FIJNHEID EN VERDEELING VAN EEN ALS MESTSTOF TOEGEDIEND NATUURLIJK FOSFAAT

PROEFSCHRIFT
TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN
DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE
OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS
IR. J. H. THAL LARSEN TE VERDEDIGEN TEGEN
DE BEDENKINGEN VAN EENE COMMISSIE UIT
DEN SENAAT DER LANDBOUWHOOGESCHOOL
TE WAGENINGEN OP
VRIJDAG, 1 JULI 1932 TE 15 UUR
DOOR

G. H. A. LEIJENAAR

H. VEENMAN & ZONEN — WAGENINGEN — 1932

Bij het voltooien van dit proefschrift is het mij een aangename taak aan Hoogleeraren van de Landbouwhoogeschool mijn oprechten dank te betuigen voor de leiding, welke ik bij mijne studie in de Landbouwwetenschappen van Hen mocht genieten.

In het bijzonder tot U, Hooggeleerde HUDIG, Hooggeachte Promotor, gaat mijne erkentelijkheid uit voor den steun, welken ik bij de samenstelling van dit proefschrift van U heb mogen ondervinden. Veel dank ben ik U verschuldigd voor de groote welwillendheid, waarmede Gij mij in weerwil van Uwen zeer bezetten tijd toch steeds zijt tegemoet getreden.

U, Hooggeleerde ABERSON, ben ik zeer erkentelijk voor de wijze, waarop Gij bij mij den grondslag hebt gelegd voor het verkrijgen van wetenschappelijk inzicht in de landbouwscheikunde en bemestingsleer.

Het personeel van de vegetatiekas der Landbouwhoogeschool ben ik zeer dankbaar voor de goede zorgen aan mijne cultures besteed. Verder dank ik allen, die mij bij de aan mijn onderzoek verbonden werkzaamheden behulpzaam zijn geweest.

Ten slotte mag ik niet verzuimen mijne vrouw te danken, die mij vooral bij het op schrift stellen van dit proefschrift van zoo groote hulp is geweest en zoovele uren daaraan heeft opgeofferd. Hare medewerking heeft mijne taak inderdaad aanmerkelijk verlicht.

I. INLEIDING

„Es ist ein schwerwiegender Irrthum, wenn man glaubt, dass es nur darauf ankomme, ein Phosphat möglichst fein zu zermahlen, um es schnellwirkend zu machen."

Prof. Dr. PAUL WAGNER: Düngungsfragen, Heft I, 3. Aufl. 1896, p. 11.

Bij het onderzoek van meststoffen en in de bemestingsleer wordt reeds langen tijd zeer veel aandacht geschonken aan de fijnheid van in water onoplosbare meststoffen, waaronder vooral verschillende fosfaten van practisch belang zijn. Aan de fijnheidseischen ligt de gedachte ten grondslag, dat een betere verdeeling door den grond erdoor mogelijk wordt en een grooter aanrakingsoppervlak aan het in den bodem aanwezige oplosmiddel wordt aangeboden. De invloed van de fijnheid op de oplossingssnelheid is feitelijk vanzelfsprekend. In de practijk der chemie wordt die invloed als een bekende manipulatie dagelijks gehanteerd. Ten onrechte spreekt men in de landbouwkunde steeds van een toenemende oplosbaarheid bij toenemende fijnheid van het materiaal. De oplosbaarheid blijft natuurlijk practisch dezelfde, doch de snelheid van oplossen neemt toe, en daarop komt het voor de planten, vooral voor de snelle groeiers, voornamelijk aan.

Oorspronkelijk werd de zeer fijne vermaling dier meststoffen niet zoo zeer toegepast, doch in den laatsten tijd is er een streven geweest om de oplossingssnelheid zoo gunstig mogelijk te beïnvloeden door uiterst fijne maling der producten, zelfs zóó fijn, dat men de colloïdale dispersie bereikt. Zoo zijn verschillende firma's in Europa en Amerika zich op zgn. „colloïde"-maling van ruwe fosfaten gaan toeleggen. Niettegenstaande deze „colloïde"-fosfaten reeds een tiental jaren in den handel zijn, staat nog steeds niet vast, of zij inderdaad wel beter opneembaar voor de planten zijn, dan de op normale wijze behoorlijk fijngemalen ruwe fosfaten. Wel constateerden GEHRING (18) en KLEBERGER (31) bij hun onderzoek naar de werking van het „Kolloïd-Phosphat" van de firma de Haën uit Seelze bij Hannover in sommige gevallen een tamelijk bevredigende werking daarvan, welke in andere

gevallen zelfs verrassend goed was, doch LEMMERMANN (42) kwam daarentegen tot een veel minder gunstig resultaat. EHRENBERG (14) vergeleek gewoon gemalen en op de zgn. „Kolloïdmühle" van Plauson in Hamburg gemalen ruw fosfaat bij lupine en gerst in zandcultures, doch vond slechts nauwelijks bemerkbare verschillen. Toch verklaarde hij in 1930 op den tweeden Superfosfaatdag van de Duitsche Superfosfaatindustrie (15), dat hij het voor denkbaar hield, dat de natuurlijke kalkfosfaten na overbrenging in den fijnsten colloïden toestand voor de planten opneembaar worden, al gaf hij tevens toe, dat de techniek tot dusver niet in staat was deze zuiver physische taak op te lossen. In Zwitserland vond KELLER (30) dat zgn. „colloïdgemalen" Gafsafosfaat op verschillende grondsoorten niet of slechts weinig beter was dan normaal gemalen. TACKE (84) vergeleek op de hoogveengronden van het Königsmoor o.a. „colloïd" en ruw gemalen „de Haën-fosfaat" bij haver. Uit de oogstcijfers en de opgenomen hoeveelheden fosforzuur van deze proef werd geconcludeerd, dat het „colloïde" de Haën-fosfaat niet voordeeliger dan het grover gemalen was geweest. Weliswaar vertoonde het zeer fijne fosfaat in het eerste proefjaar iets betere werking dan het grove, doch in het tweede jaar was de verhouding omgekeerd.

Ook in Amerika wordt er den laatsten tijd op gewezen, dat er nog geen enkel bewijs voorhanden is om aan te toonen, dat „colloïd"-fosfaat meer waarde voor de planten heeft dan normaal fijngemalen fosfaat. Zoo schrijft JACOB (28) in 1931: „A natural finely divided phosphate has recently been placed on the market under the name of „colloïdal-phosphate". This material, which is obtained in connection with the preparation of Florida hard-rock phosphate for the market, usually contains 18–25 % of P_2O_5 and up to 90 % by weight of particles finer than 5 μ in diameter. The material finer than 5 μ contains about 70 % of colloid. No experimental evidence is available to show that this material in the raw state is more ready available to plants than is finely ground phosphate rock."

Het is jammer, dat men zooveel tijd en geld aan de uitvoering der *zeer* fijne maling heeft besteed, want men vergeet hierbij, dat de oplossingssnelheid niet alléén door de fijne maling verhoogd wordt, daar ook de verdeelbaarheid door den grond daarop van invloed is. Dat men in het laboratorium door het roeren of schudden van vloeistof en fijn materiaal zijn doel bereikt door uiterst fijne maling is juist, maar de vraag is, of de uiterst fijne maling ook de verdeeling

door den grond bevordert. Het is zeer wel denkbaar, dat de verdeeling der meststof door den grond beneden een bepaalde fijnheidsgrens niet meer verbetert, en wel, omdat zeer fijn materiaal de onaangename eigenschap heeft te kleven, of anders te stuiven. De verdeeling van de meststof achten wij van een dermate primair belang, dat het noodzakelijk bleek de aangeroerde vraag nader onder de oogen te zien.

Zelfs voor oplosbare zouten blijft een regelmatig uitstrooien van groot belang. Maar omdat wij ons onderwerp beperken moesten, hebben wij ons bepaald tot de onoplosbare meststoffen en wel speciaal nader onderzocht, hoe diverse korrelgrootten van het natuurlijke fosfaat hare werking ten opzichte van de plant na menging met den grond demonstreerden.

Dat voor dit onderzoek het natuurlijk fosfaat gekozen werd, vindt zijn oorzaak in het feit, dat juist deze meststof zeer moeilijk oplosbaar is, ook in CO_2-houdend water, en dus een verschil in werking der diverse korrelgrootten het duidelijkst bij deze meststof moest uitkomen. Het natuurlijke fosfaat werd bovendien vooral ook daarom gekozen, omdat door de keuze der aanvullende bemestingswijzen de vorming van H-ionen in den bodem kan worden bevorderd of tegengewerkt.

Het doel van ons onderzoek betrof dus kort en goed de volgende vraag: moet aan den fijnheidseisch van een onoplosbare meststof een grens worden gesteld, waar beneden een betere werking (verhoogde oplossingssnelheid) niet meer te verwachten is, of bestaat te dien opzichte geen grens?

Al dadelijk kan worden gezegd, dat wij aan het bestaan van die grens niet twijfelden en dat wij a priori van meening waren, dat die grens enkel en alleen door de mengmogelijkheid van de meststof door den grond wordt bepaald.

Bij onze proeven zijn wij echter zoover mogelijk gegaan, d.w.z. ver boven de mogelijkheden van de practijk uit, door nl. alle mengsels, die wij van den grond en fosfaatfracties maakten, zoo goed als met de luchtdroge meststof maar eenigszins mogelijk was uit te voeren. Dit om alle tegenwerpingen ten aanzien van de grondgedachte, die de vraag beheerschte, te voorkomen.

II. ONTWIKKELING EN TEGENWOORDIGE STAND VAN HET VERDEELINGSVRAAGSTUK

In de eerste jaren na het ontstaan van de beendermeelfabrieken was er vooral groote vraag naar de grof gemalen producten. LIEBIG was de groote voorvechter voor het gebruik van fijn beendermeel. In zijn brief aan REUNING van 15 September 1860 (46) laat hij zich over de in dien tijd in den handel zijnde beendermeelproducten als volgt uit: „Sie sehen in England anstatt Knochenmehl eigentlich nur Knochensplitter, auch am Rhein, in Württemberg, Baden und der bayrischen Pfalz werden Sie kein anderes sehen, und feines Knochenmehl, so wie es die Aiblinger Fabrik [1]) den sächsischen Landwirten liefert, würde dort unverkaufbar sein oder ist es tatsächlich. Die Leute wollen sehen, was sie kaufen, und haben darum wenig Vertrauen auf eine Handelsware, deren Güte sie nicht beim Einkauf beurteilen können. Die Aiblinger Fabrik könnte das Zehnfache absetzen, wenn sie grobes Knochenmehl liefern wollte, was natürlich viel wohlfeiler kommt, ich halte aber darauf, dass nur feines fabriziert wird und hoffe, dass die Landwirthe ihren Vortheil, der in der Anwendung von diesem liegt, allmählich erkennen werden."

Het is nog niet eens zoo heel lang geleden, dat een dergelijke mentaliteit in verschillende streken van Nederland bij de boeren heerschte met betrekking tot de kalk-meststoffen. Het stoffijne product werd minder vertrouwd dan de grover gemalen meststof, waarin betrekkelijk groote stukken kalk duidelijk als zoodanig te herkennen waren.

Bepaalde fijnheidseischen werden reeds geformuleerd, toen het thomasslakkenmeel in den handel begon te komen. Bij de waardebepaling daarvan, is de korrelgrootte van het product als eerste punt aan de orde gekomen. WAGNER (92) had reeds in 1885 door proeven vastgesteld in welke mate de werkzaamheid van het product van de fijnheid van maling afhankelijk was en wees in dit verband op de betere verdeeling der fijne deeltjes bij menging van de meststof met den grond. Wanneer hij de waarde van het fijnmeel op 100 stelde, vond

[1]) LIEBIG was financieel geïnteresseerd bij deze fabriek.

hij bij proeven voor het grove meel b.v. slechts 22 bij gerst en 20 bij tarwe. Op een in 1886 te Berlijn gehouden vergadering van natuurkundigen eischte FLEISCHER (volgens WILHELMJ (98)) reeds een garantie van 75 % fijnmeel met een korrelgrootte van 0.03 qmm. WAGNER (91) stelde in 1887 eveneens voor, het slakkenmeel met een zeker minimumgehalte aan fijnmeel in den handel te brengen. De grens tusschen „fijnmeel" en „grofmeel" zou dan door toepassing van de reeds door FLEISCHER aanbevolen koperdraadzeef No. 100 van de Hamburgsche firma Amandus Kahl bepaald worden. Onder bebenaming „fijnmeel" zou tevens moeten worden verstaan, dat dit voor ongeveer 80% uit „stof" bestaat. Dit gedeelte zou dan weer een zeef van zijdegaas met openingen van gemiddeld 0,10 mm moeten passeeren.

Tot op den huidigen dag is deze fijnmeelgarantie bij den handel in thomasslakkenmeel, natuurlijke fosfaten en kalkmergel in gebruik gebleven, met dien verstande, dat men tegenwoordig officieel geen bepaalde eischen meer stelt aan het materiaal, dat eenmaal de fijnmeelzeef gepasseerd is. In ons land geschiedt de bepaling van fijnmeel bij natuurlijke fosfaten, door het geheele monster eerst door een zeef No. 1 met ronde openingen van 1,5 mm middellijn te laten gaan, teneinde er de waardelooze klontjes, die tegen zachte drukking met den vinger bestand zijn, uit te halen. Daarna wordt de rest, na gedurende een half uur bij 100° C. te zijn gedroogd, een kwartier lang machinaal gezeefd op zeef No. 2, een draadzeef van minstens 20 cm middellijn met een onderlingen afstand der draden van 0,17 mm, dus met een grootte der mazen van 0,029 qmm (52).

Het groote verschil in oplossingssnelheid tusschen het fijnme en de grovere korrels, werd in een reeds in 1896 door MÜNTZ en GIRARD (56) gepubliceerde proef van BARRAL en MENIER duidelijk aangetoond. Deze onderzoekers hebben natuurlijk Ardennenfosfaat in kubussen van afnemende afmetingen uiteengelegd en in aanraking gebracht met water, dat met koolzuur verzadigd was, waarbij zij de volgende resultaten verkregen:

	Na 1 uur	
	Opgelost fosfaat mg	Opgelost P_2O_5 mg
Kubussen met een ribbe van 3 mm	4	2
„ „ „ „ „ 2 „	11	5
„ „ „ „ „ 2 „	48	25
Fijnmeel (farine impalpable)	81	42

MÜNTZ (Loc. cit. 1896, p. 529–530) deed soortgelijke proeven met andere oplosmiddelen, zooals 2 %-ig ammoniumoxalaat, 1 %-ig citroenzuur en een normaaloplossing van ammoniumcitraat en verkreeg steeds groote verschillen in opgeloste hoeveelheid P_2O_5. Hetzelfde kan trouwens ook bij veld- en potproeven worden waargenomen. PRIANISCHNIKOW (66) geeft de volgende cijfers van potproeven met een ruw fosfaat op hoogveengrond:

Korrelgrootte	0,5 –1 mm	..... oogst	27 g
„	0,25–0,5 „	..... „	39 g
„	0,1 –0,2 „	..... „	51 g

Een vergelijking van het door de zgn. „thomasmeelzeef" gaande fijnmeel met de afgezeefde grovere fosfaatkorrels door middel van Neubauer-onderzoek had in de laatste jaren nog door RAUSCHER (72) plaats. Deze vond, dat bij Algiersfosfaat uit het fijnmeel viermaal zooveel fosforzuur werd opgenomen, als uit de grovere korrels tot 0,2 mm en had daarbij per bakje niet minder dan 1 g fosfaat (± 280 mg P_2O_5) verstrekt.

Al deze proeven hebben betrekking op nog tamelijk grove deeltjes. Eerst nadat door de publicaties van v. WRANGELL (100, 101, 102) en AEREBOE (1) en de groote economische moeilijkheden in den inflatietijd in Duitschland de aandacht weer op de natuurlijke fosfaten werd gevestigd, is men daar te lande gaan onderzoeken, of er beneden die grens van ongeveer 0,17 mm ook nog niet groot verschil tusschen de werking der in het fijnmeel aanwezige verschillende korrelgrootten zou zijn. Men ging van de gedachte uit, dat steeds verder gaande verkleining der deeltjes de toegankelijkheid van ruwe fosfaten nog in sterke mate zou moeten verbeteren. Niet alleen zou de oplossingssnelheid erdoor worden vergroot, maar er zou ook een betere verdeeling door den grond worden verkregen, waardoor de trefkans van plantenwortel en voedingsstof grooter wordt. De voeding van de plant zou dan minder afhankelijk worden van de samenstelling van het bodemvocht. Een publicatie van COMBER (13) had toen nl. weer de hypothese naar voren gebracht, dat het in oplossing gaan der voedingsstoffen in het bodemvocht misschien in het geheel niet zoo belangrijk was als men wel dacht, daar de planten onafhankelijk daarvan door de organische uitscheidingen der wortels bij directe aanraking oplossend op vaste deeltjes zouden kunnen inwerken en er bij voldoende

fijnheid zelfs mechanische opname van colloïdedeeltjes zou kunnen plaats hebben.

Naar in de inleiding reeds werd vermeld, zijn de met „colloïd" fosfaat verkregen resultaten over het algemeen niet gunstiger, dan zij met normaal fijngemalen fosfaat reeds waren. Toch leerde de slibanalyse, dat de gemiddelde korrelgrootte van het eerstgenoemde product zeer veel fijner was, dan van het laatstgenoemde. Zoo slibde TACKE (Loc. cit. 1926) b.v. „colloïd" en normaal gemalen „de Haënfosfaat" in fracties uiteen. Terwijl het eerste 45,4 % deeltjes $<20\mu$ bevatte, bedroeg het aandeel daarvan bij het laatste 21,8 %. Voor de grove deeltjes >0,2 mm waren de cijfers resp. 1,5 en 38,2 %. Maar was de verdeeling van het zeer fijne product wel beter, dan van het op normale wijze fijngemalen fosfaat? Dit is een zuivere mengingskwestie en over het groote probleem dat het mengvraagstuk oplevert is feitelijk nog niets bekend.

Bij de genoemde onderzoekingen werd steeds slechts het uiterst fijngemalen fosfaat (dat vaak zoo fijn is, dat het niet in zakken, doch in vaten moet worden verzonden) met het normale grover gemalen fosfaat vergeleken. Een systematisch onderzoek, waarbij vooral het door de thomasmeelzeef gaande fijnmeel in opeenvolgende fracties van verschillende korrelgrootte zou moeten worden uiteengelegd, ontbrak voor zoover ons bekend was geheel. Slechts hierdoor zou het eventueel mogelijk blijken te zijn de verschillende tegenstrijdige en afwijkende resultaten, met de „colloïd"-gemalen fosfaten verkregen, te verklaren.

Wel had WHITE (96) reeds aangetoond, dat de toegankelijkheid van zeer fijne fosforzuurverbindingen, zooals deze in de mergelgronden van Java voorkomen, bij regelmatig afnemende korrelgrootte nog steeds beter wordt. De resultaten van diens onderzoek zijn echter niet toepasselijk op de als meststof toegediende natuurlijke fosfaten. In de eerste plaats bevatten de voor WHITE's onderzoek genomen mergelgronden bijna of in het geheel geen fijne deelen koolzure kalk en al waren deze in geringe hoeveelheid aanwezig, dan bestond toch niet die innige band daarvan met het fosforzuur, zooals die bij de zgn. natuurlijke fosfaten voorkomt. In de tweede plaats zullen de fijnste fosfaatdeeltjes in den mergelgrond waarschijnlijk in zoo ideale verdeeling kunnen voorkomen, als door menging van een even fijne meststof met den grond practisch niet bereikbaar is.

Overigens vergete men niet, dat door micro- en macroflora en ook

door de fauna steeds PO_4 in omloop is door vorming en vergaan van eiwitten, zoodat automatisch de verdeeling van het PO_4-ion door den bodem in de natuur al beter en beter wordt. *Dit* is een geheel andere kwestie, dan het *inbrengen* van fosfaatdeelen voor de bemesting, die liefst terstond werkzaamheid moet toonen!

III. SCHEMA VOOR BEHANDELING VAN HET PROBLEEM

Het kwam ons dus wenschelijk voor, het door de thomasmeelzeef gaande fijnmeel van een in water practisch gesproken onoplosbare meststof in opeenvolgende fracties van verschillende korrelgrootte uiteen te leggen en daarvan de bemestingswaarde nauwkeurig na te gaan. Voor dit onderzoek zouden dus kalk- en fosforzuurmeststoffen in aanmerking kunnen komen. Kalk is echter niet zoo geschikt als uitgangsmateriaal, daar deze stof zoowel voedingsstof als regulateur van de bodemreactie is en hierdoor lastige complicaties kunnen ontstaan. Fosforzuurmeststoffen zijn wat dit betreft voor het onderzoek veel geschikter. Wanneer van ruw fosfaat wordt uitgegaan, is dit tevens wel de minst oplosbare van alle bestaande meststoffen. Bovendien bestaat op P_2O_5 de zeer gevoelige zgn. molybdeenblauw-reactie, die bij het onderzoek waarschijnlijk nuttige diensten zal kunnen bewijzen, zoodat ruw fosfaat alleszins de voorkeur verdient.

Ook was kalk onbruikbaar, omdat bij de bepaling van het door de planten opgenomen deel allerminst het gevonden gehalte enkel en alleen afkomstig zal zijn of beheerscht zal worden door de variatie in kalkgiften. Bij fosforzuurbemesting is dit verband, zoo niet absoluut zeker, dan toch wel aan het zekere grenzende.

Om alle factoren zooveel mogelijk in de hand te hebben, zou de opneembaarheid der verschillende fracties van het ruwe fosfaat in zandcultures moeten worden nagegaan. Bij dit experiment zullen wij ook nog op moeilijkheden stuiten, aangezien de opneembaarheid van het fosfaat niet alleen van de verdeeling afhankelijk is, maar vooral ook door de chemische factoren, die de oplosbaarheid beïnvloeden, wordt beheerscht.

Nu ligt het voor de hand te veronderstellen, dat bij betere verdeeling van het fosfaat door den grond de plant voor de fosforzuuropname minder afhankelijk zal worden van het P_2O_5-gehalte van het bodemvocht, daar de trefkans tusschen plantenwortel en fosfaatdeeltje erdoor wordt vergroot. De tegenstrijdige resultaten met het „colloïd"-fosfaat zouden dan misschien kunnen zijn ontstaan, door-

dat in het ééne geval de omstandigheden gunstig waren voor het in oplossing gaan van fosforzuur, waardoor het verschil in werking tusschen „colloïd" en normaal gemalen fosfaat slechts zeer gering was, terwijl bij veel beter werking van het uiterst fijne product misschien zeer vele factoren de oplosbaarheid van het fosforzuur zoozeer hadden doen verminderen, dat uit de grovere korrels slechts weinig P_2O_5 kon worden opgenomen.

Het zijn vooral de waterstof- en calcium-ionen, die op de oplosbaarheid van ruw fosfaat van invloed zijn. THOMAS (86) drukt het verband als volgt uit: de oplosbaarheid $s = \int \frac{H^+}{Ca^{++}}$. Het Ca-ion zullen wij met het ruwe fosfaat uit den aard der zaak in de zandcultures invoeren. Wij zullen ons dus eerst ervan moeten vergewissen, of de verhouding tusschen CaO en P_2O_5 in de verschillende fracties van het ruwe fosfaat wel constant is. Het natuurlijk fosfaat zal echter ook nog $CaCO_3$ bevatten, waardoor de pH van het bodemvocht weer wordt beïnvloed. De verhouding tusschen CO_2 en P_2O_5 in de fracties zal dus eveneens gecontroleerd moeten worden.

Doordat aan de zandcultures nog andere voedingsstoffen moeten worden verstrekt, zal de reactie van het bodemvocht in hooge mate ook ervan afhangen in welken vorm deze worden toegediend. Nu is men vooral door de onderzoekingen van PRIANISCHNIKOW op het spoor gekomen van een zeer gemakkelijk te hanteeren factor, welke in sommige extreme gevallen ruwe fosfaten nagenoeg geheel onoplosbaar doet zijn, nl. de aard der stikstofbemesting. Daar het interessant zal zijn om het gedrag der verschillende fracties zoowel bij goede, als bij slechte oplosbaarheidscondities na te gaan, zal daarvoor van deze secundaire werking der stikstofmeststoffen zeer goed kunnen worden gebruik gemaakt.

Het veranderen van de concentratie der waterstofionen zou natuurlijk ook op andere wijze kunnen worden bereikt. In Amerika gaat men zelfs zoover, dat men op sommige gronden volgens het procédé van LIPMAN (47, 48) met het natuurlijk fosfaat tevens poedervormige zwavel uitstrooit. Van de oxydatie daarvan door micro-organismen in den bodem wordt dan gebruik gemaakt, om het gemalen fosfaat beter oplosbaar te maken. In Rusland tracht men dit resultaat door menging van het fosforietmeel met gips (MICHALOWSKI (55)) of met turf (ROSANOW (75), LOGWINOWA (49)) te bereiken, terwijl men in Frankrijk beproeft de oplosbaarheid van het ruwe fosfaat door men-

ging met $NaHSO_4$ te verbeteren (TONATTIER-LHOMME (87)). Door al deze methoden worden echter hinderlijke complicaties veroorzaakt, welke wij kunnen vermijden door van de secundaire werking der stikstofmeststoffen gebruik te maken. De voorwaarden voor den plantengroei zijn dan overigens zoo gelijk mogelijk, hetgeen ook niet zou kunnen worden gezegd van een regeling der oplosbaarheid van het fosfaat door middel van Ca-ionen.

Alvorens van de stikstofbemesting voor regeling der oplosbaarheid van het natuurlijk fosfaat gebruik te maken, zullen wij aan de hand van het daarover tot dusver geschiede onderzoek nagaan, in hoeverre en op welke wijze deze factor voor het door ons beoogde doel dienstbaar gemaakt kan worden.

IV. DE INVLOED DER STIKSTOFBEMESTING OP DE OPLOSBAARHEID VAN HET FOSFORZUUR

In een in 1858 verschenen geschrift (45) wijst LIEBIG in een gedeelte, dat den titel draagt „Ueber das Verhalten des Chilisalpeters, Kochsalzes und des schwefelsauren Ammoniaks zur Ackerkrume", en dat ook reeds in de „Annalen" van het jaar 1847 was gepubliceerd, als eerste erop, dat de werking van zwavelzure ammoniak niet uitsluitend een stikstofwerking is, doch dat dit zout eveneens zeer belangrijke nevenwerkingen uitoefent, zooals het oplosbaar maken van moeilijk oplosbare fosfaten. Zoo zegt hij op p. 48 daarvan: „Das schwefelsaure Ammoniak, so wie andere lösliche Ammoniaksalze besitzen das Vermögen, die phosphorsauren Erdsalze in Wasser löslich zu machen, ähnlich, wie diess durch Wasser geschieht, welches eine gewisse Quantität Kohlensäure enthält. Wir kennen keinen anderen Weg, durch welchen die phosphorsauren Erdsalze in den Theilen der Ackerkrume verbreitet werden, als wie durch die Vermittelung des kohlensauren Wassers, und wir erklären daraus eine der vorzüglichsten Wirkungen des Humus oder der verwesenden organischen Substanzen, weil diese eine Quelle von Kohlensäure darstellen, welche die Luft in der Ackererde und das sie benetzende Regenwasser an Kohlensäure bereichern. In dieser Wirkung können offenbar die Ammoniaksalze die organischen Substanzen ersetzen, da sie die Löslichkeit eben dieser Pflanzennahrungsmittel im Wasser gleichfalls zu erhöhen vermögen."

Na het nemen van oplosbaarheidsproeven komt LIEBIG dan tot de conclusie (Loc. cit. 1858, p. 52), dat 100 kg zwavelzure ammoniak een zelfde oplossend vermogen voor tricalciumfosfaat heeft, als 4720 liter koolzuur, dat in water is opgelost.

Deze oplossende werking wordt later ook door andere onderzoekers waargenomen. Zoo schrijft b.v. WARINGTON (94), dat daardoor in sommige gevallen in de practijk werkelijk voordeel behaald wordt en hij staaft dit door proeven van JAMIESON aan te halen over het effect van verschillende fosfaatbemestingen op rapen. Daarbij was Chili-

salpeter beter dan zwavelzure ammoniak, wanneer superfosfaat werd gebruikt, maar het omgekeerde was het geval wanneer als fosfaat gemalen coprolithen werden genomen. Deze proeven werden later door WHEELER en ADAMS (95) besproken, die van meening schijnen te zijn, dat met aluminium- en ijzerfosfaten, in plaats van calciumfosfaten, resultaten zouden zijn verkregen, waaruit juist het tegendeel zou blijken.

De onderzoekingen in het begin dezer eeuw van PRIANISCHNIKOW (60, 61, 62, 63) en KOSSOWITSCH (33, 34, 36) zijn echter vooral klassiek met betrekking tot den invloed van ammoniakverbindingen op het nuttige effect der fosforzuurbemesting. Uit hunne eerste proeven met ruwe fosfaten was duidelijk gebleken, dat sommige planten, b.v. boekweit, lupine, erwten, mosterd en hennep, het fosforzuur daaruit in deze volgorde meer of minder gemakkelijk kunnen opnemen, terwijl er andere zijn, die dat niet uit eigen kracht, dus zonder toedoen van de ontsluitende werkzaamheid van den grond, kunnen doen. Van deze laatste categorie zijn de granen de typische vertegenwoordigers. TRUOG (88, 89) trachtte voor dit uiteenloopend gedrag een verklaring te vinden en wees op het verband dat bestaat tusschen het calciumgehalte der planten en haar vermogen om onoplosbare fosfaten op te nemen. CHIRIKOW (12) nam aan, dat de planten goed kunnen groeien op fosforiet, als de normale moleculaire verhouding tusschen CaO en P_2O_5 in de plantenasch grooter is dan 3. Later kwam hieruit de zgn. kalk-fosforzuurfactor van v. WRANGELL voort (Loc. cit. 1920, p. 209).

Intusschen hadden de zandcultures in 1900 en 1901 van PRIANISCHNIKOW duidelijk aangetoond, dat bij gebruik van ammoniumsulfaat of ammoniumnitraat als stikstofbron het ruwe fosfaat zelfs voor granen toegankelijk wordt. KOSSOWITSCH (35) en eenige andere onderzoekers deden soortgelijke proeven met NH_4NO_3 onder geheel steriele omstandigheden met hetzelfde resultaat, zoodat de oorzaak niet alleen in mogelijke nitrificatie van de ammoniakstikstof moet worden gezocht. De proeven van PRIANISCHNIKOW werden bovendien spoedig herhaald en bevestigd door SÖDERBAUM (80, 81), v. SEELHORST (79), SEBELIEN (78), BÖTTCHER (7) en eenige andere onderzoekers.

De omstandigheden maakten, dat eerst tijdens den wereldoorlog, toen er allerwege aan kunstmatige meststoffen een tekort ontstond, de grootste aandacht op de onoplosbare fosfaten en de oplossende

werking der ammoniumzouten werd gevestigd. In Italië trachtte men onoplosbare natuurlijke fosfaten door gloeien met kalk in een voor planten beter toegankelijke fosforzuurverbinding om te zetten. Zoo ontstond het zgn. „Tetrafosfaat", dat op eenigszins zure gronden inderdaad goede resultaten opleverde. HUDIG en MEIJER (24) vergeleken in zandcultures de werking van dit nieuwe fosfaat met de andere bekende calciumfosfaten. Inderdaad bleken Algiers-, Ootmarsum- en Tetrafosfaat bij bemesting met NH_4NO_3 even goede P_2O_5-bronnen voor haver te zijn, als de chemisch zuivere primaire, secundaire en tertiaire calciumfosfaten, terwijl zij bij bemesting met $NaNO_3$ zeer slechte resultaten gaven.

Ook in Duitschland gaven de groote economische moeilijkheden na den oorlog aanleiding tot het propageeren van een nieuw bemestingssysteem, dat gebaseerd was op de fosforzuur-ontsluitende werking van zwavelzure ammoniak en van zekere planten. Deze actie van AEREBOE (Loc. cit. 1922) was ontstaan na de publicaties van v. WRANGELL (Loc. cit. 1920, 1920, 1923), waarin deze na den oorlog naar Duitschland uitgeweken Russische onderzoekster het baanbrekende werk van PRIANISCHNIKOW, KOSSOWITSCH en andere harer landgenooten in Duitschland meerdere bekendheid gaf, en de door hen waargenomen feiten door eigen experimenten aanvulde en trachtte te verklaren. Op den gedurende den oorlog aan fosforzuur zoo verarmden Duitschen bodem vielen de resultaten van dit systeem in de practijk erg tegen. Het was alleen bewezen, dat ammoniumsulfaat onoplosbare *calcium*fosfaten beter opneembaar maakte en dat planten als boekweit, mosterd en vlinderbloemigen beter dan andere gewassen in staat waren fosforzuur uit moeilijk oplosbare *calcium*fosfaten op te nemen. Zonder meer had dit niet op al het in den bodem aanwezige fosforzuur mogen worden toegepast, daar dit in vele gevallen in den vorm van ijzer- en aluminiumverbindingen zal voorkomen. Men had dan ook rekening moeten houden met de bodemreactie in ieder gegeven geval. Als deze reeds zuur was en het fosforzuur toch slecht werd opgenomen, was dit waarschijnlijk aan ijzer en aluminium gebonden en zou zwavelzure ammoniak meer kwaad dan goed kunnen doen, terwijl bovengenoemde gewassen dan ook geen voordeel zouden hebben van hunne eigenschap om fosforzuur in tegenwoordigheid van veel calcium te kunnen opnemen.

WITYN (99) vond dan ook, dat tricalciumfosfaat in den bodem alleen bij neutrale tot zwak alcalische reactie bestendig is. In

een zuur milieu zijn het daarentegen de organische en aluminium- en ijzerfosfaten die bestendig zijn, daar deze in tegenstelling met de calciumfosfaten juist bij overmaat H-ionen slechter oplossen.

Volgens CAMERON en SEIDELL (11) lost het tertiaire calciumfosfaat eigenlijk niet als zoodanig op, maar wordt een oplossing verkregen van de producten, waarin het tengevolge van hydrolyse uiteenvalt. Deze hydrolytische dissociatie kan door de volgende vergelijking worden voorgesteld:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2O \rightleftarrows 3Ca(OH)_2 + 2H_3PO_4$$

Haar ontstaan kan men zich volgens WITYN (Loc. cit. 1926) op de volgende wijze denken. Aanvankelijk zal nog een zeer verdunde oplossing van het tricalciumfosfaat als zoodanig ontstaan, die dan bijna geheel in ionen gesplitst zal zijn. Het begint dus met:

$$Ca_3(PO_4)_2 \rightleftarrows 3Ca^{\cdot\cdot} + 2PO_4'''$$

Van PO_4''' kunnen echter niet veel anionen bestaan. Zij zullen zich met de door de dissociatie van het water gevormde $H^{\cdot}$ verbinden. De overblijvende OH' kan zich nu met $Ca^{\cdot\cdot}$ binden. Naast elkander bevinden zich dus in oplossing: $Ca^{\cdot\cdot}$, $H^{\cdot}$, OH', H_2PO_4', HPO_4'' en PO_4'''-ionen, benevens ongedissocieerd H_3PO_4, alles dus slechts in zeer verdunde oplossing. Daar $Ca(OH)_2$ bijna geheel gedissocieerd is, kan men de vergelijking beter als volgt schrijven:

$$3\ Ca^{\cdot\cdot} + 2PO_4''' + 6H_2O \rightleftarrows 3Ca^{\cdot\cdot} + 6(OH)' + 2H_3PO_4$$

Hieruit blijkt de groote beteekenis van de concentratie der $Ca^{\cdot\cdot}$- en OH'-ionen. Vermeerdering van het aantal dezer ionen maakt het in oplossing gaan van PO_4''' geheel onmogelijk. Het $Ca_3(PO_4)_2$ zal echter zeer goed kunnen oplossen, indien de OH'-ionen op de een of andere wijze gebonden worden en uit de oplossing verdwijnen. Dit nu zal over het algemeen in zure gronden het geval zijn en in neutrale gronden, wanneer daarin veel CO_2 ontstaat. In dit laatste geval kan zich nl. het volgende afspelen:

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H^{\cdot} + HCO_3'$$

De $H^{\cdot}$-ionen kunnen zich nu met de OH'-ionen uit de vorige vergelijking tot H_2O verbinden, terwijl de HCO_3'-ionen zich met de daarbij overblijvende $Ca^{\cdot\cdot}$-ionen tot $Ca(HCO_3)_2$ kunnen vereenigen.

Het in oplossing gaan van het tertiaire fosfaat wordt dus door alcalische reactie verhinderd. Zeer ongunstigen invloed op de oplosbaarheid heeft wel $CaCO_3$. Niet alleen zal de oplosbaarheid door het gelijknamige $Ca^{\cdot\cdot}$-ion worden teruggedrongen, maar nog van veel

meer belang is het, dat $CaCO_3$ bovendien tot het vormen van OH'-ionen aanleiding geeft:

$$CaCO_3 + H_2O \rightleftarrows Ca^{\cdot\cdot} + OH' + HCO_3'$$

De invloed van de physiologisch-zure en -alcalische meststoffen op de oplosbaarheid van het tertiaire calciumfosfaat is dus daarom zoo groot, dat zij wijziging brengen in de verhouding tusschen H'- en OH'-ionen, dus de pH van het bodemvocht veranderen.

Het juist tegengestelde gedrag van $FePO_4$ en $AlPO_4$ kan daardoor worden veroorzaakt, dat hiervan geen zure zouten bestaanbaar zijn. Hydrolyse heeft hier lang niet in die mate plaats, als bij het overeenkomstige calciumfosfaat. $Fe(OH)_3$ reageert bovendien niet basisch als $Ca(OH)_2$ en is dus practisch gesproken ongedissocieerd. Het fosforzuur is nog veel meer gedissocieerd, zoodat deze fosfaten een zure reactie vertoonen. Overmaat H'-ionen vermindert dus hier de oplosbaarheid. Voor $AlPO_4$ geldt hetzelfde.

In overeenstemming hiermede vond v. WRANGELL (103, 105), dat alleen bij die gronden, waarvan de reactie oorspronkelijk naar de alcalische kant neigt, meer PO_4-ionen in het bodemperssap voorkomen na zuurder maken der bodemreactie. Oorspronkelijk zure gronden daarentegen geven meer opgelost fosfaat af door de bodemreactie alcalischer te maken. Ook UNGERER (90) vond bij pot- en laboratoriumproeven, dat bij toename der H-ionen-concentratie Al- en Fe-fosfaat minder oplosbaar werden, terwijl toediening van $NaNO_3$ aan de planten de opneembaarheid dezer fosfaten juist verbeterde, doordat de in den bodem na de nitraatopname overblijvende Na-ionen de concentratie der H-ionen terugdrong. Hetzelfde verschijnsel wordt bij de alcalische zgn. natriumgronden in de tropen waargenomen (MCGEORGE (50)).

De oplossende werking van ammoniumzouten op natuurlijke calciumfosfaten wordt thans dan ook algemeen verklaard door de verhooging van den zuurgraad van den grond, die zij vooral dank zij het nitrificatieproces, waarbij HNO_3 ontstaat, veroorzaken. Daar ammoniumnitraat zonder nitrificatie ook oplossend werkt, nam PRIANISCHNIKOW (Loc. cit. 1907, p. 23) aan, dat het een amphoteer zout is, waaruit de plant, al naar de omstandigheden zijn, nu eens meer van het basische, dan weer meer van het zure deel kan opnemen. Later (65, 67, 68) toonde hij aan, dat de planten zelfs bij voorkeur ammoniakstikstof opnemen, indien men er tenminste voor zorgt, dat de zuurrest van het ammoniumzout geen storenden invloed kan uitoefenen.

Zoo kreeg hij b.v. in steriele voedingsoplossingen met ammoniumzouten en koolzure kalk een beter resultaat dan met calciumnitraat, terwijl zuiver ammoniumbicarbonaat gunstiger voor den plantengroei was, dan alle andere ammoniumzouten. PRIANISCHNIKOW is van meening, dat de betere plantengroei bij betere nitrificatie van den NH_4-stikstof in den bodem niet door de nitrificatie als zoodanig wordt veroorzaakt. Goede nitrificatie heeft slechts plaats bij tevens voor den plantengroei gunstige reactie van den bodem en bij gunstige voorwaarden voor de toetreding van lucht in den grond. Bij zure reactie en onvoldoende bodemventilatie wordt zoowel de plantenontwikkeling als de nitrificatie tegengewerkt. Hij beschouwt dus het tusschen de energie van de nitrificatie en de ontwikkeling van de planten bestaande parallelisme als een secundair verschijnsel, daar de factoren voor plantengroei en nitrificatie gelijk zijn.

Sommige Amerikaansche onderzoekers, zooals TRUOG (Loc. cit. 1916, p. 39) en BAUER (4, 5) willen de oplossende werking van ammoniumzouten ook gedeeltelijk verklaren door het feit, dat zij de oplosbaarheid van $Ca(HCO_3)_2$ verhoogen, waardoor het evenwicht in de vergelijking:

$$Ca_3(PO_4)_2+2H_2CO_3 \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2+2CaHPO_4$$

volgens massawerkingswet en leer van het chemisch evenwicht naar rechts wordt verschoven. Bij de potproeven van BAUER met ruw fosfaat en ammoniumnitraat verhoogde hij de opbrengsten inderdaad door uitwasschen. Bij deze combinatie werd dan driemaal zooveel Ca uitgewasschen als bij ruw fosfaat en natriumnitraat. Toch komt ook deze onderzoeker tenslotte tot de conclusie, dat de zuurgraad van het bodemmedium wel de belangrijkste factor is.

De beste resultaten met ruw fosfaat worden dan ook steeds verkregen op gronden, die met basen onverzadigd zijn (GEDROIZ (17)), of veel organische stoffen bevatten (HOPKINS en WHITING (22)), waardoor goede CO_2-ontwikkeling plaats heeft. Volgens PRIANISCHNIKOW en GOLUBEW (69) zou bij verzadiging van den bodem met kalk tot een pH 8 de grens bereikt zijn, waarboven een positieve werking van het ruwe fosfaat niet meer is waar te nemen. Zwavelzure ammoniak en ureum gaven wel verbeterde fosforzuuropname van de planten, doch bleven zonder uitwerking bij totale verzadiging van den grond, wanneer zij tenminste in hoeveelheden gegeven werden, die de gebruikelijke sterkte van de bemesting op het veld niet overtroffen.

In zandcultures en op onverzadigde gronden hebben wij dus in de stikstofbemesting een gemakkelijk te hanteeren middel om de oplosbaarheid van het ruwe fosfaat grooter of geringer te doen zijn. Er worden zoo weinig mogelijk verschillende ionen toegediend, wanneer als stikstofzouten NH_4NO_3 en $NaNO_3$ worden genomen. Teneinde geringe verschillen in oplosbaarheid en verdeelingstoestand van het fosfaat zoo duidelijk mogelijk tot uiting te doen komen, moet dan een plant worden gekozen, die niet reeds uit eigen aanleg en zonder medewerking van andere oplossende factoren in staat is fosforzuur uit nog betrekkelijk grove onoplosbare calciumfosfaten op te nemen. De graangewassen komen hiervoor allereerst in aanmerking.

Wanneer zou blijken, dat bij toediening van $NaNO_3$ in zandcultures zelfs de best verdeelde fosfaatdeeltjes onopneembaar blijven, kan van een gunstiger oplosbaarheidsniveau worden uitgegaan, door een grondsoort te nemen, die reeds uit eigen kracht ruw fosfaat voor de granen opneembaar maakt, om daarvan na te gaan in hoeverre bemesting met NH_4NO_3 of $NaNO_3$ de oplossende werking versterkt of vermindert en hoe dat eventueel in de onderlinge verschillen tusschen de fracties van het ruwe fosfaat tot uiting komt.

V. HET UITGANGSMATERIAAL

Besloten werd voor het onderzoek uit te gaan van het fijngemalen Algiersfosfaat, zooals dat door de „Eerste Nederlandsche Coöperatieve Kunstmestfabriek" te Vlaardingen in den handel wordt gebracht.

Mechanische analyse.

Ter orienteering werd dit materiaal allereerst aan een mechanische analyse onderworpen. Door luchtstroomen zou een dergelijk fosfaat nooit tot de individueele deeltjes kunnen worden uiteengelegd, daar de cohaesie van de fijnste deeltjes zoo groot is, dat zij vrij dichte aggregaten vormen en zich aan de oppervlakte der grootere korrels vasthechten. Het was nu maar de vraag, of zij volgens een slibmethode van elkaar gescheiden zouden kunnen worden en of de uit fijnere deeltjes bestaande fracties voldoende vertegenwoordigd zouden zijn, om daarvan grootere hoeveelheden te kunnen winnen.

