemesting wordt voor de phosphorzuurarme mergelgronden als een optimale gift voor suikerriet beschouwd. Mij zijn echter geen optimumproeven van een phosphorzuurbemesting op de phosphorzuurrijke mergelgronden bekend. En zolang deze proeven niet zijn genomen, is de zaak voor behandeling nog niet rijp.

HET PHOSPHORZUUR IN DE MERGELGRONDEN EN DE DAARMEDE SAMENHANGENDE VRAAGSTUKKEN.

Overzicht. De grootste groep van mergelgronden is op Java bijzonder arm aan phosphorzuur en als gevolg hiervan voor een fosphaatbemesting zeer gevoelig. Zonder deze bemesting brengen de gronden weinig op.

In enkele gebieden komen op het eiland echter ook phosphorzuurrijke mergelgronden voor. Deze geven wel betere opbrengsten, maar reageeren toch ook nog op een phosphorzuurbemesting. En de vraag doet zich nu voor, waaraan de gevoeligheid voor een phosphorzuurbemesting van deze gronden is toe te schrijven.

Gebrek aan een voldoende hoeveelheid oplosbaar phosphorzuur, om op deze gronden maximumproducties te verkrijgen, is uitgesloten. De gronden zijn aan in 2 % citroenzuur oplosbaar phosphorzuur zelfs bijzonder rijk. Oorzaak van het verschijnsel moet dus hier zijn de geringe opneembaarheid van de plantenvoedingsstof — ondanks haar gemakkelijke oplosbaarheid.

In de phosphorzuurarme mergelgronden is het nuttige effect van het phosphorzuur groter. Het is echter nog belangrijk lager dan dat eener superphosphaatbemesting.

Om de verschillen in cijfers vast te leggen, hebben wij het rendement van de plantenvoedingsstof in de twee groepen van gronden globaal berekend. Hierbij kwamen wij tot de volgende cijfers, waarbij gevoegd zijn die voor het rendement van een superphosphaatbemesting op de gronden:

	SAWAHRIJST		SUIKERRIET	
	Bodemphosphorzuur	Superphosphaat	Bodemphosphorzuur	
A. Phosphorzuurarme Oude mergelgronden	5—10	40	40—50	15—20
B. 1 Phosphorzuurrijke Oude mergelgronden	—	—	7½—15	6
2 Jonge mergel- gronden	1½	20	—	—

Vraagstukken. De meeste aandacht vragen de lagere rendementen van het phosphorzuur in de phosphorzuurrijke mergelgronden. In verband hiermede hebben wij ons als voornaamste vraag voorgelegd:

Wat kan de oorzaak ervan zijn, dat het phosphorzuur in deze gronden betrekkelijk weinig opneembaar is? Bijvoorbeeld minder opneembaar is dan in de phosphorzuurarme mergelgronden.

Aan verschillen in oplosbaarheid van de plantenvoedingsstof kan een en ander niet worden toegeschreven, behoudens in het geval van den Jongen mergelgrond van Glonggong, welke koolzure kalk bevat en dien wij op grond hiervan eenigszins afzonderlijk zullen behandelen. Bij de twee groepen van gronden is n.l. de „relatieve oplosbaarheid” der phosphorzuurverbindingen — LEMMERMAN⁽¹⁾ — practisch even groot: de verhouding van het phosphorzuur, oplosbaar in 25 % zoutzuur en in 2 % citroenzuur, is bij de gronden rond 2. In dit cijfer komt tevens de goede oplosbaarheid der phosphorzuurverbindingen uit.

In de andere factoren, welke bekend zijn en de opneembaarheid van de plantenvoedingsstof bepalen — d.z. hoeveelheid kalk, zuurgraad, physische eigenschappen, klimaat (bevloeiing) e.a. — zijn — zooals in Hoofdstuk I is aangetoond — evenmin tusschen de groepen van gronden verschillen van beteekenis te zien.

Wij hebben daarom eens aan een tot dusver minder in acht genomen eigenschap aandacht geschonken, n.l. aan de verdeling van de plantenvoedingsstof in de gronden. Het leek ons niet uitgesloten, dat tenslotte op dit punt de gronden verschillen vertoonen, welke — zoo die bestaan en groot genoeg zijn — van grooten invloed moeten zijn op de opneembaarheid van het phosphorzuur in de gronden. De resultaten van het onderzoek in deze richting zijn in de volgende hoofdstukken behandeld.

Wij zullen zien, dat zij ons tevens in staat stellen, de tweede vraag naar aanleiding van bovenstaande cijfers te behandelen:

(1) A. LEMMERMAN, A. EINECKE und L. FRESSENIUS: Ueber die Feststellung des Wirkungswertes der Bodennährstoffe enz. Landwirtschaftliche Versuchsstationen. 1917. p. 81 e.v.

Hoe het komt, dat het superphosphaat in de gronden een veel beter rendement geeft dan de zeer gemakkelijk oplosbare — d.z. de in citroenzuur oplosbare — phosphorzuurverbindingen van de gronden.

Gedeeltelijk zal dit wel liggen aan de gemakkelijker oplosbaarheid van de nieuw uit het superphosphaat gevormde phosphorzuurverbindingen. De mogelijkheid, dat daarbij een ongunstiger verdeling van het oorspronkelijke phosphorzuur in de gronden ook een rol speelt, mag echter niet over het hoofd worden gezien.

Deze tweede vraag is uit een algemeen oogpunt belangrijker dan de eerste vraag. De practijk stelt echter in het eerste onderwerp meer belang. Daarom hebben wij dit voorop geplaatst.

In de derde plaats en ten slotte is in de verschillende gronden het rendement eener bemesting met superphosphaat verschillend. Deze zaak is echter met betrekking tot de Oude mergelgronden nog niet voor discussie vatbaar, omdat wij nog niet weten, of op de phosphorzuurrijke groep dier gronden tot dusverre bij suikerriet niet te veel phosphorzuur is gegeven om de maximumproducties te halen. Men is bij de vaststelling van de hoeveelheden toe te dienen mest — 2 à 3 pikol per bahoe — voor de desbetreffende gronden eenvoudig afgegaan op de uitkomsten van optimumproeven, welke op de phosphorzuurarme Oude mergelgronden bij riet zijn genomen. Deze zaak zullen wij dus voor de phosphorzuurrijke Oude mergelgronden tot nader aanhouden. Wel kunnen wij de vraag behandelen voor den Jongen mergelgrond van Glonggong, waarvoor het bezwaar minder geldt, omdat hier weinig phosphorzuur — 2 pikol enkelsuperphosphaat — is gegeven, en de producties door de bemesting nog niet boven het middelmatige zijn gestegen, hetgeen bij suikerriet op de phosphorzuurrijke mergelgronden van Sidhoardjo als regel wel het geval is. Op laatstgenoemde gronden worden met een phosphorzuurbemesting immers dikwijls „top”-producties van suikerriet verkregen.

In de volgende hoofdstukken zullen de drie vraagstukken uitvoerig worden behandeld, hoofdzakelijk aan de hand van de resultaten van een fractiegewijze onderzoek van het in hoofdstuk I behandelde 7-tal monsters. Andere factoren, welke bij de problemen een rol zouden kunnen spelen, blijven verder in ons stuk — om de aandacht op ons speciaal onderwerp des te beter te bepalen — op den achtergrond, waarmee dus niet wordt bedoeld, dat zij voor ons onderwerp van weinig belang zijn.

III. DE BEPALING VAN DE FIJNHEID EN VERDEELING VAN PHOSPHORZUURVERBINDINGEN IN GRONDEN.

Principe. De methode, waarop wij voor een onderzoek naar de fijnheid van een bepaald bestanddeel in een grond zijn aangewezen, is door slibben den grond in fracties van verschillende korrelgrootten te verdeelen en na te gaan in welke fracties het bestanddeel is te vinden.

Is dan verder de hoeveelheid van het bestanddeel in de fracties bekend, dan hebben wij ook een indruk van de verdeling van dit bestanddeel over den grond.

Bezwaren van slibanalysen. Aan slibanalysen zijn voor ons doel echter bezwaren verbonden, welke goed onder de oogen zijn te zien.

Een dier bezwaren is, dat door slibben een grond niet alleen naar korreldiameter wordt verdeeld, maar ook min of meer naar soortelijk gewicht en vorm der korrels, terwijl bovendien de analyses worden beïnvloed o.a. door de oriëntering van de korrels tijdens het slibben (MITSCHERLICH)⁽¹⁾. Nu is de rol, welke de laatstgenoemde drie factoren spelen, in den regel wel klein in verhouding tot den invloed van den diameter der korrels op de analyses, en zullen over het algemeen gronden worden geslibd in fracties van verschillende korrelgrootten. Soms krijgen wij met slibben echter andere uitkomsten.

Wij kennen b.v. een geval van een grond, rijk aan puimsteenkorrels van circa 1 m.m. diameter, waarbij deze korrels tijdens het slibben waren blijven drijven en zodoende — ondanks hun groven toestand — eerst met de kleideelen van den grond werden afgescheiden, terwijl zij thuisbehooren in de zandfracties van den grond.

Bij dezen grond was de fijnheid van de korrels in de „lutum“-fracties gemiddeld kleiner dan van de korrels in de „zand“- en „stof“-fracties.

En al zijn dergelijke gevallen ook zeldzaam, zij herinneren ons toch aan de mogelijkheid, dat in bijzondere gevallen de factor soortelijk gewicht bij slibanalysen een overwegenden invloed kan hebben.

(1) E. A. MITSCHERLICH: Bodenkunde. 3e druk. Berlin. 1920. p. 55—56.

Deze factor is als regel zwakker, maar toch niet zooveel zwakker, als dat zij dikwijls nog duidelijk is waar te nemen, vooral bij gronden, waarvan de mineralen in soortelijk gewicht onderling veel verschillen.

Dit is bijvoorbeeld het geval bij „Jong-vulkanische gronden”. Deze gronden hebben op Java vaak veel fijn ertsgruis (magneties) met een soortelijk gewicht van circa 5 en daarbij veel grof vulkanisch glas met een soortelijk gewicht van circa 1.5. Bij het slibben van dergelijke gronden zien wij als algemeen verschijnsel de ertskorrels in voor haar diameter veel te grove fracties terechtkomen en de grove glasstukjes in veel te fijne fracties.

Door deze afwijkingen kunnen natuurlijk korrels van fracties geheel andere afmetingen hebben, dan daarvoor is berekend bij — zooals gewoonlijk aangenomen — een soortelijk gewicht van 2.5 en een bolvorm der korrels. Ook kunnen dezelfde fracties bij gronden van verschillende samenstelling korrels van zeer verschillende fijnheid bevatten. En zelfs is het niet uitgesloten, dat bij een grond volgens berekening fijnere fracties in werkelijkheid grover zijn dan volgens diezelfde berekening grovere fracties — al is volgens onze ervaring dit verschijnsel, zooals gezegd, zeldzaam.

Het is bij ons onderzoek, waarbij het speciaal te doen is om de fijnheid der slibfracties, dan ook noodzakelijk de fracties nader op haar fijnheid te onderzoeken. Die noodzakelijkheid springt nog meer in het oog, als wij nog een ander bezwaar van slibanalysen naar voren brengen.

Dit bezwaar is, dat die analyses het nadeel hebben, dat de scheiding van een grond naar korrels soms minder en soms meer, maar nooit volledig is en er altijd nog wel kruimels in de fracties voorkomen, welke bestaan uit korrels, die — los van haar verband als kruimels — in veel fijnere fracties thuisbehooren. Bij verschillende gronden geven slibanalysen in dit opzicht verschillende resultaten. Natuurlijk zal het ook van de wijze, waarop geslibd wordt, afhangen, in hoeverre gronden in korrels uiteenvallen. Maar zelfs bij de slibanalyse van MOHR, welke in dit opzicht al weinig onvolledig mag worden genoemd, komen dikwijls in het zand — en ook in de andere fracties — veel kruimels voor — z.g. „schijnzand”.

Hierdoor zouden wij van de fijnheid van een bestanddeel van een grond een geheel verkeerd beeld kunnen krijgen. Bijvoorbeeld zouden wij erdoor fijne fosphaatkorrels, deel uitmakende van kruimels, bepalen als te zijn in groven toestand, omdat zij bij de slibanalyse met grove deelen zijn afgescheiden, terwijl in werkelijkheid die fosphaatdeelen fijn zijn.

Ook om te zien, in hoeverre de resultaten van slibanalysen zijn beïnvloed door een onvoldoende uiteenvallen van een grond in

korrels, is het noodig de fracties nader op haar fijnheid te onderzoeken — waarbij dan bovendien haar specifiek oppervlak kan worden bepaald. Want ook deze eigenschap van de bestanddeelen van een grond, willen wij onderzoeken. Kennen wij van slibfracties de werkelijke fijnheid, dan kan verder ons onderzoek — ondanks de bezwaren van slibanalysen — veilig op deze analyses blijven steunen.

Slibanalyse De keuze eener slibanalyse was voor ons niet moeilijk **van Mohr** ⁽¹⁾. IJk. Jarenlang reeds is de methode-MOHR — eigenlijk een gewijzigde methode van het BUREAU OF SOILS U. S. A. ⁽²⁾ — op Java algemeen in gebruik, zoodat de laboratoria, welke daar aan grondonderzoek doen, geheel erop zijn ingesteld en er veel ervaring mede hebben opgedaan. Zij heeft het voordeel, de gronden — en vooral de fijnere deelen ervan — in betrekkelijk veel fracties te verdeelen. Het aantal dezer fracties is — de onderverdeeling der zandfracties met behulp van zeven niet meegeteld — zes, waarvan benaming en berekende korreldiameters zijn:

Nummering der fracties	Naam der fracties en fractiegroepen	Korreldiameter
I—V	— zand	2— 0.05 m.m.
VI	stofzand	} stof }
VII	grof stof	
VIII	middel stof . . .	
IX	fijn stof	
X	klei	} lutum }
		kleiner dan 0.5 ..

Dit groote aantal fracties — vooral van de fijne deelen van een grond — is voor een onderzoek naar fijnheid en verdeeling der plantenvoedingsstoffen voorshands wenschelijk. Er moet later natuurlijk naar beperking worden gestreefd, wil de methodiek van het onderzoek technisch-analytisch meer bruikbaar zijn. Bijvoorbeeld zou dit kunnen bestaan uit combineeren van de fracties van MOHR. Maar zoolang wij nog niet weten, wat wij wèl en wat wij niet mogen combineeren, is een zoo uitvoerig mogelijk onderzoek de eenige waarborg ervoor om zoo weinig mogelijk kans te loopen, belangrijke zaken over het hoofd te zien.

De methode-MOHR heeft voor ons nog een ander voordeel. Zij is

(1) Dr. E. C. J. MOHR: Die Mechanische Bodenanalyse, wie sie zur Zeit zu Buitenzorg ausgeführt wird. Bulletin du Département de l'Agriculture aux Indes Néerlandaises. No. XLII. 1910.

(2) L. J. BRIGGS, F. O. MARTIN, and J. R. PEARCE: The centrifugal method of Mechanical soil analyses. Washington. 1904.

er namelijk speciaal op ingesteld om gronden, waarvan de kruimels moeilijk uiteenvallen — zooals op Java vaak het geval is — zoo goed mogelijk in korrels te verdeelen. Met dit doel worden de gronden vóór het slibben langdurig en krachtig geschud in water, waaraan, om peptisatie te bevorderen, ammoniak is toegevoegd. Natuurlijk mag hierbij niet te krachtig worden geschud, omdat anders grove korrels zouden kunnen worden vergruisd. Maar de ervaring leert ons, dat wij beter deze risico op ons kunnen nemen dan gevaar loopen, door onvoldoende voorbereiding van den grond hem zeer onvolledig uit elkaar te halen.

Behalve vóór het slibben worden ook tijdens het slibben — en hierin wijkt de methode van andere slibanalysen af — maatregelen genomen, welke op de verdeling van den grond in korrels een gunstigen invloed uitoefenen. Die maatregelen zijn het krachtig afcentrifugeeren van het „lutum” van een grond — met als hoofddoel bekorting der analyse — en het afsputten met water onder druk van de „stof”- en „zand”-fracties. Ook hierdoor worden eventueele kruimels in de fracties zooveel mogelijk in korrels verdeeld.

En eindelijk ondergaan bij de methode de slibfracties door herhaling der bewerkingen nog een extra zuivering.

De methode ziet er op het eerste gezicht zeer bewerkelijk uit. In werkelijkheid is zij echter vrij eenvoudig. Immers zouden anders in Buitenzorg twee laboranten van eenvoudige opleiding ermede geen 300 gronden en meer per jaar kunnen slibben.

Ook bij een eventueele vereenvoudiging van de fractie-analysen is de methode-MOHR goed te gebruiken. Het „lutum” van een grond kan ermede binnen één dag worden afgescheiden en binnen twee dagen kan een grond ermede worden verdeeld in „zand”, „stof” en „lutum”.

Men kan met de slibfracties van MOHR nog andere gangbare combinaties maken, zooals die van ATTERBERG, welke voor algemeen gebruik is aanbevolen (1). Ook dit is van de methode een groot gemak.

Beschrijving Na van de gronden de fijnaarden te hebben bereid **der Methode.** op de wijze, beschreven in hoofdstuk I op p. 21, zijn die fijnaarden als volgt geslibd (*):

I. Waterbepaling. 5 gram grond worden met water bevochtigd, op het waterbad gedroogd, en in een exsiccator boven sterk zwavelzuur gezet. Op de zoo gevonden „droge” stof worden de gewichten

(1) Zie: WAHNSCHAFTE en SCHUCHT: Anleitung zur Wissenschaftlichen Bodenuntersuchung. 4e druk. 1924. p. 25—27.

(*) Overgenomen uit de Gecodificeerde voorschriften 1913. p. 10—13.

der fracties berekend. Op precies dezelfde wijze worden de 10 fracties gedroogd.

II. Schudden. 10 gram grond worden met 100 c.m.³. water en 10 druppels 10 %-ige ammoniak 4 tot 6 uur geschud op de machine.

III. Centrifugeeren. Grond en water worden overgebracht in glazen buizen van 27 bij 170 m.m. en gecentrifugeerd met 120 maal de zwaartekracht gedurende 2 minuten. Wanneer bij het centrifugeeren de afstand der vloeistofzuil tot het middelpunt 9 tot 25 c.m. bedraagt, moet men 1000 omwentelingen per minuut maken.

Men schenkt de vloeistof af in glazen cylinders van 85 m.m. inw. doorsnede en circa 25 c.m. hoogte, en spuit het bezinksel op met water onder druk, tot de buizen weer gevuld zijn. Het centrifugeeren en afschenken wordt herhaald, tot de vloeistof niet meer helderder wordt (meestal 8 tot 12 keer). Men heeft nu afgeschonken alle deeltjes kleiner dan 5μ . De vloeistof in de cylinders wordt zoo noodig met water bijgevuld tot 20 c.m. hoogte, opgeroerd en tot den volgenden dag ter zijde gesteld, om na 24 uur te worden afgeheveld.

IV. Opspuiten. Het residu in de buizen wordt met water onder druk opgespoten, tot 10 c.m. vloeistof boven het zand staan. Na 10 minuten wordt afgeschonken in beker glazen van $8\frac{1}{2}$ c.m. inw. doorsnede. Dit wordt herhaald, totdat de vloeistof in de buizen niet meer helderder wordt. Men heeft nu afgeschonken alle deeltjes van 5 tot 20μ grootte. Het in de beker glazen afgeschonkene wordt opgeroerd en ter zijde gezet; men laat voor elke c.m. vloeistofhoogte 12 minuten bezinken.

V. Het residu in de buizen wordt weer met water onder druk opgespoten en moet nu voor elken c.m. 5 secunden bezinken. Bij een vloeistofhoogte van 16 c.m. behoort dus een bezinktijd van 80 sec. Analyseert men 8 monsters tegelijk, dan kan men, nadat de eerste buis is opgespoten, 11 secunden besteden aan het opspuiten van elke volgende buis, wacht dan 3 secunden (dus samen 80 sec.) en besteedt dan 11 secunden aan het afgieten van elke buis. De vloeistof wordt afgeschonken in cylinders van 6 c.m. inw. doorsnede; men herhaalt het opspuiten en afschenken, totdat de vloeistof in de buizen niet helderder meer wordt. Op die wijze schenkt men de deeltjes van 20 tot 50μ af.

Het residu in de buizen bevat de deeltjes groter dan 50μ . Men spoelt deze met weinig water in schaaltes, droogt op het waterbad, zet boven zwavelzuur en weegt het totale „zand ($> 50\mu$)”.

De vloeistof in de cylinders van 6 c.m. doorsnede wordt bijgevuld tot 20 c.m. hoogte en vlak vóór het afhevelen der beker glazen opgeroerd, zoodat men na een bezinktijd van 20 minuten of 1 minuut

per c.m. vloeistofhoogte de vloeistof kan afhevelen op het residu in de bekerglazen.

VI. Op den bepaalden tijd (per c.m. 12 minuten bezinken) wordt de vloeistof in de bekerglazen afgeheveld, en tot den volgenden dag terzijde gesteld. Zij moet dan dienen om het „dagslib”, het bezinksel in de cylinders van $8\frac{1}{2}$ c.m. weer op te roeren. Op het residu in de bekerglazen wordt de vloeistof uit de kleine cylinders van 6 c.m. afgeheveld. De bekerglazen worden met deze vloeistof tot den volgenden dag terzijde gezet, en op zoo'n tijd weer opgeroerd, dat men na een bezinktijd van 12 minuten per c.m. hoogte de vloeistof kan afhevelen op het dagslib in de cylinders van $8\frac{1}{2}$ c.m.

Het residu in de cylinders van 6 c.m. vormt de „fractie 20—50 μ ”; het wordt in schaaltes gespoeld, op het waterbad gedroogd, boven zwavelzuur gezet en gewogen.

VII. Zeven van het zand. (Dit is bij ons onderzoek achterwege gelaten; de schrijver). Het zand (boven 50 μ) wordt door nauwkeurig geboorde zeven van 1, $\frac{1}{2}$ en $\frac{1}{5}$ m.m., en door een zijden lapje met openingen van $\frac{1}{10}$ m.m. gezeefd; men zet het zeven voort, totdat er in gezette tijden een constante geringe hoeveelheid doorvalt. De zoo verkregen vijf fracties worden met water bevochtigd, op het waterbad gedroogd, boven zwavelzuur gezet en gewogen.

VIII. Na 24 uur bezinken worden de cylinders van $8\frac{1}{2}$ c.m. afgeheveld in groote cylinders van 12 c.m. inw. doorsnede. Het bezinksel „dagslib” wordt opgeroerd met de vloeistof, die den vorigen dag uit de bekerglazen was afgeheveld, en met de vloeistof uit de bekerglazen, die men dezen dag tijdig weer heeft opgeroerd, zoodat zij voor elke c.m. 12 minuten kunnen bezinken. De cylinders van $8\frac{1}{2}$ c.m. worden zoo noodig tot 20 c.m. vloeistofhoogte bijgevuld en weer 24 uur ter zijde gezet.

Het bezinksel in de bekerglazen vormt de „fractie 5 tot 20 μ ”; het wordt in schaaltes gespoeld, op het waterbad gedroogd, boven zwavelzuur gezet en gewogen.

IX. Na 24 uur wordt de vloeistof uit de cylinders van $8\frac{1}{2}$ c.m. weer in de groote cylinders van 12 c.m. afgeheveld. Het bezinksel vormt de „fractie 2 tot 5 μ ” en wordt behandeld als de vorige fracties. De vloeistof in de groote cylinders wordt zoo noodig bijgevuld tot 20 c.m. hoogte, daarna opgeroerd, en blijft een week staan. Dan wordt zij afgeheveld. Het bezinksel vormt de „fractie $\frac{1}{2}$ tot 2 μ ”. Het wordt in schaaltes gespoeld, en behandeld als de overige fracties.

X. De troebele vloeistof uit de groote cylinders wordt door een filterkaars gezogen; het zoo verkregen „weekslib” wordt in schaal-

tjes gespoeld, en deze fijnste „fractie - kleiner dan $\frac{1}{2} \mu$ ” als voren op het waterbad gedroogd, boven zwavelzuur gezet en gewogen.

XI. In het filtraat uit de filterkaarsen kan men door droogdampen van een aliquot deel de opgeloste stoffen bepalen.

XII. Men krijgt dus de volgende 10 fracties:

I.	Van	2	tot	1	m.m.	} Deze vijf zandfracties zijn bij ons onderzoek gecombineerd.
II.	„	1	„	$\frac{1}{2}$	m.m.	
III.	„	$\frac{1}{2}$	„	$\frac{1}{5}$	m.m.	
IV.	„	$\frac{1}{5}$	„	$\frac{1}{10}$	m.m.	
V.	„	$\frac{1}{10}$	„	$\frac{1}{20}$	m.m.	
VI.	„	50	„	20	μ	
VII.	„	20	„	5	μ	
VIII.	„	5	„	2	μ	
IX.	„	2	„	$\frac{1}{2}$	μ	
X.	kleiner dan $\frac{1}{2} \mu$					

Resultaten der slibanalysen. Als gemiddelde van de vele slibanalysen, welke er van de zeven mergelgronden zijn verricht om voldoende analyse-materiaal te verzamelen, vonden wij voor de granulaire samenstelling der mergelgronden:

Fractie-nummer:	I—V	VI	VII	VIII	IX	X
Jonge mergelgrond:						
Glonggong. No. 10396-10401....	5.2	8.3	19.7	27.3	27.8	11.7
Oude mergelgronden:						
A. Batoeretna. No. 6804.....	18.8	7.1	8.8	19.6	26.2	19.5
Gamping. No. 12461/.524	8.2	9.5	12.0	20.1	30.9	19.3
Woerjantoro. No. 10556/.595 ...	9.7	8.4	11.2	13.6	21.3	35.8
Groedo. No. 12853-.861-.869....	7.2	9.1	9.9	17.5	28.9	27.4
B. S.f. Poppoh. No. 12648	6.0	9.2	14.2	18.5	25.8	26.3
S.f. Perring. No. 13321.....	6.2	9.1	14.7	21.3	26.8	21.9

Bij al onze berekeningen zijn wij van deze cijfers uitgegaan, omdat zij de juiste waarden zijn voor ons analyse-materiaal.

Fijnheid der fracties. Van de fijnheid der fracties van een grond — **Hygroscopiteit.** kunnen wij een indruk krijgen door van die fracties volgens MITSCHERLICH te bepalen de hygroscopiteit. Deze eigenschap is een — zij het ook ruwe — maat voor het specifiek oppervlak van grond, welk oppervlak afhankelijk is van den diameter der korrels. Zij wordt op Java bepaald volgens een vereenvoudigde

methode van MITSCHERLICH (1), zooals die beschreven is in de Gecodificeerde Voorschriften 1913 (p. 14—15).

Uitgegaan werd in ons geval van 10 gram grond, welke tot constant gewicht boven precies 10 % zwavelzuur werd geplaatst in een exsiccator met 25 m.m. kwikdruk. Onder de hand werd het zwavelzuur enkele malen vernieuwd. Was constant gewicht verkregen, dan werd de grond in vacuo boven sterk zwavelzuur gedroogd tot constant gewicht. Het gewicht van den grond na de proef boven 10 % zwavelzuur minus het gewicht van de droge stof, verkregen boven sterk zwavelzuur, is de hoeveelheid hygroscopisch gebonden water. In percenten uitgedrukt van de droge stof, is die hoeveelheid de hygroscopiciteit van den grond.

Op deze wijze bepaald, was de hygroscopiciteit van de fracties der mergelgronden:

Fractie-nummer:	I-V	VI	VII	VIII	IX	X	Fijnaarde	
							be- paald	bere- kend (*)
Jonge mergelgrond:								
Glonggong, No. 10396-10401	12.7	8.9	12.4	21.2	25.0	27.4	19.7	19.8
Oude mergelgronden:								
A. Batoeretna. No. 6804	5.8	11.3	15.2	27.0	26.9	26.5	21.1	20.7
Gamping. No. 12461/.524 . . .	5.6	10.4	15.2	23.8	25.6	25.9	21.2	21.0
Woerjantoro. No. 10556/.595	7.5	11.9	14.9	22.4	24.6	25.8	21.3	20.9
Groedo. No. 12853-.861-.869	6.9	11.3	14.4	24.7	28.2	29.1	23.8	23.4
B. S.f. Poppoh. No. 12648	4.1	8.3	12.0	20.2	26.5	27.7	20.6	20.6
S.f. Perning. No. 13321	9.9	12.3	14.1	19.8	24.6	26.6	21.0	20.4

(*) Toelichting op p. 77/78 — Berekeningen.

De cijfers nemen van de grovere naar de fijnere fracties toe, zoodat de gronden werkelijk in fracties van verschillende fijnheid zijn geslibd.

Een uitzondering vormt alleen de grond van Glonggong, waarbij de hygroscopiciteit van de fractiegroep I—V grooter is dan van de fracties VI en VII. Hier hebben wij het gewone geval van kruimels — z.g. „schijnzand” — tusschen de zandkorrels van fractiegroep I—V — als gevolg van onvolledig slibben.

Met deze bijzonderheid is in het vervolg rekening te houden.

Een andere bijzonderheid bij de mergelgronden — welke, dank zij ons nader onderzoek van de fijnheid der slibfracties, aan den dag is

(1) E. A. MITSCHERLICH: Bodenkunde. 3e druk. Berlijn. 1920. p. 70—73.

gekomen — is het opvallend kleine verschil in fijnheid van de „lutum”-fracties VIII en IX en X. Dit verschil is bij de phosphorzuurarme gronden kleiner dan bij de phosphorzuurrijke gronden. Bij eerstgenoemde gronden is in één geval fractie VIII zelfs even fijn als fracties IX en X. Bij deze gronden kan fractie VIII in fijnheid dan ook vrijwel worden gelijkgesteld aan fracties IX en X. Bij de phosphorzuurrijke gronden is fractie VIII grover. Maar fracties IX en X zijn ook bij deze gronden nagenoeg even fijn.

