

VERSLAGEN VAN LANDBOUWKUNDIGE ONDERZOEKINGEN

DE INUNDATIES GEDURENDE 1944-1945
EN HUN GEVOLGEN VOOR DE
LANDBOUW

THE INUNDATIONS OF 1944-1945 IN THE NETHERLANDS
AND THEIR EFFECT ON AGRICULTURE

LES INONDATIONS DE 1944-1945 AUX PAYS-BAS
ET LEUR INFLUENCE SUR L'AGRICULTURE

DEEL XIII

DE BEMESTING OP GEÏNUNDEERDE GRONDEN

DE BEMESTING OP GEÏNUNDEERDE GRONDEN

RIJKSDIENST VOOR LANDBOUWHERSTEL

DE BEMESTING OP GEÏNUNDEERDE GRONDEN

SUMMARY & RÉSUMÉ:

MANURING ON INUNDATED SOILS

L'AMENDEMENT DE SOLS INONDÉS

J. J. WESTERHOF
C. W. C. VAN BEEKOM
J. PRUMMEL
F. VAN DER PAAUW



STAATSDRUKKERIJ

UITGEVERIJBEDRIJF

VERSL. LANDBOUWK. ONDERZ. No. 57.19 - 'S-GRAVENHAGE - 1951

INHOUD¹

	blz.
INLEIDING	5
I. DE INVLOED VAN DE INUNDATIE OP HET PRODUCTIEVERMOGEN VAN DE GROND	6
1. Inleiding	6
2. Herkomst en aard van de gegevens, die voor het onderzoek werden gebruikt	6
3. Factoren die de stro-opbrengst op geïnundeerde gronden beïnvloeden	7
4. Stro-opbrengsten in de verschillende inundatiegebieden	9
5. Schatting van de verhoging van het opbrengstniveau als een bemestingseffect van stikstof	13
6. Bespreking van de resultaten en conclusies	14
II. DE INVLOED VAN DE INUNDATIE OP HET KALIGEHALTE VAN DE GROND	18
1. Methode van onderzoek	18
2. Verwerking van de gegevens	18
3. Bespreking van de resultaten en conclusies	18
III. DE BEMESTING OP GEÏNUNDEERDE GRONDEN	22
1. Inleiding	22
2. De bemestingsproefvelden in Groningen	22
a. Beschrijving van de proefvelden	22
b. Verwerking van de gegevens	23
c. Stikstofbemesting en opbrengst	25
d. Fosfaatbemesting en opbrengst	27
e. Kalibemesting en opbrengst	30
f. Wederzijdse beïnvloeding van de plantenvoedingsstoffen	30
3. De bemestingsproefvelden in Zuidwestelijk Nederland	32
a. Beschrijving van de proefvelden	32
b. Stikstofbemesting en opbrengst	33
c. Fosfaatbemesting en opbrengst	35
d. Kalibemesting en opbrengst	35
4. Wijziging van de fosfaatbehoefte als gevolg van de inundatie	36
IV. DE INVLOED VAN STIKSTOFBEMESTING OP DE SCHADE TEN GEVOLGE VAN SLECHTE STRUCTUUR EN ZOUT	38
1. De gegevens van vroegere inundaties	38
2. Het bemestingsproefveld in 1947	38
a. Bodemkundige gegevens	38
b. Proefveldschema	38
c. Structuur van de grond	38
d. Bewerking van de uitkomsten	39
e. Resultaten van het proefveld	40
3. De bemestingsproefvelden in 1948	40
a. Beschrijving van de proefvelden	40
b. Structuur van de grond	41
c. Resultaten van de proefvelden	42
d. Invloed van stikstofbemesting op het 1000-korrelgewicht, het aantal pluimen en de strolengte	45
4. De bespreking van de resultaten en conclusies	47
5. De invloed van stikstofbemesting op zoutschade	49
SAMENVATTING	51
AANWIJZINGEN VOOR HET BEMESTINGSADVIES	54
SUMMARY	55
INDICATIONS FOR THE MANURING ADVICE	56
RÉSUMÉ	58
AVIS POUR L'UTILISATION DES FUMURES	59
LITERATUUR	61

¹ De auteurs zijn:

Ir J. J. WESTERHOF, landbouwkundige bij de Rijksdienst voor Landbouwherstel.

Ir C. W. C. VAN BEEKOM, Rijkslandbouwconsulent voor de Zeeuwse eilanden.

Ir J. PRUMMEL, landbouwkundige bij het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O.

Dr F. VAN DER PAAUW, hoofdlandbouwkundige bij het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O.

INLEIDING

Tijdens de laatste wereldoorlog werden in de loop van 1944 op last van de Duitse militaire autoriteiten verschillende gebieden in Nederland geïnundeerd.

De eilanden in Zeeland en Zuidholland werden bij gebrek aan voldoende zoet water met zeewater geïnundeerd (WESTERHOF 1947).

In de winter 1944-'45 eindigde in enkele gebieden de inundatie, zoals op Zuid-beveland, Tholen, St-Philipsland en in Noordbrabant. De overige gebieden kwamen in de loop van 1945 weer droog.

De verwachtingen over de productie op de drooggevalen gronden in de eerstkomende jaren waren niet hoog gespannen. Het verwekte dan ook enige verwondering bij deskundigen en een kleine sensatie bij het publiek, dat de stand van de gewassen en ook de opbrengst op vele plaatsen niet alleen boven verwachting was, maar hier en daar zelfs boven het normale niveau lag. Hierdoor kwam het denkbeeld naar voren, dat de inundatie een zekere verhoging van de bodemvruchtbaarheid had veroorzaakt.

Het lag dan ook voor de hand, dat een onderzoek werd ingesteld naar de mogelijke oorzaken van deze onverwachte ontwikkeling en productie van de gewassen op de geïnundeerde gronden, welk fenomeen men gemakshalve aanduidde met „Tholeneffect”, daar op dit eiland het eerst dit verschijnsel duidelijk werd waargenomen.

Behalve het onderzoek naar de stikstof in de grond, dat door Dr Ir G. W. HARMSSEN werd uitgevoerd, werden alle andere onderzoeken met betrekking tot de bemesting en bemestingstoestand op geïnundeerde grond samengebracht in deze publicatie.

Ir C. W. C. VAN BEEKOM schreef hoofdstuk II, Ir J. J. WESTERHOF verzorgde de hoofdstukken I en IV, terwijl hoofdstuk III werd geschreven door Ir J. PRUMMEL; aan dit laatste hoofdstuk werkte Ir J. J. WESTERHOF mee, voorzover het de proefvelden in zuidwestelijk Nederland betreft. De laatste paragraaf van dit hoofdstuk is van de hand van Dr F. VAN DER PAAUW.

I. DE INVLOED VAN DE INUNDATIE OP HET PRODUCTIEVERMOGEN VAN DE GROND

1. INLEIDING

De groei en de opbrengst van de gewassen in het eerste jaar na de inundatie waren gunstiger, dan men aanvankelijk had verwacht. De ontwikkeling was in 't algemeen zeer weelderig en de kleur donkergroen. Dit wettigde de veronderstelling, dat de grond een grote hoeveelheid stikstof aan de planten beschikbaar stelde.

HARMSSEN (1949) heeft onder zeer nauwkeurig gecontroleerde omstandigheden de hoeveelheid stikstof bepaald, die de grond levert als functie van de tijd. Hij kwam door vergelijking van de resultaten van grondmonsters van normale gronden en met zout water geïnundeerde gronden tot de conclusie, dat de laatste gronden in het algemeen per tijdseenheid een grotere hoeveelheid stikstof ter beschikking stelden (HARMSSEN (1946a, 1947)). Dit verschijnsel werd gedurende het eerste jaar na de inundatie zeer duidelijk waargenomen; in het volgende jaar was het verschil slechts gering of geheel verdwenen.

Tot een definitieve verklaring van dit verschijnsel is HARMSSEN nog niet gekomen. Hierbij moet worden opgemerkt, dat bij het opstellen van de rapporten het onderzoek nog niet was beëindigd. Er zijn echter verschillende mogelijkheden:

1. Tijdens de inundatie is er een ophoping ontstaan van micro- en macro-organismen, die bij ontleding stikstof kunnen leveren.
2. Tijdens de inundatie heeft een langzame voortzetting van de mineralisatie van organische stof plaats gehad, zodat bij de onmogelijkheid tot uitspoeling of verbruik door planten een stikstofvoorraad is gevormd.
3. Door de inwerking van het zeewater is de organische stof tijdelijk in een gemakkelijker mineraliseerbare toestand gekomen, waardoor direct na de inundatie grotere hoeveelheden stikstof worden afgegeven.

Wat de oorzaak dan ook mag zijn, HARMSSEN stelde vast, dat de met zout water geïnundeerde gronden meer stikstof afgaven dan de niet-geïnundeerde gronden.

Het bovengenoemde onderzoek heeft zich echter beperkt tot de grond en dan in hoofdzaak tot een vergelijking van normale en met zout water geïnundeerde grond.

Er kwamen echter ook inundaties met zoet, licht en sterk brak water voor. In verband hiermee constateerde HARMSSEN (1947), dat bij inundatie met sterk brak water ook nog „Tholeneffect” kan optreden, doch in mindere mate dan met zout water. Bij inundatie met licht brak of zoet water zou geen „Tholeneffect” optreden. Toch werd ook hier aan de gewassen zeer duidelijk het „Tholeneffect” of soortgelijk verschijnsel waargenomen.

Bij het volgend onderzoek zal worden nagegaan, hoe het opbrengstniveau in de verschillende inundatiegebieden was en welke conclusies hieruit kunnen worden getrokken ten aanzien van het door HARMSSEN geconstateerde stikstofeffect op met min of meer zout water geïnundeerde gronden.

2. HERKOMST EN AARD VAN DE GEGEVENS, DIE VOOR HET ONDERZOEK WERDEN GEBRUIKT

In 1945 en 1946 werden in verschillende inundatiegebieden enquête's gehouden. Het doel van deze enquête's was, om een algemeen beeld te krijgen van de reactie van verschillende gewassen op de inundatie of de gevolgen daarvan.

De uitvoering van deze enquête's was als volgt: In een praktijkveld werd een veldje van 25 m², dat het gemiddelde beeld van het gewas weergaf, geoogst en de opbrengst gewogen. Er werd een grondmonster genomen, dat onderzocht werd op het zoutgehalte en pH. Het lutumgehalte werd geschat. Verder werden nog verschillende gegevens verzameld, zoals voorvrucht, grondbewerking, structuur van de grond, kwaliteit van het zaaibed, zaaidatum, hoeveelheid zaaizaad, ontwateringstoestand. Tenslotte werden nog opkomst, stand en lengte van het gewas nagegaan.

Om het probleem van het stikstoeffect zo goed mogelijk te kunnen onderzoeken, zal in deze publicatie vooral gebruik worden gemaakt van de stro-opbrengst, omdat deze vrij scherp op stikstofbemesting reageert en tot grote stikstofhoeveelheden een stijging van de opbrengst vertoont. Het onderzoek moet zich verder tot de stro-opbrengst van Kenia-zomergerst beperken, omdat alleen daarvan voldoende gegevens beschikbaar zijn.

3. FACTOREN DIE DE STRO-OPBRENGST OP GEÏNUNDEERDE GRONDEN BEÏNVLOEDEN

Hoewel de stro-opbrengst in 't algemeen een duidelijke samenhang met de stikstofvoorziening vertoont, zijn er toch vele andere factoren, die het eindresultaat bepalen.

Teneinde de invloed van deze factoren zoveel mogelijk te elimineren werden, voorzover het materiaal het toeliet, verschillende factoren onderzocht:

a. C-cijfer van het bodemvocht

De stro-opbrengst in figuur 1 vertoont een zeer duidelijke reactie op het C-cijfer van het bodemvocht in de laag van 0 tot 20 cm. De bemonstering had plaats in de maanden Mei en Juni 1946. Behalve een daling bij hogere zoutcijfers die een gevolg is van de groeiremming door de hoge zoutconcentratie, ziet men een duidelijk optimum bij ± 2 g NaCl per liter. Een bevredigende verklaring hiervoor kon nog niet worden gegeven, al is ook door vele andere onderzoekers dit optimum waargenomen. VAN DEN BERG (1950) geeft over dit verschijnsel een literatuuroverzicht, waarbij de invloed van natrium en chloor wordt nagegaan. Hier kan nog worden opgemerkt, dat BAEYENS en APPELMANS (1947) in percolatiewater van potproeven constateerden, dat

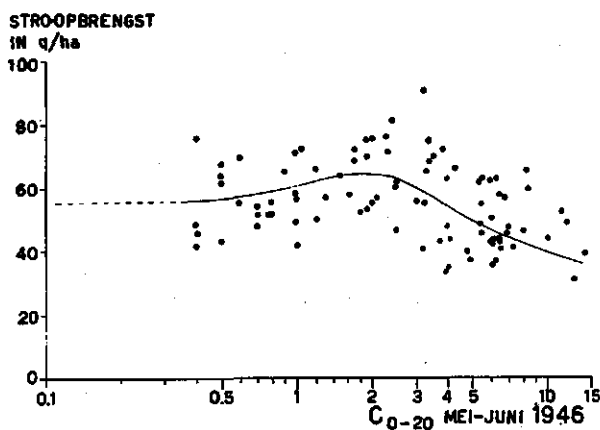


FIG. 1. Het verband tussen de stro-opbrengst (in quintalen/ha) en het zoutcijfer van Kenia-zomergerst op Schouwen en Duiveland, Walcheren, Tholen en St-Philipsland. Voor het zoutcijfer is een logaritmische schaal gebruikt

FIG. 1. Relation between the straw yield (in quintals per ha) and the salinity figure of Kenia spring barley on Schouwen and Duiveland, Walcheren, Tholen and St-Philipsland. For the salinity figure a logarithmic scale has been used

beneden een zekere grens het zout de nitrificatie stimuleert. Boven deze grens, die in de buurt van een C-cijfer van 2 ligt, wordt de nitrificatie geremd.

Uit figuur 1 blijkt dus dat, wanneer men stro-opbrengsten wil vergelijken, men rekening moet houden met het C-cijfer.

b. Structuur van de grond

De kwaliteit van de structuur van de grond speelt een belangrijke rol in verband met de opbrengst en de stikstofbehoefte. Aangezien dit onderwerp in hoofdstuk IV uitvoerig wordt behandeld, kan hier worden volstaan met te vermelden, dat alleen velden met een redelijke structuur en een behoorlijk zaaibed in het hier besproken onderzoek werden betrokken. Daar bij slechte structuur van het zaaibed de opkomst van het zaad vaak veel te wensen overlaat, werden ook de opmerkingen over de opkomst van het zaad bij de beoordeling van de structuur in aanmerking genomen.

c. Zaaizaadhoeveelheid

Tijdens de bewerking van het materiaal werd de indruk verkregen, dat een zaaizaadhoeveelheid van 80 kg of minder per ha kans gaf op een lagere opbrengst. Daarom werden enkele velden, waarop deze hoeveelheid zaaizaad was gebruikt, uitgeschakeld.

d. Ontwateringstoestand

De gegevens hierover waren zeer summier en beperkten zich tot een schatting van de hoogteligging van het maaiveld boven het zomerpeil, welk laatste eveneens een weinig betrouwbare waarde is.

Bij de bewerking bleken de velden, die 90 cm of minder uit het water lagen, duidelijk minder op te brengen dan de overige. Deze enkele velden werden eveneens uitgeschakeld.

Boven de grens van 90 cm was geen duidelijke invloed van de hoogteligging boven slootpeil te vinden, hetgeen bij deze globale cijfers ook niet was te verwachten.

Verder werd nog de invloed van verschillende andere factoren nagegaan, zoals lutumgehalte en pH van de grond, hoogte van het inundatiewater boven maaiveld, voorvrucht, zaaidatum, doch geen van deze factoren bleek op duidelijke wijze een systematische invloed op de opbrengst te hebben.

Het kali- en fosfaatgehalte van de grond werden niet onderzocht. De resultaten van VAN BEEKOM wat betreft het kalium (zie blz. 18) wijzen echter uit, dat ook deze factor weinig invloed zal hebben gehad, aangezien het kaligehalte in het overgrote deel der gevallen ruim voldoende was.

Ten slotte was door de variatie in het zoutgehalte van het water, dat voor inundatie werd gebruikt, de complexbezetting van de grond in de verschillende inundatiegebieden zeer ongelijk geworden. Door het zoutgehalte van het water heeft een belangrijke uitwisseling plaats van ionen, die in normale grond aan het complex zijn gebonden; een gedeelte van het calcium wordt uitgewisseld hoofdzakelijk tegen natrium en magnesium.

Wanneer de ontzilting ver genoeg is gevorderd, vaak al na één winter, kunnen voormalige met zout en brak water geïnundeerde gronden eenzelfde C-cijfer hebben. De verhouding van de aan het complex gebonden ionen kan echter nog zeer sterk verschillen (tabel 1).

TABEL 1. COMPLEXBEZETTING VAN DE GROND IN VERBAND MET HET ZOUTCIJFER

Aantal proefvelden	Zoutcijfer van het inundatiewater	Gemiddelde verhouding van de uitwisselbare basen van het adsorptiecomplex			
		Ca	Mg	K	Na
3	7	76	12	3	9
3	20	58	20	5	17
<i>Number of experimental plots</i>	<i>Salinity figure of the inundation water</i>	<i>Average ratio of the exchangeable bases of the adsorbing complex</i>			

TABLE 1. *Exchangeable bases in the soil in relation to the salinity figure*

De proefvelden hadden alle een lutumgehalte van 10 à 12 % en waren bij de bepaling van de verhouding der basen volledig ontzilt.

Naarmate het water waarmee geïnundeerd wordt zouter is, zal het calciumgehalte lager zijn en het natrium- en magnesiumgehalte hoger.

In verband met de mogelijke invloed, die dit verschil in complexbezetting op de opbrengst zou kunnen hebben, werden in figuur 2 de stro-opbrengsten van gronden geïnundeerd met zeer zout water (± 20 g NaCl/l) en sterk brak water (± 7 g NaCl/l) vergeleken.

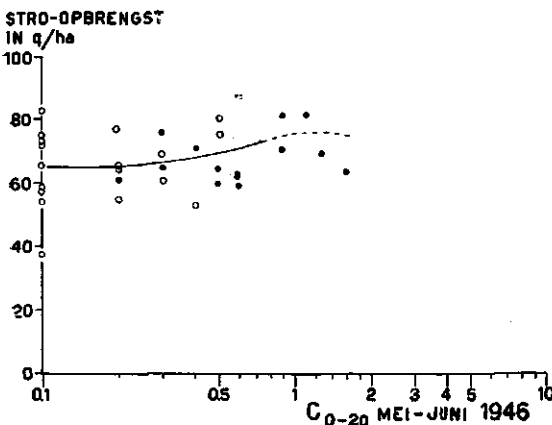


FIG. 2. Het verband tussen de stro-opbrengst (in quintalen/ha) en het zoutcijfer van Kenia-zomergerst op Overflakkee
 • geïnundeerd met zeer zout water
 ○ geïnundeerd met sterk brak water

FIG. 2. *Relation between the straw yield (in quintals per ha) and the salinity figure of Kenia spring barley on Overflakkee*
 • inundated with very salt water
 ○ inundated with very brackish water

Men krijgt niet de indruk, dat de kationenbezetting van grote betekenis is op het opbrengstniveau.

Het resultaat van het onderzoek naar de invloed van verschillende factoren op de opbrengst is dus, dat voor vergelijking van opbrengsten van verschillende inundatiegebieden een correctie voor het C-cijfer van het bodemvocht noodzakelijk is. Verder moeten als voorwaarden worden gesteld, dat het perceel hoog genoeg boven slootpeil ligt, de structuur van de grond goed is, het zaaibed redelijk en de opkomst van het gewas regelmatig, terwijl voldoende zaaizaad moet zijn gebruikt.

4. STRO-OPBRENGSTEN IN DE VERSCHILLENDE INUNDATIEGEBIEDEN

Omdat het materiaal van oogstjaar 1946 het meest volledig is, zullen eerst de gegevens van 1946 worden behandeld en daarna die van 1945.

a. Oogst 1946

In tabel 2 zijn de resultaten van 1946 samengevat.

Er bleek geen groot verschil te bestaan tussen de stro-opbrengsten van Walcheren, Schouwen en Duiveland, Tholen en St-Philipsland, waarbij van de laatste twee eilanden alleen de in 1946 voor de eerste maal bebouwde percelen werden beschouwd. Daarom werden de gegevens over deze gebieden voor het bepalen van de invloed van het zout in één figuur samengebracht (fig. 1). In figuur 2 is, zoals in verband met het verschil complexbezetting werd geconstateerd, geen verschil te zien tussen het met sterk brak en zeer zout water geïnundeerde gebied op Overflakkee, zodat hier een niveau bepaald kon worden.

TABEL 2. STRO-OPBRENGST VAN KENIA-ZOMERGERST IN 1946 IN VERSCHILLENDE INUNDATIEGEBIEDEN, BIJ $\pm 0,2$ G NaCl PER LITER BODEMVOCHT

Inundatiegebied	C-cijfer inundatiewater	Duur van de inundatie in maanden	Opbrengst in quintalen per ha	Gemiddelde strolengte in cm C-cijfer < 1,0
Overflakkee	7	} 14-15	66	100 $\pm$ 1,2 (14) ¹
Overflakkee	22			
Schouwen en Duiveland . . .	25	14-15	52	} 85 $\pm$ 1,8 (16)
Walcheren	30	12-13	55	
Tholen en St-Philipsland ² . .	25	7-10	54	
<i>Inundated area</i>	<i>C-figure of inundation water</i>	<i>Duration of inundation in months</i>	<i>Production in quintals per ha</i>	<i>Average length of straw in cm C-figure < 1,0</i>

TABLE 2. Straw production of Kenia spring barley in different inundated districts in 1946. NaCl content per litre of soil moisture about 0,2 g

¹ Het getal tussen haakjes geeft aan het aantal waarnemingen dat voor de bepaling van de strolengte werd gebruikt.

² Deze velden bleven het eerste jaar na inundatie (1945) braak liggen. 1946 gaf dus de eerste oogst na inundatie.

Hoewel de duur van de inundaties nog wel belangrijke verschillen te zien geeft, schijnt deze boven een zekere grens geen invloed te hebben op het opbrengstniveau.