Door zeven werd allereerst de bovenste grens der korrelgrootte bepaald. Deze bleek bij 0,5 mm te liggen. Vervolgens werd een hoeveelheid overeenkomend met 20 g van het bij 100° C. gedroogde fosfaat in een porceleinen schaal met gedestilleerd water tot een dikke brij aangeroerd en de klontjes met den vinger fijngedrukt. Na met water verdund te zijn, werd deze in het slibapparaat van ATTERBERG gebracht. De in het apparaat goed dooreengeschudde polydisperse suspensie blijft daarin een bepaalden tijd rustig staan. In dien tijd is er dan voor deeltjes van een bepaalde grootte gelegenheid te sedimenteeren. Zijn slibtijd en valhoogte bekend, dan kan de grootte dezer gesedimenteerde deeltjes volgens verschillende formules berekend worden. Evenals dat bij grondonderzoek gebruikelijk is, werd eerst geslibd van een hoogte van 20 cm en resp. na 16 uur, 2 uur, en 15 minuten afgeheveld. Daarna werd met aq. dest. opgevuld tot 30 cm en resp. na 2½ minuut en 15 seconden afgeheveld. De aldus gewonnen fracties werden op waterbad bij 100° C. gedroogd. Het resultaat van de in duplo uitgevoerde bepalingen was als volgt:

TABEL I: SLIBANALYSE VOLGENS ATTERBERG

Korrelgr. (voor grond) in mm	I	II	Gem.	%
	g	g	g	
0,500–0,200	1,116	1,143	1,130	5,65
0,200–0,060	6,584	6,562	6,573	32,87
0,060–0,020	6,725	6,683	6,704	33,52
0,020–0,006	2,012	2,031	2,021	10,10
0,006–0,002	2,518	2,488	2,503	12,52
<0,002	0,096	0,106	0,101	0,50
Opgelost en mechanisch verlies	0,949	0,987	0,968	4,84

De korrelgrootte der aldus gewonnen deeltjes zal waarschijnlijk eenigszins van de hierboven ingevulde maten afwijken, daar het materiaal een ander soortelijk gewicht dan klei zal hebben. Voorloopig wilden wij slechts controleeren of de verschillende fracties werkelijk uit de individueele deeltjes bestonden. Bij microscopisch onderzoek bleek dit over het algemeen inderdaad het geval te zijn. Slechts de fractie van 6–2 μ bevatte vele aggregaten van deeltjes, die klaarblijkelijk $< 2\,\mu$ waren.

Hoewel het hierdoor in principe mogelijk was gebleken door middel van slibben het ruwe fosfaat in tot ca. 6 μ afnemende korrelgrootten zuiver uiteen te leggen, was het toch duidelijk, dat de sedimentmethode volgens ATTERBERG veel te bewerkelijk en tijdroovend was om daarvan grootere hoeveelheden te kunnen vinden. Daarvoor zouden eerder de methoden van slibben in stroomend water in aanmerking komen. De scheiding der verschillende grootteklassen wordt daarbij door een loodrecht van beneden naar boven in cylindrische buizen opstijgenden waterstroom bewerkt. De stroomsnelheid van het water kan worden geregeld en constant gehouden en is natuurlijk gelijk aan de valsnelheid van die deeltjes, waarvan de doorsnede de grens tusschen de beide van elkander te scheiden fracties vormt. Om de constante stroomsnelheid te kunnen controleeren, zijn Piezometers aangebracht. Met het apparaat van KOPECKY, zooals dat op het Rijkslandbouwproefstation te Groningen voor fractionneering van gronden is ingericht, werden nu bij wijze van proef hoeveelheden geslibd, overeenkomend met resp. 25 en 50 g bij 100° C. gedroogd fosfaat. In de 5 cylinders werden toen de volgende percentages gewonnen:

TABEL II: SLIBANALYSE VOLGENS KOPECKY

Cylinder	Met 25 g fosfaat			Met 50 g fosfaat		
	I	II	Gem.	I	II	Gem.
	%	%	%	%	%	%
1 (1e fractie) ..	26,84	26,97	26,90	27,37	26,95	27,16
2 (2e „) ..	6,01	5,59	5,80	5,74	5,99	5,87
3 (3e „) ..	10,91	11,04	10,98	11,07	10,81	10,94
4 (4e „) ..	11,25	11,11	11,18	10,99	10,93	10,96
5 (5e „) ..	17,76	17,68	17,72	17,39	17,90	17,64
Totaal	72,77	72,39	72,58	72,56	72,58	72,57

In beide gevallen had het ongeveer 20 uur geduurd, alvorens het leidingwater, waarmede werd geslibd, helder doorliep. Na bezinking werd voorzichtig gedecanteerd en daarna elke fractie nog eens flink met gedestilleerd water opgeschud. Daarbij trad nog een troebeling op, welke, zooals onder het microscoop bleek, veroorzaakt werd door de allerfijnste deeltjes, die eigenlijk geheel uit het toestel hadden moeten worden uitgespoeld. Dit schudden en decanteeren werd zoolang herhaald, tot de bovenstaande vloeistof helder bleef na voldoenden tijd te hebben gestaan. Het door het toestel stroomende water was er dus niet geheel in geslaagd de fijnste deeltjes van de oppervlakte der grovere af te wasschen, terwijl ook door de groote, snel sedimenteerende deeltjes de kleine deeltjes zullen zijn meegesleurd (orthokinetische coagulatie volgens WIEGNER (97)). Tenslotte werd het residu op een waterbad bij 100° C. gedroogd. De fijnere fracties bakten dan samen tot een koek, die echter gemakkelijk door wrijving met de vingers op een fijne gaaszeef uiteenviel. De aldus gezuiverde fracties bleken dan microscopisch beschouwd uit homogene korrelgrootten te bestaan. Voorts bleek in dit geval de hoeveelheid fosfaat zonder bezwaar tot 50 g te kunnen worden verhoogd.

Voor het berekenen van de juiste korrelgrootte der deeltjes werd nu eerst van het fosfaat het soortelijk gewicht bepaald. Dit geschiedde in duplo in water van 17° C. volgens de pycnometer-methode, waarbij als gemiddelde uitkomst 2,93 werd gevonden. Met behulp van de formule van STOKES

$$v=\frac{2}{9}\cdot r^2\cdot\frac{(D_1-D_2)\cdot g}{\eta}$$

konden nu de theoretisch verkregen korrelgrootten berekend worden.

In plaats van

$$v = 3{,}60 . 10^4 r^2$$

zouden wij hier krijgen

$$v = 4{,}27 . 10^4 r^2$$

Voor deeltjes >0,050 mm moet daarop echter de correctie van OSEEN (19) worden aangebracht. De formule wordt dan:

$$v = \frac{-\frac{3\eta}{r} + \sqrt{\frac{9\eta^2}{r^2} + 3 D_2 (D_1 - D_2) gr}}{\frac{9}{4} D_2}$$

Voor de cylinders van KOPECKY krijgen wij dan het volgende:

TABEL III: KORRELGROOTTE DER VERKREGEN FRACTIES

Cyl.	D cm	$F = \frac{\pi D^2}{4}$	Q ccm/sec	V cm/sec	Volgens STOKES-OSEEN berekende korrelgr. voor stof met $D_1 = 2{,}93$	Empirische korrelgr. voor grond	Aanduiding
					mm	mm	
1	3,00	7,07	4,950	0,70	> 0,095	> 0,100	1e fractie
2	3,74	10,98	4,950	0,45	0,095–0,065	0,100–0,075	2e „
3	5,61	24,72	4,950	0,20	0,065–0,045	0,075–0,050	3e „
4	8,37	55,01	4,950	0,09	0,045–0,030	0,050–0,030	4e „
5	17,75	247,45	4,950	0,02	0,030–0,010	0,030–0,010	5e „

Het verschil is dus niet zoo heel groot. Bij microscopische nameting der deeltjes bleken de grenzen eigenlijk nog iets beter met de voor grondonderzoek aangenomen cijfers samen te vallen, zoodat aan die waarden verder zal worden vastgehouden.

Ongeveer een jaar nadat dit onderzoek was begonnen, verscheen een bulletin van het Amerikaansche „Bureau of Chemistry and Soils", waarin ALEXANDER en JACOB (2) mededeelen, hoe zij, door schudden met water en decanteeren, grootere hoeveelheden fosfaten voor toekomstige chemische en physische studies in drie fracties uiteenleggen. Als gemiddeld s.g. van de door hen gebruikte Amerikaansche ruwe fosfaten vonden zij 3,00, terwijl de soortelijke gewichten van de fracties hoegenaamd niet bleken te verschillen van dat der oorspronkelijke stof.

Intusschen hadden wij dus gevonden, dat het toestel van KOPECKY geschikt was voor het betrekkelijk snel verkrijgen van grootere hoeveelheden ruw fosfaat van de verschillende mechanische fracties

boven de 10 μ. Het verdere onderzoek zou echter incompleet zijn, indien ook niet de deeltjes kleiner dan 10 μ daarbij betrokken werden. Immers juist over de werking van deze fijne deeltjes was den laatsten tijd zooveel meeningsverschil.

Daar door het toestel in 202 sec. een liter water liep en het 20 uur duurde voor het scheidingsproces zich had voltrokken, spoelde de fijnste fractie in een totale waterhoeveelheid van 356 liter uit het toestel. Opvangen van deze groote hoeveelheid om de deeltjes te laten zinken was wel erg bezwaarlijk. Een poging werd daarom gedaan om deze fractie op een groot zuigfilter te winnen. Bij gebruik van 2 harde filters voor de fijnste troebelingen liep de vloeistof na enkele minuten inderdaad volkomen helder door. Het zuigfilter bleek zelfs in staat geruimen tijd de doorgeloopen vloeistof van het Kopecky-apparaat te verwerken. Na eenige uren begon het dan wat langzamer door te loopen en moesten eenige voorraadsflesschen en -vaten te hulp komen. Zoo lang mogelijk werd echter met hetzelfde filter doorgewerkt, om zoo weinig mogelijk verlies te hebben en een zoo dik mogelijke koek op te vangen. Na droging kon de gevormde korst gemakkelijk van het filter worden geklopt, waarna deze eveneens door lichte wrijving met de vingers op de allerfijnste gaaszeef tot uiteenvallen gebracht werd.

Twee Kopecky-apparaten verwerkten op deze wijze tezamen per dag 100 g en in totaal 1500 g ruw fosfaat. Elken dag werden de overeenkomstige fracties van beide toestellen samengevoegd, verder behandeld op de reeds eerder beschreven wijze en gewogen. De gemiddelde uitkomst van die 15 bepalingen was als volgt:

TABEL IV: GEMIDDELD RESULTAAT VAN 15 KOPECKY-BEPALINGEN

Fractie	Korrelgrootte in mm	%
1e	0,500–0,100	27,23
2e	0,100–0,075	5,82
3e	0,075–0,050	10,83
4e	0,050–0,030	10,99
5e	0,030–0,010	17,67
6e	< 0,010	niet quantitatief gewonnen

In totaal werd dus voor de deeltjes >0,01 mm 72,54 % gevonden. Voor de zesde (fijnste) fractie, mechanische verliezen en opgeloste

bestanddeelen tezamen bleef dan 27,46 % over. Intusschen werd ook getracht de fijnste fractie door slibben met het toestel van ATTERBERG te winnen. In de formule $V = \frac{h}{t}$ moet V dan 0,02 cm/sec worden. Wanneer wij het toestel met water vullen tot een hoogte van 20 cm krijgen wij dus 0,02 t = 20 of t = 1000 sec = 16 min 40 sec. Op deze wijze werd de zesde fractie quantitatief bepaald. Het gemiddelde van 2 duplo bepalingen leverde het volgende resultaat:

TABEL V:

QUANTITATIEVE BEPALING DER 6E FRACTIE VOLGENS ATTERBERG

	Korrelgr.	I	II	Gem.
	mm	%	%	%
1e t/m 5e fractie	0,500–0,010	72,75	73,19	72,97
6e „	< 0,010	23,61	23,11	23,36
	Totaal	96,36	96,30	96,33
Mechanische verliezen en opgelost		3,64	3,70	3,67

Deze uitkomsten en de gemiddelde resultaten van de Kopecky-analyse dekken elkaar uitstekend. Wanneer wij daar van het restant van 27,46 % voor de zesde fractie 23,36 % aftrekken, zouden wij dus bij die bepalingen gemiddeld 4,10 % verloren hebben langs mechanischen weg en door oplossing.

Van de verschillende fracties werden microfoto's genomen, waaruit de homogene samenstelling goed blijkt (afb. 1–6). Bij de 5de en 6de fracties heeft het zeer veel moeite gekost de deeltjes van het preparaat zoover uiteen te drijven, dat zij individueel zichtbaar werden, daar zij buitengewoon sterke neiging tot coaguleeren hadden. Een microfoto van het oorspronkelijk materiaal laat zeer duidelijk zien, hoe de adhaesie van de fijnste deeltjes de omtrekken der grovere korrels verdoezelt, waardoor het geheel op vlokjes watten gelijkt (afb. 7).

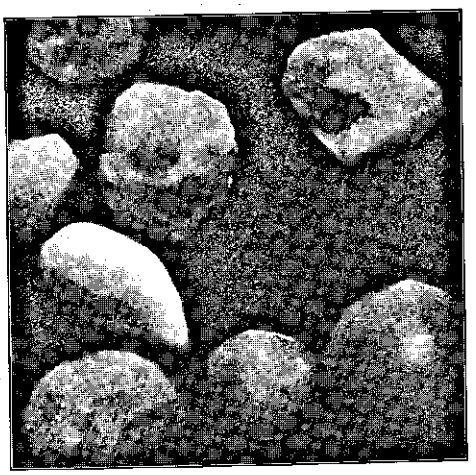
Van de zes fracties werd een hoeveelheid in de oorspronkelijke verhouding weer goed dooreengemengd. Dit mengsel zal voortaan als „alle fracties" worden aangeduid.

Chemische analyse.

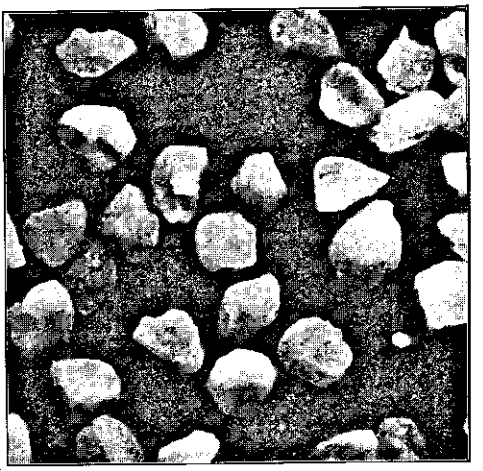
Van het oorspronkelijk fosfaat werd het P_2O_5-gehalte (in mineraalzuur oplosbaar) bepaald volgens de methode v. LORENZ en het gehalte aan ijzer- en aluminiumoxyde volgens de methode GLASER-

ALGIERSFOSFAAT

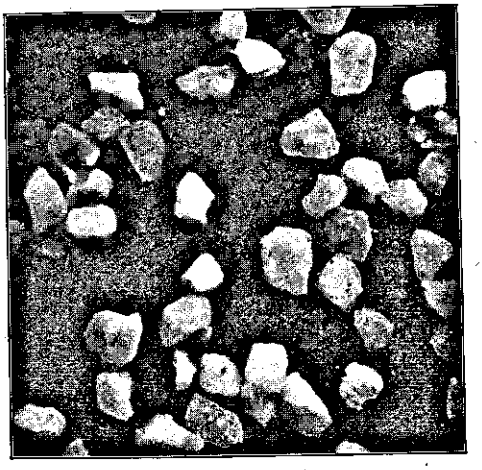
Vergrooting 80 ×



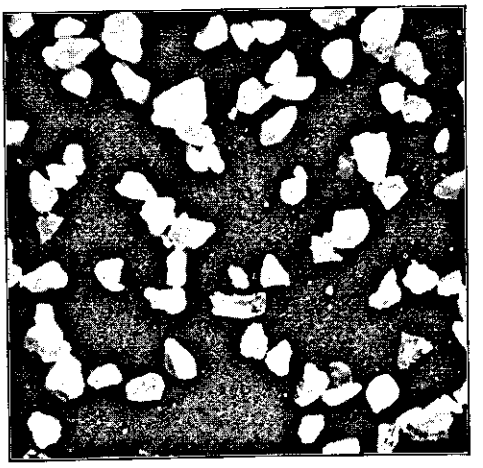
Afb. 1. Eerste fractie.



Afb. 2. Tweede fractie.



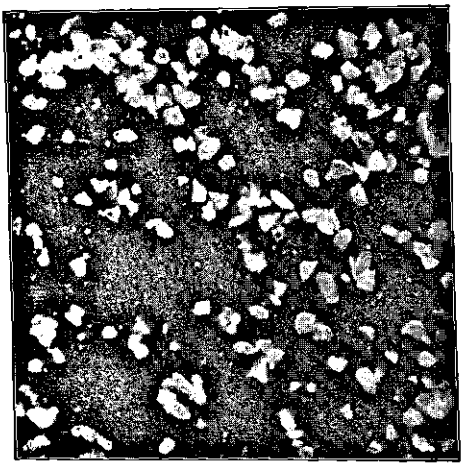
Afb. 3. Derde fractie.



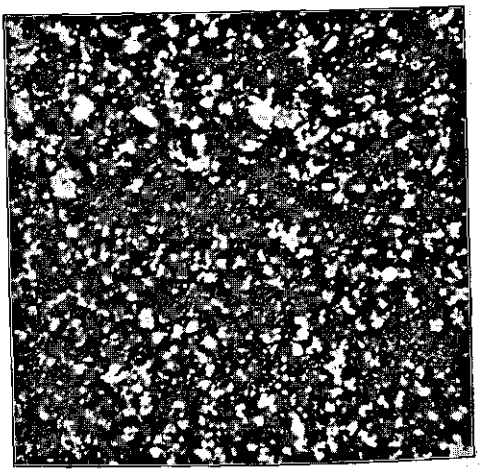
Afb. 4. Vierde fractie.

ALGIERSFOSFAAT

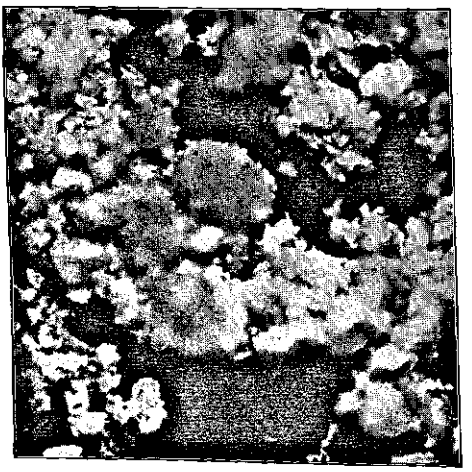
Vergrooting 80×



Afb. 5. Vijfde fractie.



Afb. 6. Zesde fractie.



Afb. 7. Oorspronkelijk fijngemalen Algiersfosfaat.

JONES–STUTZER–VOGEL (beide bepalingen volgens de voorschriften uit „Methoden van Onderzoek aan het Rijkslandbouwproefstation te Maastricht"); het CaO-gehalte van de zoutzure oplossing (door de zgn. acetaatscheiding toe te passen, calciumoxalaat neer te slaan en de oplossing daarvan te titreeren met $\frac{n}{10}$ $KMnO_4$); het $CaCO_3$-gehalte met het toestel van SCHEIBLER en het vochtgehalte (hygroscopisch gebonden water) door de stof te drogen bij 105° C. tot het gewicht constant bleef.

Bij de carbonaatbepaling werd eerst de bij grond- en mergelonderzoek gebruikelijke ijsazijn gebezigd. Daardoor werd evenwel slechts zoo weinig CO_2 verdreven, dat het daarmede correspondeerende gehalte aan koolzure kalk nog onder de 2 % bleef (1,96 %). Met sterk zoutzuur werd daarna 13,33 % gevonden. Het grootste gedeelte der koolzure kalk blijkt dus wel zeer innig met het tricalciumfosfaat te zijn verbonden. Volgens SCHUCHT (77) moet men dan ook onderscheid maken tusschen in de natuurlijke fosfaten aanwezige gemakkelijk en lastig oplosbare carbonaten. Krijt wordt door zuren gemakkelijk totaal omgezet, maar het magnesiumcarbonaat en vooral het met het fosfaat tot een complexe verbinding vereenigde calciumcarbonaat, door SCHUCHT „Calciumcarbonphosphat" genoemd, zijn lastig oplosbaar. In tegenstelling met b.v. Floridafosfaat kan bij Algiersfosfaat volgens SCHUCHT practisch alle $CaCO_3$ door koud sterk HCl worden opgelost.

Van de verschillende fracties werden P_2O_5-, CaO- en CO_2-gehalte op dezelfde wijze bepaald en hieruit het gehalte dier bestanddeelen van „alle fracties" berekend. Daar het oorspronkelijke fosfaat zoo weinig ijzer en aluminium bevatte, werd daarvan in de fracties geen bepaling verricht.

Wanneer we de resultaten in tabelvorm samenvatten, krijgen wij het volgende:

TABEL VI: CHEMISCHE SAMENSTELLING IN %

	Oorspr. fosf.	alle fr.	1e fr.	2e fr.	3e fr.	4e fr.	5e fr.	6e fr.
P_2O_5	27,28	28,03	30,75	29,62	30,03	27,56	26,33	25,12
CaO.....	44,41	42,87	46,20	45,54	44,95	42,74	41,20	38,55
CO_2.....	5,65	5,39	5,84	5,70	5,72	5,74	4,99	4,79
Vochtgehalte	3,40							
$Fe_2O_3+Al_2O_3$	2,06 } 22,66	23,58	17,21	19,14	19,30	23,96	27,48	31,54
Niet bepaald	17,20							

Bij vergelijking van de samenstelling van het oorspronkelijke fosfaat met de analysen van Algiersfosfaat, zooals b.v. SCHUCHT (Loc. cit. p. 48) en ROBERTSON (74) die geven, blijkt, dat de gevonden waarden daarmede geheel overeenstemmen. Gewoonlijk bevat een dergelijk Algiersfosfaat nog 3 à 4 % organische stof, 7 à 8 % onoplosbare zand- of leemachtige bestanddeelen, 1 à 2 % MgO en 3 à 4 % SO_3, waaruit de niet bepaalde rest dan ook wel in hoofdzaak zal bestaan. Gezien de hooge P_2O_5-, CaO- en CO_2-gehalten in de grovere fracties en de gelijktijdige daling daarvan in de fijnere fracties mag wel worden geconcludeerd, dat de fijnheid der leemachtige onoplosbare bestanddeelen daarvan de oorzaak is. Bovendien blijkt, dat het CaO- en CO_2-gehalte in „alle fracties" het sterkst is achteruitgegaan als gevolg van verlies door oplossing in het slibwater.

Een belangrijk punt bij verdere onderzoekingen met de verschillende fracties zal vooral de kalk-fosforzuur-factor en de verhouding tusschen $CaCO_3$ en P_2O_5 zijn. Een blik op tabel VII leert, dat deze voor alle korelgrootten merkwaardig constant, is zij het iets lager dan in de oorspronkelijke stof. Slechts de 4e fractie, welke in verhouding ongeveer evenveel $CaCO_3$ heeft als het oorspronkelijke fosfaat, maakt een kleine uitzondering. Het verschil lijkt evenwel te gering, om van invloed te kunnen zijn op de opneembaarheid der P_2O_5. Vermoedelijk behoort het krijtachtige „vrije" $CaCO_3$ hoofdzakelijk tot deze grootteklasse (0,05–0,03 mm).

TABEL VII: KALK-FOSFORZUUR-FACTOR EN $CaCO_3$: P_2O_5 IN DE VERSCHILLENDE FRACTIES

	P_2O_5 in%	CaO in%	$CaCO_3$ in%	mol. CaO : mol. P_2O_5 (kalk-fosforzuur-factor)	mol. $CaCO_3$: mol. P_2O_5
Oorspr. fosf.	27,28	44,41	12,83	4,1	0,67
„Alle fr." ...	28,03	42,87	12,26	3,9	0,62
1e fractie ..	30,75	46,20	13,28	3,8	0,61
2e „ ..	29,62	45,54	12,95	3,9	0,62
3e „ ..	30,03	44,95	13,01	3,8	0,61
4e „ ..	27,56	42,74	13,05	3,9	0,67
5e „ ..	26,33	41,20	11,34	4,0	0,61
6e „ ..	25,12	38,55	10,88	3,9	0,61

De verhouding tusschen CaO en P_2O_5 schommelt ook slechts zeer weinig, zoodat het materiaal alleszins geschikt lijkt voor verder onderzoek.

Oplosbaarheidsproeven en opneembaarheid volgens Neubauer.

Wanneer men eenvoudigheidshalve voor de deeltjes den kubusvorm aanneemt en de gemiddelde grootte der deeltjes van een fractie steeds op het rekenkundig gemiddelde der uiterste grenzen stelt, kan men in navolging van het klassieke voorbeeld van OSTWALD (59) berekenen, hoe het aantal deeltjes en de totale oppervlakte daarvan zouden toenemen, indien 1 deeltje der eerste fractie in deeltjes der fijnere fracties zou worden gesplitst (Tabel VIII).

TABEL VIII:

VERHOUDING TUSSCHEN AANTAL DEELTJES EN TOTALE OPPERVLAKTE

	Grootte in mm	Gemiddeld in mm	Aantal kubussen	Tot. oppervl. qmm
1e fractie	0,500–0,100	0,300	1	0,54
2e „	0,100–0,075	0,0875	40	1,84
3e „	0,075–0,050	0,0625	111	2,60
4e „	0,050–0,030	0,040	422	4,05
5e „	0,030–0,010	0,020	3375	8,10
6e „	0,010–0,000	0,005	216000	32,40

De totale oppervlakte neemt met toenemende fijnheid in sterke mate en omgekeerd evenredig met de lineaire toename der korrelgrootte toe. Het is te verwachten, dat dit in de oplossingssnelheid van het fosfaat tot uiting zal komen. De toename van het aantal deeltjes geschiedt echter in nog veel sneller tempo, nl. met de derde macht van de toename der oppervlakte. Bij vergelijking van gelijke hoeveelheden P_2O_5 worden de cijfers nog veel gunstiger voor de fijnere fracties, aangezien deze een lager P_2O_5-gehalte hebben en er dus een grootere hoeveelheid van noodig is. Zoo is van de zesde fractie 1,22× zooveel noodig als van de eerste fractie ter verkrijging van dezelfde hoeveelheid P_2O_5.

Ter oriënteering werd allereerst de oplosbaarheid in 2% citroenzuur bepaald. Van het oorspronkelijk fosfaat en de verschillende fracties werd 5 g met 500 ccm tweepercentig citroenzuur volgens de voorschriften van het Rijkslandbouwproefstation te Maastricht een half uur in het schudtoestel geschud en daarna onmiddellijk door een zeer dicht filter gefiltreerd. De uitkomsten der fosforzuurbepalingen in de verschillende extracten zijn in tabel IX samengevat.

TABEL IX:

OPLOSBAARHEID IN 2% CITROENZUUR (5 G IN 500 CCM ½ UUR GESCHUD)

	A P_2O_5 in 2% citr.zuur %	B tot. P_2O_5 %	A in % van B
Oorspr. fosfaat	11,17	27,28	40,95
Fractie met korrelgrootte 1,000–0,500 mm[1])	6,21	27,12	22,90
1e fractie 0,500–0,100 „	9,74	30,75	31,67
2e „ 0,100–0,075 „	11,24	29,62	37,95
3e „ 0,075–0,050 „	11,99	30,03	39,93
4e „ 0,050–0,030 „	12,47	27,56	45,25
5e „ 0,030–0,010 „	12,77	26,33	48,50
6e „ <0,010 „	12,62	25,12	50,24

Op het eerste gezicht lijkt de in ½ uur en 2% citroenzuur opgeloste hoeveelheid P_2O_5 bij de fijnste fractie niet meer gestegen te zijn. Bij vergelijking met het totale P_2O_5-gehalte blijkt echter, dat hiervan met toenemende fijnheid een steeds grooter percentage is opgelost, zoodat de oplossingssnelheid inderdaad met de fijnheid van het fosfaat gelijken tred houdt.

Wanneer van ieder der fracties in het oorspronkelijke fosfaat een evengroot percentage zou oplossen, als in het geval dat uitsluitend deze fractie aanwezig was, zou dat fosfaat volgens berekening 11,18% in 2% citroenzuur oplosbare P_2O_5 moeten bevatten. Volgens de bepaling was dit 11,17%, zoodat er inderdaad geen verschil tusschen bestaat.

Dat de opgeloste hoeveelheid fosfaat met grootere fijnheid toenam is geheel overeenkomstig de verwachting, dat door een grooter aanrakingsoppervlak met het oplosmiddel de vaste stof sneller daarin zal oplossen. Het lijkt waarschijnlijk, dat het verschil in opneembaarheid voor de plant tusschen de grove en fijne fracties nog grooter zal zijn, daar dan de gunstige uitwerking van het sneller oplossen in het bodemvocht nog zal worden versterkt door het feit, dat de plantenwortels in den bodem met veel meer fosfaatdeeltjes in directe aanraking zullen kunnen komen. Alvorens tot dergelijke vegetatieproeven over te gaan, wilden wij echter eerst nog bepalen hoeveel P_2O_5 uit de fracties binnen een bepaalden tijd in gedestilleerd water oplost, daar wij vermoedden, dat het verschil in oplossingssnelheid bij de zeer

[1]) Deze fractie van het Algiersfosfaat werd eerst later bij het onderzoek betrokken (zie pag. 53).

geringe oplosbaarheid in water van veel minder beteekenis zal zijn, daar het evenwicht zich hier wel zeer spoedig zal instellen.

Het klinkt wel eenigszins eigenaardig van de oplosbaarheid in water te spreken van een „onoplosbaar" fosfaat. Het ware dan ook beter te spreken van een „slecht oplosbaar" fosfaat, want in werkelijkheid lost er wel degelijks iets van in water op. Naar wij in hoofdstuk IV reeds zagen is dit volgens verschillende onderzoekers (CAMERON en HURST (10), CAMERON en SEIDELL (11)), echter niet zuiver een oplossen van het tertiaire fosfaat als zoodanig, maar een oplossing van de producten, waarin dit tengevolge van hydrolyse uiteenvalt. In zuiver, geheel CO_2-vrij gedestilleerd water is deze „oplosbaarheid" uiterst gering, in met CO_2 verzadigd water reeds vrij groot.

Voor deze bepalingen werd steeds 1 g der betreffende fractie 24 uur lang met 100 ccm gedestilleerd water in een roteermachine geschud. Het aq. dest. was niet uitgekookt, dus bevatte nog wat CO_2. Van het filtraat werd tweemaal 50 ccm afgepipetteerd voor het in duplo verrichten der fosfaatbepaling, welke volgens het principe der molybdeenblauw-methode op de door ARRHENIUS (3) voorgeschreven wijze werd uitgevoerd.

Bij vergelijking van de aldus verkregen kleuren met die van de standaardreeks konden slechts zeer geringe verschillen worden geconstateerd. Al lijkt de oplossingssnelheid van de grofste fractie iets geringer te zijn dan die van het oorspronkelijke fosfaat, de andere fracties vertoonen daarmede slechts zoo geringe verschillen, dat deze gemakkelijk door de gemiddelde fout van deze bepaling kunnen zijn veroorzaakt. De resultaten zijn in tabel X samengevat (de eenheid is 0,01 mm).

TABEL X: OPLOSBAARHEID IN GEDESTILLEERD WATER

	1 g op 100 ccm H_2O 24 u. geschud, genomen 50/110		
	I	II	Gemiddeld
Oorspronkel. fosfaat.	8	7	7,5
1e fractie	7	6	6,5
2e „	7	8	7,5
3e „	8	7	7,5
4e „	8	8	8,0
5e „	7	7	7,5
6e „	8	8	8,0

Zelfs al houdt men er rekening mede, dat het fosforzuurgehalte

der fijnere fracties geringer wordt, dan zijn de verschillen nog te klein om eenige conclusie daaruit te mogen trekken. Het kon zijn, dat door den langen schudtijd de evenwichtstoestand zoowel door de grove als door de fijne fracties was bereikt. De bepalingen werden daarom nog eens geheel op dezelfde wijze overgedaan na een schudduur van 6 in plaats van 24 uur. De in 50 ccm van het tot 100 ccm aangevulde heldere filtraat bepaalde getallen toonden toen evenmin onderlinge verschillen en schommelden met slechts geringe afwijkingen om het cijfer 6.

Inderdaad komen de verschillen in korrelgrootte bij dezen schudduur met gedestilleerd water niet tot uiting. Het bleek, dat omtrent dit verschijnsel in 1929 een uitvoerige publicatie van ROSANOW (75) was verschenen. Bij diens proeven met oplosmiddelen met verschillende pH toonde zich zelfs bij een schudduur van 2 uur alleen bij zure reactie een verschil in opgeloste hoeveelheid P_2O_5 van grove en fijne fosforietdeeltjes. Bij nadering van het neutrale punt waren de opgeloste hoeveelheden volkomen gelijk geworden. Bij verlenging van den schudtijd werd natuurlijk ook bij zure reactie op den duur geen verschil tusschen het gedrag van fijne en grove deeltjes meer gevonden.

Als derde „oplosmiddel" hebben wij jonge roggekiemplantjes gekozen, dus de fracties aan een onderzoek volgens NEUBAUER (58) onderworpen. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een nieuwen veenkolonialen dalgrond, afkomstig van een sedert de ontginning niet met fosforzuur bemest veldje van het in 1920 aangelegde zgn. Tetraproefveld der proefboerderij te Emmercompascuum. Deze grond werd door een 2mm zeef van de grovere stukjes turf gezuiverd. Van den aldus gezeefden grond werd op de gebruikelijke wijze het fosforzuurgehalte in de extracten met HCl van 22,9% en 2% citroenzuur bepaald. Er werden inderdaad lage cijfers gevonden. De grond bevatte slechts 0,0283% in zoutzuur en 0,0130% in citroenzuur oplosbare P_2O_5. Het humusgehalte van den uitgezeefden grond was 6%, de pH was 4,3 en de kalktoestand –32.

Een dergelijke grond oefent een sterken oplossenden invloed uit op ruwe fosfaten, die dan ook in de veenkoloniën met succes als fosforzuurbemesting worden verstrekt, wanneer de grond tenminste niet overkalkt is. Wij kozen dezen grond, omdat uit de inmiddels aangezette zandcultures, waarvan het verslag hierna volgt, reeds gebleken was, dat het fosforzuur zelfs van de fijnste fractie zonder oplossende factoren van buiten af voor een graanplant ontoegankelijk is.

Het Tetraproefveld te Emmercompascuum (70) werd in 1920 aangelegd op een perceel grond, dat pas op normale wijze was ontgonnen. De werking van het Italiaansche tetrafosfaat werd daarop door de afdeeling zand- en veengronden van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen vergeleken met die van een onbewerkt natuurlijk fosfaat. Voor dit laatste werd in den winter van 1919–1920 Sommefosfaat en bij latere bemestingen het toen weder verkrijgbare Algiersfosfaat gebruikt.

De fosforzuurbemestingen bedroegen:

in Maart 1920 160 kg fosforzuur per ha;
in December 1920 160 kg fosforzuur per ha;
in October 1921 130 kg fosforzuur per ha.

Verder werd geen fosforzuur meer gegeven, zoodat de in totaal verstrekte hoeveelheid 450 kg per ha bedroeg. Als gewassen werden in 1920 en 1921 aardappelen en verder om het andere jaar rogge en aardappelen verbouwd. Ieder jaar werd een volledige kali- en stikstofbemesting gegeven.

In het eerste jaar dat rogge verbouwd werd, bedroeg de korrelopbrengst op de niet met fosforzuur bemeste veldjes gemiddeld nog 75% van die der veldjes, welke wel P_2O_5 hadden ontvangen. In de volgende jaren daalde de opbrengst echter snel, zooals uit de volgende cijfers blijkt:

	Gemiddelde roggeopbrengst in kg per ha			
	zonder fosforzuur		met Somme/Algiersfosfaat	
	Korrel	Stroo	Korrel	Stroo
1922	3025	5275	3680	5870
1924	2080	4000	3710	6260
1926	945	3380	2580	7270

De aardappelopbrengsten in de daartusschen liggende jaren vertoonden een soortgelijke daling. De veldjes, waarvan de door ons gebezigde grond afkomstig was, leverden dus nog slechts zeer geringe opbrengsten tengevolge van fosforzuurarmoede. Tevens blijkt uit de cijfers, hoe goed ruw fosfaat op dezen grond voor rogge opneembaar is.

Op een onmiddellijk aangrenzend proefveld, op advies van Prof. Elema door den Directeur der Rijkslandbouwwinterschool te Emmen aangelegd, werden van de geheel onder dezelfde omstandigheden verkeerende veldjes zonder P_2O_5 in den herfst van 1927 grondmonsters genomen, die aan het landbouwscheikundig laboratorium van Prof.

ABERSON te Wageningen volgens NEUBAUER onderzocht werden. Het gezamenlijke monster der parallellen stond daarbij resp. 1,50, 2,66 en 0,21, dus gemiddeld 1,46 mg P_2O_5 aan de kiemplanten af (Versl. Proefb. 1928, p. 40).

Deze fosforzuurarme grond uit Emmercompascuum werd nu door ons gebruikt om van de fracties het verschil in opneembaarheid, tengevolge van al of niet gunstige verdeeling van het fosforzuur door den bodem, met roggeplantjes te kunnen bepalen.

Evenals dat bij gewone NEUBAUER-proeven gebruikelijk is, werkten wij echter slechts met een verdunning van dezen grond. De vulling van de glazen bakjes had nl. als volgt plaats. Voor zoover fosforzuur verstrekt werd, werd van het oorspronkelijk Algiersfosfaat en van de verschillende fracties een hoeveelheid die 50 mg P_2O_5 bevatte, zorgvuldig eerst droog en daarna na toevoeging van aq. dest. ook vochtig gemengd met 100 g grond en 50 g glaszand. Op deze laag werd 150 g glaszand gebracht, daarop 100 ontsmette roggekorrels gezaaid en deze weer toegedekt met 100 g glaszand. De bakjes ontvingen ieder 80 g H_2O en werden in drievoud aangezet volgens het volgend schema:

			mg fosfaat	
No. 1	A, B en C	blancobepaling zand.....	0	
„ 2	„	blancobepaling grond.....	0	
„ 3	„	grond met oorspr. fosf....	183	
„ 4	„	grond met 1e fractie.....	163	
„ 5	„	grond met 2e fractie.....	169	
„ 6	„	grond met 3e fractie.....	167	= 50 mg P_2O_5
„ 7	„	grond met 4e fractie.....	181	
„ 8	„	grond met 5e fractie	190	
„ 9	„	grond met 6e fractie	199	

De roggekorrels werden zoodanig uitgezocht, dat het gewicht van 100 korrels vóór het ontsmetten slechts schommelde tusschen 3,925 en 4,075 g. Alles werd verder geheel volgens het voorschrift van NEUBAUER (58) uitgevoerd. De bakjes werden 31 Mei 1930 aangezet en de oogst had 18 Juni d.a.v. plaats. Gedurende den groei was het warm, zomersch weer. Gemiddeld waren 93 kiemplantjes aanwezig.

De kiemplantjes werden op de gebruikelijke wijze verascht. De asch werd in zoutzuur en warm water opgenomen en op waterbad drooggedampt. Deze bewerking werd driemaal herhaald om het kie-

zelzuur onoplosbaar te krijgen. Vervolgens werd de droogrest op dezelfde wijze opgenomen en de oplossing gefiltreerd. Het filter werd goed met warm water uitgewasschen en daarna werd het filtraat van tenslotte bijna 100 ccm aangevuld tot precies 100 ccm. Na goed omschudden werd hiervan tweemaal 20 ccm afgepipetteerd en in deze hoeveelheid volgens VON LORENZ een fosforzuurbepaling in duplo uitgevoerd.

Uit de blanco bepalingen met glaszand bleek, dat 1 g roggekorrels gemiddeld 5,1 mg P_2O_5 in de asch leverde, terwijl uit den grond in 2 bakjes resp. 0,4 en 0,1 mg P_2O_5 was opgenomen en het derde zelfs een negatieve waarde van 0,1 mg opleverde. Gemiddeld was dus uit den grond slechts 0,1 mg P_2O_5 opgenomen, een te verwaarloozen bedrag, vergeleken bij de fosforzuuropname uit het verstrekte fosfaat. Er kan dus worden aangenomen, dat het meerdere fosforzuur in de volgende bakjes geheel uit de bemesting werd opgenomen. Hiervan zijn de resultaten in tabel XI opgenomen.

TABEL XI: NEUBAUER-ONDERZOEK DER FRACTIES

	50 mg P_2O_5 als:	Daaruit opgenomen mg P_2O_5				Rendement in %
		A	B	C	Gem.	
Algierstofaat	Oorspronkel. gem. fosf.	10,3	10,9	10,5	10,6	21,2
	1e fr. (0,500–0,100 mm)	8,6	9,3	8,3	8,7	17,4
	2e „ (0,100–0,075 „)	13,1	12,1	11,8	12,3	24,6
	3e „ (0,075–0,050 „)	13,4	12,5	14,0	13,3	26,6
	4e „ (0,050–0,030 „)	13,9	13,4	13,1	13,5	27,0
	5e „ (0,030–0,010 „)	12,8	12,2	13,1	12,7	25,2
	6e „ (<0,010 mm)	8,9	8,6	9,3	8,9	17,8

Hoewel wij reeds vermoed hadden, dat beneden een zekere fijnheidsgrens geen verbeterde werking der meststof zou kunnen worden waargenomen, leverde de proef dus het onverwachte resultaat op, dat de fosforzuurvoorziening der planten zelfs slechter werd, wanneer de korrelgrootte van het ruwe fosfaat kleiner werd dan 30 μ. De fijnste fractie (<10 μ) was zelfs bijna even slecht als de grofste (0,1–0,5 mm). Het beste resultaat werd verkregen met de vierde fractie (korrelgrootte 30–50 μ). Uit het oorspronkelijke gemalen fosfaat is slechts iets meer P_2O_5 door de kiemplanten opgenomen, dan men volgens de met de fracties verkregen resultaten zou verwachten. Inderdaad kan berekend worden, dat de P_2O_5 opname uit het oor-

spronkelijk fosfaat 10,4 mg zou moeten bedragen, indien van alle zich daarin bevindende fracties een evengroot deel zou worden opgenomen, als in werkelijkheid geschiedde, wanneer die fracties ieder afzonderlijk werden toegediend.

De opneembaarheid van het fosforzuur volgens NEUBAUER is hier dus volgens een geheel andere lijn verloopen, dan de oplosbaarheidscijfers zouden doen verwachten. Alvorens uit dit feit een conclusie te trekken, willen wij eerst de resultaten afwachten van de inmiddels aangezette zandcultures, waarvan thans de bespreking volgt.

VI. DE OPNEEMBAARHEID DER FRACTIES VOOR EEN TWEETAL GRAANGEWASSEN IN ZANDCULTURES MET VARIEERENDE STIKSTOFBEMESTING

Algemeene beschouwing.

Naast de bepaling der opneembaarheid van de verschillende fracties was het tevens de grondgedachte van dit onderzoek, na te gaan of planten, die zonder de hulp van een oplossend werkend ammonium zout niet in staat zijn in zandcultuur fosforzuur uit een normaal gemalen ruw fosfaat op te nemen, dit *wel* vermogen indien het betreffende fosfaat aan bepaalde eischen van verdeeling voldoet. Na de onverwachte uitkomst van het NEUBAUER-onderzoek waren wij zeer benieuwd, of na een langere groeiperiode en nadat de planten tot volledige rijpheid hadden kunnen komen, de zesde fractie ook nog geringere bemestingswaarde zou hebben, dan de iets minder fijne fracties.

Door de stikstof resp. als NH_4NO_3 en $NaNO_3$ toe te dienen worden verschillende kationen ingevoerd, waardoor weer, voornamelijk door toedoen van biologische factoren, de reactie van het bodemmedium gewijzigd wordt. Deze laatste factor, dus eigenlijk de indirecte uitwerking der stikstofbemesting, is in dit geval van veel grooter belang dan de directe invloed.