De vraag is, waaraan deze eigenaardigheid der mergelgronden — tot nog toe is het verschijnsel namelijk alleen bij deze gronden aangetroffen — is toe te schrijven. Hoogstwaarschijnlijk bestaan de „lutum”-fracties der gronden hoofdzakelijk uit kruimels, waarvan de korrels even fijn zijn. Die kruimels zouden dan van verschillende fijnheid moeten zijn en daarom bij het slibben in drie fracties zijn terecht gekomen. In fractie VIII moeten tusschen de kruimels ook grovere korrels zitten, hetgeen in fractie IX al veel minder het geval zal zijn. Die grovere korrels zouden vooral moeten voorkomen in fractie VIII der phosphorzuurrijke gronden en dan bij de gronden van Sidhoardjo meer dan in den grond van Glonggong.

De andere fracties van de gronden hebben een veel lagere hygroscopischeit. Opmerkelijk is de sprong van de cijfers van de fractiegroep I—VII naar die cijfers voor de fractiegroep VIII—X, welke wij, tot nu toe ook alweer alléén bij de mergelgronden hebben aangetroffen.

Dit is dus een derde bijzonderheid van de cijfers.

- En eindelijk is aan de hand van de cijfers nog een indruk te krijgen van de fijnheid van het hoofdbestanddeel der mergelgronden:

DE „KLEI”. Onder „klei” verstaan wij bij de mergelgronden de deelen van kleiner dan 2μ berekende diameter — d.i. de „colloïdale klei” van HALL⁽¹⁾. Wij rekenen er ook toe de kruimels van fractie VIII, waarvan de enkele korrels veel fijner zijn en als zoodanig zouden zijn terecht gekomen in fracties IX en X, waarin de „klei” der mergelgronden wordt afgescheiden. Gemakshalve zullen wij bij de phosphorzuurarme mergelgronden, waarvan fractie VIII niet veel grovere korrels bevat, ook deze fractie in haar geheel als „klei” beschouwen, zoodat bij deze gronden de begrippen „lutum” en „klei” samenvallen. Bij de phosphorzuurrijke mergelgronden zullen wij echter als „klei” alleen beschouwen fracties IX en X. Fractie VIII bevat bij deze gronden namelijk al vrij veel grof materiaal en dit materiaal willen wij zooveel mogelijk buitensluiten. Het woord „klei” zal hier ook wel eens zonder aanhalingsteekens worden ontmoet. Wij

(1) A. D. HALL: The soil. London. 1908. p. 37.

bedoelen daarmee dan alleen de fijne deelen van den grond, zonder ermede bepaalde fracties te willen aanduiden — dus de kleimassa.

De hygroscopiciteit van de „klei” in de mergelgronden is ongeveer 25 en hooger. Dit cijfer is bijzonder hoog, zoodat de „klei” der mergelgronden zeer fijn is. Bij vele gronden zijn fracties IX en X belangrijk grover. B.v. is bij een aschgrond van den Kloet de hygroscopiciteit van fractie X slechts rond 8.0. In dit geval kunnen wij fracties IX en X moeilijk „klei” noemen (*).

In verhouding tot de „klei” der mergelgronden zijn „zand” en „stof” in deze gronden bepaald grof. Hun hygroscopiciteit is 15 en lager.

Grof en fijn In de „klei” der mergelgronden zullen de phosphor-**phosphorzuur**. zuurverbindingen in zeer fijnen toestand aanwezig zijn en bovendien goed door den grond zijn verdeeld. Zij zullen er dus gemakkelijk beschikbaar en ook goed bereikbaar zijn. Anders moeten echter worden beoordeeld de phosphorzuurverbindingen in de „stof” en in het „zand” der gronden. Behalve dat deze verbindingen grover zijn, zijn zij ook meer lokaal voorhanden. Zij zullen daarom, vooral in zware gronden — moeilijker bereikbaar zijn — terwijl door haar groveren toestand ook haar beschikbaarheid geringer zal zijn.

De mergelgronden nu zijn zelfs uiterst zwaar, zoodat voor deze gronden een zeer fijne verdeling en een zeer goede verspreiding van het phosphorzuur voor een goed rendement van de plantenvoedingsstof wel noodzakelijk zal zijn. Daarom zullen wij bij de mergelgronden als voldoende beschikbaar en bereikbaar voorloopig alleen beschouwen het phosphorzuur in de „klei”. Dit phosphorzuur zullen wij korthedshalve noemen „FIJN PHOSPHORZUUR” in tegenstelling met „GROF PHOSPHORZUUR”, waarmee wij bedoelen het phosphorzuur in „stof” en „zand”. Onder „fijn phosphorzuur” verstaan wij dus bij:

a. de phosphorzuurrijke gronden: het phosphorzuur in fracties XI en X.

b. de phosphorzuurarme gronden: het phosphorzuur in fractiegroep VIII—X.

Wij rekenen bij de gronden sub a niet mede de fijne phosphorzuurverbindingen in fractie VIII, zoodat onze cijfers voor de hoeveelheid „fijn phosphorzuur” in die gronden een weinig te laag zullen uitvallen. Maar wij ontloopen zodoende ook de kans van veel

(*) Dit cijfer, vergeleken bij dat van de „klei” der mergelgronden, is er wel een zeer duidelijk voorbeeld van, hoe dezelfde fracties in verschillende gronden een totaal verschillende fijnheid kunnen hebben. Hiermede is bij eventueele methoden voor afzondering van „colloïdale klei” wel rekening te houden!

grove korrels fosphaat te beschouwen als fijn. Intusschen kan het verlies aan „fijn phosphorzuur” bij onze berekening wel eenigszins gecompenseerd worden door medetelling van grovere fosphaat-deelen, zoo deze in fractie IX voorkomen.

Bij de gronden sub **b** is fractie VIII — zooals reeds is opgemerkt — veel armer aan grove korrels. Daarom hebben wij bij deze gronden die fractie, welke dus hoofdzakelijk bestaat uit kruimels zeer fijn materiaal, als „klei” durven beschouwen. De cijfers voor „fijn phosphorzuur” zullen bij deze gronden natuurlijk te hoog kunnen uitvallen. Maar het is nu eenmaal niet mogelijk grof en fijn in gronden precies te scheiden. Het blijft hiermede altijd schipperen. En als wij dit niet aandurven, komen wij niet vooruit.

In elk geval heeft onze indeeling boven andere indeelingen een groot voordeel. Immers werd tot dusverre de indeeling van korrels in gronden in grof en fijn alleen gebaseerd op slibfracties. Wij zijn daarentegen bij onze indeeling bovendien afgegaan op het karakter van den grond en op de werkelijke fijnheid van zijn korrels. En zooals wij hebben gezien — en verderop nog herhaaldelijk zullen zien — is dit noodig.

Uitvoering der fractiegewijze analyses. Van de zeven monsters mergelgrond werd zooveel geslibd, tot van elke fractie 30 gram aanwezig was. Dit kostte veel tijd, omdat de gronden arm zijn aan „zand” en met ons personeel en instrumentarium in een maand tijd moeilijk meer dan 320 gram grond kon worden geanalyseerd. In die 320 gram fijnaarde komt in de meeste gevallen nog geen 30 gram „zand” voor, zoodat er dikwijls met de slibanalyse van een monster mergelgrond twee maanden gemoeid ging. Was echter van de fracties voldoende materiaal verkregen, dan liep het onderzoek verder vrij vlug af. ‘

Extracties.

Immers hadden wij dan verder van die fracties alleen nog maar de extracties te maken, waarin tenslotte het phosphorzuur — en meteen kalk, magnesium en kali (*) — werd bepaald.

Deze extracties werden met citroenzuur op de gebruikelijke wijze uitgevoerd. Om materiaal uit te sparen gingen wij daarbij uit van 11 gram stof, welke met 100 c.c. 2 % citroenzuur werd uitgetrokken. Zooals voorgeschreven in de Gecodificeerde voorschriften 1913 p. 22 bleef het materiaal 2 maal 24 uur met het oplosmiddel in aanraking. In plaats van het mengsel „herhaald om te schudden”

(*) De laatstgenoemde drie plantenvoedingsstoffen blijven hier buiten bespreking.

hebben wij het, zooals thans in ons laboratorium gebruikelijk, in die 48 uur 2 maal 6 uur in een roteermachine geschud.

Bij de extracties met z o u t z u u r kwamen wij voor de moeilijkheid te staan om met weinig materiaal voldoende extract te verkrijgen voor de verdere analyses. Dit bezwaar had zich al eerder voorgedaan bij het onderzoek van rivierslib door DEN BERGER, waarbij meestal ook maar weinig materiaal voor analyse beschikbaar was. DEN BERGER nam dan 10 gram stof op 25 c.c. 25 % zoutzuur, liet het mengsel, als gebruikelijk, 24 uur staan onder „herhaald omschudden”, filtreerde de oplossing af en wasschte den grond op het filter uit tot het filtraat geen reactie op chloor meer vertoonde. Na bijvulling tot bepaald volume, werd van het extract een bekende hoeveelheid afgepipetteerd en in deze hoeveelheid de plantenvoedingsstoffen bepaald. Om zoo weinig mogelijk van reeds lang bestaande methoden af te wijken, hebben wij deze methode voor ons onderzoek overgenomen. Alleen hebben wij in de 24 uur, dat grond en oplosmiddel met elkaar in aanraking waren, het mengsel niet „herhaaldelijk geschud” doch, zooals in ons laboratorium tegenwoordig gebruikelijk, 6 uur geroteerd. De methode wijkt in tweeërlei opzichten van de gebruikelijke zoutzuurextractie-methode af: In de eerste plaats is de verhouding stof tot oplosmiddel in de Gecodificeerde voorschriften 1913 gesteld op 11 : 25 en door den DEN BERGER afgerond tot 10 : 25. En in de tweede plaats — en dit is veel belangrijker — wordt de grond na de extractie uitgewasschen, hetgeen volgens bedoelde Voorschriften niet mag.

Methode DEN BERGER.

Een vergelijkend onderzoek van de twee methoden was — voor zoover ons bekend — nog niet verricht. Men nam aan, dat zij ongeveer dezelfde resultaten geven. Wij vonden het echter veiliger om dit punt nader te onderzoeken. Daarvoor hebben wij de mergelgronden, waarvan bekend was het gehalte aan phosphorzuur, oplosbaar in 25 % zoutzuur, uitgetrokken op de gewone wijze, ook nog volgens DEN BERGER onderzocht. Hierbij kwamen wij tot hogere cijfers, hetgeen moge blijken uit de tabel op pagina 77.

De verschillen zijn soms zelfs vrij groot, hetgeen is toe te schrijven aan het uitwasschen van den grond. Hierdoor wordt het evenwicht, dat zich oorspronkelijk had ingesteld tusschen grond en 25 % zoutzuur, verbroken, waardoor tijdens het uitwasschen weer meer phosphorzuur in oplossing kan gaan.

De fracties der gronden zijn bij ons onderzoek alle volgens DEN BERGER uitgetrokken. De hoeveelheden phosphorzuur zijn dus in die fracties naar verhouding te hoog bepaald. Door van de fijn-aarden behalve het gehalte aan phosphorzuur, bepaald langs den

gebruikelijken weg, op te geven dat, bepaald volgens DEN BERGER, kunnen wij echter ongeveer uitrekenen, hoeveel phosphorzuur uit de fracties zou zijn uitgetrokken, als die fracties waren geëxtraheerd op de gewone manier, zooals die is beschreven in de Gecodificeerde voorschriften 1913 op p. 22.

	Plaatsnaam	Doorl. No.	Percenten phosphorzuur, oplosbaar in 25% zoutzuur volgens	
			DEN BERGER	Gecodificeerde voorschriften 1913
Jonge mergelgrond:	Glonggong	10396-10401	0.066	0.058
Oude mergelgronden:				
A.	Batoeretna	6804	0.009	0.006
	Gamping	12461/.524	0.013	0.010
	Woerjantoro	10556/.595	0.006	0.003
	Groedo	12853-.61-.69	0.008	0.004
B.	S.f. Poppoh	12648	0.048	0.039
	S.f. Parning	13321	0.038	0.031

Veel grooter dan bij de mergelgronden waren bij toepassing van beide extractie-methoden de verschillen bij lateriet- en aschgronden. Wij willen hier terloops enkele cijfers noemen om ervoor te waarschuwen, voortaan bij extracties van rivierslib de methode DEN BERGER voor kleine hoeveelheden stof ongeveer gelijk te stellen met de gebruikelijke extractie-methode. Zoo vonden wij b.v. in den laterietgrond van Buitenzorg No. 13190 — volgens DEN BERGER geanalyseerd — 0.097% P_2O_5 in 25% zoutzuur oplosbaar — en op de gewone manier uitgetrokken 0.041% P_2O_5 , dus nog niet de helft ervan. Bij een laterietgrond van Bandjaranjar (Zuid-Tegal) No. 11844 waren de cijfers achtereenvolgens 0.148% en 0.080% en in een aschgrond van den Merapi No. 8404 vonden wij achtereenvolgens 0.233% en 0.181% P_2O_5 , oplosbaar in 25% zoutzuur. Met dergelijke groote verschillen, die de cijfers van een andere orde kunnen doen worden (No. 13190), moet natuurlijk bijzonder goed rekening worden gehouden.

Het phosphorzuur in de extracties werd — zooals gewoonlijk — volgens VON LORENZ ⁽¹⁾ bepaald en opgegeven in percenten van de droge stof — d.i. de luchtdroge stof minus „vocht”.

De vochtbepaling werd gecombineerd met de bepaling van de hygroscopiciteit en werd dus verricht door de monsters boven sterk zwavelzuur bij luchtverdunning te drogen.

Berekeningen.

Is het gehalte aan phosphorzuur van elk der fracties van een grond bekend, dan kunnen wij gemakkelijk berekenen, hoe het phos-

(1) N. BEUMÉE-NIEUWLAND, Dr. L. G. DEN BERGER en W. WEBER. *Archief voor de Suikerindustrie in Ned. Indië*. 1917. p. 1425.

phorzuur in dien grond over zijn opeenvolgende fracties — dus over zijn grovere en fijnere deelen — is verdeeld. Hiervoor hebben wij slechts de formule:

$$X = A/100 \times B$$

te gebruiken, waarin A is de hoeveelheid fractie in percenten van de fijnaarde en B het gehalte van de fractie aan phosphorzuur. X is dan de hoeveelheid phosphorzuur, in percenten van de fijnaarde, die aanwezig is in de gronddeeltjes van een bepaalde fractie. De som van X in de zes fracties moet practisch gelijk zijn aan de totale hoeveelheid phosphorzuur in den grond. Voor de contrôle hebben wij deze hoeveelheid berekend en bepaald. Is zij berekend, dan is dit speciaal vermeld. Door vergelijking van de twee waarden kan men dan de nauwkeurigheid der analyses onderzoeken. Verder zijn van den grond behalve de phosphorzuur-cijfers — bepaald bij extracties volgens DEN BERGER — ook opgegeven die — bepaald bij extracties volgens de Gecodificeerde voorschriften 1913. De laatste zijn vermeld onder de kolom „gebruikelijke extractie”.

Voor A golden — bij de berekening van X volgens de formule: $A/100 \times B = X$ — de cijfers, welke zijn genoemd in dit hoofdstuk onder „Resultaten van de slibanalyse”.

Koolzure kalk. Sommige fijnaarden van de mergelgronden bevatten koolzure kalk. Daarvan werd in de fracties de hoeveelheid bepaald met het gebruikelijke apparaatje van GEISSLER (Gecodificeerde Voorschriften 1913 p. 17—18). Kwam in een fractie koolzure kalk voor, dan werd bij de extractie van die fractie voor elke percent CO_2 aan extra-zuur toegevoegd 0.38 c.c. zoutzuur van 37 % en 0.032 gram citroenzuur in vasten vorm.

In de fijnaarden der mergelgronden werden de volgende hoeveelheden koolzure kalk aangetroffen:

	Plaatsnaam	Doorl. No.	% CaCO_3
Jonge mergelgrond:	Glonggong	10396-10401	11.0
Oude mergelgronden:			
A.	Batoeretna	6804	0.2
	Gamping	12461/.524	spoor
	Woerjantoro	10556/.595	0.0
	Groedo	12853-.61-.69	0.0
B.	S.f. Poppoh	12648	spoor
	S.f. Perring	13321	spoor

In de meeste monsters zat dus geen of bijna geen koolzure kalk — ondanks het feit, dat de gronden meestal vrij veel kalkconcreties bevatten. Bij het zeven der monsters in natten toestand was blijkbaar al de koolzure kalk ervan op de fijnaarde-zeef achtergebleven. En de koolzure kalk, die nog door de zeef was gelopen, bleek bij de Oude mergelgronden — dus de grond van Glonggong afzonderlijk gelaten — alleen in het „zand” voor te komen. Dit „zand” bevatte bij den grond van Batoeretna 0.7 % CO_2 als CaCO_3 en bij den grond van de s.f. Perning 0.3 % CO_2 , terwijl in het „zand” van de overige gronden hoogstens sporen koolzure kalk bleken voor te komen.

De kalk was in het „zand” der Oude mergelgronden — zooals microscopisch werd vastgesteld — als stukjes van concreties voorhanden.

In tegenstelling met de Oude mergelgronden is de Jonge mergelgrond van Glonggong aan koolzure kalk, fijner dan 2 m.m., zeer rijk. Straks zal de verdeeling ervan in den grond telkens ter sprake komen. Daarom zullen wij hier meteen even die verdeeling nader beschouwen.

De verdeeling van de koolzure kalk in den grond van Glonggong. De fracties van dezen grond bevatten de volgende hoeveelheden koolzure kalk, opgegeven in percenten van de fracties:

Fractie-nummer	I—V	VI	VII	VIII	IX	X	Fijnaarde
Glonggong 10396—10401	17.59	29.39	23.29	8.04	2.84	0.98	11.04

Laten wij het gehalte van de fijnaarde aan koolzure kalk buiten beschouwing, dan zien wij in de tabel de cijfers van links naar rechts in sterke mate kleiner worden. Naarmate dus de gronddeeltjes kleiner zijn, zijn zij armer aan koolzure kalk (*). Hierbij zijn de cijfers van de fracties I—VII hoger en die van de fracties VIII—X lager dan het cijfer van de fijnaarde. Blijkbaar bestaat de grond dus uiteen mengsel van koolzure-kalkarmer „lutum” met kalkrijkere „zand”- en „stof”-deelen. In zijn „lutum” — de hoofdmassa van den grond — zit minder dan 5% CaCO_3 met een minimum in fractie X van den grond van slechts 1% CaCO_3 , zoodat in de allerfijnste deeltjes van den grond betrekkelijk weinig koolzure kalk aanwezig is. Hoofdzakelijk blijkt

(*) Schijnbaar gaat dit niet op voor de fractiegroep I—V, welke minder CaCO_3 bevat dan de VIe fractie. Uit de hogere hygroscopiciteit van deze fractiegroep t.o.v. de fijnere fracties VI en VII volgt echter, dat de onregelmatigheid uitsluitend geweten kan worden aan een vermenging van de grove kalkrijke zanddeelen in de fractiegroep I—V met deeltjes van grootere fijnheid en lager kalkgehalte, welke er bij het slibben in terecht zijn gekomen.

de koolzure kalk in den grond als grovere deelen aanwezig te zijn. O.a. bevat fractie VI van den grond bijna 30% CaCO_3 .

Om de verdeeling van de koolzure kalk in den grond nader na te gaan hebben wij aan de hand van bovenstaande gegevens en de granulair-samenstelling van den grond de hoeveelheden grove en fijne kalkdeelen in den grond bepaald. In percenten CaCO_3 van de fijnaarde zijn die hoeveelheden als volgt:

Fractie-nummer	I—V	VI	VII	VIII	IX	X	Fijnaarde
Glonggong 10396—10401	0.91	2.45	4.59	2.20	0.79	0.11	11.05

Uit de cijfers blijkt, dat niet minder dan 90 % van de kalkdeelen in den grond van Glonggong grover is dan 2μ . Deze grovere deelen CaCO_3 komen er — althans voor een deel — als foraminifeeren en kristalletjes calciëet in voor. Hun meest voorkomende korrelgrootte is $20-5\mu$. Dit is vrij zeker niet fijn genoeg om in een zwaren grond als die van Glonggong goed werkzaam te kunnen zijn, vooral als de koolzure kalk nog in kristallijnen toestand voorkomt.

Wel zullen vermoedelijk de kalkdeeltjes kleiner dan 2μ voor de kalkvoorziening van den grond van belang kunnen zijn. In het algemeen wordt n.l. aangenomen (HALL), dat dergelijke fijne koolzure kalk in den grond van groot belang is. Van deze fijne kalk bevat de grond van Glonggong circa 1 %, hetgeen op zichzelf niet weinig is. Er komen practisch echter geen kalkdeeltjes van kleiner dan $\frac{1}{2}\mu$ onder voor. In hun soort zijn de fijne kalkdeeltjes in den grond dus nog betrekkelijk grof. Misschien hangt dit samen met een kristallijnen toestand, ook van de fijne kalkdeeltjes in den grond, hetgeen voor een goede oplosbaarheid van de koolzure kalk niet bevorderlijk zou zijn. Bovendien is met de mogelijkheid rekening te houden, dat van de fijne kalkdeeltjes een deel niets anders is dan het vergruizingsproduct van grovere kalkdeelen, ontstaan bij het slibben van den grond. In werkelijkheid komt er in den grond misschien nog minder fijne koolzure kalk voor.

In elk geval is het zeker — en dit is voorloopig voor ons het belangrijkste — dat van de groote hoeveelheid koolzure kalk in de fijnaarde van den grond verreweg het grootste deel in groven en daarbij kristallijnen toestand aanwezig is en hoogstwaarschijnlijk als weinig werkzaam is te beschouwen.

IV. FIJNHEID EN VERDEELING DER PHOSPHORZUUR- VERBINDINGEN IN DE MERGELGRONDEN EN HARE OPNEEMBAARHEID.

In dit hoofdstuk zullen de resultaten worden besproken van het fractiegewijze onderzoek van ons zevental mergelgronden, hetwelk werd verricht om van deze gronden op Java de fijnheid en verdeling van de phosphorzuurverbindingen daarin te leeren kennen. In de inleiding hebben wij aangetoond, dat die omstandigheden bij zware gronden — en onze mergelgronden zijn zelfs zeer zwaar — op het nuttige effect van de plantenvoedingsstof een zeer belangrijken invloed uitoefenen.

A. HET GEHALTE AAN PHOSPHORZUUR VAN DE „KLEI” EN VAN HET GROVE MATERIAAL.

Het in zoutzuur op- Bij extractie met 25 % zoutzuur zijn de
losbare phosphorzuur. gehalten van de fracties der mergelgronden
aan phosphorzuur:

Fractie-nummer	I—V	VI	VII	VIII	IX	X	Fijnaarde	
							berekend	gebruikel. extractie
Jonge mergelgrond:								
Glonggong No. 10396-10401	0.116	0.108	0.075	0.066	0.045	0.050	0.066	0.058
Oude mergelgronden:								
A. Batoeretna No. 6804	0.014	0.027	0.017	0.006	0.004	0.004	0.009	0.006
Camping No. 12461/.524	0.028	0.034	0.024	0.015	0.010	0.010	0.013	0.010
Woerjantoro No. 10556/595	0.012	0.017	0.011	0.007	0.004	0.004	0.006	0.003
Groedo No. 12853-.61-.69	0.011	0.015	0.010	0.007	0.008	0.008	0.008	0.004
B. S.f. Poppoh No. 12648	0.141	0.096	0.064	0.047	0.035	0.025	0.048	0.039
S.f. Perring No. 13321	0.076	0.064	0.050	0.039	0.028	0.022	0.038	0.031

Van de „klei” in de gronden — in den minst vermengden vorm aanwezig in fractie X — is het gehalte aan phosphorzuur lager dan van de fijnaarde. Vooral is dit het geval bij de

phosphorzuurrijke mergelgronden, waarvan de „klei” — het gehalte hiervan aan phosphorzuur gelijkstellende aan dat van fractie X — 0.016-0.023 % phosphorzuur minder bevat dan de gronden in hun geheel. Bij de phosphorzuurarme mergelgronden zijn de desbetreffende verschillen kleiner, in onze gevallen maximaal 0.005 %.

Oorzaak van de verschillen is, dat in de mergelgronden grovere deelen — deelen grooter dan 5μ — voorkomen, welke phosphorzuurrijker zijn dan de „klei” en die bij vermenging hiermede het phosphorzuurgehalte van het geheel — dus hier van den grond — verhoogen. De invloed van dit grovere phosphorzuur op het phosphaatgehalte van de gronden is bij de phosphorzuurarme gronden betrekkelijk klein, omdat de verschillen in phosphaatgehalte tusschen de grovere deelen van de gronden en hun fijnere deelen niet bijzonder groot is. In aanmerking dient te worden genomen, dat de gronden aan grovere deelen nogal arm zijn en er daarom een sterk afwijkend phosphorzuurgehalte der deelen noodig is om op het phosphaatgehalte van den geheelen grond een duidelijken invloed uit te oefenen. Een dergelijk sterk afwijkend phosphorzuurgehalte vertoonen nu blijkbaar wél de grovere deelen van de phosphorzuurrijke mergelgronden, welke overigens aan die deelen niet rijker zijn dan de phosphorzuurarme mergelgronden. Het phosphorzuurgehalte van de deelen grover dan 5μ schommelt bij die gronden, rijk aan phosphorzuur, tusschen 0.050 % en 0.141 % — tegenover een phosphorzuurgehalte van de „klei” van 0.022—0.050 %.

Wij zien dus, dat

de mergelgronden van Java bestaan uit een phosphorzuurarmere „klei” met phosphorzuurrijkere grovere deelen erin.

Die grovere deelen oefenen op het phosphorzuurgehalte van de gronden een merkbaaren invloed uit, vooral bij de phosphorzuurrijke mergelgronden, waarvan die grovere deelen belangrijk rijker aan phosphaat zijn dan de „klei”.

Bij de phosphorzuurarme mergelgronden zijn de verschillen in phosphorzuurgehalte tusschen „klei” en grovere deelen kleiner en daardoor is ook de invloed van deze grove deelen op het phosphorzuurgehalte der gronden geringer.

Deze punten zijn landbouwkundig van veel belang, omdat eruit is te concludeeren, dat in het algemeen de eene mergelgrond hoofdzakelijk daarom phosphorzuurrijker is dan de andere mergelgrond, omdat hij meer grove phosphorzuurverbindingen bevat.

Zonder deze grove verbindingen zou het phosphorzuurgehalte van de mergelgronden van Java minder verschillen te zien geven.

De grove phosphorzuurverbindingen zijn nu voor de plantenvoeding van weinig belang. Daar zij het phosphorzuurgehalte van de phosphorzuurrijke mergelgronden meer verhoogen dan dat van de phosphorzuurarme mergelgronden, is het verschil in phosphorzuurgehalte dezer gronden — landbouwkundig gesproken — geflatteerd. Overigens zijn — door het voorkomen van grove phosphorzuurverbindingen in de gronden — die gehalten ook elk voor zich hooger dan wenschelijk is met het oog op een landbouwkundige beoordeeling van het fosphaatgehalte der gronden, waarbij feitelijk de grove fosphaatdeelen in de gronden buiten beschouwing moesten blijven.

Het hoogste phosphorzuurgehalte vertoont bij de phosphorzuurrijke mergelgronden fractie I—V: het „zand”. Zeer snel daalt van deze fractie naar de fijnere deelen van de gronden het phosphorzuurgehalte van 0.076 %—0.141 % tot 0.022 %—0.045 %. Het phosphorzuurgehalte van het „zand” is bij de phosphorzuurrijke mergelgronden dus zeer groot. Ondanks de kleine hoeveelheid „zand” in de gronden — circa 5 % — is het daarom niet uitgesloten, dat vrij veel phosphorzuur in de gronden in zeer groven toestand voorkomt.

Bij de phosphorzuurarme mergelgronden is de phosphorzuurrijkste fractie de stofzand-fractie VI, die veel armer is dan dezelfde fractie bij de phosphorzuurrijke mergelgronden. De zand-fractie I—V bevat bij eerstgenoemde gronden nog minder phosphorzuur. Bij ongeveer dezelfde hoeveelheden „zand” moet het zeer grove phosphorzuur bij de phosphorzuurarme mergelgronden dus minder invloed op het fosphaatgehalte van de gronden uitoefenen, dan bij de phosphorzuurrijke mergelgronden.

Niet alleen is dan ook bij de beoordeeling van de phosphorzuurgehalten van mergelgronden rekening te houden met een grooteren invloed op die gehalten van de grovere phosphorzuurverbindingen in de gronden, als deze gronden phosphorzuurrijker zijn. Bovendien is dan de invloed van de zeer grove phosphorzuurverbindingen in de gronden op die gehalten grooter.

Dit is van belang, omdat het phosphorzuur in de gronden — zooals wij nog zullen zien — des te minder werkzaam is, naarmate het in groveren toestand aanwezig is. Bij de phosphorzuurarme mergelgronden daalt het phosphorzuurgehalte van de grovere naar de fijnere deelen minder sterk dan bij de phosphorzuurrijke gronden — het loopt van 0.015 %—0.034 % af tot 0.004 %—0.010 %.

Om het verloop van het phosphorzuurgehalte in de opeenvolgende

fracties der gronden overzichtelijker voor te stellen, hebben wij de cijfers in de tabel op nevenstaande grafiek grond-monsters-gewijze grafisch voorgesteld. Wij zien in de figuur de „phosphorzuurlijnen” van de phosphorzuurrijke mergelgronden veel scherper dalen dan die van de phosphorzuurarme mergelgronden. De daling is in beide gevallen regelmatig.

Bij de Oude mergelgronden zien wij voorts, dat die daling des te sterker is, naarmate de gronden rijker aan phosphorzuur zijn. Dit geldt zelfs voor kleine verschillen, zooals die tusschen den grond van Gamping (0.013 % P_2O_5) en den grond van Woerjantoro (0.006 % P_2O_5). Bij ongeveer dezelfde granulair-samenstelling der gronden zal dus bij de Oude mergelgronden de invloed van de grovere fosphaatdeelen regelmatig stijgen, naarmate de gronden phosphorzuurrijker zijn. Bij den Jongen mergelgrond zien wij een afwijking.