Gezien het feit, dat het mogelijk bleek Schouwen en Duiveland, Walcheren, Tholen en St-Philipsland ten aanzien van het opbrengstniveau als een geheel te beschouwen, is het enigszins vreemd, dat het met zout water geïnundeerde gebied op Overflakkee een hoger opbrengstniveau heeft en samen valt met het niveau van het met brak water geïnundeerde gebied op dit eiland. Een bevredigende verklaring voor dit verschil was niet te vinden. Wel werden enkele aanwijzingen verkregen dat dit verschil werkelijk bestond. Ten eerste bleek er ook een verschil in strolengte te bestaan, ten tweede werd ook bij de equête op wintertarwe en bij de NPK-proefvelden (vergelijk tabel 10) een dergelijk verschil gevonden.

Het enige verschil tussen Overflakkee en de overige eilanden bestaat hierin, dat op Overflakkee practisch alle velden een gipsbemesting hadden gekregen, terwijl op de andere eilanden alleen enkele velden op Tholen met gips waren behandeld.

De mogelijkheid, dat gips op Overflakkee reeds een belangrijke rol heeft gespeeld in verband met de structuurverbetering is uitgesloten, daar voor het onderzoek de velden met structuurverval werden uitgeschakeld.

In hoeverre de gips nog een rol heeft gespeeld als bemesting met calcium kon niet worden nagegaan, doch het is niet uitgesloten dat hierdoor de opbrengst wordt

beïnvloed. VAN DER PAAUW (1934) vond op normale gronden in sommige gevallen een opbrengstverhoging tot 5 %. Op de geïnundeerde gronden waar het calcium van het complex gedeeltelijk is verdreven, zou deze invloed dus wel eens sterker kunnen zijn, doch met de beschikbare gegevens is hier over niets te zeggen.

Voorlopig moet dus worden geconstateerd, dat alle onderzochte lang geïnundeerde gebieden in 1946, voorzover ze de eerste oogst na inundatie gaven een zeer goede stro-opbrengst leverden, zonder dat stikstofbemesting werd gegeven. Hier moet nog worden opgemerkt, dat op Tholen enkele velden een stikstofbemesting kregen, doch deze bemesting kwam niet tot uiting in een hogere opbrengst.

Het opbrengstniveau lag op Overflakkee duidelijk hoger dan op de overige eilanden.

b. Oogst 1945

In 1945 werd een soortgelijke enquête als in 1946 gehouden. Deze gegevens werden ten aanzien van de stro-opbrengst op dezelfde wijze bewerkt als voor 1946.

Helaas werden de grondmonsters voor het bepalen van het zoutcijfer pas bij of na de oogst van het gewas genomen. Deze cijfers geven echter geen goede indruk van het zoutcijfer tijdens de periode waarin het gewas het gevoeligst is voor zout (VAN DEN BERG 1950) en een correlatie tussen stro-opbrengst en zoutcijfer werd dan ook niet gevonden.

Om toch een indruk van het materiaal te krijgen werden de zoutcijfers van de veldjes vergeleken met de zoutcijfers van de bijbehorende percelen, die ten behoeve van een zoutkartering in Januari en Februari 1945 waren bepaald.

Het bleek, dat de zoutcijfers in Augustus ruw geschat 2 à 3 keer zo hoog waren als in Januari en Februari, wat voor een groot deel een gevolg is van de daling van het A-cijfer.

Wanneer we nu aannemen, dat de zoutcijfers na inzaai ongeveer tot het dubbele zijn gestegen, dan moeten we, als we een traject van $C = 1$ t/m 4 bij inzaai willen bekijken, die velden kiezen, die in Augustus een zoutcijfer hadden variërend van 2 tot 8. Dit traject is gekozen omdat in 1946 pas ongeveer bij $C = 4$ de gemiddelde opbrengst-kromme beneden het niveau van $C = 0$ daalde (fig. 1).

Van de velden, die op deze wijze werden geselecteerd, werd de gemiddelde stro-opbrengst bepaald, welke als opbrengstniveau werd beschouwd. De zo gevonden waarden voor Tholen en Zuidbeveland zijn met de gemiddelde opbrengst voor de polders bij Fijnaart, waar in Augustus het C-cijfer 0,1-1,2 en gemiddeld 0,9 bedroeg, opgenomen in tabel 3.

TABEL 3. GEMIDDELDE STRO-OPBRENGST VAN KENIA-ZOMERGERST IN 1945 IN VERSCHILLENDE INUNDATIE-GEBIEDEN

Inundatiegebied	Aantal waarnemingen	C-cijfer inundatie-water	Duur van de inundatie in maanden	Gemiddelde stro-opbrengst in quintalen per ha	C-cijfer bij oogst
Polders bij Fijnaart . . .	14	3-5	7-9	48	0,1-1,2
Tholen	17	25	7-10	48	2-8
Polders op Zuidbeveland	13	20-22	2-3	38	2-8
<i>Inundated area</i>	<i>Number of observations</i>	<i>C-figure of inundation water</i>	<i>Duration of inundation in months</i>	<i>Average straw production in quintals per ha</i>	<i>C-figure at harvest</i>

TABLE 3. Average straw production of Kenia spring barley in different inundated areas in 1945

In deze tabel zien we, dat het opbrengstniveau in de met licht brak water geïnundeerde polders bij Fijnaart even hoog ligt als op Tholen. Echter is op Tholen de opbrengst niet gecorrigeerd voor een mogelijke zoutinvloed, zoals in 1946 is waargenomen. Dit opbrengstniveau zou dan, aannemende dat ook in 1945 een optimum bij 1-4 g NaCl/l is opgetreden, op Tholen wat lager komen te liggen.

De polders op Zuidbeveland geven duidelijk een lagere opbrengst dan Tholen, ondanks het feit, dat het zoutgehalte practisch gelijk was. De duur van de inundatie op Zuidbeveland was aanzienlijk korter, waarin een mogelijke verklaring voor het lage opbrengstniveau kan schuilen. Op deze kwestie wordt echter in paragraaf 6 van dit hoofdstuk nog teruggekomen.

Dit overzicht van opbrengsten zou onvolledig zijn als ook geen aandacht werd besteed aan de opbrengst op normale, niet geïnundeerde grond. Het ten dienste staande materiaal was echter zeer beperkt. Slechts enkele cijfers konden worden verzameld van proefvelden van de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst en het Nationaal Comité voor Brouwerst (WILTEN 1948).

Deze cijfers waren als volgt (tabel 4):

TABEL 4. STRO-OPBRENGST VAN ZOMERGERST OP NIET-GEÏNUNDEERDE GROND IN 1945 EN 1946

Jaar	Aantal waar-nemingen	Stro-opbrengst in quintalen per ha			Stikstof-bemesting in kg/ha	Eén waarneming stro-opbrengst in q/ha	
		minimum	maximum	gemiddelde		60 kg N per ha	100 kg N per ha
1945	7	32	46	40	20-50	52	66
1946	6	34	71	52	20-50	59	55

Year	Number of observations	minimum	maximum	average	Nitrogen dressings in kg per ha	One observation straw prod. in quintals per ha
		Straw yield in quintals per ha				

TABLE 4. *Straw yield of spring barley on not-inundated soils in 1945 and 1946*

De waarde van deze cijfers is niet erg groot, aangezien het aantal waarnemingen klein is. De stikstofbesteding liep uiteen van 20-50 kg N per ha, maar het was niet mogelijk om in dit materiaal de invloed van de stikstofbesteding te bepalen, zodat de gemiddelde stro-opbrengst slechts een ruwe schatting is voor het opbrengstniveau van de desbetreffende jaren.

Ter oriëntatie zijn ook nog een paar opbrengsten bij 60 kg en 100 kg N per ha opgenomen. Hieruit blijkt dat een opvoering van de bemesting boven 60 kg/ha in 1945 wel en in 1946 niet meer in een hogere stro-opbrengst tot uiting kwam. Dit is dus een aanwijzing, dat de stro-opbrengst als stikstofgevoelige indicator niet overschat moet worden.

Er was echter nog een aanwijzing die het verband tussen opbrengst en stikstofbesteding bevestigde.

Op Tholen en St-Philipsland werden in 1945 een aantal velden reeds bebouwd. In 1946 werden deze in de enquête opgenomen, zodat deze velden toen de tweede oogst na inundatie gaven.

Deze velden kregen echter gedeeltelijk stikstofbesteding. In figuur 3 is het verband gegeven tussen stro-opbrengst en stikstofbesteding op deze velden.

beïnvloed. VAN DER PAAUW (1934) vond op normale gronden in sommige gevallen een opbrengstverhoging tot 5 %. Op de geïnundeerde gronden waar het calcium van het complex gedeeltelijk is verdreven, zou deze invloed dus wel eens sterker kunnen zijn, doch met de beschikbare gegevens is hier over niets te zeggen.

Voorlopig moet dus worden geconstateerd, dat alle onderzochte lang geïnundeerde gebieden in 1946, voorzover ze de eerste oogst na inundatie gaven een zeer goede stro-opbrengst leverden, zonder dat stikstofbemesting werd gegeven. Hier moet nog worden opgemerkt, dat op Tholen enkele velden een stikstofbemesting kregen, doch deze bemesting kwam niet tot uiting in een hogere opbrengst.

Het opbrengstniveau lag op Overflakkee duidelijk hoger dan op de overige eilanden.

b. Oogst 1945

In 1945 werd een soortgelijke enquête als in 1946 gehouden. Deze gegevens werden ten aanzien van de stro-opbrengst op dezelfde wijze bewerkt als voor 1946.

Helaas werden de grondmonsters voor het bepalen van het zoutcijfer pas bij of na de oogst van het gewas genomen. Deze cijfers geven echter geen goede indruk van het zoutcijfer tijdens de periode waarin het gewas het gevoeligst is voor zout (VAN DEN BERG 1950) en een correlatie tussen stro-opbrengst en zoutcijfer werd dan ook niet gevonden.

Om toch een indruk van het materiaal te krijgen werden de zoutcijfers van de veldjes vergeleken met de zoutcijfers van de bijbehorende percelen, die ten behoeve van een zoutkartering in Januari en Februari 1945 waren bepaald.

Het bleek, dat de zoutcijfers in Augustus ruw geschat 2 à 3 keer zo hoog waren als in Januari en Februari, wat voor een groot deel een gevolg is van de daling van het A-cijfer.

Wanneer we nu aannemen, dat de zoutcijfers na inzaai ongeveer tot het dubbele zijn gestegen, dan moeten we, als we een traject van $C = 1$ t/m 4 bij inzaai willen bekijken, die velden kiezen, die in Augustus een zoutcijfer hadden variërend van 2 tot 8. Dit traject is gekozen omdat in 1946 pas ongeveer bij $C = 4$ de gemiddelde opbrengst-kromme beneden het niveau van $C = 0$ daalde (fig. 1).

Van de velden, die op deze wijze werden geselecteerd, werd de gemiddelde stro-opbrengst bepaald, welke als opbrengstniveau werd beschouwd. De zo gevonden waarden voor Tholen en Zuidbeveland zijn met de gemiddelde opbrengst voor de polders bij Fijnaart, waar in Augustus het C-cijfer 0,1-1,2 en gemiddeld 0,9 bedroeg, opgenomen in tabel 3.

TABEL 3. GEMIDDELDE STRO-OPBRENGST VAN KENIA-ZOMERGERST IN 1945 IN VERSCHILLENDE INUNDATIE-
GEBIEDEN

Inundatiegebied	Aantal waarnemingen	C-cijfer inundatie-water	Duur van de inundatie in maanden	Gemiddelde stro-opbrengst in quintalen per ha	C-cijfer bij oogst
Polders bij Fijnaart . . .	14	3-5	7-9	48	0,1-1,2
Tholen	17	25	7-10	48	2-8
Polders op Zuidbeveland	13	20-22	2-3	38	2-8
<i>Inundated area</i>	<i>Number of observations</i>	<i>C-figure of inundation water</i>	<i>Duration of inundation in months</i>	<i>Average straw production in quintals per ha</i>	<i>C-figure at harvest</i>

TABLE 3. Average straw production of Kenia spring barley in different inundated areas in 1945

In deze tabel zien we, dat het opbrengstniveau in de met licht brak water geïnundeerde polders bij Fijnaart even hoog ligt als op Tholen. Echter is op Tholen de opbrengst niet gecorrigeerd voor een mogelijke zoutinvloed, zoals in 1946 is waargenomen. Dit opbrengstniveau zou dan, aannemende dat ook in 1945 een optimum bij 1-4 g NaCl/l is opgetreden, op Tholen wat lager komen te liggen.

De polders op Zuidbeveland geven duidelijk een lagere opbrengst dan Tholen, ondanks het feit, dat het zoutgehalte praktisch gelijk was. De duur van de inundatie op Zuidbeveland was aanzienlijk korter, waarin een mogelijke verklaring voor het lage opbrengstniveau kan schuilen. Op deze kwestie wordt echter in paragraaf 6 van dit hoofdstuk nog teruggekomen.

Dit overzicht van opbrengsten zou onvolledig zijn als ook geen aandacht werd besteed aan de opbrengst op normale, niet geïnundeerde grond. Het ten dienste staande materiaal was echter zeer beperkt. Slechts enkele cijfers konden worden verzameld van proefvelden van de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst en het Nationaal Comité voor Brouwergerst (WILTEN 1948).

Deze cijfers waren als volgt (tabel 4):

TABEL 4. STRO-OPBRENGST VAN ZOMERGERST OP NIET-GEÏNUDEERDE GROND IN 1945 EN 1946

Jaar	Aantal waar- nemingen	Stro-opbrengst in quintalen per ha			Stikstof- bemesting in kg/ha	Eén waarneming stro- opbrengst in q/ha	
		minimum	maximum	gemiddelde		60 kg N per ha	100 kg N per ha
1945	7	32	46	40	20-50	52	66
1946	6	34	71	52	20-50	59	55

Year	Number of observations	minimum	maximum	average	Nitrogen dressings in kg per ha	One observation straw prod. in quintals per ha
		Straw yield in quintals per ha				

TABLE 4. Straw yield of spring barley on not-inundated soils in 1945 and 1946

De waarde van deze cijfers is niet erg groot, aangezien het aantal waarnemingen klein is. De stikstofbesteding liep uiteen van 20-50 kg N per ha, maar het was niet mogelijk om in dit materiaal de invloed van de stikstofbesteding te bepalen, zodat de gemiddelde stro-opbrengst slechts een ruwe schatting is voor het opbrengstniveau van de desbetreffende jaren.

Ter oriëntatie zijn ook nog een paar opbrengsten bij 60 kg en 100 kg N per ha opgenomen. Hieruit blijkt dat een opvoering van de bemesting boven 60 kg/ha in 1945 wel en in 1946 niet meer in een hogere stro-opbrengst tot uiting kwam. Dit is dus een aanwijzing, dat de stro-opbrengst als stikstofgevoelige indicator niet overschat moet worden.

Er was echter nog een aanwijzing die het verband tussen opbrengst en stikstofbesteding bevestigde.

Op Tholen en St-Philipsland werden in 1945 een aantal velden reeds bebouwd. In 1946 werden deze in de enquête opgenomen, zodat deze velden toen de tweede oogst na inundatie gaven.

Deze velden kregen echter gedeeltelijk stikstofbesteding. In figuur 3 is het verband gegeven tussen stro-opbrengst en stikstofbesteding op deze velden.

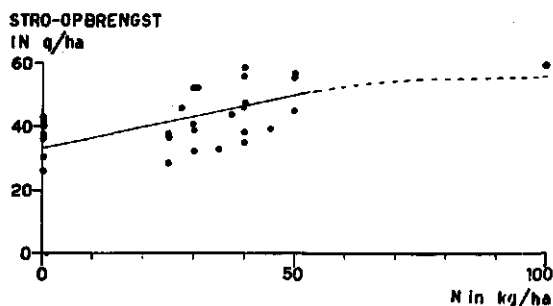


FIG. 3. Het verband tussen de stro-opbrengst (in quintalen/ha) en de stikstof bemesting van Kenia-zomergerst op Tholen en St-Philipsland. Tweede oogst na het einde der inundatie

FIG. 3. *Relation between the straw yield (in quintals per ha) and the nitrogen dressings of Kenia spring barley on Tholen and St-Philipsland. Second crop after the end of inundation*

Hoewel de spreiding rond het gemiddelde groot is, is de invloed van de stikstof-bemesting toch zeer duidelijk. Voorlopig kunnen we concluderen, dat stikstof-bemesting in 1946 dus inderdaad de stro-opbrengst beïnvloedde. Tevens blijkt uit het voorgaande, dat na één oogst het stikstofeffect praktisch is verdwenen.

In paragraaf 5 zal worden nagegaan, in hoeverre het mogelijk is een vergelijking te maken tussen de verschillende opbrengstgegevens van wel en niet geïnundeerde gronden en welke verdere conclusies uit deze vergelijking kunnen worden getrokken.

5. SCHATTING VAN DE VERHOOGING VAN HET OPBRENGSTNIVEAU ALS EEN BEMESTINGSEFFECT VAN STIKSTOF

Uit het voorgaande is gebleken, dat op gronden die met zout of brak water geïnundeerd waren geweest, een vruchtbaarheidstoename werd geconstateerd, die o.a. tot uiting kwam in verhoogde stro-productie en die aan een vermeerdering van de beschikbare hoeveelheid N kon worden toegeschreven. Weliswaar werd door het zee-water ook een verrijking van andere stoffen in de grond teweeggebracht, maar het is niet waarschijnlijk, dat andere stoffen een dergelijk effect op de groei veroorzaakt hebben. Zo is bijvoorbeeld ook een verhoging van het kaligehalte geconstateerd (zie hoofdstuk II), maar de kalitoestand der gronden vóór de inundatie was niet zodanig, dat van deze toename een aanzienlijk effect verwacht kon worden.

Op grond van het bovenstaande werd het mogelijk geacht de opbrengstniveaux op basis van stikstofbemesting te vergelijken. Het zwakste punt in deze vergelijking is echter het opbrengstniveau van de normale gronden, die op een zeer gering aantal gegevens berust, terwijl de stikstofbemesting bij dat niveau nog varieerde van 20 tot 50 kg per ha. Een grote nauwkeurigheid in de schatting kan dus niet worden verkregen.

Door vergelijkingen van de opbrengstniveaux op niet en wel geïnundeerde gronden werden de volgende schattingen verkregen van de stikstofbemesting ten gevolge van de inundatie (tabel 5).

Naast deze schatting van de stikstofbemesting door vergelijking van het opbrengst-niveau van normale en geïnundeerde gronden kunnen we nog op een andere manier het stikstofeffect op geïnundeerde gronden waarden, nl. door uit te gaan van de lijn in figuur 3, die aangeeft het verband tussen stro-opbrengst en stikstofbemesting op percelen, die voor de tweede keer na inundatie werden bebouwd.

Op grond van deze lijn zou het opbrengstniveau van Schouwen en Duiveland, Walcheren, Tholen en St-Philipsland in 1946 overeenkomen met een stikstofbemesting

TABEL 5. GESCHATTE STIKSTOFBEMESTING TEN GEVOLGE VAN INUNDATIE

Gebied	Kg N per ha	
	1945	1946
Polders bij Fijnaart	50-60	± 60 $> 20-50$
Overflakkee		
Tholen en St-Philipsland	50-60	
Schouwen en Duiveland		
Walcheren		
Polders op Zuidbeveland	< 20-50	
Area	kg N per ha	

TABLE 5. Valuated dressing of nitrogen as a result of inundation

tussen 60 en 70 kg N/ha. Voor Overflakkee zou deze waarde nog wat hoger liggen. Deze schatting klopt dus ongeveer met de eerste.

We moeten dus concluderen, dat het opbrengstniveau wordt beïnvloed door de stikstofbemesting, zoals in figuur 3 wordt gedemonstreerd. Door vergelijkingen kan het stikstofeffect ten gevolge van inundatie voor Walcheren, Schouwen en Duiveland, Tholen en St-Philipsland en de polders bij Fijnaart gelijk gesteld worden met 50 à 60 kg N/ha. Voor Overflakkee leek dit stikstofeffect nog groter.

In de polders op Zuidbeveland was het stikstofeffect kleiner dan in de overige gebieden. Een nadere schatting van de hoeveelheid stikstof, die door de inundatie zou zijn ontstaan, was hier niet mogelijk.

6. BESPREKING VAN DE RESULTATEN EN CONCLUSIES

In de vorige paragraaf is een schatting gemaakt ten aanzien van de hoeveelheid stikstof, die het opbrengstniveau, zoals dit na inundatie werd gevonden, zou kunnen veroorzaken.

Verder is gebleken, dat dit stikstofeffect niet alleen in de met zout water geïnundeerde gebieden voorkwam, maar ook in de met licht en sterk brak water geïnundeerde gebieden.

Behalve hetgeen over de polders op Overflakkee en bij Fijnaart bekend is, werd ook in de zoete en licht brakke inundatiegebieden bij Aardenburg (West-Zeeuws-Vlaanderen) een dergelijk stikstofeffect waargenomen. Hier was de ontwikkeling van de gewassen op de geïnundeerde stukken ongekend weelderig, terwijl de drooggebleven koppen een duidelijk mindere stand vertoonden.

We willen nu het resultaat van dit onderzoek nog eens bespreken aan de hand van de mogelijkheden die door HARMSSEN (1947) zijn geopperd ten aanzien van het ontstaan van het stikstofeffect.

1. De ontleding van eiwitten van micro- en macro-organismen, die tijdens de inundatie zijn opgehoopt.
2. Voortgaande mineralisatie van organische stof tijdens de inundatie bij afwezigheid van uitspoeling of verbruik door gewassen.
3. Een tijdelijk snellere mineraliseerbaarheid van de organische stof ten gevolge van de inwerking van zeewater op de organische verbindingen.

Ad 1. In de brakke en zoete inundatiegebieden werd tijdens de zomer een sterke wiergroei waargenomen. Na het droogvallen vormde dit wier een harde korst op de

grond, die hinderlijk was bij de bewerking van de grond. Daarom gingen verschillende boeren er toe over dit wier van het land te rijden. In andere gevallen werd het ondergewerkt.

Dat het ontleden van dergelijke wieren, wanneer ze op het land blijven liggen, zeer langzaam plaatsvindt, constateerde NOBEL (1921). Op sterk brak geïnundeerd grasland was de kors na een jaar nog intact, zodat de grasgroei er onder stagneerde. Hetzelfde wordt ook beschreven bij een zoete inundatie in 1903 (Dep. v. Landbouw 1946). Op bouwland zal deze ontleding door de mogelijkheid van bewerking echter wel vlugger gaan.