Een zeer goede proef ter vergelijking van het directe chemische effect dezer beide stikstofzouten werd door BAUER genomen (Loc. cit. 1920, p. 244/245). Deze onderzoeker zette een batterij van 6 percolators aan, waarin hij gedestilleerd water deed, of de volledige voedingsoplossingen, zooals hij die bij zijn potproeven gebruikt had. Deze liet hij al of niet in tegenwoordigheid van CO_2 op het eveneens in zijn potten verstrekte ruwe fosfaat gedurende 48 uur op kamertemperatuur inwerken. Iedere percolator ontving 600 ccm H_2O of voedingsoplossing en 4,6 g fosfaat. Dit was dezelfde verhouding, waarin deze stoffen in de potten voorkwamen. De vloeistof met het fosfaat werd voortdurend in beweging gehouden door resp. CO_2 of CO_2-vrije lucht erdoor te laten borrelen. Het resultaat was, dat de voedings-

oplossingen met de stikstofzouten iets meer fosfaat ontsloten, dan zuiver water deed. Zonder CO_2 was er weinig verschil tusschen de oplossing met NH_4NO_3 en die met $NaNO_3$. In tegenwoordigheid van CO_2 bleek echter het eerste zout iets meer oplossend te werken dan het laatstgenoemde, vooral wat de oplosbaarheid van het calcium betreft. Het verschil was echter zeer gering. BAUER concludeert hieruit dan ook, dat de gunstige invloed van ammoniumnitraat op de fosforzuur-assimilatie uit ruw fosfaat slechts *ten deele* veroorzaakt kan zijn door verbeterde oplosbaarheid van calciumcarbonaat en dat de factoren, die den zuurgraad van het medium doen veranderen, van veel meer belang zijn.

In de practijk speelt de nitrificatie der ammoniakzouten in den bodem daarbij natuurlijk een zeer voorname rol. Wanneer 56 kg N van ammoniak tot salpeterigzuur overgaat en de zuurrest van de ammoniakverbinding b.v. SO_4 is, waaruit H_2SO_4 ontstaat, kunnen theoretisch 284 kg P_2O_5 uit tricalciumfosfaat oplosbaar worden gemaakt. Door HOPKINS en WHITING (Loc. cit. 1916, p. 402) werden deze getallen in laboratoriumproeven bijna bereikt. Dit kan natuurlijk alleen het geval zijn, wanneer een neutraliseerend en bufferend vermogen van den grond zoo goed als geheel ontbreekt.

Naar reeds eerder werd opgemerkt, is het een bekend feit, dat NH_4NO_3 in steriele cultures, dus absoluut zonder mogelijkheid tot nitrificatie, ook oplossend op ruwe fosfaten inwerkt. Wij hebben eveneens gezien, dat dit veroorzaakt wordt, doordat NH_4NO_3 onder bepaalde omstandigheden een zgn. „physiologisch-zuur" zout is. In de laatste jaren hebben MEVIUS en ENGEL (53), BUTKEWITSCH (9) en HAGER en STOLLENWERK (20) duidelijk kunnen aantoonen, dat aan dit physiologisch-zuur zijn een onderste grens wordt gesteld door een pH-waarde van 3,0 à 3,1. Bij dit punt neemt de plant uit NH_4NO_3 evenveel ammoniak- als nitraatstikstof op. Bij hoogere pH-waarden en bij goede verzorging der planten met gebonden koolstof en goeden groei wordt steeds meer ammoniak- dan nitraatstikstof opgenomen, zoodat dit zout tengevolge der membraanhydrolyse duidelijk physiologisch-zuur is. Het weinig gedissocieerde NH_4OH der hydrolytische omzetting dringt buitengewoon snel in de cel naar binnen. Ook zullen NH_4-ionen bij voorkeur de zeer beweeglijke en nauwelijks gehydratiseerde OH-ionen met zich medenemen, aangezien uit vele proeven gebleken is, dat de celmembranen voor de meeste anionen bij neutrale of zwak zure reactie betrekkelijk slecht permeabel zijn. Natuurlijk

wordt ook een deel van de ammoniak met de bijbehoorende NO_3-ionen opgenomen. Bij aanwezigheid van ruw fosfaat kan hiervan het gevolg zijn, dat door de vergroote concentratie der H-ionen meer PO_4-ionen in oplossing gaan.

Wordt de stikstof daarentegen als $NaNO_3$ gegeven, dan neemt de plant hiervan een grootere hoeveelheid weinig gehydratiseerde NO_3- dan sterk gehydratiseerde Na-ionen op. Evenwicht van electrische lading kan weer verkregen worden, doordat het NO_3-ion een H-ion van het gedissocieerde water medeneemt of doordat de wortels negatieve HCO_3-ionen afscheiden. Het aldus gevormde $NaHCO_3$ zal dan als zout van een sterk gedissocieerde base met een zwak gedissocieerd zuur de neiging hebben de reactie van het bodemvocht naar de alcalische zijde te verschuiven, vooral wanneer niet veel CO_2 in den bodem aanwezig is en daardoor de mogelijkheid openstaat, dat Na_2CO_3 gevormd wordt. Door vergrooting der OH-ionen-concentratie worden dan, evenals in het eerste geval, de voorwaarden voor het in oplossing gaan van ruw fosfaat zeer veel slechter.

Door talrijke pH-bepalingen door HUDIG en MEIJER (23) in bodemextracten van hunne potproeven verricht, is duidelijk aangetoond, dat de bodemreactie in zandcultures onder den invloed der zoutverwerking schommelt. Zoo werden (Loc. cit. 1919, p. 136) o.a. ook pH-bepalingen verricht in potten, welke stikstof resp. als $NaNO_3$ of als NH_4NO_3 ontvingen en overigens geheel gelijk behandeld waren. De resultaten waren als volgt:

	pH op 21 Mei		pH op 11 Juni	
	a	b	a	b
$NaNO_3$	8,42	8,18	8,84	8,73
NH_4NO_3.....	6,60	6,65	6,49	6,54

Zandcultures 1930 met kanariezaad.

Om nu na te gaan, wat onder deze zoo verschillende oplosbaarheidsverhoudingen de werkingsgraad was van de verschillende korrelgrootten van het Algiersfosfaat, werden in het voorjaar van 1930 potten aangezet volgens het volgende schema:

ALLE POTTEN ONTVANGEN KALIUMCHLORIDE EN MAGNESIUMSULFAAT

Fosfaatbemesting	Stikstofvoeding als $NaNO_3$, Nrs	Stikstofvoeding als NH_4NO_3, Nrs
Dicalciumfosfaat.....	1 A en B	2 A en B
Geen fosforzuur	3 „	4 „
Alg. fosf. (oorspr.)	5 „	6 „
„ „ 1e fractie	7 „	8 „
„ „ 2e „	9 „	10 „
„ „ 3e „	11 „	12 „
„ „ 4e „	13 „	14 „
„ „ 5e „	15 „	16 „
„ „ 6e „	17 „	18 „
„ „ alle fracties.....	19 „	20 „

Als potten werden de door HUDIG gebruikte glazen cylinders van zgn. „Resistenzglas" genomen van 11 à 11,5 cm doorsnede en 23,5 cm hoogte. Onderin elke cylinder bevindt zich, op een glazen driepootje 3 cm boven den bodem rustend, een geperforeerde geglazuurd steenen plaat van 10,5 cm doorsnede. Tot aan den bodem reikend, waar zij scheef zijn afgesneden, worden diametraal twee glazen buizen van ca. 0,7 cm doorsnede geplaatst. In de plaat zijn daarvoor half cirkelvormige uitsnijdingen gemaakt. Op het plaatje wordt een dun laagje glaswol gelegd, waarop laagje voor laagje het tevoren met water en voedingsstoffen gemengde zand wordt gebracht. Aan het mengen van de fosfaatbemesting door het zuivere kwartszand werd de grootste zorg besteed. Eerst werd droog gemengd met een kleine hoeveelheid zand, dan deze weer met een grootere hoeveelheid, enz., om tenslotte een werkelijk ideale menging zooveel mogelijk te benaderen. De cultures werden verder geheel aangelegd op de door HUDIG en MEIJER in hunne mededeelingen over de Veenkoloniale haverziekte beschreven wijze (Loc. cit. 1919, p. 3/4). Elke pot bevatte 2800 g glaszand, waaraan in totaal 400 ccm H_2O werd toegevoegd.

De voedingszouten werden in dezelfde hoeveelheden verstrekt als door HUDIG en MEIJER bij hunne proeven met „Tetrafosfaat" (Loc. cit. 1921), te weten 181 mg P_2O_5 vóór het zaaien, 203 mg kaliumchloride vóór het zaaien en 152 mg 31 dagen na opkomst, 250 mg waterhoudend magnesiumsulfaat in éénmaal vóór het zaaien en eenige druppels 5% ferrichloride-oplossing, terwijl de stikstofzouten in driemaal werden gegeven, waarvan tweemaal gelijk met het KCl en

een derde maal tegen het in de aar schieten der planten. Voor het $NaNO_3$ waren de hoeveelheden resp. 581, 581 en 290 mg, terwijl dezelfde hoeveelheid stikstof verstrekt werd met resp. 274, 274 en 137 mg NH_4NO_3.

Daar bij het warme weer de groei zeer snel was, kreeg iedere cylinder later nog bij twee gelegenheden 75 mg waterhoudend mangaansulfaat ter voorkoming der veenkoloniale haverziekte bij de planten der $NaNO_3$-serie.

Gezien het vergevorderd seizoen werd als proefgewas kanariezaad genomen. Hoewel over dit gewas wat de fosforzuur opname betreft weinig bekend is, namen wij aan, dat het als graangewas niet uit eigen kracht in staat zou zijn fosforzuur uit grof gemalen natuurlijk fosfaat op te nemen.

Op 15 Mei 1930 werden hiervan per pot telkens 2 korrels in 20 plantgaatjes gezaaid. De opkomst was voorspoedig, zoodat reeds op 27 Mei tot 20 plantjes per pot kon worden gedund. Op 1 Juni was reeds zeer duidelijk te zien, dat de combinatie van ruw fosfaat met NH_4NO_3 overal beter werkte. Slechts de potten die geen fosforzuur ontvangen hadden toonden geen verschil in stand. De planten in de cylinders met secondair kalkfosfaat groeiden wel goed, maar toch slechter dan de overeenkomstige potten met NH_4NO_3. Zij waren aanvankelijk te geel van kleur. Door toediening van mangaansulfaat en nog eenige druppels ferrichloride aan alle potten, werd het uiterlijk dezer planten langzamerhand weer normaal.

In de serie met even nummers (stikstof als NH_4NO_3) begonnen ook omstreeks 1 Juni verschillen in werking tusschen de fracties onderling zichtbaar te worden. De vierde fractie was het beste en vooral de zesde (fijnste) fractie bleef daarmede vergeleken duidelijk achter, evenals natuurlijk de grovere fracties deden. In de tweede helft van Juni begonnen deze onderlinge verschillen minder te worden om ten slotte, wat de fijnere fracties betreft, bijna niet meer zichtbaar te zijn (afb. 9).

Van de serie met oneven nummers ($NaNO_3$) bleven de planten overal waar natuurlijk fosfaat verstrekt was, evenveel achter als die van de potten, die in het geheel geen fosforzuur hadden ontvangen (afb. 8).

Tusschen „alle fracties" en het oorspronkelijk gemalen fosfaat was geen verschil in werking zichtbaar.

Daar in de $NaNO_3$-serie van het ruwe fosfaat toch in het geheel geen groei zat, werd hiervan een gedeelte der B-potten opgeofferd

om na te gaan of de planten het nog zouden ophalen, indien de derde en laatste stikstofgift op 30 Juni in den vorm van NH_4NO_3 werd verstrekt. Het was merkwaardig te zien, hoe goed de reeds gedeeltelijk afgestorven planten daarop nog reageerden door uitstoeling en vorming van nieuwe aren. Van een ander gedeelte van deze B-serie ontvingen de potten op 30 Juni calciumnitraat in plaats van natriumnitraat. Deze potten bleven geheel gelijk in ontwikkeling en opbrengst aan de overeenkomstige A-potten.

Eind Augustus hadden de planten een dergelijk stadium van rijpheid bereikt, dat met ingang van 1 September met het op gewicht brengen der potten door de dagelijksche watergift werd opgehouden. Alleen de vier potten der $NaNO_3$-serie, die door de NH_4NO_3-gift nog zoo laat aan den groei waren gegaan, werden nog tot 13 October begoten. De andere planten werden op 19 September geoogst. De opbrengsten daarvan zijn in tabel XII samengevat.

TABEL XII:

OPBRENGSTCIJFERS VAN DE ZANDCULTURES 1930 MET KANARIEZAAD (AFZONDERLIJKE CIJFERS DER DUPLO-BEPALINGEN IN AANHANGSEL A)

Fosforzuurbemesting		$NaNO_3$ Nrs	Gem. opbrengst in g luchtdroog (dr. st. + 15% H_2O)			NH_4NO_3 Nrs.	Gem. opbrengst in g luchtdroog (dr. st. + 15% H_2O)		
			korrel	stroo en kaf	totaal		korrel	stroo en kaf	totaal
Dicalciumfosfaat		1 A, B	5,80	16,0	21,80	2 A, B	5,03	16,15	21,18
Geen fosforzuur		3 A, B	0,07	1,6	1,67	4 A, B	0,07	1,55	1,62
Algiersfosfaat	Oorspr. fosf.	5 A	0,10	1,7	1,80	6 A, B	5,28	14,27	19,55
	1e fr. 0,500-0,100 mm	7 A, B	0,05	1,5	1,55	8 A, B	4,83	12,42	17,25
	2e „ 0,100-0,075 „	9 A	0,05	1,7	1,75	10 A, B	5,89	13,85	19,74
	3e „ 0,075-0,050 „	10 A, B	0,05	1,5	1,55	12 A, B	6,04	14,42	20,46
	4e „ 0,050-0,030 „	13 A	0,05	1,6	1,65	14 A, B	6,12	14,85	20,97
	5e „ 0,030-0,010 „	15 A, B	0,07	1,4	1,47	16 A, B	5,33	14,75	20,08
	6e „ <0,010 „	17 A	0,15	2,0	2,15	18 A, B	5,20	14,97	20,17
	Alle fracties	19 A, B	0,12	1,7	1,82	20 A, B	5,16	14,75	19,91

Alvorens aan deze oogstcijfers eenige beschouwingen vast te knoopen, is het wenschelijk de cijfers van het in den oogst aanwezige fosforzuur te kennen. Het is immers een bekend feit, dat het er bij vergelijkende proeven tusschen fosforzuurhoudende meststoffen niet alleen op aankomt, welke oogsten men ermede behaalt, maar vooral ook de totale hoeveelheid door de planten opgenomen fosforzuur van

belang is. Zoo deelt WILHELMJ mede (Loc. cit. 1931, p. 68), dat er reeds lang geleden tusschen FLEISCHER en WAGNER hierover een strijdvraag is ontstaan, waarbij eerstgenoemde het oogstgewicht en laatstgenoemde de fosforzuuropname door den oogst belangrijker vond. In den loop der jaren heeft de wetenschap zich op WAGNER's standpunt gesteld.

Om geheel volledig te zijn en om eventueele verschillen in wortelontwikkeling der planten te kunnen constateeren werd de wortelmassa ook bij dit onderzoek betrokken. Tabel XIII geeft daarvan eerst nog het gemiddelde gewicht aan.

TABEL XIII:

WORTELMASSA VAN DE ZANDCULTURES 1930 MET KANARIEZAAD (AFZONDERLIJKE CIJFERS DER DUPLO-BEPALINGEN IN AANHANGSEL A)

Fosforzuurbemesting		$NaNO_3$ Nrs	Gemiddeld gew. in g. luchtdroog (dr. st. + 15 % H_2O)	NH_4NO_3 Nrs.	Gemiddeld gew. in g luchtdroog (dr. st. + 15 % H_2O)
Dicalciumfosfaat		1 A, B	4,94	2 A, B	6,61
Geen fosforzuur		3 A, B	0,91	4 A, B	0,76
Algiersfosfaat	Oorspronkel. fosf.	5 A	0,71	6 A, B	5,68
	1e fr. (0,500–0,100 mm)	7 A, B	0,79	8 A, B	4,32
	2e „ (0,100–0,075 „)	9 A	0,82	10 A, B	4,85
	3e „ (0,075–0,050 „)	11 A, B	0,76	12 A, B	5,03
	4e „ (0,050–0,030 „)	13 A	0,76	14 A, B	5,88
	5e „ (0,030–0,010 „)	15 A, B	0,65	16 A, B	5,94
	6e „ (<0,010 mm)	17 A	0,82	18 A, B	6,06
	Alle fracties	19 A, B	1,00	20 A, B	5,50

De tabellen XIV en XV geven de absolute en relatieve waarde van het fosforzuur in den oogst.

De hoeveelheid fosforzuur was steeds bepaald volgens de methode VON LORENZ. De planten van de $NaNO_3$-serie werden, met uitzondering van de Nrs. 1, in haar geheel verascht. De asch werd op de gebruikelijke wijze behandeld met HCl op waterbad. Na het filtreeren werd de oplossing aangevuld tot 100 ccm en daarna weer ingedampt tot 20 ccm om in haar geheel voor de Lorenz-bepaling te dienen. Voor de andere bepalingen werd uitgegaan van 5 g korrels, 10 g stroo of de geheele wortelmassa. Na op bovenstaande wijze te zijn behandeld werd hiervan ten slotte resp. 20/100, 40/100 en 50/110 ccm voor de Lorenz-bepalingen gebruikt, die dan in duplo werden verricht.

TABEL XIV: TOTALE HOEVEELHEID FOSFORZUUR IN DEN OOGST DER ZANDCULTURES 1930

(AFZONDERLIJKE CIJFERS DER DUPLO-BEPALINGEN IN AANHANGSEL A)

P_2O_5-bemesting	N-bem.	Nrs	mg P_2O_5 in den oogst				Rendement v. d. P_2O_5-bem. in %
			korrel	stroo en kaf	wortel	totaal	
Dicalcium-fosfaat	$NaNO_3$	1 A, B	57,90	40,32	8,59	106,81	58
id.	NH_4NO_3	2 „	51,90	78,09	12,57	142,56	78
Geen fosforzuur.....	$NaNO_3$	3 „	–	–	–	1,91	–
id.	NH_4NO_3	4 „	–	–	–	1,89	–
Algiersfosfaat:							
Oorspronkelijk fosfaat.	$NaNO_3$	5 A	–	–	–	1,94	0
id.	NH_4NO_3	6 A, B	34,76	10,26	7,24	52,26	28
1e fr. (0,500–0,100 mm)	$NaNO_3$	7 „	–	–	–	1,96	0
id.	NH_4NO_3	8 „	24,14	6,39	3,86	34,39	18
2e „ (0,100–0,075 „)	$NaNO_3$	9 A	–	–	–	2,14	0
id.	NH_4NO_3	10 A, B	31,30	7,93	5,07	44,30	23
3e „ (0,075–0,050 „)	$NaNO_3$	11 „	–	–	–	1,96	0
id.	NH_4NO_3	12 „	40,61	8,28	5,24	54,13	29
4e „ (0,050–0,030 „)	$NaNO_3$	13 A	–	–	–	2,11	0
id.	NH_4NO_3	14 A, B	46,85	11,56	7,10	65,51	34
5e „ (0,030–0,010 „)	$NaNO_3$	15 „	–	–	–	1,92	0
id.	NH_4NO_3	16 „	39,62	10,16	5,74	55,52	30
6e „ (<0,010 mm) ...	$NaNO_3$	17 A	–	–	–	3,23	1
id.	NH_4NO_3	18 A, B	39,00	9,80	6,65	55,45	30
Alle fracties	$NaNO_3$	19 „	–	–	–	2,62	0
id.	NH_4NO_3	20 „	40,31	10,98	6,74	58,03	31

In bovenstaande tabellen werden niet opgenomen de vier potten, die na $^4/_5$ van de totale stikstofhoeveelheid als $NaNO_3$ ontvangen te hebben op 30 Juni het resteerende deel in den vorm van NH_4NO_3 toegediend kregen. Door reeds gedeeltelijk afsterven was de stand der planten op dien datum zeer onregelmatig. Cylinder 5 B met het oorspronkelijk fosfaat bevatte zeer veel afgestorven plantjes, terwijl No. 17 B met de zesde fractie er nog betrekkelijk het groenste uitzag. Aan de onderlinge verhouding der hiermede ten slotte nog verkregen resultaten kan dan ook geen waarde worden gehecht. Toch worden de cijfers, die hierop betrekking hebben, in tabel XVI opgenomen, omdat het zoo merkwaardig is, dat de beste

TABEL XV: P_2O_5-GEHALTE VAN DEN OOGST DER ZANDCULTURES 1930 IN % DER DROGE STOF

P_2O_5-bem.	N-bem.	Nrs	Korrel	Stroo en kaf	Wortel	Geheele oogst
Dicalcium-fosfaat	$NaNO_3$	1 A, B	1,17	0,297	0,24	0,469
id.	NH_4NO_3	2 „	1,21	0,569	0,22	0,603
Geen fosforzuur	$NaNO_3$	3 „	–	–	–	0,086
id.	NH_4NO_3	4 „	–	–	–	0,092
Algiersfosfaat: Oorspr. fosfaat	$NaNO_3$	5 A	–	–	–	0,089
id.	NH_4NO_3	6 A, B	0,78	0,085	0,15	0,244
1e fr. (0,500–0,100 mm)	$NaNO_3$	7 „	–	–	–	0,098
id.	NH_4NO_3	8 „	0,58	0,060	0,10	0,187
2e „ (0,100–0,075 „)	$NaNO_3$	9 A	–	–	–	0,095
id.	NH_4NO_3	10 A, B	0,62	0,067	0,12	0,212
3e „ (0,075–0,050 „)	$NaNO_3$	11 „	–	–	–	0,100
id.	NH_4NO_3	12 „	0,79	0,067	0,12	0,249
4e „ (0,050–0,030 „)	$NaNO_3$	13 A	–	–	–	0,103
id.	NH_4NO_3	14 A, B	0,90	0,092	0,14	0,287
5e „ (0,030–0,010 „)	$NaNO_3$	15 „	–	–	–	0,109
id.	NH_4NO_3	16 „	0,87	0,085	0,12	0,251
6e „ (<0,010 mm) ...	$NaNO_3$	17 A	–	–	–	0,128
id.	NH_4NO_3	18 A, B	0,87	0,077	0,13	0,248
Alle fracties	$NaNO_3$	19 „	–	–	–	0,109
id.	NH_4NO_3	20 „	0,92	0,088	0,14	0,269

pot, waarin alle 20 planten in leven bleven, nog een korrelopbrengst had van bijna 84% van die van de overeenkomstige potten der NH_4NO_3-serie.

TABEL XVI: OPBRENGST EN P_2O_5-GEHALTE DER POTTEN 5, 9, 13 EN 17B STIKSTOF VOOR $^4/_5$ ALS $NaNO_3$ EN VOOR $^1/_5$ OP 30.6.30 ALS NH_4NO_3

Fosforzuurbemesting	Nrs	Aantal in leven gebleven planten	Korrel in g luchtdr.	Stroo en kaf in g luchtdr.	P_2O_5 i. d. oogst	
					mg tot.	% dr. st.
Algiersfosfaat						
oorspr. fosf.	5 B	16	1,6	3,9	14,99	0,258
tweede fractie	9 B	18	2,3	6,05	19,33	0,224
vierde fractie	13 B	17	2,3	6,15	18,45	0,213
zesde fractie	17 B	20	4,35	6,45	28,35	0,263

Wat kan nu uit deze voorafgaande tabellen worden geconcludeerd? Uit de verschillende cijfers en de bijgaande afbeeldingen, naar

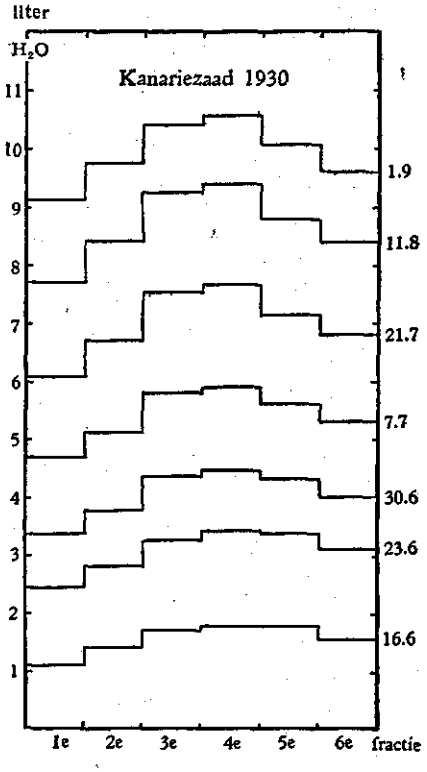
foto's gedurende den groei van de planten genomen, blijkt ten duidelijkste, dat het kanariezaad bij $NaNO_3$-bemesting niet in staat is geweest fosforzuur uit het Algierssfosfaat op te nemen. De ontwikkeling dezer planten was geheel zoo, alsof absoluut geen fosforzuur verstrekt was. Het is echter mogelijk, dat er uit de allerfijnste fractie een geringe fosforzuuropname heeft plaats gehad, daar deze in de betreffende serie zoowel in korrel- en stroo-opbrengst, als in opgenomen hoeveelheid P_2O_5 en P_2O_5-gehalte van den oogst bovenaan staat. De verschillen zijn echter zoo minimaal, dat zij practisch van geen belang zijn, terwijl zij bovendien niet eens met zekerheid kunnen worden vastgesteld. De betere verdeeling van de fosfaatdeeltjes door den bodem, die te verwachten is bij het afnemen der korrelgrootte, heeft blijkbaar de slechte oplosbaarheidsverhoudingen niet of nagenoeg niet kunnen compenseeren.

Maar is er — en hiermede komen wij tot het tweede punt — bij de fijnste fracties nog wel sprake van betere verdeeling door den bodem? In de NH_4NO_3-serie valt het nl. op, dat de 5de en 6de fracties weer dalende cijfers opleveren, waarmede dus het resultaat van het NEUBAUER-onderzoek bevestigd wordt. Eigenaardig is het, dat de stroo- en totaalopbrengsten ongeveer op dezelfde hoogte blijven voor de 3de, 4de, 5de en 6de fracties, maar dat de korrelopbrengst van de beide laatste fracties duidelijk geringer is geworden, evenals de opgenomen hoeveelheid P_2O_5 en het gehalte aan fosforzuur van de droge stof. Ook uit de waarnemingen tijdens den groei bleek, dat de achterstand der vijfde en vooral van de zesde fractie duidelijk zichtbaar was. De planten ontwikkelden er zich veel trager, hetgeen ook in de waterbehoefte der potten weerspiegeld werd. Daar de cylinders elken dag op gewicht werden gebracht en de verstrekte waterhoeveelheid werd genoteerd, konden de groeiverschillen ook in cijfers worden vastgelegd. De op een bepaalden datum in totaal verbruikte hoeveelheid water werd voor elke fractie grafisch vastgelegd. Hierdoor ontstonden de in afb. 10 geteekende lijnen, die inderdaad een zeer juist en objectief beeld van de intensiteit van den plantengroei geven. Ook hier is een top bij de vierde fractie, waarna weer een vrij scherpe daling inzet.

Dit is vooral daarom merkwaardig, omdat bij den oogst deze fracties nog iets meer stroo gaven. Gedurende de eerste ontwikkelingsperiode is er bij deze potten achterstand ontstaan, evenals bij de grove eerste en tweede fracties. Tijdens den groei verdween de achter-

stand van de plantenontwikkeling bij de fijnste fracties bijna geheel, terwijl die van de grofste fracties duidelijker bleef bestaan, getuige vooral de strooopbrengsten en de opgenomen hoeveelheden P_2O_5. Mede in verband met den uitslag van het NEUBAUER-onderzoek mogen wij wel concludeeren, dat in de eerste periode zoowel de grofste als de fijnste fracties bij de fosforzuurvoorziening der planten te kort schoten. Bij de analyse der oogstproducten bleek echter, dat het P_2O_5-gehalte van die van de fijnste fracties aanmerkelijk hooger was, dan dat van den oogst der grove fracties, hetgeen vooral bij het P_2O_5-gehalte der korrels tot uiting kwam.

Afb. 10. Gemiddelde hoeveelheden water op verschillende data in totaal verbruikt per pot bij afnemende korrelgrootte van natuurlijk fosfaat.



Het lijkt dus, alsof de planten in een verder stadium van ontwikkeling weer meer P_2O_5 uit de fijnste fracties konden opnemen. Dit fosforzuur zou dan echter te laat ter beschikking van de planten zijn gekomen om nog een maximale korrelopbrengst te kunnen geven, terwijl de stroo- en wortelmassa nog geheel tot ontwikkeling kon komen.

De aannemelijkste verklaring voor dit verschijnsel is, dat de fijnste fracties bij het mengen door het zand geen ideale verdeeling van het fosforzuur veroorzaakt hebben door grootere aggregaten van fijne deeltjes te vormen, die zelfs nog grooter waren dan de deeltjes der vierde fractie. Aanvankelijk zou hierdoor het fosforzuur slechter opneembaar zijn, doch het is ook te begrijpen, dat de oplosbaarheid van het fosforzuur uit deze aggregaten op den duur toch beter moet zijn, dan uit een evengroot uit één enkel stuk bestaand deeltje. Dit moet dan vooral tot uiting komen, wanneer het wortelstelsel zoodanig ont-

wikkeld is, dat vele wortelharen in directe aanraking met de fosfaatdeeltjes kunnen komen.

Inderdaad kon worden waargenomen, dat de aanvankelijk achterlijke planten geleidelijk beter gingen groeien, hetgeen met bovenstaande verklaring in overeenstemming zou zijn. Toch mogen wij deze verklaring niet a priori aannemen, omdat het waargenomen verschijnsel ook nog wel op andere wijze veroorzaakt zou kunnen zijn. Hierbij moet dan in de eerste plaats gedacht worden aan het feit, dat in de fijnere fracties niet alleen het fosforzuur, maar ook het $CaCO_3$ in fijneren vorm wordt verstrekt. Misschien zijn hierdoor de omstandigheden ongunstiger geworden voor goede oplosbaarheid van het fosforzuur. Hoewel dit zich niet in verminderde oplosbaarheid in 2 %-ig citroenzuur heeft geuit, zou de grootere activiteit van den remmenden factor $CaCO_3$ de reactie van den bodem juist zooveel nadeelig kunnen beïnvloeden, dat de oplosbaarheid van het fosforzuur in het bodemvocht geringer wordt. Bepaling van de pH zou hierover misschien uitsluitsel kunnen geven.

Te dien einde werd na den oogst uit iederen pot een monster zand genomen. Hiervan werd een hoeveelheid, overeenkomend met 10 g absoluut droog zand, gedurende een half uur met 50 ccm gedestilleerd water geschud. Van de verkregen waterige oplossing werd op de in Groningen bij de kalktoestandsbepalingen gebruikelijke en door HUDIG en HETTERSCHY (25) beschreven wijze met de chinhydronelectrode van BIILMANN (6) de pH bepaald. De gemiddelde uitkomsten van deze bepalingen zijn in tabel XVII opgenomen.

TABEL XVII:

pH-BEPALINGEN VAN HET ZAND NA DEN OOGST V.H. KANARIEZAAD 1930

Fosforzuurbemesting	N-bemesting	Potten	pH	N-bemesting	Potten	pH
Dicalciumfosfaat.....	$NaNO_3$	1 A, B	6,80	NH_4NO_3	2 A, B	6,40
Geen fosforzuur	„	3 „	6,75	„	4 „	6,65
Algiersfosfaat: Oorspr. fosf.	„	5 A	6,70	„	6 „	6,40
Algiersfosfaat: 1e fr. (0,500–0,100 mm)	„	7A, B	6,60	„	8 „	6,40
Algiersfosfaat: 2e „ (0,100–0,075 „)	„	9 A	6,45	„	10 „	6,25
Algiersfosfaat: 3e „ (0,075–0,050 „)	„	11 A, B	6,45	„	12 „	6,25
Algiersfosfaat: 4e „ (0,050–0,030 „)	„	13 A	6,45	„	14 „	6,20
Algiersfosfaat: 5e „ (0,030–0,010 „)	„	15 A, B	6,40	„	16 „	6,10
Algiersfosfaat: 6e „ (<0,010 mm) ..	„	17 A	6,50	„	18 „	6,15
Algiersfosfaat: Alle fracties	„	19 A, B	6,60	„	20 „	6,10
Gemiddelde der $NaNO_3$-serie			6,60	NH_4NO_3-serie..		6,35

In de kleine verschillen tusschen de fracties onderling zit geen vaste lijn, zoodat hieruit ook niets te concludeeren valt omtrent eventueele grooter activiteit der in de fijnste fracties eveneens aanwezige fijnere koolzure kalk. Uit al deze cijfers is het bovendien duidelijk, dat het groote verschil in plantengroei bij verschillende stikstofbemesting niet door het waargenomen geringe verschil van de pH van het zand, na den oogst gemeten, kan worden verklaard. Echter is de chinhydron-electrode bij pH boven 6,5 niet geheel betrouwbaar meer. Het zou bovendien mogelijk kunnen zijn, dat de verschillen tijdens den groei grooter zijn geweest. Zoo niet, dan zou men zich den invloed der stikstofbemesting gelocaliseerd moeten denken. Het is nl. wel denkbaar, dat een grootere reactieverandering in het onmiddellijk aan de plantenwortels grenzende bodemlaagje, die in de geheele bodemmassa nagenoeg niet aan te toonen is, in de wortelzone de opneembaarheid van het fosforzuur gunstig of ongunstig beïnvloedt. Van de potten der $NaNO_3$-serie, die de laatste stikstofgift in den vorm van NH_4NO_3 hadden ontvangen, had de pH-bepaling het volgende resultaat:

	oorspr. fosf.:	2e fractie:	4e fractie:	6e fractie:
pH	6,50	6,20	6,35	6,35

Terwijl de planten der $NaNO_3$-serie in het geheel niet groeiden en de geringe toevoeging van NH_4NO_3 voldoende was om plotseling zeer sterken groei te veroorzaken, was na den oogst de pH van het zand daardoor slechts met 0,10–0,25 gedaald.

Het is nu tevens begrijpelijk, dat op deze wijze eventueele invloed van $CaCO_3$ niet is aan te toonen. Ook deze zou slechts zeer locaal tot uiting komen, te meer, daar tusschen $CaCO_3$ en $Ca_3(PO_4)_2$ in het natuurlijk fosfaat een zeer innige band bestaat. De tegenwoordigheid van meer opneembare kalk zou echter in het aschgehalte van de planten tot uiting moeten komen en wel in de verhouding tusschen kalk en fosforzuur in de asch. Doordat het kanariezaad per pot slechts betrekkelijk geringe opbrengsten geleverd had, was het niet meer mogelijk daarvan nog het calciumgehalte te bepalen. Het leek daarom gewenscht de proeven nog eens met een forscher gewas te herhalen. Tijdens den groei zouden dan van het zand pH-bepalingen kunnen worden verricht en na den oogst den kalk-fosforzuur-factor in de plantenasch kunnen worden bepaald.

Inmiddels is er in de uitkomsten van de proef met kanariezaad nog een aanwijzing voor de juistheid van onze hypothese, dat de aggre-

gatie der fijnste deeltjes, die reeds onder den microscoop werd waargenomen, ook in den bodem de oorzaak is van slechter verdeeling en daardoor ook slechter opneembaarheid voor de plant. Wanneer wij nl., evenals wij dat met de resultaten van het NEUBAUER-onderzoek deden, het rendement van het oorspronkelijk fosfaat of van het mengsel der verschillende fracties tot het synthetische fosfaat, dat wij „alle fracties" noemden, theoretisch zouden afleiden uit de rendementen der afzonderlijke fracties, zouden wij daarvoor slechts 25 vinden, terwijl het resp. 28 en 31 bedraagt. Om de een of andere reden moet dus het rendement van het mengsel hooger zijn geworden, dan men op grond van de rendementen der samenstellende deelen zou verwachten. Dat „alle fracties" iets beter zou zijn dan het oorspronkelijk fosfaat, waaruit het was gewonnen, was te verwachten. Daarvoor zijn verschillende redenen. Niet alleen bevat het in verhouding minder CaO en $CaCO_3$, maar ook zullen door het slibben altijd nog wel eenige grovere deeltjes vergruisd en eventueel ook klontjes der fijnste deeltjes uiteengevallen zijn.

Wat nu de betere werking van het mengsel betreft, lijkt het onwaarschijnlijk, dat het rendement der grovere deeltjes daarin beter zou zijn geworden, dan het afzonderlijk was. Vermoedelijk zal het verschil dus door het gedrag der fijnste deeltjes worden veroorzaakt. Wanneer deze met de grovere korrels gemengd zijn, zullen zij zich voornamelijk aan de oppervlakte daarvan vasthechten en zoodoende beter verdeeld zijn, dan wanneer zij met een groot aantal onderling coaguleeren.

Inderdaad deelt GESSNER (Loc. cit. 1931, p. 49) mede, dat WIEGNER en v. GALECKI reeds de meening hebben uitgesproken, dat de groote deeltjes in een polydispers systeem de coagulatie der kleine deeltjes zouden beïnvloeden, doordat deze laatste klaarblijkelijk de neiging zouden vertoonen, zich aan de groote deeltjes vast te hechten. Ook v. SMOLUCHOWSKI zou aannemen, dat de waarschijnlijkheid van samenhechting van twee deeltjes van ongelijke grootte grooter is, dan het samenstooten van twee evengroote deeltjes.

In den bodem zouden wij dan in het klein ongeveer hetzelfde kunnen krijgen, als bij de superfosfaat-industrie in het groot kan gebeuren. SCHUCHT noemt in zijn bekend handboek (Loc. cit. 1909, p. 363) de klontenvorming een gevaar, waardoor een slechte ontsluiting van het ruwe fosfaat wordt veroorzaakt. Om goede resultaten te verkrijgen moeten de grovere korrels in grooter hoeveelheid aanwezig zijn, dan de stoffijne deeltjes. Wanneer alleen deze laatste aan-

wezig zijn, leveren zij slechte resultaten door samenbakking.

Het gedrag van de mengsels van grove en fijne deeltjes pleit dus zeer sterk voor onze hypothese. Klaarblijkelijk zijn de aggregaten der fijnste deeltjes door schudden met 2%-ig citroenzuur uiteengevallen, waardoor hun verdeelingstoestand veel gunstiger werd, dan in werkelijkheid bij menging met den bodem het geval is.

Ter contrôle van de werking van het ruwe fosfaat was bij deze serie als standaard $CaHPO_4$ genomen. De vooral aanvankelijk veel slechtere stand bij bemesting met $NaNO_3$ zal waarschijnlijk moeten worden toegeschreven aan den snellen groei bij zeer warm weer ten gevolge van het late zaaien. Daar een dergelijk groeiverschil bij de zandcultures van PRIANISCHNIKOW en andere onderzoekers bij $CaHPO_4$ niet voorgekomen was en niet verwacht kon worden, dat de opbrengst van deze slechter staande planten tenslotte zelfs nog hooger zou worden, dan bij bemesting met NH_4NO_3 het geval was, werden op 16 Juni nog eenige potten voor vergelijking van mono- met dicalciumfosfaat bij verschillende stikstofbemesting aangezet. Ook hiervan werden de planten met $NaNO_3$ en $CaHPO_4$ aanvankelijk te geel. Op het bufferarme glaszand bleek het in overmaat aanwezige Na-ion dus de concentratie der hydroxyl-ionen dermate te vergrooten, dat ernstige groeistoornissen optraden. De groeiperiode was daarbij te kort om den achterstand later nog in te halen, zooals de eerste serie toen bleek te doen. Tengevolge van het late zaaien was de korrelopbrengst van deze potten gering en de ontwikkeling der planten onregelmatig, waardoor de duplo-bepalingen te groote verschillen vertoonden om bruikbare resultaten te leveren. Vermelding van de uitkomsten kan daarom achterwege blijven. Bij de herhaling der zandcultures werd daarom monocalciumfosfaat in het onderzoek betrokken.

Tenslotte was de korrelopbrengst van de combinatie $CaHPO_4$ en NH_4NO_3 nog geringer. Hierbij zou men bijna aan een oogstdepressie door fosforzuurovermaat gaan denken, daar het stroo van deze planten niet minder dan 0,569% P_2O_5 in de droge stof bevatte.

Alvorens over te gaan tot bespreking der in het tweede jaar met de zandcultures verkregen resultaten, moeten wij eerst een onderzoek van LEBEDIANTZEV vermelden, waarvan de resultaten ons eerst onder de oogen kwamen, toen ons onderzoek reeds tot dit stadium was gevorderd. Intusschen was ook een publicatie van REIFENBERG verschenen, waarover daarna eene korte beschouwing volgt.

Onderzoek van Lebediantzev.

Deze Russische onderzoeker heeft nl. in 1924 verslag uitgebracht van een door hem aan het proefstation van Chatilovskaia in het gouvernement Toula verricht onderzoek naar de werking van verschillende korrelgrootten van eenige Russische fosforieten (38). Hij had 5 verschillende fracties verkregen door de fosfaten te slibben met het toestel van SCHÖNE en de grofste fractie daarvan door zeven in twee deelen te splitsen. Van de fracties, waarvan hij te voren door analyses nauwkeurig de verhouding tusschen P_2O_5, $Al_2O_3+Fe_2O_3$, CaO en CO_2 had bepaald, vergeleek hij een hoeveelheid overeenkomend met 0,08 g P per kg absoluut droge tchernozem in potten, die verder per kg drogen grond 0,16 g N als $NaNO_3$ ontvingen. Als proefgewas werd gierst genomen. Het fosforiet van Podolië, dat van oudere formatie en kristallijne structuur is, bleef practisch gesproken in alle graden van fijnheid onwerkzaam. Tabel XVIII geeft de resultaten die met de goede fosforieten in 1919 werden verkregen.

TABEL XVIII: POTPROEVEN VAN LEBEDIANTZEV

Bemesting	Fosforiet v. Kostroma		Fosforiet v. Riazan		Fosforiet v. Orel		Fosforiet v. Koursk		Zonder fosforiet	
	totaal gew.	korrel	totaal gew.	korrel	totaal gew.	korrel	totaal gew.	korrel	totaal gew.	korrel
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Onbemest ...									7,9	3,6
$NaNO_3$									8,9	4,0
0,6 –0,2 mm	8,5	3,0	8,7	1,2	13,0	5,5	9,5	3,1		
0,2 –0,08 „	16,7	7,0	14,2	4,6	16,0	6,6	13,2	5,2		
0,08–0,05 „	20,9	9,2	18,8	6,8	19,4	8,0	18,4	7,5		
0,05–0,01 „	26,0	12,2	23,8	9,5	22,7	9,2	23,0	10,0		
<0,01 mm	27,5	12,0	22,8	9,6	19,0	6,3	25,6	11,5		

Zooals uit de cijfers blijkt, gaven deze fosforieten alle een snel stijgende werking te zien bij afnemende korrelgrootte tot en met de fractie van 50–10 μ. Bij de fijnste fractie was over het algemeen geen verbeterde werking meer waar te nemen. De fosforieten van Kostroma en Koursk leverden in die graad van fijnheid nog iets meer totaalgewicht van den oogst, die van Riazan en Orel daarentegen weer minder, terwijl het korrelgewicht, waar het bij proeven met fosfaten toch vooral op aankomt, bij het fosforiet van Orel belangrijk achteruitging, bij die van Kostroma en Riazan practisch gesproken gelijk bleef en alleen bij dat van Koursk nog steeg. De herhaling der proeven

in 1920 leverde een soortgelijk resultaat. Jammer genoeg ontbreken cijfers omtrent het P_2O_5-gehalte van den oogst.

In 1924 nam LEBEDIANTZEV, in samenwerking met TSCHEGLOV en REMIZOV (39), o.a. een dergelijke proef met Gafsafosfaat, dus een fosfaat, dat groote gelijkenis vertoont met het door ons gebezigde Algiersfosfaat. De grenzen der fracties werden toen eenigszins anders gekozen. Het resultaat was toen:

Oogst	Korrelgrootte van Gafsafosfaat (in mm)				
	0,50–0,30	0,30–0,10	0,10–0,07	0,07–0,01	< 0,01
Tot. gew. in g ..	21,55	35,70	38,00	43,30	45,00
Korrelgew. in g .	11,85	19,16	20,53	22,82	23,20

De potten met $NaHPO_4$ leverden gemiddeld een totaalgewicht van 46,00 g, waarvan 21,77 g korrel. Ook bij dit Noordafrikaansche fosfaat is de vermeerdering aan korrelopbrengst bij fijnheid < 0,01 mm slechts zeer gering. De grenzen der voorafgaande fractie zijn hier zoo, dat deze nagenoeg samenvalt met onze derde, vierde en vijfde fracties, zoodat een eventueele maximale werking bij een korrelgrootte van 0,05–0,03 mm daardoor ook niet tot uiting zou kunnen komen.