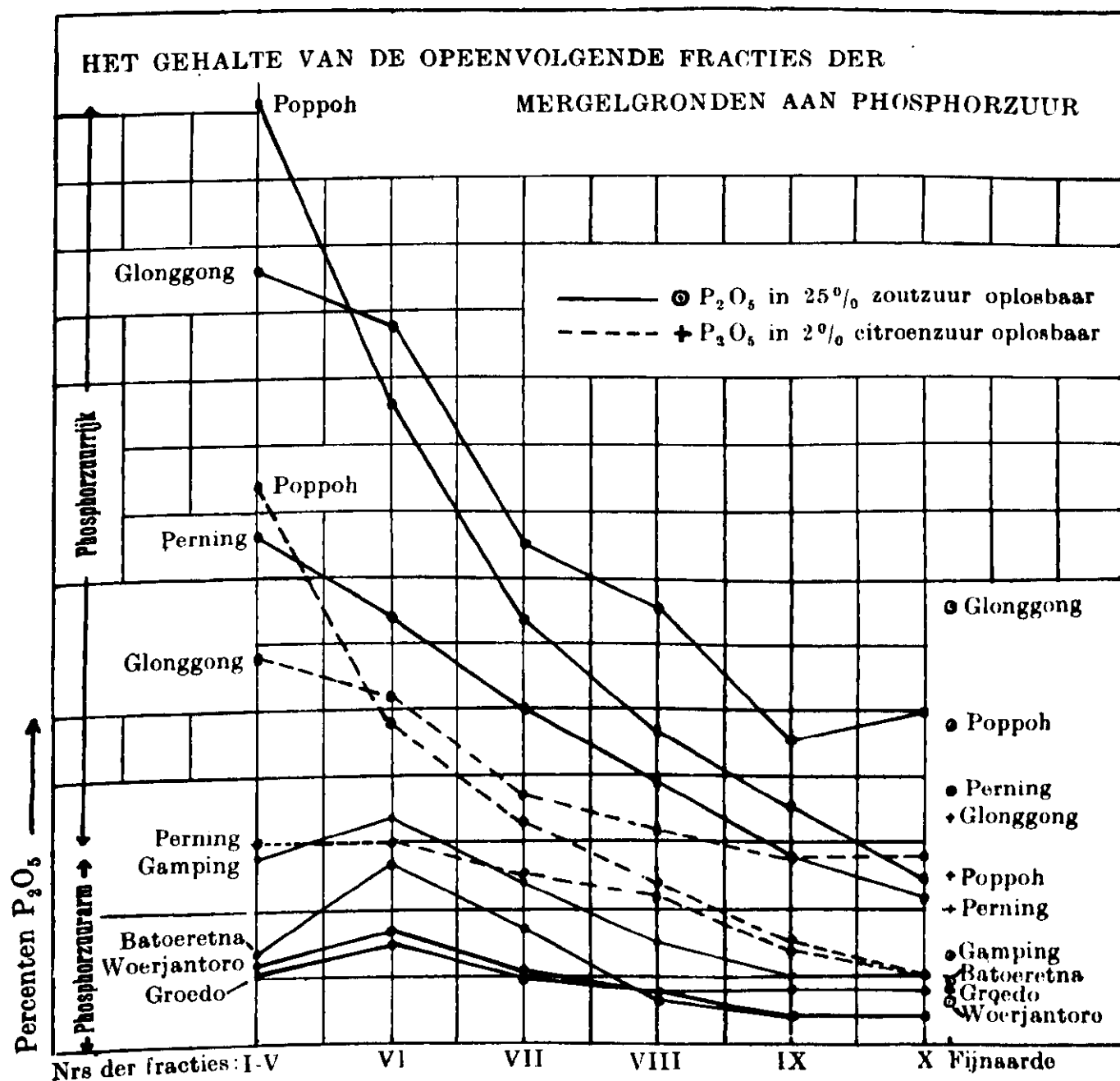
De minste verschillen vertoonen de mergelgronden — zooals mede van de grafiek is af te lezen — in de phosphorzuurgehalten van de „klei”, welke kunnen worden gelijkgesteld aan die van fractie X. Van deze fractie loopt bij onze monsters het phosphorzuurgehalte uiteen van 0.004 % tot 0.050 %, terwijl van de fijnaarden der gronden de fosphaatcijfers varieeren van 0.006 % tot 0.066 %. De marge tusschen eerstgenoemde cijfers is kleiner dan tusschen de laatstgenoemde getallen.

Bekijken wij alleen de cijfers voor de Oude mergelgronden, dan is dit verschil grooter. Voor de fijnaarden gelden dan fosphaatgehalten van 0.006 % tot 0.048 %, terwijl van de fractie X der gronden het phosphorzuurgehalte loopt van 0.004 % tot slechts 0.025 %.

Hieruit zien wij, dat bij de phosphorzuurrijke mergelgronden van Sidhoardjo de invloed van de grove phosphorzuurverbindingen op de fosphaatgehalten der fijnaarden bijzonder groot is.

Zonder die grove fosphaatdeelen geeft het phosphorzuurgehalte van de gronden ons van hun phosphorzuurvoorziening een geheel anderen indruk. Zijn n.l. volgens de fijnaarde-analysen — ook die, welke verricht zijn met 2 % citroenzuur als extractiemiddel — de gronden van Poppoh en Perring te rekenen tot de phosphorzuurrijke gronden van Java — tenminste te oordeelen naar den maatstaf van MARR—GEERTS — op grond van het phosphorzuurgehalte van hun „klei” zouden zij op de grens van phosphorzuurarmoede liggen.

Het in citroenzuur oplosbare phosphorzuur. Wat het in citroenzuur oplosbare phosphorzuur in de fracties der mergelgronden betreft: het gehalte hiervan vertoont bij de verschillende



gronden in de opeenvolgende fracties hetzelfde verloop als dat van het in zoutzuur oplosbare phosphorzuur. Behalve uit de grafiek bij pagina 84 blijkt dit uit de volgende cijfers:

Fractie-nummer:	I—V	VI	VII	VIII	IX	X	Fijnaarde
Jonge mergelgrond:							
Glonggong. No. 10396-401	0.058	0.052	0.037	0.032	0.028	0.028	0.034
Oude mergelgrond:							
B. S.f. Poppoh No. 12648	0.084	0.048	0.034	0.024	0.015	0.010	0.025
S.f. Perring No. 13321	0.030	0.030	0.025	0.022	0.014	0.010	0.020

Opvallend is ook in déze cijfers het lage gehalte van de „klei” bij de gronden van Sidhoardjo, ondanks het hoge gehalte van de gronden aan in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur. Om de hoeveelheden phosphorzuur in de „klei” van deze gronden met die in hun fijnaarden nogmaals te vergelijken, zijn de desbetreffende phosphorzuurcijfers hieronder naast elkaar geplaatst, waarbij die voor het in zoutzuur oplosbare phosphorzuur in de „klei” zijn omgerekend op de cijfers, welke ongeveer zouden zijn verkregen bij toepassing van de gebruikelijke extractie.

	PHOSPHORZUUR in de			
	F I J N A A R D E		„K L E I”	
	oplosbaar in			
	25% HCl	2% citroenzuur	25% HCl	2% citroenzuur
S.f. Poppoh	0.039%	0.020%	0.020% (0.025)	0.010% (0.012%)
S.f. Perring	0.031%	0.015%	0.018% (0.020)	0.010% (0.012%)
			() = gemiddeld phosphorzuur- halte van fractie VIII—X.	

De cijfers voor de fijnaarde zijn hoger dan de grenscijfers van MARR—GEERTS. Daarentegen zijn de cijfers van de „klei” der gronden deels lager dan (zoutzuurextractie) en deels ongeveer gelijk (citroenzuurextractie) aan bedoelde grenswaarden.

Bij den grond van Glonggong zijn de phosphorzuurcijfers van de „klei” veel beter, zij het dan ook lager dan die van de fijnaarden.

Een bepaling van de hoeveelheden in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur in de fracties der phosphorzuurarme mergelgronden hebben wij — om het onderzoek te bekorten — voorloopig achterwege gelaten. Voor de praktijk is de zaak slechts van ondergeschikt belang, omdat de „voorraad” phosphorzuur in die fracties reeds zoo klein is, dat — ook al zou zij geheel in citroenzuur oplosbaar zijn — de zaak een ongunstige beoordeeling van de phosphorzuurvoorziening der gronden niet kan voorkomen. Overigens kan veilig

worden aangenomen, dat de verdeling van het in citroenzuur oplosbare phosphorzuur ook in de phosphorzuurarme mergelgronden dezelfde is als de verdeling van het in zoutzuur oplosbare phosphorzuur.

Het phosphorzuur in de kalkconcreties. Voor de volledigheid is tenslotte ook van enkele kalkconcreties van de Oude mergelgronden het phosphorzuurgehalte bepaald. Dit bedroeg bij een drietal monsters, behoorende bij de hier besproken mergelgronden uit Zuid-Wonogiri — residentie Soerakarta:

Doorl. No.	Herkomst	% P_2O_5 oplosbaar in 25% zoutzuur
8977	Zuid-Wonogiri	0.003
8979	Idem	0.006
8990	Idem	0.004

Van practisch belang zijn de cijfers niet. Eigenaardig is alleen, dat het phosphorzuur in de gronden — zij het dan ook in kleine hoeveelheden — tot in hun grofste deelen voorkomt.

B. DE SAMENSTELLING EN OPLOSBAARHEID, DE BESCHIKBAARHEID EN OPNEEMBAARHEID VAN HET GROVE EN FIJNE PHOSPHORZUUR.

Samenstelling. Bij de phosphorzuurrijke mergelgronden is de verhouding van de hoeveelheden phosphorzuur, oplosbaar in 25 % zoutzuur en in 2 % citroenzuur in de opeenvolgende fracties:

Fractie-nummer	I—V	VI	VII	VIII	IX	X	Fijnaarde
Glonggong.....	2.0	2.1	2.0	2.1	1.6	1.8	1.9
S.f. Poppoh	1.7	2.0	1.9	2.0	2.3	2.5	1.9
S.f. Perring	2.5	2.1	2.0	1.8	2.0	2.2	1.9

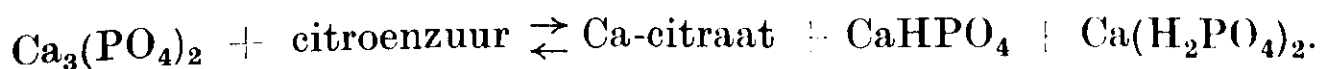
In de cijfers is slechts weinig verschil te zien. Zij schommelen tusschen 1.5 en 2.5. Er is blijkbaar in de samenstelling van de grovere en fijnere fosphaatdeelen in de gronden weinig onderscheid. De verhoudingsscijfers wijzen er sterk op, dat zoowel de grovere als fijnere phosphorzuurverbindingen in de gronden ongeveer dezelfde samenstelling hebben als de phosphorzuurverbinding in de kalkrijke natuurlijke fosphaten, waarvan de samenstelling is ongeveer $Ca_3(PO_4)_2$.

Oplosbaarheid. Opmerkelijk is, dat in de cijfers met een grootere fijnheid van de gronddeeltjes geen of bijna geen toeneming van de oplosbaarheid van het phosphorzuur in die deeltjes is waar te nemen, hetgeen — oppervlakkig beschouwd — bij ongeveer dezelfde samenstelling van de phosphorzuurverbindingen, toch wel kon worden verwacht. Integendeel is bij den grond van Poppoh b.v. de oplosbaarheid van de grovere phosphorzuurverbindingen zelfs iets grooter dan die van de fijnere fosphaatdeeltjes. Iets dergelijks zien wij bij den grond van Perring, waarbij de oplosbaarheid van het in zoutzuur oplosbare phosphorzuur in citroenzuur van de grovere naar de fijnere fracties aanvankelijk toeneemt om van fractie VIII naar fractie X weer een lichte daling te zien te geven.

Slechts in den grond van Glonggong is van het phosphorzuur in de gronddeeltjes kleiner dan 2μ naar verhouding iets meer in citroenzuur oplosbaar dan van de plantenvoedingsstof in de grovere gronddeeltjes.

Het is echter niet uitgesloten, dat bij dezen grond het kleine verschil veroorzaakt wordt o.a. door de grootere hoeveelheid koolzure kalk in de grovere deelen, waardoor de oplosbaarheid in citroenzuur van het phosphorzuur in die deelen meer wordt tegengehouden. Wel is getracht — door extra-toevoeging van zuur den factor koolzure kalk bij de extracties te elimineeren, maar — zooals reeds besproken — is dit bij extractie van de fracties met citroenzuur niet volledig te bereiken en des te minder naarmate de grond aan koolzure kalk rijker is. (Sterkere terugdringing van de dissociatie van het citroenzure extractiemiddel door de vorming van meer calciumcitraat.)

Verder mag niet uit het oog worden verloren — ook niet bij de andere mergelgronden — de veel grootere hoeveelheid phosphorzuur in de grovere fracties van den grond, waardoor van dat phosphorzuur onder overigens dezelfde voorwaarden relatief minder in citroenzuur zal worden opgelost dan van het phosphorzuur in de phosphorzuurarmere fijnere fracties. De oplossing van de plantenvoedingsstof in citroenzuur kan volgens het volgende schema eener evenwichtsvergelijking verlopen:



Naarmate meer fosphaat aanwezig is, ontstaat er meer calciumcitraat en mono- en biphosphaat, welke verbindingen in tegenstelling met de verbindingen, waaruit zij zijn gevormd, goed — en voor een deel heel goed — zijn gedissocieerd en naarmate zij in grootere hoeveelheden ontstaan, de dissociatie van laatstbedoelde verbindingen meer zullen terugdringen en het oplossen van fosphaat zullen tegengaan. Ook dit kan oorzaak zijn van de iets

betere oplosbaarheid van het phosphorzuur in de phosphorzuur-armere fijne deelen van den grond.

Uit de cijfers behoeft dus nog niet te volgen, dat ook in werkelijkheid en op zich zelf beschouwd de fijnere phosphorzuurverbindingen in den grond van Glonggong beter oplosbaar zijn dan de grovere phosphaatdeeltjes.

Op de uitkomsten van de extracties met het sterk gedissocieerde zoutzuur hebben beide factoren — de hoeveelheden koolzure kalk en phosphaten — veel minder invloed.

De vraag is nu, hoe te verklaren, dat bij de gronden van Poppoh en Perning bij ongeveer dezelfde samenstelling der grove en fijne phosphorzuurverbindingen — volgens onze cijfers — de fijne phosphorzuurverbindingen niet gemakkelijker en zelfs iets moeilijker oplosbaar zijn.

Een der mogelijkheden is, dat naast gemakkelijker oplosbare calciumphosphaten in de fijne deelen der gronden ook nog aanwezig zijn moeilijker oplosbare ijzer- en (of) aluminium-phosphorzuurverbindingen. Daar echter in die fijne deelen der gronden nogal veel kalk voorkomt — namelijk 1.64 % CaO , in 25 % zoutzuur oplosbaar, in de „klei” van Poppoh en 1.53 % CaO , in 25 % zoutzuur oplosbaar, in de „klei” van Perning — kan er in de „klei” der gronden nooit veel van laatstgenoemde phosphorzuurverbindingen worden gevormd. Trouwens is dit ook zeker niet het geval, gezien de kleine verhouding in die „klei” van de hoeveelheid in 25 % zoutzuur oplosbaar phosphorzuur tot de hoeveelheid in 2 % citroenzuur oplosbaar phosphorzuur, welke verhouding is circa 2. Bij aanwezigheid van hoofdzakelijk ijzer- en aluminiumphosphaten is die verhouding heel wat ruimer. Zij is bijvoorbeeld bij kalkarme en ijzerrijke laterietgronden zelden minder dan 10 en soms zelfs meer dan 30. Maar in elk geval zijn de omstandigheden voor het ontstaan der moeilijker oplosbare phosphorzuurverbindingen in de fijne deelen der gronden gunstiger dan in de grove deelen, omdat in die fijne deelen de ijzer- en aluminiumverbindingen door hun fijnheid allicht werkzamer zullen zijn. Bovendien zijn de grove deelen der mergelgronden niet minder rijk aan kalk — 1.53-1.82 % CaO , oplosbaar in 25 % zoutzuur — waaraan het phosphorzuur zich bij voorkeur zal verbinden. Als er dus in de gronden ook ijzer- en aluminiumphosphaten voorkomen, dan zullen deze wel hoofdzakelijk in de fijne deelen van de gronden zijn te vinden. Verreweg de voornaamste phosphorzuurverbindingen in deze fijne deelen der gronden zijn echter kalkphosphaten.

Het eventueel voorkomen van fijne ijzer- en aluminiumphosphaten kan bij de gronden van Poppoh en Perning dan ook

moeilijk de eenige oorzaak, zelfs geen oorzaak van belang zijn van de geringe verschillen in onze cijfers, betreffende de oplosbaarheid van de phosphorzuurverbindingen in groven en fijnen toestand, in die gronden aanwezig.

Bij den grond van Glonggong zijn de fijnere deelen nog rijker aan kalk — 2.79 % CaO in 25 % zoutzuur oplosbaar --- en is de kalk er gedeeltelijk in werkzameren vorm in voorhanden, namelijk als koolzure kalk. In dezen kalkrijken grond is de kans op vorming van ijzer- en aluminiumphosphaten al bijzonder klein. En toch zijn ook in dezen grond de fijne phosphorzuurverbindingen volgens onze cijfers niet zooveel beter oplosbaar dan de grove phosphorzuurverbindingen, al zijn eerstgenoemde verbindingen ook iets gemakkelijker oplosbaar dan bij de kalkarmere „klei” van de Sidhoardjogronden. Dit zou dan verband kunnen houden met de aanwezigheid van een weinig ijzer- en aluminiumphosphaten in laatstgenoemde gronden, terwijl zij in den grond van Glonggong nagenoeg zullen ontbreken.

De vraag -- hierboven gesteld --- moet dus worden herhaald en algemeener worden geformuleerd aldus: hoe zou het komen, dat in voorgaande cijfers niets of heel weinig blijkt omtrent een gemakkelijker oplosbaarheid der fijne phosphorzuurverbindingen?

Een belangrijke factor, welke hier nog niet in aanmerking is genomen, is, dat de fijnheid van een verbinding wel invloed heeft op haar oplossingssnelheid, maar niet op de hoeveelheid stof, welke tenslotte zal worden opgelost. Het evenwicht in de reactie, zooals dit zich eindelijk zal instellen bij oplossen van fosphaat in citroenzuur b.v., zal met verandering van de fijnheid van het fosphaat niet worden verschoven. Alleen zal dan dat evenwicht trager of sneller worden bereikt. Maar is het bereikt of bijna bereikt, dan is van het eventueel sneller oplossen van fijne phosphaten natuurlijk niets of weinig meer te merken.

Bij het uittrekken van gronden met citroenzuur, zooals gebruikelijk is, gedurende 48 uur, wordt nu een evenwichtstoestand verkregen en wel ongeveer volgens het hierboven gegeven schema. Het is dan ook feitelijk niets bijzonders, dat wij bij onze extracties voor de fijne en de grove phosphorzuurverbindingen in de mergelgronden ongeveer dezelfde oplosbaarheid vonden.

Om een en ander nader toe te lichten mogen hier nog enkele cijfers uit het reeds eerder besproken onderzoek van HAGER en KERN ⁽¹⁾ worden overgenomen.

(1) G. HAGER und J. KERN: Loc. cit. 1916. p. 338.

Van 1 gram CaCO_3 werd in 500 c.c. koolzuurhoudend water met 153.4 m.gr. koolzuur per liter, bij een temperatuur van 19°C ., opgelost in milligrammen.

KALKSOORT	Aragoniet	Gepraec. kalk	Marmer
Korreldiameter.	0.001 m.m.	0.005 m.m.	0.025 m.m.
15 minuten geschud.....	287.0	129.0	91.9
2 maal 2 uren geschud en daarna 2 dagen laten staan (17° — 20°C)..	296.6	258.0	230.0

In de eerste horizontale rij van cijfers — verkregen bij een korten extractieduur — merken wij op groote verschillen in oplosbaarheid van grovere en fijnere deelen koolzure kalk en van aragoniet en calcië, welke mineralen dezelfde samenstelling hebben, maar in kristalstelsel verschillen. Op den duur zijn echter, zooals aan de tweede horizontale rij van cijfers is te zien, die verschillen voor een groot deel verloren gegaan. Onder de hand was blijkbaar in de reacties, ook met de grovere kalkdeelen, de evenwichtstoestand genaderd.

Willen wij dus de oplosbaarheid van de fijne en grove phosphorzuurverbindingen in onze mergelgronden bestudeeren, dan moeten wij ook nagaan, hoeveel van die verbindingen in citroenzuur oplost bij kortere extractietijden dan 48 uur. Of wij kunnen ook zwakkere oplosmiddelen gebruiken.

Dit onderzoek hebben wij niet verricht. Maar wel hebben wij andere proeven genomen, waaruit omtrent de oplosbaarheid der fijne en grove phosphorzuurverbindingen — en zelfs omtrent hun beschikbaarheid, waar het ons meer om te doen is — een goede indruk is te verkrijgen.

In elk geval weten wij nu reeds, dat de fijne phosphorzuurverbindingen in de gronden zeer gemakkelijk oplosbaar zijn en zij bijgevolg niet alleen, dank zij haar fijne verdeeling, gemakkelijk bereikbaar zijn, maar ook door haar goede oplosbaarheid gemakkelijk opneembaar lijken.

Hierbij moet men goed in het oog blijven houden, dat de bereikbaarheid van de plantenvoedingsstof goeddeels onafhankelijk is van haar oplosbaarheid. Eerst als het om de opneembaarheid der plantenvoedingsstof gaat, speelt bij het phosphorzuur ook de oplosbaarheid een hoofdrol.

In de grafiek bij pagina 84 zijn van de drie phosphorzuurrijke mergelgronden, behalve de gehalten van de opeenvolgende fracties aan in zoutzuur oplosbaar phosphorzuur, ook die aan in citroenzuur

oplosbaar phosphorzuur grafisch voorgesteld. De desbetreffende „phosphorzuur-lijnen” loopen bij elk der drie mergelgronden van het punt bij fractie I—V naar het punt bij fractie X naar elkaar toe, hetgeen vooral bij de gronden van Glonggong en Perning duidelijk is te zien. Blijkbaar neemt de oplosbaarheid in citroenzuur van het phosphorzuur in de fracties relatief toe, naarmate de fracties der gronden armer zijn aan phosphorzuur en dus met eenzelfde hoeveelheid extractiemiddel minder phosphorzuur in aanraking is. Wat wij op pagina 87 in dit verband hebben betoogd, is hiermede experimenteel bevestigd.

In het onderlinge verloop van de twee lijnen zit bij elk der gronden een groote regelmatigheid, evenals in elk der lijnen op zichzelf. Een dergelijke regelmatigheid is juist wat wij moeten zien bij het voorkomen in de fracties der gronden van ongeveer dezelfde phosphorzuurverbindingen. Hieromtrent lijkt dan ook bijna geen twijfel meer mogelijk.

Beschikbaarheid en opneembaarheid. Om met het weinige beschikbare materiaal voor onderzoek de beschikbaarheid en verder — zoo mogelijk — de opneembaarheid van de fijne en grove phosphorzuurverbindingen in de mergelgronden eenigszins na te gaan, waren wij aangewezen op proeven met kiemplantjes, zooals die door NEUBAUER en SCHNEIDER ⁽¹⁾ zijn beschreven.

Deze onderzoekers maken gebruik van de luxe-consumptie van jonge kiemplantjes (rogge), om te trachten met een groot aantal van deze plantjes (circa 100 stuks) aan een kleine hoeveelheid grond (100 gram) in een korten tijd (18 dagen) de beschikbare plantenvoedingsstoffen te onttrekken. „Der Zweck unserer Versuche” — zoo schrijven zij — „sollte ja die Gewinnung einer Vorstellung über die Menge der nutzbaren „wurzellöslichen” Bodennährstoffe sein”. Later geven zij bovendien grenswaarden voor de hoeveelheid „wurzellöslichen” plantenvoedingsstoffen op (4—8 m.gr. P_2O_5 per 100 gram grond) aan de hand waarvan zou kunnen worden nagegaan, of in een grond fosphaatgebrek is te verwachten, ja dan neen. Blijkbaar meenen NEUBAUER en SCHNEIDER, dat in hun proeven ongeveer alle „wurzellöslichen”—dus beschikbare phosphorzuurverbindingen aan den grond worden onttrokken ⁽²⁾.

(1) H. NEUBAUER und W. SCHNEIDER: Die Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoffgehaltes der Böden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung. 1923. Teil A. p. 320—369.

(2) Zie ook Dr. K. MAIWALD en Dr. E. UNGERER: Agrikulturchemische Übungen. I Teil. Dresden und Leipzig. 1926. p. 85.

Dit is nu niet waar. Wij namen een proef met 10 gram en 100 gram grond, welke overigens geheel volgens voorschrift werd behandeld met rogge als proefplant. Na 18 dagen was door de bijna 100 kiemplantjes uit den grond opgenomen:

100 gram grond: 5.3 m.gr. P_2O_5
 10 gram grond: 2.7 m.gr. P_2O_5

De proef werd aangezet met den grond van de s.f. Poppoh No. 12648. Waren in de proef uit de 10 gram grond alle „wurzelslöslichen” phosphaten opgenomen, dan zou, indien hetzelfde met de 100 gram grond was gebeurd, daaraan moeten zijn onttrokken 10 maal zooveel of 27 m.gr. P_2O_5 . Maar bij onze proef bleek uit die 100 gram grond alleen 2 maal zooveel phosphorzuur door de plantjes te zijn opgenomen, vergeleken bij de proef met 10 gram grond. Het lijkt er dus niet op, dat in alle gevallen in proeven volgens NEUBAUER en SCHNEIDER na 18 dagen door de kiemplantjes al het beschikbare phosphorzuur uit 100 gram grond zal zijn opgenomen. Er zullen natuurlijk wel gevallen kunnen zijn, waarbij dit gebeurt. Maar dit is dan juist voor de methode geen gunstige omstandigheid. Men weet dan nooit, waar men in een bepaald geval aan toe is.

En — en dit willen wij nog even volledigheidshalve opmerken — zoolang o.a. dit bezwaar nog niet is opgeheven, is het werken met grenswaarden volgens NEUBAUER niet beter gemotiveerd dan — of zoo men wil, even ongemotiveerd als — met grenswaarden op grond van extracties van gronden met zuren. Ook hierbij weten wij nooit, welk gedeelte van het beschikbare phosphorzuur — of wat nog daarbij — wij aan den grond onttrekken. Het zwakste punt der grenswaarden is, dat erbij alleen rekening wordt gehouden met de hoeveelheid beschikbare plantenvoedingsstoffen. Maar om opneembaar te zijn, moeten die plantenvoedingsstoffen behalve „beschikbaar” ook „bereikbaar” zijn. En ook in de proeven van NEUBAUER en SCHNEIDER hebben de onderzoekers dezen factor trachten te elimineeren. Zij willen in den grond immers bepalen zooveel mogelijk alle beschikbare plantenvoedingsstoffen. Daarom nemen zij ook weinig grond en daarop zooveel mogelijk planten.

Dit neemt natuurlijk niet weg, dat wij de proeven van NEUBAUER en SCHNEIDER in bepaalde gevallen goed kunnen gebruiken.

Een dier gevallen is ons geval. **Wat wij willen weten is, of inderdaad het „fijne phosphorzuur” in een grond beter beschikbaar is dan het „grove phosphorzuur” van dezelfde samenstelling.** Daarvoor geven wij aan de kiemplanten „grof” en „fijn phosphorzuur” in een bekende hoeveelheid en bepalen dan, hoeveel van

dat phosphorzuur door die kiemplanten wordt opgenomen. De factoren physische eigenschappen van den grond en verspreiding van het phosphorzuur, die de bereikbaarheid van de plantenvoedingsstof bepalen, konden in de proef gelukkig niet storend werken. In gevallen, waar dit wél plaats heeft, is de proef vooralsnog onbruikbaar en wel, zoolang zij niet zóó is verbeterd --- bijvoorbeeld door vermindering van de hoeveelheid grond daarbij --- dat ermede werkelijk altijd al het beschikbare phosphorzuur aan een grond kan worden onttrokken. Of men moet de zekerheid hebben, dat dit in een bepaald geval gebeurt.

Op voorstel van Professor ABERSON hebben wij de fracties van één onzer phosphorzuurrijke mergelgronden --- namelijk van dien van de s.f. Poppoh - No. 12648 --- aan een onderzoek volgens NEUBAUER en SCHNEIDER onderworpen. Wij namen hiervoor van elke fractie 10 gram --- behalve van het „zand” (2 - 0.05 m.m.), waar van slechts 7.79 gram stof voorradig was. De proeven werden genomen nauwkeurig volgens het voorschrift van NEUBAUER en SCHNEIDER. De grond werd zorgvuldig gemengd met 5 gram --- het „zand” met 3.90 gram --- goed gezuiverd en geslibd glaszand en daarna op den bodem van de gebruikelijke glazen schalen dun uitgespreid. Vervolgens werd op het laagje grond voorzichtig een laag van 285 gram --- bij het „zand” 288.30 gram --- glaszand gebracht, hierop 100 goed uitgezochte, zware roggezaden, van bekend gewicht en ontsmet met germisan, gelijkmatig verdeeld en over die zaden nog weer 100 gram glaszand gelijkmatig uitgestrooid. Dan werd aan elke pot 80 gram water gegeven en het verdampte water elken dag aangevuld. De potten bleven 18 dagen in de kas in Wageningen staan. In de laatste 8 dagen kregen zij dagelijks elk 20 c.c. van een 3 ‰ oplossing van kaliumnitraat, welke hoeveelheid in mindering werd gesteld van de hoeveelheid water, voor aanvulling nodig. Na 18 dagen werden de plantjes geoogst, waarbij de wortels zorgvuldig van grond en zand werden bevrijd. Na droging van de plantjes in hun geheel, werden zij op de gebruikelijke wijze verascht. De asch werd in wat sterk zoutzuur en warm water opgenomen en op een waterbad drooggedampt, welke bewerking driemaal werd herhaald om het kiezelzuur onoplosbaar te krijgen. Vervolgens werd de droogrest in zoutzuur opgenomen en de oplossing door dicht filtreerpapier gefiltreerd. Wat niet in oplossing was gegaan, werd op het filter goed met warm water uitgewasschen en daarna werd het filtraat van tenslotte bijna 100 c.c. aangevuld tot precies 100 c.c. Na goed omschudden werd hiervan 10 of 20 c.c. afgepipetteerd en in deze hoeveelheid volgens VON LORENZ het phosphorzuur bepaald. De uitkomsten van de proef zijn:

Fractie-nummer	Aantal plantjes per pot geoogst:	Gewicht van het zaad in grammen:	m.g. P_2O_5 — opgenomen uit 10 gram fractie (7.79 gr. „zand”):
I—V	99	4.474	2.0
VI	96	4.435	1.6
VII	93	4.433	2.4
VIII	95	4.391	1.6
IX	94	4.391	3.3
X	92	4.283	3.5
Fijnaarde 10 gram	97	4.254	2.7
„ 100 gram	95	4.769	5.3
			Totaal mg. P_2O_5 in de planten:
Blanco	92	4.771	35.62
Blanco	84	4.510	33.86
Blanco	90	3.977	29.80

De proef is onder zeer gunstige omstandigheden verlopen, dank zij de goede kieming van het zaad en het bijzonder zonnige en warme weer tijdens de proef tusschen 6 en 24 September 1926. Ook is er goed zwaar zaad voor de proef gebruikt, hetgeen volgens NEUBAUER een snellen groei der kiemplantjes bevordert en de proef ten goede komt. Zooals gezegd, werd het zaad zeer zorgvuldig uitgekozen en dit is ons een belangrijk punt gebleken (*).