In de met sterk brak en zout water geïnundeerde gebieden werd een dergelijke wiergroei niet waargenomen. Op het eiland Tholen werd op muren en straten en door MEYERS (1946) in het Groningse zoute inundatiegebied op de graslanden, een slijmerige laag waargenomen, hetgeen ongetwijfeld een algenvegetatie is geweest, die behalve op aangegeven plaatsen een algemene verbreiding zal hebben gehad.

Verder leefden in het water allerlei micro- en macro-organismen, waarvan na droogvallen resten zijn achtergebleven. Hoewel in al deze organismen een zekere hoeveelheid stikstof is opgehoopt, acht HARMSSEN (1947) dit toch meer een bijkomstige factor bij de verklaring van het stikstofeffect, daar het in het algemeen niet gelukte in de allerbovenste laag van de grond een duidelijk hoger stikstofgehalte aan te tonen, terwijl ook op de laagste plekken, waar men dus een ophoping van macro-organismen zou verwachten, geen hoger stikstofgehalte aantoonbaar was.

Deze vorm van stikstofophoping zal bij braak liggen waarschijnlijk ook worden aangetast, zodat de velden op Tholen, die gedurende 1945 niet werden bebouwd, in 1946 niet meer het maximale stikstofeffect zouden demonstreren.

Ad 2. Naast deze mogelijkheid blijft voor de zoete en licht brakke inundaties slechts over de tweede mogelijkheid van voortgezette mineralisatie van organische stof tijdens de inundatie.

Ook deze verklaring acht HARMSSEN (1947) niet afdoende. De stikstof die op deze wijze gevormd zou kunnen zijn, zal in 't algemeen zeer gemakkelijk met de winterregens uitspoelen, zodat geen sprake zou kunnen zijn van een dergelijk sprekend stikstofeffect als men algemeen waarnam.

Dit bezwaar van HARMSSEN wordt volledig ondersteund door de opbrengsten van de velden op Tholen, die in 1946 voor het eerst werden bebouwd. Op deze velden was gedurende de winter 1944-'45 en 1945-'46 alle gelegenheid voor uitspoeling van de zo opgehoopte stikstof. Toch vertoonden de velden nog practisch een onverzwakt stikstofeffect.

Voor deze mogelijkheid pleit de bevinding van PRUMMEL (vergelijk blz. 27) dat op zure gronden stikstofbemesting meer effect had dan op gronden met een goede kalktoestand, waarbij als verklaring aan een mindere activiteit van de bacteriën op de zure gronden wordt gedacht met als gevolg een mindere mineralisatie van de organische stof.

Ad 3. Bij de bespreking van de derde mogelijkheid moet op de voorgrond worden gesteld, dat deze in het rapport van HARMSSEN (1947) alleen maar als suggestie naar voren wordt gebracht bij gebrek aan een betere verklaring. Het onderzoek op dit punt was nog niet afgesloten, dus de kans bestaat, dat in de definitieve publicatie deze mogelijkheid op grond van verdere onderzoeken onjuist is gebleken.

Zonder de mogelijkheid van een snellere mineralisatie van de organische stof door inwerking van zeewater te kunnen beoordelen kan worden vastgesteld, dat zowel in 1945 in de licht brak geïnundeerde polders bij Fijnaart als in 1946 op de sterk brak geïnundeerde gronden op Overflakkee hetzelfde opbrengstniveau te zien gaven als de vergelijkbare voormalige zoute inundaties respectievelijk op Tholen en Overflakkee (tabel 3 en en figuur 2).

Wanneer er dus invloed van het zout is, dan moet bij een zeer geringe concentratie al een maximum effect worden bereikt. Dit effect komt tot uiting in figuur 1. Het maakt de indruk dat hier sprake is van een zouteffect naast een andere factor, die het niveau bij afwezigheid van zout bepaalt. De invloed van het zout lijkt niet primair.

De toetsing van onze gegevens aan de drie mogelijkheden die HARMSSEN geeft, doet duidelijk uitkomen, dat niet een van deze drie zonder bezwaren als verklaring voor het stikstofeffect kan worden beschouwd.

Het eigenaardige van dit stikstofeffect is, dat men in rapporten over vroegere inundaties [TER HAAR (1910), SMEDING (1921), NOBEL (1921), VAN GODTSENHOVEN (1920)] nooit iets over waarneming van een dergelijk stikstofeffect tegenkomt, terwijl in die tijd, toen in het algemeen veel minder kunstmeststoffen werden gebruikt, het effect nog veel sprekender moest zijn. Men vindt juist steeds een zeer gunstige werking van stikstofbemesting, doch deze resultaten hebben dan betrekking op gronden met slechte structuur.

Hoogstwaarschijnlijk is er bij de beschreven inundaties dan ook geen stikstof-effect opgetreden.

Ook bij de recente inundaties van 1940 in de polders bij Kruiningen (Rapport inzake Kruiningerpolder enz. 1945) en op Overflakkee (VAN BEEKOM 1944) werd evenmin een stikstofeffect waargenomen.

Dit overzicht van andere inundaties zou echter onvolledig zijn zonder iets te zeggen over de inundaties in België in 1944 met zout- en licht brak water, welke vergelijkbaar zijn met de inundaties in Zeeland.

Het is merkwaardig, dat hier geen melding wordt gemaakt van een stikstofeffect. Wel kon uit de gegevens worden opgemaakt, dat op enkele proefvelden (BAEYENS 1946) waar geen structuurverval optrad, zonder stikstofbemesting een goede stro-opbrengst werd verkregen, terwijl extra stikstofbemesting de opbrengst weinig deed stijgen, zodat een zekere stikstofwerking ongetwijfeld aanwezig was.

Vergelijkt men de gegevens van deze oudere en recente inundaties met die van 1944 en 1945, dan is het opvallend, dat al deze inundaties betrekkelijk kort hebben geduurd, meestal niet langer dan 1 tot 3 maanden, in tegenstelling tot die in 1944 en 1945, die voorzover ze werden besproken met een uitzondering, minstens 7 maanden duurden met een maximum van 15 maanden.

De uitzondering werd gevormd door de inundaties op Zuidbeveland, die 2 tot 3 maanden duurden. Voor deze polders was het opbrengstniveau echter ook belangrijk lager dan in de lang geïnundeerde gebieden (tabel 3).

Op grond van deze beschouwing lijkt het zeer aannemelijk, dat het al dan niet optreden c.q. de sterkte van het stikstofeffect samenhangt met de duur van de inundatie. Een inundatie zal ruw geschat minstens 4 à 5 maanden moeten duren, alvorens men het stikstofeffect duidelijk kan waarnemen.

Men kan zich nu nog afvragen, wat de invloed is van de duur van de inundatie op de drie door HARMSSEN geopperde mogelijkheden.

De ophoping van eiwitrijk materiaal in micro- en macro-organismen zal groter

worden, naarmate de inundatie langer duurt. Daar voor de afbraak van dit materiaal tijd nodig is, zal een langere duur van de inundatie resulteren in een groter stikstof-effect.

De ophoping van stikstof tengevolge van de mineralisatie van de organische stof tijdens de inundatie zal ook toenemen met de duur der inundatie. Doordat deze stikstof gedeeltelijk gemakkelijk uitspoelt, zal het uiteindelijke stikstofeffect minder sterk door de duur van de inundatie worden beïnvloed dan op grond van de stikstof-ophoping zou mogen worden verwacht.

De gemakkelijker mineraliseerbaarheid van organische stof tengevolge van inundatie zal waarschijnlijk eveneens minder beïnvloed worden door de duur der inundatie, daar hier een zekere evenwichtsinstelling zal plaatsvinden.

Op grond van deze veronderstellingen lijkt het aantrekkelijk om, als er keus gemaakt moet worden uit deze drie mogelijkheden, aan de ophoping van eiwitrijk materiaal een belangrijke plaats in te ruimen bij het verklaren van het stikstofeffect. In de tweede plaats zou dan de ophoping van stikstof door voortgezette afbraak van organische stof tijdens de inundatie komen. Wanneer aangetoond kan worden, dat deze gevormde stikstof minder makkelijk uitspoelt, dan tot nu toe wordt aangenomen, is deze verklaring van het stikstofeffect misschien wel de meest waarschijnlijke.

Het zout speelt een specifieke rol, wat zowel uit fig. 1 als uit de proeven van BAEYENS en APPELMANS blijkt (vergelijk blz. 7). Deze invloed moet echter als een neven-effect worden beschouwd.

II. DE INVLOED VAN DE INUNDATIE OP HET KALIGEHALTE VAN DE GROND

1. METHODE VAN ONDERZOEK

Door de inundatie met zeewater zijn, behalve keukenzout (natriumchloride), eveneens kalizouten (kaliumchloride, kaliumsulfaat) in de grond gekomen. Daarom leek een vergelijkend onderzoek van het kaligehalte (percentage K_2O per 100 g grond) van de bouwvoor, voor en na de inundatie van betekenis.

Voor dit onderzoek werd gebruik gemaakt van de bouwlandpercelen waarop vlak voor de inundatie het normale grondonderzoek had plaats gehad. De invloed van de volgende factoren werd nagegaan:

1. De invloed van het gehalte aan afslibbare delen.
De gronden werden ingedeeld in drie groepen: met 10–20 %, 20–30 % en met meer dan 30 % afslibbare delen.
2. De invloed van het kalkgehalte.
Hiertoe werd het materiaal gesplitst in twee groepen, één groep met een gehalte kleiner dan 2 % $CaCO_3$ en één met meer dan 2 % $CaCO_3$.
3. De invloed van het keukenzoutgehalte van het inundatiewater.
4. De aard van de inundatie.

Walcheren had in tegenstelling tot de overige gebieden een getijde-inundatie.

Het kaligehalte werd op alle eilanden van Noord-Zeeland en Overflakkee bepaald op de volgende tijden: vóór de inundatie, in 1946, 1947 en 1949. Op Walcheren ontbraken de monsteranalyses van 1946.

2. VERWERKING VAN DE GEGEVENS

Het onderzoek naar het effect van het kalkgehalte leverde geen duidelijk resultaat op. Ook van het humusgehalte, dat een zeer kleine spreiding vertoonde, kon geen invloed worden waargenomen. De reactie op de overige factoren is samengevat in figuur 4.

Het aantal waarnemingen, waaruit het gemiddelde kaligehalte werd bepaald, bedroeg voor de zwaarteklassen 10–20 %, 20–30 % en meer dan 30 % afslibbare delen voor Overflakkee (sterk brak) 4, 7 en 0. Voor Noord-Zeeland en Overflakkee (zeer zout) 16, 20 en 20 en voor Walcheren 4, 16 en 10.

Vijf waarnemingen, die vóór de inundatie een afwijkend hoog kaligehalte hadden, waardoor bij het betrekkelijk geringe aantal waarnemingen een verkeerde indruk van het gemiddelde kaligehalte zou worden verkregen, werden buiten beschouwing gelaten.

3. BESPREKING VAN DE RESULTATEN EN CONCLUSIES

In het algemeen is een duidelijke stijging van het kaligehalte tengevolge van de inundatie met zout water waar te nemen.

De invloed van het zoutgehalte van het inundatiewater wordt in de zwaarteklassen 10–20 % en 20–30 % afslibbare delen duidelijk gedemonstreerd door het verschil in stijging van het kaligehalte in het sterk brakke gebied van Overflakkee en in het zeer zoute gebied van Noord-Zeeland en Overflakkee (fig. 4a en 4b).

Voor het brak geïnundeerde gebied van Overflakkee was de stijging bij 10–20 % afslibbare delen 0,001 % K_2O , bij 20–30 % 0,005 % K_2O . Voor het zeer zout geïnundeerde gebied van Noord-Zeeland en Overflakkee waren deze cijfers respectievelijk

FIG. 4. Overzicht van de veranderingen in het kaligehalte voor en na inundatie

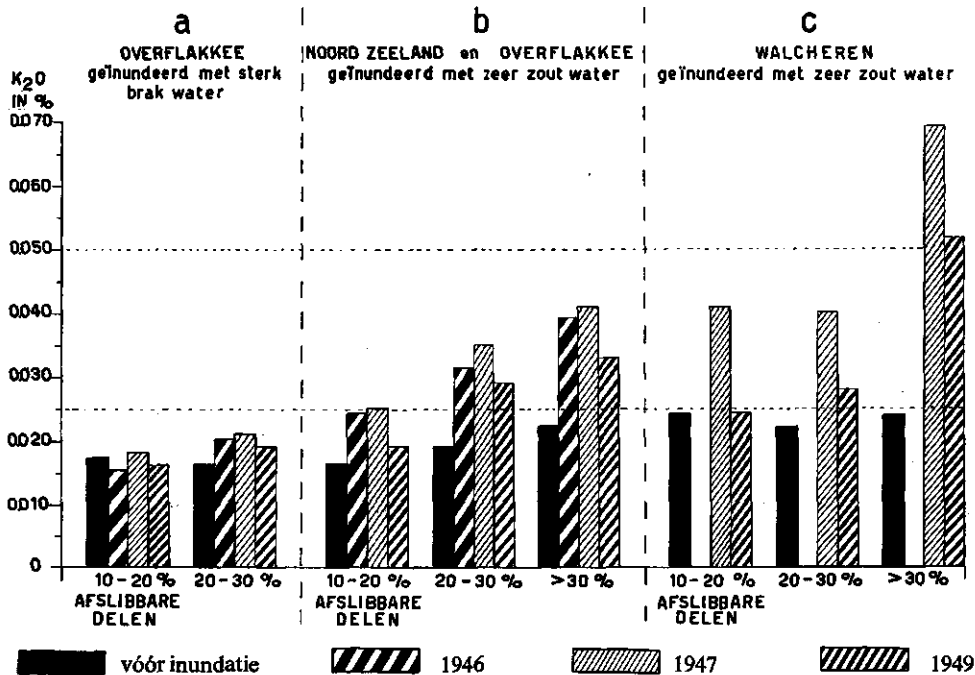


FIG. 4. Survey of the changes in the potassium content before and after inundation

0,009 en 0,016 % K_2O . Op het eiland Walcheren was de stijging van het kaligehalte vergeleken met het gebied van Noord-Zeeland veel groter. Hier waren de cijfers in de reeds genoemde groepen 0,017 % en 0,018 % K_2O . In de groep met meer dan 30 % afslibbare delen bedroeg de stijging voor Walcheren 0,043 %, voor Noord-Zeeland 0,017 % K_2O . In deze zwaarteklasse van de grond is het verschil in stijging tussen Walcheren enerzijds en Noord-Zeeland en Overflakkee anderzijds zeer groot in vergelijking met de verschillen tussen deze inundatiegebieden in de andere zwaarteklassen van de grond.

Of de verklaring gezocht moet worden in de getijde-inundatie op Walcheren is niet uit te maken.

De oorzaak van deze stijging van het kaligehalte is, dat een deel van het kalium dat in het zeewater aanwezig is, aan het complex wordt gebonden zoals DOMINGO (1946) aantoonst.

Bovendien moet men er rekening mee houden, dat bij de bepaling van het kaligehalte in een grondmonster nog een zekere hoeveelheid kalium in het bodemvocht aanwezig kan zijn, vooral als het C-cijfer nog hoog is.

Uit het voorgaande volgt, dat de hoeveelheid kalium aanwezig in het bodemvocht en aan het complex gebonden ongeveer gelijk moet zijn aan het kaligehalte van de grond. Voor een aantal proefvelden kon dit worden nagegaan. De gegevens zijn samengevat in tabel 6.

TABEL 6. OVERZICHT VAN DE HOEEVEELHEID KALIUM AANWEZIG IN HET BODEMVOCHT EN DE HOEEVEELHEID KALIUM AAN HET COMPLEX GEBONDEN IN VERBAND MET HET KALIGEHALTE VAN DE GROND OP ENKELE PROEFVELDEN

C-cijfer	Hoeveelheid kalium uitgedrukt in procenten K ₂ O per 100 g grond				
	Bodemvocht	Adsorptie complex	Som bodemvocht + complex	Bepaling in het practijkmonster	Verskil tussen kolom 4 en 5
1	2	3	4	5	6
0	0,0008	0,033	0,034	0,025	+ 0,009
0,3	0,0010	0,0188	0,020	0,021	- 0,001
0,7	0,0013	0,047	0,048	0,041	+ 0,007
0,7	0,0032	0,0424	0,046	0,037	+ 0,009
1,0	0,0012	0,066	0,067	0,061	+ 0,006
1,1	0,0005	0,0518	0,052	0,055	- 0,003
6,4	0,0057	0,0752	0,081	0,078	+ 0,003
7,0	0,0078	0,0612	0,069	0,053	+ 0,015
8,1	0,0047	0,033	0,038	0,042	- 0,004
9,8	0,0029	0,028	0,031	0,019	+ 0,012
C-figure	Soil moisture	Adsorbing complex	Soil moisture plus complex	Determination in the sample	Difference between the columns 4 and 5
Quantity of potassium expressed in percentages of K ₂ O per 100 g of soil					

TABLE 6. Survey of the quantity of potassium present in the soil moisture and the quantity of potassium bound to the adsorbing complex in connection with the potassium content of the soil on some experimental plots

In tabel 6, kolom 6, ziet men dat de hoeveelheid kali, bepaald als de som van bodemvocht en complex, in 't algemeen wat hoger is dan het direct bepaalde kaligehalte (gemiddeld $0,005 \pm 0,002$ % K₂O). Waarschijnlijk wordt met de gebruikte analyse-methode voor de rechtstreekse bepaling van het kaligehalte (extractie met 0,1 normaal HCl) niet alle kalium van het complex verwijderd.

Verder blijkt in kolom 2 dat, wanneer het C-cijfer groter dan 5 wordt, het kaligehalte van het bodemvocht in de orde van 0,003–0,008 % K₂O komt, hetgeen op de totaalstijging een niet te verwaarlozen hoeveelheid is.

Aangezien echter in de grondmonsters die werden genomen voor het bepalen van het kaligehalte na de inundatie, geen C-cijfer werd bepaald, kon niet worden nagegaan in welke monsters het kali in het bodemvocht mede verantwoordelijk is voor een stijging van het kaligehalte. Wel kan worden aangenomen, dat op de eilanden Tholen en St-Philipsland deze kali te verwaarlozen is. Op Schouwen en Duiveland en Walcheren daarentegen is dit zeker niet het geval, zoals figuur 1 voor zomergerst demonstreert. 29 van de 76 waarnemingen, dus ongeveer 40 %, hadden een C-cijfer groter dan 5.

De daling van het kaligehalte na het bereiken van een maximum in 1947 werd veroorzaakt doordat het kalium van het complex uitwisselde tegen calcium, 'dat vooral door de gipsbemesting in de bodemoplossing werd gebracht. Eventuele hoeveelheden kalium, die nog in het bodemvocht aanwezig waren, zullen eveneens zeer snel uitspoelen en zodoende mede een daling van het kaligehalte veroorzaken.

De snelheid van daling is groter naarmate het maximum kaligehalte hoger is, wat vooral op Walcheren zeer duidelijk wordt gedemonstreerd. In hoeverre dit samenhangt met een grotere hoeveelheid kalium in het bodemvocht en/of de grootte van de gipsbemesting, kon niet worden nagegaan.

Bij gronden met 10–20 % delen afslibbaar, was in 1949 het kaligehalte weer ongeveer gelijk aan dat van voor de inundatie. Bij gronden van 20–30 % afslibbaar was het kaligehalte afhankelijk van de aard der inundatie, nog 0,003 tot 0,010 % hoger dan voor de inundatie.

Bij gronden met meer dan 30 % afslibbare delen was het kaligehalte nog 0,011 en 0,028 % hoger dan voor de inundatie.

Tenslotte willen we er nog op wijzen, dat de top van het kaligehalte niet in 1946, maar in 1947 valt. Hoewel dit verschijnsel zonder uitzondering is – op Walcheren is het door het ontbreken van de analyses van 1946 niet te constateren – moet men toch voorzichtig zijn dit toe te schrijven aan de directe gevolgen van de inundatie.

Tholen en St-Philipsland kwamen reeds veel eerder droog. Vergelijkt men nu de cijfers van deze eilanden met de overige zout geïnundeerde gebieden, dan krijgt men de cijfers opgenomen in tabel 7.

TABEL 7. VERGELIJKING VAN STIJGING EN DALING VAN HET KALIGEHALTE VAN 1947 T.O.V. 1946 VAN THOLEN EN ST-PHILIPS LAND MET DE OVERIGE ZOUTE INUNDATIEGEBIEDEN

Inundatiegebied	Totaal aantal waarnemingen	Aantal waarnemingen met stijging	Gem. stijging van het K_2O %	Aantal waarnemingen met daling	Gem. daling van het K_2O %	Aantal waarn. zonder verschil
Tholen en St-Philipsland	18	12	0,006	6	0,003	0
Overige inundatiegebieden	44	24	0,006	16	0,005	4

<i>Inundation area</i>	<i>Total number of observations</i>	<i>Number of observations with increase</i>	<i>Average increase of K_2O %</i>	<i>Number of observations with decrease</i>	<i>Average decrease of K_2O %</i>	<i>Number of observations without difference</i>
------------------------	-------------------------------------	---	--	---	--	--

TABLE 7. Comparison of increase and decrease of the potassium content of 1946 as compared with 1947 of Tholen and St-Philipsland with the other with salt water inundated areas

Hoewel het aantal waarnemingen op Tholen en St-Philipsland klein is krijgt men toch niet de indruk, dat hier al neiging zou bestaan tot dalen van het kaligehalte, terwijl men dit na de twee winters toch zou mogen verwachten, gezien de top die in 1947 in de andere gebieden wordt waargenomen. Uitgaande van het feit, dat een stijging van het kaligehalte na het einde der inundatie moeilijk uit de directe gevolgen van de inundatie kan worden verklaard en ook de waarnemingen van Tholen en St-Philipsland geen steun aan deze veronderstelling geven, lijkt het aannemelijker dat de stijging een gevolg is van de droge warme zomer 1947. In het midden wordt gelaten of deze kalitoeename door capillaire opstijging, door verwerking dan wel door een andere oorzaak is ontstaan. Hoewel 1948 ontbreekt, is het dan ook waarschijnlijk, dat 1947 inderdaad een top betekende. Men zou zelfs kunnen veronderstellen dat een zwakke daling van 1947 t.o.v. 1946 gecamoufleerd werd door de stijging tengevolge van de droogte.