LEBEDIANTZEV komt op grond van deze proeven tot de conclusie, dat er een duidelijke grens voor goede assimilatie van de fosforieten ligt bij een korrelgrootte van ongeveer 0,05 mm. Merkwaardigerwijze houdt hij zich niet bezig met het toch wel zeer opvallende feit, dat de fijnste fractie gemiddeld geen verbeterde assimilatie meer geeft en in een deel der gevallen zelfs duidelijk slechter werkt. Uit zijne analyses bleek ons, dat die mindere werking niet door overmaat van CaO-, CO_2- of Fe_2O_3-+Al_2O_3-gehalte van de fijnste fractie kon zijn veroorzaakt. In elk geval zijn deze proeven eveneens grootendeels een aanwijzing ervoor, dat toenemende fijnheid beneden een bepaalde grens soms slechtere opneembaarheid kan beteekenen.

Proeven van Reifenberg.

Inmiddels was in 1930 een publicatie van REIFENBERG (73) verschenen over de assimilatie van fosforzuur uit het natuurlijk fosfaat van Es Salt in Transjordanië, waarbij dit ook in verschillende fracties werd uiteengelegd. Deze onderzoeker constateerde ook een secundaire aggregatie in waterige oplossing van de fijnste deeltjes en trachtte

deze tegen te werken door koken met een kiezelzuursol. Hij slaagde er zoo zelfs in stabiele colloïdale oplossingen van ruw fosfaat te maken. Hij voegde nu de verschillende door slibben verkregen fracties in waterige suspensie aan het onderste zandlaagje in Neubauer-bakjes toe en vergeleek deze serie met een andere, waarbij een suspensie van ruw fosfaat in kiezelzuursol aan het zand was toegediend. Het overtollige water had hij eerst uit het onderste zandlaagje laten verdampen.

In tabel XIX zijn de resultaten van dit Neubauer-onderzoek opgenomen.

TABEL XIX: NEUBAUER-ONDERZOEK VAN REIFENBERG MET GERST EN FOSFAAT VAN ES SALT

Korrelgrootte in μ	Zonder SiO_2			Met SiO_2	
	verstrekte hoeveelheid P_2O_5 in mg	opgenomen hoeveelheid P_2O_5 in mg	meeropname in vergel. tot blanco in mg	opgenomen hoeveelheid P_2O_5 in mg	meeropname in vergel. tot blanco in mg
	–	23,6	–	25,2	–
1000–500.....	150	23,8	0,2	25,7	0,5
100–50	150	27,5	3,9	32,0	6,8
50–7.....	150	28,5	4,9	32,7	7,5
5–1.....	150	29,8	6,2	33,4	8,2

Volgens deze proef zouden de allerfijnste deeltjes dus de beste zijn. De resultaten zijn echter zeer aanvechtbaar. Ten eerste bevatte het zaad volgens REIFENBERG 32,3 mg P_2O_5, waarvan dus 8,7 mg in het zand overging. Van de verstrekte 150 mg P_2O_5 werd dan nog slechts 6,2 mg of 4,1% opgenomen uit de fijnste fractie, tegen 4,9 mg of 3,3% uit de fractie van 50–7 μ. Deze hoeveelheden zijn zelfs nog geringer dan de door het zaad aan het zand afgestane hoeveelheid P_2O_5, zoodat de kans op fouten veel te groot werd. Terwijl bij onze Neubauer-proef slechts 50 mg P_2O_5 was verstrekt, bedroeg de fosforzuuropname uit het ruwe fosfaat maximaal 13,5 mg P_2O_5 of 27%. Bovendien diende REIFENBERG de fracties in waterige suspensie aan den grond toe. Hoewel dan ook coagulatie der fijnste deeltjes plaats heeft, worden dan toch lang niet zoo groote aggregaten gevormd als in luchtdrogen toestand, zoodat het heel goed mogelijk is, dat in dat geval dezelfde waardeverhouding wordt gevonden als bij bepaling der oplosbaarheid in b.v. 2%-ig citroenzuur.

Door REIFENBERG wordt ook niets medegedeeld over de verhouding

tusschen CaO, CO_2 en P_2O_5 in de fracties, terwijl het door hem gekozen gewas gerst daarvoor juist buitengewoon gevoelig is, zooals ook uit andere door ons genomen proeven, waarvan later de beschrijving volgt, zal blijken.

De meeropname van fosforzuur bij tegenwoordigheid van colloïdaal kiezelzuur schrijft REIFENBERG toe aan het verhinderen der secundaire aggregatie, waardoor de deeltjes in de beste verdeelingstoestand worden gehouden. Per bakje werd echter nog 2,54 mg P_2O_5 gegeven in de verstrekte kiezelzuursol, welke met fosforzuur verontreinigd was en bovendien een pH van 3,78 had, zoodat de met SiO_2 verkregen resultaten zeker geflatteerd zijn. Er zou hier eerder aan een buffering der alcaliën door het kiezelzuur kunnen worden gedacht. LEMMERMANN en WIESSMANN (40, 41, 43, 44) meenen, dat de verhoogde P_2O_5-opname onder invloed van colloïdaal kiezelzuur niet door processen in de plant zelf wordt veroorzaakt, maar met de oplossende werking, die kiezelzuur op fosfaten kan uitoefenen, samenhangt. Misschien is het kiezelzuur in staat calciumhydroxyd te absorbeeren en begunstigt het op deze wijze de oplosbaarheid van ruw fosfaat. Ook WILHELMJ (Loc. cit. 1931) constateerde, dat de werking van Thomasslakken voor een zeer groot deel afhankelijk is van de verhouding tusschen kalk en kiezelzuur in het product. KAPPEN en BOLLENBECK (29) denken zich de werking van kiezelzuur met die van humuszuur overeenkomend, nl. zoo, dat de tegenwoordigheid van een neutraal zout het vermogen tot binding van OH-ionen en daarmede ook van basen vergroot.

Zandcultures 1931 met Zomerrogge.

Het volgende jaar werden aan de serie zandcultures eenige potten toegevoegd. De collectie verschillende korrelgrootten werd nog uitgebreid met de uit grovere maling van hetzelfde Algiersfosfaat verkregen deeltjes ter grootte van 1–0,5 mm, welke korrelgrootte naar boven toe onmiddellijk aansloot aan de eerste fractie. Het P_2O_5-gehalte hiervan was 27,12%. In 2%-ig citroenzuur was slechts 6,21% P_2O_5 oplosbaar of 22,90% van het totale fosforzuurgehalte.

Bovendien werden zoowel aan de $NaNO_3$-, als aan de NH_4NO_3-serie potten met monocalciumfosfaat toegevoegd.

Teneinde na te gaan in hoeverre de gunstige invloed der ammoniumzouten op de fosforzuurassimilatie van de plant door de zuurrest wordt veroorzaakt, werden ook potten met NH_4HCO_3 aangezet. In

zijn reeds eerder genoemde publicatie over de assimilatie der ammoniakstikstof door de hoogere planten, waarin hij mededeelde, dat ammoniumbicarbonaat gunstiger voor den plantengroei was, dan alle andere ammoniumzouten, waarschuwt PRIANISCHNIKOW voor het toedienen van dit zout in niet geheel zuiveren toestand, daar het dan zeer giftig voor de plantenwortels kan worden (Loc. cit. 1923, p. 605). Het door hem gebruikte NH_4HCO_3 werd in een stroom van koolzuur gemaakt. Ook voor onze proeven werd een op deze wijze gewonnen en op stikstofgehalte gecontroleerd zuiver zout gebruikt, dat in een met CO_2 gevulde exsiccator werd bewaard.

Ter vergelijking werden ook potten met $(NH_4)_2SO_4$ aangezet, zoowel zonder extra $CaCO_3$, als met een extra gift $CaCO_3$ voldoende om de helft van de SO_4-rest van het ammoniumsulfaat te binden. Deze hoeveelheid zal voortaan met $\frac{1}{2}$ aeq. $CaCO_3$ worden aangeduid.

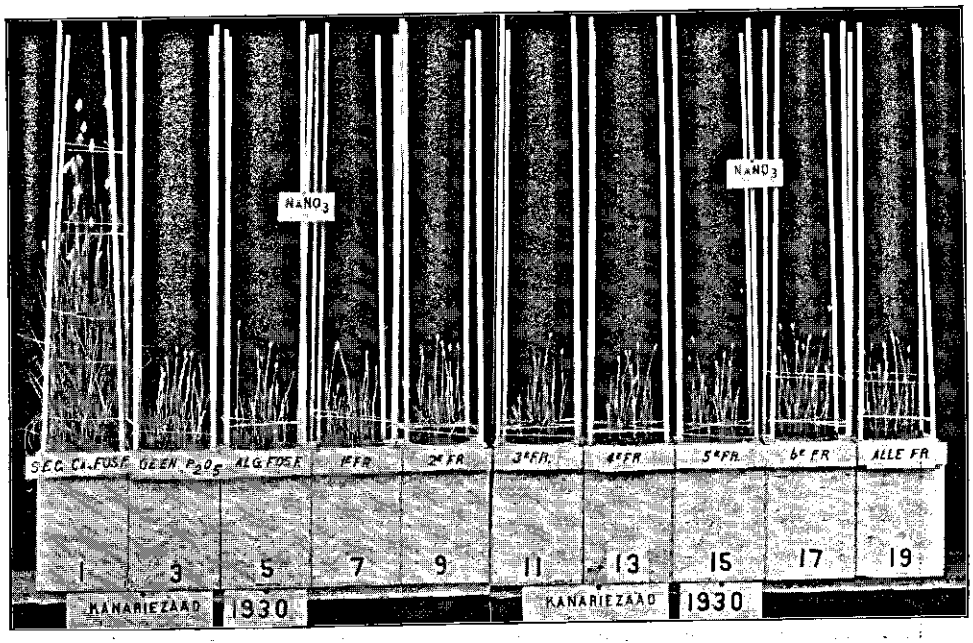
In het laatst van Maart 1931 werden de het vorig jaar eveneens gebruikte Hudig-potten ingevuld volgens het volgend schema:

ALLE POTTEN ONTVANGEN KALIUMCHLORIDE EN MAGNESIUMSULFAAT

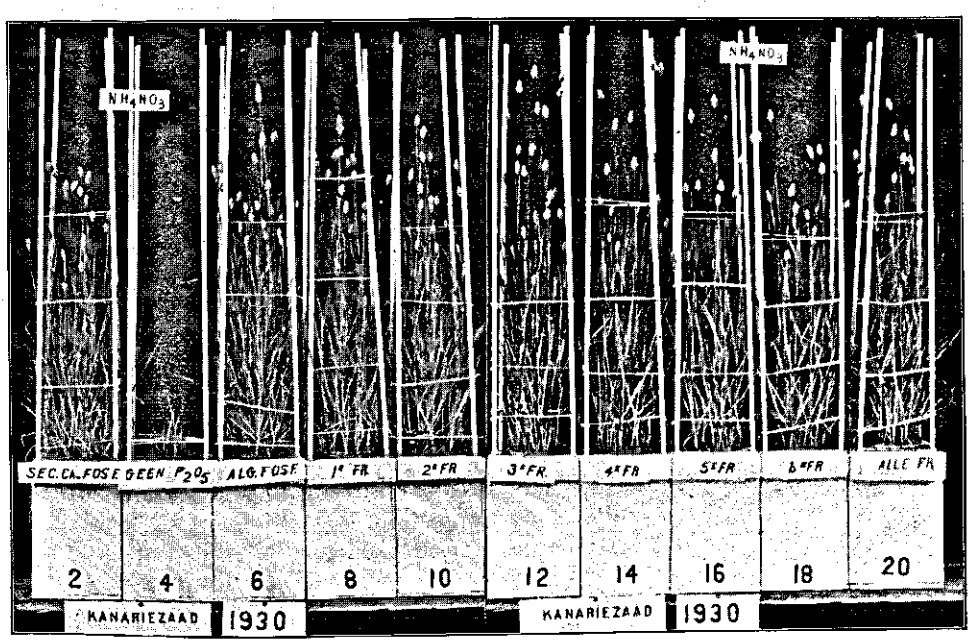
Fosfaatbemesting	$NaNO_3$ Nrs	NH_4NO_3 Nrs	NH_4HCO_3 Nrs	$(NH_4)_2SO_4$ Nrs	$(NH_4)_2SO_4$ + $\frac{1}{2}$ aeq. $CaCO_3$
Geen fosforzuur.....	1 A, B	2 A, B	–	–	–
Monocalciumfosfaat ..	3 „	4 „	–	–	–
Dicalciumfosfaat	5 „	6 „	–	–	–
Algiersfosfaat: Korrelgr. 1–0,5 mm	7 „	8 „	–	–	–
Algiersfosfaat: 1e fractie	9 „	10 „	–	–	–
Algiersfosfaat: 2e „	11 „	12 „	–	–	–
Algiersfosfaat: 3e „	13 „	14 „	–	–	–
Algiersfosfaat: 4e „	15 „	16 „	–	–	–
Algiersfosfaat: 5e „	17 „	18 „	–	–	–
Algiersfosfaat: 6e „	19 „	20 „	–	–	–
Algiersfosfaat: Alle fracties	21 „	22 „	–	–	–
Algiersfosfaat: Oorspr. fosfaat	23 „	24 „	25 A, B	26 A, B	27 A, B

De voedingszouten werden in dezelfde hoeveelheden en geheel op dezelfde wijze verstrekt als het voorafgaande jaar. Van NH_4HCO_3 en $(NH_4)_2SO_4$ werden op dezelfde tijdstippen als $NaNO_3$ en NH_4NO_3 daarmede aequivalente hoeveelheden N verstrekt. In de potten 27 A en B werd bij het invullen bovendien 428 mg $CaCO_3$ door het zand gemengd.

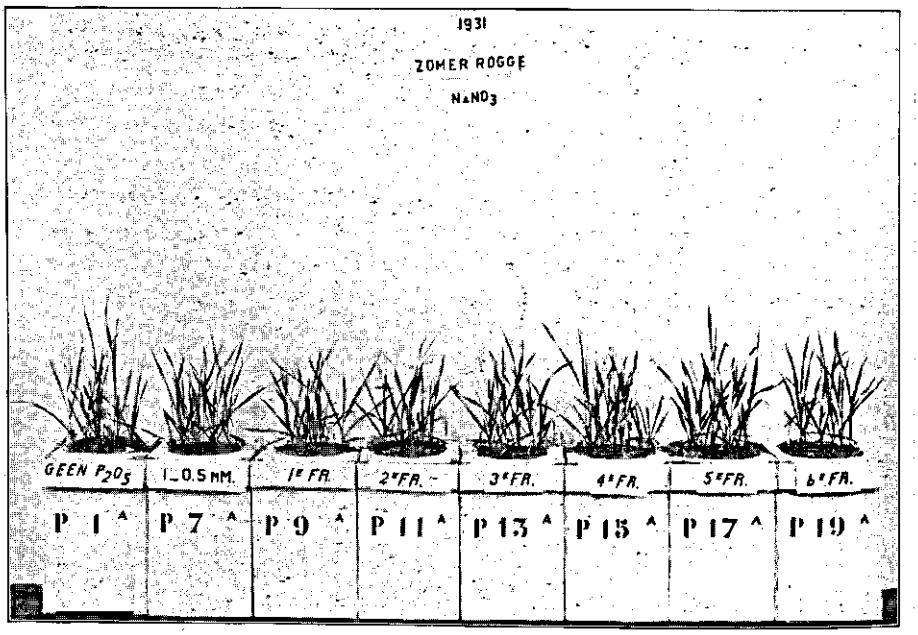
Als forscher graangewas werd dit jaar zomerrogge genomen. Hiervan werden op 2 April per pot telkens 16 ontsmette korrels gezaaid,



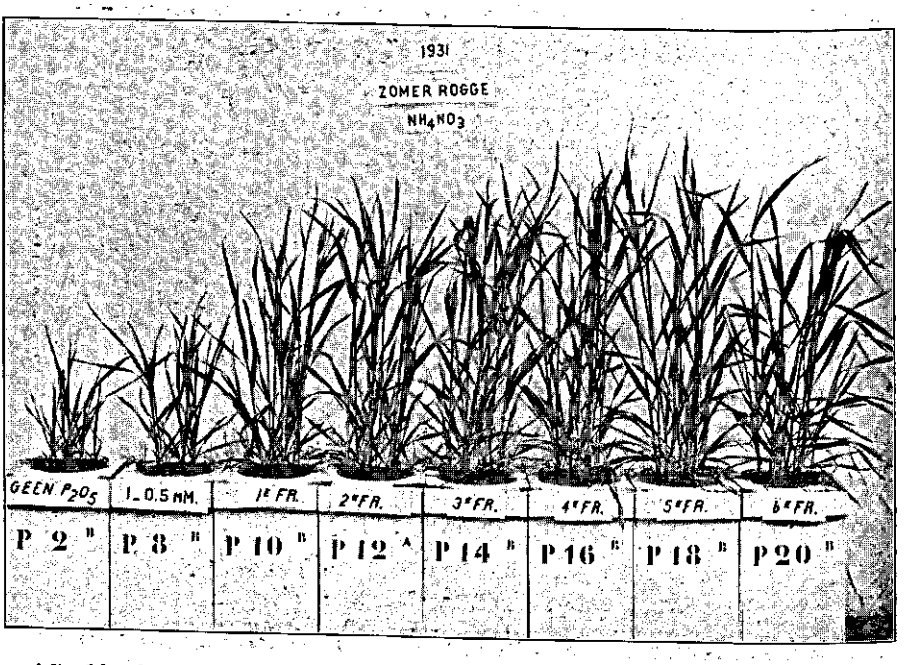
Afb. 8. $NaNO_3$-serie der zandcultures op 25 Juli 1930. In combinatie met dicalciumfosfaat werkt $NaNO_3$ zeer gunstig. De P_2O_5-opname uit ruw fosfaat wordt echter erdoor onmogelijk gemaakt.



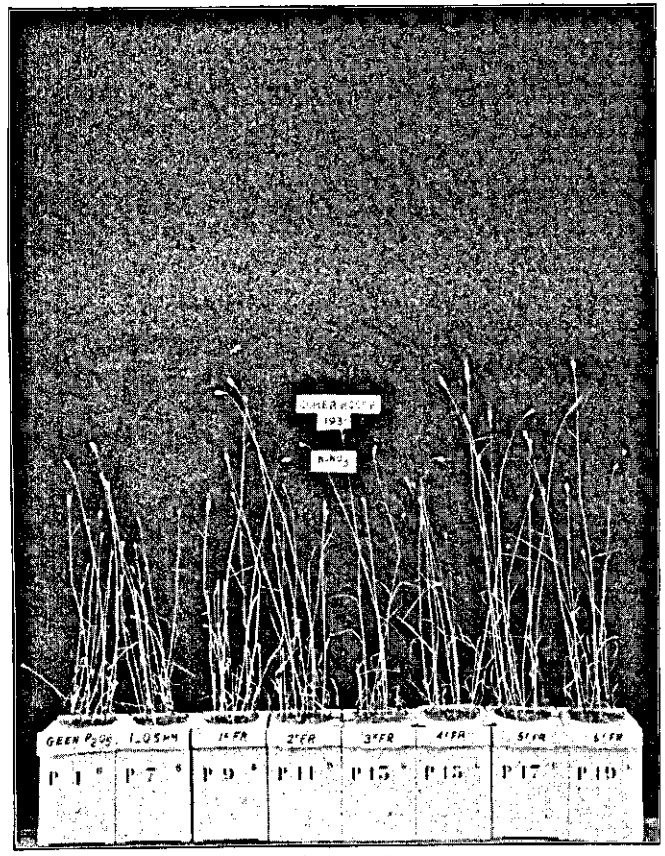
Afb. 9. NH_4NO_3-serie der zandcultures op 25 Juli 1930. De derde, vierde en vijfde fracties (12, 14, 16) vertoonen de gunstigste werking, terwijl de eerste, tweede en zesde fracties (8, 10, 18) iets minder goed gewerkt hebben.



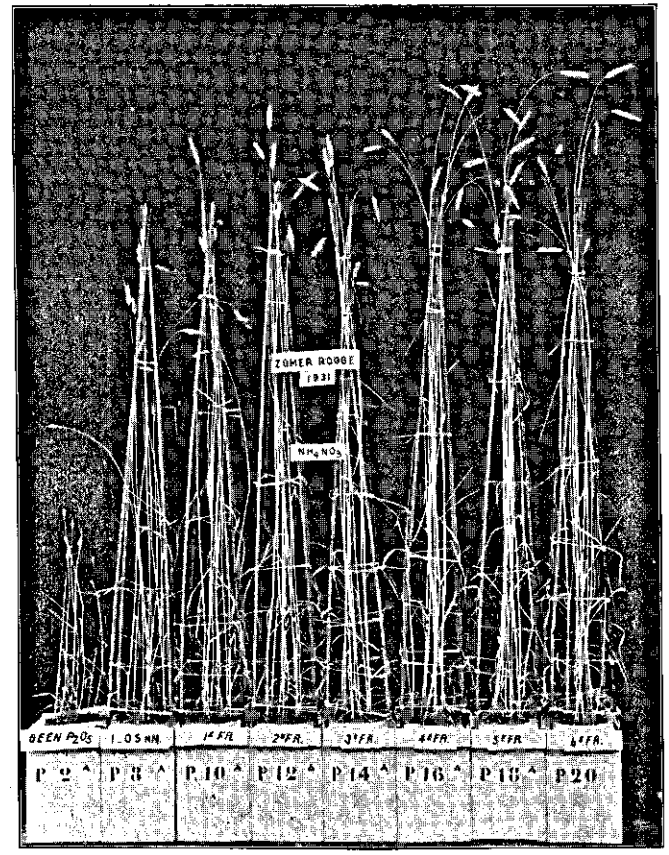
Afb. 11. Verschillende fracties van Algiersfosfaat in zandcultures met $NaNO_3$ op 19 Mei 1931.



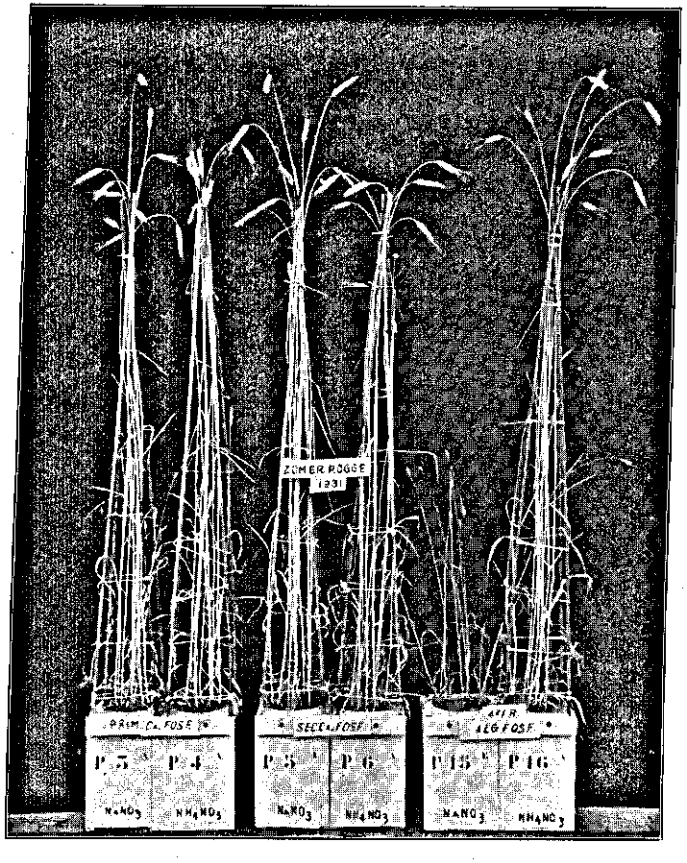
Afb. 12. Overeenkomstige potten met NH_4NO_3 op 19 Mei 1931. Men lette op het achterblijven der zesde fractie.



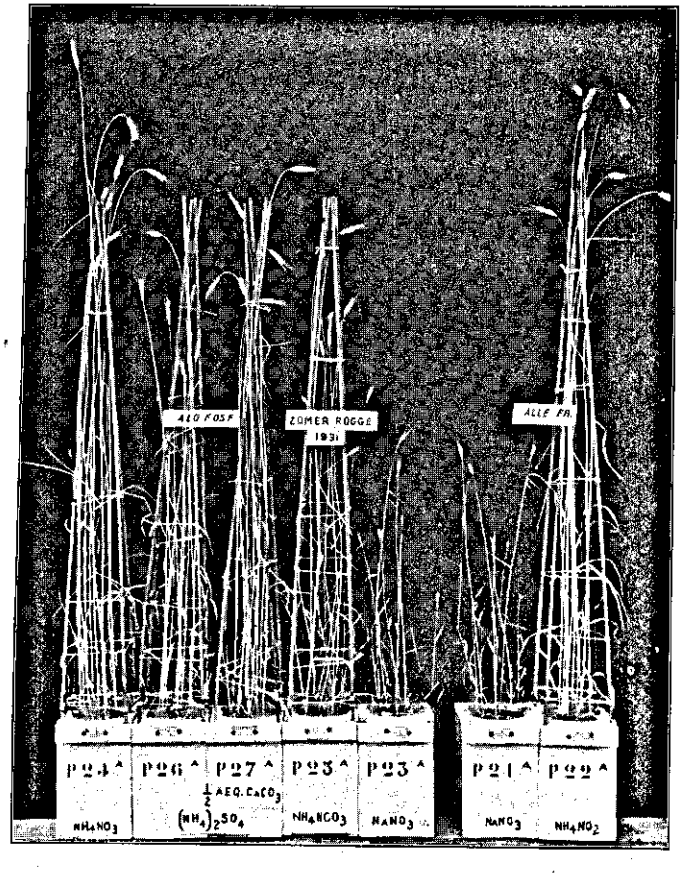
Afb. 13. $NaNO_3$-serie der zandcultures op 22 Juli 1931.



Afb. 14. NH_4NO_3-serie der zandcultures op 22 Juli 1931. In halmlengte is de zesde fractie niet langer achter gebleven.



Afb. 15. Zandcultures op 22 Juli 1931. Bij mono- en dicalciumfosfaat is $NaNO_3$ beter dan NH_4NO_3, bij het ruwe fosfaat maakt het de P_2O_5-opname onmogelijk en werkt NH_4NO_3 zeer gunstig.



Afb. 16. Zandcultures op 22 Juli 1931. „Alle fracties" (21, 22) = oorspronkelijk Alg.fosf. (23, 24) NH_4NO_3 (24) werkt gunstig, $(NH_4)_2SO_4$ (26) veel slechter. De kalkgift (27) brengt daarin eenige verbetering. NH_4HCO_3 (25) was nog slechter, $NaNO_3$ (23) echter maakte de P_2O_5-opname geheel onmogelijk.

die omstreeks 9 April opkwamen. Van de kiemplantjes werden de zwakste uitgedund, zoodat per pot 8 sterke planten bleven staan. Al spoedig begonnen de planten die ruw fosfaat en $NaNO_3$ ontvangen hadden achterstand te vertoonen. Zij stoelden niet uit en groeiden schraal en spichtig op (afb. 11). De vijfde fractie deed het betrekkelijk nog het best van deze serie. Deze potten vertoonden het eigenaardige beeld, dat een paar planten eruit nog tamelijk hoog opschoten, terwijl andere in dezelfde pot in het geheel niet de hoogte in kwamen (afb. 13).

De overeenkomstige potten met NH_4NO_3 leverden een geheel ander beeld. Door de halmlengte der planten werd een curve gevormd, waarvan de top bij de bemesting met de vierde en vijfde fracties lag (afb. 12). Later verdween de achterstand in lengtegroei der met de zesde fractie bemeste planten (afb. 14). De vóór de eerste fractie ingelegde grofste fractie deed het zeer slecht. Het oorspronkelijke Algiersfosfaat en „alle fracties" waren op het oog even goed (afb. 16).

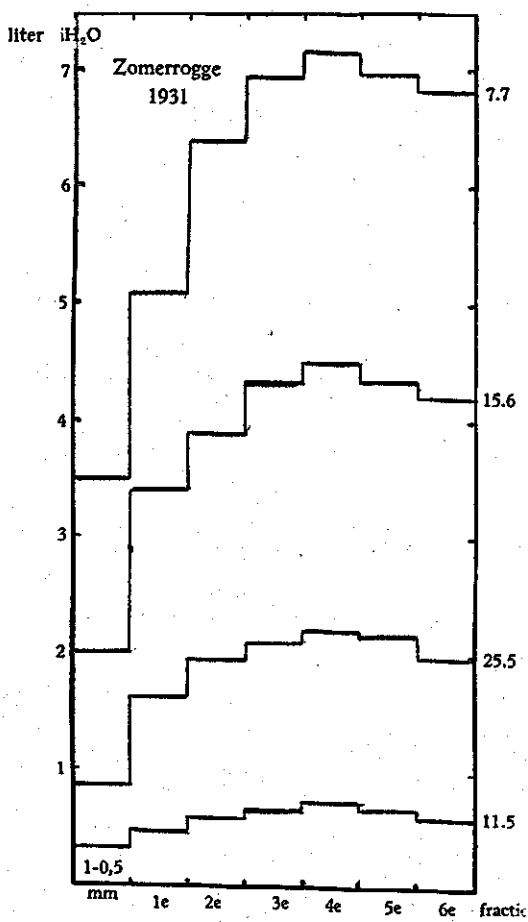
De potten met mono- en dicalciumfosfaat ontwikkelden zich aan-

TABEL XX:

OPBRENGSTCIJFERS VAN DE ZANDCULTURES MET ZOMERROGGE 1931 (AFZONDERLIJKE CIJFERS DER DUPLO-BEPALINGEN IN AANHANGSEL B)

Fosforzuurbemesting		$NaNO_3$ Nrs	Gemiddelde opbrengst in g luchtdroog (dr. st. + 15% H_2O)			NH_4NO_3 Nrs	Gemiddelde opbrengst in g luchtdroog (dr. st. + 15% H_2O)		
			korrel	stroo en kaf	totaal		korrel	stroo en kaf	totaal
Geen P_4O_5		1 A, B	0,40	2,37	2,77	2 A, B	0,24	2,21	2,45
$Ca(H_2PO_4)_2$		3 „	11,40	16,77	28,17	4 „	9,09	14,41	23,50
$CaHPO_4$		5 „	10,75	17,26	28,01	6 „	10,35	15,76	26,11
Algiersfosfaat	1–0,5 mm	7 „	0,22	2,17	2,39	8 „	4,05	8,26	12,31
	1e fr. (0,500–0,100 mm)	9 „	0,29	2,41	2,70	10 „	8,24	12,82	21,06
	2e „ (0,100–0,075 „)	11 „	0,35	2,43	2,78	12 „	9,57	14,98	24,55
	3e „ (0,075–0,050 „)	13 „	0,24	1,95	2,19	14 „	9,95	15,12	25,07
	4e „ (0,050–0,030 „)	15 „	0,49	2,76	3,25	16 „	10,25	15,20	25,45
	5e „ (0,030–0,010 „)	17 „	0,73	3,76	4,49	18 „	9,96	15,33	25,29
	6e „ (<0,010 mm)	19 „	0,48	2,53	3,01	20 „	9,60	15,62	25,22
	Alle fracties	21 „	0,50	2,54	3,04	22 „	9,75	14,87	24,62
	Oorspr. fosf.	23 „	0,46	2,59	3,05	24 „	10,07	16,17	26,24
	Oorspr. fosf.	NH_4HCO_3				25 „	3,31	7,96	11,27
	„ „	$(NH_4)_2SO_4$				26 „	3,48	8,49	11,97
	„ „	$(NH_4)_2SO_4 + \frac{1}{2}$ aeq. $CaCO_3$				27 „	7,54	12,98	20,52

Afb. 17. Gemiddelde hoeveelheden water op verschillende data in totaal verbruikt per pot bij afnemende korrelgrootte van natuurlijk fosfaat



vankelijk even goed met $NaNO_3$ als met NH_4NO_3. Later hadden de potten met $NaNO_3$ beslist forscher planten. Deze leken op het oog slechts weinig beter dan de beste potten met ruw fosfaat en NH_4NO_3 (afb. 15).

De met NH_4HCO_3 bemeste planten bleven spoedig achter, hoewel zij er beter voorstonden, dan die met $NaNO_3$. Ook $(NH_4)_2SO_4$ bleek niet zoo gunstig voor de planten als NH_4NO_3. De extra kalkgift bracht daarin wel eenige verbetering, doch de planten van de NH_4NO_3-serie waren veel forscher ontwikkeld (afb. 16).

Reeds aanvang Juli waren de planten voldoende gerijpt om met ingang van 8 Juli langzamerhand met water geven te kunnen ophouden. De verstrekte hoeveelheden water werden weer in beeld gebracht (afb. 17). 10 Augustus werden de planten geoogst. De droge stof werd bepaald na droging bij 104° C. en hieruit het luchtdroge gewicht van den oogst (droge stof+15% H_2O) berekend (zie tabel XX).

Beschouwen wij eerst de cijfers voor de combinaties van verschillende korrelgrootten van Algiersfosfaat met $NaNO_3$ en NH_4NO_3, dan vinden wij daarin een volkomen bevestiging van de uitkomsten der zandcultures met kanariezaad in 1930. Slechts enkele kleinere afwijkingen kunnen worden waargenomen. Waar vorig jaar in de

$NaNO_3$-serie de zesde fractie iets beter resultaat gaf dan de andere fracties, is het nu de vijfde fractie, die een weinig uitblinkt in deze slechts spaarzaam tot ontwikkeling gekomen serie.

Wel vertoonen de korrelopbrengsten in de NH_4NO_3-serie evenals het vorige jaar een curve, waarvan de top bij de vierde fractie ligt, maar de daling bij de fijnere fracties is minder scherp. Uit deze opbrengstcijfers zou men de conclusie kunnen trekken, dat de derde, vierde, vijfde en zesde fracties practisch evenveel waarde hebben. Door beschouwing van de cijfers voor de hoeveelheid fosforzuur in den oogst aanwezig (tabel XXI) komt men tot een juistere beoordeeling.

TABEL XXI: TOTALE HOEVEELHEID FOSFORZUUR IN DEN OOGST DER ZANDCULTURES 1931

(AFZONDERLIJKE CIJFERS DER DUPLO-BEPALINGEN IN AANHANGSEL B)

	P_2O_5-bemesting	N-bem.	Nrs	mg P_2O_5 in den oogst			Rendement van de fosforz.-bem.
				korrel	stroo en kaf	totaal	
							%
	Geen P_2O_5	$NaNO_3$	1 A, B	–	–	3,17	–
	id.	NH_4NO_3	2 „	–	–	3,09	–
	$Ca(H_2PO_4)_2$	$NaNO_3$	3 „	72,01	11,09	83,10	44
	id.	NH_4NO_3	4 „	72,52	19,52	92,04	50
	$CaHPO_4$	$NaNO_3$	5 „	78,23	20,57	98,80	53
	id.	NH_4NO_3	6 „	87,43	31,27	118,70	64
Algiersfosfaat	1–0,5 mm	$NaNO_3$	7 „	–	–	2,97	0
	id.	NH_4NO_3	8 „	13,75	4,11	17,86	8
	1e fr. (0,500–0,100 mm)	$NaNO_3$	9 „	–	–	3,00	0
	id.	NH_4NO_3	10 „	31,41	5,85	37,26	19
	2e „ (0,100–0,075 „)	$NaNO_3$	11 „	–	–	3,21	0
	id.	NH_4NO_3	12 „	50,06	7,13	57,19	30
	3e „ (0,075–0,050 „)	$NaNO_3$	13 „	–	–	2,66	0
	id.	NH_4NO_3	14 „	50,76	7,50	58,26	30
	4e „ (0,050–0,030 „)	$NaNO_3$	15 „	–	–	3,61	0
	id.	NH_4NO_3	16 „	65,90	11,36	77,26	42
	5e „ (0,030–0,010 „)	$NaNO_3$	17 „	–	–	4,90	1
	id.	NH_4NO_3	18 „	56,82	7,41	64,23	34
	6e „ (<0,010 mm) ..	$NaNO_3$	19 „	–	–	3,67	0
	id.	NH_4NO_3	20 „	52,94	8,18	61,12	32
	Alle fracties	$NaNO_3$	21 „	–	–	3,56	0
	id.	NH_4NO_3	22 „	52,29	8,90	61,19	32
	Oorspr. fosfaat	$NaNO_3$	23 „	–	–	3,39	0
	id.	NH_4NO_3	24 „	48,93	9,08	58,01	30
	id.	NH_4HCO_3	25 „	14,17	9,55	23,72	11
	id.	$(NH_4)_2SO_4$	26 „	33,44	31,28	64,72	34
	id.	id. + ½ aeq. $CaCO_3$	27 „	65,21	27,58	92,79	50

In deze cijferreeks springt het hoogere rendement van de vierde fractie wel zeer duidelijk naar voren. Wij zien hierin bovendien, dat „alle fracties" iets meer P_2O_5 aan de planten heeft afgestaan, dan het oorspronkelijk fosfaat, hoewel de opbrengstcijfers van tabel XX het tegendeel zouden doen vermoeden.

Hoewel bemesting met monocalciumfosfaat en $NaNO_3$ de hoogste korrel- en totaal opbrengst opleverde, staat de bemesting met dicalciumfosfaat en NH_4NO_3 op de eerste plaats wat opgenomen hoeveelheid fosforzuur betreft. Het P_2O_5-gehalte van de planten loopt hier weer geweldig uiteen, zooals in tabel XXII zichtbaar is. De cijfers wijzen hier meer in de richting van oogstdepressie door te zure reactie bij bemesting met NH_4NO_3, waarvan tevens hooger fosforzuurgehalte het gevolg is.

TABEL XXII: P_2O_5-GEHALTE VAN DEN OOGST DER ZANDCULTURES 1931 IN % DER DROGE STOF

P_2O_5-bemesting	N-bemesting	Nrs	korrel	stroo en kaf	geheele oogst
Geen P_2O_5	$NaNO_3$	1 A, B	–	–	0,135
id.	NH_4NO_3	2 „	–	–	0,149
$Ca(H_2PO_4)_2$	$NaNO_3$	3 „	0,74	0,078	0,347
id.	NH_4NO_3	4 „	0,94	0,159	0,461
$CaHPO_4$	$NaNO_3$	5 „	0,86	0,141	0,415
id.	NH_4NO_3	6 „	0,99	0,234	0,535
Algiersfosfaat 1–0,5 mm	$NaNO_3$	7 „	–	–	0,145
id.	NH_4NO_3	8 „	0,40	0,058	0,166
1e fr. (0,500–0,100 mm)	$NaNO_3$	9 „	–	–	0,135
id.	NH_4NO_3	10 „	0,45	0,055	0,208
2e „ (0,100–0,075 „)	$NaNO_3$	11 „	–	–	0,134
id.	NH_4NO_3	12 „	0,61	0,056	0,274
3e „ (0,075–0,050 „)	$NaNO_3$	13 „	–	–	0,141
id.	NH_4NO_3	14 „	0,60	0,058	0,273
4e „ (0,050–0,030 „)	$NaNO_3$	15 „	–	–	0,130
id.	NH_4NO_3	16 „	0,75	0,088	0,357
5e „ (0,030–0,010 „)	$NaNO_3$	17 „	–	–	0,129
id.	NH_4NO_3	18 „	0,67	0,057	0,299
6e „ (<0,010 mm)	$NaNO_3$	19 „	–	–	0,143
id.	NH_4NO_3	20 „	0,65	0,061	0,285
Alle fracties	$NaNO_3$	21 „	–	–	0,138
id.	NH_4NO_3	22 „	0,63	0,070	0,292
Oorspr. fosfaat	$NaNO_3$	23 „	–	–	0,134
id.	NH_4NO_3	24 „	0,57	0,066	0,260
id.	NH_4HCO_3	25 „	0,50	0,140	0,248
id.	$(NH_4)_2SO_4$	26 „	1,13	0,433	0,636
id.	id. + ½ aeq. $CaCO_3$	27 „	1,02	0,250	0,532

De met NH_4HCO_3 bemeste planten hebben slechts $^1/_3$ van de korrelopbrengst en de helft van de stroo-opbrengst van de met NH_4NO_3 bemeste planten opgeleverd. Het fosforzuurgehalte van het stroo is echter tweemaal zoo hoog, terwijl dat van het zaad nog iets lager is. Dit wijst erop, dat het fosforzuur eerst heel laat ter beschikking van de planten is gekomen. Alleen de nitrificatie van het ammoniumbicarbonaat schijnt de fosforzuurassimilatie te hebben bevorderd. Deze was natuurlijk in de zandcultures aanvankelijk zeer gering. Toen later bij hoogere temperaturen de nitrificatie werd bevorderd, hadden de korrels zich reeds ontwikkeld en bleef het opgenomen fosforzuur voornamelijk in stroo en kaf achter. De aren bevatten ook tamelijk veel looze en half ontwikkelde korrels. Daar het kaf voor de analyse met het stroo werd samengevoegd, werd het P_2O_5-gehalte van dit laatste daardoor ook naar boven gejaagd.

Terwijl de opbrengstcijfers bij bemesting met ammoniumsulfaat en -bicarbonaat ongeveer gelijk zijn, werden de lage opbrengsten blijkens de fosfaat-analysen door geheel verschillende oorzaken verkregen. In het buffervrije glaszand-medium heeft ammoniumsulfaat, dat in veel sterker mate physiologisch-zuur is dan NH_4NO_3, daardoor schadelijk gewerkt. Het deed zooveel fosforzuur in oplossing gaan, dat het P_2O_5-gehalte van het stroo bijna zeven maal zoo hoog werd als bij bemesting met NH_4NO_3 en zelfs bijna driemaal zoo hoog als bij bemesting met monocalciumfosfaat het geval was. In deze zandcultures is dus blijkbaar het physiologisch-zuur zijn van ammoniakzouten van meer beteekenis voor de verzuring van het bodemmedium dan de nitrificatie.

Volgens de onderzoekingen van PRIANISCHNIKOW (64) kan deze schadelijke werking het beste door kleine giften $CaCO_3$, voldoende om $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ van het SO_4 te binden, worden opgeheven. Bij grootere kalkgiften ontstaat weer schade door P_2O_5-gebrek. Met $\frac{1}{2}$ aeq. $CaCO_3$ leverden de potten 27 A en B reeds een verdubbelde opbrengst, die echter toch nog slechts $\frac{3}{4}$ was, van wat met NH_4NO_3 werd verkregen. Vermoedelijk zou in dit geval een hoogere $CaCO_3$-gift *nog* gunstiger zijn geweest, daar het P_2O_5-gehalte van den oogst beslist nog te hoog was. Misschien ook liet de verdeeling door het zand van het $CaCO_3$ te wenschen over, daar dit in zeer fijnen vorm was toegediend.

Van deze serie potten was op 29 Mei, dus ongeveer op de helft van de groeiperiode van de planten, de pH van het zand bepaald op dezelfde wijze als het vorige jaar. Dezen keer echter kwamen de ver-

schillen tusschen de physiologisch-zure en alcalische stikstofbemesting veel duidelijker in de cijfers voor den dag (zie tabel XXIII).