Uit de uitkomsten van de proef blijkt, dat aan de fracties IX en X meer phosphorzuur is onttrokken dan aan de grovere fracties. In de hoeveelheden phosphorzuur, uit deze grovere fracties opgenomen, is — op zich zelf — echter weinig regelmaat te zien. Dit staat in verband hiermede, dat in de eene fractie veel meer gemakkelijk oplosbaar phosphorzuur aanwezig was dan in de andere fractie. En wat wij nu willen weten is, welk gedeelte van het gemakkelijk oplosbare phosphorzuur in de verschillende fracties van den grond in de proef door de planten is opgenomen. Onder gemakkelijk oplosbaar phosphorzuur verstaan wij hier niet alleen het in 48 uur in citroenzuur oplosbare phosphorzuur, maar ook het in zoutzuur oplosbare phosphorzuur. Zooals wij hebben gezien, kan immers worden aan-

(*) Terwille van de objectiviteit van het onderzoek hebben wij de zwaardere honderdtallen zaad met opzet uitgezaaid in de schalen met „grof phosphorzuur” om meer zekerheid te hebben, dat de proef voor dit phosphorzuur niet onder ongunstiger omstandigheden zou verlopen dan voor het „fijne phosphorzuur”. Om dezelfde reden is voor de proef met 100 gram grond zwaardere zaad gebruikt, dan voor de proef met 10 gram grond. Overigens is het zaad van één partij afkomstig en dus op dezelfde wijze behandeld.

genomen, dat dit phosphorzuur geheel in citroenzuur kan worden opgelost, als er maar voor wordt gezorgd, dat geen evenwichten het oplossen ervan tegenhouden (*).

En bekijken wij nu de cijfers hierboven bij die voor de hoeveelheid aan in zoutzuur en citroenzuur oplosbaar phosphorzuur in de fracties, dan zien wij meer regelmatigheid.

De drie groepen van cijfers zijn in de volgende tabel bij elkaar bracht:

Fractie-nummer	A. m.g. Phosphorzuur, aanwezig in 10 gram fractie en oplosbaar bij één extractie in:		B. m.g. Phosphorzuur, opgenomen uit 10 gram fractie bij proeven volgens NEUBAUER en SCHNEIDER.	Verhouding A./B.	
	A ₁ . 25% zoutz.	A ₂ . 2% citroenz.		A ₁ . /B.	A ₂ . /B.
I—V*	11.0	6.5	2.0	5.5	3.3
VI	9.6	4.8	1.6	6.0	3.0
VII	6.4	3.4	2.4	2.7	1.4
VIII	4.7	2.4	1.6	2.9	1.5
IX	3.5	1.5	3.3	1.1	0.4
X	2.5	1.0	3.5	0.7	0.3
		1% citroenz.			
Fijnaarde 10 gr.	4.8	2.5 1.7	2.7	1.8	0.9
„ 100 gr.	48.0	25.0 17.0	5.3	9.1	4.7

) De cijfers hierbij behorende hebben betrekking op 7.79 gram grond.

Aan fractie X was in de proef zelfs meer dan het in 24 uur in koud 25 % zoutzuur oplosbare phosphorzuur onttrokken. De kiemplantjes bleken in staat, uit deze fractie ruim drie maal zooveel phosphorzuur op te nemen als daarvan in 48 uur in 2 % citroenzuur kan oplossen. In dit geval bleek dus al het phosphorzuur, bij één extractie oplosbaar in 25% zoutzuur — en nog meer dan dat —, beschikbaar, dank zij de goede oplosbaarheid van de phosphorzuurverbindingen en tevens haar fijnen toestand. Zijn die verbindingen in minder fijnen toestand in de fracties aanwezig, dan zijn zij ook minder goed beschikbaar. Dit is te zien aan het spoedig grooter worden der verhouding A. B., als de phosphorzuurverbindingen grover zijn. Aan een moeilijker bereikbaarheid van deze verbindingen kan de in verhouding kleinere opname niet worden toegeschreven. Integendeel is in de grovere fracties meer phosphorzuur aanwezig en dan

(*) Bij al onze becijferingen van het rendement van het phosphorzuur in de gronden onder veld-omstandigheden, zijn wij uitgegaan van de hoeveelheid phosphorzuurverbindingen, welke in de eerste 48 uur in 2 % citroenzuur oplosbaar zijn. Deze verbindingen kunnen wij in het algemeen als gemakkelijker oplosbaar beschouwen dan die, welke bij verdere extracties met citroenzuur uit de gronden zijn op te lossen.

Maar bij die berekeningen hebben wij ons ook laten leiden door de overweging om bij ons onderzoek — waar het betreft nevenzaken — voorloopig zooveel mogelijk bij de oude opvattingen te blijven.

goed door die fracties gemengd. En ook zijn de phosphorzuurverbindingen in de grovere fracties van ongeveer dezelfde samenstelling als in de fijnere fracties, zoodat haar oplosbaarheid ten slotte dezelfde is. Maar door haar groveren toestand gaan de grovere phosphorzuurverbindingen niet zoo gemakkelijk in oplossing als de fijnere phosphorzuurverbindingen — ook al doordat de aanraking van de wortels met de fosphaatdeelen kleiner is. En blijkbaar is dus alleen de grove toestand de oorzaak, dat van de grovere phosphorzuurverbindingen relatief veel minder door de planten werd opgenomen dan van de fijnere phosphorzuurverbindingen.

Aan fractie IX is ook nog meer dan tweemaal zooveel door de planten onttrokken als in 48 uur in citroenzuur oplosbaar is. Maar hier bleek in 18 dagen toch reeds niet meer dan het in 24 uur in zoutzuur oplosbare phosphorzuur te kunnen worden opgenomen. Onze verklaring van het verschil met fractie X is, dat in fractie IX een klein deel van het phosphorzuur in den vorm van grovere korrels is vastgelegd. Dit zou dan in overeenstemming zijn met hetgeen wij reeds eerder zeiden over het phosphorzuur in fractie IX — vooral bij de phosphorzuurrijke mergelgronden. Overigens bleek het phosphorzuur in fractie IX zeer goed beschikbaar.

In de overige fracties was dit veel minder. Hierbij bleek zelfs het in 48 uur in 2 % citroenzuur oplosbare phosphorzuur niet geheel te zijn onttrokken. En toch hadden de planten nog veel meer van de plantenvoedingsstof kunnen gebruiken dan zij hebben opgenomen, als er maar voldoende van beschikbaar was. Dit zien wij het duidelijkst aan de proef met 100 gram grond, waarbij door dezelfde hoeveelheid planten nog 100 %—200 % meer phosphorzuur was opgenomen dan bij de proeven met de fracties. Aan een verzadiging der planten met phosphorzuur — bij circa 2.0 m.gr. P_2O_5 opgenomen phosphorzuur — kan het dus niet worden toegeschreven, dat van het grove phosphorzuur in de fracties slechts een betrekkelijk klein deel was opgenomen. Ook hier is de — vooral naar verhouding — geringere opname der phosphorzuurverbindingen alleen toe te schrijven aan het langzamer — dus moeilijker — oplossen van grove phosphorzuurverbindingen o.m. door het geringere aanrakingsoppervlak der plantenwortels met de fosphaatdeelen.

De trefkans van plantenwortel en fosphaatdeelen is, zooals gezegd, bij de grovere fracties van den grond van Poppoh zeker niet kleiner dan bij de fijnere fracties. Nog afgezien van de veel gunstiger structuur dier grovere fracties, die de toegankelijkheid van plantenvoedingsstoffen ten goede komt, is de „dichtheid” aan fosphaatdeelen in die fracties, gelet op het hooger gehalte der fracties aan phosphorzuur en op het voorkomen van de fosphaatkorrels in materiaal van ongeveer dezelfde korreldiameter, zelfs grooter

dan bij de fijnere fracties. En ook is — zooals wij eveneens al zeiden — in samenstelling tusschen de grove en fijne phosphorzuurverbindingen in de gronden geen onderscheid te zien, welke de oplosbaarheid zou kunnen beïnvloeden.

De proef raakt de kern van ons onderzoek: de afhankelijkheid van de opneembaarheid van phosphorzuurverbindingen in gronden van haar fijnheid. Ermede is bewezen de juistheid van onze opvattingen daaromtrent.

In de proef is de factor bereikbaarheid op den achtergrond gekomen. In den grond liggen de grove fosphaatdeelen verspreid en zijn zij gelocaliseerd. In de proef waren zij echter in de fracties geconcentreerd. Bijgevolg hebben wij ze dus in meer bereikbaren toestand onderzocht dan zij zich in den grond bevinden. Dat dit op de hoeveelheid opgenomen phosphorzuur in de proeven van grooten invloed kan zijn, is gemakkelijk te begrijpen, als wij eraan herinneren, dat b.v. de hoeveelheid phosphorzuur in fractiegroep I—V in den grond in 10 à 20 maal zooveel materiaal is verspreid en daardoor zeker moeilijker bereikbaar zal zijn.

Bij de proef met 10 gram grond hebben wij de phosphorzuurverbindingen in haar oorspronkelijke verspreiding gelaten. Maar ook in deze proef is de factor bereikbaarheid zooveel mogelijk geëlimineerd door de kleine hoeveelheid grond in verhouding tot het zeer groote aantal planten.

Die 10 gram grond bevat in zijn verschillende fracties de volgende hoeveelheden phosphorzuur, oplosbaar in 25 % zoutzuur:

Fractie-nummer	I—V	VI	VII	VIII	IX	X	Fijnaarde
m.g. P_2O_5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	4.8

Was van elk dezer hoeveelheden phosphorzuurverbindingen van verschillende fijnheid bij de proef met den grond een evengroot deel opgenomen als in de proeven met de afzonderlijke fracties, dan zou uit den grond moeten zijn opgenomen 2.9 m.gr. P_2O_5 . In werkelijkheid werd aan den grond onttrokken 2.7 m.gr. P_2O_5 . De cijfers zijn praktisch gelijk. Zou werkelijk uit die 10 gram grond en uit de proeven met 10 gram fractie alle beschikbaar phosphorzuur door de kiemplanten zijn opgenomen?

Zeker is dit niet het geval bij de proef met 100 gram grond. In deze hoeveelheid grond komt aan in zoutzuur oplosbaar „fijn phosphorzuur” voor 16 m.gr. P_2O_5 . Volgens de proeven met de fracties IX en X zouden de planten dan kunnen opnemen 19 m.gr.

P_2O_5 . Maar aan den grond werd slechts onttrokken 5.3 m.gr. P_2O_5 — d.i. rond 30 % van 16 m.gr. en 25 % van 19 m.gr. Aan „fijn phosphorzuur”, in citroenzuur oplosbaar, bevat de grond 7 m.gr. P_2O_5 . Hiervan werd dus opgenomen ongeveer 75 %. Dit rendement is nog veel hooger dan op het veld werd gevonden. Maar wij gebruikten hier ook een onvergelykelijk groot aantal planten op weinig grond. Later komen wij op een en ander nog even terug.

C. DE VERDEELING VAN HET PHOSPHORZUUR IN ANDERE GRONDEN.

De verdeeling van het phosphorzuur in de mergelgronden van Java is zoo geheel anders dan de meening omtrent de verdeeling van het phosphorzuur in gronden in het algemeen, dat het ons nuttig lijkt eens na te gaan, of wij bij mergelgronden misschien alleen met een uitzonderingsgeval te maken hebben.

De algemeene opvatting is, dat in gronden de fijnere deelen, als regel, phosphorzuurrijker zijn dan de grovere deelen ⁽¹⁾.

Men is tot deze opvatting gekomen o.a. door de onderzoeken van FAILYER, SMITH en WADE ⁽²⁾. Deze onderzoeken hebben betrekking op een groot aantal gronden van Noord-Amerika. Van deze gronden, gegroepeerd in drie klassen, waren de gemiddelde gehalten aan totaal-phosphorzuur van het „zand”, de „stof” en het „lutum”:

NOORD-AMERIKA.

Fractie-groepen en haar korrelgrootten.	Totaal-phosphorzuur in percenten van de fractie-groepen		
	Coastal plain	Glacial	Residual
Zand 2—0.05 m.m.	0.03	0.15	0.07
Stof 0.05—0.005 m.m. . . .	0.10	0.23	0.22
Lutum 0.005 m.m. en kleiner.	0.34	0.86	0.67

„As a general rule” — concludeerden genoemde onderzoekers — „the smaller particles of soils are richer in potassium, calcium, magnesium, and phosphorus than the larger particles.”

⁽¹⁾ Zie voor een overzicht: JAMES HENDRICK and WILLIAM G. OGG: Studies of a Scottish Drift soil. The Journal of Agricultural Science. London. Vol. VII. April 1916. p. 458—469.

⁽²⁾ FAILYER, SMITH and WADE: The mineral composition of soil particles. U.S.A. Bureau of soils. Bulletin 54. 1908.

In Engeland leverde een onderzoek van HALL en RUSSELL ⁽¹⁾ bij gronden van Zuid-Engeland en een onderzoek van HENDRICK en OGG ⁽²⁾ bij een grond uit Noord-Schotland van geheel anderen, namelijk glacialen oorsprong de volgende resultaten op:

GROOT-BRITTANNIË.

Benaming der fracties	Korrel diameter	Zuid-Engeland				Noord- Schotland
		Gault	Bargate	Brick- earth	Ge- middeld	Graibstone
Fijn grind	3—1 m.m. ...	—	—	—	0.06	0.07
Grof zand	1—0.2 m.m. ...	—	—	—	0.05	0.08
Fijn zand	0.2—0.04 m.m. ...	0.1	0.1	0.1	0.02	0.12
Stof	0.04—0.01 m.m. ...	0.1	0.1	0.1	0.03	0.21
Fijn stof	0.010—0.005 m.m. ...	0.1	0.1	0.1	0.1	0.29
	0.005—0.002 m.m. ...	0.4	0.5	0.3	0.4	
Klei	0.002 m.m. en kleiner	0.1	0.6	0.4	0.4(a)	0.36
					0.7(b)	

(a) = vruchtbaar. (b) = onvruchtbaar.

De resultaten dezer onderzoekingen komen met die van de Amerikaanse onderzoekers overeen. „In Craibstone soil” — schrijven HENDRICK en OGG — „the percentage of phosphoric acid in the fractions increases regularly as the size of the particles becomes less. This is in agreement with the results of most workers.”

En om nog gegevens te vermelden van gronden, welke die van Java dichterbij komen, geven wij hier ook van een negental gronden van HAWAÏ, door Mc. GEORGE ⁽³⁾ onderzocht, de gehalten der fracties aan totaal-phosphorzuur op.

HAWAÏ.

Benaming der fracties	Diam. in m.m.	a	b	c	d	e	f	g	h	i
Grof zand	1—0.2	—	0.95	0.61	0.61	0.38	0.38	0.56	1.19	0.88
Fijn zand	0.2—0.04	0.68	0.66	0.53	0.54	0.41	0.63	0.65	0.51	0.38
Stof	0.04—0.01	0.25	0.57	0.81	0.54	0.15	0.67	0.81	1.83	0.58
Fijn stof	0.01—0.002	1.76	1.53	2.22	1.02	2.08	1.58	1.74	4.45	1.64
Klei	0.002—kl.	0.39	0.47	1.70	0.84	0.91	1.32	1.65	4.47	1.24

(1) A. D. HALL and E. J. RUSSELL: Soil surveys and soil analyses. The Journal of Agricultural Science, London, Vol. IV, October 1911, p. 182—223 en meer speciaal p. 198—199.

(2) JAMES HENDRICK and WILLIAM G. OGG: Loc. cit. 1916, p. 461.

(3) W. M. T. McGEORGE: Composition of Hawaiian soil particles. Hawaii Agricultural Experiment Station, Bulletin, No. 42, 1917.

Ook op HAWAII waren de fijnere deelen der gronden veel rijker aan phosphorzuur dan de grovere deelen. Het meeste phosphorzuur bleek in de Hawaiiïgronden te zijn aangetroffen in de gronddeelen tusschen 0.01 (0.005)—0.002 m.m. diameter, overeenkomende ongeveer met onze fractie VIII. Dit was ook in Engeland wel eens gevonden. Maar aanstonds is er bij te vermelden, dat vóór het slibben de gronden volgens de Engelsche methode — welke ook op Hawaiiï werd toegepast — met verdund zoutzuur worden behandeld (10 gram grond plus 100 c.c. N/5 HCl, gedurende 1 uur) en bij die behandeling zeker phosphorzuur zal zijn opgelost, in het bijzonder uit de fijnste fracties van de gronden ⁽¹⁾. In Amerika worden de monsters, evenals in Buitenzorg, vóór het slibben met water, waaraan een weinig ammoniak is toegevoegd (10 druppels 10 % NH_4OH op 100 c.c. water), geschud. Misschien is het verschil in voorbereiding wel de eenige reden van de afwijkingen, welke de gronden van Hawaiiï en Engeland t.o.v. die van Amerika te zien geven. Overigens zijn de verschillen van ondergeschikt belang, omdat zij het algemeene beeld niet wijzigen.

Dit is, dat inderdaad tot nog toe was gebleken, dat in de fijnere deelen van een grond als regel meer phosphorzuur aanwezig is dan in de grovere deelen.

Bij de mergelgronden van Java is precies het omgekeerde waargenomen. Het phosphorzuurgehalte neemt in deze gronden n.l. van de grovere naar de fijnere deelen regelmatig en sterk af. In groote trekken vonden wij — zooals naderhand zal worden gepubliceerd — hetzelfde bij de laterietgronden van Java. Bij de aschgronden van de Kloet en Merapi — de voornaamste aschgronden van Java — neemt daarentegen weer met de fijnheid der gronddeeltjes het phosphorzuurgehalte van de deeltjes sterk toe. In elk geval is dan toch bij de twee belangrijkste stam-grondsoorten (*) van Java — laterietgronden en mergelgronden — de verdeling van het phosphorzuur juist tegenovergesteld aan hetgeen tot dusverre daaromtrent bij grondsoorten in andere streken — en soms behoorende tot hetzelfde type (Hawaiiï-laterietgrond) — is aangetroffen. **Op Java kunnen wij ons dus niet aan de opvatting houden, dat de fijnere deelen van een grond in het algemeen phosphorzuurrijker zijn dan de grovere deelen.** Er zijn op het eiland grondsoorten, waarbij dit wèl het geval is, doch er zijn er ook — en voorloopig schijnen deze er de overhand te hebben — waarbij de verdeling van het phosphorzuur andersom is.

1) JAMES HENDRICK and WILLIAM G. OGG: Loc. cit. 1916. p. 462—463.

*) Onder „stam-grondsoorten” verstaan wij grondsoorten, welke belangrijk tot de vorming van andere grondsoorten bijdragen.

In deze onregelmatigheid is nu juist een der zwakke kanten te zien van de gebruikelijke *fijnaarde-analysen*, bij welke analyses immers zonder meer geen rekening kan worden gehouden met de belangrijke factoren: verdeling en fijnheid van de plantenvoedingsstoffen, welke bij de verschillende grondsoorten wisselen. Ongetwijfeld is dit een van de redenen, waarom de *fijnaarde-analysen* tot dusverre weinig resultaten hebben opgeleverd, als het erom gaat, gronden van verschillend slag ermede te beoordeelen.

Natuurlijk is rekening te houden met het verschil, dat onze fractiesgewijze-analysen geen totaal-analysen zijn en die van Amerika, Engeland en Hawaï wel. Onze analyses hebben alleen betrekking op het in zoutzuur en in citroenzuur oplosbare deel van het phosphorzuur in de gronden. Maar — gelet op de mineraalreserve in de gronden — mag worden verwacht, dat eventueele totaal-analysen van de gronden van Java eerder onze resultaten zullen versterken dan verzwakken. En uit een landbouwkundig oogpunt is het toch zeker belangrijker, de zaak aan uitkomsten van zoutzure en citroenzure extracties van gronden te toetsen dan aan totaal-analysen, waarbij men in Europa en Amerika hoofdzakelijk is blijven staan.

D. DE HOEEVELHEDEN GROVERE EN FIJNERE PHOSPHORZUURVERBINDINGEN IN DE GRONDEN.

De vraag — waar het voor de practijk op aankomt — is, hoeveel goed werkzame, fijne phosphaatdeelen de mergelgronden bevatten. Zooals reeds gezegd, is dit alleen bij ruwe benadering te berekenen. Hiermede komen wij echter al een heel eind verder. Er is dus voldoende aanleiding om de vraag nader onder de oogen te zien.

Hebben wij in het voorgaande de fracties der mergelgronden en haar phosphorzuurgehalte min of meer afzonderlijk beschouwd — thans willen wij nagaan, hoe het phosphorzuur, in die gronden aanwezig, is verdeeld over die fracties. Dit kunnen wij doen door toepassing van de formule $A \cdot 100 \times B$, waarin A is de hoeveelheid fractie in percenten van den grond en B het gehalte van de fractie aan phosphorzuur (zie p. 77-78). In de volgende tabel hebben wij nu voor de zeven mergelgronden in percenten van de *fijnaarde* berekend de hoeveelheden phosphorzuur, in 25% zoutzuur oplosbaar en aanwezig in de zes fracties van elk dier gronden.

	I—V	VI	VII	VIII	IX	X	Fijnaarde	
							berekend	gebruikel. extractie
Jonge mergelgrond:								
Glonggong. No. 10396-10401	0.006	0.009	0.015	0.018	0.013	0.005	0.066	0.058
Oude mergelgronden:								
A. Batoeretna. No. 6804....	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.009	0.006
Gamping. No. 12461/.524..	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.016	0.010
Woerjantoro. No. 10556/.595	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.007	0.003
Groedo. No. 12853-.61-.69..	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.009	0.004
B. s.f. Poppoh. No. 12648 ..	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.007	0.048	0.039
s.f. Perning. No. 13321	0.005	0.006	0.007	0.008	0.008	0.005	0.039	0.031

In het voorgaande is aangenomen, dat wij als voor de plant voldoende bereikbaar zouden beschouwen: **a.** bij de phosphorzuurrijke mergelgronden het phosphorzuur in de gronddeeltjes kleiner dan 2μ — **b.** bij de phosphorzuurarme Oude mergelgronden, daarbij nog het phosphorzuur in de gronddeeltjes van $5-2\mu$ diameter. Volgens dezen maatstaf zouden dan de onderzochte mergelgronden bevatten de in de tabel hieronder vermelde hoeveelheden gemakkelijk bereikbaar phosphorzuur.

	Phosphorzuur in percenten van de fijnaarde, aanwezig in fractie			
	IX—X	VIII—X	IX—X	VIII—X
Jonge mergelgrond:				
Glonggong. No. 10396-10401 ..	0.018		0.010	
Oude mergelgronden:				
A. Batoeretna. No. 6804		0.003		n.b.
Gamping. No. 12461/.524		0.008		n.b.
Woerjantoro. No. 10556/.595 ..		0.003		n.b.
Groedo. No. 12853-61-69		0.005		n.b.
B. s.f. Poppoh. No. 12648.....	0.016		0.007	
s.f. Perning. No. 13321	0.013		0.006	
Oplosbaar in:	25% zoutzuur.		2% citroenzuur.	

Het belangrijkste van de cijfers is, dat daaruit blijkt, dat de phosphorzuurrijke mergelgronden van Glonggong, Poppoh en Perning aan fijne phosphorzuurverbindingen arm zijn — tenminste, vergeleken met de grenswaarden van MARR—GEERTS. Hierbij dient

dan nog te worden in aanmerking genomen, dat de opgegeven cijfers met betrekking tot de zoutzuur-extracten der gronden volgens DEN BERGER zeker iets hooger zullen zijn dan zij bij een extractie der fracties langs den gewonen weg zouden zijn uitgevallen, waarmede de armoede der gronden aan hun „voorraad” phosphorzuur in fijnen toestand nog scherper aan den dag komt. De be- teekenis van een en ander zal, om een goed overzicht van de zaak te krijgen, hieronder grondsoortsgewijze worden besproken, waarbij wij zullen beginnen met de gronden van:

Poppoh en Perning. Bij deze gronden zijn zoowel de cijfers voor de hoeveelheden in zoutzuur oplosbare fijne phosphorzuurverbin- dingen als die voor de hoeveelheden in citroenzuur oplosbare fijne phosphorzuurverbindingen lager dan de grenswaarden van MARR - GEERTS. Aan in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur bevatten de gronden in hun fracties de volgende hoeveelheden, uitgedrukt in percenten van de fijnaarden:

	I—V	VI	VII	VIII	IX	X	Fijnaarde berekend
s.f. Poppoh. No. 12648	0.005	0.004	0.005	0.004	0.004	0.003	0.025
s.f. Perning. No. 13321	0.002	0.003	0.004	0.005	0.004	0.002	0.019

Opmerkelijk zijn de lagere cijfers voor fractie X van de gronden, hetgeen ook is te zien in een voorgaande tabel voor de hoeveelheden in zoutzuur oplosbaar phosphorzuur, die de gronden in de fracties bevatten. Terwijl dus de gronden reeds arm zijn aan fijne phosphor- zuurverbindingen, is van deze verbindingen bovendien nog een goed deel in den grond in niet zeer fijnen toestand aanwezig.

Om de verdeeling van de plantenvoedingsstof in de gronden nader na te gaan, hebben wij nog bepaald, hoeveel percent van de in die gronden voorhanden totale hoeveelheid in zoutzuur en citroenzuur oplosbaar phosphorzuur in hun deeltjes kleiner dan 2 μ voorkomt.

	Hoeveelheden fijne phosphorzuurverbi ndingen in percenten van de totale hoeveelheid phos- phorzuur in de fijnaarde:	
	25% zoutzuur	2% citroenzuur
s.f. Poppoh. No. 12648	31 %	28 %
s.f. Perning. No. 13321.....	33 %	30 %

Uit de cijfers volgt, dat het grootste deel van de phosphorzuur- verbindingen — n.l. 70 % — in de gronden in groven toestand voorkomt.

Hun rijkdom aan phosphorzuur danken de gronden van Poppoh en Perning dus voornamelijk aan een groote hoeveelheid grove phosphorzuurverbindingen — daarnaast bevatten de gronden slechts weinig fijne fosphaatdeeltjes.

Dit is van ons fractie-onderzoek een zeer belangrijk resultaat, dat vrij zeker geldt voor alle gronden van de Sidhoardjovallei met dezelfde eigenschappen als de gronden van Poppoh en Perning. Het geeft n.l. een oplossing aan de hand van het vraagstuk der phosphorzuurbehoefte van de fosphaatrijke mergelgronden van het landbouwkundig zeer belangrijke gebied — eene oplossing, welke bovendien ook algemeener betekenens zal blijken te hebben.

Bij de gronden van Poppoh en Perning kan een dergelijke ongunstige verdeling van het phosphorzuur niet anders dan een laag rendement van deze plantenvoedingsstof ten gevolge hebben. Door de concentratie van het phosphorzuur in de grove deelen, welke hier en daar in de gronden voorkomen, zal n.l. de trefkans van plant wortels en fosphaatdeelen klein zijn. En komen wortels toevallig met de grovere fosphaatdeelen in aanraking, dan nog kunnen ze daarvan maar weinig opnemen door de geringe aanraking als gevolg van het kleine specifiek oppervlak dier deeltjes. Zeker is dit een der oorzaken van het lage rendementscijfer van de plantenvoedingsstof in de gronden, dat door ons — met inbegrip van de mogelijk oplossende werking van zware bemestingen van zwavelzure ammoniak — voor suikerriet op slechts rond 6 % werd berekend.

Uitsluitend op het fijne phosphorzuur in de gronden betrokken, zou ermede overeenstemmen een rendabiliteit van de fijne phosphorzuurverbindingen van rond 20 %, hetgeen een normaler cijfer lijkt, in aanmerking genomen: 1^o. de mogelijk gunstige invloed op het rendementscijfer van zware bemestingen met zwavelzure ammoniak — tot 8 pikol per bahoe — en 2^o. de gemakkelijke oplosbaarheid der phosphorzuurverbindingen in de gronden.

Schakelen wij den factor sub 1 uit, dan zal als regel een opname van 20 % van de fijne fosphaatdeeltjes door de plant in dergelijke gronden wel niet worden waargenomen. Een rendement van de op zich zelf slechts weinig in de bodemoplossing oplosbare plantenvoedingsstof van 20 % beteekent immers, dat niet minder dan één vijfde van de bouwvoor — hier gesteld op 40 c.M. — door de plant wortels zou zijn geëxploiteerd. In aanmerking genomen, dat de gronden uiterst zwaar zijn, lijkt ons een dergelijke intensieve bewerking van de bouwvoor alleen onder zeer bepaalde, buitengewoon gunstige omstandigheden mogelijk. Daarom volgen

(1) J. H. ABERSON: Loc. cit. 1922. p. 15.

wij gaarne ABERSON⁽¹⁾ met in een rendementscijfer van ongeveer 20 % voor de phosphorzuurverbindingen in de gronden een invloed te zien van de zwavelzure ammoniakbemesting. Deze bemesting zou de opneming van meer phosphorzuur in het circulerende bodemvocht bevorderen en daardoor de opneming van phosphorzuur door de plant minder afhankelijk maken van de mate van beworteling. Intusschen wordt blijkbaar aan de indirecte werking van de zwavelzure ammoniak door de practijk een grens gesteld. Meer dan gemiddelde oogsten --- door ons aangenomen op 1400 pikol riet per bahoe -- schijnen n.l. als regel op de phosphorzuurrijke mergelgronden van Sidhoardjo zonder een bemesting met phosphorzuur niet te worden gemaakt -- hoe hoog ook de bemesting met zwavelzure ammoniak wordt opgevoerd. Daarentegen geven op de gronden bemestingen met dubbel-superphosphaat naast zware bemestingen met zwavelzure ammoniak als regel nog duidelijk oogstvermeerderingen te zien⁽¹⁾.