Uit dit onderzoek blijkt, dat het kaligehalte van de grond gemiddeld 60 % is gestegen tengevolge van de inundatie met min of meer zout water. Deze verhoging van het kaligehalte wordt veroorzaakt doordat kalium uit het zeewater aan het bodemcomplex wordt gebonden, terwijl ook in het bodemvocht nog een zekere hoeveelheid kalium aanwezig kan zijn.

Vier jaar na inundatie vertoonden de gronden met meer dan 20 % afslibbare delen nog een duidelijk hoger kaliniveau dan voor inundatie.

III. DE BEMESTING OP GEÏNUNDEERDE GRONDEN

1. INLEIDING

Hoewel de onderzoeken van HARMSSEN (1946) en van VAN BEEKOM (1946) al belangrijke aanwijzingen gaven betreffende de stikstof- en kalibemesting, werden in 1946 ook nog door middel van een aantal z.g. NPK-proefvelden de bemestingsbehoeften van de geïnnundeerde gronden onderzocht.

Zoals reeds op blz. 15 werd opgemerkt, constateerden verschillende onderzoekers een grote stikstofbehoefte op met zout water geïnnundeerde gronden.

Het effect van fosfaatbemesting was veel geringer dan van stikstofbemesting, zoals SMEDING (1921) op enkele proefvelden op de in 1916 overstroomde Noordhollandse land- en tuinbouwgronden waarnam. Kaliebehoefte trad op deze proefvelden niet op.

BAEYENS (1946) constateerde, dat een zware harmonische bemesting de opbrengst van 50 % op het onbemeste object tot normaal deed stijgen. De invloed van stikstof was ook hier het grootst, die van fosfaat wisselend; kalibemesting had geen invloed op de opbrengst.

Hoewel in 't algemeen de invloed van stikstofbemesting dus belangrijk was, constateerde HARMSSEN (1946, 1947) (vergelijk blz. 6), dat tengevolge van de inundatie de stikstofvoorraad in de grond ook zeer groot kan zijn.

Het fosfaat kan als gevolg van de inundatie worden vastgelegd aan door reductie mobiel gemaakt ijzer. Wanneer gronden enige tijd onder water staan, worden ferrioxiden gereduceerd, die als ferrohydrocarbonaten in oplossing gaan. Eventueel aanwezige oplosbare fosfaten worden gebonden tot vrijwel onoplosbaar ferrofosfaat, dat echter voor de planten toegankelijk is. Bij het droogvallen van de grond wordt het ferrofosfaat geoxydeerd tot vrijwel onopneembaar ferrifosfaat. Uit oriënterende proeven, genomen door GERRETSEN in 1945 bleek echter op gronden, gelegen tussen het Damsterdiep en Eemskanaal, geen toegenomen fosfaattekort bij verschillende gewassen voor te komen. Op roodoorngronden, waar de grond vaak door een roodgekleurd, ijzerhoudend slib bedekt was en de grondkluiten doortrokken waren met eveneens roodgekleurde, ijzerhoudende aders, bleek de behoefte aan fosfaat echter duidelijk toegenomen te zijn, zoals VAN DER PAAUW (1946) waarnam (vergelijk ook blz. 35). Gelijkluidende conclusies omtrent de fosfaatbehoefte van geïnnundeerde gronden kunnen uit de schaarse literatuur echter niet worden getrokken.

Daar zeewater nogal wat kali bevat, kan het gehalte aan gebonden kali door de inundatie met zeewater toenemen (VAN BEEKOM, 1946) (vergelijk ook hoofdstuk II). Aannemende, dat deze nieuw gebonden kali even toegankelijk is als de oorspronkelijke, kan de inundatie met zeewater gunstig gewerkt hebben op de hoeveelheid beschikbare kali. In het algemeen blijken de gronden na de inundatie dan ook geen duidelijke behoefte aan kalibemesting te hebben.

Achtereenvolgens zal het onderzoek naar de invloed van de inundatie op de stikstof-, fosfaat- en kalihuishouding van bouwland in Groningen en in Zuidwestelijk Nederland worden behandeld.

2. DE BEMESTINGSPROEFVELDEN IN GRONINGEN

a. Beschrijving van de proefvelden

Een belangrijk landbouwgebied in de provincie Groningen is in de periode van October 1944 tot Juli 1945 geïnnundeerd geweest. Deze inundatie omvatte 2 gebieden:

1e De gronden gelegen tussen het Damsterdiep en het Eemskanaal, met daarbij

aansluitend een ongeveer 4 km brede strook ten zuiden van het Eemskanaal. 2e Een 2 km brede strook grond, zich ten noorden van de stad Groningen uitstrekkend tot halverwege Bedum-Onderdendam.

Het eerstgenoemde gebied werd gedurende deze periode overstroomd met water van uiteenlopende zoutgehalten, het tweede gebied is met zoet water geïnundeerd geweest.

Alvorens werd overgegaan tot de aanleg van de bemestingsproefvelden vond in November 1945 en in Februari 1946 door het nemen van grondmonsters een vooronderzoek op verschillende percelen plaats, zodat aan de hand van deze gegevens in het voorjaar van 1946 een aantal bemestingsproefvelden op bouwland zodanig kon worden aangelegd, dat gronden met uiteenlopende eigenschappen in het onderzoek werden betrokken. Op gewone kleigrond werden 7 proefvelden en op sterk humushoudende kleigrond 3 proefvelden aangelegd. De kleigehalten van de uitgezochte percelen varieerden van 38 tot 71 %, terwijl de humusgehalten uiteenliepen van 2,8 tot 39 %. Het P-citr-cijfer varieerde van 26 tot 147, en het kaligehalte van 0,013 tot 0,041 % (zie tabel 8).

Op 10 éénjarige bemestingsproefvelden werden 3 stikstoftrappen gecombineerd met 3 fosfaat- en 2 kalitrappen in enkelvoud aangelegd. Vergeleken werden geen, matige en ruime stikstofbemesting (hieronder aangeduid met resp. N_1 , N_2 en N_3), 0, 50 en 200 kg/ha P_2O_5 (resp. P_1 , P_2 en P_3) en 0 en 100 kg/ha K_2O (resp. K_1 en K_2). De fosfaat- en kalitrappen waren op alle proefvelden gelijk, de stikstoftrappen liepen op de verschillende proefvelden uiteen. Op Pr 910, 911, 913, 914, 915, 916 en 917 bedroegen de stikstofgiften 0, 20 en 50 kg/ha N, op Pr 909 0, 40 en 70 kg/ha N, op Pr 912 0 en 30 kg/ha N en op Pr 918 0, 30 en 60 kg/ha N¹.

De stikstofbemesting werd half April in de vorm van kalkammonsalpeter, het fosfaat als superfosfaat en de kali als kalizout 50 %, beide einde Maart toegediend. Als eerste gewas na inundatie werd op alle proefvelden haver verbouwd, die einde Maart tot begin April werd gezaaid.

Ieder proefveld bestond uit 14 veldjes, in 2 rijen van ieder 7 veldjes naast elkaar gelegen. De 14 combinaties waren: $N_1P_2K_1$, $N_1P_2K_2$, $N_2P_1K_1$, $N_2P_2K_1$, $N_2P_3K_1$, $N_2P_1K_2$, $N_2P_2K_2$, $N_2P_3K_2$, $N_3P_1K_1$, $N_3P_2K_1$, $N_3P_3K_1$, $N_3P_1K_2$, $N_3P_2K_2$, $N_3P_3K_2$.

Enige bodemkundige gegevens van de proefvelden zijn vermeld in tabel 8. Deze cijfers geven het gemiddelde van het onderzoek van 4 grondmonsters, die even voor de toediening van de bemesting zijn genomen. Het C-cijfer is berekend als het gemiddelde van de C-cijfers van 2 percelen, in de onmiddellijke nabijheid van het proefperceel gelegen. De monsters voor de bepaling van het zoutgehalte zijn in Juli en Augustus 1945 genomen. De vermelding van de hoedanigheid van het inundatiewater en van het C-cijfer geschiedt alleen ter illustratie van de variatie in de samenstelling van het inundatiewater.

b. Verwerking van de gegevens

De proefvelden werden gedurende het seizoen regelmatig bezocht, waarbij aantekeningen over de ontwikkeling en de verschillen in stand van het gewas werden gemaakt. Loofmonsters voor het chemische gewasonderzoek werden op 1 Juli genomen. Tussen 8 en 20 Augustus werd de haver geoogst en werden de opbrengsten aan korrel en stro per veldje bepaald.

Op de verkregen opbrengsten werden op grafische wijze vruchtbaarheidscorrecties toegepast.

¹ Zie voor de nummering van de proefvelden tabel 8.

TABEL 8. BODEMKUNDIGE EIGENSCHAPPEN VAN DE PROEFVELDEN IN 1946

Reg. no.	Plaats	Grondsoort	Samenstelling				pH	P-toestand			K-toestand		Inundatie- water	C-cijfer zomer 1945
			Humus %	Zand	Aflibbaar	CaCO ₃ %		P-get.	P-citr	K ₂ O %	K ₂ O %			
Pr 909	Ten Boer	klei	8,8	20,1	71,1	—	5,90	5	46	0,029	0,029	zout	4,32	
Pr 910	Witterwierum	klei	4,8	33,4	61,6	0,17	7,20	7	104	0,026	0,026	zout	2,11	
Pr 911	Appingedam	klei	6,0	33,4	60,6	—	5,70	8	147	0,041	0,041	zout	1,81	
Pr 912	Tuikwerd	klei	5,2	50,8	44,0	—	5,85	5	37	0,021	0,021	zout	3,11	
Pr 913	Steedam	klei	4,2	31,8	63,7	0,38	7,20	4	48	0,021	0,021	brak	0,66	
Pr 914	Woltersum	klei	5,9	24,1	70,0	0,06	6,70	5	44	0,024	0,024	brak	0,54	
Pr 915	Garnervolde	humush.	12,6	25,0	62,7	0,03	5,35	3	69	0,018	0,018	brak	0,80	
Pr 916	Garnervolde	humush.	20,8	15,3	63,9	0,05	5,90	2	26	0,019	0,019	brak	0,80	
Pr 917	Kl. Harkstede	humush.	38,7	22,3	39,0	0,04	4,50	4	123	0,032	0,032	brak	0,49	
Pr 918	Bedum	klei	2,8	58,4	38,7	0,06	6,80	2	28	0,013	0,013	zoet	0,02	
Reg. No.	Locality	Soil type	Composition				pH	P-position			K-position		Inundation water	C-figure summer 1945
			Humus %	Sand	Soil fraction < 16µ	CaCO ₃ %		P-fig.	P-citr	K ₂ O %	K ₂ O %			

TABLE 8. Soil properties of the experimental plots in 1946

De invloeden van de stikstof-, van de fosfaat- en van de kalibemesting zijn afzonderlijk beschouwd. Daartoe zijn in het eerste geval de gecorrigeerde opbrengsten uitgezet tegen de stikstofbemesting bij de verschillende gecombineerde fosfaat- en kalitrappen. Er werden 6 grafieken gemaakt, nl. bij de trappen P_1K_1 , P_1K_2 , P_2K_1 , P_2K_2 , P_3K_1 en P_3K_2 . De opbrengstvermeerdering door een matige en door een ruime stikstofgift werd uitgedrukt in procenten van de opbrengst van het nulobject. Ten einde alle proefvelden met elkaar te kunnen vergelijken werden de 6 grafieken gecombineerd door ze op de trap P_2K_2 te herleiden.

Om de werking van de fosfaatbemesting te bepalen werden de gecorrigeerde opbrengsten uitgezet tegen de fosfaatbemesting bij de trappen N_2K_1 , N_2K_2 , N_3K_1 en N_3K_2 en herleid op de trap N_2K_2 . De opbrengstvermeerdering bij de giften van 50 en van 200 kg/ha P_2O_5 werden uitgedrukt in procenten van de opbrengst van het nulobject.

Tenslotte werden de gecorrigeerde opbrengsten uitgezet tegen de kalibemesting bij de trappen N_1P_2 , N_2P_1 , N_2P_2 , N_2P_3 , N_3P_1 , N_3P_2 en N_3P_3 en herleid op de trap N_2P_2 . De werking van de kalibemesting naar 100 kg/ha K_2O werd uitgedrukt in procenten van de opbrengst van het nulobject.

Een overzicht van de bemestingseffecten op de verschillende proefvelden wordt gegeven in tabel 9. In het kort zullen deze uitkomsten en het verband met de gegevens van het grondonderzoek worden besproken.

c. Stikstofbemesting en opbrengst

Op 4 proefvelden gelegen op gewone kleigrond (Pr 909, 910, 913 en 918) en op de 3 proefvelden op humusrijke kleigrond (Pr 915, 916 en 917) werd gedurende het groeiseizoen een duidelijk effect van de stikstofbemesting in stand en kleur van het gewas geconstateerd. Van de overige 3 proefvelden op kleigrond reageerde Pr 912 slechts zwak, terwijl bij Pr 911 en 914 geen stikstofreactie werd waargenomen. Bij de oogst was het gewas voor een belangrijk deel, in sommige gevallen zelfs zwaar gelegerd, in het bijzonder bij de hoogste stikstoftrap; alleen had Pr 910 een staand en Pr 912 een hangend gewas.

De opbrengst aan korrel werd op twee proefvelden op gewone kleigrond (Pr 911 en 918) met gemiddeld 10 % verhoogd. Op de overige kleigronden werd geen tot een zeer geringe opbrengstvermeerdering verkregen. Een grotere opbrengstvermeerdering, variërende van 12–40 % werd gevonden op de humusrijke kleigronden. De stikstofbemesting heeft de opbrengst aan stro duidelijker verhoogd dan de opbrengst aan korrel. Met uitzondering van het proefveld Pr 912, waar de stikstofbemesting een negatieve invloed had op de opbrengst aan stro, varieerde de opbrengstvermeerdering op gewone kleigrond van 5 tot 18 % (gemiddeld 12 %). Op de humusrijke kleigronden werd de opbrengst verhoogd met 18–40 %. De opbrengstvermeerdering door een stikstofbemesting is, volgens ervaringen, in normale gevallen hoger; zij kan voor de korrelopbrengst gemiddeld 30 %, voor de opbrengst aan stro gemiddeld 50 % bedragen.

Uit bovenstaande kunnen wij concluderen, dat de invloed van de stikstofbemesting gering is geweest; alleen op de sterk humeuze kleigronden was de opbrengstverhoging groter. Deze niet normale, geringe stikstofwerking zou een gevolg kunnen zijn van een hoog gehalte aan opneembare bodemstikstof, wat verklaard zou kunnen worden uit de voortgezette stikstofmineralisatie, de vorming van veel stikstofrijke organische producten en de geringe uitspoeling gedurende de inundatiewinter 1944–1945.

TABEL 9. OVERZICHT VAN DE BEMESTINGSEFFECTEN

Reg. no.	Korrel										Siro									
	Opbrengst in q/ha bij					Opbrengstvermeerdering in % t.o.v. 0 object door					Opbrengst in q/ha bij					Opbrengstvermeerdering in % t.o.v. 0 object door				
	0 N	0 P ₂ O ₅	0 K ₂ O	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		0 N	0 P ₂ O ₅	0 K ₂ O	N		P ₂ O ₅		K ₂ O			
				matig	ruim	50	200	100				matig	ruim	50	200	100				
9909	54,4	52,1	54,4	0,9	1,1	6,0	9,0	1,1	63,9	66,6	67,3	3,3	5,8	0,9	3,2	-0,7				
9910	27,2	31,7	30,4	0,7	1,4	-9,5	-9,5	-0,7	48	55,6	54,4	5,8	14,2	-7,2	-8,1	-7,7				
9911	40,1	47,5	45,0	4,7	11,4	0	0	1,3	76,5	89,0	83,0	7,2	16,8	1,1	4,5	1,8				
9912	44,5	44,8	41,6	0	-	7,1	27,2	4,1	69,0	69,0	63,5	-2,9	-	5,1	19,6	8,7				
9913	48,6	51,4	50,6	0,6	1,8	0	0	-4,0	66,8	73,2	69,0	5,1	12,4	0	0	-1,4				
9914	48,8	47,4	49,4	0	5,1	8,4	-1,2	-1,2	67,8	67,2	70,5	1,9	5,0	2,6	5,3	-0,4				
9915	48,3	51,2	53,2	5,2	12,2	4,7	9,4	0,4	52,4	55,2	59,2	7,8	18,7	7,6	12,9	-4,4				
9916	33,5	36,6	45,2	16,4	40,3	14,7	14,7	-8,2	47,2	53,8	58,3	15,7	39,8	7,1	8,9	-3,6				
9917	25,9	29,2	31,4	13,9	33,2	4,1	10,3	-1,9	54,4	51,8	66,8	10,0	25,0	4,4	8,5	-11,7				
9918	42,6	46,2	44,4	4,2	8,0	0,4	1,3	3,4	66,2	73,2	70,5	9,2	18,4	0	0	3,8				
				moderate	ample							moderate	ample							
Reg. no.	Yield in quintals per ha with					Production increase in % as compared with 0 object by					Yield in quintals per ha with					Production increase in % as compared with 0 object by				
						Grain										Straw				

TABLE 9. Survey of fertilizing effects

De geringe reactie op stikstofbemesting kan ook een gevolg zijn van een wijziging in de onderlinge verhouding van de voedingsstoffen. Zoals verderop zal blijken, is het fosfaattekort op deze geïnundeerde gronden groot, wat een gering effect van de stikstofbemesting zou kunnen verklaren. Wij hebben daarom van elk proefveld voor de opbrengst aan korrel het effect van de stikstofbemesting bij de 3 fosfaattrappen nagegaan. De betrouwbaarheid van deze uitkomsten is echter gering. Alleen de resultaten van Pr 909 geven de indruk, dat de invloed van de stikstofbemesting op de opbrengst aan korrel bij de hoogste fosfaattrap groter is dan bij geen fosfaat. De resultaten van de andere proefvelden geven echter geen steun voor bovengenoemde hypothese. Bij de opbrengst aan stro kon een grotere stikstofwerking bij een ruimere voorziening met fosfaat zelfs in het geheel niet worden aangetoond. Opgemerkt zij nog, dat de geringe reactie van de kalibemesting (zie hieronder) en het geringe verschil in stikstof- en fosfaateffect bij beide kalitrappen ons veroorloofd hebben deze, na uitvoering van een correctie, samen te voegen.

Het grotere effect van de stikstofbemesting op de humusrijke kleigronden vindt misschien zijn oorzaak in een lagere pH. Uit tabel 8 blijkt, dat de humushoudende kleigronden over het algemeen gekenmerkt worden door een lage pH. Vergelijken met gronden met hoge pH zal het bacterieleven op deze zure kleigronden misschien minder intensief en daardoor de mineralisatie geringer zijn.

De verkregen resultaten kunnen als volgt samengevat worden. Het effect van de stikstofbemesting was op kleigronden met een humusgehalte van gemiddeld 5,4 % en een pH van gemiddeld 6,5 gering. De opbrengst aan korrels werd door een ruime stikstofbemesting met gemiddeld 3,5 en de opbrengst aan stro met gemiddeld 10 % verhoogd. Op humusrijke, zure kleigronden was de invloed van de stikstofbemesting op de opbrengst duidelijker. De opbrengstvermeerdering aan korrel en stro bedroeg gemiddeld 28 %.

Als hypothesen ter verklaring voor het geringe effect van de stikstofbemesting werden genoemd de voortgezette stikstofmineralisatie, de vorming van veel stikstofrijke organische producten en de geringe uitspoeling gedurende de inundatiewinter met als gevolg een hoog stikstofniveau van de grond. De lagere pH, met als gevolg een geringere mineralisatie, zou mogelijk een verklaring kunnen zijn voor het grotere effect van stikstofbemesting op de humusrijke kleigronden.

d. Fosfaatbemesting en opbrengst

Bij Pr 909 werden bij de beoordeling van het gewas te velde op enkele nulveldjes in lichte mate verschijnselen van fosfaatgebrek waargenomen, hoewel het P-citrcijfer 46 bedroeg; de korrelopbrengst werd door de fosfaatbemesting met ongeveer 10 %, de opbrengst aan stro met 3 % verhoogd. Bij Pr 912, 915 en 916 heeft de haver te velde zichtbaar op de fosfaatbemesting gereageerd; er werd een verhoging van de korrelopbrengst met resp. 27, 10 en 15 %, en van de opbrengst aan stro met resp. 20, 13 en 9 % verkregen. De fosfaattoestand van Pr 912 was matig (P-citr 37), van Pr 915 hoog (P-citr 69) en van Pr 916 laag (P-citr 26). Op de overige proefvelden werden geen standverschillen als gevolg van de fosfaatbemesting geconstateerd, hetgeen voor Pr 910, 911 en 917 samengaat met hoge P-citr-cijfers (resp. 104, 147 en 123). De fosfaatbemesting heeft bij Pr 910 de opbrengst zowel aan korrel als aan stro verlaagd, bij Pr 911 werd geen invloed op de korrelopbrengst gevonden; de opbrengst aan stro werd vermeerderd met ongeveer 5 %. Opmerkelijk is het feit dat de korrelopbrengst van Pr 917 met 10 % en de opbrengst aan stro met ongeveer 9 % werd vermeerderd.

Op Pr 913 en 914 gaat het niet zichtbaar reageren van het gewas gepaard met de vrij hoge P-citr-cijfers van resp. 48 en 44, wat evenwel niet wegneemt, dat bij Pr 914, in tegenstelling tot Pr 913, een verhoging van de korrelopbrengst met 8 % en van de opbrengst aan stro met 5 % werd verkregen. Pr 918 reageerde, hoewel het P-citr-cijfer laag was (28), niet zichtbaar, terwijl de opbrengst evenmin een reactie op de fosfaatbemesting vertoonde.

Het effect van de fosfaatbemesting, beoordeeld aan het gewas te velde, stemde dus behoorlijk overeen met het effect op de opbrengst; het verband tussen bij de standwaarnemingen opgemerkte verschillen en het P-citr-cijfer was matig.

In fig. 5a is de opbrengstvermeerdering aan korrel door 200 kg/ha P_2O_5 uitgedrukt in procenten van de opbrengst bij geen fosfaat, uitgezet tegen het P-citr-cijfer. De getrokken lijn geeft het verband weer tussen de opbrengstvermeerdering door een ruime fosfaatgift en het P-citr-cijfer.