TABEL XXIII: pH-BEPALINGEN VAN HET ZAND OP 29 MEI GEDURENDE DEN GROEI VAN DE ZOMERROGGE 1931

P_2O_5-bemesting	$NaNO_3$ Nrs	pH gem.	NH_4NO_3 Nrs	pH gem.	NH_4HCO_3 Nrs	pH gem.	$(NH_4)_2SO_4$ Nrs	pH gem.	$(NH_4)_2SO + CaCO_3$ Nrs	pH gem.
Geen P_2O_5....	1 A, B	6,60	2 A, B	6,35	–	–	–	–	–	–
$Ca(H_2PO_4)_2$...	3 „	7,05	4 „	5,90	–	–	–	–	–	–
$CaHPO_4$ ..–..	5 „	7,30	6 „	6,10	–	–	–	–	–	–
Algiersfosfaat: 1–0,5 mm	7 „	6,60	8 „	6,15	–	–	–	–	–	–
Algiersfosfaat: 1e fractie	9 „	6,70	10 „	5,80	–	–	–	–	–	–
Algiersfosfaat: 2e „	11 „	6,55	12 „	5,95	–	–	–	–	–	–
Algiersfosfaat: 3e „	13 „	6,75	14 „	5,90	–	–	–	–	–	–
Algiersfosfaat: 4e „	15 „	6,80	16 „	6,05	–	–	–	–	–	–
Algiersfosfaat: 5e „	17 „	6,65	18 „	5,85	–	–	–	–	–	–
Algiersfosfaat: 6e „	19 „	6,65	20 „	5,90	–	–	–	–	–	–
Algiersfosfaat: Alle fract.	21 „	6,60	22 „	5,95	–	–	–	–	–	–
Algiersfosfaat: Oorspr. f.	23 „	6,55	24 „	6,15	25 A, B	6,20	26 A, B	5,55	27 A, B	5,80

Gem. van alle pH-bep.
met $NaNO_3$ 6,75
met NH_4NO_3..... 6,00

De verschillen tusschen de fracties onderling zijn te gering en onregelmatig, om daaruit eenige conclusie te kunnen trekken aangaande de werkzaamheid der in het natuurlijk fosfaat aanwezige koolzure kalk. Van de met NH_4HCO_3 bemeste potten had het zand een pH, die tusschen die van de $NaNO_3$ en die van de NH_4NO_3-serie in lag. De lage pH bij bemesting met ammoniumsulfaat werd slechts weinig verhoogd door de toediening van een hoeveelheid $CaCO_3$, voldoende om $\frac{1}{2}$ van het H_2SO_4 te binden. Waarschijnlijk moet hier rekening worden gehouden met de complicatie, dat de extra hoeveelheid $CaCO_3$ de nitrificatie van het ammoniumsulfaat begunstigde, waardoor de zuurgraad van het zand tenslotte toch nog te groot is geweest om een goede opbrengst van de zomerrogge te verkrijgen.

Teneinde na te gaan of de mindere werking der vijfde en zesde fracties door betere oplosbaarheid der daarin aanwezige fijnere koolzure kalk veroorzaakt zou kunnen zijn, werd van de zoutzure oplossing der veraschte oogstproducten eveneens het calciumgehalte bepaald. De onderzoekingen van v. WRANGELL (Loc. cit. 1923, Tab. 9) en BUTKEWITSCH (8) hebben nl. zeer duidelijk aangetoond, dat de ver-

houding tusschen CaO en P_2O_5 in den oogst steeds ruimer wordt, wanneer de fosforzuuropname uit calciumfosfaten door toevoeging van $CaCO_3$ bemoeilijkt wordt. De calciumbepalingen werden van de oogsten der potten 3–6 en 10, 12 enz. tot 24 verricht. De resultaten hiervan en de berekende kalk-fosforzuur-factoren (=mol. CaO : mol. P_2O_5) zijn in tabel XXIV samengevat.

TABEL XXIV: CALCIUMOPNAME EN KALK-FOSFOORZUUR-FACTOR IN DEN OOGST DER ZANDCULTURES MET ZOMERROGGE 1931

P_2O_5-bemesting	N.-bem.	Nrs	CaO in den oogst der bovenaardsche deelen		Kalk-fosforzuur-factor
			mg totaal	% v. d. dr. st.	
$Ca(H_2PO_4)$	$NaNO_3$	3 A, B	75,06	0,31	2,28
„	NH_4NO_3	4 „	84,51	0,42	2,34
$CaHPO_4$	$NaNO_3$	5 „	105,13	0,44	2,69
„	NH_4NO_3	6 „	155,78	0,70	3,32
1e fractie	„	10 „	83,20	0,46	5,65
2e „	„	12 „	118,43	0,57	5,27
3e „	„	14 „	126,30	0,59	5,50
4e „	„	16 „	155,56	0,72	5,14
5e „	„	18 „	136,44	0,63	5,34
6e „	„	20 „	123,07	0,57	5,09
Alle fracties	„	22 „	124,18	0,59	5,17
Oorspr. fosf.	„	24 „	123,60	0,55	5,42

Uit deze cijfers blijkt nu duidelijk, dat de calciumopname uit de verschillende fracties nagenoeg parallel met de fosforzuuropname heeft geloopen. Van een hooger worden der kalk-fosforzuur-factor bij de vijfde en zesde fracties is geen sprake. De onderlinge verschillen zijn gering en verloopen onregelmatig. De cijfers wijzen nog eerder in omgekeerde richting.

Terwijl de kalk-fosforzuur-factor in de verstrekte bemesting voor mono-, dicalciumfosfaat en Algiersfosfaat resp. 1, 2 en 4 was, bevatte de plantenasch resp. gemiddeld 2,3, 3,0 en 5,3 maal zooveel mol. CaO als mol. P_2O_5. Onder deze omstandigheden was dus van de calciumfosfaten de opname van de kationen grooter dan die van de anionen.

Daar zoowel het fosforzuur als het calcium uit de fijnste fracties slechter opneembaar voor de planten is geweest, moet hiervan een minder goede verdeelingstoestand de oorzaak zijn. Wij hebben dus gevonden, dat van een zacht, aardachtig fosfaat, zooals het voor deze

proeven gebruikte Algiersfosfaat, de kleefkracht van deeltjes, die kleiner zijn dan 30 μ en vooral van die, die kleiner zijn dan 10 μ, zoo groot wordt, dat de intredende coagulatie niet alleen een betere verdeeling van de meststof door den grond onmogelijk maakt, maar zelfs de verdeelingstoestand slechter doet zijn, dan deze voor deeltjes van 50–30 μ is. Volgens GESSNER (Loc. cit. 1931, p. 62) wordt algemeen aangenomen, dat het effect der orthokinetische coagulatie in suspensies zeer gering is, wanneer de deeltjes grooter zijn dan 40 μ, doch groot is, wanneer deeltjes van 10–40 μ aanwezig zijn. Deeltjes onder 10–20 μ kunnen onder omstandigheden geheel uit de suspensie verdwijnen. Ook hier begint de coagulatie dus te storen bij deeltjes $<40\ \mu$ en ze bereikt haar hoogtepunt bij deeltjes <10 à $20\ \mu$. De door ons waargenomen grenzen voor goede verdeeling der meststof door den grond liggen ongeveer in dezelfde grootteklasse. Wanneer dit zoo is in betrekkelijk kleine potten met veel planten en bij ideale menging van het fosfaat door den bodem, hoeveel slechter moet de verdeelingstoestand dezer fijnste deeltjes dan wel zijn op het vrije veld, waar zij slechts zeer gebrekkig verspreid zullen kunnen worden! Wanneer de zgn. „colloïde" fosfaten in werkelijkheid alleen uit deze fijnste deeltjes zouden bestaan, zou er van goede verdeeling door den grond niets terecht kunnen komen. Zij zouden dan wel een slechter resultaat moeten geven, dan het veel gunstiger te verdeelen normaal gemalen fosfaat.

Wanneer naast deze stoffijne deeltjes nog voldoende grovere deeltjes voorkomen, is het gevaar voor samenklonting niet zoo groot, daar dan een groot gedeelte dezer fijne deeltjes zich aan de oppervlakte der grovere korrels kan vasthechten, waardoor de verdeelingstoestand dezer deeltjes gunstiger is, dan wanneer zij uitsluitend aanwezig zijn. De zandcultures van 1931 gaven nl. wederom bevestiging van het feit, dat het mengsel der fracties beter is, dan theoretisch afgeleid kan worden uit de prestaties der fracties afzonderlijk. Volgens tabel XXI is het rendement van de bemesting met het oorspronkelijk gemalen fosfaat bij toediening van NH_4NO_3 30% en van „alle fracties" 32%, terwijl dit laatste volgens berekening slechts 28% zou zijn, wanneer de fracties in het mengsel even werkzaam zouden zijn als zij afzonderlijk waren.

De bemesting met $NaNO_3$ heeft de oplosbaarheidstoestand voor het ruwe fosfaat in de zandcultures in die mate ongunstig gemaakt, dat het zelfs in de best mogelijke verdeeling practisch gesproken vol-

komen ontoegankelijk bleef voor kanariezaad en zomerrogge. De chemische omstandigheden verhinderden hier dus, dat van den gunstigen physischen toestand profijt werd getrokken. PAUL WAGNER (93) heeft reeds bijna een halve eeuw geleden erop gewezen, dat de goede oplosbaarheid der toegediende fosfaten in den bodem van veel meer belang is, dan de uiterst fijne maling ervan. Hij drukt zich hierover als volgt uit: „Es ist ein schwerwiegender Irrthum, wenn man glaubt, dass es nur darauf ankomme, ein Phosphat möglichst fein zu zermahlen, um es schnellwirkend zu machen. Das Feinmehl eines Phosphats wirkt zwar schneller als das Grobmehl, aber selbst *staubfein* gemahlene Phosphate sind so gut wie unwirksam, wenn ihre *chemische Constitution* derart ist, dass die im Boden thätigen Lösungsmittel, die Humussäure, die Kohlensäure und die schwach wirkenden Säuren der Pflanzenwurzeln sie nur langsam zersetzen."

MÜNTZ en GIRARD schreven in 1896 (Loc. cit. 1896, Vol. II, p. 573): Si par des moyens mécaniques les phosphates naturels étaient amenés à la même division que par les traitements chimiques, il n'y aurait pas de différence à établir entre eux." Dit komt geheel overeen met de in de inleiding genoemde uitspraak van EHRENBERG op den Superfosfaatdag van 1930. De moeilijkheid zal echter niet alleen schuilen in het maalproces, maar vooral in het verdeelingsproces. Wat zou men eraan hebben als de techniek in staat was om de natuurlijke fosfaten in den fijnsten colloïdalen toestand te brengen, terwijl dit product onmogelijk goed door den akkerbodem verdeeld kon worden? Om een ideale verdeeling van het fosforzuur in den bodem te verkrijgen, zal het absoluut noodzakelijk zijn, dat dit eerst in oplosbaren vorm overgaat. Eerst dan zal het op zooveel mogelijk punten vastgelegd kunnen worden. In *alle* gevallen zal men dit met superfosfaat kunnen bereiken, in de *meeste* gevallen ook met thomasslakkenmeel en slechts in *zeer enkele* gevallen met natuurlijk fosfaat. Deze laatste meststof is eigenlijk alleen op nog voldoende onverzadigde hoogveengronden op haar plaats. Hoe zou op een dergelijken grond, die in de practijk ook vaak met ruw fosfaat wordt bemest, de aard der stikstofbemesting de opneembaarheid van de verschillende fracties van het natuurlijk fosfaat echter beïnvloeden? Ter beantwoording van deze vraag en voor meerdere contrôle op de tot dusver verkregen resultaten werden nog verschillende proeven aangezet, waarvan thans de bespreking volgt.

VII. DE FOSFORZUUROPNAME VAN TOMATEN, GERST EN ROGGE IN NEUBAUER-BAKJES MET P_2O_5-ARMEN NIEUWEN VEENKOLONIALEN DALGROND, IN VERBAND MET DE KORRELGROOTTE VAN ALGIERSFOSFAAT, DEN AARD DER STIKSTOFBEMESTING, DE AANWEZIGHEID VAN $CaCO_3$ EN DE GROOTTE VAN HET FOSFORZUURGETAL

A. JONGE TOMATENPLANTJES ALS GEVOELIGE EN SNELLE INDICATOREN VOOR FOSFORZUURGEBREK

In het winterseizoen, dat de zandcultures van 1930 van die van 1931 scheidde, was het onze bedoeling door middel van Neubauer-onderzoek het gedrag der fracties in den op p. 30 beschreven nieuwen veenkolonialen dalgrond uit Emmercompascuum bij verschillende stikstofbemesting na te gaan. De toen juist verschenen publicatie van MEYER (54), over de tomaat als indicator voor fosforzuurgebrek, vestigde onze aandacht allereerst op deze nieuwe methode. MEYER was door Prof. Dr. D. R. HOAGLAND, leider van het instituut voor plantenvoeding van de Universiteit van Californië, erop attent gemaakt, dat de tomatenplant reeds in de eerste ontwikkelingsperiode, door typische, goed kenbare gebrekverschijnselen, van onvoldoende fosforzuur voorziening blijk geeft. Terwijl kali- of stikstofgebrek zich in de eerste groeiweken voornamelijk alleen openbaart door langzamere ontwikkeling, dus kleinere plantjes, en de karakteristieke verschijnselen van kali- of stikstofgebrek eerst na 4 à 5 weken optreden, is fosforzuurgebrek reeds 8–10 dagen na de ontkieming, resp. 14 dagen na het zaaien, feilloos als zoodanig te herkennen.

In dezen ouderdom hebben de tomatenplantjes nog slechts het eerste paar hoofdbladeren gevormd en toonen dan onvoldoende fosforzuurverzorging aan, door de volgende, slechts voor fosforzuurgebrek karakteristieke verschijnselen: de beide lancetvormige kiemblaadjes richten zich onder een scherpen hoek steil naar boven; het eerste paar hoofdbladeren is klein en eveneens opwaarts gericht. Bij voldoende fosforzuurvoorziening vertoonen de kiemblaadjes daaren-

tegen een horizontale of naar beneden gebogen houding, terwijl de hoofdbladeren opengeklapt zijn. De kleur der onderzijde van kiem- en hoofdbladeren is bij fosforzuurgebrek steeds violetrood, die der bovenzijde donker blauwgroen. Dit zijn kleurkenmerken, die algemeen als verschijnselen van fosforzuurgebrek bekend zijn.

Ons idee was nu, na te gaan of op deze wijze de verschillen tusschen de fracties en de stikstofbemestingen in korten tijd zouden zijn waar te nemen.

Voor het onderzoek van gronden gebruikt MEYER de bekende glazen Neubauer-bakjes. Voor het invullen wordt eerst 100 g gezeefde aarde (2 mm) gemengd met 0,4 g kalizout 40% en 0,5 g $NaNO_3$ Verder wordt dan geheel volgens het voorschrift verder gemengd en ingevuld met kwartszand. Alleen worden in plaats van 100 roggezaden 20 tomatenzaden genomen.

Zeer spoedig na de opkomst wordt dan gedund tot 5 gelijkmatig verdeeld staande planten. Bij iedere proef worden door MEYER ter vergelijking 2 blanco-bepalingen in kwartszand zonder fosforzuur en 2 bakjes met goede fosforzuurvoorziening ingeschakeld. Door de plantjes na korteren of langeren tijd, al naar de gebrekverschijnselen sneller of later optreden, groen te wegen, ziet MEYER ook een mogelijkheid de voorraad aan opneembaar fosforzuur in getallen uit te drukken.

1. Proeven met $NaNO_3$ en NH_4NO_3.

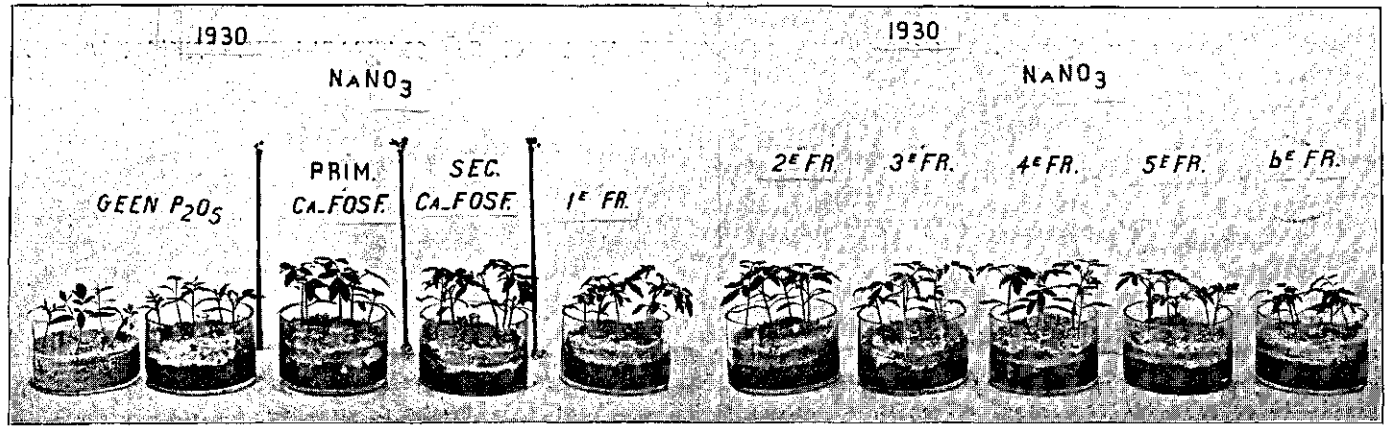
Voor ons doel werd deze opzet in zooverre gewijzigd, dat de kali- en stikstofzouten aan alle bakjes in afgepipetteerde oplossingen verstrekt werden aan het mengsel van 100 g grond en 50 g kwartszand, waarmede tevoren —voor zoover fosforzuur werd toegediend — een hoeveelheid fosfaat, overeenkomend met 50 mg P_2O_5, was gemengd. Kali werd in den vorm van 300 mg KCl gegeven, terwijl de oneven nummers weer $NaNO_3$ kregen (500 mg) en de even nummers de overeenkomstige hoeveelheid stikstof in den vorm van NH_4NO_3 (235 mg) ontvingen. Van het Neubauer-voorschrift werd in verband met de geringe afmetingen van tomatenzaad verder nog afgeweken, door de zaden te plaatsen op een laag van 180 g glaszand en met slechts 70 g zand af te dekken, in plaats van daarvoor resp. 150 en 100 g te nemen. De bakjes ontvingen in totaal 80 ccm H_2O en werden iederen dag op gewicht gebracht. Zij werden 28 October 1930 ingezaaid met tomatenzaad Ailsa Graig, daartoe welwillend door Prof.

SPRENGER afgestaan, en in een verwarmde kas geplaatst.

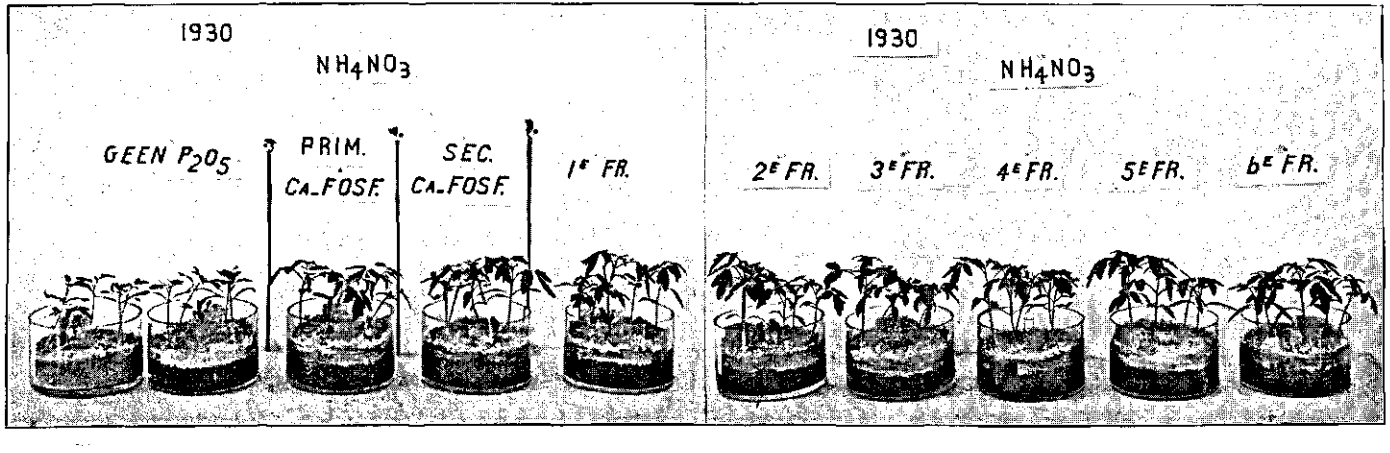
De opkomst was voorspoedig, zoodat reeds 6 dagen na het zaaien tot 5 plantjes kon worden gedund. Een week later waren de hierboven beschreven verschijnselen van fosforzuurgebrek inderdaad reeds zeer duidelijk te herkennen, zoowel bij de blanco-bakjes, die alleen kwartszand met kali- en stikstofbemesting hadden gekregen, als bij de bakjes met 100 g grond, waaraan eveneens wel kali en stikstof, doch geen fosforzuur was toegediend. Eenige weken later was het resultaat van de combinatie van ruw fosfaat met $NaNO_3$ overal reeds zoo duidelijk slechter dan van die met NH_4NO_3, dat dit op een foto tot uiting kon komen (afb. 18 en 19). Bij de $NaNO_3$-serie waren vooral de eerste, vijfde en zesde fracties slechter. Op 30 December waren deze verschillen nog sterk toegenomen (afb. 20 en 21). Het was zeer duidelijk aan het voorkomen der plantjes te zien, dat zij bij bemesting met deze fracties en $NaNO_3$ aan fosforzuurgebrek begonnen te lijden.

Op 19 Januari werden de plantjes met wortel en al op dezelfde wijze geoogst als de roggeplantjes van Neubauer-bepalingen. Zij werden bij 100° C. gedroogd en vervolgens gewogen. De droge stof werd verascht en daarvan werd op de gebruikelijke wijze volgens v. LORENZ het fosforzuurgehalte bepaald. Van de bakjes die geen P_2O_5-bemesting hadden ontvangen, kon de uiterst geringe hoeveelheid P_2O_5 in den oogst niet op deze wijze worden bepaald, doch werd de molybdeenblauw-methode toegepast. Door deze uitkomsten kon het beeld, dat de plantjes te zien gaven, uitstekend in cijfers worden vastgelegd (tabel XXV).

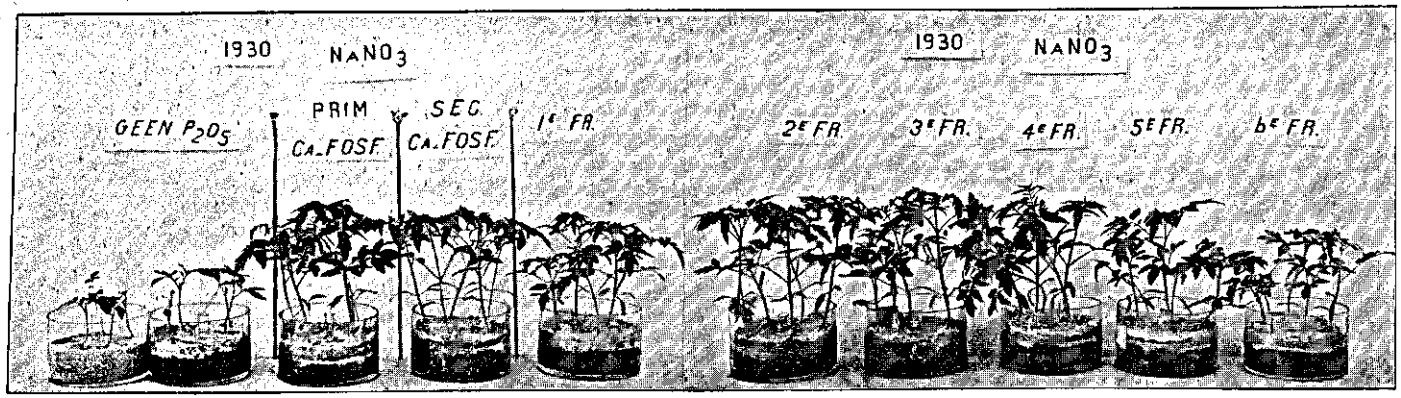
Terwijl de P_2O_5-opname uit de verschillende fracties in de $NaNO_3$-serie weer een curve vertoont, waarvan de top bij de vierde fractie ligt, en de vijfde en zesde fracties nog slechter waren dan de eerste, zijn de met de vijfde en zesde fracties in de NH_4NO_3-serie behaalde resultaten niet zoo slecht. Nu waren de tomatenplanten van deze laatste serie veel forscher ontwikkeld, dan bij bemesting met $NaNO_3$ het geval was. Het zou nu mogelijk kunnen zijn, dat de meer ontwikkelde wortelstelsels in het kleine Neubauer-bakje met ongeveer alle eventueel aanwezige aggregaten van fijne deeltjes in aanraking waren gekomen, waardoor de minder goede verdeelingstoestand van de fijnste fracties niet meer zoo'n groote rol zou spelen, daar het waarschijnlijk is, dat een wortel bij aanraking van een aggregaat van meerdere fijne deeltjes meer fosforzuur daaruit kan opnemen, dan bij aanraking van een enkel grof vast deeltje het geval is.



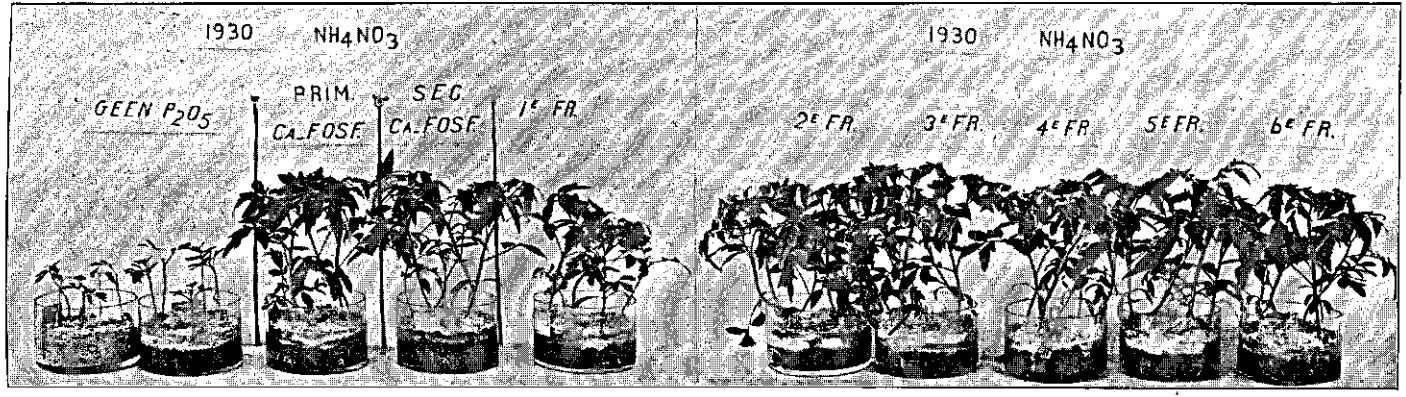
Afb. 18. ± 1 maand oude tomatenplanten bij bemesting met $NaNO_3$ op 5 Dec. 1930. De grove 1e fractie en de zeer fijne 5e en 6e fracties werken hier vooral slechter.



Afb. 19. Overeenkomstige bakjes met NH_4NO_3 op 5 Dec. 1930. De verschillende fracties leveren hier veel forschere planten.



Afb. 20. Dezelfde planten van afb. 18 op 30 Dec. 1930. Het achterblijven door P_2O_5-gebrek van de planten uit de met de 1e, 5e en 6e fracties bemeste bakjes is nog duidelijker geworden.



Afb. 21. Dezelfde planten van afb. 19 op 30 Dec. 1930. Men lette op de veel forschere ontwikkeling der planten van deze serie.

TABEL XXV: JONGE TOMATENPLANTJES

Fosforzuurbemesting	Alle bakjes ontvingen KCl					
	Stikstof als $NaNO_3$			Stikstof als NH_4NO_3		
	droge stof g	P_2O_5 in de oogst		droge stof g	P_2O_5 i. d. oogst	
		mg tot.	% dr. stof		mg tot.	% dr. stof
Geen P_2O_5 kwartszand	0,203	0,24	0,12	0,171	0,16	0,09
Id. met 100 g grond	0,251	0,52	0,21	0,238	0,28	0,12
100 g grond en 50 mg P_2O_5: $Ca(H_2PO_4)_2$	1,260	9,96	0,79	1,442	10,94	0,76
100 g grond en 50 mg P_2O_5: $CaHPO_4$	1,243	9,29	0,75	1,294	9,36	0,72
100 g grond en 50 mg P_2O_5: 1e fr. (0,500–0,100 mm)	0,972	5,73	0,59	1,006	7,25	0,72
100 g grond en 50 mg P_2O_5: 2e „ (0,100–0,075 „)	1,015	6,26	0,62	1,209	9,18	0,76
100 g grond en 50 mg P_2O_5: 3e „ (0,075–0,050 „)	0,957	6,39	0,67	1,330	10,28	0,77
100 g grond en 50 mg P_2O_5: 4e „ (0,050–0,030 „)	0,994	7,13	0,72	1,763	12,44	0,71
100 g grond en 50 mg P_2O_5: 5e „ (0,030–0,010 „)	0,704	4,20	0,60	1,525	11,33	0,74
100 g grond en 50 mg P_2O_5: 6e „ (<0,010 mm)	0,707	4,61	0,66	1,630	12,32	0,75

Wij wilden nu controleeren of de fijnste fracties in de $NaNO_3$-serie in een *verder* stadium van ontwikkeling der planten *nog* een slechter resultaat zouden geven en zetten daartoe op 6 Januari 1931 een nieuwe serie bakjes met tomaten aan, die geheel op dezelfde wijze was behandeld. De planten hiervan ontwikkelden zich op overeenkomstige wijze als die van de vorige serie. Nadat zij ongeveer den wasdom hadden bereikt, die de vorige planten hadden op het tijdstip van den oogst, werd het verschil tusschen de bemesting met $NaNO_3$ en die met NH_4NO_3 steeds geringer. Alleen de eerste en zesde fracties bleven met $NaNO_3$ duidelijk achter en vertoonden de verschijnselen van fosforzuurgebrek het duidelijkst. Al spoedig echter begonnen alle planten min of meer de typische violetkleuring der onderzijden van de blaadjes te vertoonen. Eind Maart begonnen de onderste bladeren af te vallen en de planten kregen langzamerhand een noodlijdend uiterlijk, hoewel hier en daar reeds een enkel vruchtje werd gevormd. Op 3 April werden zij op dezelfde wijze als de vorige serie geoogst. Dezen keer werden de planten ook in groenen toestand gewogen. De resultaten zijn in tabel XXVI samengevat.

Hoewel deze planten slechts enkele dagen langer hebben gestaan dan die van de vorige serie, heeft het meerdere zonlicht in de voorjaarsmaanden den groei veel sneller doen zijn, zoodat er van 4 tot 8 maal zooveel droge stof werd gevormd. Opmerkelijk is hier het veel lager P_2O_5-gehalte, dat ook wijst op een physiologisch verschillenden

TABEL XXVI: OUDERE TOMATENPLANTEN IN NEUBAUER-BAKJES

Fosforzuurbemesting	Alle bakjes ontvingen KCl							
	Stikstof als $NaNO_3$				Stikstof als NH_4NO_3			
	groen gew. g	dr. st. g	P_2O_5 i/d oogst mg	P_2O_5 i/d oogst % dr. st.	groen gew. g	dr. st. g	P_2O_5 i/d oogst mg	P_2O_5 i/d oogst % dr. st.
Geen P_2O_5, zand.....	0,14	0,11	0,10	0,09	0,13	0,11	0,10	0,09
Id. 100 g grond	3,04	0,39	0,87	0,22	2,65	0,31	0,66	0,21
100 g grond en 50 mg P_2O_5: $Ca(H_2PO_4)_2$	35,96	5,62	19,44	0,35	32,17	5,02	18,78	0,37
$CaHPO_4$	35,32	5,43	21,34	0,39	36,49	5,76	19,77	0,34
Algiersfosfaat:								
1e fr. (0,500–0,100 mm	28,54	3,85	10,79	0,28	37,83	5,39	13,84	0,26
2e „ (0,100–0,075 „)	36,77	5,28	15,98	0,30	36,48	5,43	16,15	0,30
3e „ (0,075–0,050 „)	36,21	4,85	15,73	0,32	36,80	5,25	16,23	0,31
4e „ (0,050–0,030 „)	36,39	5,34	16,06	0,30	38,04	5,65	16,93	0,30
5e „ (0,030–0,010 „)	38,05	5,69	16,15	0,28	36,52	5,36	15,65	0,29
6e „ (<0,010 mm)...	33,58	4,71	12,85	0,27	36,23	5,32	15,59	0,29

leeftijd. In de NH_4NO_3-serie zijn de oogstgewichten der verschillende fracties nagenoeg gelijk. Alleen het P_2O_5-gehalte der eerste fractie is iets lager. Bij de overeenkomstige bakjes met $NaNO_3$ zijn de eerste en zesde fracties, zoowel wat oogstgewicht als P_2O_5-opname betreft, beduidend achtergebleven.

Men zou dus zeggen, dat NH_4NO_3 vooral gunstig heeft gewerkt in die gevallen, waar de verdeeling van het fosfaat door den bodem ongunstig was en dat bij de betere verdeeling van het fosforzuur, die met de tweede, derde, vierde en vijfde fracties werd bereikt, bemesting met $NaNO_3$ nagenoeg even goede resultaten oplevert. Dit is des te merkwaardiger, omdat de plantjes der $NaNO_3$-serie in de eerste ontwikkelingsperiode aanmerkelijk achterbleven (zie tabel XXV). Blijkbaar wordt het verschil in oplossende werking van de beide stikstofverbindingen van minder beteekenis voor de plant, wanneer deze met haar wortelstelsel in directe aanraking is met een groot aantal fosfaatdeeltjes. Het oplossend vermogen is daarentegen van groot belang wanneer de jonge kiemplantjes nog slechts weinig wortels hebben gevormd en ook wanneer de plantenwortels slechts enkele grovere fosfaatdeeltjes op hun weg door den bodem aantreffen.

Natuurlijk zijn de omstandigheden in dergelijke kleine bakjes met betrekkelijk veel planten in weinig grond zeer gunstig voor het verkrijgen van een spoedig rechtstreeks contact tusschen plantenwortel en fosfaatdeeltje, zoodat de resultaten voor $NaNO_3$ geflatteerd zullen

zijn. Men moet toch aannemen, dat bij deze proef, waar alles is gedaan om goed te mengen, de omstandigheden veel gunstiger zijn, dan ooit in de practijk bereikt kan worden.

Tusschen de met mono- en dicalciumfosfaat bemeste bakjes was weinig verschil. Monocalciumfosfaat in combinatie met NH_4NO_3 staat hier in opbrengst achteraan, waarschijnlijk ten gevolge van de overmaat aan H-ionen.

Uit den niet met fosforzuur bemesten grond hebben de tomatenplantjes 0,77 mg P_2O_5 opgenomen wanneer de stikstof in den vorm van $NaNO_3$ en 0,56 mg wanneer zij in den vorm van NH_4NO_3 werd verstrekt. Terwijl de plantjes van de blancobepalingen met kwartszand op het tijdstip van den oogst reeds geheel waren afgestorven, leidden zij op den grond nog een kommervol bestaan. Er waren bovendien lichte aanwijzingen voor een betere werking van $NaNO_3$ in dit geval, wat op dezen kalkarmen humusgrond niet te verwonderen is.

2. Proeven met NH_4HCO_3.

Evenals bij de zandcultures van 1931 werden deze bakjes aangezet met het doel na te gaan, in hoeverre de gunstige invloed der ammoniumzouten op de fosforzuurassimilatie door de plant door het karakter van de zuurrest wordt veroorzaakt. Toen met enkele bakjes, waaraan dit zout evenals de andere stikstofverbindingen vóór het zaaien was toegediend, een proef werd genomen, bleek de groote vluchtigheid van het NH_4HCO_3 op de verwarmde tabletten van de kas goede opkomst van het tomatenzaad geheel onmogelijk te maken. Doordat de bakjes warm gehouden moesten worden om het zaad regelmatig en snel te doen opkomen, werd de concentratie van vrije ammonia door de verhoogde dissociatiegraad van het ammoniumbicarbonaat waarschijnlijk reeds doodelijk voor de kiemende zaden.

Gelijktijdig met de vorige serie, dus op 6 Januari 1931, werd toen een zelfde aantal bakjes zonder eenige stikstofbemesting aangezet. Toen de inmiddels tot 5 exemplaren gedunde tomatenplantjes duidelijken achterstand vertoonden in vergelijking tot de wel van stikstof voorziene planten van de vorige serie, werd omstreeks half Februari de stikstof toegediend. De helft der bakjes ontving toen 300 mg $NaNO_3$ de andere helft dezelfde hoeveelheid stikstof in 279 mg NH_4HCO_3. De hoeveelheid stikstof werd hier dus geringer genomen dan in de vorige proeven, daar wij bevreesd waren de concentratie van het NH_4HCO_3 te hoog te maken. Op beide stikstofgiften reageerden de

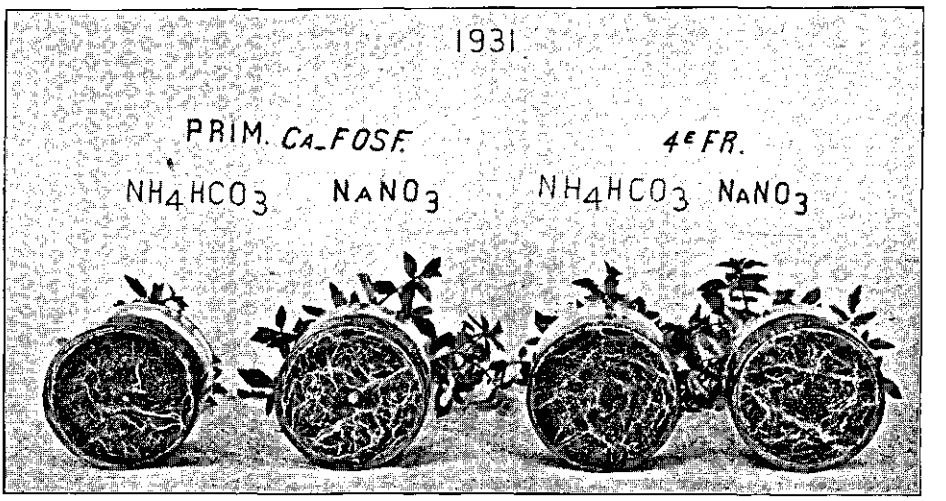
planten zeer spoedig, maar de met $NaNO_3$ bemeste planten groeiden toch het snelst, ook waar mono- of dicalciumfosfaat was verstrekt. Het leek of door het ammoniumcarbonaat naast een gunstige uitwerking op den groei toch nog een giftige werking op het wortelstelsel werd veroorzaakt. Duidelijk zijn deze verschijnselen te zien op een foto, die op 20 Maart werd genomen (afb. 22). Hieruit blijkt tevens, dat de wortelontwikkeling bij bemesting met monocalciumfosfaat in de $NaNO_3$-serie veel beter was, dan bij bemesting met het Algiersfosfaat.

De planten werden op 25 Maart op de gebruikelijke wijze geoogst. De uitkomsten van de wegingen en analyses geeft tabel XXVII.

TABEL XXVII: $NaNO_3$ EN NH_4HCO_3 BIJ TOMATEN

Fosforzuurbemesting	Stikstof als $NaNO_3$			Stikstof als NH_4HCO_3		
	gew. dr. stof g	P_2O_5-opname totaal mg	P_2O_5-opname % v. dr. st.	gew. dr. stof g	P_2O_5-opname totaal mg	P_2O_5-opname % v. dr. st.
Geen P_2O_5	0,48	0,80	0,17	0,29	0,54	0,19
100 g grond en 50 mg P_2O_5: $Ca(H_2PO_4)_2$	2,18	18,62	0,86	1,11	7,74	0,70
$CaHPO_4$	2,30	21,25	0,93	1,74	11,70	0,67
Algiersfosfaat:						
1e fr. (0,500–0,100 mm)	2,17	11,37	0,52	1,45	9,14	0,63
2e „ (0,100–0,075 „)	2,31	12,69	0,55	1,36	9,56	0,71
3e „ (0,075–0,050) „)	2,16	14,17	0,66	1,50	10,79	0,72
4e „ (0,050–0,030 „)	2,36	14,91	0,63	1,48	10,54	0,71
5e „ (0,030–0,010 „)	2,13	12,60	0,59	1,60	10,96	0,68
6e „ (<0,010 mm)	2,18	13,02	0,60	1,21	7,41	0,61

Hier ziet men weer goed het nut van de aschanalyse. Daaruit blijkt nl., dat bij alle fracties het P_2O_5-gehalte van de planten hooger was bij bemesting met NH_4HCO_3. Het gemiddelde P_2O_5-gehalte der droge stof bedroeg daar 0,68% tegenover slechts 0,59% bij bemesting met $NaNO_3$. Dit verschil komt niet voort uit het feit, dat de planten bij laatstgenoemde bemesting in een verder stadium van ontwikkeling verkeerden, want dan zou het P_2O_5-gehalte van de met mono- en dicalciumfosfaat bemeste planten bij toediening van NH_4HCO_3 ook hooger moeten zijn. Daar dit niet het geval is, lijkt het waarschijnlijk, dat het ammoniumcarbonaat tengevolge der nitrificatie-mogelijkheid een iets gunstiger invloed op de fosforzuurassimilatie uit het natuurlijk calciumfosfaat heeft gehad en dat de minder goede groei der planten een secundair verschijnsel was. Het zeer slechte resultaat



Afb. 22. Wortelontwikkeling van tomatenplanten op 20 Maart 1931.

met de zesde fractie in deze serie zou met de geringe wortelontwikkeling verband kunnen houden. Buitengewoon slecht was ook de groei bij het monocalciumfosfaat. Wat daarvan de oorzaak is, zou door nader onderzoek uitgemaakt moeten worden. De proef wijst erop, dat door het inbrengen van NH_4-voeding bij afwezigheid van het NO_3- of een soortgelijk ion van een sterk zuur schadelijke nevenwerkingen der stikstofbemesting kunnen ontstaan.

B. BEPALING VAN HET FOSFORZUURGETAL BIJ VERSCHILLENDE BEMESTING EN DE DAARMEDE CORRESPONDEERENDE RESULTATEN VAN NEUBAUER-PROEVEN MET GERST

Deze proef werd opgezet om na te gaan, of de verschillen tusschen de fracties onderling en tusschen de bemesting met $NaNO_3$ of met NH_4NO_3 tot uiting zouden komen in de fosforzuurgetallen, zooals die volgens de werkwijze HETTERSCHY (26) sinds Januari 1930 in het „Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek" te Groningen worden bepaald.

Daarvoor wordt 10 g grond afgewogen en met 100 ccm gedestilleerd water 24 uur in de thermostaat bij 50° C. geplaatst. Van het aldus verkregen extract wordt 10 ccm genomen, met 75 tot 80 ccm H_2O verdund, waarna resp. 1 ccm H_2SO_4 (s.g. 1,84), 5 ccm molybdeen-reagens (verkregen door 125 g ammoniummolybdaat in 1500 ccm H_2O op te lossen en daarbij een mengsel van 375 ccm H_2SO_4 (s.g. 1,84) op 1000 ccm H_2O te voegen), 1 ccm sulfietreagens (100 g Na_2SO_3 op 400 ccm H_2O) en 1 ccm hydrochinon-oplossing (5 g in 1000 ccm H_2O) werden toegevoegd. Als standaardoplossing wordt een oplossing van KH_2PO_4 gebezigd, waarvan 1 ccm juist 0,01 mg P_2O_5 bevat. Na toevoeging der reagentia wordt alles onder schudden in de thermostaat van 50° C. geplaatst. Na 24 uur wordt afgekoeld en in de colorimeterbuisjes van 100 ccm met aq. dest. precies tot de streep aangevuld, waarna de intensiteit der blauwe kleur met die der standaardkleuren vergeleken en op lengtedoorzicht beoordeeld wordt.

Dit onderzoek werd nog met eenige Neubauer-analyses gecombineerd, teneinde de fosforzuurcijfers eveneens te bepalen, nadat er op den grond plantengroei had plaats gehad. Ter afwisseling werd hiervoor het gewas gerst gekozen, waarvan bekend is, dat het onder de granen nog de grootste fijnproever voor fosforzuur is, en de hoogste eischen stelt aan den vorm, waarin P_2O_5 beschikbaar is.

Daar voor de „molybdeenblauw-bepaling" van het fosforzuurgetal

10 g grond wordt vereischt, werden de bij de vulling der onderste laag in de Neubauer-bakjes gebruikelijke hoeveelheden met 10% verhoogd. Wij namen dus 110 g grond (Emmercompascuum) en 55 g zuiver kwartszand, waardoor, voor zoover fosforzuur werd verstêrkt, hiervan een hoeveelheid overeenkomend met 30 mg P_2O_5 zorgvuldig werd gemengd. Door de monstername voor de fosfaatbepaling in den grond was hiervan later dus slechts ruim 27 mg voor de planten beschikbaar. Verder ontving ieder bakje 300 mg KCl en 500 mg $NaNO_3$, of de daarmede in hoeveelheid stikstof overeenkomende hoeveelheid van 235 mg NH_4NO_3.