Door die phosphorzuurbemestingen zal --- volgens VOELCKER⁽²⁾ -- de hoeveelheid „fijn phosphorzuur” in den grond grooter worden en hiermede de beschikbare hoeveelheid van de plantenvoedingsstof. En de planten zullen dan meer phosphorzuur kunnen opnemen, omdat er meer is. Maar ook zal door die bemestingen de „dichtheid” van den grond aan „fijn phosphorzuur” toenemen en hiermede de kans van opname van de plantenvoedingsstof, hetgeen het rendement ervan bevordert. Door die grootere „dichtheid” aan „fijn phosphorzuur” zou verder eventueel de oplossende werking van zwavelzure ammoniak -- of misschien beter van de omzettingsproducten hiervan (ABERSON) --- kunnen worden bevorderd.

Dat de oogsten op de phosphorzuurrijke Oude mergelgronden van Sidhoardjo zonder een phosphorzuurbemesting niet lager dan circa 1400 pikol riet en op de gronden van Poppoh en Perring veel beter zijn dan op de phosphorzuurarme Oude mergelgronden van Java, schrijven wij in de eerste plaats toe aan het feit, dat eerstgenoemde gronden aan fijne phosphorzuurverbindingen 2 tot 5 maal zoo rijk zijn als laatstgenoemde gronden. In de tweede plaats kan het verschil hieraan liggen, dat bij een zware bemesting van de gronden met zwavelzure ammoniak niet alleen de fijnere, doch ook de grovere, voor de plant moeilijker bereikbare phosphaatdeelen zullen worden gemobiliseerd --- zij het ook in minderen graad --- en wel des te eerder, naarmate er in de gronden meer van die grovere phosphorzuurverbindingen aanwezig zijn. En nu staan ook in dit opzicht de gronden van Poppoh en Perring met hun veel grootere hoeveel-

(1) J. KUYPER: Loc. cit. 1926. p. 62.

(2) A. VOELCKER: Loc. cit. 1880.

heden gemakkelijk oplosbare, grove phosphorzuurverbindingen er beter voor dan de phosphorzuurarme Oude mergelgronden — nog afgezien van de grootere hoeveelheid „fijn phosphorzuur” in eerstgenoemde gronden, waardoor evenzeer meer phosphorzuur door de bemesting met zwavelzure ammoniak zou kunnen worden opgelost. Misschien zijn — afgezien van andere locale factoren — hoofdzakelijk wel aan deze omstandigheden te danken de bijzonder goede resultaten van stijgende giften zwavelzure ammoniak op de phosphorzuurrijke Oude mergelgronden van Sidhoardjo.

In verband hiermede rijst dan ten slotte de vraag, of het niet mogelijk is, bij voldoende bemesting der gronden met phosphorzuur de gift zwavelzure ammoniak, welke voor suikerriet op de gronden meermalen tot 8 pikol is opgevoerd, te verminderen. Proeven in deze richting lijken, zoowel voor de practijk van de suikerindustrie — welke zich thans toch scherp richt op kostprijsverlaging —, als uit een meer theoretisch oogpunt (theorie van ABERSON) belangwekkend genoeg om ze in de aandacht van het Suikerproefstation te Pasoeroen aan te bevelen.

Het vraagstuk heeft ook nog een andere zijde, namelijk het belang van den verhuurder, in casu: van den Inlandschen boer. Als eens mocht blijken, dat in dergelijke gevallen als op Poppoh en Perning met zware bemestingen zwavelzure ammoniak roofbouw wordt gepleegd ten aanzien van het phosphorzuur in den grond, dan zal het die boer zijn, die de onmiddellijke gevolgen daarvan zal onder vinden. Hij kan namelijk met zijn landbouw geen twee à drie jaar wachten tot het phosphorzuurkapitaal in den grond eventueel aangevuld is door bevoeiing en hem zouden ook de middelen ontbreken om het overblijvende, moeilijker opneembare phosphorzuur in den grond gemakkelijker voor zijn planten toegankelijk te maken, b.v. door zware bemestingen met zwavelzure ammoniak toe te passen. Terwijl het in dit geval dan nog de vraag is of zijn cultuurgewassen dergelijke middelen zouden verdragen.

Men make niet de opmerking, dat het rendement van het „fijne phosphorzuur” in de gronden van Poppoh en Perning toch nog niet zóó hoog is, als hier wordt voorgesteld. Immers wordt in de proeven volgens NEUBAUER en SCHNEIDER veel meer phosphorzuur aan den grond onttrokken. Maar niet vergeten mag worden, dat in deze proeven alles erop is gericht al het beschikbare phosphorzuur uit den grond te halen en daardoor de factor bereikbaarheid zooveel mogelijk is uitgeschakeld. Daarom namen wij in die proeven ook 90 à 100 planten op 10 gram en 100 gram grond. Op het veld staan bij een plantverband van 4 op 4 voet en 2 voet in de rij in een bouwvoor van 3.000.000 K.G. grond 100 rietplanten of 500 stokken in

30000 K.G. grond. En nu hebben wij in het eene geval wel alleen te maken met kiemplantjes en in het andere geval met eenorsch gewas, dat zeer veel meer wortels zal maken, maar de cijfers zijn ook alleèn gegeven, om zich eenige voorstelling te kunnen maken van het belangrijkste verschil in omstandigheden bij de proeven van NEUBAUER en SCHNEIDER en bij den aanplant op het veld.

Proeven volgens NEUBAUER en SCHNEIDER zijn dan ook heel wat anders dan veld- of potproeven in miniatuur en in een sneller tempo. Trouwens is dit — naar wij meenen — door de beide onderzoekers wèl begrepen.

Wij stappen nu voorloopig van de gronden van Poppoh en Perning af, om over te gaan tot een bespreking van den grond van

Glonggong. Ten aanzien van de verdeeling van het phosphorzuur in den grond zou de grond van Glonggong zonder bezwaar met de gronden van Poppoh en Perning onder één hoofd kunnen worden besproken. Op dat punt komen n.l. de drie gronden in hoofdzaak met elkaar overeen, zooals wij straks zullen laten zien. Er dient echter bij de beoordeeling van de phosphorzuurvoorziening der gronden ook op een belangrijk verschil te worden gelet. In den grond van Glonggong komen n.l. — en dit is bij de andere mergelgronden niet het geval — fijne deelen koolzure kalk voor, welke — hoewel niet in een groote hoeveelheid aanwezig — de opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond toch ongunstig zouden kunnen beïnvloeden. Voornamelijk om dit onderscheid — mede in verband met de algemeener beteekenis van het onderwerp — te kunnen doen uitkomen, is besloten, den grond van Glonggong afzonderlijk te behandelen.

De invloed van CaCO_3 op de opneembaarheid van phosphorzuur. De rol van de koolzure kalk bij de phosphorzuurvoorziening van een gewas is o.m. afhankelijk van:

- a. de hoeveelheid fijne koolzure kalk in den grond,
- b. de onderlinge verspreiding van de fijne koolzure kalk en phosphorzuurverbindingen in den grond.

Zonder in fijnen toestand te zijn is koolzure kalk moeilijk oplosbaar en kan zij in een grond niet goed werkzaam zijn. Wij zullen dus hoofdzakelijk moeten letten op de hoeveelheid fijne kalkdeelen in den grond. Is die hoeveelheid grooter dan zullen — onder overigens dezelfde omstandigheden — in het algemeen ook meer Ca-ionen in het water in den grond voorkomen en de oplosbaarheid en daar-

mede de beschikbaarheid van het phosphorzuur in den grond verminderen.

Maar er is nog een factor, waarop gelet moet worden en die is de onderlinge verspreiding van koolzure kalk en phosphaten in een grond. Zijn de beide bestanddeelen in een grond onafhankelijk van elkaar verdeeld, dan zal op de eene plek, waar toevallig phosphaat en koolzure kalk bij elkaar voorkomen, de oplosbaarheid van het phosphaat wél door de aanwezigheid van koolzure kalk worden beïnvloed. Maar op een andere plek, waar in de nabijheid van het phosphaat geen koolzure kalk ligt, zal die invloed veel kleiner zijn. Dit zal vooral gelden voor zware kleigronden, waarin de circulatie van het water in den grond langzaam is en processen, welke zich daarin afspelen, meer gelocaliseerd zullen blijven. Van deze processen zijn bij de opname van plantenvoedingsstoffen hoofdzakelijk die van belang, welke zich afspelen in de omgeving der plantenwortels onder invloed van het koolzuur, door die plantenwortels afgescheiden. Is nu op de plekken, waar zich de plantenwortels bevinden, overal behalve phosphaat ook koolzure kalk aanwezig, dan zullen in de onmiddellijke omgeving dier wortels nergens veel phosphorzuur-ionen in oplossing kunnen zijn, daar in de oplossing veel calcium-ionen voorkomen. Maar zijn er ook plekken, waar in de nabijheid van de plantenwortels alleen phosphaat en geen koolzure kalk voorkomt, dan zullen op die plekken veel phosphorzuur-ionen in oplossing kunnen blijven bestaan en door de plant kunnen worden opgenomen.

Daarom wordt met de onderlinge verdeling van koolzure kalk en phosphaat in de bemestingsleer rekening gehouden. Maar bij het grondonderzoek wordt ook deze factor meestal buiten beschouwing gelaten.

DE FIJNHEID VAN Wat nu de hoeveelheid fijne koolzure kalk in
DE KOOLZURE KALK. den grond van Glonggong betreft: deze is niet
meer dan 1% van de fijnaarde. Bij het extraheeren van gronden worden dergelijke kleine hoeveelheden koolzure kalk meestal over het hoofd gezien, omdat met en zonder extra-toevoeging van zuur de extracties dan ongeveer dezelfde uitkomsten geven. Op de opneembaarheid van phosphorzuurverbindingen, als die in onze mergelgronden — ongeveer $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ — is echter meer dan eens van kleine hoeveelheden koolzure kalk een ongunstige invloed opgemerkt. Ik behoef hiervoor slechts te wijzen op de proeven van LIECHTI en TRUNINGER⁽¹⁾, welke bij toevoeging van 0.15—0.30% CaCO_3 aan een grond met 0.09 % CaCO_3 een zeer sterke verminde-

(1) Dr. P. LIECHTI und Dr. E. TRUNINGER: Loc. cit. 1918. p. 581.

ring van de werking van beendermeel — $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ — te zien gaven, als er maar voor werd gezorgd, dat de koolzure kalk in voldoende fijnen toestand werd gegeven: b.v. als gepraecipiteerde koolzure kalk (volgens HAGER en KERN: gemiddeld 0.005 m.m. diameter ⁽¹⁾) en gepulveriseerde zachte Jura-kalk van kleiner dan 0.11 m.m. diameter. In een dier proeven waren de opbrengsten van haver, opgegeven in grammen korrel plus stroo:

	zonder kalk	2000 K.G. CaO per H.A. als CaCO_3 met een diameter in m.m. van		
		kleiner dan 0.11	1 -- 2	groter dan 2
Zonder phosphorzuur..	21.3	21.2	20.8	20.8
Ontlijmd beendermeel ± 100 K.G. P_2O_5 p. H.A.	115.9	31.8	88.8	116.2

Zonder kalk vertoonde beendermeel op den grond een zeer sterke werking, waarvan na toevoeging van 2000 K.G. fijne mergel — 0.15 % van den grond — weinig meer was overgebleven. Veel zwakker was de nadeelige invloed van grove deelen koolzure kalk, hoewel men zich moet verwonderen, dat zelfs nog bij een korrelgrootte van 1—2 m.m. die invloed van de mergel duidelijk merkbaar was. Aan fijnere deelen, welke aan de grove mergelkorrels zouden kunnen kleven, kan de werking niet worden toegeschreven, omdat door slibben van de grove mergel ervoor was gezorgd, een dergelijke vermenging buiten spel te houden. Als oorzaken van de goede werking van grove mergel in de proeven zijn dan ook te noemen aan den eenen kant een blijkbaar behoorlijke aardachtige — amorge — consistentie van de meststof, waardoor een goede oplosbaarheid kan bestaan en aan den anderen kant eigenschappen van den grond, welke een zeer goede oplossing van koolzure kalk mogelijk maken.

Bij den grond van Glonggong is nu alleen als fijn beschouwd de deelen koolzure kalk, kleiner dan 0.002 m.m., zoodat die deelen in fijnheid niet achter behoeven te staan bij de fijne kalk, welke in de proeven van LIECHTI en TRUNINGER was gebruikt en welke als Jurakalk een diameter zou hebben van kleiner dan 0.1 m.m. en als gepraecipiteerde koolzure kalk van 0.005 m.m. (HAGER en KERN). Er is echter ermede rekening te houden, dat de koolzure kalk in den grond van Glonggong niet fijner is dan 0.0005 m.m., welke grens bij de fijne koolzure kalk in genoemde proeven naar beneden zou kunnen zijn overschreden. Verder hebben wij gewezen op de

(1) G. HAGER und J. KERN: Loc. cit. p. 332 onder 7.

mogelijk kristallijne natuur van de fijne koolzure kalk in den grond van Glonggong, welke de werkzaamheid ervan ongunstig zou kunnen beïnvloeden — terwijl voor de koolzure kalk in de proeven van LIECHTI en TRUNINGER daarentegen is aan te nemen, dat zij gedeels in amorfen toestand was toegediend. Tegenover de mogelijk minder goede eigenschappen van de fijne koolzure kalk in den grond van Glonggong is echter te stellen de betrekkelijk goede werking, welke van grove koolzure kalk — ondanks de ook in verband met de grofheid minder goede verspreiding ervan in den grond — bij de proeven was waargenomen, zoodat althans de fijnheid van de koolzure kalk in den grond van Glonggong zeker voldoende zou wezen om de opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond nadeelig te beïnvloeden.

DE PHYSISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DEN GROND. Er zijn echter nog andere factoren, welke de werkzaamheid van koolzure kalk in gronden bepalen en die met den toestand van de verbinding niets te maken hebben. Vooral belangrijk zijn de physische eigenschappen van den grond, welke bij den grond in de proeven van LIECHTI en TRUNINGER ⁽¹⁾ en bij den grond van Glonggong hemelsbreed verschillen. Is n.l. eerstgenoemde grond een zandhoudende leemgrond met 45 % „zand” van grooter dan 0.1 m.m. diameter en 25 % „Abschlämbares” van kleiner dan 0.015 m.m. korrelgrootte — de grond van Glonggong is daarentegen een zeer zware kleigrond met slechts rond 5 % „zand” van grooter dan 0.05 m.m. diameter en met meer dan 65 % „lutum” van kleiner dan 0.005 m.m. korrelgrootte. Bij dergelijke verschillen kan koolzure kalk — evenals moeilijk oplosbare phosphaten — op den lichter grond een zeer goede werking te zien geven, terwijl er op den zeer zwaren grond meestal weinig van zal zijn op te merken. Ook de oudere proeven over den invloed van een kalkbemesting op de opneembaarheid van phosphorzuur zijn genomen op lichtere gronden, zooals de proeven van KELLNER en BÖTTCHER op een humeuze, zandhoudende leemgrond ⁽²⁾ en de onderzoekingen van PRJANISCHNIKOW — als gebruikelijk — op kwartszand ⁽³⁾. Aan de resultaten van de genomen proeven hebben wij in ons speciaal geval dan ook weinig —

(1) P. LIECHTI und Dr. E. TRUNINGER: Loc. cit. 1918. p. 574.

(2) KELLNER und BÖTTCHER: Untersuchungen über die Düngewirkung der Knochenmehlphosphorsäure. Deutsche landwirtschaftliche Presse. 1900. p. 665.

(3) N. PRJANISCHNIKOW: Über den Einfluss von Kohlensäurem Kalk auf die Wirkung von verschiedenen Phosphaten. Landwirtschaftliche Versuchsstationen. 1911. p. 357.

Die Düngerlehre. 1923. p. 258—260 e.a.

en wij zullen voor den grond van Glonggong moeten kijken naar proeven op zware kleigronden, al zijn deze ook niet in dien omvang genomen als op lichtere gronden (*).

Voor ons doel is vrijwel alleen van beteekenis de serie kalkbemestingsproeven, welke wij op Java op Oude mergelgronden hebben genomen --- en meer speciaal een proef, genomen bij Groedo in Noord-Madioen op de uiterst zware, fosphaatarme klei (No. 12853 ---.61---.69). (1)

De resultaten van de proef bij Groedo met rijst op een bevroede sawah waren:

	In pikols oogstdroge padi per bahoe			
	Onbemest	CaO	N.P.K.	CaO - N.P.K.
Opbrengt	32.7 ± 1.8	39.9 ± 2.4	45.2 ± 1.1	52.4 ± 2.8
Opbrengstvermeerdering	—	7.2 ± 3.0	12.5 ± 2.6	19.7 ± 3.4

In deze proef gaf padi --- bij 0.004% P_2O_5 oplosbaar in zoutzuur en 0.002% P_2O_5 oplosbaar in citroenzuur, in den grond nog een behoorlijke opbrengst van ruim 30 pikol, hetgeen alleen mogelijk is bij een hoog rendement van het phosphorzuur van 20-25%. Bij bemesting uitsluitend met 7000 K.G. CaO per H.A. --- 0.15% van een bouwvoor van 30 c.m. --- werd op den grond nog 7 pikol oogstdroge padi meer verkregen, zoodat ook bij die bemesting de opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond zeer goed moest zijn gebleven. Een bemesting met 15-16 K.G. P_2O_5 in den vorm van enkelsuperphosphaat gaf op den grond --- tezamen met zwavelzure ammoniak en kaliumsulfaat, welke op zich zelf echter, blijkens oudere proeven, slechts weinig werking vertoonen (2) --- 12 pikol oogstdroge padi meer --- welke oogstvermeerdering door een phosphorzuurbemesting bij toevoeging van 7000 K.G. ongebluschte kalk per H.A. bleef behouden. Ook met superphosphaat gaven de gekalkte vakken gemiddeld 7 pikol padi meer dan de ongecalcde vakken.

(*) Het verschil, waarop wij hier attendeeren, is, zooals zonder meer duidelijk is, mede van belang ten aanzien van de vraag, of bij extractie van gronden met koolzure kalk al dan niet extra-zuur is toe te voegen (zie p. 39-40). In elk geval zou, los van den physischen toestand van den grond, de vraag --- goed beschouwd --- zeker niet mogen worden behandeld. Daarbij alleen te kijken naar de hoeveelheden $CaCO_3$ in gronden, zooals gebruikelijk is, is zeker onvoldoende. Ook hierin ligt een sterk motief om in het algemeen vóór die extra-toevoeging van zuur te zijn en dus zooveel mogelijk de werking van $CaCO_3$ bij onze extracties op te heffen.

(1) Jaarboek van het Departement van Landbouw, Nijverheid en Handel in Nederlandsch Indië 1923 en 1924, verschenen in 1924 en 1925. Hoofdstuk II, onder 2: Laboratorium voor Bodemkundig onderzoek, p. 4 resp. p. 26-27 (overdrukken).

(2) Dr. C. VAN ROSSEM: Loc. cit. No. 10. 1921. p. 15.

Noch op de opneembaarheid van het oorspronkelijke phosphorzuur in den grond, noch op het nuttige effect eener superphosphaatbemesting werd dus op Groedo een nadeelige invloed van een zware kalkbemesting waargenomen, hetgeen in overeenstemming is met de resultaten van de overige proeven op Oude mergelgronden (*).

Anders waren echter de resultaten van potproeven met den zwaren Ouden mergelgrond van Batoeretna (No. 6804), welke in Buitenzorg parallel aan de kalkbemestingsproeven op het terrein werden genomen om laatstbedoelde proeven, welke alle op meer dan één dag sporens van Buitenzorg lagen, van nabij eenigszins te kunnen controleeren.

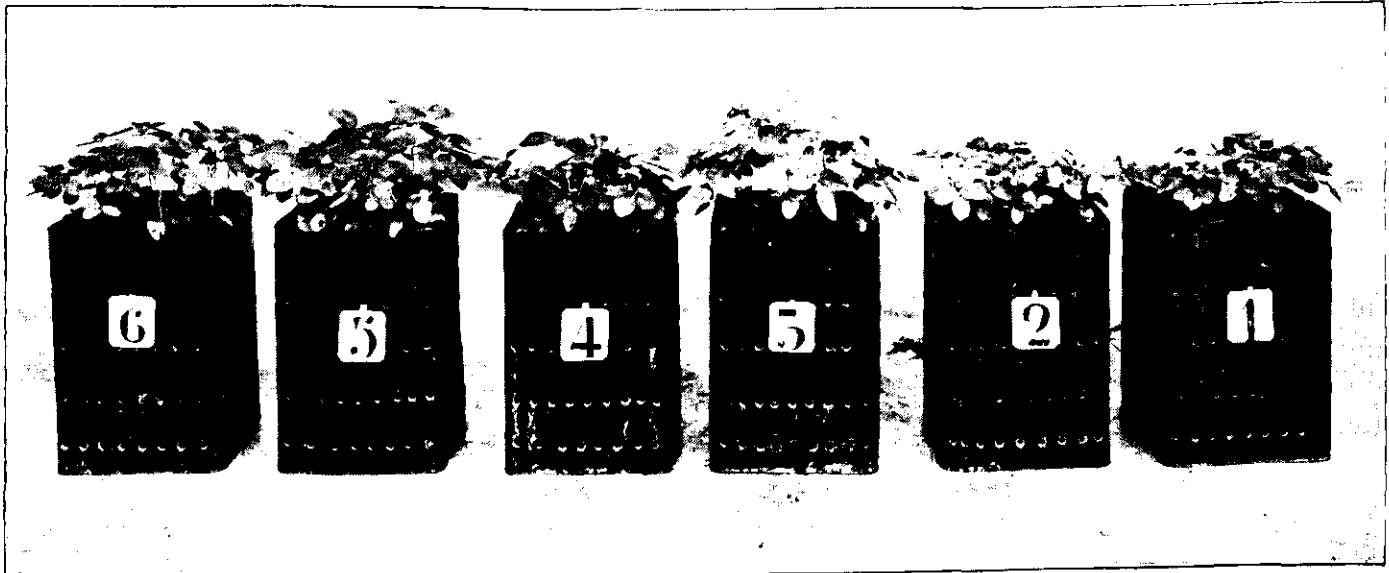
Voor de proeven werden gebruikt petroleumblikken, welke werden geteerd en voor een goede draineering en ventileering van den zwaren grond werden geperforeerd. Een en ander is te zien op bijgaande foto's, welke werden genomen om enkele nader te bespreken bijzonderheden van de proef in beeld te brengen. Als proefplant werd gebruikt kedeleë (*Soja hispida*), welke legumineus ook in de meeste kalkproeven op het veld was geplant en voor proeven op de zware kleigronden zeer geschikt was gebleken. De nummers van de blikken komen overeen met die van de verderop genoemde proefobjecten. Helaas kon door de hoge transportkosten van den grond niet over voldoende aarde worden beschikt, om, zonder tot het gebruik van te kleine potten over te gaan, contrôlepotten aan te zetten. Voor ons doel — meer speciaal den groei der plantjes te kunnen observeeren — werd aan enkele groote potten, waarin een normaler groei van de plantjes was te verkrijgen, de voorkeur gegeven boven een grooter aantal kleinere potten. Op de foto's waren de plantjes — de proeven liepen in 1923 en 1924 — 1 en 1½ maand oud bij een totalen groeiduur van 3 maanden.

Bij dien ouderdom bleken in de blikken met superphosphaat — 3 t.m. 6 — de plantjes bij een bemesting met een hoeveelheid CaO , overeenkomende met 10.000 K.G. per H.A. en 0.25 % van een bouwvoor van 30 c.m., in blikken 4 en 6 minder goed te staan dan zonder toevoeging van kalk in blikken 3 en 5, waarbij de blikken 3 en 4 eenigszins kunnen worden beschouwd als contrôles van de blikken 5 en 6 en omgekeerd. Blijkbaar had dus de kalk in de blikken 4 en 6 den groei der plantjes ongunstig beïnvloed en vermoedelijk was de directe oorzaak ervan een verminderde opname van phosphorzuur uit het dubbel-superphosphaat. Op zich zelf had

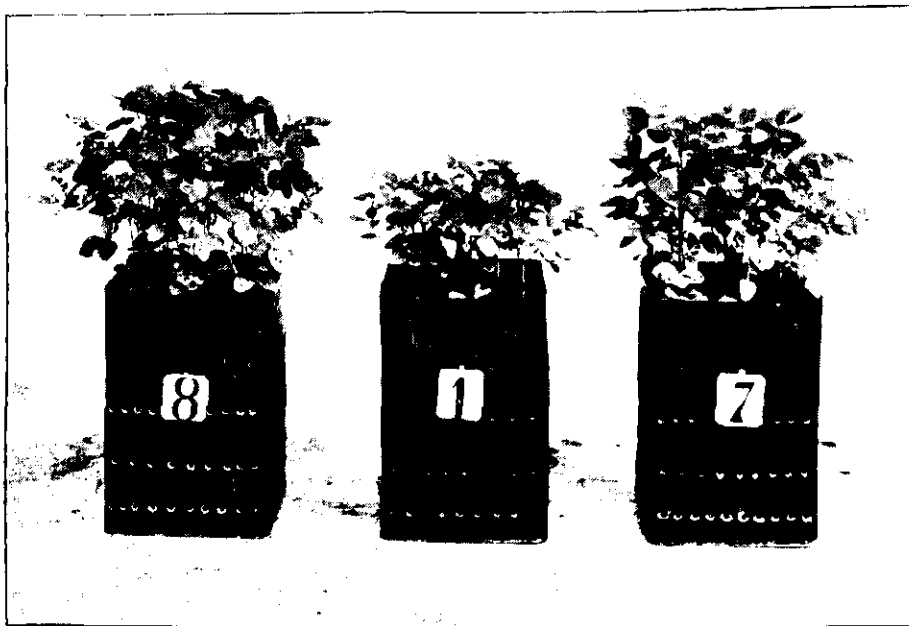
(*) Deze proeven zullen later bij de behandeling van de kalk in mergelgronden uitvoerig worden behandeld. Bij de veldproeven hebben ons geholpen de landbouwconsulenten STENVERS, BOOGERD, VAN ALPHEN en ISOHADIPRODJO. Voor hun medewerking onzen vriendelijken dank.

POTPROEVEN MET EN ZONDER KALKBEMESTING.

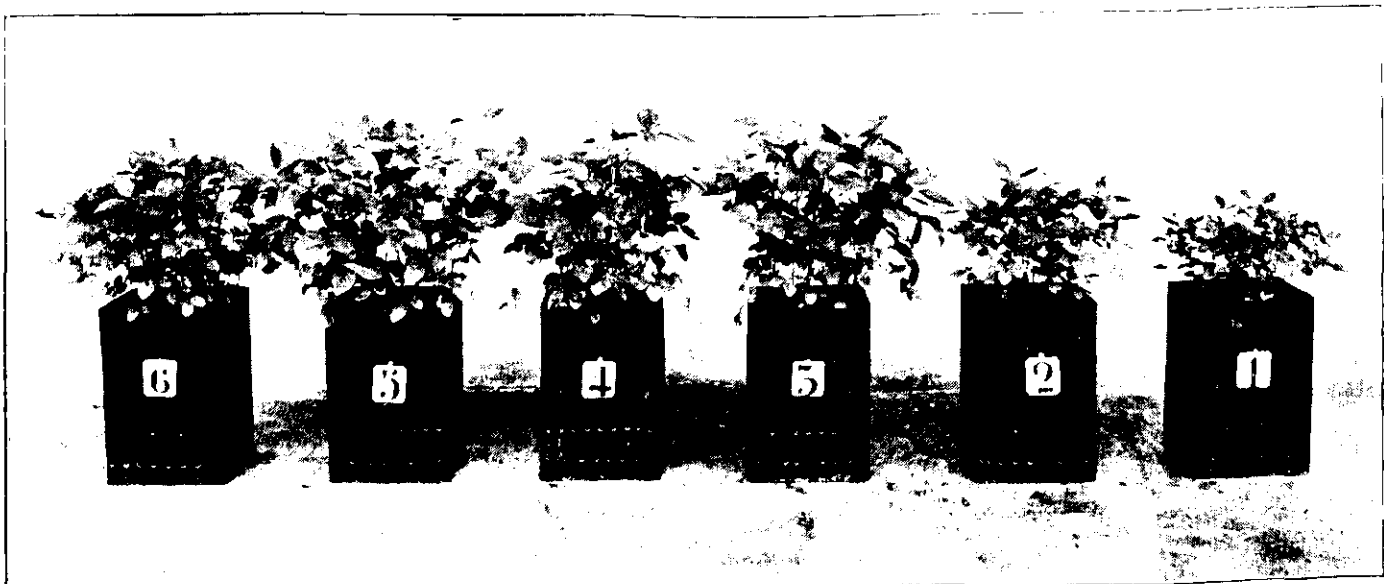
PROEFOBJECTEN: — 1. Onbemest — 2. CaO-bemesting — 3. P.K.-bemesting — 4. CaO-P.K.-bemesting — 5. N.P.K.-bemesting — 6. CaO-N.P.K.bemesting. — 7. K.-bemesting.