In fig. 6 wordt de meeropbrengst van haver in q/ha vergeleken met de uitkomsten voor zomertarwe, verkregen in 1938 en 1939 door VISSER (1942) in Noord-Groningen. Het blijkt dat de fosfaatreactie groter is dan in die jaren.

Een duidelijke invloed van de fosfaatbemesting op de opbrengst werd geconstateerd op 3 van de 7 kleigronden (Pr 909, 912 en 914) en op de 3 humusrijke kleigronden (Pr 915, 916 en 917). De grote afwijkingen van de punten ten opzichte van de getrokken lijn vallen in fig. 5a op. Deze afwijkingen zijn uitgezet tegen de pH (fig. 5b). De kalktoestand, uitgedrukt door de pH, heeft invloed op de reactie op fosfaatbemesting.

Naarmate de pH hoger is, wordt de bij eenzelfde P-citr door fosfaatbemesting verkregen opbrengstvermeerdering kleiner. Na elimineren van deze pH-invloed kan een nauwere correlatie tussen de fosfaatreactie en het P-citr-cijfer worden aangetoond (fig. 5c).

Als gevolg van de correlatie tussen het humusgehalte en de pH heeft het humusgehalte ook invloed op de reactie op fosfaatbemesting. Op de humusrijke, zure kleigronden is de door fosfaatbemesting verkregen opbrengstvermeerdering groter.

Bij vergelijking van de werking van de stikstofbemesting bij de verschillende fosfaattrappen, krijgt men bij Pr 914, maar in het bijzonder bij Pr 912 de indruk, dat de grote fosfaatwerking zou kunnen samenhangen met de stikstofrijksdom van de grond. Pr 917 met een abnormaal groot effect van de fosfaatbemesting valt in tegenstelling hiermee juist op door een laag stikstofniveau van de grond. Ook de overige gegevens geven geen steun aan de hypothese, dat de grootte der fosfaatreactie beïnvloed zou worden door de mate waarin de bodem zelf het gewas van stikstof kan voorzien. Het gevonden grote fosfaattekort zal vermoedelijk in verband staan met het sterker mobiel worden van ijzer, als gevolg van de inundatie, waardoor het fosfaat wordt vastgelegd.

Ook bij stro blijkt een duidelijke invloed van de fosfaatbemesting op de opbrengst aanwezig te zijn, die groter is dan normaal. Met een hogere pH gaat weer samen een vermindering van het effect van de fosfaatbemesting.

Zoals opgemerkt is bij de korrelopbrengst, kan het humusgehalte als correctiefactor gebruikt worden. De fosfaatwerking is het grootst op de humusrijke gronden.

Bij beschouwing van de wisselwerking tussen de stikstof- en de fosfaatbemesting, blijkt dat alleen op Pr 912 de grote fosfaatreactie zou kunnen berusten op het hoge stikstofniveau van de grond.

Bovengenoemde invloed van de pH op de fosfaatreactie wordt bevestigd door de uitkomsten van het chemische gewasonderzoek. In fig. 7a zijn de P_2O_5 -gehalten van

FIG. 5. a. Het verband tussen de opbrengstvermeerdering aan korrel door de fosfaatbemesting en de fosfaattoestand van de grond
 b. De invloed van de pH op de samenhang tussen de opbrengstvermeerdering aan korrel door fosfaatbemesting en de fosfaattoestand van de grond
 c. Idem als a. maar na correctie voor de invloed van de pH

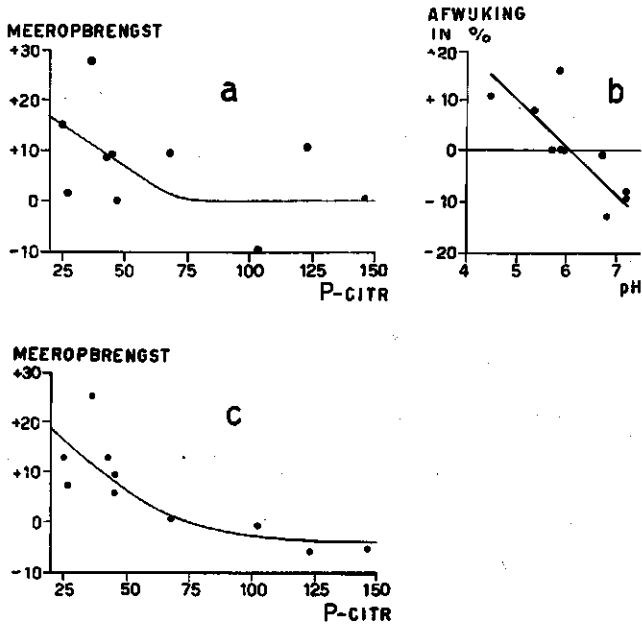


FIG. 5. a. Relation between the increase of the grain yield as a result of the application of phosphate and the phosphatic condition of the soil
 b. Influence of the pH on the relation between the increase of the grain yield as a result of the application of phosphate and the phosphatic condition of the soil
 c. As a, but after making elimination for the influence of the pH

FIG. 6. De meeropbrengst aan korrel van haver — door fosfaatbemesting vergeleken met die van zomertarwe —, gevonden door VISSER (1942) in verband met de fosfaattoestand van de grond

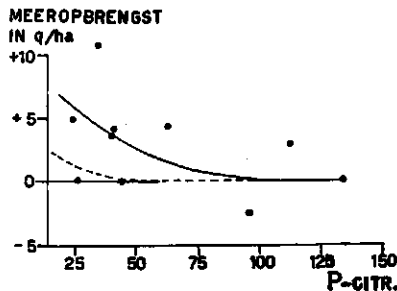


FIG. 6. Excess grain yield of oats — as a result of the application of phosphate as compared with the yield of spring wheat —, found by VISSER (1942) in connection with the phosphatic condition of the soil

het gewas uitgezet tegen het P-citr-cijfer. Er kon een correctie uitgevoerd worden met behulp van het N-gehalte van het loof (fig. 7b en 7c).

Na uitvoering van de correctie bleek het P_2O_5 -gehalte groter te zijn naarmate de pH hoger wordt (fig. 7d).

Deze uitkomst maakt het geringe effect van het door bemesting toegediende fosfaat bij hoge pH van de grond plausibel. Tenslotte geven wij in fig. 7e het verband tussen het P_2O_5 -gehalte van het gewas en het P-citr-cijfer, na elimineren van de invloed van het N-gehalte en van de pH.

Samenvattend kunnen wij concluderen, dat de werking van de fosfaatbemesting groot was. Ter verklaring van deze abnormaal grote werking wordt aan de fosfaatvastlegging aan door reductie mobiel gemaakt ijzer gedacht. Op de 3 humushoudende kleigronden werd een duidelijke invloed van de fosfaatbemesting op de korrelopbrengst gevonden. De opbrengst steeg gemiddeld 12 %, zowel bij laag als bij hoog P-citr-cijfer (resp.) 26 en 123). De opbrengst aan stro werd met gemiddeld 18 % verhoogd. Een duidelijke fosfaatreactie van gemiddeld 18 % werd op 3 van de 7 kleigronden gevonden. De opbrengst aan stro werd verhoogd met 12 %. Er bleek een verband te bestaan tussen het humusgehalte en de daarmee samenhangende pH en de invloed van de fosfaatbemesting op de opbrengst. Bij gelijke P-citr-cijfers is de opneembaarheid van het bodemfosfaat op de zure, humusrijke kleigronden kleiner en daardoor de werking van de fosfaatbemesting groter. Evenals in normale gevallen gevonden is (VISSER, 1942), neemt de fosfaatbehoefte dus toe, naarmate de pH lager is; in dit geval op geïnundeerde grond met grote fosfaatbehoefte trad het in sterke mate naar voren.

e. Kalibemesting en opbrengst

De werking van de kalibemesting is gering geweest, vooral op de korrelopbrengst. Alleen op Pr 918, waar het K-HCl cijfer laag is (0,013) werd half Juni een geringe K-werking in het gewas waargenomen. Volgens de korrel- en stro-opbrengsten blijken 5 proefvelden niet of nagenoeg niet op een kalibemesting gereageerd te hebben. Op 3 proefvelden werd een geringe opbrengstverlaging en op 2 proefvelden een geringe opbrengstverhoging geconstateerd, waaraan echter geen grote betekenis kan worden gehecht. In hoeverre deze geringe kalireactie berust op een verrijking van de grond met kali uit het zeewater, zoals door VAN BEEKOM (1946) bij de met zout water overstroomde gronden van de Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden is gevonden, kon op percelen, waarop deze proefvelden gelegen waren, niet worden nagegaan, daar ons geen gegevens ter beschikking stonden over de K-HCl cijfers van voor de inundatie.

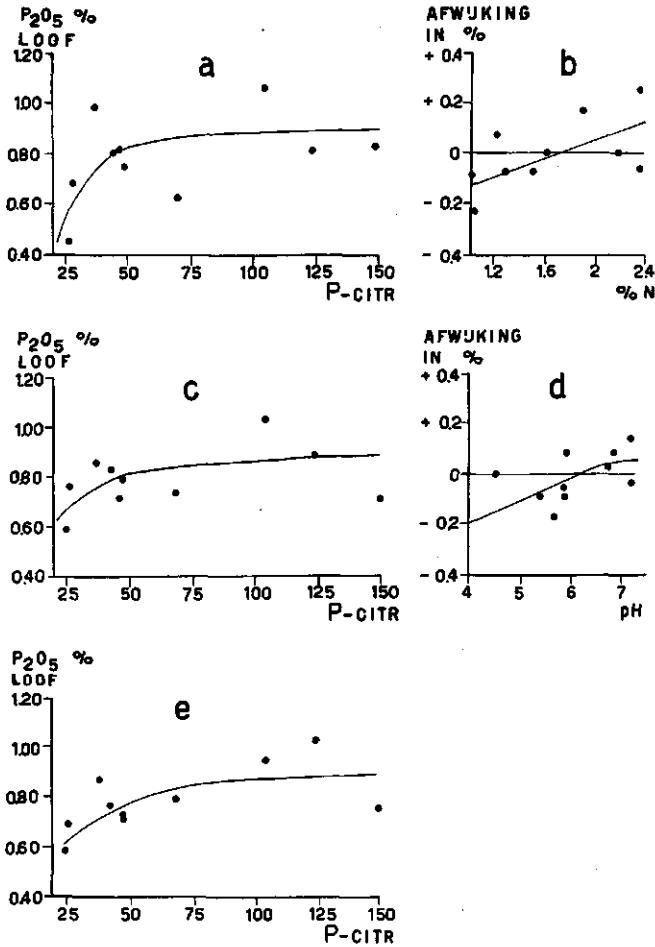
Het kali-effect is normaal en in overeenstemming met de uitkomsten van het grondonderzoek, die geen werking van de kalibemesting deden verwachten.

f. Wederzijdse beïnvloeding van de plantenvoedingsstoffen

Door de geringe nauwkeurigheid van de uitkomsten is het niet mogelijk een duidelijke invloed van de inundatie op de wederzijdse beïnvloeding van de plantenvoedingsstoffen vast te stellen.

Zoals reeds werd opgemerkt, bleek de kaliwerking gering te zijn, bovendien werd geen verschil gevonden in stikstof- en fosfaateffect bij beide kalitrappen, zodat we mogen aannemen dat de voorziening met kali geen wijziging in de stikstof- en fosfaatbemesting heeft veroorzaakt.

- FIG. 7. a. Het verband tussen het P_2O_5 -gehalte van het gewas en de fosfaattoestand van de grond
 b. De invloed van het N-gehalte van het gewas op het verband tussen het P_2O_5 -gehalte van het gewas en de fosfaattoestand van de grond
 c. Idem als a. maar na correctie voor de invloed van het N-gehalte
 d. De invloed van de pH op het verband tussen het P_2O_5 -gehalte van het gewas en de fosfaattoestand van de grond na correctie voor de invloed van het N-gehalte
 e. Idem als a. maar na correctie voor de invloed van het N-gehalte en de pH



- FIG. 7. a. Relation between the P_2O_5 content of the crop and the phosphatic condition of the soil
 b. The influence of the N content of the crop on the relation between the P_2O_5 content of the crop and the phosphatic condition of the soil
 c. Same as a. but after elimination for the influence of the N content
 d. The influence of the pH on the relation between the P_2O_5 content of the crop and the phosphatic condition of the soil after allowance for the influence of the N content
 e. Same as a. but after elimination for the influence of the N content and the pH

Slechts op één proefveld (Pr 909) heeft stikstof bij weglaten van de fosfaatbemesting negatief op de korrelopbrengst gewerkt. Na het geven van een fosfaatbemesting bleek stikstof de opbrengst, zij het nog in geringe mate, te verhogen. In één geval (bij Pr 912) heeft de stikstofbemesting zelfs bij alle fosfaattrappen nadelig gewerkt, zowel op de opbrengst aan korrel als aan stro, wat er dus op wijst, dat zelfs bij de hoogste fosfaattrap fosfaat in verhouding tot stikstof nog in het minimum was. De verhouding waarin stikstof en fosfaat door de grond aan het gewas wordt geboden, heeft dus slechts in enkele gevallen tot een minder harmonische voeding geleid. Op de meeste proefvelden kon hiervan echter niet gesproken worden.

Wij merken nog op, dat op Pr 910, met een hoog P-citr-cijfer, de fosfaatbemesting bij een voldoende voorziening met stikstof geen invloed heeft gehad op de korrelopbrengst; zodra stikstof in verhouding tot fosfaat in het minimum komt, heeft de fosfaatbemesting schadelijk gewerkt. Bij de opbrengst aan stro heeft de fosfaatbemesting bij alle stikstoftrappen nadelig gewerkt, waaruit blijkt dat in dit geval zelfs bij de hoogste stikstoftrap stikstof in verhouding tot fosfaat in het minimum was.

3. DE BEMESTINGSPROEFVELDEN IN ZUIDWESTELIJK NEDERLAND

a. Beschrijving van de proefvelden

De proefvelden lagen over het gehele inundatiegebied verspreid, namelijk op Zuidbeveland, Tholen, Schouwen en Duiveland, Overflakkee en in de polders bij Ossendrecht en Fijnaart. Deze gebieden zijn in de periode van Maart of Juni 1944 tot het einde van 1944 of tot Mei of Juli 1945 geïnundeerd geweest.

Het proefveldschema was hetzelfde als van de proefvelden in Groningen (zie blz. 23). De proefvelden werden einde November tot midden December 1945 op percelen met wintertarwe aangelegd. De wintertarwe was in October gezaaid. De fosfaatbemesting als superfosfaat en de kalibemesting als kalizout 40 of 50% werden in de herfst als overbemesting gegeven. De stikstofbemesting werd in de tweede helft van April toegediend in de vorm van kalkammonsalpeter of kalksalpeter.

Hoewel oorspronkelijk 36 proefvelden werden aangelegd, viel door allerlei oorzaken een vrij groot aantal percelen af, zodat slechts 26 velden werden geoogst. Van deze gingen er nog weer een aantal verloren, doordat de stikstof niet goed gestrooid was, vogelschade de oogstopbrengst beïnvloedde, een voorvrucht suikerbieten voor inundatie niet was gerooid. Een proefveld, waarop ernstig structuurverval was opgetreden, is buiten beschouwing gelaten. Dit proefveld gaf een sterke reactie op de N-bemesting. Op dit verschijnsel, dat gronden met sterk structuurverval wel bijzonder sterk op N reageren, wordt in het volgende hoofdstuk uitvoerig ingegaan.

Na deze selectie bleven slechts 18 proefvelden over. Enkele bodemkundige gegevens van deze proefvelden zijn samengevat in tabel 10.

In deze tabel ziet men dat de variatie in humusgehalte en pH in het algemeen klein was. Het kalkgehalte en percentage afslibbare delen varieerde sterk. Het P-citr was alleen op de velden no 8 en 32 kleiner dan 30. Het kaligehalte was vooral op de velden 2, 27 en 34 laag. Het zoutcijfer was niet van dien aard dat invloed van het zout op de oogst mocht worden verwacht.

De bewerking van de opbrengstgegevens geschiedde op dezelfde wijze als van de proefvelden in Groningen (vergelijk blz. 23).

Een overzicht van de verschillende bemestingseffecten is weergegeven in tabel 11.

b. Stikstofbemesting en opbrengst

In het algemeen is de invloed van de stikstofbemesting gering geweest. De gemiddelde verhoging bij de hoogste stikstofbemesting was ongeveer 4% voor korrel- en 8% voor stro-opbrengst.

TABEL 10. BODEMKUNDIGE EIGENSCHAPPEN VAN DE PROEFVELDEN IN 1946

No.	Inundatiegebied	C-cijfer inunda- tiewater	Humus %	CaCO ₃ %	Afslib- bare delen	pH	P-citr	K ₂ O %	C-cijfer voorjaar 1946 5-20 cm
2	Zuidbeveland	20	2,0	0,2	25	7,2	48	0,021	1,6
3	" " " " " " " "	20	4,0	11,6	42	7,5	43	0,036	0,6
8	Polders bij Fijnaart . .	3-5	2,7	7,0	43	7,8	20	0,027	0,5
9	" " " " " " " "	3-5	1,7	6,0	26	7,7	-	-	1,2
15	Tholen " " " " " "	25	1,7	1,3	19	7,6	50	0,030	1,6
16	Schouwen en Duiveland	25	2,0	1,2	44	8,1	60	0,061	5,4
18	" " " " " " " "	25	2,6	4,5	53	8,2	66	0,076	0,9
20	" " " " " " " "	25	1,9	3,4	14	7,7	39	0,038	0,5
21	" " " " " " " "	25	3,5	0,1	30	7,0	42	0,055	3,5
23	" " " " " " " "	25	2,9	3,8	20	7,6	43	0,038	0,5
24	" " " " " " " "	25	2,4	5,8	37	8,2	56	0,065	3,5
25	" " " " " " " "	25	2,0	0,8	27	7,8	51	0,050	0,9
26	" " " " " " " "	25	2,0	0,3	19	7,8	40	0,044	0,9
27	Overflakke (brak) . .	7	3,0	6,3	22	7,9	39	0,021	0,0
31	" (zout)	20	2,0	5,6	30	8,1	37	0,048	2,4
32	" " " " " " " "	20	2,3	5,4	25	8,0	26	0,033	0,0
33	" " " " " " " "	20	2,4	6,0	19	7,9	30	0,029	0,9
34	" (brak)	7	2,4	5,4	17	7,8	33	0,023	0,0

No.	Inundation area	C-figure inundation water	Humus %	CaCO ₃ %	Soil fraction <16μ	pH	P-citr	K ₂ O %	C-fig. spring 1946 5-20 cm
-----	-----------------	---------------------------------	------------	------------------------	--------------------------	----	--------	--------------------	-------------------------------------

TABEL 10. Soil properties of the experimental plots in 1946

Deze geringe invloed van stikstofbemesting zou zowel met een hoog gehalte aan voor de planten opneembare bodemstikstof, als met een mogelijk door de inundatie gewijzigde onderlinge verhouding van de voedingsstoffen in verband kunnen staan. Wegens de geringe fosfaat- en kalireactie (zie blz. 35) is laatstgenoemde veronderstelling niet waarschijnlijk. De eerstgenoemde mogelijkheid is eerder aannemelijk, nl. dat de abnormaal geringe behoefte aan stikstofbemesting van het gewas op deze geïnundeerde gronden, evenals dit het geval was in Groningen (zie blz. 25), een gevolg is geweest van een hoog stikstofgehalte van de grond (vergel. ook Hoofdstuk I). Het hoge stikstofgehalte is blijkbaar op de meeste percelen, waarop de proefvelden waren gelegen, behouden gebleven, doordat in het eerste jaar na de inundatie (1945) geen gewas werd verbouwd.

Op enkele percelen werd echter reeds het tweede gewas na inundatie geoogst. Dit waren de proefvelden 8 en 9. Het laatste proefveld vertoont een sterke reactie op stikstof; mogelijk is hier de stikstofverrijking ten gevolge van de inundatie door het eerste gewas reeds verbruikt. Enige voorzichtigheid is echter bij het trekken van een conclusie wel geboden, aangezien ook bij de grootste stikstofbemesting nog geen voor 1946 normale opbrengst werd bereikt, hetgeen toch verwacht mocht worden. Hier moeten

TABEL 11. OVERZICHT VAN DE BEMESTINGEFFECTEN OP DE NPK-PROEFVelden 1946

No.	Korrel										Stro													
	Opbrengst in q/ha bij					Opbrengstvermeerdering in % t.o.v. object door					Opbrengst in q/ha bij					Opbrengstvermeerdering in % t.o.v. object door								
	0 P ₂ O ₅ (rekenkundig gemidd.)		0 K ₂ O		N	N ₂ = 20	N ₄ = 40	50	150	gem.	K ₂ O	100	0 P ₂ O ₅ (rekenkundig gemidd.)		0 K ₂ O	N	N ₂ = 20	N ₄ = 40	50	150	gem.	K ₂ O	100	
	0 N (uit opbrengst kromme)	0 P ₂ O ₅ (rekenkundig gemidd.)	0 P ₂ O ₅ (arithmetical average)	0 K ₂ O																				
2 ¹	40,8	52,4	51,2	19,4	19,4	3,4	2,3						60,4	87,2	79,2	21,8	30,1	-0,9	3,5					
3 ²	45,2	50,0	48,8	6,2	5,3	4,0	4,1						76,4	95,2	99,2	5,2	15,7	-0,2	0					
8	32,0	38,0	40,0	5,0	7,5	-1,1	-4,0						53,2	66,8	63,6	9,0	13,5	1,5	5,0					
9	18,4	24,8	25,2	15,2	19,6	0	0						31,2	41,2	41,2	16,7	21,8	0,5	0					
15	54,0	55,4	52,2	1,5	3,2	2,2	9,6						74,9	79,8	78,1	6,0	12,0	7,3	7,8					
16	53,5	56,4	58,5	0	3,5	5,3	-0,3						80,0	77,4	82,8	-6,8	-13,5	3,9	-0,5					
18	45,5	44,5	45,2	1,8	3,5	3,5	-6,4						55,2	58,0	63,0	9,1	18,1	5,4	-8,9					
20	32,6	42,7	42,2	15,0	30,0	3,3	6,6						stro niet betrouwbaar straw unreliable											
21	51,3	56,8	55,1	0	8,9	-2,5	0,9						64,9	67,3	67,3	-8,5	-5,0	-0,4	2,5					
23	48,5	47,0	52,7	4,1	8,9	11,7	-8,0						63,3	74,5	79,0	8,2	16,3	3,0	-6,1					
24	51,0	53,4	53,2	3,5	6,7	6,0	6,4						64,0	70,4	72,8	4,7	9,4	7,4	6,3					
25	49,8	55,5	51,1	4,4	9,0	-1,8	0,8						56,8	66,6	68,5	7,7	15,1	-0,2	-3,2					
26	59,2	59,6	61,4	2,0	4,1	-0,7	1,8						68,0	73,4	77,3	5,7	11,5	-1,1	-3,2					
27	66,0	59,9	65,5	-2,3	-5,5	-2,0	-4,9						108,7	111,0	115,6	4,1	8,3	-6,2	-4,3					
31	49,0	50,3	49,7	2,2	4,9	2,6	-1,8						85,6	85,8	80,0	-0,5	-1,0	0,6	5,7					
32	52,0	53,0	55,8	1,7	3,7	0,2	-3,4						73,0	78,8	82,8	4,7	8,8	-0,3	-0,7					
33	56,7	53,7	59,1	1,9	4,1	-0,6	-2,5						79,2	94,7	76,8	1,8	3,5	-11,3	10,9					
34	42,6	51,8	51,2	9,4	19,0	-1,2	4,1						68,8	90,6	99,2	19,5	38,8	2,6	-3,4					
No.	0 N (from production curve)		0 P ₂ O ₅ (arithmetical average)		0 K ₂ O		Production increase in % as compared with 0 object by					0 N (from production curve)		0 P ₂ O ₅ (arithmetical average)		0 K ₂ O		Production increase in % as compared with 0 object by						
	Yield in quintals per ha with						Yield in quintals per ha with						Yield in quintals per ha with						Yield in quintals per ha with					
	Grain						Grain						Grain						Grain					
Straw						Straw						Straw						Straw						

TABEL 11. Survey of fertilizing effects on NPK trial plots 1946

¹ N₄ = 45 kg N per ha N₈ = 90 kg N per ha
² N₄ = 33 kg N per ha N₈ = 66 kg N per ha

dan ook nog andere factoren in het spel zijn, die echter niet konden worden opgespoord.