In totaal werd 33 ccm gedestilleerd water toegediend. De grond werd af en toe door elkaar geschept, waarbij het verdampte water werd aangevuld en bleef zoo 10 dagen lang staan. Toen werd hiervan een monster van 18 g genomen, waarin dus 10 g grond, 5 g kwartszand en 3 g H_2O aanwezig was. Deze hoeveelheid H_2O werd tot 100 ccm aangevuld en het geheel als bovenstaand behandeld.

Na den oogst der kiemplanten werd eveneens een monster, overeenkomend met 10 g grond, op dezelfde wijze behandeld. Deze en de vorige verkregen waterige extracten waren lichtbruin getint bij de met NH_4NO_3 behandelde grondmonsters, terwijl die der $NaNO_3$-serie meer donkerbruin waren gekleurd. De opgeloste humusverbindingen moesten dan ook door oxydatie met $KMnO_4$ en H_2SO_4 worden verwijderd om een kleurlooze oplossing te verkrijgen.

De met de molybdeenblauw-reactie verkregen fosforzuurgetallen voor en na de Neubauer-proef zijn met de uitkomsten van deze laatste in tabel XXVIII samengevat. De oogst der kiemplanten uit de volgens voorschrift verder met kwartszand aangevulde bakjes kon niet op de gebruikelijke wijze door uitspoeling van den grond geschieden. Na afloop der vereischte 18 dagen bleven de bakjes daarom nog eenige dagen onbegoten op een verwarmd tablet in de kas staan om uit te drogen. Tenslotte kon dan de nog aanhangende zand- en grondmassa gemakkelijk van de wortels worden afgeschud. De grond bleef daardoor voor het onderzoek bewaard.

De fosforzuurgetallen waren steeds in viervoud bepaald met de dubbele hoeveelheid extract (20 ccm), om kleine verschillen nog zoo nauwkeurig mogelijk tot hun recht te doen komen en de aflezingsfout zoo gering mogelijk te doen zijn.

Vergelijken wij eerst de vóór de Neubauer-proef bepaalde cijfers onderling, dan blijkt dat deze voor het primaire fosfaat het hoogst zijn

TABEL XXVIII: FOSFORZUURGETALLEN EN RESULTATEN VAN EEN NEUBAUER-ANALYSE MET GERST

Fosforzuurbemesting	Alle bakjes ontvingen KCl							
	Fosforzuurgetal vóór den oogst		door gerst opgenomen mg P_2O_5				Fosforzuurgetal na den oogst	
			uit grond en bemesting		uit bemesting alleen			
	$NaNO_3$	NH_4NO_3	$NaNO_3$	NH_4NO_3	$NaNO_3$	NH_4NO_3	$NaNO_3$	NH_4NO_3
Geen P_2O_5, kwartszand	0	0	–	–	–	–	0,5	0,5
id. met 110/100 g grond	1	1	0,70	0,03	–	–	1,5	2
110 (100) g grond en 50 (47) mg P_2O_5:								
$Ca(H_2PO_4)_2$	11,5	11,5	9,69	7,47	8,99	7,44	8	8,5
$CaHPO_4$	9,5	10	10,48	8,52	9,78	8,49	7,5	8
Algiersfosfaat:								
1e fr. (0,500–0,100 mm)	4,5	5	7,18	6,52	6,48	6,49	5	5,5
2e „ (0,100–0,075 „)	6	5,5	9,11	8,16	8,41	8,13	4,5	5,5
3e „ (0,075–0,050 „)	5,5	7	9,15	8,56	8,45	8,53	5,5	6
4e „ (0,050–0,030 „)	6	6,5	11,40	10,24	10,70	10,21	6	6,5
5e „ (0,030–0,010 „)	5	6	9,01	8,11	8,31	8,08	6,5	6
6e „ (<0,010 mm) ...	6	7	8,44	8,15	7,74	8,12	6,5	6,5

en op den voet worden gevolgd door die van het secondaire fosfaat. Beide fosfaten geven getallen, die volgens de in Groningen aangenomen schaal op „zeer voldoende aanwezigheid" van fosforzuur duiden. De cijfers voor de verschillende fracties liggen alle om en bij de bovenste grens van de „twijfelachtige hoeveelheid". Het verschil tusschen de beide stikstofzouten is gering, al is het gemiddelde voor de physiologisch-zure bemesting met natuurlijk fosfaat ruim een halve eenheid hooger dan bij de bemesting met $NaNO_3$ (6,2 tegen 5,5).

Na den oogst der kiemplanten is het fosforzuurgetal voor de contrôle-bakjes met kwartszand en grond, die geen P_2O_5-bemesting ontvingen, hooger geworden, doordat geringe hoeveelheden fosforzuur uit het zaad in den grond zijn overgegaan. Terwijl de cijfers voor de beide zure calciumfosfaten iets gedaald zijn, bleven die voor de fracteis ongeveer op gelijke hoogte. De verschillen tusschen de beide stikstofbemestingen zijn daarbij nog geringer geworden. Alles tezamen beschouwd is alleen iets van een mindere oplosbaarheid der eerste fractie en misschien ook van de tweede fractie in de cijfers merkbaar. Klaarblijkelijk heeft zich in den grond en in de thermostaat een evenwichtstoestand gevormd, waardoor alle cijfers om de 6 slingeren. Hoewel de eerste fractie nog iets achterbleef mogen wij toch wel concludeeren, dat op deze wijze kleine verschillen in oplossingssnelheid niet tot uiting kunnen komen. Met de snelheid van oplossen

hebben wij bij het verschil in korrelgrootte in werkelijkheid toch alleen te maken. In elk geval ligt in deze cijfers nog een bevestiging van het feit, dat het niet het fijnere $CaCO_3$ van het natuurlijke fosfaat is, dat het nuttig effect van de fijnste deeltjes kan verminderen. Indien dat wel zoo was, zou het evenwicht bij de fijnste fracties zich zeker bij lager PO_4-concentratie hebben moeten instellen, en daarvan is in de cijfers geen sprake.

De coagulatie van de fijnste deeltjes zal de snelheid van oplossen in het bodemvocht vertragen; maar dit kan niet bij onze oplosbaarheids-bepaling tot uiting komen. Immers, door het opschudden van een kleine hoeveelheid grond met een tienvoudige hoeveelheid water blijft de verdeeling van de meststof door den grond niet meer zooals zij in de natuurlijke menging was, na zoo goed als practisch mogelijk is in drogen toestand zorgvuldig ermede te zijn gemengd. Bij het bereiden van het voor deze methode benoodigde waterige grondextract zal, evenals dat bij het citroenzure extract geschiedde, een suspensie der fijnste deeltjes ontstaan, waardoor de oplossingssnelheid ervan bij een veel beteren verdeelingstoestand wordt bepaald, dan practisch bij vermenging van de droge meststof door den grond bereikbaar is.

Bij beschouwing der middelste kolommen van tabel XXVIII valt het direct op, dat de kiemplantjes van gerst onder dezelfde omstandigheden waarbij jonge tomatenplanten een belangrijk hoogere fosforzuuropname bij bemesting met NH_4NO_3 te zien gaven, juist de bemesting van $NaNO_3$ schijnen te prefereeren. Doordat de gerstplantjes in dit laatste geval uit den grond nog 0,70 mg P_2O_5 hebben weten te halen en bij bemesting met NH_4NO_3 slechts 0,03 mg, geven de cijfers der vierde kolom een voor $NaNO_3$ te geflatteerd beeld. Toch zijn ook die der zesde kolom gemiddeld nog hooger dan die der zevende. Voor het primaire en secondaire calciumfosfaat is dit verschil het grootst, nl. $\pm$ 1,5 mg, voor de fracties is het slechts zeer gering. Van deze staat de vierde weer bovenaan.

Uit alles blijkt, dat gerst op dezen grond een groeibelemmering ondervindt, die door toename der H-ionen concentratie wordt verergerd. Zeer duidelijk blijkt dit uit het resultaat van de combinatie met monocalciumfosfaat en NH_4NO_3, welke de plant minder PO_4 doet opnemen, dan de combinatie dicalcium-fosfaat en NH_4NO_3, welke een H-ion minder bevat. Ten behoeve van een inzicht op andere wijze zijn in tabel XXIX de na den oogst bepaalde pH-waarden (in

H_2O met chinhydron-electrode), tezamen met het gewicht aan droge stof en het fosforzuurgehalte daarvan, opgenomen.

TABEL XXIX: pH-BEPALINGEN IN DE NEUBAUER-BAKJES NA DEN OOGST VAN DE GERST EN GEWICHT DER DROGE STOF EN P_2O_5-GEHALTE DAARVAN

Fosforzuurbemesting	pH na den oogst		Gewicht dr. st.		Fosforzuurgehalte daarvan	
	$NaNO_3$	NH_4NO_3	$NaNO_3$ in g	NH_4NO_3 in g	$NaNO_3$ in %	NH_4NO_3 in %
$Ca(H_2PO_4)_2$	5,75	4,4	3,40	3,28	1,20	1,41
$CaHPO_4$	5,9	4,45	3,58	3,30	1,42	1,50
Alg.-fosf. 1e fractie	6,0	4,5	3,51	3,28	1,37	1,46
„ 2e „	6,2	4,55	3,57	3,37	1,41	1,47
„ 3e „	6,05	4,6	3,55	3,38	1,38	1,45
„ 4e „	6,0	4,55	3,76	3,51	1,38	1,44
„ 5e „	6,1	4,6	3,60	3,53	1,36	1,40
„ 6e „	6,05	4,65	3,61	3,40	1,36	1,43

Duidelijk blijkt, dat de opbrengstcijfers meer door de waterstofionen-concentratie, dan door de hoeveelheid opneembaar fosforzuur zijn beïnvloed. Bij de physiologisch-zure stikstofbemesting werd het P_2O_5-gehalte van den oogst weliswaar hooger, maar door andere omstandigheden daalde de opbrengst aan organische stof in die mate, dat in *totaal* nog minder fosforzuur werd opgenomen. Gerst is dus geen geschikt gewas voor het juist beoordeelen van de fosforzuurvoorziening onder verschillende omstandigheden, daar het te gevoelig is voor veranderingen van de reactie van den grond. Aan het bezigen van gerst voor Neubauer-analyses is trouwens nog een ander nadeel verbonden dat nog zwaarder weegt, nl. het hooge P_2O_5-gehalte van het zaad. Hierdoor zullen kleine verschillen eerder worden verdoezeld. In ons geval, waarbij zorgvuldig uitgezocht zaad van Germania-gerst werd gebezigd en ieder bakje 100 zaden ontving, waarvan het gewicht slechts schommelde tusschen 4,505 en 4,680 g, kwamen daarvan per bakje niet minder dan 40–42 mg P_2O_5 aan de planten ten goede, daar bij de blanco-bepalingen per gram verstrekt zaad in de $NaNO_3$-serie gemiddeld 8,83 en in de NH_4NO_3-serie 8,94 mg P_2O_5 in de asch der kiemplanten werd teruggevonden. De kiemkracht van het zaad had gemiddeld 97% bedragen.

Ook in dit proefje ligt een aanwijzing voor het feit, dat de minder goede werking der fijnste deeltjes van het fosfaat niet door de moge-

lijk bij de oplossing van het PO_4 remmende werking van de Ca-ionen uit het fijnere $CaCO_3$ kan zijn veroorzaakt. Daar de grootte der P_2O_5-opname door de gerst blijkbaar geheel werd beheerscht door de verhouding van basen en zuren van het bodemmedium, zou indien dit wel het geval was, speciaal bij bemesting met NH_4NO_3, de zesde fractie het best hebben moeten werken. De vierde fractie zal hier juist daarom zoo bijzonder gunstig gewerkt hebben, doordat het effect van de gunstige verdeeling van het fosforzuur nog versterkt werd door de gunstige verdeeling van het $CaCO_3$.

De gerst heeft blijkbaar andere eischen ten aanzien van de verhouding tusschen basen en zuurresten, waardoor de PO_4-opname niet de direct werkende factor was. Vermoedelijk zal na een kalkgift de toestand zich sterk wijzigen ten gunste van de zure fosfaten en van de physiologisch-zure bemesting met NH_4NO_3. Om deze veronderstelling te controleeren werd met gerst nog een serie Neubauer-bakjes aangezet met oploopende kalkgiften.

C. DE INVLOED VAN $CaCO_3$ OP DE P_2O_5-OPNAME VAN GERST UIT VERSCHILLEND BEMESTE NEUBAUER-BAKJES MET GROND VAN EMMERCOMPASCUUM

Ter contrôle van bovenstaande veronderstelling werd op 19 Maart 1931 een serie Neubauer-bakjes aangezet, die resp. 0, 30, 60, 90 en 120 mg zeer fijn $CaCO_3$ toegediend kregen. De kalk werd even zorgvuldig met het onderste laagje grond gemengd, als steeds met de fosfaten geschiedde. Ook hierbij werd 30 mg P_2O_5 per bakje verstrekt. Daar geen grondmonster voor fosfaatbepaling werd genomen, kwam deze hoeveelheid P_2O_5 thans volledig ter beschikking van de planten. Stikstof- en kalibemesting werd in den gebruikelijken vorm verstrekt. Ten einde de proef niet al te zeer uit te breiden werden slechts eenige typische bemestingscombinaties uitgekozen. In de eerste plaats namen wij hiervoor de combinatie van monocalciumfosfaat met NH_4NO_3, waarmede het allerslechtste resultaat was verkregen. Van de fracties kozen wij de beste, dus de vierde, zoowel in combinatie met $NaNO_3$ als met NH_4NO_3. Om na te gaan of de grove eerste fractie met haar dus ook grove $CaCO_3$ misschien iets meer van het fijne $CaCO_3$ kon verdragen dan de vierde fractie, waarin reeds fijnere $CaCO_3$ aanwezig was, werd ook deze in combinatie met NH_4NO_3 in het onderzoek betrokken.

Voor een goede contrôle werden de bepalingen met 100 g grond zonder P_2O_5-bemesting eveneens met alle verschillende kalkgiften en beide stikstofzouten aangezet. Dezelfde uitgezochte Germaniagerst werd genomen, waarvan het 100 korrel-gewicht, eveneens slechts tusschen 4,5 en 4,7 g varieerde.

Het was merkwaardig te zien dat de gerst later opkwam, naarmate meer kalk was verstrekt. Bij de hoogste kalkgift was de opkomst ongeveer 3 dagen later dan bij de ongekalkte serie. Van de gekalkte bakjes kwam de NH_4NO_3-serie eerder op dan de $NaNO_3$-serie. De kort voor het zaaien toegediende kleine hoeveelheden koolzure kalk oefenden blijkbaar een zeer nadeeligen invloed uit op de ontkieming der gerst, niettegenstaande de ongekalkte grond toch tamelijk zuur reageerde (pH 4,3, kalktoestand –32). Na afloop der 18 dagen waren de verschillen nog steeds zichtbaar.

Van de bij 100° C. gedroogde planten werd het gewicht bepaald. Uit deze in tabel XXX vervatte cijfers zijn de groeiverschillen duidelijk af te lezen.

TABEL XXX: GEWICHT DER BIJ 100° C. GEDROOGDE GERSTPLANTJES IN GRAMMEN

	Bemesting (grond Emmercomp.)	Geen $CaCO_3$ kalktoest. –32	30 mg $CaCO_3$ kalktoest. –27	60 mg $CaCO_3$ kalktoest. –22	90 mg $CaCO_3$ kalktoest. –17	120 mg $CaCO_3$ kalktoest. –12
Alle bakjes ontvingen KCl	Geen P_2O_5 NH_4NO_3 ...	4,780	4,741	4,465	4,378	3,812
	Geen P_2O_5 $NaNO_3$.....	4,849	4,473	4,390	4,105	3,004
	$Ca(H_2PO_4)_2$ NH_4NO_3...	4,882	4,797	4,365	4,339	4,075
	Alg.fosf. 1e fr. NH_4NO_3	4,668	4,451	4,242	4,180	3,539
	„ 4e „ „	4,865	4,976	4,867	4,441	4,235
	„ 4e „ $NaNO_3$	5,059	4,412	4,240	4,236	3,557

De plantjes werden weer op de gebruikelijke wijze verascht. Na aftrek van de uit het zaad afkomstige hoeveelheid fosforzuur (ook de blanco-bepalingen met alleen kwartszand+stikstof- en kalibemesting werden met de verschillende kalkgiften verricht) bleken de planten de in tabel XXXI vermelde hoeveelheden P_2O_5 te hebben opgenomen.

Het verschil tusschen de physiologisch-zwakzure en de physiologisch-alcalische stikstofbemesting op den niet met fosforzuur bemesten grond is hier nog 1 mg grooter dan in tabel XXVIII. De op-

TABEL XXXI: DOOR GERST OPGENOMEN MG P_2O_5 IN NEUBAUERBAKJES MET OPLOOPENDE KALKGIFTEN

Bemesting (grond Emmercomp.) alle bakjes ontvingen KCl	geen $CaCO_3$ kalktoest. -32	30 mg $CaCO_3$ kalktoest. -27	60 mg $CaCO_3$ kalktoest. -22	90 mg $CaCO_3$ kalktoest. -17	120 mg $CaCO_3$ kalktoest. -12
Geen P_2O_5 NH_4NO_3	-0,63	-1,66	-2,20	-3,00	-3,24
Geen P_2O_5 $NaNO_3$.....	1,08	1,15	0,46	0,17	-0,97
30 mg P_2O_5 $Ca(H_2PO_4)_2$ NH_4NO_3....	8,58	10,88	15,52	14,05	8,48
30 mg P_2O_5 Alg.fosf. 1e fr. NH_4NO_3	6,19	8,20	7,75	4,78	2,05
30 mg P_2O_5 „ 4e „ „	10,09	13,35	12,70	11,48	5,52
30 mg P_2O_5 „ 4e „ $NaNO_3$...	11,98	10,84	8,02	6,09	0,84

loopende kalkgiften hebben deze cijfers geleidelijk doen dalen. Men zou het tegendeel verwacht kunnen hebben; hier hebben echter verschillende oorzaken tegengewerkt. Ten eerste werd de groeiperiode door latere opkomst van de kiemplanten bij tegenwoordigheid van $CaCO_3$ verkort en ten tweede is het waarschijnlijk, dat het fosforzuur dat steeds door de kiemende zaden aan den bodem wordt afgestaan, door het $CaCO_3$ zoodanig onoplosbaar wordt gemaakt, dat de planten het in een later stadium veel slechter weer uit den bodem kunnen terugnemen.

Een frappant resultaat is het, dat niettegenstaande de ontwikkeling der kiemplantjes door toediening van $CaCO_3$ kort voor het zaaien vertraagd bleek te zijn, toch met de lagere kalkgiften bij bemesting met NH_4NO_3 uit de fosforzuurbemesting in dien korteren groeitijd meer P_2O_5 werd opgenomen.

Men ziet in tabel XXXI dat door de kalkgift van 60 mg $CaCO_3$ de P_2O_5-opname van gerst uit monocalciumfosfaat bij bemesting met NH_4NO_3 bijna is verdubbeld. De vierde fractie brengt het in dat geval reeds bij de kleinste kalkgift tot een 30% hooger P_2O_5-opname. Bij bemesting met $NaNO_3$ hebben daarentegen alle kalkgiften bij het ruwe fosfaat nadeelig gewerkt. Bij een kalktoestand van -17 werd uit de vierde fractie bij bemesting met NH_4NO_3 nagenoeg tweemaal zooveel P_2O_5 opgenomen als bij bemesting met $NaNO_3$; bij -12 was dit reeds meer dan 6,5 × zooveel. Uit de vierde fractie van het Algiersfosfaat werd in het beste geval dus bijna 45% van de verstrekte hoeveelheid P_2O_5 door de gerst opgenomen. Door nog geringer hoeveelheden fosfaat te verstrekken zou het rendement daarvan waarschijnlijk nog hooger kunnen worden. Bij de grovere fracties zou men

dan echter groote kans krijgen op ongelijkmatige samenstelling van een dergelijk gering aantal fosfaatkorrels.

Uit door HUDIG (27) gepubliceerde cijfers van een door BIEUWENGA genomen proef met Neubauer-bakjes, die met slakkenmeel bemest waren, blijkt dat ook rogge op zuren grond na verbetering der kalktoestand meer fosforzuur uit de bemesting kan opnemen.

Opmerkelijk is de zeer snelle vermindering der P_2O_5-opname wanneer de kalkgift van 90 tot 120 mg $CaCO_3$ werd verhoogd. Wanneer daarbij tevens met $NaNO_3$ was bemest, werden bij den oogst verschillende korrels met slechts zeer klein worteltje en halmpje aangetroffen, waarvan de kiemplantjes dus nog slechts in het allereerste ontwikkelingsstadium verkeerden. Ter contrôle werd daarom in enkele bakjes de pH bepaald. Bij de vierde fractie was deze bij de grootste kalkgift toch niet hooger gestegen dan 6,25 ($NaNO_3$-serie) en 5,4 (NH_4NO_3-serie).

Hoewel het interessant en van groot belang zou zijn omtrent dezen nadeeligen invloed van een betrekkelijk geringe hoeveelheid $CaCO_3$, kort na de aanwending op een basenarmen veenkolonialen grond, door verdere proeven nadere bijzonderheden te verkrijgen, zou het buiten het bestek van dit onderzoek vallen daarop hier verder in te gaan.

Niettegenstaande deze bijkomstige onbekende factor het resultaat van onze proef vertroebelde, is daardoor toch wel bewezen, dat onze veronderstelling, dat bij aanwezigheid van $CaCO_3$ de verhouding tusschen NH_4NO_3 en $NaNO_3$ in dit speciale geval zich sterk ten gunste van eerstgenoemde verbinding zou wijzigen, volkomen juist was. De vraag is echter hoe bij verder uitgroeien de planten zich zouden hebben ontwikkeld en daarbij geven wij de fosforzuurrijkste planten de beste kans.

Om verschillende redenen leek het nog gewenscht een soortgelijke proef met rogge te herhalen, in de eerste plaats omdat deze plant een veel lageren kalktoestand kan verdragen dan gerst. Dan wilden wij ook de fosforzuurgetallen nog eens bepalen bij een hoogere P_2O_5-gift.

D. BEPALING VAN HET FOSFORZUURGETAL BIJ VERSCHILLENDE BEMESTING EN DE DAARMEDE CORRESPONDEERENDE RESULTATEN VAN NEUBAUER-PROEVEN MET ROGGE

Deze serie werd op dezelfde wijze opgezet, als de sub B. besproken proef met gerst, met dien verstande, dat hier 55 mg P_2O_5 per bakje werd toegediend, zoodat daarvan na de monstername precies 50 mg P_2O_5 ter beschikking van de planten bleef en de verkregen resultaten zouden kunnen worden vergeleken met de op pag. 33 beschreven Neubauer-proef met rogge zonder kali- en stikstofbemesting. De intusschen verkregen grove deeltjes van 1–0,5 mm van het natuurlijke fosfaat werden bovendien in dit onderzoek betrokken.

Grond en meststoffen werden op 2 Juni 1931 in de bakjes ingevuld. Het monster voor de fosforzuurbepaling van den grond werd dezen keer na 14 dagen, dus op 16 Juni, genomen, op welken datum de uitgezochte rogge, waarvan het gewicht van 100 korrels weer tusschen 3,9 en 4,1 g schommelde, werd ingezaaid. De kiemplantjes werden na 18 dagen op dezelfde wijze als de gerst geoogst. Daarna werden de fosfaatbepalingen in den grond eveneens herhaald. De verkregen cijfers zijn in tabel XXXII samengevat.

TABEL XXXII: FOSFORZUURGETALLEN EN RESULTATEN VAN EEN NEUBAUER-ANALYSE MET ROGGE

Fosforzuurbemesting	Alle bakjes ontvingen KCl							
	Fosforzuurgetal voor den oogst		Door rogge opgenomen mg P_2O_5				Fosforzuurgetal na den oogst	
			uit grond en bemesting		uit bemesting alleen			
	$NaNO_3$	NH_4NO_3	$NaNO_3$	NH_4NO_3	$NaNO_3$	NH_4NO_3	$NaNO_3$	NH_4NO_3
Geen P_2O_5, kwartszand	0	0	–	–	–	–	1	0,5
Id. met 100 g grond	1	0,5	0,49	–0,77	–	–	1,5	1
110 (100) g grond en 55 (50) mg P_2O_5: $Ca(H_2PO_4)_2$	13	14	9,98	9,09	9,49	9,86	14	10
$CaHPO_4$	13	13,5	13,86	18,53	13,37	19,30	12	10
Alg. fosf. (1–0,500 mm) ..	1	1	1,07	2,16	0,58	2,93	1	0,5
1e fr. (0,500–0,100 mm)	4	5	8,44	10,39	7,95	11,16	4	4,5
2e „ (0,100–0,075 „)	5,5	6	10,20	14,69	9,71	15,46	5	6
3e „ (0,075–0,050) „)	6	6	10,87	14,17	10,38	14,94	6	6
4e „ (0,050–0,030 „)	6	6,5	11,03	15,07	10,54	15,84	6	6,5
5e „ (0,030–0,010 „)	6	6,5	10,75	12,30	10,26	13,07	6,5	7
6e „ (<0,010 mm)	5,5	7	10,00	12,27	9,51	13,04	6,5	6

Hoewel hier bijna de dubbele hoeveelheid P_2O_5 werd verstrekt, zijn nagenoeg dezelfde fosforzuurgetallen verkregen als de vorige maal (tabel XXVIII), wanneer met Algiersfosfaat werd bemest. Al-

leen de zure fosfaten hebben hoogere cijfers opgeleverd. De bemesting met NH_4NO_3 geeft bij het ruwe fosfaat ook hier weer waarden, die gemiddeld een halve punt hooger liggen, dan die der $NaNO_3$-serie. De allergrofste deeltjes zijn nagenoeg onwerkzaam geweest.

Bij het verwijderen door oxydatie van de bruine humuskleur der waterige grondextracten, werden de reeds eerder vermelde verschillen tusschen de met $NaNO_3$ en NH_4NO_3 behandelde monsters in cijfers vastgelegd. Bij de eerste monstername, dus alvorens de rogge werd gezaaid, was voor het bleeken der $NaNO_3$-serie gemiddeld 1,95 ccm 0,1 n $KMnO_4$-oplossing noodig per 20 ccm van het extract. Bij de NH_4NO_3-serie werd toen gemiddeld 1,69 ccm verbruikt. Het groote kleurverschil der extracten trad echter eerst op bij de tweede monstername, na den oogst der roggeplantjes. Toen waren resp. gemiddeld 3,82 en 1,82 ccm 0,1 n $KMnO_4$ noodig om het extract volkomen kleurloos te maken. De Na-ionen uit het $NaNO_3$ hebben in den basischen vorm derhalve veel humus in oplossing gebracht.

Door de stikstofbemesting in den vorm van NH_4NO_3 te verstrekken heeft de rogge op dezen zuren grond gemiddeld nog 50% meer P_2O_5 opgenomen, niet alleen uit het Algiersfosfaat, maar zelfs ook uit het secondaire calciumfosfaat. Primair calciumfosfaat heeft hier slecht gewerkt. Blijkbaar waren hier te veel H-ionen in den bodem werkzaam.

De voor de fracties verkregen cijfers dezer Neubauer-analyse kunnen ook met die van p. 33 worden vergeleken. Het blijkt dan, dat door het fosforzuur met behulp van kali- en stikstofbemesting in het minimum te brengen eigenlijk geen verhoogde P_2O_5-opname der kiemplanten wordt teweeggebracht. Door bemesting met $NaNO_3$ zijn de cijfers ongeveer evenveel lager, als zij bij toediening van NH_4NO_3 hooger zijn geworden. Eerstgenoemde N-bemesting werkt door vermindering van den zuurgraad van den grond de assimilatie van fosforzuur uit natuurlijk fosfaat duidelijk tegen, zoodat de verhoogde P_2O_5-opname bij bemesting met NH_4NO_3 niet op een specifieke stikstofwerking berust, doch uitsluitend wordt veroorzaakt door verhooging van den zuurgraad van den grond.

Door KROSS (37) en andere door KLEBERGER (32) geciteerde onderzoekers was reeds vastgesteld, dat calciumnitraat de fosforzuuropname uit Neubauer-bakjes met kwartszand en een fosfaat in hooge mate tegenwerkt, terwijl ammoniumsulfaat in tegengestelde richting werkzaam is. Met twee andere representanten van de beide typen van stikstofmeststoffen, nl. $NaNO_3$ en NH_4NO_3, hebben wij hetzelfde ver-

schijnsel ook met den basenarmen veenkolonialen grond uit Emmercompascuum kunnen waarnemen.

Ook hebben wij nu wel afdoende zekerheid verkregen voor de minder goede werking van de fijnste deeltjes van het Algiersfosfaat. De eerste fractie werkt altijd nog wat beter dan men zou verwachten, doch het oorspronkelijke product was ook reeds zoo fijn gemalen, dat de gemiddelde korrelgrootte van deze fractie slechts weinig hooger lag dan de onderste grens van 0,1 mm en slechts enkele korrels de grootte van 0,5 mm benaderden.

Daar alle resultaten met den grond uit Emmercompascuum met Neubauer-bakjes zijn verkregen, leek het gewenscht deze door op overeenkomstige wijze opgezette volledige potproeven d.w.z. met uitgegroeide rijpe planten te controleeren. Deze zouden tevens een aansluiting vormen op de zandcultures met kanariezaad en zomerrogge.

VIII. POTPROEVEN MET DEN GROND UIT EMMERCOMPASCUUM BIJ AFNEMENDE KORRELGROOTTE VAN ALGIERSFOSFAAT, VERSCHILLENDE STIKSTOFBEMESTING EN KLEINE KALKGIFTEN

In het voorjaar van 1931 werd een aantal glazen cylinders met den grond uit Emmercompascuum aangezet volgens hetzelfde schema als de zandcultures van dat jaar en evenals deze met zomerrogge. Aan dat schema werd echter nog eenige uitbreiding gegeven, door ammoniumsulfaat te verstrekken zonder kalkgift en met $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$ en $^1/_1$ van de hoeveelheid $CaCO_3$, die noodig is om de sulfaatrest ervan te kunnen binden.

De watercapaciteit van dezen uitgezeefden grond bedroeg 42,5%. Hiervan werd 60% gegeven en daar de glazen potten 1,9 kg drogen grond konden bevatten, kwam dit dus neer op een totale watergift van 485 ccm per pot.

P_2O_5-, kali- en stikstofbemesting werd in dezelfde hoeveelheden en op dezelfde tijdstippen verstrekt, als bij de zandcultures het geval was. Uit den aard der zaak bleef bemesting met magnesiumsulfaat, ijzerchloride en mangaansulfaat bij deze serie achterwege. De kalkgiften bij bemesting met $(NH_4)_2SO_4$ waren per $\frac{1}{4}$ aeq. $CaCO_3$ slechts in staat den kalktoestand 2 punten te verhoogen, zoodat hiermede hoogstens –24 werd bereikt.

Evenals de zandcultures werden deze potten op 2 April met 16 ontsmette roggekorrels ingezaaid, waarvan de sterkste 8 kiemplanten werden behouden. Al spoedig begon er eenige teekening in de ontwikkeling te komen. De niet met fosforzuur bemeste potten bleven wel minder achter dan na de in Neubauer-bakjes verkregen resultaten werd verwacht, maar vertoonden toch duidelijken achterstand. Tusschen de eerste tot en met vijfde fracties was onderling zeer weinig verschil waar te nemen, evenmin als tusschen de overeenkomstige $NaNO_3$- en NH_4NO_3-potten daarvan. In de laatstgenoemde serie

was de zesde fractie ook nog bijna even goed, doch bij $NaNO_3$ bleef deze duidelijk achter. De grofste deeltjes (van 1–0,5 mm) vertoonden niet veel fosforzuurwerking, maar in de NH_4NO_3-serie in elk geval toch nog meer dan bij bemesting met $NaNO_3$. Op den duur bleef ook de eerste fractie in deze laatste serie achter. Ten slotte werd de rogge iets eerder rijp bij de bemesting met NH_4NO_3.

Aanvankelijk stonden de planten er met dicalciumfosfaat beter voor dan met monocalciumfosfaat, doch dit verschil groeide er later geheel uit. Op het oog leken de beste der fracties nog iets weelderiger plantenontwikkeling te geven dan deze zure fosfaten.

Met „alle fracties" stonden de planten weer iets beter dan met het oorspronkelijke fosfaat. Tusschen ammoniumnitraat, -sulfaat, -bicarbonaat en $NaNO_3$ waren slechts geringe verschillen waar te nemen, al leek $(NH_4)_2SO_4$ in dit geval wel eenigszins beter te werken, dan de andere stikstofzouten. Dit is wel een bewijs ervoor, hoe weinig rogge zich op dezen nog geheel ongehumificeerden grond lagen van kalktoestand aantrekt. De betere fosforzuurvoorziening heeft hier waarschijnlijk den doorslag gegeven. De kleine oploopende kalkgiften remden de planten dan ook inderdaad iets in den groei.

De oogst had op 11 Augustus plaats, nadat reeds ongeveer een maand eerder het watergeven was gestaakt. Het gewicht van den oogst in luchtdrogen toestand werd weer berekend uit het gewicht der droge stof, door een vochtgehalte van 15% aan te nemen. De resultaten zijn in tabel XXXIII vermeld.

Allereerst valt ons uit deze cijfers op, dat de niet met fosforzuur bemeste zeer P_2O_5-arme grond in deze potten toch nog een korrelopbrengst heeft gegeven, die ongeveer $^2/_3$ van den opbrengst van den met monocalciumfosfaat bemesten grond was. De korrelopbrengst van denzelfden niet met P_2O_5 bemesten grond had op het proefveld te Emmercompascuum echter slechts $^1/_4$ bedragen, van hetgeen de met P_2O_5 bemeste veldjes hadden opgeleverd. Hier zullen waarschijnlijk biochemische factoren in het spel zijn geweest. Hieronder zal deze kwestie aan de hand van de cijfers over het P_2O_5-gehalte van den oogst nader worden beschouwd.

Verder zien wij in het bovenste gedeelte van tabel XXXIII een groot aantal ongeveer gelijke cijfers, waaronder slechts enkele lagere voorkomen. Deze slechtere uitzonderingen zijn dan de fractie van 1–0,5 mm en de eerste fractie van beide series en de zesde fractie alleen van de $NaNO_3$-serie. De eerstgenoemde grove fractie is bovendien

TABEL XXXIII: OPBRENGSTCIJFERS ZOMERROGGE 1931 VAN POTPROEVEN MET DEN GROND UIT EMMERCOMPASCUUM
(AFZONDERLIJKE CIJFERS DER DUPLO-BEPALINGEN IN AANHANGSEL C)

P_2O_5-bemesting	$NaNO_3$ Nrs	Gemiddelde opbrengst in g luchtdroog			NH_4NO_3 Nrs	Gemiddelde opbrengt in g luchtdroog		
		korrel	stroo en kaf	totaal		korrel	stroo en kaf	totaal
Geen P_2O_5	29 A, B	9,75	14,05	23,80	28 A, B	10,24	15,66	25,90
$Ca(H_2PO_4)_2$	31 „	15,40	19,60	35,00	30 „	15,18	21,38	36,56
$CaHPO_4$	33 „	15,27	20,81	36,08	32 „	15,26	21,73	36,99
Alg. fosf. 1–0,500 mm	35 „	10,82	16,17	26,99	34 „	13,12	16,95	30,07
1e fr. (0,500–0,100 mm)	37 „	14,12	19,95	34,07	36 „	14,19	20,63	34,82
2e „ (0,100–0,075 „)	39 „	14,81	20,40	35,21	38 „	15,06	19,79	34,85
3e „ (0,075–0,050 „)	41 „	14,99	20,20	35,19	40 „	14,93	20,82	35,75
4e „ (0,050–0,030 „)	43 „	15,51	20,05	35,56	42 „	15,18	21,26	36,44
5e „ (0,030–0,010) „)	45 „	15,09	21,83	36,92	44 „	14,70	22,09	36,79
6e „ (<0,010 mm)	47 „	13,12	20,50	33,62	46 „	14,78	21,70	36,48
alle fracties	49 „	15,24	21,10	36,34	48 „	14,91	21,24	36,15
oorspr. fosfaat	51 „	14,53	20,82	35,35	50 „	15,06	20,77	35,82
id. NH_4HCO_3	52 A, B	15,53	20,91	36,44				
id. $(NH_4)_2SO_4$	53 „	16,87	24,76	41,63				
id. id. 1/4 aeq. $CaCO_3$	54 „	16,14	23,21	39,35				
id. id. 1/2 aeq. $CaCO_3$	55 „	15,20	22,82	38,02				
id. id. 3/4 aeq. $CaCO_3$	56 „	15,30	24,90	40,20				
id. id. 1/1 aeq. $CaCO_3$	57 „	16,10	26,62	42,72				

dien duidelijk slechter bij bemesting met $NaNO_3$, dan bij bemesting met NH_4NO_3.

In het gedeelte onder de streep met de andere ammoniakverbindingen en $CaCO_3$ komen de hoogste cijfers voor. Ammoniumsulfaat heeft hier wel buitengewoon gunstig gewerkt. Het $CaCO_3$ heeft hier aanvankelijk ongunstig en in iets grooter hoeveelheid later weer gunstig gewerkt. NH_4HCO_3 leverde nog iets beter resultaat dan NH_4NO_3, dat op zijn beurt iets boven $NaNO_3$ uitstak.

Het spreekt vanzelf, dat men ter beoordeeling van de uitwerking der fosforzuurbemesting hoofdzakelijk de korrelopbrengst moet beschouwen. Naar wij reeds eerder hebben gezien is echter de hoeveelheid opgenomen fosforzuur nog veel belangrijker. De beide volgende tabellen zijn dan ook weer aan de absolute en relatieve beteekenis van het fosforzuur in de oogstproducten gewijd. De analyses werden volgens v. LORENZ verricht in de zoutzure oplossing der op de gebruikelijke wijze behandelde asch.

In overeenstemming met de Neubauer-proeven met tomaten, gerst

TABEL XXXIV: TOTALE HOEVEELHEID P_2O_5 IN OOGST POTPROEVEN MET ZOMERROGGE EMMERCOMPASCUUM 1931

(AFZONDERLIJKE CIJFERS DER DUPLO-BEPALINGEN IN AANHANGSEL C)

P_2O_5-bemesting	N-bemesting	Nrs	mg P_2O_5 in den oogst			uit bem. opgen. mg P_2O_5	rendement P_2O_5-bem.
			korrel	stroo en kaf	totaal		
Geen P_2O_5	NH_4NO_3	28 A, B	44,90	6,45	51,35	–	–
id.	$NaNO_3$	29 „	49,64	7,55	57,19	–	–
$Ca(H_2PO_4)_2$	NH_4NO_3	30 „	86,69	15,58	102,27	50,92	28
id.	$NaNO_3$	31 „	87,24	15,87	103,11	45,92	25
$CaHPO_4$	NH_4NO_3	32 „	94,59	17,01	111,60	60,25	33
id.	$NaNO_3$	33 „	92,41	15,44	107,85	50,66	28
Alg. fosf.: 1–0,5 mm	NH_4NO_3	34 „	66,30	9,02	75,32	23,97	13
id.	$NaNO_3$	35 „	55,74	12,18	67,92	10,73	6
1e fr. (0,500–0,100 mm)	NH_4NO_3	36 „	78,07	14,18	92,25	40,90	23
id.	$NaNO_3$	37 „	68,81	14,53	83,34	26,15	14
2e „ (0,100–0,075 „)	NH_4NO_3	38 „	83,16	14,50	97,66	46,31	26
id.	$NaNO_3$	39 „	82,48	14,09	96,57	39,38	22
3e „ (0,075–0,050 „)	NH_4NO_3	40 „	80,10	16,15	96,25	44,90	25
id.	$NaNO_3$	41 „	83,19	14,25	97,44	40,25	22
4e „ (0,050–0,030 „)	NH_4NO_3	42 „	83,60	19,87	103,47	52,12	29
id.	$NaNO_3$	43 „	86,44	16,35	102,79	45,60	25
5e „ (0,030–0,010 „)	NH_4NO_3	44 „	82,13	17,94	100,07	48,72	27
id.	$NaNO_3$	45 „	84,12	16,24	100,36	43,17	24
6e „ (<0,010 mm)	NH_4NO_3	46 „	82,64	15,87	98,51	47,16	26
id.	$NaNO_3$	47 „	71,86	20,10	91,96	34,77	19
alle fracties	NH_4NO_3	48 „	83,62	14,84	98,46	47,11	26
id.	$NaNO_3$	49 „	78,94	15,36	94,30	37,11	21
oorspr. fosfaat	NH_4NO_3	50 „	79,19	16,50	95,69	44,34	25
id.	$NaNO_3$	51 „	76,92	15,57	92,49	35,30	20
id.	NH_4HCO_3	52 „	84,22	15,77	99,99	48,64	27
id.	$(NH_4)_2SO_4$	53 „	81,94	14,37	96,31	44,96	25
id.	id. $^1/_4$ aeq. $CaCO_3$	54 „	73,73	13,48	87,21	35,86	20
id.	id. $^1/_2$ aeq. $CaCO_3$	55 „	68,58	12,62	81,20	29,85	16
id.	id. $^3/_4$ aeq. $CaCO_3$	56 „	65,21	12,07	77,28	25,93	14
id.	id. $^1/_1$ aeq. $CaCO_3$	57 „	63,62	11,33	74,95	23,60	13

en rogge ziet men ook hier (in tabel XXXIV) dat het oorspronkelijk in den grond aanwezige fosforzuur door bemesting met $NaNO_3$ beter opneembaar wordt. In dat geval werd bijna 6 mg P_2O_5 meer opgenomen dan bij bemesting met NH_4NO_3. Dicalciumfosfaat is vooral bij bemesting met NH_4NO_3, gunstiger geweest dan het primaire calciumfosfaat. In de combinatie van beide zouten met NH_4NO_3 werd toch nog iets meer P_2O_5 opgenomen dan met $NaNO_3$ het geval was.

Het rendement van de fosforzuurbemesting is betrekkelijk laag gebleven door de onverwachte hoogte van de P_2O_5-afgifte van den

toch zoo P_2O_5-armen grond. Hoe kan nu het groote verschil tusschen het gedrag van den grond in Neubauer-bakjes en in de grootere potten worden verklaard? Waarschijnlijk zal in dezen grond een groot gedeelte van het aanwezige fosforzuur organisch gebonden zijn. Door de werkzaamheid van micro-organismen zou dit fosforzuur weer in beter opneembaren toestand kunnen worden gebracht. Volgens STOKLASA (82, 83) vormen de producten, welke deze organismen ten gevolge van het ademhalingsproces afscheiden, het belangrijkste agens bij het oplossingsproces der bodemfosfaten. Nu wordt dit biochemische proces door een neutrale tot zwak alcalische reactie sterk bevorderd, zoodat het meerdere effect van de bemesting met $NaNO_3$ ook hierdoor zou kunnen zijn veroorzaakt. Andere factoren, die dit proces begunstigen, zijn b.v. goede luchttoetreding tot den grond en gunstig vochtgehalte daarvan. In de HUDIG-potten is de luchtcirculatie uitmuntend geregeld, daar de lucht door een stelsel van glazen buizen tot onderin de los met aarde gevulde cylinders kan toetreden. De zeer hooge opbrengstcijfers met deze kleine potten verkregen (men kan zeggen, dat 1 mg per pot = 1 kg per ha) bewijzen trouwens, dat de omstandigheden voor de planten buitengewoon gunstig waren. Zooals uit de op pag. 31 aangehaalde cijfers trouwens ook duidelijk blijkt, zal deze samenwerking van gunstigste luchttoetreding en watervoorziening in de practijk nooit in die mate kunnen optreden, als bij deze potproeven het geval was. Ook in de Neubauerbakjes verkeerde de grond, vooral wat de luchtcirculatie betreft, in veel ongunstiger omstandigheden. Natuurlijk schuilt een ander nadeel voor deze bakjes in den factor tijd, hoewel ook de proeven met tomaten zich over een betrekkelijk lange groeiperiode uitstrekten.