I. Kedeleë-(soja-)aanplant op circa 1 maand leeftijd.



III. Kedeleë-(soja-)aanplant op circa 1½ maand leeftijd.



II. Kedeleë-(soja-)aanplant op circa 1½ maand leeftijd.

de kalk n.l. in blik 2 den groei van de plantjes bevorderd, zooals uit een vergelijking van blik 1 met blik 2 kan blijken. Geheel geëlimineerd was intusschen door de kalkbemesting de gunstige werking van de phosphorzuurbemesting in de proeven niet. In blikken 4 en 6 met phosphorzuur stonden de plantjes namelijk nog veel beter dan in blikken 1 en 2 zonder phosphorzuur. Het verschil kan niet zijn veroorzaakt door de kali-bemesting in blikken 4 en 6, omdat in blik 7 alleen met kali de plantjes er veel minder goed bij stonden dan in de ook met phosphorzuur bemeste blikken. Door de kalkbemesting was dus vermoedelijk alleen het rendement van het dubbelsuperphosphaat verminderd — de meststof bleef werkzaam.

In tegenstelling met in de veldproeven was echter in elk geval in de potproef bij bemesting met superphosphaat duidelijk een nadeelige invloed van de zware kalkbemesting op den groei der plantjes merkbaar. Voor de opneembaarheid van het oorspronkelijke phosphorzuur in den grond scheen ook in de potproef de kalkbemesting niet nadeelig — tenminste als wij mogen afgaan op den beteren groei van de plantjes in blik 2, vergeleken met dien groei in blik 1.

De potproef werd éénmaal herhaald en daarbij werden ongeveer dezelfde resultaten verkregen — de foto's slaan op de herhalingsproef. Aan de bijzonderheden ervan is dan ook weinig te tornen. Natuurlijk is de proef niet bewijzend. O.a. zijn er van de plantjes geen aschanalysen gemaakt. In aanmerking moet echter worden genomen, dat zij met een ander doel was genomen, dan waarvoor zij hier wordt gebruikt.

Minder duidelijk dan in den groei van de plantjes en meer in overeenstemming met de uitkomsten van de veldproeven waren de beschreven verschillen op te merken in de opbrengsten van de blikken, welke in grammen droge peulen van oorspronkelijk 9 plantjes per blik als volgt waren:

Potproef met Soja hispida (kedelee) op den Ouden mergelgrond van Batoeretna-Zuid Wonogiri (No. 6804).		
Proefobjecten:	1e Oogst:	2e Oogst:
1. Onbemest	2.1	7.5
2. CaO	4.3	11.3
3. Z. A. D. S. K. S.	10.9	20.6
4. Als 3 + CaO	10.2	23.5
5. D. S. K. S.	10.4	21.2
6. Als 5 + CaO	6.5	19.2
7. K. S.	4.3	11.4

In beide potproeven was ook in de opbrengst der plantjes van een nadeeligen invloed eener kalkbemesting op de opneembaarheid

van het oorspronkelijke phosphorzuur in den grond niets waar te nemen. Ondanks zijn fosphaatgebrek werd er namelijk op den grond alleen met kalk toch reeds een grootere opbrengst verkregen. Mede op grond van den beteren groei van de plantjes in blik 2, zou dus met een kalkbemesting het rendement van het phosphorzuur in den grond zijn verhoogd, hetgeen niet onmogelijk zou zijn, in verband met de structuurverbetering van den grond.

Daarentegen was bij bemesting van den grond met dubbel-superphosphaat ook op de opbrengst der plantjes van de kalkbemesting nog wel een ongunstige werking merkbaar. In de eerste proef was n.l. de opbrengst van blik 6 met kalk duidelijk lager dan die van blik 5 zonder kalk. Echter was de oogst van blik 4 met kalk weer praktisch niet kleiner dan van blik 3 zonder kalk. Mogelijk deed zich in de blikken 3 en 4 de oplossende werking eener zwavelzure ammoniakbemesting op het phosphorzuur in den grond gelden als tegenwicht van den nadeeligen invloed van de kalk op de opneembaarheid van de plantenvoedingsstof. Intusschen scheen deze invloed niet geheel te zijn opgeheven. Immers werd met kalk in blik 4 evenmin meer product verkregen dan in blik 3, hoewel de grond voor een kalkbemesting gevoelig was, zooals was af te leiden uit de grootere opbrengst van blik 2 met kalk, vergeleken met blik 1 zonder kalk.

In de tweede proef — genomen 10 maanden na de eerste proef, zonder herhaling der kalkbemesting, maar wel van de andere bemestingen — bracht blik 6 slechts weinig minder op dan blik 5 en werd van blik 4 zelfs meer product verkregen dan van blik 3 — ondanks den minder goeden groei van de kedelee in blik 4 (zie de foto's). Van een nadeeligen invloed van de kalk op de productievermeerdering van kedelee — *Soja hispida* — door een phosphorzuurbemesting was op den zwaren grond in de potten na tien maanden dus weinig meer merkbaar. Aangenomen mag worden, dat inmiddels de (on)gebluschte kalk in den grond goeddeels in moeilijker oplosbare koolzure kalk was overgegaan en vermoedelijk was daardoor de kalk in den zwaren grond op de opneembaarheid van het phosphorzuur van weinig invloed meer. Was aanvankelijk bij de tweede proef de groei der plantjes in blik 4 veel minder dan in blik 3, ook in hun groei trokken de plantjes in blik 4 later bij (vergelijk de foto's). In een verder stadium naderden de uitkomsten der potproeven dus de resultaten der veldproeven, hetgeen mogelijk in verband staat met de geringere oplosbaarheid van CaCO_3 in zware kleigronden.

In de proeven van LIECHTI en TRUNINGER bleek de kalkbemesting eveneens slechts gedurende een korten tijd het rendement van de

phosphorzuurbemesting sterk te drukken. Na den haveraanplant van de proef op pagina 109 (1917) werden n.l. in de nawerkingsproef (1918) bij hetzelfde gewas de volgende opbrengsten genoteerd, opgegeven als te voren in grammen korrel plus stroo gemiddeld per pot ⁽¹⁾.

	zonder kalk	2000 K.G. CaO per H.A. als CaCO ₃ met een diameter in m.m. van		
		kleiner dan 0.11	1--2	grooter dan 2
Zonder phosphorzuur..	23.7	35.6	22.4	21.6
Ontlijmd beendermeel ± 100 K.G. per H.A...	133.5	163.7	133.5	139.5

Van eenige nawerking van de kalk op de opneembaarheid van de phosphorzuurmeststof — welke opnieuw was gegeven — was in deze proef niets te bespeuren. Integendeel kwam zelfs het beendermeel, hetwelk onder den invloed van de kalk tijdens den vorigen aanplant niet was verbruikt, het gewas in de nawerkingsproef ten goede (zie tweede kolom cijfers van links). Als oorzaak van het ontbreken eener nawerking van de kalk in hun proeven noemden de onderzoekers terloops: 1. het kalkverlies bij de voorafgaande beplanting en 2. de omzetting van CaCO₃ in kalk-adsorbtieverbindingen, welke moeilijker oplosbaar zouden zijn. Hiermede is de zaak o.i. echter onvoldoende verklaard. Er zal in den grond zeker ook nog wel veel CaCO₃ zijn overgebleven — immers werd niet minder dan 3500 K.G. CaCO₃ per H.A. gegeven. En de vraag is dan, hoe de geringe nawerking van deze koolzure kalk is te verklaren. Misschien was de grond in de potten wel langzamerhand gaan dichtslaan en gingen daarmede de gunstige voorwaarden voor oplossing van de kalk — in het begin van de proef blijkbaar aanwezig — onder de hand verloren.

In onze proeven werd geplant in blikken, waarin de grond zich reeds goed had gezet en welke voor een goede drainage en ventilatie waren geperforeerd, zoodat in dit opzicht de voorwaarden voor nawerking van de kalk in ons geval beter waren. Overigens was in onze nawerkingsproeven, zoowel als in die van LIECHTI en TRUNINGER, de verhouding in de hoeveelheden kalk en phosphorzuur door de herhaalde phosphorzuurbemesting in het voordeel van het phosphorzuur verschoven, hetgeen aanleiding kan hebben gegeven tot de minder nadeelige werking van de kalk in de latere proeven. Bij de proeven van LIECHTI en TRUNINGER is het dan nog mogelijk, dat het beendermeel langzamerhand door oplossen

(1) Dr. P. LIECHTI und Dr. E. TRUNINGER: Loc. cit. 1916. p. 475—478 en 1918. p. 580—584 (tabel p. 584.).

en weer neerslaan was overgegaan in een beter oplosbaren toestand, in welken toestand — volgens dezelfde proeven — een kalkbemesting van minder invloed op de opneembaarheid van het phosphorzuur zou wezen. Voor de voornaamste oorzaak van de geringe nawerking van de kalk in de potproeven op de phosphorzuurvoorziening van het gewas houden wij echter — gezien o.a. de groote hoeveelheden kalk, welke in de proeven zijn toegediend — den gewijzigden physischen toestand van den grond in de proeven van LIECHTI en TRUNINGER en in onze proeven den overgang van CaO in CaCO_3 (*). Is onze opvatting juist, dan zou er uit de potproeven zijn te leeren, dat CaCO_3 alleen onder bijzonder gunstige omstandigheden voor hare oplosbaarheid een belangrijke rol bij de phosphorzuurvoorziening in gronden kan spelen.

In onze potproeven heeft de kalk nog eenige nawerking gegeven, welke aan den groei van de kedelee was te zien. Behalve aan de groote hoeveelheid kalk, welke was toegediend — 10000 K.G. per H.A. —, is dit vermoedelijk toe te schrijven aan de bijzonder goede draineering en ventileering van den grond en bovendien aan den bijzonder fijnen toestand en de goede verdeeling van de in den grond neergeslagen CaCO_3 — onder welke omstandigheden koolzure kalk ook in zware gronden goed oplosbaar kan zijn. In de proeven van LIECHTI en TRUNINGER waren zeker fijnheid en verdeeling van de CaCO_3 minder gunstig, omdat bij deze proeven de koolzure kalk als zoodanig werd toegediend en mechanisch door den grond moest worden gemengd — en zooiets zeker geen volledige vermenging kan geven. Ook was vermoedelijk in de proeven voor een blijvend goede draineering en ventileering van den grond niet zoo goed gezorgd als in onze proeven. De verschillende resultaten van de potproeven zijn dus aan de hand van onze opvatting over de werkzaamheid van CaCO_3 te verklaren.

Ook kunnen wij thans de oorzaken opsporen van de verschillende uitkomsten van onze veld- en potproeven en de vraag beantwoorden, hoe te verklaren, dat op de zware mergelgronden op het veld in het geheel geen nadeeligen invloed van de kalkbemesting werd waargenomen en in de blikken wel. In beide gevallen werden groote hoeveelheden CaO gegeven. In de potproeven weliswaar iets meer, maar het verschil was van weinig beteekenis. Van meer belang is te achten de in het algemeen veel geringere doorlatendheid van den grond op het veld, omdat daar de eigenschap

(*) Ten deele door de vorming van CaCO_3 ontstaat in zware kleigronden de betere structuur, zoodat bij het ophouden van de nadeelige werking eener kalkbemesting haar goede invloed op den grond zal voortduren, welke indirect een goede opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond zal bevorderen.

niet zoo goed kan worden verbeterd als in de potten. Daardoor zal de oplosbaarheid van de kalk op het terrein — als die kalk eenmaal CaCO_3 is geworden — minder zijn dan in de blikken. Verder werd de kalk op het veld op zijn minst twee maanden vóór het planten gegeven, zoodat de proeven meer vergelijkbaar zijn met onze nawerkingsproef dan met onze eerste proef, welke één maand na het kalken werd begonnen. Vermoedelijk hadden wij op het veld dus al dadelijk meer met CaCO_3 te maken, terwijl in onze eerste potproef de kalk misschien nog voor een deel als CaO en $\text{Ca}(\text{OH})_2$ voorkwam — welke verbindingen vooral in kleigronden veel werkzamer zijn.

In den grond van Glonggong zijn nu onder veldomstandigheden de voorwaarden voor oplossing van koolzure kalk weinig beter dan in de Oude mergelgronden en is verder de kalk zeker minder fijn en minder goed verdeeld dan de CaCO_3 , welke in den grond kan ontstaan bij bemesting met CaO . Op grond van de proeven is daarom te verwachten, dat de koolzure kalk in den grond van Glonggong weinig of geen invloed op de opneembaarheid van het phosphorzuur zal hebben.

DE VERMENGING VAN KOOL- Mogelijk is alleen nog, dat in den
ZURE KALK EN PHOSPHORZUUR grond van Glonggong de koolzure
IN DEN GROND. kalk en het phosphorzuur innig zijn

vermengd en daardoor de kalk na-
deelijker zou kunnen zijn dan in de proeven. In de proeven werden de beide verbindingen afzonderlijk gegeven en zou van een innige vermenging daarvan minder sprake kunnen zijn.

Precies kan de zaak niet worden nagegaan. Wij zullen echter trachten er eenigen indruk van te krijgen en wel uit de wijze, waarop in den grond van Glonggong koolzure kalk en phosphorzuur onder het slibben werden verdeeld.

Op 10000 deelen CaO , als koolzure kalk aanwezig, en 100 deelen phosphorzuur — welke cijfers globaal in ronde getallen de verhouding $\text{CaCO}_3 : \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ in den grond weergeven — komt in de verschillende fracties van den grond het volgende aantal deelen CaO (als CaCO_3) en P_2O_5 voor — opgegeven in ronde cijfers.

	Glonggong No. 10396—10401					
	I—V	VI	VII	VIII	IX	X
CaO (als CaCO_3)	800	2200	4200	2000	700	100
P_2O_5	9	14	23	27	20	7

Om de zaak beter te overzien, hebben wij van de cijfers neven-gaand diagram gemaakt, waarbij — om de figuur niet te groot te doen uitvallen — de verhouding $\text{CaO} : \text{P}_2\text{O}_5$ van 100 : 1 is teruggebracht tot 10 : 1.

Op te merken is dan, dat de curve voor de verdeling van de koolzure kalk in den grond veel steiler is dan die voor de verdeling van het phosphorzuur en beide curven elkaar niet dekken, doch op verschillende plaatsen een kop te zien geven. Blijkbaar werden bij het slibben de twee verbindingen min of meer onafhankelijk van elkaar over de fracties verdeeld — de deelen koolzure kalk afgescheiden met een middelbare grootte van $20\text{--}5\ \mu$ en de phosphorzuurverbindingen met een middelbare grootte van $5\text{--}2\ \mu$. Van de gronddeelen van $20\text{--}5\ \mu$ naar die van $\frac{1}{2}\ \mu$ en kleiner wordt de verhouding CaO (als CaCO_3) : P_2O_5 regelmatig kleiner van 170 tot 12. De deelen koolzure kalk werd bij het slibben van den grond dus meer met de grovere gronddeelen afgescheiden en de phosphorzuurverbindingen naar verhouding meer met de fijnere deelen van den grond. B.v. bezonk met de gronddeelen van $2\text{--}\frac{1}{2}\ \mu$ 34 maal zooveel CaO als P_2O_5 en bleef er met de gronddeelen kleiner dan $\frac{1}{2}\ \mu$ slechts 12 maal zooveel koolzure kalk als phosphaat zweven. Door slibben bleken dus in den grond van Glonggong koolzure kalk en phosphorzuur vrij goed van elkaar te kunnen worden gescheiden.

Op grond van een en ander is moeilijk een innige vermenging van koolzure kalk en phosphorzuur in den grond aan te nemen. Eerder zijn er termen aanwezig om tot het tegenovergestelde daarvan te besluiten.

Ook de onderlinge verdeling van koolzure kalk en phosphorzuur is dus in den grond van Glonggong voor een goede oplosbaarheid en beschikbaarheid van de kalk-phosphorzuurverbindingen vermoedelijk niet ongunstig.

FIJNE KOOLZURE KALK EN PHOSPHORZUUR. Bovendien is goed in het oog te houden, dat naast de allerfijnste phosphaatdeeltjes van den grond naar verhouding zeer weinig koolzure kalk is aangetroffen — en de koolzure kalk dus daar, waar zij den grootsten invloed zou kunnen uitoefenen door haar betere oplosbaarheid en de goede beschikbaarheid en bereikbaarheid van het phosphorzuur, slechts in een betrekkelijk zeer kleine hoeveelheid — 0.11 % CaCO_3 van de fijnaarde — voorkomt. Misschien is dan nog in werkelijkheid in een fijnheid van kleiner dan $\frac{1}{2}\ \mu$ in den grond wel in het geheel geen koolzure kalk aanwezig en was de kalk in fractie X er eerst bij het slibben in terechtgekomen door vergruizing van grovere korrels (p. 80).

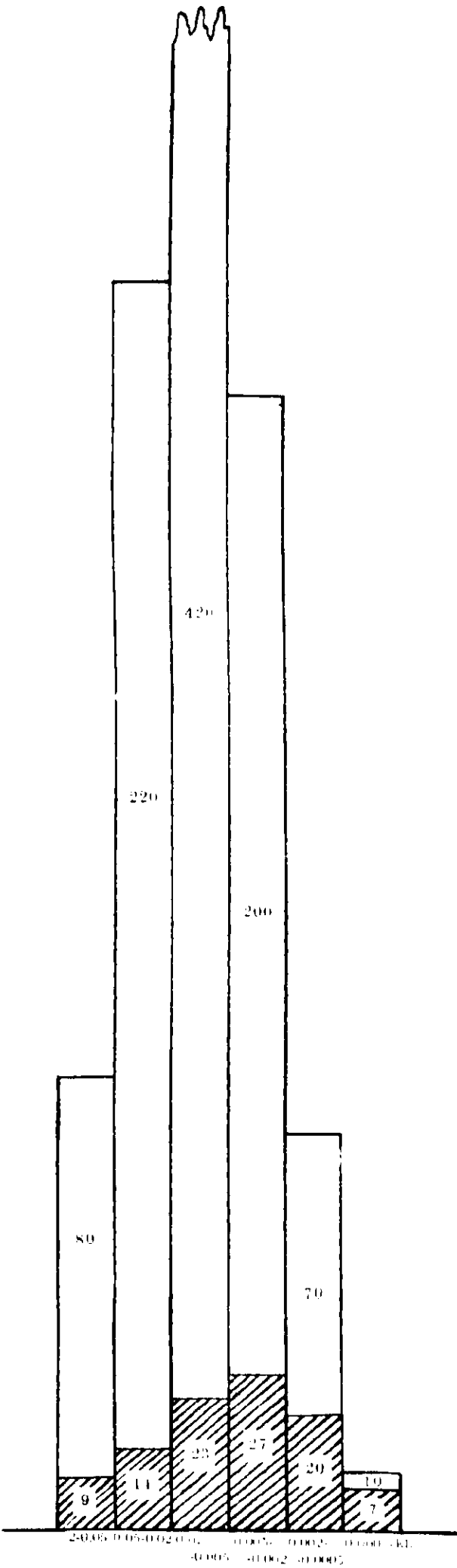
DE VERDEELING VAN KOOLZURE KALK
— NIET GEARCEERD — EN PHOSPHORZUUR
— GEARCEERD — IN DEN JONGEN
MERGELGROND VAN
GLONGGONG.

Op 1000 deelen CaCO_3 komen er in de op-
eenvolgende fracties van den grond voor:

I-V	VI	VII	VIII	IX	X	
80	220	420	200	70	10	deelen

Op de 100 deelen phosphorzuur komen er
in de opeenvolgende fracties van den grond
voor:

I-V	VI	VII	VIII	IX	X	
9	14	23	27	20	7	deelen



Resumeerende kunnen wij dus zeggen, dat op de opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond van Glonggong de koolzure kalk vermoedelijk weinig invloed zal hebben en wel op grond van:

1. de niet bijzonder fijne verdeeling van de koolzure kalk in den grond en haar vermoedelijk kristallijnen toestand,

2. de waarschijnlijk niet innige vermenging van de koolzure kalk met de fijnere phosphorzuurverbindingen in den grond — en

3. de physische eigenschappen van den grond, welke een goede oplosbaarheid van koolzure kalk in den weg staan.

De verdeeling van het phosphorzuur in den grond. Zooals in den aanvang is gezegd, is het phosphorzuur in den grond van Glonggong ongeveer op dezelfde wijze verdeeld als in de gronden van Poppoh en Perring, zoodat ook in eerstgenoemden grond de plantenvoedingsstof voornamelijk in groveren en daarmee moeilijker beschikbaren en bereikbaren toestand zou voorkomen. Inderdaad is aan de volgende cijfers te zien:

Hoeveelheden fijne phosphorzuurverbindingen, oplosbaar in zoutzuur en citroenzuur, in percenten van de totale hoeveelheid oplosbaar phosphorzuur in de fijnaarde	
25% zoutzuur	2% citroenzuur
27%	30%

dat meer dan 70 % van het in zoutzuur oplosbare phosphorzuur in den grond aanwezig is in de gronddeelen grooter dan 2μ , welk percentage nog grooter is dan bij de gronden van Poppoh en Perring, waarbij het iets beneden de 70 % ligt. Hoofdzakelijk is het „grovere phosphorzuur” — zooals aan de cijfers op pagina 102 is te zien — in den grond aanwezig in fractie VII en XIII — welke fracties tezamen de helft van het phosphorzuur in den grond bevatten.

Van het „fijne phosphorzuur” — ongeveer 30 % van al het oplosbare phosphorzuur in den grond — is bovendien het grootste deel in de minder fijne gronddeelen te vinden, hetgeen ook bij de besproken gronden van Sidhoardjo het geval is — maar alweer in mindere mate. Van het phosphorzuur in de gronddeeltjes kleiner dan 2μ is n.l. bij den grond van Glonggong nog minder dan 30% in de gronddeeltjes kleiner dan 0.5μ aangetroffen — welke fijnste deeltjes bij de phosphorzuurrijke mergelgronden een hogere hygroscopticiteit

hebben en dus werkelijk gemiddeld fijner zijn dan de gronddeeltjes van 2—0.5 μ . Bij de gronden van Poppoh en Perring zijn de percentages 45 % voor Poppoh en iets meer dan 30 % voor Perring.

Evenals bij de gronden van Poppoh en Perring — en zelfs nog eerder dan bij deze gronden — kan dan ook bij den grond van Glonggong de geringe opneembaarheid van het phosphorzuur zonder meer worden toegeschreven aan den groven toestand van het grootste deel van de plantenvoedingsstof en den minder fijnen toestand van het fijne „phosphorzuur”, waardoor de plantenvoedingsstof moeilijk beschikbaar en bereikbaar zal zijn.

Door den groven toestand van 70 % van de phosphorzuurverbindingen is in den phosphorzuurrijken grond van Glonggong weinig phosphorzuur in fijnen toestand voorhanden. In zoutzuur en citroenzuur oplosbaar, bevat de grond in fijnen toestand slechts 0.018 % respectievelijk 0.010 % P_2O_5 , van welke cijfers het eerste veel lager is dan de desbetreffende grenswaarde van MARR—GEERTS en het tweede ongeveer gelijk is aan de bijbehorende grenswaarde. Ondanks de grootere hoeveelheid phosphorzuur in den grond, is door de nog ongunstiger verdeling van de plantenvoedingsstof de hoeveelheid „fijn phosphorzuur” in den grond van Glonggong slechts onbeteekenend hooger dan in de gronden van Poppoh en Perring met 0.016 %—0.013 % in zoutzuur en 0.007 %—0.006 % in citroenzuur oplosbaar „fijn phosphorzuur”. En de kleine verschillen ten gunste van den grond van Glonggong zijn nog alleen toe te schrijven aan een grootere hoeveelheid phosphorzuur in de minder fijne fractie IX. In fractie X is daarentegen in den grond van Glonggong zelfs nog minder in zoutzuur oplosbaar phosphorzuur aanwezig dan in den grond van Poppoh en slechts evenveel van dat phosphorzuur als in den aan phosphorzuur half zoo rijken grond van Perring — hetgeen evenzeer duidelijk op een nog ongunstiger verdeling van de plantenvoedingsstof in eerstgenoemden grond wijst.

Ook bij den grond van Glonggong kan in verband met een en ander het gebrek aan phosphorzuur aan een tekort aan gemakkelijk beschikbaar en bereikbaar phosphorzuur worden geweten.

Nòch voor het geringe rendement van de plantenvoedingsstof, nòch voor het gebrek van den grond aan phosphorzuur is het noodig de verklaring te zoeken in de aanwezigheid van koolzure kalk in den grond, zoodat ons vermoeden van de geringe werkzaamheid van die koolzure kalk gehandhaafd kan blijven.

Vergelijking met de gronden van Poppoh en Perning. Nadere aandacht verdienen nu nog de boven reeds genoemde verschillen in de verdeling van het phosphorzuur in den grond van Glonggong aan den eenen en in de gronden van Poppoh en Perning aan den anderen kant. Zooals bij vergelijking van de cijfers voor de gronden in de tabel op pagina 102 is te zien, is de grootere hoeveelheid phosphorzuur in den grond van Glonggong uitsluitend te danken aan een grootere hoeveelheid grover phosphorzuur -- in dien grond aanwezig in de deelen van $20 - \frac{1}{2} \mu$ en voornamelijk in die van $20 - 2 \mu$. In de deelen van $20 - 2 \mu$ komt 50% van de totaal-hoeveelheid phosphorzuur van den grond voor. In de fijne deelen van den grond kleiner dan 2μ en vooral kleiner dan $\frac{1}{2} \mu$ is -- ondanks zijn hooger gehalte aan de plantenvoedingsstof -- de grond vrijwel even arm aan phosphorzuur als de Sidhoardjo-gronden. Een en ander is even duidelijk op te merken aan de cijfers voor de hoeveelheden aan in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur in de gronden, aanwezig in de gronddeelen van diverse korrelgrootten, welke cijfers voor den grond van Glonggong zijn:

	I-V	VI	VIII	IX	VII	X	Fijnaarde
Glonggong.No.10396-10401	0.003	0.004	0.007	0.009	0.007	0.003	0.033

Ook aan deze cijfers zien wij -- als wij ze vergelijken met die voor de Sidhoardjo-gronden -- dat in den grond van Glonggong meer grove phosphorzuurverbindingen zijn aangetroffen en vrijwel evenveel fijne phosphorzuurverbindingen, waarvan dan nog een klein verschil ten gunste van den grond van Glonggong op rekening is te stellen van het minder fijne phosphorzuur in de gronddeeltjes van $2 - \frac{1}{2} \mu$.

In verhouding tot de totaal-hoeveelheden phosphorzuur in de gronden is dus de grond van Glonggong rijker aan grove phosphorzuurverbindingen en minder rijk aan „zeer fijn phosphorzuur“ dan de gronden van Poppoh en Perning.

M.a.w. is het phosphorzuur in den grond van Glonggong grover verdeeld -- en voorzoover in fijnen toestand aanwezig -- gemiddeld minder fijn dan in de Sidhoardjogronden.

Hierdoor zal -- volgens onze redeneering -- in verhouding tot de totaal-hoeveelheden phosphorzuur in de gronden de kans opsamen-treffen van plantenwortels en fosphaatdeelen in den grond van Glonggong kleiner zijn dan in de gronden van Poppoh en Perning en ook de beschikbaarheid van het „fijne phosphorzuur“ in eerst-genoemden grond minder zijn.

In overeenstemming ermede is de opneembaarheid van het phosphorzuur en van het „fijne phosphorzuur” bij den grond van Glonggong werkelijk geringer dan bij de beide andere gronden.

Het rendement van het phosphorzuur in den grond van Glonggong hebben wij n.l. bij zijn beplanting op de Inlandsche manier met sawahrijst berekend op 1.5 %, hetgeen — betrokken uitsluitend op het fijne phosphorzuur in den grond — zou uitmaken een benutting van dit phosphorzuur door de rijstplant van 5 %. Bij de eveneens phosphorzuurrijke gronden van Poppoh en Parning kwamen wij voor suikerriet onder Europeesche cultuur tot vier maal zoo hoge cijfers. Voornamelijk zal het verschil — nog afgezien van de verschillende eigenschappen der gewassen met betrekking tot de opname van phosphorzuur uit den grond — wel zijn toe te schrijven aan de zorgvuldiger teelt van het suikerriet en ook aan zijn zware bemesting met zwavelzure ammoniak (zie p. 49 — 50 en 53), welke bij rijst nog niet is geprobeerd. En men mag dan ook verwachten, dat onder gunstiger culturomstandigheden de rijst op den grond van Glonggong meer van het „fijne phosphorzuur” zal profiteeren en dus nog zonder een phosphorzuurbemesting meer zal produceeren dan in ons geval, waarbij door de geringe opname van de plantenvoedingsstof de oogsten meestal nog lang geen 30 pikol oogstdroge padi halen. Alleen aan deze factoren kan echter het groote verschil in opneembaarheid van het phosphorzuur bij de gronden moeilijk liggen. Bij de phosphorzuurarme Oude mergelgronden b.v. is het rendement van deze plantenvoedingsstof voor suikerriet gemiddeld nog geen driemaal zoo hoog als voor sawahrijst.

Vooral bij vergelijking met deze gronden is de bijzonder geringe opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond van Glonggong goed merkbaar. Bij de phosphorzuurarme Oude mergelgronden is namelijk het rendement van de plantenvoedingsstof — zoowel totaal beschouwd (5—10 %), als alleen in fijnen toestand (10—20 %) — bij ongeveer dezelfde oplosbaarheid en voor hetzelfde gewas als op den grond van Glonggong 2 tot 6 maal zoo hoog als bij dezen grond. Verder is — ondanks de zeer goede oplosbaarheid van het „fijne phosphorzuur” in den grond van Glonggong — het rendement van een superphosphaat-bemesting op den grond voor rijst veel grooter (20 %).

Er moeten voor de bijzonder geringe opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond van Glonggong wel speciale oorzaken zijn. Zal een dier oorzaken kunnen zijn de bijzonder ongunstige verdeeling van het phosphorzuur en de gemiddeld minder fijne toestand van het „fijne phosphorzuur” in den grond — nader zal toch ook nog moeten worden bekeken,

in hoeverre bovendien aan de koolzure kalk hierbij een rol moet worden toegedacht. Verderop zal de zaak in een algemeener verband nader worden nagegaan.