Het proefveld No 8 vertoont een lage opbrengst zonder stikstof, hetgeen net als bij No 9 een aanwijzing zou kunnen zijn voor het verbruik van de inundatiestikstof door het eerste gewas na inundatie. Echter zou men dan een sterkere reactie op stikstofbemesting verwachten, dan werd waargenomen.

Met dit al is ten aanzien van de invloed van een voorvrucht na inundatie geen betrouwbare conclusie te trekken.

Verder vallen in tabel 11 de proefvelden 2, 20 en 34 op door hun sterkere stikstofwerking, terwijl 27 een negatieve reactie vertoont.

Proefveld 2 lag in een polder, die slechts gedurende 3 maanden werd geïnundeerd, zodat de stikstofverrijking hier waarschijnlijk ook gering zal zijn geweest (vergelijk blz. 16). Het is normaal, dat hier een sterke stikstofreactie is opgetreden.

De proefvelden 20 en 34 zijn wat afslibbare delen betreft de lichtste gronden (resp. 14 en 17%). Daar echter ook de proefvelden 15 en 26 beiden slechts 19% afslibbare delen hebben en slechts een zwakke reactie op stikstofbemesting vertonen, moet ook de aanwijzing in de richting van een grotere stikstofbehoefte van de lichte gronden met het nodige voorbehoud worden vastgesteld.

De negatieve stikstofbemesting op proefveld No 27 is een gevolg van schade door legering.

Bij het bepalen van de gemiddelde reactie van korrel- en stro-opbrengst op stikstofbemesting, zoals aan het begin van de paragraaf heeft plaats gehad, is het echter redelijk de hierboven besproken proefvelden 2, 8, 9, 20 en 34 buiten beschouwing te laten, aangezien zij onder invloed van factoren stonden, waarvan de invloed niet afzonderlijk kon worden bepaald.

c. Fosfaatbemesting en opbrengst

De reactie van de opbrengst op fosfaatbemesting was, in tegenstelling met die in het Groningse inundatiegebied niet van betekenis (gemiddelde opbrengstverhoging aan korrel 2% en gemiddeld geen verhoging bij stro). Dit is in overeenstemming met de P-citr-cijfers, die in de meeste gevallen voldoende zijn (zie tabel 10). Wij zien dus, dat op geïnundeerde gronden de reactie op P-citr niet anders was dan op normale gronden.

Volledigheidshalve vermelden wij nog, dat wel een kleine fosfaatreactie van 3-4% werd gevonden op gronden met een CaCO_3 -gehalte van 2-5%, maar dat op gronden met een CaCO_3 -gehalte lager dan 1% en hoger dan 6% negatieve reacties zijn voorgekomen. Dit wordt bevestigd door de uitkomsten van het chemische gewasonderzoek, waaruit blijkt dat de opname van het bodemfosfaat bij een CaCO_3 -gehalte van 2-5% kleiner is. De gevonden aanwijzingen zijn zwak; zij stemmen echter overeen met het resultaat van VAN DER PAAUW (1947), die op proefvelden op de Zuidhollandse eilanden eveneens een zwakke aanwijzing verkreeg, dat de door de fosfaatbemesting teweeggebrachte opbrengstvermeerdering het grootst is bij een middelmatig kalkgehalte van 3-5%.

d. Kalibemesting en opbrengst

De kalireactie was in het algemeen evenmin van betekenis (gemiddeld geen opbrengstverhoging aan korrels en gemiddelde opbrengstverhoging aan stro van 1%). Het uitblijven van de kalireactie stemt overeen met de op de proefvelden voorkomende K_{HCl} -gehalten, waarbij op normale gronden geen werking van de bemesting kan worden verwacht. Wij zien dus, dat deze gronden niet van normale gronden afwijken wat betreft de waarde van K_{HCl} .

De kalktoestand lijkt bij de korrelopbrengst eveneens enige invloed te hebben op de kalireactie; vermoedelijk is de opname van kali bij een CaCO_3 -gehalte van ongeveer 2-4% kleiner dan bij een hoger of lager CaCO_3 -gehalte. De werking van de kalibemesting bedroeg bij deze CaCO_3 -gehalten ongeveer 3%; bij lagere CaCO_3 -gehalten werd een geringer effect en bij hogere gehalten zelfs een negatieve reactie waargenomen. Deze uitkomst, waarvan de betrouwbaarheid echter gering is, is in overeenstemming met een soortgelijk resultaat, dat VAN DER PAAUW (1947) ook vaststelde bij proefvelden op de Zuidhollandse eilanden.

4. WIJZIGING VAN DE FOSFAATBEHOEFTE ALS GEVOLG VAN DE INUNDATIE

De drooggevalle grond kenmerkte zich in Groningen vaak door een meerdere of mindere mate van roodkleuring, als gevolg van een bedekking door roodgekleurd, sterk ijzerhoudend slib. Deze verkleuring was ook waar te nemen in doorgebroken grove kluiten, die door rode aders doortrokken waren. Dit ijzer is door reductie van de grond vrijgekomen en later na droogvallen van de grond neergeslagen. Aangezien fosforzuur gemakkelijk door ijzer gebonden kan worden tot weinig oplosbaar en voor de planten slecht opneembaar ijzerfosfaat, is het niet denkbeeldig, dat dit proces een ongunstige invloed heeft uitgeoefend op de fosfaattoestand van de grond. Vooral op de in het geïnundeerde gebied gelegen, van nature sterk ijzerhoudende roodoorngronden, die met een laagje van dit slib bedekt waren, en welke grondsoort toch al in normale toestand moeilijkheden bij de fosfaatvoeding oplevert, lijkt de mogelijkheid van verergerd fosforzuurbrek aanwezig.

Om nog iets naders te weten te komen over de invloed van de inundatie op de beschikbaarheid van het fosfaat op dit type gronden, is in het najaar een potproef genomen. De grond voor deze proef werd genomen van een perceel roodoorngrond te Luddeweer, dat gedeeltelijk onder water had gestaan. Er is nu zowel grond weggehaald van een gedeelte, dat steeds droog gebleven is, als van een ander, dat geruime tijd onder water heeft gestaan. Beide plekken van dit iets hellende perceel lagen zeer dicht bij elkaar; het P-citr van beide was praktisch gelijk; er werd namelijk gevonden P-citr 32 bij de geïnundeerde en 26 bij de droog gebleven grond, zodat de eerste in geen geval uit zichzelf armer aan fosfaat was. De geïnundeerde grond was door een rode sliplaag bedekt, de droog geblevene had een geheel normaal voorkomen.

De grond van beide plekken is voor een bemestingsproef met fosfaat gebruikt. Als meststoffen zijn superfosfaat en Thomasslakkenmeel toegepast. Aangezien ons uit vroeger onderzoek bekend is, dat het in water oplosbare superfosfaat gevaar kan lopen door deze fosfaatvastleggende grondsoort onwerkzaam te worden gemaakt, werd behalve het gewone superfosfaat ook een zeer grof gekorrelde product gegeven, dat zoals eerder gevonden is langer voor het gewas beschikbaar blijft. Dit drietal fosfaadmeststoffen is in 5 opklimmende hoeveelheden gegeven, namelijk overeenkomend met bemestingen naar 0, 40, 100, 200 en 500 kg/ha P_2O_5 . Alle potten hebben een gelijke hoeveelheid stikstof en kali ontvangen. Op de potten, welke ± 6 kg grond bevatten, werd rogge verbouwd, die in November groen geoogst is.

Nadat er aanvankelijk geen grote verschillen tussen de beide series waren te constateren, werd later een duidelijk verschil merkbaar ten gunste van het gewas op de niet geïnundeerde grond. Dit bleef bij weggelaten of bij lichte fosfaatbemesting minder in stand achter. Bij zeer ruime fosfaatbemesting was de stand van het gewas in beide series even goed. De opbrengsten brengen dit verschil duidelijk aan het licht. Met opklimmende hoeveelheden superfosfaat (gemiddelde van gewoon en van grof gekorrelde superfosfaat) waren de opbrengsten als volgt (grammen droge stof per pot):

	0	40	100	200	500 kg/ha P_2O_5
Geïnunderd	2,3	3,4	4,9	6,6	8,2
Niet geïnunderd	3,4	4,6	6,5	7,0	8,0

Op even duidelijke wijze bleek het fosfaatgehalte van het gewas op de niet geïnunderde grond belangrijk hoger te zijn, dan op de wel geïnunderde. De volgende P_2O_5 -gehalten van de droge stof werden vastgesteld (in procenten):

	0	40	100	200	500 kg/ha P_2O_5
Geïnunderd	0,68	0,75	0,83	0,97	1,14
Niet geïnunderd	0,88	0,98	1,03	1,15	1,32

In dit geval zijn zelfs bij zware fosfaatbemesting nog geen gelijke uitkomsten verkregen. De fosfaatopname is dus op de droog gebleven grond inderdaad veel gunstiger geweest dan op de grond, die onder water heeft gestaan.

Het is verder nog gebleken, dat het grof gekorrelde fosfaat inderdaad een enigszins gunstiger werking heeft gehad dan het fijn verdeelde. Dit kwam vooral tot uiting op de, vermoedelijk fosfaat sterker vastleggende, geïnunderde grond.

De opbrengsten en fosforzuurgehalten (tussen haakjes) van het gewas op de potten met geïnunderde grond bij verschillende fosfaatbemesting waren:

Meststof	0	40	100	200	500 kg/ha P_2O_5
Superfosfaat	2,3 (0,68)	3,4 (0,71)	4,4 (0,75)	6,1 (0,86)	8,1 (1,05)
Gekorrelt sup.		3,4 (0,79)	5,4 (0,90)	7,1 (1,08)	8,3 (1,22)
Slakkenmeel		3,2 (0,81)	4,3 (0,79)	5,6 (0,93)	7,3 (1,14)

Slakkenmeel heeft de opbrengst niet even sterk doen stijgen als beide superfosfaten; eigenaardig is, dat de fosforzuurgehalten bij bemesting met deze meststof wel van dezelfde orde zijn. De uitstoeling van het gewas is echter bij bemesting met slakkenmeel iets geringer geweest, wat de geringere opbrengst gedeeltelijk kan verklaren. Deze geringere uitstoeling wijst op een in de aanvang geringere beschikbaarheid van dit fosfaat; in een later groeistadium is het vermoedelijk even goed opgenomen.

Deze proef laat niet toe om definitief uit te maken, welke meststof voor roodoorngrond het meest in aanmerking komt. Mogelijk opent het grof gekorrelde superfosfaat, dat wel goed werkt, maar niet zo gauw vastgelegd wordt, voor fosfaatbindende gronden zoals de roodoorn, perspectieven. Ook vroeger genomen proeven hebben in deze richting gewezen.

Wel is het echter duidelijk geworden, dat de behoefte van de grond aan fosfaat onder invloed van de inundatie kan toegenomen zijn, zelfs als het P-citr van de grond practisch weinig verandering heeft ondergaan. Dit is blijkbaar het geval als ijzer door reductie vrijgekomen is, welk verschijnsel in het bijzonder bij humusrijkere kleigronden in sterke mate in Groningen is opgetreden.

IV. DE INVLOED VAN STIKSTOFBEMESTING OP DE SCHADE TEN GEVOLGE VAN SLECHTE STRUCTUUR EN ZOUT

1. DE GEGEVENS VAN VROEGERE INUNDATIES

Tengevolge van de inundatie met zout water treedt na enige tijd, afhankelijk van verschillende factoren een min of meer ernstig structuurverval op, dat uiteindelijk veel meer schade berokkent dan het zout. Reeds door TER HAAR (1910) werden deze twee factoren zout en structuur zeer duidelijk naast elkaar geplaatst. Terwijl de cultuur met het zout in 't algemeen slechts 1 à 2 jaar behoeft rekening te houden, is de schade van het structuurverval van veel langduriger aard, vooral in de tijd dat men nog niet over goede middelen beschikte om het structuurherstel te bevorderen.

Echter merkten vele onderzoekers op dat stikstofbemesting steeds een zeer gunstige invloed op groei en ontwikkeling van het gewas had wanneer de grond structuurverval vertoonde; TER HAAR (1910), SMEDING (1921), NOBEL (1921), VAN GODTSENHOVEN (1920), Rapport Kruiningerpolder enz. (1945), BAEYENS (1945).

Op de meer dan normale stikstofbehoefte werd speciaal door VAN BEEKOM (1944) de aandacht gevestigd. 60 à 80 kg N extra in 3 à 4 keer gegeven in de loop van de groeiperiode waren in staat een normale oogst te leveren.

BAEYENS e.a. (1947) merkten op, dat door de zware stikstofbemesting niet alleen de opbrengst steeg, maar dat door de betere beworteling ook de permeabiliteit van de grond groter werd.

Teneinde na te gaan, in hoeverre stikstofbemesting in staat is de oogstdepressie tengevolge van structuurverval te voorkomen, werden gedurende twee jaren proeven genomen.

In 1947 werden op een in 1945 aangelegd gipsbemestingsproefveld met oplopende gipshoeveelheden drie verschillende stikstofbemestingen gegeven. Het gewas was Kenia-zomergerst.

In 1948 werden met Binder-haver als gewas 9 proefvelden aangelegd, 3 op niet geïnundeerde grond, 3 op geïnundeerde grond met goede structuur en 3 op geïnundeerde grond met slechte structuur.

2. HET BEMESTINGSPROEFVELD IN 1947

a. Bodemkundige gegevens

Het proefveld was gelegen op een jonge kalkrijke zeeklei met 2,5 % humus, 6,7 % CaCO_3 en 55 % delen afslibbaar. Het P-citr-cijfer was 32, het kaligehalte 0,057.

b. Proefveldschema

Het proefveldschema was als volgt:

Het proefveld was verdeeld in 6 blokken, welke in twee rijen van 3 blokken naast elkaar lagen. Twee blokken kregen 40 kg, twee 60 kg en twee 80 kg zuivere stikstof per ha. Het proefveld lag dus in tweevoud.

Elk van de blokken was verdeeld in 10 veldjes waarop de gipsbemesting respectievelijk 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 en 20 ton bedroeg. De gips bevatte $\pm 53\%$ CaSO_4 2aq.

c. Structuur van de grond

Onder invloed van de verschillende hoeveelheden gips hadden de veldjes structuren,

die varieerden van slecht tot vrij goed. Op de velden zonder gips was de kruimellaag 3 à 4 cm dik, terwijl op de velden met 20 ton per ha deze laag 8 à 9 cm dik was. De ondergrond beneden deze laag was in 't voorjaar veel natter, zodat de grond plastisch en kneedbaar was, terwijl in de zomer deze ondergrond steenhard werd. Naarmate de gipsbemesting toenam werd de dikte van de kruimellaag groter. De ondergrond was overal ongeveer gelijk.

Natuurlijk kunnen plaatselijk variaties optreden, waardoor de structuur beter of slechter is dan men op grond van de gipsbemesting zou mogen verwachten. Het gewas zal hierop dienovereenkomstig reageren, zodat vrij grote variaties in de opbrengst werden gevonden.

In de verdere bespreking zal gesproken worden van de gipsbemesting. Hier wordt echter aangenomen dat, naarmate de gipsbemesting groter is, de structuur ook beter wordt.

d. *Bewerking van de uitkomsten*

De bewerking van de opbrengst van het proefveld had plaats op een dergelijke manier als van de NPK-proefvelden (vergelijk blz. 23). Eerst werden de opbrengsten voor de bemestingseffecten gecorrigeerd. Daarna werd een vruchtbaarheidskaart van het proefveld gemaakt en op grond hiervan een vruchtbaarheidscorrectie op de opbrengst der veldjes toegepast. De resultaten zijn samengevat in figuur 8.

FIG. 8. De invloed van gips- en stikstofbemesting op de korrel- en stro-opbrengst van Kenia- zomergerst op het proefveld in 1947

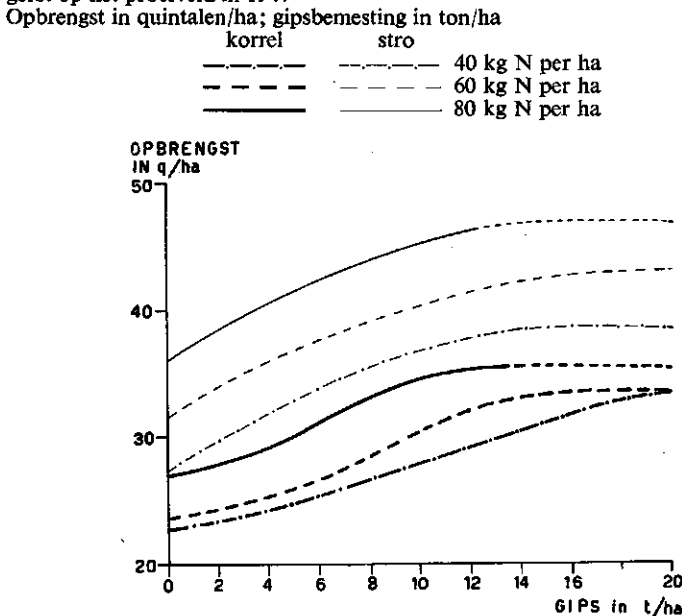


FIG. 8. The influence of the application of gypsum and nitrogen on the grain and straw yield of Kenia spring barley on the experimental field in 1947

Yields in quintals per ha; gypsum dressings in tons per ha

grain	straw	
—	—	40 kg N per ha
- - -	- - -	60 kg N per ha
—	—	80 kg N per ha

e. Resultaten van het proefveld

Korrelopbrengst. Naarmate de stikstofbemesting groter is ligt het opbrengst-niveau hoger.

De invloed van een grotere stikstofbemesting op de opbrengst wordt echter mede beïnvloed door de gipsbemesting, dus door de structuur.

Bij wiskundige bewerking werd gevonden, dat er een interactie bestaat tussen stikstofbemesting en gipsbemesting, welke interactie redelijk betrouwbaar kan worden genoemd.

De verklaring voor het beloop van de lijnen is als volgt gedacht:

Wanneer de structuur zeer slecht is, geeft een grotere stikstofbemesting een verhoging van de opbrengst. Naarmate echter de structuur beter wordt, is deze verhoging groter, doch neemt weer af als een zekere maximumopbrengst wordt bereikt. Voor een gunstige stikstofwerking worden dus zekere eisen aan de structuur gesteld.

Een zwaardere stikstofbemesting is echter in staat om bij een relatief slechtere structuur dit maximum te bereiken: met 40, 60 en 80 kg stikstof per ha respectievelijk bij 20, ± 15 en ± 12 ton gips per ha. Was het nu zo, dat het bereikte maximum bij alle stikstofbestedingen hetzelfde was, dan zou de extra stikstof beschouwd kunnen worden als een compensatie voor het gedaalde rendement van de stikstofbemesting tengevolge van de slechte structuur. De bemesting met 80 kg stikstof per ha wijst er echter op, dat de stikstofbemesting ook de maximumopbrengst nog verhoogt. Het grotere verschil tussen 60 en 80 kg stikstof zou dan verklaard kunnen worden door aan te nemen, dat een bepaalde hoeveelheid stikstof nodig is voor compensatie van de invloed van de slechte structuur, terwijl hetgeen daarboven wordt gegeven de opbrengst nog doet stijgen.

Uit het voorgaande blijkt, dat bij matige structuur extra stikstofbemesting in staat is om de oogstdepressie tengevolge van structuurverval te compenseren.

In hoeverre een volledige compensatie bij slechte structuur mogelijk is kan uit deze gegevens niet worden afgeleid. Bij de zwaarste stikstofbemesting was bij de slechtste structuur de oogstdepressie nog $\pm 24\%$.

Stro-opbrengst. De stikstofbestedingslijnen in fig. 6 lopen praktisch evenwijdig.

De gipsbemesting (c.q. structuur) speelt ook hier weer een belangrijke rol. Het is wel eigenaardig, dat bij het stro niets van een interactie tussen stikstofbemesting en structuur is te bespeuren.

De verhoging van de stikstofbemesting van 40 op 60 kg en van 60 op 80 kg stikstof per ha komt in beide gevallen overeen met een verhoging van het opbrengstniveau met ± 4 q/ha.

De maximale opbrengstdepressie bij de velden zonder gipsbemesting vergeleken met de hoogste opbrengst is bij 40, 60 en 80 kg stikstof per ha respectievelijk 29, 27 en 24 %. Een duidelijke aanwijzing, dat hier een nog grotere stikstofbemesting de invloed van een slechte structuur uiteindelijk zal compenseren, kon niet worden gevonden.