Wanneer wij nu verder gaan met de beschouwing van tabel XXXIV, dan blijkt het rendement van de verschillende vormen van het Algiersfosfaat bij bemesting met NH_4NO_3 steeds eenige percenten hooger te zijn geweest, dan bij bemesting met $NaNO_3$. Zeer groot is het verschil vooral waar de verdeeling van het fosfaat minder gunstig is, dus bij de fractie van 1–0,5 mm, de eerste, en de zesde fractie. Door de gunstiger verdeeling blijken de andere fracties voor goede werking minder afhankelijk van den oplossenden invloed der ammoniakverbinding te zijn geweest. Het oplossend vermogen van den zuren humusgrond was in dat geval zelfs bij bemesting met $NaNO_3$ nog groot genoeg, om een behoorlijk rendement van de fosforzuurbemesting te bewerkstelligen. Dat wil dus zeggen, dat de grond in dat geval nog genoeg waterstof-

ionen in de suspensie kon leveren om het goed verdeelde fosfaat voldoende werkzaam te doen zijn.

In het stroo op de potten, die met de zesde fractie en met $NaNO_3$ waren bemest is een buitengewoon groot gedeelte van de totale door deze planten opgenomen hoeveelheid P_2O_5 achtergebleven.

Daarin ligt een aanwijzing voor het feit, dat het fosforzuur uit deze fractie te laat ter beschikking van de planten is gekomen om nog aan de aar- en korrelvorming mede te werken. De potten met „alle fracties" zijn weer een weinig beter dan die, welke met het oorspronkelijk fosfaat zijn behandeld en ook weer beter, dan uit de met de fracties afzonderlijk verkregen resultaten kan worden berekend. Met $NaNO_3$ en NH_4NO_3 is het rendement in werkelijkheid resp. 21 en 26, terwijl het theoretisch resp. 19 en 24,5% zou moeten zijn.

Alles wijst dus inderdaad weer op slechtere verdeeling der fijnste deeltjes, wanneer deze uitsluitend worden verstrekt. Bij deze proef uit zich dit eerst duidelijk bij de zesde fractie, dus bij de deeltjes die kleiner zijn dan 10 μ.

In het aan ammonium-bicarbonaat en -sulfaat gewijde gedeelte van tabel XXXIV is, voor de berekening van de uit de bemesting opgenomen hoeveelheid P_2O_5, het resultaat van de blanco bepalingen met NH_4NO_3 in aftrek gebracht van de totale in den oogst der bovenaardsche deelen aanwezige hoeveelheid. Hierdoor is misschien vergelijking met de er boven staande cijfers niet absoluut zuiver, doch het verschil kan nooit groot zijn en met NH_4NO_3 hebben beide stikstofzouten toch meer verwantschap dan met $NaNO_3$. NH_4HCO_3 heeft zeer gunstig gewerkt op de opneembaarheid van het fosforzuur en $(NH_4)_2SO_4$ slechts weinig minder. De kleine kalkgiften hebben blijkbaar zeer nadeeligen invloed uitgeoefend op de opneembaarheid van het fosforzuur, terwijl de hoogste kalkgift nog slechts aequivalent was met de hoeveelheid zwavelzuur, die uit ammoniumsulfaat kan worden gevormd, en zij den kalktoestand van den grond slechts weinig zou kunnen verhoogen.

Het rendement der P_2O_5-bemesting is vooral gedaald door de eerste twee kalkgiften. De kleine verbetering van den kalktoestand door de laatste twee giften is blijkbaar voldoende geweest om de opbrengst weer op te voeren, zoodat bij de hoogste kalkgift de totale oogstopbrengst een recordcijfer vertoont (tabel XXXIII). Dit is des te merkwaardiger, aangezien de P_2O_5 voorziening van de planten daarbij zeer slecht is geworden en het rendement dier bemesting tot de helft

is gedaald! Dit is inderdaad een schitterende illustratie van het feit, dat voor een juiste beoordeeling van de fosforzuurvoorziening van de planten kennis der P_2O_5-opname het criterium moet zijn! De opbrengstcijfers en zelfs de korrelopbrengst hangen nog van zooveel andere factoren af, dat beoordeeling van deze alleen dikwijls op een dwaalspoor kan leiden. Zeer duidelijk komt dit ook uit in de cijfers van het P_2O_5-gehalte van de oogstproducten, die in tabel XXXV zijn vervat.

TABEL XXXV: POTPROEVEN MET GROND UIT EMMERCOMPASCUUM
P_2O_5-GEHALTE IN % DER DROGE STOF VAN DE OOGSTPRODUCTEN
DER ZOMERROGGE 1931
(AFZONDERLIJKE CIJFERS DER DUPLO-BEPALINGEN IN AANHANGSEL C)

P_2O_5-bemesting	N-bemesting	Nrs	Korrel	Stroo en kaf	Geheele oogst
Geen P_2O_5	NH_4NO_3	28 A, B	0,51	0,048	0,233
id.	$NaNO_3$	29 „	0,59	0,063	0,282
$Ca(H_2PO_4)_2$	NH_4NO_3	30 „	0,67	0,085	0,322
id.	$NaNO_3$	31 „	0,66	0,095	0,346
$CaHPO_4$	NH_4NO_3	32 „	0,73	0,092	0,353
id.	$NaNO_3$	33 „	0,72	0,087	0,352
Alg. fosf.: 1–0,5 mm	NH_4NO_3	34 „	0,59	0,062	0,295
id.	$NaNO_3$	35 „	0,60	0,088	0,296
1e fr. (0,500–0,100 mm)	NH_4NO_3	36 „	0,64	0,080	0,312
id.	$NaNO_3$	37 „	0,57	0,086	0,288
2e „ (0,100–0,075 „)	NH_4NO_3	38 „	0,65	0,085	0,330
id.	$NaNO_3$	39 „	0,65	0,081	0,323
3e „ (0,075–0,050 „)	NH_4NO_3	40 „	0,63	0,091	0,317
id.	$NaNO_3$	41 „	0,65	0,083	0,326
4e „ (0,050–0,030 „)	NH_4NO_3	42 „	0,65	0,110	0,334
id.	$NaNO_3$	43 „	0,66	0,096	0,340
5e „ (0,030–0,010 „)	NH_4NO_3	44 „	0,66	0,095	0,320
id.	$NaNO_3$	45 „	0,66	0,079	0,320
6e „ (<0,010 mm)	NH_4NO_3	46 „	0,66	0,086	0,316
id.	$NaNO_3$	47 „	0,64	0,110	0,322
alle fracties	NH_4NO_3	48 „	0,66	0,083	0,324
id.	$NaNO_3$	49 „	0,61	0,085	0,305
oorspr. fosfaat.....	NH_4NO_3	50 „	0,61	0,093	0,314
id.	$NaNO_3$	51 „	0,62	0,088	0,307
id.	NH_4HCO_3	52 „	0,63	0,088	0,323
id.	$(NH_4)_2SO_4$	53 „	0,57	0,068	0,272
id.	id. + 1/4 aeq. $CaCO_3$	54 „	0,54	0,068	0,261
id.	id. + 1/2 aeq. $CaCO_3$	55 „	0,53	0,065	0,251
id.	id. + 3/4 aeq. $CaCO_3$	56 „	0,50	0,057	0,226
d.	id. + 1/1 aeq. $CaCO_3$	57 „	0,47	0,050	0,206

De kalkgiften hebben het P_2O_5-gehalte van den oogst bij bemesting met ammoniumsulfaat en Algiersfosfaat nog doen dalen onder dat van den oogst der niet met fosforzuur bemeste potten. Het is trouwens eenigszins onbegrijpelijk, dat het P_2O_5-gehalte bij bemesting met $(NH_4)_2SO_4$ zonder kalk lager is, dan bij bemesting met NH_4HCO_3, NH_4NO_3 of $NaNO_3$. De ontwikkeling der planten was er het weelderigst, zoodat het fosforzuur er daardoor misschien relatief wat minder aanwezig was. In elk geval blijkt hieruit hoe gecompliceerd de uitwerking van dergelijke bemestingszouten in den bodem is. Aan de hand van een eenvoudige vergelijking zou men geneigd zijn te denken, dat $(NH_4)_2SO_4 + 1/1$ aeq. $CaCO_3$ in werking gelijk moet zijn aan NH_4HCO_3, maar men vergeet hierbij, dat het Ca-ion de oplosbaarheid van het Algiersfosfaat in sterke mate vermindert.

Door de onverwacht hooge P_2O_5 afgifte van den grond, was het fosforzuur in de potten in groote overmaat voorhanden, zoodat de gekalkte potten nog zeer goede opbrengsten hebben geleverd. Het buitengewoon lage P_2O_5-gehalte van die opbrengsten wijst er echter op, dat bij een lagere P_2O_5-gift zeer zeker oogstvermindering door fosforzuurgebrek zou zijn ingetreden. Thans had alleen de kwaliteit van den oogst er door te lijden.

Overigens vertoonen de cijfers van tabel XXXV slechts geringe onderlinge verschillen, hetgeen natuurlijk voor een groot deel werd veroorzaakt, doordat de planten over het algemeen het grootste gedeelte van hare fosforzuurbehoefte uit den in den grond aanwezigen voorraad hebben kunnen dekken. Uit den aard der zaak zijn abnormaal hooge gehaltecijfers, als bij de zandcultures in sommige gevallen werden verkregen, in een grond met adsorptie- en buffercapaciteiten ten eene male onmogelijk.

Gedurende den groei van de rogge, op 29 Mei 1931, werden grondmonsters genomen uit eenige potten met typische bemestingscombinaties. Daaruit blijkt weer (zie tabel XXXVI), dat $NaNO_3$ de oorspronkelijke reactie van den grond (pH 4,3) bij dergelijke potcultures vrij sterk naar den alcalischen kant kan verschuiven. Bemesting met NH_4HCO_3 heeft een pH veroorzaakt, die tusschen die van $NaNO_3$ en NH_4NO_3 in ligt, en ammoniumsulfaat heeft den grond nog iets zuurder gemaakt.

Het Algiersfosfaat zelf is ook van groot belang geweest voor de verbetering van de reactie van den grond, zoodat het zelfs in combinatie met het onder deze omstandigheden physiologisch-zure

TABEL XXXVI: pH-BEPALINGEN IN POTTEN EMMERCOMPASCUUM

Nrs	Fosforzuurbemesting	Stikstof-bemesting	$CaCO_3$	pH gem.
30	monocalciumfosfaat	NH_4NO_3	–	4,5
31	"	$NaNO_3$	–	5,3
32	dicalciumfosfaat	NH_4NO_3	–	4,75
33	"	$NaNO_3$	–	5,5
50	oorspr. Alg. Fosfaat	NH_4NO_3	–	4,95
51	"	$NaNO_3$	–	5,7
52	"	NH_4HCO_3	–	5,25
53	"	$(NH_4)_2SO_4$	–	4,15
54	"	"	$^1/_4$ aeq.	4,2
55	"	"	$^1/_2$ aeq.	4,25
56	"	"	$^3/_4$ aeq.	4,25
57	"	"	$^1/_1$ aeq.	4,3

NH_4NO_3 de zuurgraad van den grond nog vrij aanzienlijk heeft verhoogd. $NaNO_3$ verlaagde de pH dan nog juist evenveel, als $(NH_4)_2SO_4$ deze verhoogde.

Het gunstige resultaat met $(NH_4)_2SO_4$ en Algiersfosfaat op den ongekalkten zuren grond verkregen, is wel buitengewoon frappant. Daar de reactie ervan door deze bemesting nog iets zuurder is geworden, kan deze combinatie voor de practijk toch geen aanbeveling verdienen, omdat dit op den duur toch niet goed kan blijven gaan.

Op de in den aanvang gestelde vragen betreffende de opneembaarheid voor de plant van de verschillende fracties van het ruwe fosfaat onder gunstige en ongunstige oplosbaarheidscondities hebben deze en de vorige proeven afdoend antwoord gegeven. In het volgend hoofdstuk zullen de verkregen resultaten nog eens stuk voor stuk worden besproken, mede in verband met de practische waarde ervan.

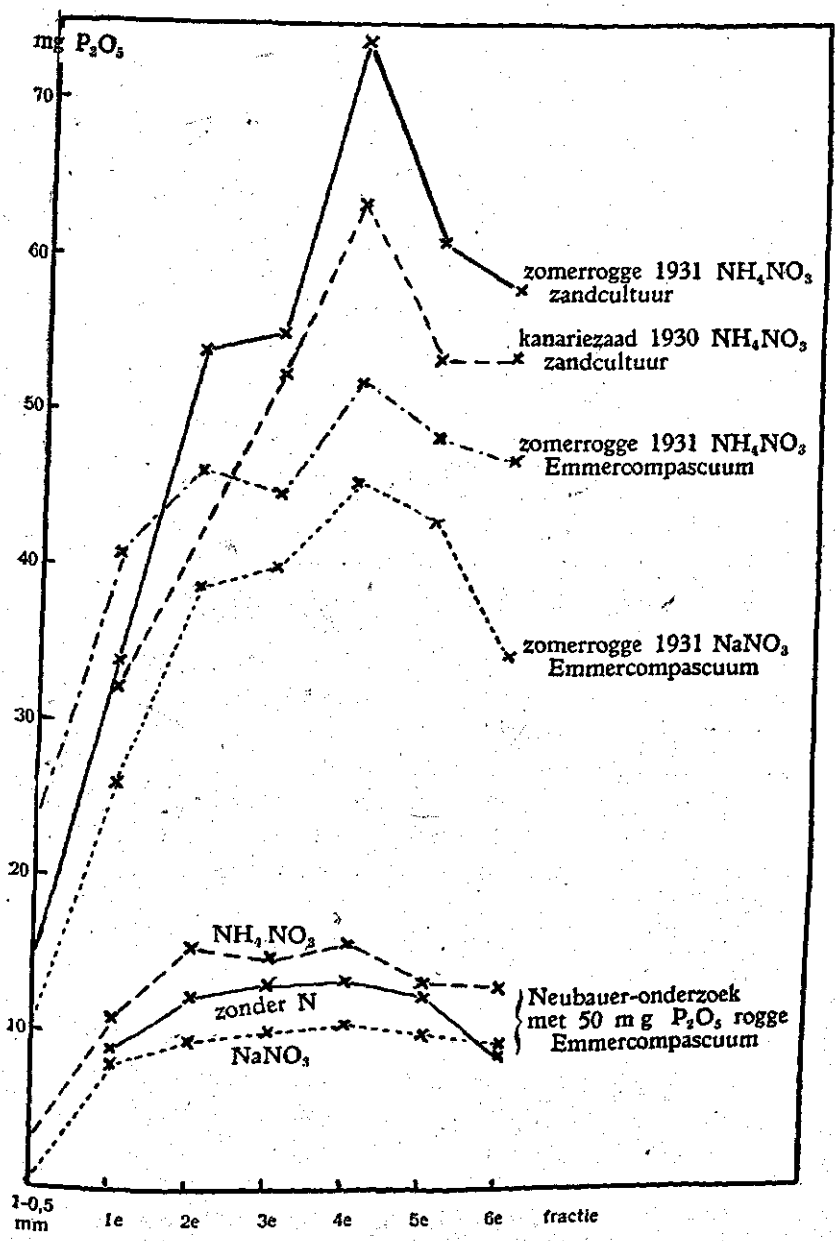
IX. SAMENVATTING DER VERKREGEN RESULTATEN EN HUNNE PRACTISCHE BETEEKENIS

DE VERDEELING VAN HET FOSFORZUUR

Hoewel de oplossingssnelheid in 2%-ig citroenzuur bij afnemende korrelgrootte van het Algiersfosfaat steeds grooter werd, week het gedrag dier fracties, zoowel in Neubauer-bakjes als in normale potproeven met een vijftal verschillende gewassen, niet onbelangrijk daarvan af. Niettegenstaande het mengen van de fosfaatdeeltjes door den bodem met de grootste zorg geschiedde, bleken de deeltjes ter grootte van 30–10 μ en vooral de deeltjes $< 10\ \mu$ in werking achter te staan bij de korrels van 50–30 μ. (Vgl. Afb. 22, waarin de voornaamste resultaten grafisch zijn voorgesteld.) Aangezien door de chemische analyse van het uitgangsmateriaal was gebleken, dat de verhouding tusschen P_2O_5, CaO en $CaCO_3$ in de verschillende fracties practisch gesproken constant was en het fosfaat bovendien slechts zeer weinig Fe_2O_3 en Al_2O_3 bevatte, moest de oorzaak van dit afwijkende gedrag op ander terrein worden gezocht.

Allereerst werd gedacht aan de mogelijkheid, dat de storing werd veroorzaakt door het in het fosfaat zelf voorkomende $CaCO_3$. Wanneer men nl. uitgaat van een moeilijk oplosbaar calciumfosfaat van verschillende fijnheid, heeft men niet alleen variatie aangebracht in den factor „fijnheid van het fosforzuur", maar evenzeer in den factor „fijnheid van het calcium". Dit zou vooral een storingsbron kunnen vormen, indien, zooals bij Algiersfosfaat en de meeste andere ruwe fosfaten het geval is, naast het aan fosforzuur ook nog aan CO_2 gebonden Ca voorkomt, dat met het $Ca_3(PO_4)_2$ zeer innig verbonden is. Tegenover de vergroote activiteit van het fijnere fosfaat zou dan de eveneens vergroote activiteit van het fijnere $CaCO_3$ komen te staan, waardoor de oplosbaarheid van het fosfaat ongunstig beïnvloed wordt. Grootere activiteit van het $CaCO_3$ zou men in de pH weerspiegeld kunnen vinden. Uit de betreffende bepalingen bleek echter niets van een dergelijken invloed. Die van de zandcultures met zomerrogge in 1931 gaven bij de vierde fractie (50–30 μ) de hoogste waarden, zoodat

Afb. 22. Gemiddelde P_2O_5-opname per pot uit de verschillende fracties van het Algiersfosfaat.



nog eerder aan de grootste activiteit van het in deze fractie aanwezige $CaCO_3$ zou kunnen worden gedacht.

Den innigen band tusschen $CaCO_3$ en $Ca_3(PO_4)_2$ in aanmerking genomen, zou men zich den storenden invloed ook locaal kunnen denken, dus op de plaats van het fosfaatdeeltje zelf, waardoor de oplosbaarheid daarvan wordt tegengewerkt. Hoewel dit niet in de oplosbaarheid in citroenzuur tot uiting kwam of zelfs had kunnen komen, zou het misschien bij bepaling van het in koolzuurhoudend water oplosbare fosforzuur volgens de werkwijze HETTERSCHY met de molybdeenblauw-methode voor den dag kunnen komen. Deze bepalingen werden in Neubauer-bakjes met fosforzuurarmen nieuwen dalgrond uit Emmercompascuum verricht en eenige malen herhaald, zonder dat iets van een verminderde oplosbaarheid der fijnste deeltjes bleek.

Als derde contrôle op eventueele storing door het Ca-ion werd van de zomerrogge der zandcultures 1931 naast het P_2O_5- ook het CaO-gehalte bepaald. De kalk-fosforzuur-factor bleek bij bemesting met de grovere fracties nog iets ruimer te zijn, dan bij toediening der fijnere fracties, *zoodat de minder goede werking der fijnste deeltjes zeker niet door grootere activiteit van het daarin aanwezige $CaCO_3$ werd veroorzaakt.*

Wat zou dan wel de oorzaak kunnen zijn? Bij microscopische beschouwing der fracties bleek, dat de deeltjes der zesde fractie in hooge mate de neiging hadden, zich met elkander tot grootere aggregaten te vereenigen. De korrels der eerste tot en met vierde fracties hadden zoo goed als geen onderlinge aantrekkingskracht, doch in de vijfde fractie begon daar al iets van merkbaar te worden. Wanneer alle verschillende korrelgrootten door elkaar voorkwamen, zooals in het oorspronkelijke Algiersfosfaat en in het mengsel „alle fracties", bleken de fijnste deeltjes zich vooral aan de oppervlakte der grovere korrels te hebben vastgehecht. Hierdoor zouden zij in een beteren verdeelingstoestand kunnen komen, dan bij uitsluitende aanwezigheid ervan mogelijk is. Bij contrôle van het rendement van „alle fracties", door dit door berekening af te leiden uit de rendementen der samenstellende deelen, bleek dit inderdaad eenige procenten hooger te zijn, dan theoretisch kon worden verwacht. Dit kan door geen andere omstandigheid zijn veroorzaakt, *dan door betere verdeeling der fijnste deeltjes.* Ook de waargenomen feiten, dat de minder goede werking der zesde fractie in potproeven vooral in de eerste ontwikkelingsperiode

der planten tot uiting kwam en dat de achterstand ervan, evenals van de grofste deeltjes, bij verbetering der oplossingsvoorwaarden minder groot werd, wijzen op slechtere verdeeling van het fosforzuur in deze fractie. *Klaarblijkelijk werd bij het mengen van het fosfaat door den grond met deeltjes ter grootte van 50–30 μ de beste verdeeling bereikt, terwijl kleinere deeltjes, vooral die < 10 μ, door hun sterkere kleefkracht in grootere aggregaten bijeen bleven en daardoor minder gunstige verdeeling veroorzaakten. Het nuttig effect van deze fijnste deeltjes is echter beter, wanneer zij temidden van een voldoend aantal grovere deeltjes voorkomen, aan de oppervlakte waarvan zij zich kunnen vasthechten.*

Door berekening kan ook worden vastgesteld of het rendement van de vijfde en zesde fracties in het mengsel „alle fracties" hooger is geweest, dan dat der vierde fractie. Ware het even hoog, dan zoude het rendement van „alle fracties" bij de zandcultures 1930 met kanariezaad 27, bij die van 1931 met rogge 32 en bij de Emmercompascuum-potten met $NaNO_3$ 21 en met NH_4NO_3 26% hebben moeten bedragen. In werkelijkheid was het in die gevallen resp. 31, 32, 21 en 26%, zoodat het alleen bij het kanariezaad iets hooger en in de drie andere gevallen juist even hoog was. Ook op deze wijze zal het niet mogelijk zijn het rendement der 4e fractie te overtreffen.

Het is dus absoluut overbodig met het fijnmalen van een ruw fosfaat als het onderhavige product beneden een grens van circa 30 μ door te gaan, terwijl de korrelgrootte ook liefst weer niet boven 50 μ moet komen. Wanneer de meststof zooveel mogelijk aan dezen eisch voldoet, is de practische bemestingswaarde ervan zoo groot mogelijk. *Het materiaal van 50 tot 30 μ moet in elk geval de kern van het product vormen en kan daarbij als geraamte dienst doen, waaraan de fijnere deeltjes zich vasthechten.*

Natuurlijk kunnen deze grenzen niet voor alle ruwe fosfaten als vaststaand worden aangenomen. Van het ééne product zal de kleefkracht der fijnste deeltjes grooter zijn en eerder storend optreden dan van het andere product, doch voor zachte, aardachtige fosfaten van het type en de structuur van Algiersfosfaat omvatten zij in ieder geval het gebied der korrelgrootte met het grootste nuttig effect.

Het fabriceeren of koopen van zgn. „colloïd-fosfaat" als meststof moet dus onder alle omstandigheden worden afgeraden. Het is trouwens absurd om van „colloïd-fosfaat" te spreken. Door het fosfaat met water in een „colloïdmolen" absoluut fijn te malen, kan natuur-

lijk een colloïdale brij worden verkregen. In *dezen* toestand wordt het fosfaat echter niet door den grond gemengd! Het product wordt immers *droog* in den handel gebracht, zoodat de verkregen colloïdale toestand toch weer verloren gaat en de fijne deeltjes zich daarentegen juist tot grootere aggregaten vereenigen. Het dure maalproces levert zoodoende geen enkel resultaat op en is dus zeer oneconomisch.

De door ons gevonden bovenste grens van 50 μ is in volkomen overeenstemming met de door Russische onderzoekers aan de fijnheid der Russische fosforiten gestelde eischen. Nadat door de reeds eerder genoemde proeven van LEBEDIANTZEV (Loc. cit. 1924 en 1926) voor een groot aantal ruwe fosfaten het belang van dezen fijnheidseisch was gebleken, kwam later ook MUSIEROWIECZ (57) op grond van zijn proeven met nog eenige andere fosforiten tot deze zelfde grens van 50 μ. Een onderste grens werd tot dusver nog niet gesteld, hoewel wij in tabel XVIII zagen, dat ook LEBEDIANTZEV bij eenige fosforiten slechtere resultaten verkreeg met de deeltjes fijner dan 10 μ. Jammer genoeg publiceerde deze onderzoeker geen cijfers aangaande het P_2O_5-gehalte in de oogsten en het is dus, naar wij bij onze proeven zagen, mogelijk, dat de opbrengstcijfers de waardeverhouding der fracties niet nauwkeurig weergaven en te gunstig voor de fijnste deeltjes van nog eenige andere fosfaten uitvielen.

Nu hadden wij ons in hoofdstuk VI de vraag gesteld, of de factoren, die het in oplossing gaan van fosforzuur uit moeilijk oplosbare calciumfosfaten tegenwerken, bij betere verdeeling van deze laatsten aan beteekenis verliezen. Op deze vraag kon inderdaad een bevestigend antwoord worden gegeven. Indien de omstandigheden voor de oplosbaarheid van het natuurlijk fosfaat buitengewoon ongunstig zijn, zooals in de zandcultures met $NaNO_3$ het geval was, kon echter zelfs de beste verdeeling, in dit geval met de vierde fractie verkregen, het fosfaat voor graangewassen niet opneembaar maken. Bij kleine vermeerdering of vermindering van het oplossend vermogen van een voor bemesting met natuurlijk fosfaat geschikten grond (d.w.z. een grond, die H-ionen bevat of laat bestaan), zooals den nieuwen veenkolonialen grond uit Emmercompascuum, bleek inderdaad het verschil in opneembaarheid bij beter verdeeling van het fosfaat aanmerkelijk geringer te zijn, dan bij minder goede verdeeling daarvan.

De slechtste verdeeling van het fosfaat was bij deze proeven verkregen door de grove korrels ter grootte van 1–0,5 mm. Bij de physiologisch-zwakzure, dus de oplosbaarheid bevorderende, stikstof-

bemesting met NH_4NO_3 was het rendement daarvan meer dan het dubbele, dan bij de ongunstig voor de oplosbaarheid zijnde physiologisch-alcalische bemesting met $NaNO_3$, nl. 13 tegen 6%. Het verschil bedroeg slechts 10 à 15% bij de door de derde, vierde en vijfde fracties verkregen betere verdeeling van het fosforzuur, nl. resp. 25 tegen 22, 29 tegen 25 en 27 tegen 24%. Voor de 6e fractie was het rendement resp. 26 en 19%.

Onze conclusie is dus: *de factoren, die de oplosbaarheid van natuurlijk fosfaat bevorderen, zijn van meer belang dan de fijne verdeeling daarvan, hoewel vooral bij ongunstiger oplossingsvoorwaarden goede verdeeling van het fosforzuur een eerste vereischte is.* Daar men er wel nooit toe zal komen den grond in de practijk met een colloïdale waterige brij van natuurlijk fosfaat te behandelen, is aan het verbeteren der verdeeling bij bemesting met het natuurlijke product vrij spoedig een grens gesteld, die door de kleefkracht der fijnste deeltjes bepaald wordt. In een normalen bodem zal men om deze reden het fosforzuur door bemesting met een natuurlijk calciumfosfaat nooit zoo fijn kunnen verdeelen, dat de minder goede oplosbaarheid ervan wordt gecompenseerd. Daar moet beter oplosbaar fosforzuur, zooals in superfosfaat of thomasslakkenmeel aanwezig is, worden verstrekt. Het opgeloste fosforzuur zal dan op zoovele punten door den bodem worden vastgelegd, dat de verdeeling hiervan ideaal genoemd kan worden.

BEINVLOEDING DER OPLOSBAARHEID DOOR STIKSTOFBEMESTING EN $CaCO_3$

In overeenstemming met de proeven van PRIANISCHNIKOW (Loc. cit.) en andere onderzoekers, bleek een tweetal graangewassen (kanariezaad en zomerrogge) niet in staat te zijn fosforzuur uit een natuurlijk fosfaat op te nemen, wanneer in zandcultures de stikstofbemesting in den vorm van $NaNO_3$ werd toegediend. Volgens genoemde proeven zou bij bemesting met mono- of dicalciumfosfaat het verstrekken van de stikstofvoeding in den vorm van een ammoniakverbinding geen verbetering der P_2O_5-opname met zich mede brengen. Inderdaad waren de door ons verkregen oogstverschillen slechts zeer gering en zij konden grootendeels door reactieverschillen worden verklaard. Bij beschouwing der cijfers voor het P_2O_5-gehalte bleek echter steeds, dat er wel degelijk een grooter P_2O_5-opname bij bemesting met NH_4NO_3 was, zelfs bij deze zure calciumfosfaten. Het rendement der

P_2O_5-bemesting was, vooral bij dicalciumfosfaat, met NH_4NO_3 duidelijk hooger dan met $NaNO_3$.

In dergelijke zandcultures bleek de oplossende werking van ammoniumzouten op ruw fosfaat bijna geheel voor rekening van de zuurrest te komen, dus door het physiologisch-zwakzure karakter van deze zouten te zijn veroorzaakt. Ammoniumbicarbonaat begunstigde de opneembaarheid nl. aanvankelijk in het geheel niet. Eerst tegen het einde der groeiperiode bleek wat fosforzuur door de nitrificatie vrij te komen, hetwelk grootendeels in het stroo achterbleef. Ammoniumsulfaat had zeer gunstigen invloed op de opneembaarheid van het fosforzuur, doch schaadde door het vrijkomende, aan waterstofionen gebonden anion, d.w.z. door zijn physiologisch-zure werking in het zeer bufferarme zand. Toediening van een hoeveelheid $CaCO_3$, theoretisch noodig voor binding van de helft van de sulfaatrest van het $(NH_4)_2SO_4$, verhoogde de totale hoeveelheid opgenomen P_2O_5 in hooge mate, hoewel het P_2O_5-gehalte van den oogst sterk daalde (tab. XXI), doch was nog niet geheel in staat de zuurschade te verhinderen.

Om na te gaan of de aard der stikstofbemesting op een voor bemesting met ruw fosfaat zeer geschikte grondsoort van practisch belang is voor de P_2O_5-voorziening der planten, werden Neubauer-analyses verricht en potproeven aangezet met een fosforzuurarmen nieuwen veenkolonialen dalgrond uit Emmercompascuum. In Duitschland noemt men Algiersfosfaat wel „Hochmoordünger", om zijn bijzondere geschiktheid voor deze grondsoort. In zijn reeds eerder aangehaalde publicatie komt TACKE (Loc. cit. 1926) zelfs tot de conclusie: „dass eine ganze Reihe von Rohphosphaten bei genügender Feinheit der Mahlung auf dem nach normaler Kalkung noch genügend sauren Hochmoorboden in ihrer Wirkung wenig oder garnicht hinter Thomasmehl zurücksteht und etwa in den ersten Jahren auftretende Unterschiede mit wiederholter Düngung verschwinden." Hij vervolgt dan: „Durch etwas verstärkte Düngung bei erstmahliger Zufuhr kann, wie die Moor-Versuchs-Station es seit langem für das auf Hochmoor bewährte Algierphosphat empfiehlt, die Wirkung im ersten Jahre auf die des Thomasmehls erhöht werden. Ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit der Verwendung wird der Preis der Gewichtseinheit Phosphorsäure in den verschiedenen Rohphosphaten am Orte des Gebrauchs bei angemessener Gewährsleistung für Gehalt und Feinheit der Mahlung sein."

Bij de Neubauer-analyses (tab. XI) was de geschiktheid van dezen grond voldoende gebleken. Niettegenstaande met de Neubauer- en molybdeenblauw-methoden slechts sporen opneembaar en oplosbaar fosforzuur konden worden aangetoond en het in mineraalzuur en 2%-ig citroenzuur oplosbare P_2O_5 eveneens slechts zeer gering was, bleek deze grond uit Emmercompascuum onder de ideale omstandigheden der potcultures evenwel nog onverwacht veel P_2O_5 aan de planten te kunnen afstaan. Dit was vooral het geval bij toediening van de stikstofbemesting in den vorm van $NaNO_3$. Waarschijnlijk was in dezen grond organisch en aan ijzer gebonden fosforzuur aanwezig, waarvan de oplosbaarheid door vermindering der zure reactie bevorderd wordt, zooals behalve door de reeds eerder genoemde proeven van WITYN (Loc. cit. 1926) en UNGERER (Loc. cit. 1926), later ook door die van MCKIBBIN (51), FRANKLIN FUDGE (16) en TEAKLE (85) werd aangetoond. De oplosbaarheid der bodemfosfaten kan ook door biochemische processen volgens de opvattingen van STOKLASA (Loc. cit. 1911 en 1931) zijn verbeterd. Door de ideale watervoorziening en luchtcirculatie van den grond in de Hudig-potten kan de activiteit der micro-organismen bijzonder groot zijn geweest, vooral in die potten, waar de reactie van den oorspronkelijk zeer zuren grond door de physiologisch-alcalische uitwerking eener bemesting met $NaNO_3$ wat dichter bij het neutrale punt werd gebracht.

Het is eveneens een bekend feit, dat de onzekerheid van de methode Neubauer daarin ligt, dat gronden, die volgens deze methode P_2O_5-gebrek zouden hebben, inderdaad in het geheel niet P_2O_5-behoeftig zijn, doordat hun regenereerend vermogen zeer groot is. Volgens door RATHSACK (71) vermelde proeven van VAGELER zouden bij in het vrije veld geconstateerd P_2O_5-gebrek Neubauer-analyses voor 95% daarmede overeenstemmend resultaat geven. Omgekeerd echter gaat dit in het geheel niet op, want bij met Neubauer-onderzoek geconstateerd P_2O_5-gebrek reageerden slechts 18% dier gevallen in het vrije veld op P_2O_5-bemesting. Bij bepaling van het fosforzuurgetal volgens de werkwijze HETTERSCHY met de molybdeenblauw-methode werd eveneens een bijzonder laag cijfer gevonden. v. WRANGELL (104–108) heeft een methode uitgedacht om door herhaalde extractie het regenereerend vermogen van den bodem mede in aanmerking te nemen. Volgens HOFFMANN (21) kan op deze wijze toch geen betrouwbaar inzicht worden verkregen, daar de bodem hierdoor zooveel basen verliest, dat P_2O_5-verbindingen, die onder normale omstandigheden

niet in oplossing zullen gaan, erdoor uiteenvallen en in het extract overgaan. Hierdoor vindt men dan ook vaak in het tweede tot vierde extract meer P_2O_5 dan in het eerste.

Niettegenstaande de niet met fosforzuur bemeste grond met $NaNO_3$ meer P_2O_5 afstond dan met NH_4NO_3, is toch in de meeste gevallen bij bemesting met calciumfosfaten bij deze laatste stikstofbemesting in totaal nog meer P_2O_5 opgenomen. Het rendement der verschillende toegediende calciumfosfaten is bij bemesting met NH_4NO_3 in alle gevallen hooger geweest. Bij de zure calciumfosfaten en het gunstig verdeelde natuurlijke fosfaat bedroegen de verschillen slechts enkele percenten. De meerdere oplossende werking kwam echter vooral tot haar recht bij minder goede verdeeling van het ruwe fosfaat, zoodat het rendement der grove korrels van 1–0,5 mm in dat geval meer dan het dubbele was van dat dierzelfde korrelgrootte bij bemesting met $NaNO_3$. Dat deze laatste vorm van stikstofbemesting de oplossende werking van den grond ongeveer evenveel verzwakte, als NH_4NO_3 haar versterkte, werd door de Neubauer-analyses aangetoond (tab. XI en XXXII).

Genoemde resultaten zijn alle verkregen met rogge als proefgewas. Gerst bleek voor dergelijk onderzoek niet geschikt te zijn, daar de hiermede verkregen resultaten te afhankelijk waren van de reactie van den bodem, om verschillen in de fosforzuurvoorziening der planten nauwkeurig tot uiting te doen komen. De kalktoestand van dezen grond was nl. te laag om met NH_4NO_3 goeden groei van gerst te verkrijgen. Bij toediening van kleine kalkgiften veranderde de situatie geheel in het voordeel van NH_4NO_3. De P_2O_5-opname uit monocalciumfosfaat werd er bijna door verdubbeld en uit het natuurlijke fosfaat was bijna anderhalf maal zooveel P_2O_5 opgenomen. Wanneer $NaNO_3$ was verstrekt, daalde de P_2O_5-opname uit het ruwe fosfaat bij stijgende kalkgiften (in den vorm van $CaCO_3$ toegediend) in een snel tempo, om tenslotte bijna nihil te worden. Hierdoor blijkt wel, dat gerst uitmuntend op fosforzuur reageert, indien de groei niet door te ongunstigen kalktoestand wordt belemmerd. Voor nauwkeurige Neubauer-proeven is gerst zelfs op een goed geaequilibreerden grond toch niet zoo geschikt als rogge, omdat gerstkorrels een veel hooger P_2O_5-gehalte hebben, waarmede natuurlijk hooge blanco-bepalingen correspondeeren.

De oplossende werking van ammoniumzouten op natuurlijk fosfaat, welke in zandcultures zoo duidelijk wordt gedemonstreerd, is dus

ook van practisch belang op de grondsoort, die in de practijk met voordeel met een dergelijk fosfaat bemest kan worden. In werkelijkheid wordt ammoniakstikstof echter bijna uitsluitend in den vorm van zwavelzure ammoniak toegediend en niet als NH_4NO_3. Het met zwavelzure ammoniak verkregen resultaat bij de potproeven met den grond uit Emmercompascuum was uitstekend, doch het ruwe fosfaat kon de verzurende werking dezer meststof niet geheel tegengaan. Om de verzurende werking door een kleine extra-kalkgift te neutraliseeren, bleek een hoeveelheid $CaCO_3$, die aequivalent was met de H_2SO_4 die theoretisch uit $(NH_4)_2SO_4$ kan ontstaan, juist voldoende. Het rendement van de P_2O_5-bemesting met Algiersfosfaat daalde daarbij echter tot de helft van wat het oorspronkelijk was! De kwaliteit van den oogst werd er, wat het P_2O_5-gehalte betreft, belangrijk slechter door, niettegenstaande nog vrij veel P_2O_5 uit het fosforzuurkapitaal van den grond kon worden opgenomen. Het gelijktijdig verstrekken van kalk en Algiersfosfaat is ongunstig geweest voor de opneembaaarheid van dit laatste, hoewel deze meststoffen ieder voor zich afzonderlijk met den grond vermengd werden. Een bemesting van dezen grond met zwavelzure ammoniak moet dus onder dergelijke omstandigheden ten sterkste worden afgeraden.

Wanneer het Algiersfosfaat echter aan de reeds eerder genoemde fijnheidseischen voldoet, is het veel logischer op een in dergelijke mate zuren grond de stikstof in den vorm van $NaNO_3$ toe te dienen, waarbij wij in dat geval bijzonder goede resultaten hebben verkregen.

Wij kunnen dus concludeeren: *op een zuren veenkolonialen dalgrond, zooals die uit Emmercompascuum, is het niet noodig de opneembaarheid van Algiersfosfaat door toediening van ammoniakzouten te verbeteren, indien het fosfaat aan de reeds eerder genoemde eischen van fijnheid voldoet. Ter voorkoming van eventueele benadeeling der plantengroei door vergrooting der waterstofionen-concentratie kan dan veel beter van nitraatstikstof worden gebruik gemaakt, dan dat men de verzurende werking van het ammoniakzout door het verstrekken van koolzure kalk tracht tegen te gaan.*

De ongunstige verzurende werking van ammoniumsulfaat in deze potcultures kwam bijna geheel voor rekening van de zuurrest, dus van het physiologisch-zuur zijn dier meststof. Ammoniumnitraat werkte zeer gunstig, daar het tezamen met Algiersfosfaat de zuurgraad van den grond niet verhoogde maar zelfs nog iets verminderde. Ammoniumbicarbonaat gedroeg zich nog gunstiger dan NH_4NO_3,

zoowel ten aanzien van de opneembaarheid van het fosforzuur uit Algiersfosfaat, als wat den invloed op de bodemreactie betreft. Ammoniakstikstof is dus wel degelijk de gunstigste stikstofvorm in dergelijke omstandigheden, indien daarmede maar geen schadelijke of storende nevenbestanddeelen, in casu de anionen, aan den bodem worden toegevoerd. Voor practische toepassing is NH_4HCO_3 echter geen geschikt bemestingszout. Er bestaat echter een ander uitsluitend uit stikstof, waterstof, koolstof en zuurstof bestaand bemestingszout, dat wèl in den handel is, nl. ureum of $CO(NH_2)_2$, dat in den bodem door bacteriënwerking in ammoniumcarbonaat en verder in nitraatstikstof wordt veranderd. Deze stikstofverbinding zou in werkzame grondsoorten even goede uitwerking moeten hebben als NH_4HCO_3. Dit punt verdient daarom nadere studie, vooral wat de omzettingssnelheid van ureum in koolzure ammoniak aangaat.

CONCLUSIES

Bij de samenvatting der verkregen resultaten zijn wij dus tot de volgende conclusies gekomen:

1. Om goed door den grond te kunnen worden verdeeld moet de korrelgrootte van Algiersfosfaat niet boven 50 μ zijn.
2. Beneden een grens van ongeveer 30 μ beteekent grootere fijnheid van een natuurlijk fosfaat niet altijd, dat daardoor betere verdeeling der meststof door den bodem wordt verkregen. In de practijk, waar de menging nimmer zoo ideaal kan zijn als bij onze proeven, zal men bij deze korrelgrootten reeds gevaar voor slechtere verdeeling loopen.
3. Vooral deeltjes die kleiner zijn dan 10 μ vertoonen groote kleefkracht, waardoor minder goede verdeeling door den grond wordt verkregen. Menging met grovere korrels kan de verdeelingstoestand eenigszins verbeteren. In geen geval mogen deze deeltjes echter overwegen.
4. „Colloïde"-maling van natuurlijke fosfaten is nutteloos en oneconomisch, want de colloïdale toestand gaat bij droging van het product toch weer verloren, terwijl de sterk vergroote kleefkracht der deeltjes tot vorming van tamelijk groote en hechte aggregaten aanleiding geeft, waardoor betere verdeeling door den grond wordt verhinderd.

5. Bij gunstiger verdeeling van het natuurlijke fosfaat door den bodem verliezen de chemische factoren die de oplosbaarheid beïnvloeden wel iets aan beteekenis, doch de goede opneembaarheid van het ruwe fosfaat blijft toch in hooge mate van hen afhankelijk.
6. Bij *ongunstige* oplossingscondities is een goede verdeelingstoestand van het fosfaat een eerste vereischte.
7. Proeven met NH_4HCO_3 hebben bewezen, dat de bevordering der opneembaarheid van natuurlijk calciumfosfaat door NH_4-bemestingszouten in zandcultuur bijna uitsluitend wordt veroorzaakt, door hun physiologisch-zuur gedrag. De nitrificatie was er, vooral aanvankelijk, van bijna geen beteekenis.
8. Het physiologisch-zwakzure NH_4NO_3 verhoogt niet alleen het rendement eener bemesting met natuurlijk calciumfosfaat, maar, zij het in veel minder mate, ook dat van een P_2O_5-bemesting in den vorm van $CaHPO_4$ en, hoewel in nog minder mate, zelfs ook dat van $Ca(H_2PO_4)_2$. $(NH_4)_2SO_4$ veroorzaakt op de grondsoort, welke voor bemesting met ruw fosfaat in aanmerking komt, schadelijke nevenwerkingen.
9. Voor de goede opneembaarheid van het ruwe fosfaat is het een eerste vereischte, dat de concentratie der Ca-ionen zoo gering mogelijk is. Het rendement der P_2O_5-bemesting was bij gebruik van NH_4HCO_3 tweemaal zoo groot, als bij $(NH_4)_2SO_4$ waaraan een met het SO_4 aeq. hoeveelheid $CaCO_3$ was toegevoegd.
10. Voor gerst wordt in het eerste groei-stadium de P_2O_5-opname uit calciumfosfaten bij physiologisch-zure N-bemesting op zuren grond (pH 4,3) door kleine kalkgiften verbeterd. Deze werken echter, zelfs bij dit gewas, schadelijk bij bemesting met ruw fosfaat en $NaNO_3$.
11. Bij ideale vochtigheidstoestand, structuur en luchttoevoer kunnen door een P_2O_5-armen grond groote hoeveelheden P_2O_5 worden afgestaan, die noch door Neubauer-onderzoek, noch door bepaling van het fosforzuurgetal (Hetterschy) zijn aan te toonen.
12. Jonge tomatenplanten zijn zeer geschikte indicatoren voor P_2O_5-gebrek.
13. Kleine hoeveelheden $CaCO_3$, direct voor het zaaien verstrekt, kunnen op een zelfs zeer zuren ongehumificeerden grond de opkomst van gerst aanmerkelijk vertragen. Het is wenschelijk na te gaan of ditzelfde ook geldt voor goed gehumificeerde gronden.