**Phosphorzuurarme
Oude mergelgronden.**

De verdeling van het phosphorzuur in de grootste groep van mergelgronden wijkt in wèzen niet van die der andere mergelgronden van Java af. Ook in eerstgenoemde gronden is n.l. een groot gedeelte van het phosphorzuur in groven toestand aanwezig — t.w. 50 %-70 %. Omgerekend tot de hoeveelheden van de plantenvoedingsstof, welke bij toepassing van de „gebruikelijke zoutzuur-extracties” in de fracties der gronden zouden zijn aangetroffen, komen wij voor de hoeveelheden grove en fijne phosphorzuurverbindingen in de onderzochte monsters van de grondsoort op:

	Hoeveelheden in zoutzuur oplosbare phosphorzuur- verbindingen in	
	groven toestand	fijnen toestand
Batoeretna	0.004 %	0.002 %
Gamping	0.005 %	0.005 %
Woerjantoro	0.002 %	0.001 %
Groedo	0.002 %	0.002 %

De cijfers van de tweede kolom zijn gemiddeld iets lager dan die van de eerste kolom, zoodat de gronden gemiddeld iets meer grove dan fijne fosphaatdeeltjes schijnen te bevatten. De verdeling van het in citroenzuur oplosbare phosphorzuur in de gronden zal ongeveer hetzelfde beeld vertoonen. Zooals gezegd, is de zaak niet speciaal nagegaan. De verhouding P_2O_5 oplosbaar in 25 % zoutzuur en in 2 % citroenzuur is echter bij de gronden bekend — n.l. 2 à 3. Op grond van het onderzoek bij de andere mergelgronden kunnen wij voor de fracties der gronden dezelfde verhouding aannemen — voor de fijne fracties stellen wij deze op 2. De hoeveelheid in citroenzuur oplosbare fijne phosphorzuurverbindingen in de gronden zou dan op ongeveer 50 % van de hoeveelheid in zoutzuur oplosbaar „fijn phosphorzuur” zijn te stellen — d.i. op 0.0005 % — 0.002 % P_2O_5 .

Zoowel de cijfers voor den „voorraad” als die voor de hoeveelheid „beschikbare” fijne phosphorzuurverbindingen zijn uiterst laag, hetgeen vooral goed uitkomt, als wij uitrekenen, hoeveel van deze verbindingen per bahoe in de gronden voorkomen. De „voorraad” bedraagt — op dezelfde wijze berekend als op pagina 51—52 — in een bouwvoor van 30—40 c.m. omstreeks 30 tot 200 K.G. per bahoe en de z.g. „beschikbare” hoeveelheid 15 tot 80 K.G. per bahoe.

Stel het rendement van de plantenvoedingsstof op een maximum en gelijk aan dat van superphosphaat — hetwelk wij voor de gronden hebben berekend op 40 % voor rijst en op 40 %—50 % voor riet — dan zou in één cultuurperiode uit de gronden worden opgenomen door rijst 6—24 K.G. P_2O_5 — voldoende voor een oogst van hoogstens 48 pikol oogstdroge padi — en door suikerriet 8—40 K.G. P_2O_5 — hoogstens voldoende voor een rietopbrengst van 1100 pikol — alles berekend op een bouwvoor van 30 c.m. respectievelijk 40 c.m. en per bahoe. Deze opbrengsten kunnen worden beschouwd als de — theoretische — maximum-opbrengsten op de gronden, indien geen bemesting met phosphorzuur wordt gegeven, in welken vorm ook. In de praktijk zullen zij als regel niet worden behaald, omdat zelfs onder zeer gunstige omstandigheden het rendement van het „fijne phosphorzuur” in de gronden doorgaans zeker beneden dat van een superphosphaatbemesting zal blijven — zij het bij suikerriet soms misschien niet veel. Bij die maximum-opbrengsten zou bovendien de „voorraad” fijn phosphorzuur in de gronden — zonder meer — slechts voor hoogstens 5 rietoogsten voldoende zijn en — met VAN ROSSEM aannemende, dat met een padiopbrengst van 48 pikol oogstdroog in de padi ongeveer 12 K.G. P_2O_5 van het veld wordt weggevoerd ⁽¹⁾ — voor hoogstens 10 tot 15 rijstoogsten. Een eenvoudige berekening wijst dus reeds aan, dat op de phosphorzuurarme Oude mergelgronden — zelfs als zij in hun soort nog vrij rijk zijn aan phosphorzuur, zooals in ons voorbeeld — in elk geval op den duur geen bevredigende padi-oogsten en nog veel minder behoorlijke rietopbrengsten zijn te verkrijgen. Voor de praktijk is dit van belang, omdat eruit volgt, dat met verbetering van de groeivoorwaarden van het gewas, zonder phosphorzuurbemesting, (b.v. door een betere bevoeiing zonder bovendien een goede slibbemesting) op de gronden de opbrengsten niet — althans niet blijvend — tot een behoorlijke hoogte kunnen worden opgevoerd. Onder de door ons onderzochte gronden is er zelfs één, waarbij op grond van de hoeveelheden in citroenzuur oplosbaar „fijn phosphorzuur” de maximum-opbrengst is te stellen op 12 pikol oogstdroge padi en op 300 pikol riet, welke opbrengsten misschien nog wat zouden kunnen worden verhoogd door met behulp van zware bemestingen met zwavelzure ammoniak den „voorraad” „fijn phosphorzuur” aan te spreken. Deze „voorraad” is intusschen op den hier bedoelden grond — in een bouwvoor van 30 c.m. voor rijst en van 40 c.m. voor riet — slechts voldoende voor een rijst-oogst van maximum 24 pikol oogstdroge padi en een rietopbrengst van 550 pikol riet.

(1) DR. C. VAN ROSSEM. Loc. cit. No. XVII. 1917. p. 17.

Het laat zich dus ook berekenen, dat op de phosphorzuurarme mergelgronden in de rantja-minjakstreken van Java zonder een phosphorzuurbemesting geen behoorlijke opbrengsten zijn te verkrijgen — zelfs al worden op die gronden zware bemestingen met zwavelzure ammoniak toegepast.

Dit is ook nog op een andere manier te beredeneeren. Op pagina 50—54 hebben wij het rendement van de totale hoeveelheid in citroenzuur oplosbare phosphorzuurverbindingen in de gronden berekend op 5—10% voor rijst en op 15—20% voor suikerriet. Uitsluitend betrokken op de in citroenzuur oplosbare fijne phosphorzuurverbindingen in de gronden komen wij met die cijfers — de hoeveelheid dier verbindingen aannemende op 50 % van het totaal — tot een rendementscijfer voor de plantenvoedingsstof van 10 — 20% bij rijst en van 30—40% bij suikerriet. De cijfers naderen bij suikerriet de rendabiliteit van een superphosphaatbemesting en zijn dus voor dit gewas zeer hoog. Maar bij rijst zijn zij veel lager. Op zichzelf zijn zij echter ook bij dit gewas nog lang niet laag en bij 20% zelfs al vrij hoog. De cijfers 20% en 40% hebben betrekking op een rijstoogst van circa 20 pikol oogstdroge padi en op een rietopbrengst van 700 pikol. In de buurt van deze lage waarden zullen — volgens onze berekening en gezien de hooge rendementscijfers — wel liggen de in de practijk te behalen gemiddelde maximum-opbrengsten van de phosphorzuurarme Oude mergelgronden. De rendementscijfers van 10% voor rijst en 30% voor riet slaan op rijstproducties van 12 pikol oogstdroge padi en op rietoogsten van 500 pikol. Voor dergelijke rendementen moeten zeker de grociomstandigheden der gewassen ook nog vrij goed zijn. Is dit niet het geval, dan zullen in rantja-minjakstreken de opbrengsten der sawahs en die van de suikerriettuinen laatstgenoemde lage producties niet eens halen, hetgeen wij in rantja-minjakstreken bij rijst herhaaldelijk zien gebeuren. Deze streken zijn dan ook berucht om de vele oogstmislukkingen van padi. Ongetwijfeld is een der voornaamste oorzaken hiervan de niterst kleine hoeveelheid goed beschikbaar en bereikbaar phosphorzuur in de gronden, welke hoeveelheid zonder een tamelijk goed rendement van de plantenvoedingsstof zelfs voor een zeer laag product onvoldoende kan wezen. In overeenstemming hiermede is de waarneming op sawahs, dat in rantja-minjakstreken een fosphaatbemesting de kans op oogstmislukking in den regel doet verminderen. In dit opzicht kan ook wel wat worden bereikt met verbetering van de groeivoorwaarden van het gewas zonder phosphorzuurbemesting — maar dan tenslotte toch ten koste van den geringen „voorraad” phosphorzuur en dus slechts tijdelijk. Verder zal het effect

der hierbedoelde maatregelen reeds bij een opbrengst van niet veel meer dan 20 pikol oogstdroge padi per bahoe ophouden ⁽¹⁾.

Hoe men dus ook de zaak bekijkt, steeds komt men hierop uit, dat alleen met een phosphorzuurbemesting — bevoeiing met phosphorzuurrijk bevoeiingsmateriaal hierbij inbegrepen — op de phosphorzuurarme Oude mergelgronden blijvend behoorlijke padi- en suikerrietopbrengsten zijn te krijgen.

Met dit resultaat van ons nader onderzoek van de phosphorzuurvoorziening der phosphorzuurarme Oude mergelgronden komen wij midden in een der grootste landbouwkundige vraagstukken van Java te staan — d.i. de vraag, of in rantja-minjakstreken van een verbetering van de bevoeiing veel heil is te verwachten.

Onze opvatting hieromtrent is, dat met bevoeiingswerken de bevolking in werkelijk arme rantja-minjakstreken in het algemeen niet voldoende is gediend, zoolang het gebruik van phosphorzuurmest bij die bevolking nog geen ingang heeft gevonden. In meerdere gevallen zouden wij misschien zelfs adviseeren, in die streken met andere technische maatregelen tot verhooging van de opbrengst van den grond te wachten, tot de bevolking fosphaatmest wil en vooral kan gebruiken — al weten wij ook, dat die maatregelen mede hun voordeel hebben. Er zit aan de zaak overigens te veel vast om haar hier uit te werken. Onze bedoeling is slechts er nogmaals de aandacht op te vestigen, omdat het hier toevallig te pas komt.

E. DE VERDEELING VAN HET PHOSPHORZUUR IN DE PHOSPHORZUURRIJKE EN PHOSPHORZUURARME MERGELGRONDEN EN HARE BETEKENIS VOOR DEN LANDBOUW.

Een belangrijk resultaat van ons onderzoek is, dat in de phosphorzuurarme en phosphorzuurrijke mergelgronden van Java de hoeveelheden in zoutzuur en citroenzuur oplosbare fijne phosphorzuurverbindingen minder van elkaar verschillen dan de totaal-hoeveelheden in zoutzuur en citroenzuur oplosbaar phosphorzuur. Schommelen n.l. bij die twee groepen van gronden de hoeveelheden in zoutzuur oplosbaar phosphorzuur in de tabel op pagina 102 tusschen 0.066% en 0.007% — de hoeveelheden fijne phosphorzuurverbindingen in die gronden daarentegen varieeren slechts van 0.018 % tot 0.003 %. Voor de hoeveelheden in zoutzuur oplosbaar phosphorzuur in fractie X der gronden schommelen de cijfers tusschen nog nauwere grenzen — n.l. tusschen 0.007 % en

(1) J. TH. WHITE: Geologische en Bodemkundige excursie door het Djokjasche Zuidergebergte. Verslag van de Vergadering der Vereeniging van Proefstation-Personeel. Buitenzorg. 1924. p. 95—101.

0.001 %. De verschillen in de totaal-hoeveelheden in zoutzuur oplosbaar phosphorzuur liggen bij de mergelgronden van Java hoofdzakelijk in de groote verschillen in de hoeveelheden grove phosphorzuurverbindingen in de gronden, welke hoeveelheden loopen van 0.005 % tot 0.048 % van de fijnaarden.

Ook de verschillen der gronden in hun totaal-hoeveelheden aan in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur kunnen worden toegeschreven voornamelijk aan verschillen in de hoeveelheden van dit phosphorzuur, in de gronden in groven toestand aanwezig. De totaal-hoeveelheden in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur liggen namelijk bij ons zevental mergelgronden tusschen 0.033 % en 0.001 %, terwijl de grenzen voor de hoeveelheden „fijn phosphorzuur”, in citroenzuur oplosbaar, bij die gronden 0.010 % en 0.0005 % zijn en dus veel dichter bij elkaar liggen.

In verhouding tot de totaal-hoeveelheden phosphorzuur zijn de phosphorzuurrijke gronden aan „fijn phosphorzuur” veel armer dan de phosphorzuurarme gronden. En in het algemeen zien wij die verhouding ongunstiger worden, naarmate de gronden aan de plantenvoedingsstof rijker zijn. **M.a.w. is dus het phosphorzuur in phosphorzuurrijkere mergelgronden ongunstiger verdeeld dan in phosphorzuurarmere mergelgronden.**

Dit resultaat van ons onderzoek is nu daarom van belang, omdat het ons een oplossing aan de hand geeft van het voornaamste vraagstuk, dat ons bezig houdt (zie pagina 63) en dat luidt: Waarom wordt in phosphorzuurrijkere mergelgronden het phosphorzuur in mindere mate door de plant opgenomen dan in phosphorzuurarmere mergelgronden? Het feit constateerden wij aan de dalende rendementen van het phosphorzuur bij stijgende hoeveelheden fosphaat in de gronden. Volgens pagina 63 zouden die rendementen voor de totaal-hoeveelheden phosphorzuur in de gronden zijn:

	Sawahrijst	Suikerriet
A. Phosphorzuurarme mergelgronden:	5—10	15—20
B. Phosphorzuurrijke mergelgronden:		
1. geen koolzure kalk voorhanden	—	6
2. koolzure kalk voorhanden	1½	—

Het zeer lage cijfer voor den grond van Glonggong — B. 2 — zullen wij straks apart in beschouwing nemen. Voorloopig zullen wij alleen nader het feit bekijken, dat voor suikerriet het rendement van de plantenvoedingsstof bij de gronden van **Poppoh** en **Perning** — B. 1 — veel lager is dan bij de phosphorzuurarme gronden — A — .

Dit meenen wij te moeten toeschrijven hoofdzakelijk aan een ongunstiger verdeling van de plantenvoedingsstof in de phosphorzuurrijke gronden. Is onze opvatting juist, dan moeten natuurlijk bij uitschakeling der grovere phosphorzuurverbindingen de rendementen uitsluitend van de fijne phosphorzuurverbindingen in de gronden ongeveer met elkaar overeenkomen. Er zou dan n.l. geen enkele belangrijke reden meer zijn, waarom de rendementscijfers nog zouden verschillen. Van de fijne phosphorzuurverbindingen in de gronden is het nuttige effect volgens onze wijze van berekening:

	Sawahrijst	Suikerriet
A. Phosphorzuurarme mergelgronden:	10—20	30—40
B. Phosphorzuurrijke mergelgronden:		
1. zonder fijne koolzure kalk	—	20
2. met fijne koolzure kalk	5	—

Het cijfer voor de gronden B. 1 is nog lager dan de cijfers voor de gronden A. Maar de drie cijfers liggen al veel dicht bij elkaar dan — en zijn al veel meer van dezelfde orde als — de cijfers voor de rendementen van de totaal-hoeveelheden in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur in de gronden. Bovendien moet in aanmerking worden genomen, dat van de fijne phosphorzuurverbindingen bij de phosphorzuurrijke gronden een grooter deel in niet zeer fijnen toestand aanwezig is (zie p. 102, 119—120 en 129—130) en daardoor die verbindingen minder goed opneembaar kunnen zijn. En verder zijn onze berekeningen — voorzoover gebaseerd op producties van de gewassen — zooals gezegd, zeer globaal. Nemen wij een en ander in acht, dan kan men o.i. veilig concludeeren, dat **inderdaad de geringere opneembaarheid van het phosphorzuur in de phosphorzuurrijke Oude mergelgronden moet worden toegeschreven aan een grovere verdeling van de plantenvoedingsstof.** Door een dergelijke ongunstige verdeling van het phosphorzuur zijn bij de gronden van Poppoh en Perring — ondanks hun rijkdom aan de plantenvoedingsstof — niet voldoende fijne phosphorzuurverbindingen aanwezig om zonder een phosphorzuurbemesting op die gronden maximale producties van suikerriet te maken.

Anders staat de zaak bij den phosphorzuurrijken grond van **Glonggong** — B. 2 —, waarbij niet alleen het rendement van de totaal-hoeveelheid in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur, doch ook het nuttige effect van de fijne phosphorzuurverbindingen veel lager is dan bij de andere mergelgronden. Bij de berekening van de rendementscijfers voor den grond zijn wij uitgegaan van een der beste

producties, welke van den grond bekend zijn, zoodat die cijfers voor den grond van Glonggong misschien eerder vergelijkbaar zijn met de hoogste rendementscijfers van de phosphorzuurarme mergelgronden — A —, waarmede de verschillen in de rendementscijfers der gronden zeer groot zouden worden. Om de oorzaken dezer verschillen systematisch na te gaan moeten wij beginnen met ons af te vragen, waaraan het betrekkelijk geringe nuttige effect van de fijne phosphorzuurverbindingen in den grond van Glonggong is te wijten.

In de eerste plaats is dan te denken aan het voorkomen in den grond van fijne deeltjes koolzure kalk in een hoeveelheid van rond 1%. Hierdoor zou de opname van de plantenvoedingsstof eenigermate kunnen worden belemmerd. In hoeverre de factor een belangrijke rol kan spelen, moet nauwkeuriger nog nader worden onderzocht — o.m. door de fracties van den grond te extraheren zonder toevoeging van extra-zuur (zie p. 39 - 41) en op de daarbij te verkrijgen hoeveelheid fijne phosphorzuurverbindingen — oplosbaar in tegenwoordigheid van CaCO_3 — onze rendementsberekeningen te baseeren. Bij een dergelijke extractie vonden wij in de fijnaarde van den grond — welke 11.0 % CaCO_3 bevat — 0.025 % minder in citroenzuur oplosbaar phosphorzuur bij een werkelijk gehalte aan dit phosphorzuur van 0.033 %. Naar evenredigheid — een evenredigheid, welke zeker niet precies opgaat (zie p. 87), maar gemakshalve hier wordt aangenomen — zou, onder eenigszins gelijke omstandigheden en in tegenwoordigheid van 0.9% CaCO_3 in de fracties IX en X, in den grond 0.002% minder in citroenzuur oplosbaar „fijn phosphorzuur” zijn aangetroffen. Ruw geschat zou dan — zonder uitschakeling van de werking van de fijne deeltjes koolzure kalk — in den grond van Glonggong in plaats van 0.010% in citroenzuur oplosbare fijne phosphorzuurverbindingen z.g. „beschikbaar” zijn 0.008 % „fijn phosphorzuur”. Op dit cijfer berekend, zou het rendement van die verbindingen op rond 6 % uitkomen. Dit cijfer verschilt practisch slechts weinig van het oorspronkelijke cijfer 5. Globaal bezien — en in werkelijkheid zal dit ook wel blijken — is er dus niet genoeg fijne koolzure kalk in den grond van Glonggong voorhanden om het geringe rendement van de fijne phosphorzuurverbindingen en hiermede tevens van de totaal-hoeveelheid phosphorzuur in den grond te verklaren.

Belangrijker is hoogstwaarschijnlijk voor de verklaring van het verschijnsel een andere factor — namelijk de minder fijne verdeling van de fijne phosphorzuurverbindingen in den grond van Glonggong, waarop wij reeds op pagina 119—120 hebben gewezen. De eigenschap is uit onderstaande cijfers af te leiden, welke aangeven de hoeveelheden phosphorzuur van de

mergelgronden — aanwezig in fractie X — in percenten van de hoeveelheden fijne phosphorzuurverbindingen in de gronden, aanwezig in fracties IX en X.

	Hoeveelheden phosphorzuur van de mergelgronden, aanwezig in fractie X, in % van de hoeveelheden fijne phosphorzuurverbindingen (fractie IX en X) in de gronden.	
	25% zoutzuur	2% citroenzuur
Jonge mergelgrond: Glonggong	28	30
Phosphorzuurarme Oude mergelgronden:	25—40(*)	—
Phosphorzuurrijke Oude mergelgronden:	38—44	33—43

(*) 60 %—80 % (zie text).

In aanmerking moet worden genomen, dat in de tabel de cijfers voor de phosphorzuurarme Oude mergelgronden — in verhouding tot de andere cijfers — zeker te laag zijn. Is n.l. aan den eenen kant bij de gronden als „fijn” beschouwd niet alleen het phosphorzuur in fractie IX—X, doch — in afwijking met de andere gronden — bovendien het phosphorzuur in fractie VIII, aan den anderen kant is bij de phosphorzuurarme mergelgronden voor de berekening hierboven als „zeer fijn” phosphorzuur aangenomen — evenals bij de andere gronden — alleen het phosphorzuur in fractie X, terwijl bij eerstgenoemde gronden met evenveel recht (zie de hygroscopische cijfers op p. 72) ook het phosphorzuur in de IXe fractie nog als „zeer fijn” kan worden beschouwd. Voor een betere vergelijking doen wij in elk geval goed, van de phosphorzuurarme gronden tevens te vermelden de verhouding P_2O_5 in $\frac{\text{fractie IX—X}}{\text{fractie VIII—X}} \times 100$ — d.i. 60%—80%. De verdeeling van het „fijne phosphorzuur” in den grond van Glonggong — en hetzelfde kan, maar dan in mindere mate, worden gezegd van de gronden van Poppoh en Pening — steekt bij dergelijke cijfers al zeer ongunstig af bij de verdeeling van het „fijne phosphorzuur” in de phosphorzuurarme mergelgronden. De desbetreffende verschillen lijken voldoende om de geringere opneembaarheid van het „fijne phosphorzuur” in den Jongen mergelgrond goeddeels toe te schrijven aan den gemiddeld minder fijnen toestand van de fijne phosphorzuurverbindingen in den grond.

Resumeerende zijn dus voor de geringe rendabiliteit van het phosphorzuur in den phosphorzuurrijken grond van Glonggong de volgende factoren aan te wijzen. **De hoeveelheid fijne phosphorzuurverbindingen is in den grond betrekkelijk klein. Dit zou oorzaak zijn van het geringe nuttige effect van de plantenvoedingsstof in den grond.**

Bijzonder klein zou het rendement van het phosphorzuur in

den grond zijn door het voorkomen van fijne deelen koolzure kalk -- en vooral door de minder fijne verdeeling van het fijne phosphorzuur.

Verschillen in de verdeeling van het „fijne phosphorzuur” vinden wij ook binnen de groep der phosphorzuurarme Oude mergelgronden. B.v. is in den minst phosphorzuurarmen grond van de vier onderzochte monsters van die grondsoort -- d.i. in den grond van Gamping -- van de fijne phosphorzuurverbindingen een grooter deel in minder fijnen toestand voorhanden dan in de andere gronden van de groep. Mogelijk geldt voor de grondsoort in het algemeen, dat naarmate de gronden phosphorzuurrijker zijn, zij naar verhouding minder fijne phosphorzuurverbindingen in zeer fijnen toestand bevatten. Als regel merken wij n.l. in de practijk op, dat er bij de hierbetreffende gronden --- mits zij maar weinig vermengd zijn met vreemd materiaal --- geen verband bestaat tusschen de hoeveelheid phosphorzuur en hun productiviteit -- noch tusschen die hoeveelheid en de mate van gevoeligheid der gronden voor een phosphorzuurbemesting. M.a.w. zien wij meestal met een stijgend phosphaatgehalte der gronden samengaan een dalend rendement van de plantenvoedingsstof. Dit zou kunnen liggen aan een ongunstiger verdeeling van het phosphorzuur en ook van de fijne phosphorzuurverbindingen bij de minder phosphaatarme Oude mergelgronden.

Vooropgesteld moet ook hierbij blijven -- gelijk bij ons geheele onderzoek van de mergelgronden -- dat de gronden zoo weinig mogelijk vermengd zijn met vreemde producten. Anders zou ons onderwerp aanstonds veel ingewikkelder zijn. Is b.v. in de gronden veel vulkanische asch voorhanden --- zooals vaak het geval is dan hebben wij dadelijk te maken met een goed werkzame phosphorzuurreserve in de gronden -- welke reserve bij de beoordeeling dier gronden streng in acht moet worden genomen. Die reserve is het vulkanische glas -- en niet, zooals gewoonlijk wordt aangenomen, het apatiet. Dit glas wordt bij het slijben der gronden -- zooals wij naderhand zullen aantoonen bij de behandeling der aschgronden en laterietgronden -- afgescheiden voornamelijk in fractie VI (en VII). Dan mogen wij dus bij de beoordeeling van de phosphorzuurvoorziening der gronden niet voornamelijk afgaan op de hoeveelheden „fijn phosphorzuur” en op de oplosbaarheid hiervan. Maar dan moeten wij bovendien daarbij in beschouwing nemen een anderen factor: de grovere mineralen in de gronden -- vooral die in fractie VI. En het leek ons nu veel beter, het onderwerp voorloopig zoo eenvoudig mogelijk te houden om de punten:

verdeeling — fijnheid — oplosbaarheid zoo scherp mogelijk aan de orde te stellen. Daarom namen wij bij dit onderzoek uitsluitend mergelgronden, welke hoogstens alleen met weinig vulkanisch materiaal zijn vermengd.

Oorzaken voor de betere opneembaarheid van het phosphorzuur eener superphosphaatbemesting op mergelgronden. Hoewel het oorspronkelijke phosphorzuur in onze mergelgronden gemakkelijk oplosbaar is, is toch de opneembaarheid ervan veel kleiner dan die van de phosphorzuurverbindingen, welke in de gronden ontstaan bij bemesting met superphosphaat.

Vroeger wezen wij er reeds op, dat een der redenen ervan kan zijn, dat niet alle monocalciumphosphaat van de meststof in de gronden aanstonds met kalk wordt verzadigd, doch dat een deel ervan in de gronden wordt vastgelegd als bicalciumphosphaat, dat gemakkelijker oplosbaar en mobiler en daardoor gemakkelijker voor de plant beschikbaar en bereikbaar is dan de oorspronkelijke — meer met kalk verzadigde — phosphorzuurverbindingen der gronden. Volgens proeven van A. C. DE JONGH ⁽¹⁾ wordt in mergelgronden phosphorzuur in den beginne slechts zwak gebonden. Bij vermenging van een tweetal mergelgronden — koolzure kalkhoudende Demakklei — met natriumphosphaat (*), vond hij na circa twee weken nog 65—75 % van het in de gronden vastgelegde phosphorzuur in 2 % citroenzuur oplosbaar. Nemen wij aan, dat de rest van het vastgehouden phosphorzuur in zoutzuur oplosbaar was, dan kunnen wij de cijfers vergelijken met de verhouding in onze mergelgronden van P_2O_5 , oplosbaar in 2 % citroenzuur en 25 % zoutzuur, welke verhouding in den regel minder is dan 60 %. Bovendien hebben wij tijdens een proef — welke aanstonds zal worden besproken — kunnen vaststellen, dat zelfs in een mergelgrond, welke rijk aan koolzure kalk is, van het phosphorzuur, daarin uit superphosphaat vastgehouden, de helft weer met water kan worden uitgeloozd — hetgeen met het oorspronkelijke phosphorzuur in de mergelgronden niet het geval is. Immers vonden wij bij ons fractiegewijze onderzoek vóór en na het slibben in mergelgronden dezelfde hoeveelheden van de plantenvoedingsstof. Er is

(1) A. C. DE JONGH: M.i. Over een tweetal nieuwe factoren bij grondanalyse. I. Vastlegging van fosphaat-mest door den grond. Verslag van de tweede vergadering van het Technisch personeel van de Particuliere Proefstations, enz. Batavia. 1914. p. 12—21.

A. C. DE JONGH: The locking up of phosphate fertilizers in Java soils: Internationale Mitteilungen für Bodenkunde. 1914. p. 1—14 (overdruk).

*) Waarom hier geen calciumphosphaat is gebruikt is een raadsel. Immers zijn aan het gebruik van natriumphosphaat bezwaren verbonden.

dus in oplosbaarheid van „oude” en „nieuwe” phosphorzuurverbindingen in mergelgronden een vrij groot verschil, waartegenover de plant zeker niet onverschillig zal staan. Aan dat verschil kan ongetwijfeld het betere rendement van een superphosphaatbemesting op de gronden worden toegeschreven.

Er is tusschen de twee groepen van phosphorzuurverbindingen echter nog een ander belangrijk verschil. In de fijne deelen van de mergelgronden komt namelijk --- zooals later uitvoerig zal worden besproken --- vrij veel kalk voor, welke vrij gemakkelijk oplosbaar is. Komt met deze kalk monocalciumphosphaat in aanraking, dan zal deze phosphorzuurverbinding met die kalk vormen minder oplosbare kalkverbindingen --- zooals bicalciumphosphaat en tricalciumphosphaat. In de gronden komen ook grove kalkverbindingen voor. Deze zijn echter veel minder gemakkelijk oplosbaar en werkzaam en in den regel meer verspreid aanwezig. Hoofdzakelijk zal dus het phosphorzuur uit het in water oplosbare superphosphaat bij zijn circulatie door den grond fijne kalkdeelen ontmoeten en op die deelen worden vastgelegd --- dus in fijnen toestand worden gebonden. Daarentegen is het oorspronkelijke phosphorzuur in de gronden grootendeels in groven toestand en slechts voor een klein deel in fijnen toestand aanwezig, zoodat het minder gemakkelijk voor de plant opneembaar is dan de nieuw-gevormde phosphorzuurverbindingen. Ook hierdoor zal het rendement van laatstbedoelde verbindingen in de mergelgronden hooger zijn dan van het oorspronkelijke phosphorzuur (**Voelcker.**)

Eenigszins kan het verschil in fijnheid van de twee groepen van phosphorzuurverbindingen worden geëlimineerd door te vergelijken het rendement van het superphosphaat met dat van uitsluitend het „fijne phosphorzuur” in de gronden, waarbij wordt aangenomen, dat het „groeve phosphorzuur” in de gronden totaal onwerkzaam is. Wij krijgen dan de volgende cijfers nader te bekijken:

	RENDEMENTSCIJFERS van het			
	oorspronkelijke „fijn phosphorzuur”		phosphorzuur in superphosphaat	
	sawahrijst	suikerriet	sawahrijst	
1. A. Phosphorzuurarme Oude mergelgronden:	10—20	30—40	40—50	40
B. Phosphorzuurrijke Oude mergelgronden:	—	20	7½—15	—
2. Jonge mergelgrond:	5			20

De rendementen van de twee groepen van phosphorzuurverbindingen naderen elkaar thans veel meer — en vooral bij beplanting

der gronden met suikerriet, welk gewas, verbouwd op Europeesche wijze, het phosphorzuur beter uit den grond kan opnemen dan rijst, verbouwd op de Inlandsche manier. Blijkbaar is dus werkelijk een der oorzaken van de geringere opneembaarheid van het oorspronkelijke phosphorzuur in de gronden zijn deels grove toestand.