3. DE BEMESTINGSPROEFVELDEN IN 1948

a. Beschrijving van de proefvelden

In 1948 werd een serie van 9 proefvelden aangelegd met Binder-haver als proefgewas. 3 proefvelden werden op niet geïnundeerde grond aangelegd, 3 werden aangelegd op geïnundeerde grond met goede structuur en 3 op geïnundeerde grond met zeer slechte structuur.

De proefvelden met goede structuur op geïnundeerde gronden werden aangelegd om een mogelijke belangrijke invloed van de nog steeds afwijkende complexbezetting te kunnen constateren.

Twee proefvelden moesten worden uitgeschakeld, het ene (N.T. 32) in verband met onregelmatigheden in de profielopbouw en het andere (N.T. 30) in verband met de zwaarte van de grond, die niet met de overige velden vergelijkbaar was.

Het schema was een latinsquare met 4 bemestingstrappen t.w. 0, 40, 80 en 120 kg stikstof per ha.

Er werd bij het uitzoeken van de velden naar gestreefd een aantal factoren gelijk te houden om zodoende de vergelijking der velden zo betrouwbaar mogelijk te maken.

In tabel 12 zijn enkele gegevens van deze proefvelden opgenomen en hier ziet men dat de proeven niet in alle opzichten gelijkwaardig zijn.

TABEL 12. GEGEVENS VAN DE STIKSTOFBEMESTINGSPROEFVELDEN IN 1948

Proefveld no.	Geïnundeerd	Structuur voorjaar 1948			Grondanalyse laag 0-20 cm					
		Algemene indruk	Boven-grond	Onder-grond	Afslibbare delen	Humus %	CaCO ₃ %	pH (H ₂ O)	P-citr	K ₂ O %
N.T. 26	wel	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	27	1,8	7,1	8,0	34	0,038
N.T. 27	wel	3	4 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	26	2,0	3,9	7,9	40	0,028
N.T. 28	niet	4	4 $\frac{1}{2}$	3	35	1,8	9,6	7,5	49	0,014
N.T. 29	wel	2	3 $\frac{1}{2}$	1	36	1,7	2,8	7,6	62	0,044
N.T. 31	niet	4	5	3	37	1,4	3,4	7,3	45	0,020
N.T. 33	wel	4	4 $\frac{1}{2}$	3	34	3,7	0,14	6,9	34	0,023
N.T. 34	niet	4	5	3 $\frac{1}{2}$	32	2,9	0	6,3	39	0,018
Exper. plot No.	Inundated	Gen. impr.	Top soil	Sub soil	Soil fraction < 16 μ	Humus %	CaCO ₃ %	pH H ₂ O	P-citr	K ₂ O %
		Structure spring 1948			Soil analysis layer 0-20 cm					

TABEL 12. Data about the trial plots dressed with nitrogenous fertilizers in 1948

N.T. 33 en 34 zijn ontkalkte gronden met lage pH. N.T. 28 heeft een zeer laag kali-gehalte. Verder kan nog het volgende worden opgemerkt: N.T. 27 werd als enig veld alleen in 't voorjaar met een schijfeg bewerkt; had dus geen najaarsbewerking ondergaan. N.T. 26, N.T. 33 en N.T. 34 hadden in 1936 een stikstofleverend gewas gedragen. N.T. 26 werd breedwerpig gezaaid.

b. Structuur van de grond

De structuur der proefvelden werd visueel bepaald, waarbij verschillende eigenschappen in cijfers van 0 tot 5 werden gewaardeerd (0 is zeer slecht, 5 is zeer goed), waarna een algemene indruk in dezelfde schaal werd vastgesteld (zie tabel 12).

Gezien het feit, dat deze cijfers maar een zeer betrouwbare kwalificatie weergeven, volgt hieronder nog een zeer korte beschrijving van de structuur op de proefvelden in 't voorjaar.

N.T. 26. Oppervlak zeer verslemt en sterke zand-lutumscheiding, diepe sporen van paardenpoten waarin het water bleef staan, in de regenperiode veel plassen op het land, bovengrond nat, ondergrond beneden 7 cm steeds taai en smerend, hier en daar met reductieverschijnselen.

N.T. 27. De bovengrond vrij grof kluitig, matig verslemt. Bovenlaag $\pm$ 4 cm dik. De onbewerkte laag was vrij vast en iets te nat en slecht te verkrumelen. Beneden de 10 cm was de structuur al zeer matig, de verkrumelbaarheid was nihil.

- N.T. 28. Dit veld was na het zaaien gerold, maar lag nog open en de grond was goed kruimelend.
 N.T. 29. Het bovenste laagje van 0-3 cm leek vrij aardig. Daaronder was de grond echter taai en verkruimelde in het geheel niet. De bewerkte laag was gekenmerkt door een zeer sterke zand-lutumscheiding.
 N.T. 31. Tot 7 cm prachtig kruimelende grond; hieronder wat vaster maar toch kruimelende doorlatende grond.
 N.T. 33. Normale structuur. Tot 6 à 7 cm diepte mooi kruimelend, dieper werd de grond wat vast en de verkruimelbaarheid nam wat af, maar bleef voldoende.
 N.T. 34. Dit proefveld lag op een kleine kop, zodat de randen wat afhielden. De structuur was verder gelijk aan N.T. 33 dat op hetzelfde perceel lag, maar was alleen veel hoger gelegen.

Bij vergelijking van de structuur moet men dus N.T. 28, 30, 31, 33 en 34 als velden met goede structuur, N.T. 26 en 29 als velden met slechte structuur beschouwen. Bij N.T. 27 viel de structuur bij zaaien nogal tegen, het zaaibed was erg grof en alhoewel bedoeld als een veld met goede structuur op geïnundeerde grond hiervoor niet representatief.

c. Resultaten van de proefvelden

De korrel- en stro-opbrengsten zijn samengevat in tabel 13.

Bij het bepalen van de gemiddelde opbrengsten, zijn afwijkende of onregelmatige veldjes buiten beschouwing gelaten.

TABEL 13. GEMIDDELDE KORREL- EN STRO-OPBRENGST VAN DE HAVERPROEFVELDEN IN 1948 IN QUINTALEN PER HA EN VERHOUDING VAN KORREL- EN STRO-OPBRENGST

Proefveld no.	Stikstof in kg/ha											
	0 kg			40 kg			80 kg			120 kg		
	K	S	K/S	K	S	K/S	K	S	K/S	K	S	K/S
N.T. 26	11,6	32,4	0,35	20,8	57,6	0,35	26,4	7,6	0,35	27,2	81,2	0,35
N.T. 27	16,4	47,6	0,35	26,8	50,0	0,55	28,8	57,6	0,50	31,6	64,4	0,50
N.T. 28	36,8	61,2	0,60	42,8	77,2	0,55	40,8	83,2	0,50	40	94,4	0,40
N.T. 29	15,2	36,8	0,40	23,2	48,4	0,50	26,4	66,4	0,40	29,2	77,6	0,40
N.T. 31	16,4	59,6	0,25	26,8	20,8	0,35	29,2	89,2	0,35	24,8	94,0	0,25
N.T. 33	36,4	72,4	0,50	36,4	84,0	0,45	36,4	91,6	0,40	37,2	90,4	0,40
N.T. 34	43,2	84,4	0,50	35,6	86,0	0,40	36,8	90,8	0,40	36,4	89,6	0,40
	G	S	G/S	G	S	G/S	G	S	G/S	G	S	G/S
Exper. plot No.	Nitrogen in kg per ha											

TABLE 13. Average grain and straw yield of the oats trial plots in 1948 in quintals per ha and ratio between grain and straw yield

Stro-opbrengst. Vergelijken we nu de stro-opbrengsten in figuur 9, dan zien we een zeer duidelijke meeropbrengst bij goede structuren N.T. 28, 31, 33, 34 t.o.v. de slechte structuren N.T. 26, 29.

N.T. 27 gedraagt zich meer als een grond met slechte structuur.

Een indruk van de resultaten bij goede en slechte structuur en goede kalktoestand krijgt men door N.T. 28 en 31 te vergelijken met N.T. 26 en 29 (tabel 14).

Ten aanzien van stro-opbrengst kan men constateren:

Het opbrengstniveau is op goede structuur hoger dan op slechte structuur. Bij 0 en 40 kg stikstof per ha is dit verschil ongeveer 26 q/ha (33 %), bij 80 en 120 kg 15 q/ha (19 %).

FIG. 9. Het verband tussen stikstofbemesting en stro- en korrelopbrengst van Binder-haver op de proefvelden in 1948

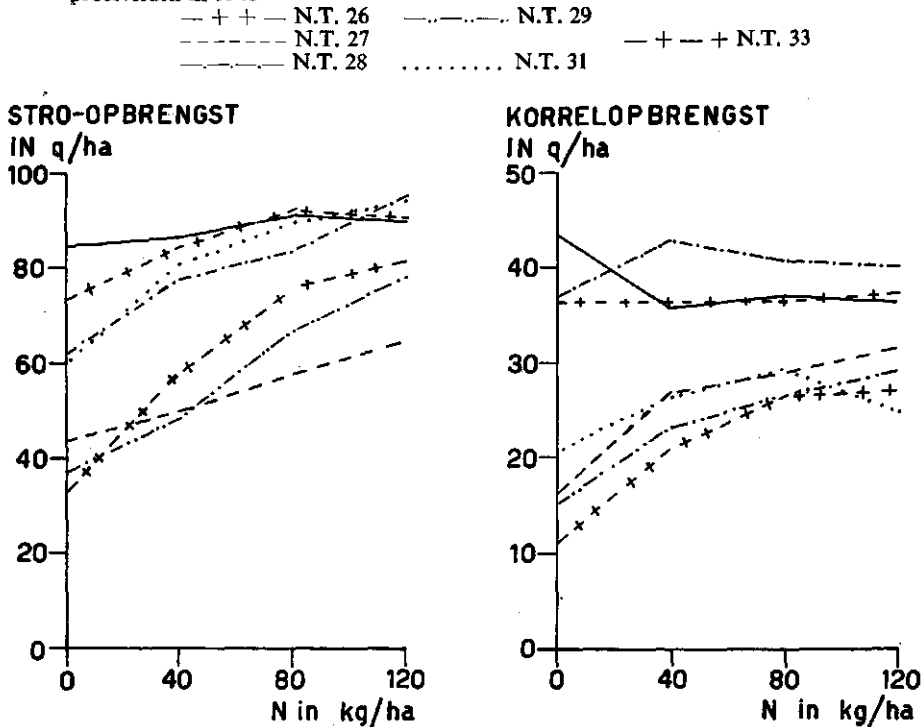


FIG. 9. Relation between the application of nitrogen and the straw and grain yields of Binder oats on the trial plots in 1948

TABEL 14. STRO-OPBRENGST OP PROEFVELDEN OP KALKRIJKE GROND

Structuur	Stikstofbemesting in kg N per ha							
	0		40		80		120	
	in q/ha	in %	in q/ha	in %	in q/ha	in %	in q/ha	in %
Goed (N.T. 28, 31) <i>Good</i>	60,4	77	78,8	100	86,4	110	94,4	120
Slecht (N.T. 26, 29) <i>Bad</i>	34,4	44	53,2	68	71,2	91	79,6	101
Verskil in %		33		32		19		19
100 % = 78,8 q/ha								
Structure	Nitrogen dressings in kg N per ha							

TABEL 14. Straw yield on experimental plots on soil rich in lime

In fig. 9 krijgt men de indruk, dat bij 120 kg stikstof op grond met goede structuur wel ongeveer een maximum stro-opbrengst wordt bereikt. Bij slechte structuur is nog een stijgende tendens aanwezig. Op grond hiervan zou men kunnen concluderen, dat men bij slechte structuur nog wel meer stikstof zou kunnen geven, waardoor nog een hogere stro-opbrengst zou worden verkregen.

Bij de bespreking van de korrelopbrengst in verband met het gevaar voor legeren zal op het mogelijk effect hiervan nader worden ingegaan.

Korrelopbrengst. Vergelijken we in figuur 9 de korrel- met de stro-opbrengsten dan zien we, dat de korrelopbrengst op N.T. 31 zich niet heeft kunnen handhaven. N.T. 27 gedraagt zich ook nu wat opbrengst betreft als een veld met slechte structuur.

Alvorens op de betekenis van de opbrengsten in te gaan is het noodzakelijk iets meer over de weersgesteldheid tijdens de groei en de legering te zeggen.

Aan de hand van de gegevens van verschillende regenstations werd een schatting gemaakt van de neerslag op de verschillende proefvelden. In het algemeen was er weinig verschil, alleen in de periode van 1-20 Juni viel op de proefvelden N.T. 26 en 27 30 mm meer dan op de overige proefvelden en in de periode van 20-30 Juni viel op N.T. 33 en 34 25 mm minder neerslag dan op de overige velden. Deze neerslag viel in de bloeiperiode. De gehele periode van bloei en vruchtzetting was voor alle proefvelden gekenmerkt door veel neerslag, stormachtige wind en lage temperatuur, zodat de vruchtzetting ongunstig werd beïnvloed, terwijl zeer veel legering optrad op de velden met zware stikstofbemesting. Door de storm en regen stierf het gewas vroegtijdig af. De daarop invallende periode met zeer hoge temperaturen in het laatst van Juli voltooide het noodrijp worden van het zaad.

Door het optreden van ernstige oogstdepressies tengevolge van legering, was het noodzakelijk het voorkomen van dit verschijnsel nauwkeurig na te gaan. Samenvattend kan gezegd worden, dat op de velden met slechte structuur geen legering optrad (N.T. 26, 29). Ook N.T. 27 vertoonde geen legering.

Op de velden met goede structuur daarentegen trad ernstige legering op die als volgt was verdeeld:

N.T. 28 alle velden met 80 kg N/ha en 120 kg N/ha zwaar gelegerd.

N.T. 31 alle velden met 120 kg N/ha zwaar gelegerd.

N.T. 33 alle velden met 80 kg N/ha en 120 kg N/ha zwaar gelegerd.

N.T. 34 alle velden met 40, 80 en 120 kg N/ha zwaar gelegerd.

Het legeren trad op bij een stro-opbrengst van 83 à 84 of meer quintalen per ha (vergelijk tabel 13). Het afwijkend gedrag van korrelopbrengst van N.T. 28 (daling bij 80 en 120 N/ha), van N.T. 31 (daling bij 120 N), van N.T. 34 (daling bij 40, 80 en 120 N) en van N.T. 33 (constant blijven van de opbrengst = 0 N) moet gezocht worden in legeringsschade.

Zeer merkwaardig is verder het grote verschil in korrelopbrengst op de velden N.T. 28 en 31. Naast vrijwel gelijke stro-opbrengsten bij de verschillende stikstofgiften waren ook alle verdere factoren (vergelijk tabel 12) merkwaardig uniform. Het grote verschil in korrelopbrengst moet zijn oorzaak vinden in de ongunstige klimatologische omstandigheden welke op N.T. 31 aanwezig waren tijdens vruchtzetting en afrijping.

De 1000-korrelgewichten op de beide proefvelden lopen weinig uiteen zodat men mag aannemen, dat de afrijping ongeveer onder gelijke omstandigheden heeft plaats gehad. Het verschil in opbrengst zal dan ook een gevolg moeten zijn van de ongunstige weersomstandigheden voor de vruchtzetting op N.T. 31. Hiermee stemt ook overeen het feit, dat het proefveld N.T. 31 een opvallend lage korrel/stro-verhouding voor een proefveld op goede structuur heeft (zie tabel 13). Om deze redenen moet de korrelopbrengst van N.T. 31 als niet representatief worden beschouwd voor goede structuur op niet geïnundeerde grond.

N.T. 27 gedraagt zich ook voor korrelopbrengst en legering als een proefveld met slechte structuur.

Voor een vergelijking van korrelopbrengst bij slechte en goede structuren moeten N.T. 26 en 29 vergeleken worden met N.T. 28, al heeft dit veld wel een hoge opbrengst voor dit oogstjaar.

Bij de vergelijking van tabel 13 is door het afwijkend gedrag van de korrelopbrengst op N.T. 31 en door de optredende legeringsschade niet zoals voor de stro-opbrengst het verschil bij goede en slechte structuur in cijfers en procenten weergegeven.

Het is echter overduidelijk, dat op slechte structuur met grotere stikstofbemesting een vermindering van de opbrengstdepressie kan worden verkregen, wanneer verder de omstandigheden gunstig zijn.

Uit de waarnemingen over legering (vergelijk blz. 32) bleek, dat zware legering en daarmee gepaard gaande daling van de korrelopbrengst optrad bij een stro-opbrengst van 83 à 84 q/ha. Nu was op N.T. 26 en N.T. 29 bij 120 kg stikstof per ha de stro-opbrengst respectievelijk 81 en 77 q/ha. Bij hogere bemesting met stikstof is de kans zeer groot, dat ook op deze velden legering zou zijn opgetreden met als gevolg een daling van de opbrengst.

TABEL 15. KORRELOPBRENGST OP PROEFVELDEN OP KALKRIJKE GROND

Structuur	Stikstofbemesting in kg N per ha					
	40		80		120	
	in q/ha	in %	in q/ha	in %	in q/ha	in %
Goed N.T. 28 <i>Good</i>	44	100	minder door legering		minder door legering	
Slecht N.T. 26 en 29 <i>Bad</i>	22	50	26,4	60	28,4	65
<i>Structure</i>	<i>Nitrogen dressings in kg N per ha</i>					

TABLE 15. Grain yield on experimental plots on soil rich in lime

Hieruit blijkt dus, dat in 1948 80 kg N boven de normale gift van 40 kg N/ha de opbrengst van $\pm 50\%$ tot $\pm 70\%$ van normaal kan opvoeren, terwijl verdere bemesting geen noemenswaardige verhoging van de korrelopbrengst zal geven, daar dan kans op legering ontstaat.

Stelt men de gemiddelde opbrengst van 34,8 q/ha voor Binder haver op 15 haverassenproefvelden van de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst in 1948 op 100, dan worden de opbrengsten op slechte structuur bij 40, 80 en 120 kg N per ha respectievelijk 63, 76 en 82 %. Dit gemiddelde van 15 proefvelden lijkt een beter vergelijkingsbasis als het ene proefveld N.T. 28, zodat deze laatste genoemde percentages voor opbrengst op slechte structuur beter zullen zijn dan die in tabel 15.

Hoewel voor het onderzoek op zich zelf niet van belang wordt hier toch opgemerkt, dat deze extra bemesting bij de huidige prijzen economisch verantwoord is. De meeropbrengst bedraagt ± 6 q/ha. Deze brengt op $\pm f 130$, terwijl 80 kg N $\pm f 65$ kost.

d. Invloed van stikstofbemesting op het 1000-korrelgewicht, het aantal pluimen en de strolengte

Om een indruk te krijgen van de wijze waarop opbrengstverhoging plaats vond werden nog enkele tellingen en metingen verricht (zie tabel 16).

1000-korrelgewicht. De 1000-korrelgewichten dalen in 't algemeen met toenemende stikstofbemesting wat verband houdt met de dichtere stand.

Men kan duidelijk verschil in niveau onderscheiden tussen goede en slechte structuur, wat ook weer in verband staat met de stro-ontwikkeling en het legeren. Een en ander wordt duidelijk gedemonstreerd in tabel 16. Het 1000-korrelgewicht gaf op de slechte structuur een compensatie van de korrelopbrengst van ± 5 à 8% vergeleken met een opbrengst bij normale bemesting op grond met goede structuur.

TABEL 16. OVERZICHT VAN DE INVLOED VAN STIKSTOFBEMESTING OP 1000-KORRELGEWICHT, AANTAL PLUIMEN PER M IN DE RIJ EN STROLENGTE BIJ GOEDE EN SLECHTE STRUCTUUR

	Stikstofbebermesting in kg N/ha							
	0		40		80		120	
	structuur		structuur		structuur		structuur	
	goed	slecht	goed	slecht	goed	slecht	goed	slecht
1000-korrelgewicht in g . . .	24,7	26,7	23,2	25	21,9	24,4	21	24,6
Aantal pluimen per m in de rij	58	37	52	42	60	45	61	48
Strolengte in cm	97	78	109	80	114	91	118	96
	good	bad	good	bad	good	bad	good	bad
	structure		structure		structure		structure	
	Nitrogen dressings in kg N per ha							

TABLE 16. Survey of the influence of the application of nitrogen on the 1000-grains weight, the number of panicles per metre in the row and the straw length with good and bad structure

Aantal halmen per meter lengte. Deze tellingen werden per parallel bij 4 maal een rijgedeelte van een meter uitgevoerd, zodat per object het gemiddelde van 16 waarnemingen werd bepaald. Op N.T. 26, dat breedwerpig was gezaaid werden oppervlakten van 2500 cm² geteld en deze omgerekend op een rijenafstand van 20 cm. Hetzelfde had ook plaats voor N.T. 29 waar de rijenafstand 22 cm bedroeg.

Het blijkt, dat het aantal halmen per m in de rij op slechte structuur aanzienlijk (20 à 25 %) kleiner was dan op goede structuur. Hierbij komt nog, dat op slechte structuur deze halmen vooral bij 0 en 40 kg N per ha veelal slechter ontwikkeld waren, dan op de goede structuur.

Deze halmen leveren in 't algemeen minder zaad dan normale halmen, zodat het verschil in korrelopbrengst tussen goede en slechte structuur nog groter was, dan men op grond van de verhouding van het aantal pluimen zou verwachten, waarbij men dan het 1000-korrelgewicht in rekening moet brengen.

Strolengte. Deze werd op alle velden op 16 en 17 Juni gemeten. Per veldje werd op 16 plekken de gemiddelde hoogte van een vlak over de pluimen gemeten, dus werden per object per proefveld 16 waarnemingen gedaan. Het gewas was toen echter nog niet volgroeid. In het algemeen was de pluim juist aan het uitkomen, waarbij moet worden opgemerkt, dat naarmate minder stikstof werd gegeven de ontwikkeling het verst was gevorderd.

Bij oogst zullen de verschillen tussen de stikstoftrappen dus nog groter zijn geworden.

In het algemeen was de strolengte op alle stikstofgiften bij slechte structuur ± 20 cm

kleiner dan op goede structuur (zie tabel 16). Uit het feit dat in tabel 14 bij de verschillende stikstofbemestingen tussen goede en slechte structuur geen constant verschil in stro-opbrengst optreedt, blijkt dus, dat de opbrengst op goede en slechte structuur niet op dezelfde wijze met de lengte samenhangt.