LITERATUUR

1. AEREBOE, F. 1922. Neue Düngerwirtschaft ohne Auslandsphosphate.
2. ALEXANDER, L. T. en JACOB, K. D. 1930. Mechanical Analyses of finely divided Natural Phosphates *U.S. Dept. of Agricult. Washington D.C. Techn. Bul.* No. 212.
3. ARRHENIUS, O. 1929. Die Phosphatfrage II: Die Phosphatanalyse. *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. A* 14, 185–194.
4. BAUER, F. C. 1920. The effect of leaching on the availability of rock phosphate to corn. *Soil Sci.* IX, 235–251.
5. BAUER, F. C. en HAAS, A. R. C. 1921. The effect of lime, leaching, form of phosphate and nitrogen salt on plant and soil acidity, and the relation of these to the feeding power of the plant. *Soil Sci.* XIII, 461–479.
6. BIILMANN, E. 1924. On the measurement of Hydrogen-ion concentrations in soil by means of the quinhydrone electrode. *Journ. Agric. Sci.* 14, Part 2, 232–239.
7. BÖTTCHER, O. 1907. Kann durch Beigabe von schwefelsaurem Ammoniak die Wirksamkeit der Knochenmehlphosphorsäure gesteigert werden? *Landw. Vers.-Stat.* LXV, 407–411.
8. BUTKEWITSCH, W. W. 1927. Ueber die Faktoren, welche das Verhalten der Pflanzen gegen schwerlösliche Ca-Phosphate beeinflussen. *Landw. Jahrb.* LXVI, 947–992.
9. BUTKEWITSCH, W. W. 1929. Zur Fräge der Nährstoffaufnahme durch die Pflanze. *Landw. Jahrb.* 69, 521.
10. CAMERON, F. K. en HURST, L. A. 1904. The action of water and saline solutions upon certain slightly soluble phosphates. *Jour. Amer. Chem. Soc.* 26, 885–913.
11. CAMERON, F. K. en SEIDELL. 1904. The action of water upon the phosphates of calcium. *Jour. Amer. Chem. Soc.* 26, 1857.
12. CHIRIKOW, F. V. 1914. *Russ. Jour. f. Exp. Landw.* 15, 54, volgens TRUOG, Loc. cit. 1916, p. 11.
13. COMBER, N. M. 1922. The availability of mineral plant food. A modification of the present hypothesis. *Jour. Agr. Sci.* 12, 363–369.
14. EHRENBERG, P. 1923. Beiträge zur Reaktionsfrage bei der Phosphorsäuredüngung. *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. B*, 2, 131–133.
15. EHRENBERG, P. 1930 in: Der 2. Superphosphattag der Deutschen Superphosphat-Industrie, *Superphosphate* III, 125–131.
16. FRANKLIN FUDGE, J. 1928. Influence of various nitrogenous fertilizers on availability of phosphate. *Jour. Amer. Soc. Agr.* 20, 280–293.
17. GEDROIZ, K. K. 1911. The action of phosphorites on soils saturated and insatured with bases. *Russ. Jour. f. Exp. Landw.* 12, 529–546, ref. in *Exp. Sta. Rec.* 26, 30.
18. GEHRING, A. 1922. Düngungsversuche mit Rhenaniaphosphat und mit sonstigen P_2O_5-düngern. *Ztschr. d. Landw.-K. f. Braunschweig*, 177, volgens KLEBERGER, Grundz. d. Pflanzenernähr.-L. u Düngerl. 2, 482.
19. GESSNER, H. 1931. Die Schlämmanalyse (Kolloidforschung in Einzeldarstellungen, Band 10), pp. 19, 20 en 180.

20. HAGER, G. en STOLLENWERK, W. 1930. In welchem Masse können die Ammoniaksalze den Boden durch die bevorzugte Aufnahme des Ammoniumkations im Vergleich zum Anion versauern? Ein Beitrag zur Erkenntnis der Nährstoffaufnahme durch die Planzen. *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. A.*, XVII, 129–165.
21. HOFFMANN, E. 1930. Studien über die Löslichkeit der Bodenphosphorsäure und -Kieselsäure als Grundlage für die Bestimmung des Phosphorsäurebedürfnisses. *Landw. Jahrb.* 72, 791–834.
22. HOPKINS, C. G. en WHITING, A. L. 1916. Soil Bacteria and phosphates. *Ill. Agr. Exp. Sta. Bul.* No. 190.
23. HUDIG, J. en MEIJER, C. 1919. De Veenkoloniale haverziekte (derde en vierde mededeeling). *Versl. Landbouwk. Onderz. Rijkslandbouwproefst.* No. XXIII.
24. HUDIG, J. en MEIJER, C. 1921. De beteekenis van „Tetrafosfaat" als meststof. *Ibid.* No. XXV, 140–159.
25. HUDIG, J. en HETTERSCHY, C. W. G. 1926. Ein Verfahren zur Bestimmung des Kalkzustandes in Humussandböden (Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration in Bodenaufschwemmungen). *Landw. Jahrb.* 63, 207–218.
26. HUDIG, J. 1930. De bepaling van den fosforzuurvoorraad in den humuszand- en veengrond. Med. VI v. d. Ver. t. Expl. v. h. Bedrijfslab. v. Grondonderz. te Groningen (overdr. uit No. 1405 van „*De Veldbode*" van 4 Jan. 1930).
27. HUDIG, J. 1931. Fosfaat, bodem en plant. *Landbouwk. Tijdschr.* 43, 276–302.
28. JACOB, K. D. 1931. Recent Developments in the Phosphate Industry. *Industry a. Engin. Chem.* 23, 14–16.
29. KAPPEN, H. en BOLLENBECK, K. 1925. Ueber die Bedeutung der Aziditätsformen der Böden für das Löslichwerden schwerlöslicher Phosphate. *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. A*, IV, 1–29.
30. KELLER, F. 1926. Vegetationsversuche mit verschiedenen Phosphorsäuredüngemitteln, *Landw. Jahrb. d. Schweiz*, 863–888, ref. in *Biederm. Zentr.-Bl.* 56, 488.
31. KLEBERGER, W. 1927. Grundzüge der Pflanzenernährungslehre und Düngerlehre, 2, 482.
32. KLEBERGER, W. 1930. Aufnahme und Verarbeitung der Phosphorsäure durch die Pflanze. *Ergebn. d. Agr.-Chem.* 2, 53–68.
33. KOSSOWITSCH, P. 1901. *Russ. Jour. f. Exp. Landw.* 2, 625–638, ref. in *Exp. Sta. Rec.* 14, 343.
34. KOSSOWITSCH, P. 1902. Die Rolle der Pflanzen bei der Lösung der Nährstoffe des Bodens, die zich in letzterem im ungelösten Zustande befinden. *Russ. Jour. f. Exp. Landw.* 3, 165, ref. in *Biederm. Zentr.-Bl.* 32, 44–49.
35. KOSSOWITSCH, P. 1904. *Russ. Jour. f. Exp. Landw.* 5, 598, volgens TRUOG, Loc. cit. 1916, p. 6 en PRIANISCHNIKOW, Loc. cit. 1923, p. 287.
36. KOSSOWITSCH, P. 1909. Russ. Jour. f. Exp. Landw. 10, 782–842, ref. in *Exp. Sta. Rec.* 22, 623.
37. KROSS. W. 1928. Weitere Untersuchungen über die Neubauersche Keimpflanzenmethode. *Landw. Jahrb.* LXVII, 629–662.
38. LEBEDIANTZEV, A. N. 1924. L'origine de la phosphorite et le degré de sa pulvérisation comme facteurs principaux de son assimilation par les végétaux. *Ann. Sci. Agron.* 41, 330–338.
39. LEBEDIANTZEV, A. N., TSCHEGLOFF, Z. en REMIZOFF, M. 1926. Influence

de la finesse de mouture sur l'assimilation des phosphorites de divers gisements. *Ann. Sci. Agron.* 43, 289–299.
40. LEMMERMANN, O. en WIESSMANN, H. 1922. Die ertragssteigernde Wirkung der Kieselsäure bei unzureichender Phosphorsäureernährung der Pflanzen. *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. A*, p. 185.
41. LEMMERMANN, O. en WIESSMANN, H. 1924. Weitere Versuche über die ertragssteigernde Wirkung der Kieselsäure bei unzureichender Phosphorsäuredüngung. *Ibid. Abt. B*, 3, 185.
42. LEMMERMANN, O. 1925. Die neueren phosphorsäurehaltigen Düngemittel und ihre Wirkung. *Ibid. Abt. B*, 4, 22.
43. LEMMERMANN, O. en WIESSMANN, H. met medewerking van SAMMET, K. 1925. Untersuchungen über die Ursache der ertragssteigernden Wirkung der Kieselsäure. *Ibid. Abt. A*, 4, 299.
44. LEMMERMANN, O. 1929. Zur Frage der Kieselsäurewirkung. *Ibid. Abt. A*, 13, 28.
45. LIEBIG, J. v. 1858. Ueber das Verhalten der Ackerkrume zu den in Wasser löslichen Nahrungsstoffen der Pflanzen.
46. LIEBIG, J. v. en REUNING, TH. Briefwechsel über landwirtschaftliche Fragen aus den Jahren 1854 bis 1873 (Dresden 1884) p. 50, geciteerd volgens M. SPETER: Aus der Vor- und Frühgeschichte des Dünger-Knochenmehls und des Superphosphats, *Superphosphate*, IV, 1931, 274–275.
47. LIPMAN, J. G., MCLEAN, H. C. en LINT, H. C. 1916. Sulfur oxydation in soils and its effect on the availability of mineral phosphates. *Soil Sci.* 2, 499–538.
48. LIPMAN, J. G. en MCLEAN, H. C. 1918. Experiments with sulphur-phosphate composts conducted under field conditions. *Soil Sci.* 5, 243–250.
49. LOGWINOWA, S. W. 1929. Der Einfluss von Torf auf die Ausnützung der Phosphorsäure der Phosphorite. *Russ. Düngung u. Ernte*, 1, 211, ref. in *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. A*, XVI, 242.
50. MCGEORGE, W. T. 1924. The influence of silica, lime and soil reaction upon the availability of phosphates in highly ferruginous soils. Exp. Sta. Hawaiian Sugar Planters' Ass. *Soil Sci.* XVII, 463–468.
51. MCKIBBIN, R. R. 1927. Soil Acidity and the phosphate ion. *Proceed. a. Pap. 1st Intern, Congr. of Soil Sci.* II, 87–106.
52. Methoden van Onderzoek aan Het Rijkslandbouwproefstation te Maastricht, 1929, p. 41.
53. MEVIUS, W. en ENGEL, H. 1929. Die Wirkung der Ammoniumsalze in ihrer Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. *Planta*, 9, 1, autoref. in *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. A*, XVI, 226–233.
54. MEYER, L. 1929. Die Tomate, ein empfindlicher und schneller Indikator für Phosphorsäuremangel des Bodens. *Fortschr. d. Landw.* 4, 684–687.
55. MICHALOWSKI, A. 1930. Der Einfluss von Gips auf die Aufnehmbarkeit der Phosphorsäure des Phosphorits, *Russ. Dungung u. Ernte*, 2, 99, ref. in *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. B*, IX, 476–477.
56. MÜNTZ, A. en GIRARD, A. C. 1896. Les Engrais, II, 525.
57. MUSIEROWIECZ, A. 1929. Düngungswert der Phosphoritmehle von Niezwisk, Rachow und Nizniow im Licht der Vegetationsversuche. *Roczniki Nauk Rolniczych i Lesnych*, 22, 247, ref. in *Biederm. Zentr.-Bl.* 60, 92, 1931.
58. NEUBAUER, H. en SCHNEIDER, W. 1923. Die Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoffgehaltes der Böden. *Ztschr. f. Pflanzenernähr, Düngung Abt. A*, 320–369.
59. OSTWALD, Wo. Grundriss der Kolloidchemie, p. 30.

60. Prianischnikow, D. N. 1900. Ueber die Ausnutzung der Phosphorsäure der schwerlöslichen Phosphate durch höhere Pflanzen. *Ber. d. Dtsch. Botan. Ges.* XVIII, 411–416.
61. Prianischnikow, D. N. 1902. Zur Frage über den relativen Wert von verschiedenen Phosphaten. *Landw. Vers.-Stat.* LVI, 107–140.
62. Prianischnikow, D. N. 1905. Ueber den Einfluss von Ammoniumsalzen auf die Aufnahme von Phosphorsäure bei höheren Pflanzen. *Ber. d. Dtsch. Botan. Ges.* 23, 8–17.
63. Prianischnikow, D. N. 1907. Zur Frage über den relativen Wert von verschiedenen Phosphaten. *Landw. Vers.-Stat.* LXV, 23–54.
64. Prianischnikow, D. N. 1911. Ueber den Einfluss von kohlensaurem Kalk auf die Wirkung von verschiedenen Phosphaten. *Landw. Vers.-Stat.* LXXV, 357–376.
65. Prianischnikow, D. N. 1923. Sur l'assimilation de l'ammoniaque par les plantes supérieures. *Compt. Rend. Acad. Sci.* CLXXVII, 603.
66. Prianischnikow, D. N. 1923. Die Düngerlehre, p. 216.
67. Prianischnikow, D. N. 1925. Zur physiologischen Charakteristik von Ammoniumnitrat. *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. A*, IV, 242–250.
68. Prianischnikow, D. N. 1926. Ammoniak, Nitrate und Nitrite als Stickstoffquellen für höhere Pflanzen. *Ergebn. d. Biol.* I, 407–446.
69. Prianischnikow, D. N. en Golubew, B. A. 1927. Die Bodenazidität und ihre Bedeutung bei der Kalkung und bei der Phosphoritdüngung. *Proceed. a. Pap. 1st. Intern. Congr. of Soil Sci.* II, 118–135.
70. Proefboerderijen te Borgercompagnie en Emmercompascuum. Verslagen over de jaren 1922–1928.
71. Rathsack, K. 1930. Welche praktischen Erfolge erzielen wir mit den neueren Verfahren zur Bestimmung des Nährstoffbedürfnisses unserer Ackerböden? *Fortschr. d. Landw.* 5, 86–92.
72. Rauscher, R. 1927. Ueber die Anwendbarheit der Methode Neubauer zur Bestimmung der Löslichkeit der Phosphorsäure in Rohphosphaten. *Fortschr. d. Landw.* 2, 85–88.
73. Reifenberg, A. 1930. Ueber den Einfluss kolloider Kieselsäure auf die Assimilation der Phosphorsäure in Rohphosphaten. *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. A*, XVII, 1–11.
74. Robertson, G. S. 1916. Notes on the Nature of the Phosphates contained in Mineral Phosphates. *Jour. Agr. Sci.* VIII, 16–25.
75. Rosanow, S. N. 1926. Die Zersetzung der Rohphosphate durch Torf und die Beeinflussung dieses Vorgangs durch Neutralsalze. *Jour. Landw.-Wissensch. Moskau*, 3, 751, ref. in *Ztschr. Pflanzenernähr. Düngung Abt. B.* VIII, 319.
76. Rosanow, S. N. 1929. Ueber die Löslichkeit der Phosphorite bei verschiedener Wasserstoffionen-Konzentration und ihre Zugänglichkeit für die Pflanzen. *Landw. Jahrb.* LXVIII, 559–581.
77. Schucht, L. 1909. Die Fabrikation des Superphosphats, 3e Aufl. p. 302.
78. Sebelien, J. 1909. Düngungsversuche mit unlöslicher Phosphorsäure. *Tidsskrift f. d. norske Landbruk*, 16, 339–352, ref. in *Biederm. Zentr.-Bl.* 38, 801–804.
79. Seelhorst, C. v. 1903. Untersuchungen über den Einfluss der schwefelsäurehaltigen Düngemittel auf die Wirksamkeit gleichzeitig gegebener phosphorsäurehaltiger Düngemittel verschiedener Art. *Jour. f. Landw.* 51, 212–222.
80. Söderbaum, H. G. 1905. Zur Kenntnis der Faktoren, welche die Dünge-

wirkung der Knochenmehlphosphorsäure beeinflussen. *Landw. Vers.-Stat.* LXIII, 247–262.
81. Söderbaum, H. G. 1915. Ueber einige Faktoren, die auf die Düngewirkung der schwerlöslichen Phosphate einwirken. *Meddel. No.* 112 *Centralanst. Försöksväs. Jordbruksomradet,* ref. in Biederm. Zentr.-Bl. 45, 75–77.
82. Stoklasa, J. 1911. Biochemischer Kreislauf des Phosphat-Ions im Boden (Abdr. a. d. „*Centralbl. f. Bakteriol. II. Abt.*).
83. Stoklasa, J. 1931. Die physiologische Bedeutung des Phosphors beim Aufbau neuer lebender Pflanzenmassen. *Die Phosphorsäure,* I, 3–68.
84. Tacke, B. 1926. Ueber die Wirkung verschiedener Rohphosphate auf Hochmoorboden (Nach Untersuchungen in der Hochmoorversuchswirtschaft der Moor-Versuchs-Stations im Königsmoor, Kreis Harburg), *Jahrb. d. Moorkunde,* 14.
85. Teakle, L. J.H.1928. Phosphate in the Soil Solution as affected by reaction and cation concentration. *Soil Sci.* XXV, 143–162.
86. Thomas, W. 1929. Studies of certain phases of the interrelationship between soil and plant: I. Availability of mineral plant nutrients in relation to the degree of dispersion. *Soil Sci.* XXVII, 262.
87. Tonattier-Lhomme. 1925. *Compt. rend. acad. agricult.* p. 840, ref. in *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. B,* VIII, 95.
88. Truog, E. 1915. A new theory regarding the feeding power of plants. *Science,* 41, 616.
89. Truog, E. 1916. The utilization of phosphates by agricultural crops, including a new theory regarding the feeding power of plants. *Wis. Agr. Exp. Sta. Res. Bul.* 41, 10/11.
90. Ungerer, E. 1926. Darstellung und Löslichkeitsverhältnisse der Magnesiumphosphate in Vergleich zu Kalzium- und Aluminiumphosphaten und ihre Verwertung durch Hafer und Gerste. *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. A,* VII, 358/359.
91. Wagner, P. 1887. De Thomas-Slakken, hunne beteekenis en toepassing als Bemestingsmiddel (uit het Hoogduitsch vertaald door F. J. van Pesch, Rotterdam 1887), p. 44/45.
92. Wagner, P. 1889. Anleitung zu einer rationellen Düngung mit Phosphorsäure, insbesondere mit Superphosphat und Thomasschlacke, 2e Aufl., p. 14.
93. Wagner, P. 1896. Düngungsfragen, Heft I, 3e Aufl., p. 11/12.
94. Warington, R. 1900. The comparative value of nitrate of sodium and sulphate of ammonium as manures. *Jour. Royal Agr. Soc.* 11, 306.
95. Wheeler, H. J. en Adams, G. E. 1906. A test of nine phosphates with different plants. *R. I. Agr. Exp. Sta. Bul.* 114, 80/81.
96. White, J. T. 1926. Een onderzoek naar fijnheid en verdeeling van het phosphorzuur en zijn opneembaarheid in de mergelgronden van Java. Diss. Wageningen.
97. Wiegner, G. 1927. Ueber Koagulationen. *Ztschr. f. Pflanzenernähr. Düngung Abt. A,* 11, 185–228.
98. Wilhelmj, A. 1931. Ursachen der Wirkung des Thomasmehls, p. 5.
99. Wityn, J. 1926. Ueber die bessere Ausnutzung der im Boden befindlichen Phosphorsäure. *Ztschr. f. Pflanzenernahr. Düngung Abt. A,* VI, 39.
100. Wrangell, M. v. 1920. Ein Estländisches Rohphosphat und seine Wirkung auf verscheidene Pflanzen. *Landw. Vers.-Stat.* XCVI, 1–44.
101. Wrangell, M. v. 1920. Phosphorsäureaufnahme und Bodenreaktion. *Ibid.* XCVI, 209–262.

102. WRANGELL, M. v. 1923. Gesetzmässigkeiten bei der Phosphorsäureernährung der Pflanze. *Landw. Jahrb.* LVII, 1–78.
103. WRANGELL, M. v. 1926. Ueber Bodenphosphate und Phosphorsäurebedürftigkeit. *Landw. Jahrb.* 63, 666.
104. WRANGELL, M. v. 1926. Kolorimetrische Methode zur schnellen Bestimmung der Phosphorsäure in sehr verdünnten Lösungen. *Ibid.* 63, 669–676.
105. WRANGELL, M. v. en KOCH, E. 1926. Die Löslichkeitsgesetze in ihrer Anwendung auf tertiäre Phosphate. *Ibid.* 63, 677–706.
106. WRANGELL, M. v. en HAASE. 1926. Ueber den Phosphorsäuregehalt natürlicher Bodenlösungen. *Ibid.* 63, 707–738.
107. WRANGELL, M. v. en MEYER, L. 1926. Untersuchungen über den wurzellöslichen Anteil der Bodenphosphorsäure. *Ibid.* 63, 739–775.
108. WRANGELL, M. v. 1930. Die Bestimmung der pflanzenzugänglichen Nährstoffen des Bodens. *Ibid.* 71, 149–169.

REGISTER VAN AUTOREN

(de nrs. verwijzen naar de pagina's)

Aberson 32.
Adams 13.
Aereboe 6, 14.
Alexander 22.
Arrhenius 29.
Atterberg 19, 20, 24.

Barral 5.
Bauer 17, 35, 36.
Bieuwenga 79.
Biilmann 46.
Bollenbeck, zie Kappen 53.
Böttcher 13.
Butkewitsch 36, 60.

Cameron 15, 29.
Chirikow 13.
Comber 6.

Ehrenberg 2, 63.
Elema 31.
Engel 36.

Fleischer 5, 41.
Franklin Fudge 99.

Galecki, v. 48.
Gedroiz 17.
Gehring 1.
Gessner 48, 62.
Girard 5, 63.
Glaser 24.
Golubew 16.

Haas, zie Bauer 17.
Haase, zie v. Wrangell 99.
Hager 36.
Hetterschy 46, 71, 94, 99.
Hoagland 64.
Hoffmann 99.
Hopkins 17, 36.
Hudig 14, 37, 38, 46, 79.
Hurst 29.

Jacob 2, 22.
Jones 25.
Jamieson 12.

Kappen 53.
Keller 2.
Kleberger 1, 81.
Koch, zie v. Wrangell 16, 109.
Kopecky 20, 22.
Kossowitsch 13, 14.
Kross 81.

Lebediantzev, 49, 50, 51, 96.
Lemmermann 2, 53.
Liebig, v. 4, 12.
Lint, zie Lipman 10.
Lipman 10.
Logwinowa 10.

McGeorge 16.
McKibbin 99
McLean, zie Lipman 10.
Meijer 14, 37, 38.
Menier 5.
Mevius 36.
Meyer 64, 65, zie ook v. Wrangell 99.
Michalowski 10.
Müntz 5, 6, 63.
Musierowiecz 96.

Neubauer 30, 32.

Oseen 22.
Ostwald 27.

Prianischnikow 6, 10, 13, 14, 16, 17, 49, 54, 59, 97.

Rathsack 99.
Rauscher 6.
Reifenberg 49, 51, 52, 53.
Remizoff 51.

Reuning 4.
Robertson 26.
Rosanow 10, 30.

Scheibler 25.
Schneider, zie Neubauer 30, 32.
Schöne 50.
Schucht 25, 26, 48.
Sebelien 13.
Seelhorst, v. 13.
Seidell 15, 29.
Smoluchowski, v. 48.
Söderbaum 13.
Speter, zie v. Liebig 4.
Stokes 21.
Stoklasa 87, 99.
Stollenwerk 36.
Stutzer 25.

Tacke 2, 7, 98.
Teakle 99.
Thomas 10.
Tonattier-Lhomme 11.
Truog 13, 17.
Tschegloff, 51.

Ungerer 16, 99.

Vageler 99.
Vogel 25.

Wagner 4, 5, 41, 63.
Warington 12.
Wheeler 13.
White 7.
Whiting 17, 36.
Wiegner 21, 48.
Wiessmann 53.
Wilhelmj 5, 41, 53.
Wityn 14, 99.
Wrangell, v. 6, 13, 14, 16, 60, 99.

INHOUDSOPGAVE

Blz.

I. Inleiding 1

II. Ontwikkeling en tegenwoordige stand van het verdeelingsvraagstuk 4

III. Schema voor behandeling van het probleem 9

IV. De invloed der stikstofbemesting op de oplosbaarheid van het fosforzuur 12

V. Het uitgangsmateriaal 19
- Mechanische analyse 19
- Chemische analyse 24
- Oplosbaarheidsproeven en opneembaarheid volgens Neubauer 27

VI. De opneembaarheid der fracties voor een tweetal graangewassen in zandcultures met varieerende stikstofbemesting 35
- Zandcultures 1930 met kanariezaad 37
- Onderzoek van Lebediantzev 50
- Proeven van Reifenberg 51
- Zandcultures 1931 met zomerrogge 53

VII. De fosforzuuropname van tomaten, gerst en rogge in Neubauer-bakjes met P_2O_5-armen nieuwen veenkolonialen dalgrond, in verband met de korrelgrootte van Algiersfosfaat, den aard der stikstofbemesting, de aanwezigheid van $CaCO_3$ en de grootte van het fosforzuurgetal 64
- A. Jonge tomatenplantjes als gevoelige en snelle indicatoren voor fosforzuurgebrek 64
  - 1. Proeven met $NaNO_3$ en NH_4NO_3 65
  - 2. Proeven met NH_4HCO_3 69
- B. Bepaling van het fosforzuurgetal bij verschillende bemesting en de daarmede correspondeerende resultaten van Neubauer-proeven met gerst 71

Blz.

C. De invloed van $CaCO_3$ op de P_2O_5-opname van gerst uit verschillend bemeste Neubauer-bakjes met grond van Emmercompascuum 76

D. Bepaling van het fosforzuurgetal bij verschillende bemesting en de daarmede correspondeerende resultaten van Neubauer-proeven met rogge..... 80

VIII. Potproeven met den grond uit Emmercompascuum bij afnemende korrelgrootte van Algiersfosfaat, verschillende stikstofbemesting en kleine kalkgiften 83

IX. Samenvatting der verkregen resultaten en hunne practische beteekenis 92

De verdeeling van het fosforzuur 92

Beïnvloeding der oplosbaarheid door stikstofbemesting en $CaCO_3$ 97

Conclusies 102

Literatuur 104

Register van Autoren..... 110

AANHANGSEL A (BIJ TAB. XII, XIII, XIV)

ZANDCULTURES 1930 MET KANARIEZAAD

Pot nr	P_2O_5- en N-bemesting (alle potten ontvingen KCl)	Opbrengst in g lucht-droog (dr. st.+15% H_2O) der bovenaardsche deelen			mg P_2O_5 in den oogst			
		korrel	stroo + kaf	totaal	korrel	stroo + kaf	wortel	totaal
1 A	Dicalciumfosfaat + $NaNO_3$	5,30	15,3	20,60	54,20	38,61	7,68	100,49
1 B	„ + „	6,30	16,7	23,00	61,60	42,03	9,50	113,13
2 A	„ + NH_4NO_3	5,00	16,1	21,10	51,57	79,19	11,67	142,43
2 B	„ + „	5,07	16,2	21,27	52,23	77,00	13,48	142,71
3 A	Geen P_2O_5 + $NaNO_3$	0,09	1,7	1,79	–	–	–	1,86
3 B	„ „ + „	0,05	1,5	1,55	–	–	–	1,97
4 A	„ „ + NH_4NO_3	0,01	0,8	0,81	–	–	–	0,98
4 B	„ „ + „	0,13	2,3	2,43	–	–	–	2,80
5 A	Oorspr. Alg.fosf. + $NaNO_3$	0,10	1,75	1,85	–	–	–	1,94
5 B	„ „ + „ [1])	1,60	3,9	5,50	–	–	–	14,99
6 A	„ „ + NH_4NO_3	5,58	14,75	20,33	35,92	9,16	7,39	52,47
6 B	„ „ + „	4,98	13,8	18,78	33,61	11,35	7,10	52,06
7 A	1e fractie + $NaNO_3$	0,05	1,5	1,55	–	–	–	2,01
7 B	„ „ + „	0,05	1,5	1,55	–	–	–	1,91
8 A	„ „ + NH_4NO_3	4,86	12,5	17,36	24,71	6,28	4,57	35,56
8 B	„ „ + „	4,80	12,35	17,15	23,56	6,51	3,15	33,22
9 A	2e „ + $NaNO_3$	0,05	1,75	1,80	–	–	–	2,14
9 B	„ „ + „ [1])	2,30	6,05	8,35	–	–	–	19,93
10 A	„ „ + NH_4NO_3	5,74	13,1	18,84	30,15	7,92	5,07	43,14
10 B	„ „ + „	6,04	14,6	20,64	32,46	7,94	5,07	45,47
11 A	3e „ + $NaNO_3$	0,05	1,6	1,65	–	–	–	2,11
11 B	„ „ + „	0,05	1,4	1,45	–	–	–	1,81
12 A	„ „ + NH_4NO_3	6,11	14,1	20,21	40,86	8,04	4,75	53,65
12 B	„ „ + „	5,97	14,75	20,72	40,36	8,53	5,73	54,62
13 A	4e „ + $NaNO_3$	0,05	1,6	1,65	–	–	–	2,11
13 B	„ „ + „ [1])	2,30	6,15	8,45	–	–	–	18,45
14 A	„ „ + NH_4NO_3	6,29	15,4	21,69	49,76	12,18	7,97	69,91
14 B	„ „ + „	5,94	14,3	20,24	43,94	10,94	6,23	61,11
15 A	5e „ + $NaNO_3$	0,06	1,4	1,46	–	–	–	2,17
15 B	„ „ + „	0,08	1,35	1,43	–	–	–	1,68
16 A	„ „ + NH_4NO_3	5,13	14,5	19,63	33,69	9,74	5,76	49,19
16 B	„ „ + „	5,54	15,0	20,54	45,55	10,58	5,73	61,86
17 A	6e „ + $NaNO_3$	0,15	2,0	2,15	–	–	–	3,23
17 B	„ „ + „ [1])	4,35	6,45	10,80	23,34	–	–	28,35
18 A	„ „ + NH_4NO_3	5,52	14,95	20,47	42,09	9,40	6,42	57,91
18 B	„ „ + „	4,88	15,0	19,88	35,92	10,20	6,89	53,01
19 A	„alle fracties" + $NaNO_3$	0,14	1,75	1,89	–	–	–	2,64
19 B	„ „ + „	0,11	1,65	1,76	–	–	–	2,60
20 A	„ „ + NH_4NO_3	5,11	14,7	19,81	39,46	11,13	7,03	57,62
20 B	„ „ + „	5,22	14,8	20,02	41,15	10,84	6,45	58,44

[1]) Later NH_4NO_3.

AANHANGSEL B (BIJ TAB. XX, XXI)

ZANDCULTURES 1931 MET ZOMERROGGE

Pot nr	P_2O_5- en N-bemesting (alle potten ontvingen KCl)		Opbrengst in g luchtdroog (dr. st.+15% H_2O) der bovenaardsche deelen			mg P_2O_5 in den oogst		
			korrel	stroo + kaf	totaal	korrel	stroo + kaf	totaal
1 A	Geen P_2O_5	– $NaNO_3$	0,45	2,46	2,91	–	–	3,05
1 B	" "	– "	0,35	2,28	2,63	–	–	3,29
2 A	" "	– NH_4NO_3	0,24	2,14	2,38	–	–	3,38
2 B	" "	– "	0,24	2,29	2,53	–	–	2,80
3 A	$Ca(H_2PO_4)_2$	– $NaNO_3$	12,23	17,46	29,69	74,07	10,02	84,09
3 B	"	– "	10,58	16,09	26,67	69,95	12,17	82,12
4 A	"	– NH_4NO_3	8,09	14,58	22,67	69,11	24,69	93,80
4 B	"	– "	10,09	14,25	24,34	75,93	14,36	90,29
5 A	$CaHPO_4$	– $NaNO_3$	11,21	17,81	29,02	78,72	18,21	96,93
5 B	"	– "	10,29	16,71	27,00	77,83	22,93	100,76
6 A	"	– NH_4NO_3	9,70	15,31	25,01	83,11	33,01	116,12
6 B	"	– "	11,00	16,22	27,22	91,76	29,54	121,30
7 A	Alg.fosf. 1–0,5 mm	– $NaNO_3$	0,19	2,33	2,52	–	–	3,21
7 B	" " "	– "	0,26	2,01	2,27	–	–	2,72
8 A	" " "	– NH_4NO_3	3,90	7,74	11,64	13,34	3,74	17,08
8 B	" " "	– "	4,21	8,79	13,00	14,17	4,49	18,66
9 A	" 1e fractie	– $NaNO_3$	0,11	1,79	1,90	–	–	2,39
9 B	" " "	– "	0,47	3,03	3,50	–	–	3,62
10 A	" " "	– NH_4NO_3	7,47	11,71	19,18	27,74	6,23	33,97
10 B	" " "	– "	9,01	13,94	22,95	35,08	5,47	40,55
11 A	" 2e "	– $NaNO_3$	0,29	2,13	2,42	–	–	3,46
11 B	" " "	– "	0,41	2,74	3,15	–	–	2,97
12 A	" " "	– NH_4NO_3	9,38	14,91	24,29	48,05	6,26	54,31
12 B	" " "	– "	9,76	15,05	24,81	52,07	8,01	60,08
13 A	" 3e "	– $NaNO_3$	0,24	2,26	2,50	–	–	3,46
13 B	" " "	– "	0,24	1,65	1,89	–	–	1,85
14 A	" " "	– NH_4NO_3	8,93	15,00	23,93	45,47	6,51	51,98
14 B	" " "	– "	10,97	15,25	26,22	56,04	8,54	64,58
15 A	" 4e "	– $NaNO_3$	0,42	2,81	3,23	–	–	3,46
15 B	" " "	– "	0,56	2,71	3,27	–	–	3,75
16 A	" " "	– NH_4NO_3	10,73	15,71	26,44	70,25	11,00	81,25
16 B	" " "	– "	9,77	14,69	24,46	61,55	11,73	73,28
17 A	" 5e "	– $NaNO_3$	0,65	3,28	3,93	–	–	4,53
17 B	" " "	– "	0,81	4,24	5,05	–	–	5,27
18 A	" " "	– NH_4NO_3	9,89	15,24	25,13	53,06	6,40	59,46
18 B	" " "	– "	10,03	15,42	25,45	60,58	8,42	69,00
19 A	" 6e "	– $NaNO_3$	0,51	2,38	2,89	–	–	3,87
19 B	" " "	– "	0,46	2,69	3,15	–	–	3,28
20 A	" " "	– NH_4NO_3	10,05	15,28	25,33	56,09	8,99	65,08
20 B	" " "	– "	9,15	15,96	25,11	49,79	7,38	57,17
21 A	" „alle fr."	– $NaNO_3$	0,39	2,41	2,80	–	–	3,34
21 B	" " "	– "	0,61	2,67	3,28	–	–	3,79
22 A	" " "	– NH_4NO_3	10,23	14,79	25,02	58,20	8,90	67,10
22 B	" " "	– "	9,27	14,96	24,23	46,37	8,90	55,27
23 A	Oorspr. Alg.fosf.	– $NaNO_3$	0,33	2,17	2,50	–	–	3,29
23 B	" "	– "	0,59	3,02	3,61	–	–	3,50
24 A	" "	– NH_4NO_3	10,00	15,67	25,67	48,02	8,12	56,14
24 B	" "	– "	10,14	16,68	26,82	49,84	10,05	59,89
25 A	" "	– NH_4HCO_3	3,10	9,06	12,16	11,17	11,03	22,20
25 B	" "	– "	3,53	6,86	10,39	16,64	8,07	24,71
26 A	" "	– $(NH_4)_2SO_4$	3,18	8,40	11,58	31,80	30,82	62,62
26 B	" "	– "	3,79	8,59	12,38	35,09	31,75	66,84
27 A	" "	$(NH_4)_2SO_4 + \frac{1}{2}aeq.CaCO_3$	7,24	12,72	19,96	63,87	28,11	91,98
27 B	" " "	"	7,84	13,24	21,08	66,56	27,06	93,62

AANHANGSEL C (BIJ TAB. XXXIII, XXXIV)
ZOMERROGGE 1931 OP GROND EMMERCOMPASCUUM

Pot nr	P_2O_5- en N-bemesting (alle potten ontvingen KCl)		Opbrengst in g lucht-droog (dr. st. + 15 % H_2O) der bovenaardsche deelen			mg P_2O_5 in den oogst		
			korrel	stroo + kaf	totaal	korrel	stroo + kaf	totaal
28 A	Geen P_2O_5	– NH_4NO_3	11,18	17,25	28,43	47,45	7,00	54,45
28 B	„ „	– „	9,31	14,07	23,38	42,26	5,91	48,17
29 A	„ „	– $NaNO_3$	10,15	14,51	24,66	52,13	7,11	59,24
29 B	„ „	– „	9,35	13,60	22,95	47,15	8,00	55,15
30 A	$Ca(H_2PO_4)_2$	– NH_4NO_3	14,65	20,59	35,24	80,18	14,70	94,88
30 B	„	– „	15,72	22,18	37,90	93,20	16,46	109,66
31 A	„	– $NaNO_3$	15,54	19,00	34,54	86,34	14,63	100,97
31 B	„	– „	15,27	20,21	35,48	88,14	17,12	105,26
32 A	$CaHPO_4$	– NH_4NO_3	15,92	20,79	36,71	92,46	17,18	109,64
32 B	„	– „	14,60	22,68	37,28	96,72	16,84	113,56
33 A	„	– $NaNO_3$	16,31	20,74	37,05	89,58	15,39	104,97
33 B	„	– „	14,24	20,88	35,12	95,24	15,50	110,74
34 A	Alg.fosf. 1–0,5 mm	– NH_4NO_3	13,06	16,78	29,84	64,09	7,98	72,07
34 B	„ „ „	– „	13,18	17,12	30,30	68,52	10,07	78,59
35 A	„ „ „	– $NaNO_3$	11,65	15,29	26,94	58,78	9,32	68,10
35 B	„ „ „	– „	9,99	17,06	27,05	52,68	15,05	67,73
36 A	„ 1e fractie	– NH_4NO_3	14,92	21,68	36,60	79,82	15,48	95,30
36 B	„ „ „	– „	13,46	19,58	33,04	76,33	12,88	89,21
37 A	„ „ „	– $NaNO_3$	14,19	20,02	34,21	63,52	15,42	78,94
37 B	„ „ „	– „	14,05	19,88	33,93	74,11	13,64	87,75
38 A	„ 2e „	– NH_4NO_3	15,20	20,61	35,81	89,06	16,26	105,32
38 B	„ „ „	– „	14,92	18,97	33,89	77,27	12,75	90,02
39 A	„ „ „	– $NaNO_3$	14,73	21,04	35,77	80,85	14,73	95,58
39 B	„ „ „	– „	14,89	19,76	34,65	84,11	13,45	97,56
40 A	„ 3e „	– NH_4NO_3	15,01	21,73	36,74	84,87	16,13	101,00
40 B	„ „ „	– „	14,86	19,91	34,77	75,34	16,17	91,51
41 A	„ „ „	– $NaNO_3$	15,48	20,01	35,49	86,78	14,01	100,79
41 B	„ „ „	– „	14,51	20,39	34,90	79,61	14,49	94,10
42 A	„ 4e „	– NH_4NO_3	15,12	21,32	36,44	85,99	22,09	108,08
42 B	„ „ „	– „	15,24	21,20	36,44	81,22	17,66	98,88
43 A	„ „ „	– $NaNO_3$	16,31	20,00	36,31	88,30	15,12	103,42
43 B	„ „ „	– „	14,72	20,09	34,81	84,58	17,59	102,17
44 A	„ 5e „	– NH_4NO_3	13,88	23,08	36,96	78,59	20,36	98,95
44 B	„ „ „	– „	15,52	21,11	36,63	85,68	15,52	101,20
45 A	„ „ „	– $NaNO_3$	14,72	21,21	35,93	80,70	17,38	98,08
45 B	„ „ „	– „	15,47	22,46	37,93	87,54	15,10	102,64
46 A	„ 6e „	– NH_4NO_3	14,62	20,93	35,55	82,00	14,92	96,92
46 B	„ „ „	– „	14,94	22,47	37,41	83,28	16,83	100,11
47 A	„ „ „	– $NaNO_3$	13,96	21,47	35,43	74,07	19,92	93,99
47 B	„ „ „	– „	12,29	19,54	31,83	69,65	20,29	89,94
48 A	„ „alle fracties"	– NH_4NO_3	14,48	21,67	36,15	80,32	15,17	95,49
48 B	„ „ „	– „	15,35	20,82	36,17	86,92	14,50	101,42
49 A	„ „ „	– $NaNO_3$	15,04	22,09	37,13	78,68	16,24	94,92
49 B	„ „ „	– „	15,44	20,12	35,56	79,20	14,48	93,68
50 A	„ oorspr.	– NH_4NO_3	16,25	20,11	36,36	90,75	16,04	106,79
50 B	„ „	– „	13,85	21,44	35,29	67,64	16,96	84,60
51 A	„ „	– $NaNO_3$	14,56	21,65	36,21	80,03	15,46	95,49
51 B	„ „	– „	14,51	20,00	34,51	73,81	15,68	89,49
52 A	„ „	– NH_4HCO_3	14,82	20,47	35,29	75,28	13,90	89,18
52 B	„ „	– „	16,25	21,36	37,61	93,16	17,65	110,81
53 A	„ „	– $(NH_4)_2SO_4$	17,66	26,05	43,71	84,22	16,41	100,63
53 B	„ „	– „	16,09	23,48	39,57	79,67	12,33	92,00
54 A	„ „ +1/4 [1])	– „	15,53	24,02	39,55	71,98	13,46	85,44
54 B	„ „ +„	– „	16,76	22,41	39,17	75,48	13,50	88,98
55 A	„ „ +1/2 [1])	– „	14,12	23,12	37,33	66,45	12,30	78,75
55 B	„ „ +„	– „	16,20	22,53	38,73	70,71	12,95	83,66
56 A	„ „ +3/4 [1])	– „	16,20	25,41	41,61	65,63	9,96	75,59
56 B	„ „ +„	– „	14,40	24,40	38,80	64,80	14,18	78,98
57 A	„ „ +1/1 [1])	– „	16,31	27,59	43,90	60,05	13,33	73,38
57 B	„ „ +„	– „	15,89	25,66	41,55	67,20	9,34	76,54

[1]) aeq. $CaCO_3$.

STELLINGEN

I

In tegenstelling tot de vaak heerschende meening, is gerst voor fosfaat-analyses volgens NEUBAUER en potproeven ter beoordeeling van de zuivere fosfaatwerking geen geschikt gewas.

II

Op de indirecte chemische uitwerkingen van kunstmeststoffen wordt bij de beoordeeling van bemestingsproeven dikwijls te weinig acht geslagen.

III

Bij beoordeeling van verschillen in de P_2O_5-voeding der planten is kennis der oogstcijfers alleen niet voldoende. De P_2O_5-opname in de oogstproducten, dus het rendement van het in den bodem aanwezige fosforzuur, is voor de waardebepaling daarvan belangrijker.

IV

Langs den weg van internationaal overleg dient gestreefd te worden naar uniformiteit in de maatregelen, die ten doel hebben de verspreiding van de wratziekte der aardappelplant tegen te gaan.

V

Het is wenschelijk in Nederland iedere drie maanden een nauwkeurige telling van den varkensstapel te houden.

VI

De hoofdtaak van den ondernemer in het landbouwbedrijf zal zich steeds meer verplaatsen van het terrein der technische, naar dat der economische bedrijfsleiding.

VII

De tegenwoordige slechte tijdsomstandigheden mogen geen reden zijn tot uitstel van de droogmaking van den Noordoostpolder der Zuiderzee.

VIII

Voorspelling in groote lijnen met practisch voldoende graad van waarschijnlijkheid van het vermoedelijk verloop der weersgesteldheid over langere perioden, moet thans worden mogelijk geacht en is in verband met den grooten invloed van de weersgesteldheid op de oogstresultaten van groote beteekenis voor den landbouw.

IX

In verband met de gewijzigde afzetmogelijkheden moet thans meer dan ooit aandacht worden geschonken aan het verkrijgen van een tarweras, dat aan hooge eischen van vroegrijpheid en stevigheid van stroo voldoet.