Schakelen wij de mergelgronden sub B uit, dan zien wij echter ook, dat in de overige mergelgronden superphosphaat toch nog beter opneembaar is dan het oorspronkelijke „fijne phosphorzuur”. Er moeten dus nog andere oorzaken zijn voor de geringere rendabiliteit van het oorspronkelijke phosphorzuur in de mergelgronden dan alleen het voorkomen van een deel van dat phosphorzuur in groven toestand. Als één daarvan noemden wij reeds de gemakkelijker oplosbaarheid van het phosphorzuur, dat in de gronden uit superphosphaat wordt vastgelegd — hetgeen evenzeer geldt tegenover de fijne phosphorzuurverbindingen der mergelgronden, waarvan een klein deel dikwijls zelfs in iets moeilijker oplosbaren vorm schijnt voor te komen dan de grovere phosphorzuurverbindingen. Verder is nu bovendien in aanmerking te nemen, dat van het fijne oorspronkelijke „phosphorzuur” in de gronden een — zij het ook klein — deel in minder fijnen toestand — in fractie VIII of IX — aanwezig is. Ook dit kan de reden ervan zijn, dat het superphosphaat nog beter opneembaar is dan het „fijne phosphorzuur” in de gronden.

In de gronden sub B is het rendement van een superphosphaatbemesting bij beplanting met suikerriet bijzonder laag uitgevallen, zoodat het niet is uitgesloten, dat dit gewas de met de bemesting toegediende, beschikbare hoeveelheid plantenvoedingsstof niet heeft kunnen verwerken, omdat deze in overmaat aanwezig was. Ook waren de producties op de gronden reeds zonder een phosphorzuurbemesting hoog, zoodat de kans groot is, dat de werking van de phosphorzuurbemesting op de gronden werd geremd — luxe-consumptie buiten beschouwing gelaten — door andere factoren, welke bij een hooger product in het minimum geraakten. Anders is niet te verklaren, hoe het komt, dat het rendement van een superphosphaatbemesting op de phosphorzuurrijke Oude mergelgronden zelfs lager is dan dat van het „fijne phosphorzuur”. In elk geval is op de gronden te streven naar een nuttiger gebruik van een phosphaatbemesting, of door vermindering van de hoeveelheid mest, of door verbetering van de culturomstandigheden.

Hetzelfde zou ook kunnen worden opgemerkt ten aanzien van de phosphorzuurbemesting op den grond van Glonggong, waarvan het

nuttige effect kleiner bleek dan bij de Oude mergelgronden. Er is bij dezen grond echter bovendien op een anderen factor te letten, welke oorzaak kan zijn van het betrekkelijk lage rendement van het superphosphaat.

Vastlegging van phosphorzuur aan grove koolzure kalk. Zooals bekend, is de grond van Glonggong — in tegenstelling met de andere mergelgronden, waarvan wij de kalk-

concreties, welke practisch van geen belang zijn, buiten beschouwing laten — rijk aan grove deelen koolzure kalk, terwijl van deze kalk in de fijne deelen van den grond slechts een kleine hoeveelheid aanwezig is. Bij circulatie door den grond zal superphosphaat onder die omstandigheden met veel grove deelen koolzure kalk in aanraking komen en op die grove deelen worden vastgelegd, waarmede het phosphorzuur buiten het gemakkelijke bereik van de plantewortels zal zijn terechtgekomen.

In een proef werd 100 gram van den grond van Glonggong gedurende zes dagen met een oplossing van 0.1 gram dubbel-superphosphaat (D.S.) in 500 c.c. water samengebracht en elken dag gedurende 4 uur in een roteermachine geschud. Daarna werd de vloeistof boven den bezonken grond afgeheveld, de grond op een dicht filter gebracht, vervolgens aan de lucht te drogen gelegd en — na luchtdroog te zijn geworden — geslibd. Van de fracties werd de hoeveelheid in zoutzuur oplosbaar phosphorzuur bepaald en op de gewone wijze (zie p. 77-78) werden berekend de hoeveelheden phosphorzuur in den grond, aanwezig in zijn verschillende fracties. Hierbij is in aanmerking te nemen, dat de slibanalyse door het opschudden van den grond met een oorspronkelijk zure oplossing van dubbel-superphosphaat eenigszins andere resultaten gaf dan tevoren. De uitkomsten van de proef waren:

	I—V	VI	VII	VIII	IX	X	Fijn-aarde
a. Na opschudden met D.S.	0.009	0.009	0.019	0.022	0.018	0.008	0.085
b. Zonder opschudden met D.S.	0.006	0.009	0.015	0.018	0.013	0.006	0.066
a — b	0.003	0.000(*)	0.004	0.004	0.005	0.002	0.018

Volgens de cijfers — welke in verband met de verschillende uitkomsten van de slibanalysen slechts in ruwe trekken vergelijkbaar zijn (*) — kan in den grond bij een zeer goede vermenging met zeer

(*) Het phosphorzuurgehalte van fractie VI, vóór en na het opschudden met dubbel superphosphaat was 0.108 % resp. 0.156 %. De verschillen zijn

veel dubbel-superphosphaat (circa 45 pikol D.S. per bahoe) zelfs veel phosphorzuur in de grove deelen worden vastgelegd. Meer dan 50 % van de hoeveelheid phosphorzuur, welke meer werd gevonden dan oorspronkelijk in den grond zat, bleek in de gronddeelen grooter dan 2μ te zijn opgenomen.

Aan de fijne deelen van den grond zou volgens de cijfers minder phosphorzuur zijn gebonden. Er werd echter tijdens het slibben niet minder dan 0.019 % P_2O_5 van de 0.038 % P_2O_5 , dat oorspronkelijk door den grond was vastgelegd, weer in water opgelost en zeker uit de fijne gronddeelen meer dan uit de grove deelen van den grond — niet alleen door de gemakkelijker oplosbaarheid van de fijne phosphorzuurverbindingen, maar ook door de veel kleinere hoeveelheid koolzure kalk naast die verbindingen. In de fijne deelen van den grond zou dus, vergeleken bij de grovere deelen, minder phosphorzuur zijn bepaald dan oorspronkelijk daarin was vastgelegd, zoodat de proef ons geen volledig beeld kan geven van de verdeeling van de uit superphosphaat gevormde phosphorzuurverbindingen in den grond.

Intusschen is er wel uit te leeren, dat — globaal beschouwd — in den grond dáár het meeste phosphorzuur in niet in water oplosbaren vorm is vastgelegd, waar de meeste koolzure kalk aanwezig is. Dit is te zien aan de volgende cijfers, welke met betrekking tot het phosphorzuur aangeven de toeneming van het gehalte aan phosphorzuur van de fracties van den grond van Glonggong, na opschudden met een oplossing van dubbel-superphosphaat.

	I-V	VI	VII	VIII	IX	X
CaO als $CaCO_3$	9.85	16.46	13.04	4.50	1.59	0.55
P_2O_5 uit D.S. vastgelegd	0.077	0.048	0.039	0.013	0.014	0.004

bij de berekening weggevallen door de verschillen in de hoeveelheden fractie VI, vóór en na de proef. Vóór de proef bedroeg het gehalte van den grond aan fractie VI 8.3 % en na de proef 5.8 % — dus belangrijk minder. Vóór en na de proef waren de uitkomsten der slibanalysen:

	I-V	VI	VII	VIII	IX	X
Vóór opschudden met D.S.	5.2	8.3	19.7	27.3	27.8	11.7
Na opschudden met D.S.	4.8	5.8	16.9	27.3	31.3	13.9

Aan grovere deelen is de grond tijdens de proef armer geworden, vermoedelijk door uiteenvallen van grovere stukjes koolzure kalk bij inwerking van phosphorzuur en vorming van fijn tricalciumphosphaat. Opvallend is, dat de grond voornamelijk armer is geworden aan de fracties met de meeste koolzure kalk.

In de zandfractie is — ondanks minder koolzure kalk — meer phosphorzuur in niet in water oplosbaren vorm vastgelegd. Misschien is de reden hiervan, dat er in die fractie gemiddeld fijnere koolzure kalk aanwezig is dan in de stoffracties (vergelijk pagina 72) en de kalk daardoor werkzamer is. Door de overmaat van kalk in de zandfractie zal het daar gevormde „fijnere phosphorzuur” in water minder oplosbaar zijn dan het phosphorzuur in de fijne gronddeelen. In elk geval is uit de cijfers op te maken, dat ook de grove deelen koolzure kalk van den grond van Glonggong phosphorzuur in sterke mate kunnen vastleggen.

Tevens is uit de proef te concludeeren, dat een deel van het door den grond uit superphosphaat opgenomen phosphorzuur — in ons geval 50 % — zelfs in zeer kalkrijke gronden aanvankelijk in water oplosbaren vorm wordt vastgelegd — in welken vorm de plantenvoedingsstof, zooals gezegd, gemakkelijker voor de plant toegankelijk zal zijn dan het oorspronkelijke phosphorzuur in den grond.

Vanzelfsprekend zijn de resultaten van de proef niet zonder meer op de practijk over te dragen, omdat o.a. de hoeveelheid meststof, in de proef gebruikt, abnormaal groot was en een zoo volledige inwerking van mest en grond, als in de proef, op het veld nooit plaats heeft. Desalniettemin toonen die resultaten toch wel voldoende aan, dat bij bemesting met dubbel-superphosphaat van gronden met veel grove deelen koolzure kalk er een deel van het fosphaat door de grove gronddeelen — meer in het bijzonder door de grove deelen koolzure kalk — kan worden opgenomen en daarmee buiten het gemakkelijke bereik van de plant kan worden vastgelegd. En dit kan aanleiding geven tot een lager rendement van een phosphorzuurbemesting.

Of in de proeven van Glonggong nu wel zooveel superphosphaat door de grove kalkdeelen is opgenomen, dat hoofdzakelijk daardoor het rendement van de meststof lager is uitgevallen, is een vraag, welke eerst na jarenlange bemesting en daardoor ophooping van phosphorzuur in den grond kan worden beantwoord. Het is n.l. onmogelijk om in gronden de verdeeling van de gebruikelijke hoeveelheid dubbel-superphosphaat — 1—2 pikol per bahoe, uitmakende slechts 0.001—0.002 % P_2O_5 van den grond — analytisch na te gaan. Anders hadden wij in onze proef niet van te groote hoeveelheden phosphorzuur behoeven uit te gaan. Eerst op den duur is op te sporen, waar zich het phosphorzuur, dat in den grond is achtergebleven, heeft opgehoopt. Alleen kan nog wel worden opgemerkt, dat de voorwaarden voor het samentreffen van grove deelen koolzure kalk met superphosphaat in de proeven van Glonggong zeer gunstig waren. Niet alleen is in den grond veel meer grove

kalk voorhanden dan fijne kalk, doch bovendien zijn de proeven genomen bij sawahrijst, waarbij gewoonlijk de meststof op het veld wordt uitgestrooid — en zij dus niet, zooals meestal bij suikerriet, plant voor plant wordt gegeven — en een dag of twee daarna het veld onder water wordt gezet, zoodat het superphosphaat zich dan goed door den grond kan verspreiden.

De zaak is ook van algemeen belang, omdat eruit is te leeren, dat bij bemesting van kalkrijke gronden met superphosphaat niet alleen op de fijnere deelen koolzure kalk is te letten, maar ook op de grove deelen koolzure kalk, zoo zij in de gronden voorkomen. In verband hiermede mag een onvoldoende werking eener superphosphaatbemesting op kalkrijke gronden niet zonder meer worden toegeschreven alleen aan een minder gemakkelijke oplosbaarheid van de phosphorzuurverbindingen in tegenwoordigheid van kalk: welke oorzaak in hooge mate afhankelijk is van de fijnheid van de kalk — doch moet ook de mogelijkheid worden opengelaten, dat van een en ander de schuld kan zijn een vastlegging van phosphorzuur in den grond in een groven, moeilijk oplosbaren en bereikbaren toestand.

Nog in een ander opzicht kan in gronden koolzure kalk — ook in groven toestand — voor de opneembaarheid van phosphorzuur na-deelig zijn. Zooals gezegd, is het niet onmogelijk, dat door een zware bemesting met zwavelzure ammoniak het phosphorzuur in den grond wordt gemobiliseerd. Volgens de opvatting van ABERSON ⁽¹⁾ zou bij nitrificatie van ammoniak de kalk uit de fosphaatmoleculen van den grond kunnen worden verbruikt om het gevormde salpeterigzuur te neutraliseeren, waarbij dan het phosphorzuur in gemakkelijker oplosbaren vorm als monocalciumphosphaat dan wel als bicalciumphosphaat zou achterblijven. Bij veel koolzure kalk in den grond zal echter voor die neutralisatie evengoed, of zelfs nog beter, koolzure kalk kunnen dienen, zoodat dan minder fosphaat zal oplossen. Wel zal er daarentegen meer kalk in oplossing gaan en hierdoor de oplosbaarheid van het phosphorzuur zelfs kunnen worden gedrukt. In het algemeen is dus op kalkrijke gronden — zooals in ons geval op den grond van Glonggong — een minder gunstige invloed eener zwavelzure ammoniakbemesting op de opneembaarheid van phosphorzuur te verwachten, dan op gronden, welke weinig of geen koolzure kalk bevatten. Hiertoe kunnen wij de overige besproken mergelgronden rekenen.

(1) J. H. ABERSON: Loc. cit. 1922. p. 16.

V. DE BEOORDEELING VAN DE PHOSPHORZUURVOOR- ZIENING VAN DE MERGELGRONDEN VAN JAVA EN HAAR BELANG VOOR HET GRONDONDERZOEK.

De gewone weg om door scheikundig onderzoek een oordeel te krijgen van de phosphorzuurvoorziening van een grond is, van dien grond te bepalen den „voorraad” phosphorzuur en de hoeveelheid gemakkelijk oplosbare phosphorzuurverbindingen. Bovendien is dan ook van de oplosbaarheid der phosphorzuurverbindingen in den grond een indruk te krijgen, welke voor de beoordeeling mede van belang kan zijn.

Deze wijze van onderzoek — waarvan de grondslagen zijn gelegd door LIEBIG en DYER — is voor de practijk in vele gevallen voldoende gebleken. Maar er zijn ook zeer veel gevallen, waarin zij heeft gefaald.

Een dier gevallen hebben wij hier behandeld voor de mergelgronden. In deze gronden zijn de phosphorzuurverbindingen zeer goed oplosbaar, vergeleken bij andere gronden (LEMMERMANN). En bovendien bevatten deze gronden van die gemakkelijk oplosbare phosphorzuurverbindingen een groote hoeveelheid (DYER). Daarnaast is ook de „voorraad” phosphorzuur goed. Er was dus geen enkele reden om op die gronden phosphorzurgebrek te verwachten. En toch bleken zij voor een phosphorzurbemesting gevoelig.

Er moesten dus behalve de drie genoemde factoren, die bij het grondonderzoek als regel worden nagegaan, nog andere factoren zijn, die de opneembaarheid van phosphorzuurverbindingen in een grond bepalen.

Een dier factoren kan — in het algemeen besproken — zijn: de aanwezigheid van koolzure kalk in den grond (HALL). Maar bij mergelgronden kan zij geen rol van eenig belang spelen. De geringe opneembaarheid der gemakkelijk oplosbare phosphorzuurverbindingen werd bij deze gronden namelijk ook aangetroffen bij afwezigheid van koolzure kalk — althans van werkzame koolzure kalk. En al kwam eens in de gronden werkzame koolzure kalk voor, dan bleek het ons nog onmogelijk, die geringe opneembaarheid van het phosphorzuur alleen aan de aanwezigheid van deze koolzure kalk toe te schrijven.

De oorzaak van de afwijking lag elders — namelijk in de grove

verdeeling van de phosphorzuurverbindingen in de mergelgronden.

In dergelijke kleigronden komen grove korrels alleen verspreid hier en daar in de kleimassa voor. Daardoor zijn die korrels voor de plant moeilijk bereikbaar. En dan zijn bovendien grove korrels — zoowel in leem- en kleigronden als in zavel- en zandgronden — minder gemakkelijk oplosbaar en beschikbaar dan fijne korrels. Grove korrels hebben namelijk bij dezelfde massa een veel kleiner oppervlak dan fijne korrels, waardoor zij met het water in den grond en met de wortels der planten minder aanraking zullen hebben. Fijne korrels liggen meer door den geheelen grond verdeeld en bieden aan het water in den grond en aan plantenwortels een grooter oppervlak voor aanraking. Zij zullen dus veel gemakkelijker oplosbaar en beschikbaar en meer bereikbaar en derhalve beter opneembaar zijn.

Fijnheid en verspreiding van de phosphorzuurverbindingen bleken bij de phosphorzuurvoorziening van mergelgronden zeer belangrijke eigenschappen te zijn. Maar haar belangrijkheid zal niet tot de mergelgronden beperkt zijn. **De eigenschappen zullen in elken grond op de opneembaarheid van het phosphorzuur van invloed zijn.**

Immers is in elken grond die opneembaarheid afhankelijk van de meer of minder gemakkelijke oplosbaarheid — n.l. de oplossingsnelheid — en bereikbaarheid van de plantenvoedingsstof. En deze factoren hangen af van de fijnheid en van de verspreiding der phosphorzuurverbindingen.

Zonder die factoren mede in beschouwing te nemen, is een onderzoek van de phosphorzuurvoorziening van gronden onvolledig.

Volgens LEMMERMAN c.s. kunnen wij ons wel eenigszins op de hoogte stellen van de samenstelling — en meer in bijzonder van de oplosbaarheid — van de phosphorzuurverbindingen in een grond. En volgens KOBUS en MARR e.a. kunnen wij ook van de hoeveelheid dier verbindingen, voorzover zij voor de plant van belang zouden kunnen zijn, een indruk krijgen. Tenslotte kunnen wij volgens DYER ons nog eenig idee vormen van de hoeveelheid gemakkelijk oplosbaar phosphorzuur in een grond.

Maar op grond van deze factoren — zonder meer — kunnen wij ons over de **beschikbaarheid** van het phosphorzuur in een grond nog geen voldoende oordeel vormen. Hiervoor is dan nog noodig, na te gaan de gemakkelijkerheid, waarmede de verbindingen in oplossing kunnen gaan — dus de oplossingssnelheid dier verbindingen — en de gemakkelijkerheid, waarmede de plantenwortels die verbindingen

kunnen aanraken. En deze factoren hangen samen met de fijnheid van de verbindingen.

Is die fijnheid bekend — en weten wij ook de granulaire samenstelling van een grond — dan kunnen wij ons bovendien een voorstelling maken van de verspreiding der phosphorzuurverbindingen in dien grond. En van die verspreiding is — mede in aanmerking genomen o.a. de physische eigenschappen van den grond — afhankelijk de **bereikbaarheid** van de plantenvoedingsstof.

Beide factoren — oplossingssnelheid en bereikbaarheid — zijn bij het grondonderzoek weinig bekend. Dit is in het bijzonder het geval met de bereikbaarheid. Op allerlei manieren is men aan het probeeren, de hoeveelheid beschikbaar phosphorzuur in een grond te bepalen — kortelings nog met behulp van kiemplanten volgens NEUBAUER en SCHNEIDER.

Maar hebben de onderzoekers zich wel voldoende rekenschap ervan gegeven, dat de beschikbaarheid van een plantenvoedingsstof op zich zelf nog niet is haar opneembaarheid — en dat opneembaar alleen kunnen zijn plantenvoedingsstoffen, welke ook bereikbaar zijn?

Een en ander is mede van belang voor de **koolzure kalk** in gronden — in het algemeen voor die verbindingen in gronden, welke in koolzuurhoudend water moeilijk oplosbaar zijn. Maar voor koolzure kalk is ons onderwerp minder nieuw.

Vóór ons hebben reeds HONDAILLE in Frankrijk en SZILAGYI en TREITZ in Hongarije den invloed van de fijnheid van koolzure kalk op haar werkzaamheid begrepen. En al hebben ook zij den factor: verspreiding daarbij overgeslagen — hun begrippen van „vitesse d'attaque” en „calcaire actif” en „physiologische kalk” waren op zich zelf voor het grondonderzoek nieuw — en zijn het helaas nog.

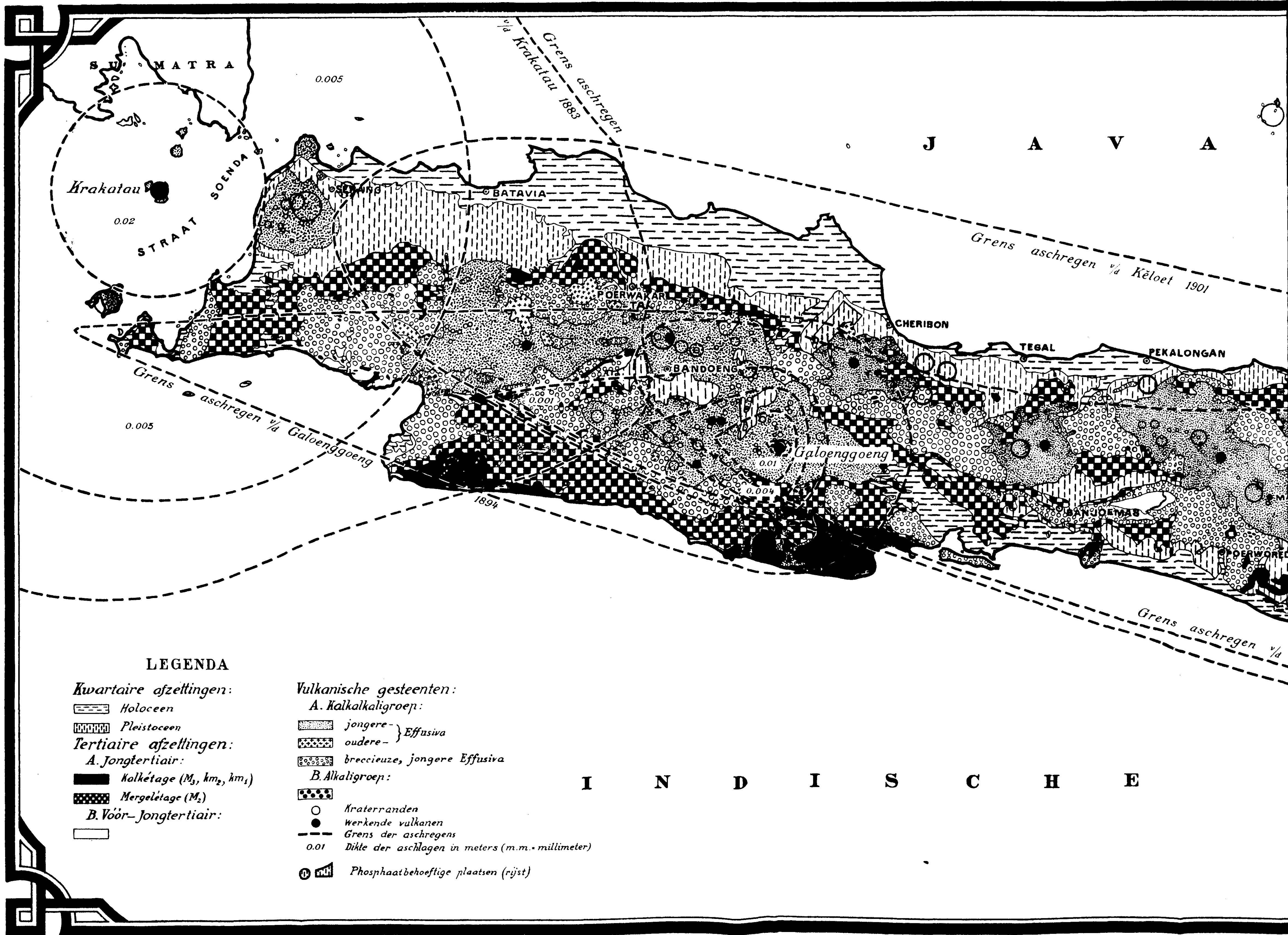
DEN HAAG. 15 November 1926.

INHOUD.

	Blz.
Inleiding	1
Grenswaarden — Afwijkingen — Factoren, die de opneembaarheid van het phosphorzuur in den grond bepalen — De fijnheid en verdeeling van de phosphorzuurverbindingen — Onderzoekingen van SZILAGYI en TREITZ.	
I. Het materiaal van onderzoek.....	20
Jonge mergelgronden — Oude mergelgronden: A. Phosphorzuurarme groep — B. Phosphorzuurrijke groep — Overzicht.	
II. Samenstelling en oplosbaarheid der phosphorzuurverbindingen in de mergelgronden en hare opneembaarheid.....	36
Jonge mergelgronden — Oude mergelgronden: A. Phosphorzuurarme groep — B. Phosphorzuurrijke groep — Het phosphorzuur in de mergelgronden en de daarmee samenhangende vraagstukken.	
III. De bepaling van de fijnheid en verdeeling van phosphorzuurverbindingen in gronden.....	65
Principe — Bezwaren van slibanalysen — Slibanalyse van MOHR — Beschrijving der Methode — Resultaten der slibanalysen — Fijnheid der fracties — Hygroscopieiteit — Grof en fijn phosphorzuur — Uitvoering der fractiegewijze analyses — Koolzure kalk — De verdeeling van de koolzure kalk in den grond van Glonggong.	
IV. Fijnheid en verdeeling der phosphorzuurverbindingen in de mergelgronden en hare opneembaarheid.....	81
Het gehalte aan phosphorzuur van de klei en van het grove materiaal — De samenstelling en oplosbaar-	

heid, de beschikbaarheid en opneembaarheid van het grove en fijne phosphorzuur — De verdeeling van het phosphorzuur in andere gronden — De hoeveelheden grovere en fijnere phosphorzuurverbindingen in de gronden — De verdeeling van het phosphorzuur in de phosphorzuurrijke en phosphorzuurarme mergelgronden en hare beteekenis voor den landbouw.

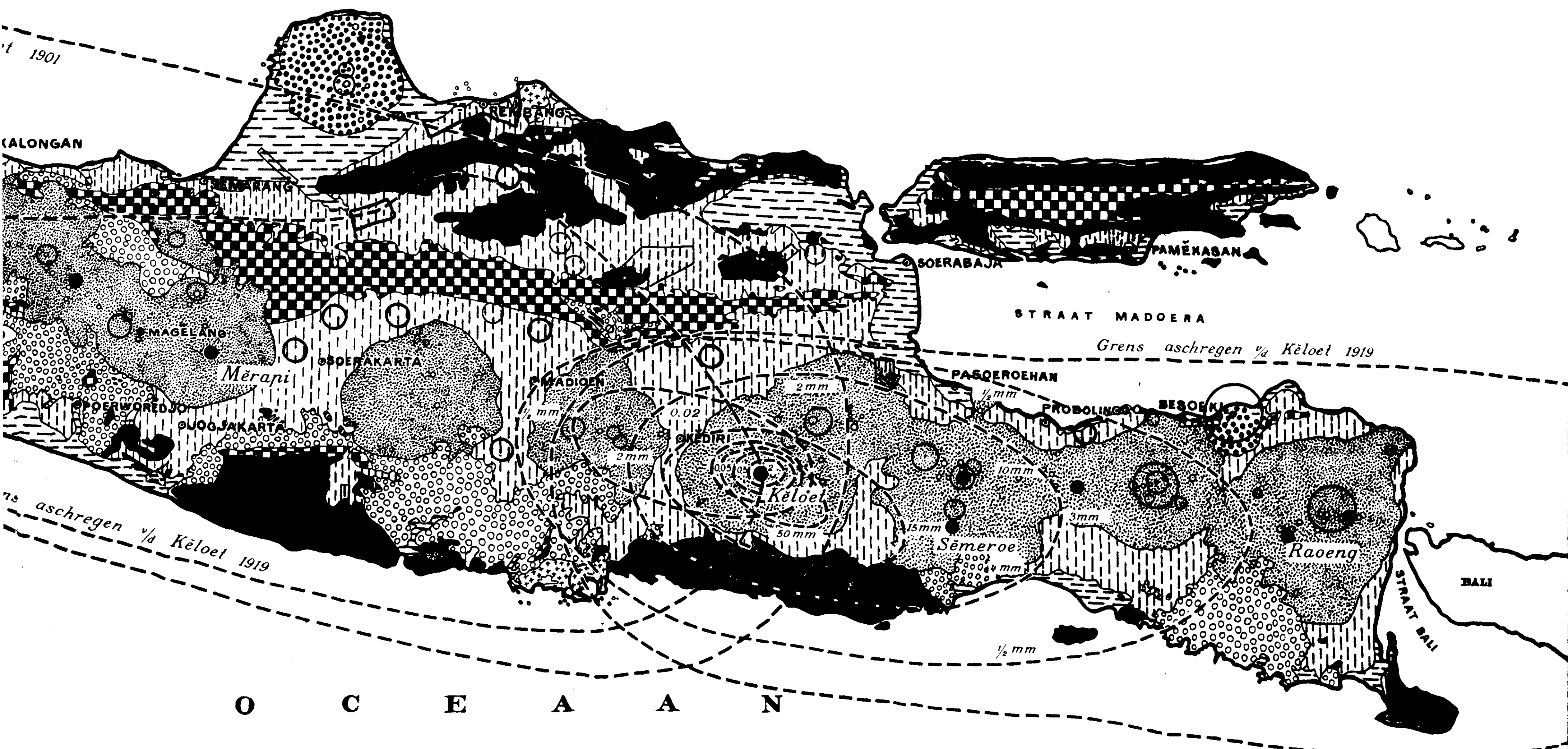
V. De beoordeeling van de phosphorzuurvoorziening van mergelgronden en haar belang voor het grondonderzoek	139
--	-----



(NAAR VERBEEK EN FENNEMA) 1:1.500.000

(NAAR VERBEEK EN FENNEMA) 1:1.500.000

A **Z** **E** **E**



J. Th. White