4. DE BESPREKING VAN DE RESULTATEN EN CONCLUSIES

Uit de resultaten van de proefvelden in 1947 en 1948 is gebleken, dat de stikstofbemesting een belangrijke verhoging geeft van de opbrengst op gronden met slechte structuur, terwijl in 1947 de mate van het structuurverval tevens een rol speelde. Op het proefveld van 1947 kon de oogstdepressie bij slechte structuur met 40 kg extra stikstof boven de normale gift van 40 kg N per ha worden teruggebracht van 29 tot 24 %.

In 1947 met zijn droge warme zomer was de werkingsfactor van de stikstof vrij laag vergeleken met een normaal jaar, zodat een effect van 8 kg N voor 1 % vermindering van de oogstdepressie in een normaal jaar misschien maar 4 à 6 kg N is geweest.

In 1948 met een vrij vochtige zomer met vrij sterke nitrificatie werd door 80 kg extra stikstof bij slechte structuur de oogstdepressie teruggebracht van 37 op 18 %, hetgeen neerkomt op ± 4 kg N voor 1 %.

De orde van grootte van kg stikstof per procent depressievermindering in 1947 en 1948 kloppen dus vrij goed. (Heel toevallig is 1 % zowel voor zomergerst als voor haver ± 34 kg korrelopbrengst per ha).

Ter oriëntering geven deze cijfers wel een indruk van wat men van stikstofbemesting kan verwachten ten aanzien van vermindering van de oogstdepressie ten gevolge van slechte structuur.

In 1948 kon in verband met de kans op legeringsschade vrij goed aangetoond worden, dat in dit jaar door nog meer stikstof de oogstdepressie ten gevolge van slechte structuur niet kon worden gecompenseerd. In 1947 kon dit niet worden vastgesteld.

Hoe moet nu de werking van deze stikstofbemesting worden verklaard?

De gewassen op grond met slechte structuur vertoonden bij normale stikstofbemesting in alle opzichten de kenmerken van stikstofgebrek; trage en slechte ontwikkeling, bleke kleur, kort stro enz.

Uit een en ander kan men concluderen, dat tengevolge van de slechte structuur inderdaad de stikstofvoorziening van het gewas is verstoord.

Dit kan twee oorzaken hebben:

1. Er is onvoldoende stikstof in de grond beschikbaar.
2. De plant kan niet voldoende stikstof opnemen.

Door de slechte structuur wordt de water/luchtverhouding ten nadele van de lucht gewijzigd, waardoor de microbiologische processen die zeer nauw verband houden met de zuurstofvoorziening in de grond eveneens worden gewijzigd.

FRAPS en STERGES (1947) stelden een nauwkeurig onderzoek in naar de invloed van het watergehalte en de structuur op de nitrificatie. Het verschil in structuur werd gemaakt door de grond bij verschillende vochtgehalten te kneden.

Hun voornaamste conclusies waren, dat bij goede structuur de nitrificatie zowel van bodemstikstof als van toegevoegde stikstof in de vorm van NH_4 binnen de grenzen van 40 tot 90 % van de waterverzadigingscapaciteit praktisch geen verandering vertoonde. Wanneer echter een overmaat water aanwezig was, daalde de nitrificatie

van de bodemstikstof en NH_4 -bemesting tot 0, terwijl bij bemesting met NO_3 stikstofverlies optrad.

Werd de structuur slecht gemaakt door kneden, dan was bij 65 % van de watercapaciteit nog geen invloed op de nitrificatie merkbaar; met stijgend watergehalte daalde de nitrificatie echter sterk, zodat bij 85 % van de watercapaciteit de nitrificatie van de bodemstikstof slechts 6 % van die bij goede structuur was, terwijl de NH_4 bemesting slechts voor 40 % in NO_3 werd omgezet. De overige 60 % werd niet bepaald.

Deze waarnemingen zijn in principe in overeenstemming met de onderzoeken van BREAZEAL en MCGEORGE (1937). Zij constateerden eveneens, dat zowel bij slechte structuur als bij oververzadiging met water bij goede structuur de nitrificatie zeer sterk daalde, vergeleken met de nitrificatie op normale grond met goede structuur.

Bij oververzadiging met water was de nitrificatie steeds iets hoger dan bij de slechte structuur, wat er op wijst dat in het water nog enige zuurstof aanwezig was.

Een slechte structuur, gevormd bij vochtgehalten tot ongeveer het vochttaequivalentiepunt, had nog weinig invloed op de nitrificatie. Een slechte structuur gevormd bij vochtgehalten nabij en hoger dan het vochttaequivalentiepunt – volgens PIPER (1947) ongeveer overeenkomende met de kleefgrens – verlaagde de nitrificatie en verhoogde de denitrificatie, zodat de totale hoeveelheid nitraatstikstof daalde.

Zij constateerden, dat bij slechte structuur de nitrificatie van toegevoegd $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ bij het vochttaequivalentiepunt een maximum bereikte, terwijl bij hogere vochtgehalten de nitrificatie daalde. De denitrificatie van bodemstikstof en van toegevoegd $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ begon eveneens bij het vochttaequivalentiepunt. De activiteit van nitrificerende en denitrificerende bacteriën wordt dus duidelijk beïnvloed door het vochtgehalte van de grond, waarbij de slechte structuur ontstaat.

De hoeveelheid stikstof toegevoegd als $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ was na de proef nog aanwezig, toegevoegd als $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ was er slechts 40 à 60 % aanwezig in de grond, zodat de rest in gasvorm was verdwenen.

Uit deze gegevens kunnen we dus concluderen, dat slechte structuur en overmaat water een belangrijke invloed hebben op de stikstofhuishouding, terwijl het vochtgehalte tijdens grondbewerking op grond met slechte structuur van grote invloed kan zijn op de structuur en op de stikstofhuishouding.

In het voorgaande kan dus een verklaring worden gezien van de bevindingen van SMEDING (1921) en VAN DEN HENDE en BOCKSTAELE (1948), dat stikstofmeststoffen in de vorm van nitraat een gunstiger invloed hebben op de opbrengst dan in de vorm van ammoniak.

Ook de bemesting in enige keren, zoals VAN BEEKOM (1944) aangeeft, kan zo een gunstig effect hebben. Geeft men een grote hoeveelheid stikstof in een keer, dan zal het gewas, dat zich bij slechte structuur slechts traag ontwikkelt, weinig stikstof opnemen, terwijl de overmaat nitraat in de grond door gebrek aan zuurstof door de microörganismen gereduceerd zal worden, waarbij verlies aan stikstof in gasvormige toestand kan optreden.

De grond vertoont in slechte structuur tengevolge van zuurstofgebrek en overmaat vocht dus alle eigenschappen die de stikstofvoorziening van de plant verstoren.

Hoe staat het nu met de mogelijkheid van de plant om de eventuele aanwezige stikstof op te nemen?

In het algemeen zal bij zeer slechte structuur het wortelstelsel tengevolge van gebrek aan lucht en eventueel water zeer slecht ontwikkeld zijn. Zodoende zal ook bij aan-

wezigheid van voldoende stikstof het gewas een achterstand vertonen bij een gewas op grond met goede structuur. Alleen om deze reden zal het meestal niet mogelijk zijn met stikstofbemesting de opbrengstdepressie tengevolge van slechte structuur op te heffen.

Hier moet worden opgemerkt, dat in 1947 wanneer de structuur beter werd, de invloed van stikstofbemesting op de vermindering van de oogstdepressie gunstiger werd, voorzover het de korrelopbrengst betreft (vergelijk blz. 40).

Uit de grafieken die FERRARI (1949) geeft kan men dit zelfde verschijnsel ook afleiden. Bij aardappelen vond hij, dat de hellingstangens van de lijn, die het verband aangeeft tussen opbrengst en structuur op velden zonder stikstofbemesting, kleiner is dan bij optimale stikstofbemesting.

De oorzaak hiervan zal zeer zeker gezocht moeten worden in de onmogelijkheid van de plantenwortels om onder de ongunstige voorwaarde van lucht en watervoorziening voldoende voedsel op te nemen. Daar de vorm van wortelstelsels en voedselopname van verschillende gewassen sterk uiteenlopen zullen de gewassen een verschil in reactie op structuur en stikstofbemesting kunnen vertonen.

In het voorgaande is weliswaar alleen de stikstofvoeding van de plant besproken, maar hetzelfde geldt ook voor opname van fosfaat, kali en calcium, zoals MCGEORGE en BREAZEALE (1938) constateerden.

Men zal dan ook tot de conclusie moeten komen, dat in 't algemeen op werkelijk slechte structuur de opbrengst ook met extra bemesting niet tot normaal zal kunnen worden opgevoerd.

Een zekere vermindering van de oogstdepressie, ten gevolge van slechte structuur, kan met extra stikstofbemesting worden bereikt.

5. DE INVLOED VAN STIKSTOFBEMESTING OP ZOUTSCHADE

Het is in de eerste jaren na de inundatie met zout water verschillende malen voorgekomen dat, wanneer het gewas niet wilde groeien ten gevolge van een te hoog zoutcijfer, een extra stikstofbemesting werd gegeven om de stand van het gewas te verbeteren.

De gevoeligheid van de verschillende cultuurgewassen voor zout loopt sterk uiteen. De landbouwgewassen werden nauwkeurig onderzocht door VAN DEN BERG (1950), de tuinbouwgewassen door DORSMAN en WATTEL (1950).

Het onderzoek naar de invloed van de stikstofbemesting in verband met zoutschade is niet systematisch opgezet. Wel werd in 1947 op een aantal gewassenproefvelden (VAN DEN BERG 1950) op een van de twee parallellen een extra stikstofbemesting gegeven, maar voorzover de resultaten bruikbaar waren lagen de velden juist op ontzilte grond.

Uit de enquête 1946 werden voor gerst, wintertarwe, vlas en uien een aantal velden uitgezocht die in 't voorjaar een zodanig C-cijfer hadden, dat een oogstdepressie kon worden verwacht. Al deze velden hadden de stikstofverrijking ten gevolge van inundatie, maar een aantal velden kreeg nog een extra stikstofbemesting.

Hoewel het cijfermateriaal klein was kon toch geconstateerd worden dat extra stikstof in 't algemeen geen verhoging van de opbrengst gaf. Hetzelfde werd in 1947 geconstateerd op een stikstofproefveld, dat plaatselijk zoutschade vertoonde.

Wel werd de indruk verkregen, dat op velden waar het zoutcijfer een normale opkomst van het gewas mogelijk maakt een minder dan normale bemesting de opbrengst

ongunstig beïnvloedde. Dit geldt dus voor gevallen waar de zoutschade pas in een later stadium optreedt.

In het geval dus dat men kan verwachten dat in de loop van de groeiperiode zoutschade kan optreden, is het van belang te zorgen dat de opkomst en eerste ontwikkeling goed is. Misschien dat een iets hogere bemesting dan normaal hier gunstig werkt.

In 't algemeen is echter de reactie op het C-cijfer zo groot, dat van extra stikstofbemesting geen belangrijke resultaten kunnen worden verwacht.

Dat extra stikstofbemesting weinig invloed zal hebben op de gevolgen van zoutschade wordt door het gewas zelf min of meer bevestigd. In tegenstelling met een gewas, dat van ernstig structuurverval heeft te lijden en dat alle verschijnselen van stikstofgebrek vertoont, zoals dunne stand, bleke kleur, weinig uitstoeling enz., is bij zoutschade de kleur vaak donkergroen, wat eerder op een rijke dan armelijke stikstofvoorziening wijst, de uitstoeling bij graangewassen loopt meestal pas bij vrij hoge zoutconcentraties terug. In het gewas wordt vaak een vrij hoog stikstofgehalte waargenomen (BAEYENS en APPELMANS 1947).

Alleen de ontwikkeling der gewassen stagneert en wordt gevolgd door vroegtijdig afsterven.

Uit het voorgaande blijkt dus wel, dat bij zoutschade het stikstoftekort geen overwegende rol speelt en om die reden zal extra stikstofbemesting dan ook weinig zin hebben.

SAMENVATTING

HOOFDSTUK I

In de eerste twee jaren na het einde van de inundaties werd door HARMSSEN (1946a en 1947) een verhoogde stikstofwerking waargenomen, die naar het eiland Tholen, waar dit verschijnsel het eerst werd vastgesteld, „Tholen-effect” werd genoemd.

Aan de hand van de stro-opbrengst van Kenia-zomergerst op enquêtevelden van 25 m² in praktijkvelden werd dit stikstofeffect in verschillende inundatiegebieden vergeleken.

Het zoutgehalte van het bodemvocht in de laag van 0–20 cm had een duidelijke invloed op de stro-opbrengst (fig. 1). De invloed van een aantal andere factoren werd onderzocht, doch in het algemeen was de invloed gering.

In 1945 werd geen invloed van het zoutgehalte van het inundatiewater op de stro-opbrengst waargenomen (tabel 3). In 1946 was dit voor enkele inundatiegebieden echter wel het geval (tabel 2). Een bevredigende verklaring hiervoor kon niet worden gevonden.

Op de enquêtevelden, die reeds de tweede oogst na inundatie gaven, was zonder stikstofbemesting de stro-opbrengst aanzienlijk lager dan op de velden die de eerste oogst na inundatie gaven. Het verschil kon met stikstofbemesting worden opgeheven (verg. fig. 2 en 3). Na het eerste oogstjaar is de inundatiestikstof kennelijk grotendeels verdwenen.

Bij het onderzoek naar de invloed van de duur van de inundatie werden ook de gegevens van vroegere overstromingen bestudeerd. Het stikstofeffect hangt waarschijnlijk samen met de duur van de inundatie en zal pas na een periode van minstens 4 à 5 maanden duidelijk waarneembaar zijn. Het stikstofeffect voor lange inundatie, minstens 6 à 7 maanden, wordt geschat op 40 à 60 kg N/ha.

De stikstofverrijking moet gezien worden als een resultante van verschillende factoren, waarbij ontleding van organisch materiaal, voortgezette mineralisatie bij afwezigheid van uitspoeling tijdens de inundatie, en verhoogde nitrificatie bij een laag C-cijfer in het bodemvocht een rol spelen.

HOOFDSTUK II

Door van een aantal percelen de analyses van voor en na inundatie te vergelijken en na inundatie de bemonstering enkele jaren achtereenvolgend te herhalen werd een indruk verkregen van de veranderingen die in het kaligehalte van de grond hebben plaats gehad en nog plaats vinden.

Ten gevolge van de inundatie steeg het kaligehalte belangrijk (figuur 4). Of de getijdewerking een rol van betekenis heeft gespeeld bij de hoge kaligehalten op Walcheren op de gronden met meer dan 30 % afslibbare delen, kon niet worden nagegaan.

De stijging is een gevolg van de uitwisseling van kalium uit het zeewater tegen calcium van het complex.

Op gronden met een hoog C-cijfer kan ook het kalium in de bodemoplossing van belang zijn (tabel 6).

De stijging van 1946 naar 1947, welke slechts 0,001–0,004 % K₂O bedraagt, is waarschijnlijk een gevolg van de warme droge zomer 1947 en houdt niet direct verband met de inundatie.

De kaliverrijking is gedeeltelijk slechts van tijdelijke aard zoals in fig. 4 wordt

gedemonstreerd. Bij de lichte gronden is in 1949 de toestand van voor inundatie weer bereikt.

De daling van het kaligehalte wordt veroorzaakt door uitspoeling van het kalium dat in het bodemvocht aanwezig is en uitwisseling van kalium van het complex tegen calcium, dat vooral door gipsbemesting in de bodemplossing komt.

HOOFDSTUK III

Door middel van een aantal NPK-bemestingsproefvelden, met 3 verschillende stikstofbemestingen, 3 verschillende fosfaatbemestingen en 2 verschillende kalibemestingen werden in Groningen met haver en in zuidwestelijk Nederland met wintertarwe als proefgewas, nagegaan hoe de bemestingsbehoefte van de grond ten gevolge van de inundatie was veranderd.

De resultaten zijn samengevat in de tabellen 9 en 11.

Het effect van de stikstofbemesting was in de gevallen, waarin geen structuurverval is opgetreden, gering, hetgeen een gevolg is van de stikstofrijkdom van de grond na de inundatie (vgl. hoofdstuk I). Op enige zure, sterk humushoudende kleigronden in Groningen had de stikstofbemesting niettemin een duidelijke invloed op de opbrengst. De verrijking met stikstof is op deze zure gronden vermoedelijk minder sterk geweest.

De werking van de fosfaatbemesting was in zuidwestelijk Nederland gering en niet anders dan normaal bij de op de proefvelden voorkomende P-citr-getallen kan worden verwacht.

Een sterkere fosfaatwerking, dan volgens het P-citr verwacht had mogen worden, werd echter in Groningen gevonden. Dit sterkere effect is vermoedelijk een gevolg van het mobiel worden van ijzer. Bij een potproef met grond, afkomstig van een perceel dat gedeeltelijk geïnundeerd is geweest, bleek het gewas op de sterk rood gekleurde grond van het geïnundeerde gedeelte sterker te reageren op fosfaatbemesting, dan het gewas, dat op de grond van een juist droog gebleven plek gegroeid was, hoewel het P-citr in beide gevallen gelijk was. De fosfaatwerking bleek het grootst op de proefvelden op sterk onkalkte humusrijke gronden.

In zuidwestelijk Nederland is het kaligehalte van de grond (K_{HCl}) tengevolge van de inundatie in het algemeen vrij aanzienlijk gestegen. De tarwe toonde bij deze hoge kalitoestand geen reactie op een kalibemesting. In Groningen was de reactie op kali gering. Het is niet zeker of dit een gevolg is van de inundatie, die de grond mogelijk ook enigszins met kali verrijkt zou kunnen hebben, of dat bij het in het algemeen slechts zwak op kali reagerende gewas haver een tekort aan kali niet tot voldoende uitdrukking is gekomen. Het uitblijven van een reactie op de kalibemesting kan dan ook bij de voorkomende K_{HCl} gehalten als normaal worden beschouwd.

Samenvattend kan dus worden gezegd, dat de beschikbare hoeveelheid stikstof na de inundatie op een enkele uitzondering na sterk was toegenomen, de kalitoestand op de zout geïnundeerde kleigronden belangrijk verbeterd was en dat de fosfaat-toestand praktisch onveranderd is gebleven of door een sterke roodkleuring van de grond gekenmerkte mobilisatie van ijzer in ongunstige zin gewijzigd was.

Als gevolg van de geringe bemestingseffecten kon niet worden nagegaan of de werking van de voedingsstoffen door een veranderde onderlinge verhouding wijziging had ondergaan.

HOOFDSTUK IV

In 1947 werd op een proefveld, waarop door middel van verschillende hoeveelheden gips structuren waren ontstaan, die uiteenliepen van zeer slecht tot vrij goed, de invloed van stikstofbemesting op de opbrengst van Kenia-zomergerst nagegaan.

De invloed van de structuur was zowel op de korrel- als op de stro-opbrengst zeer groot.

Bij de korrelopbrengst werd een interactie tussen structuur en stikstofbemesting vastgesteld, die aangeeft dat het effect van stikstofbemesting gunstiger is bij betere dan bij slechtere structuur (zie figuur 8).

Bij de stro-opbrengst werd deze interactie niet waargenomen.

Bij matige structuur kon de opbrengstdepressie met extra stikstof worden gecompenseerd.

In 1948 werden 9 stikstofproefvelden aangelegd met haver als proefgewas en als schema een latinsquare met objecten 0, 40, 80 en 120 kg zuivere stikstof per ha. Drie proefvelden lagen op geïnundeerde grond met slechte structuur, 3 op geïnundeerde grond met goede structuur en 3 op niet geïnundeerde grond met goede structuur.

De hoge stikstofgiftten hadden op de velden met slechte structuur een gunstige invloed op de korrel- en de stro-opbrengst. Op de velden met goede structuur was deze invloed van hoge stikstofbemesting ongunstig op de korrelopbrengst (tabel 14 en 15).

Het resultaat van de stikstofbemesting op de opbrengst werd sterk beïnvloed door het al dan niet legeren (verg. fig. 9 met de gegevens over legering op blz. 44).

Door extra stikstof kon de depressie van de korrelopbrengst bij slechte structuur worden verkleind, hetgeen ook economisch verantwoord bleek te zijn.

Een volledige opheffing van een opbrengstdepressie ten gevolge van slechte structuur lijkt niet mogelijk.

Enkele oogstanalytische gegevens werden verzameld waaruit bleek, dat zowel bij korrel- als bij stro-opbrengst vrij grote verschillen voorkwamen, al naar gelang het gewas op goede, dan wel op slechte structuur was verbouwd (tabel 16).

Uit een oriënterend onderzoek bleek, dat extra stikstofbemesting niet in staat is de opbrengstdepressie ten gevolge van zoutschade te beïnvloeden.

AANWIJZINGEN VOOR HET BEMESTINGSADVIES

STIKSTOF

Gedurende het eerste en tweede jaar na een inundatie met licht brak tot zeer zout water, moet men, indien de inundatie langer dan 6 à 7 maanden heeft geduurd, voorzover de structuur goed is en het eerste gewas wordt verbouwd, rekening houden met de aanwezigheid van 40 à 60 kg N per hectare.

Op zure humusrijke kleigronden is dit stikstofeffect waarschijnlijk kleiner.

Bij kortere inundatie neemt de hoeveelheid stikstof af en bij een inundatie korter dan twee maanden zal dit stikstofeffect praktisch niet meer merkbaar zijn.

Wanneer de grond in slechte structuur verkeert is de bemestingsbehoefte belangrijk groter dan bij goede structuur.

Bij graangewassen kan in een normaal jaar op de slechtste structuur wanneer de opkomst althans redelijk is, 2 à 3 maal de normale stikstofhoeveelheid worden gegeven. In droge jaren zal deze hoeveelheid nog groter kunnen zijn. Naarmate de structuur beter wordt, neemt de extra bemestingsbehoefte af.

Een bemesting in enkele keren is aan te bevelen.

FOSFAAT

In het algemeen zal de normale fosfaatbemesting niet moeten worden gewijzigd.

Op sterk ontkaakte, humusrijke kleigronden, zoals in Groningen voorkomen moet de fosfaatbemesting 2 à 3 maal zo hoog zijn als onder normale omstandigheden.

KALI

Bij inundatie met zout water op gronden met meer dan 20 % delen afslibbaar kan de kalibemesting gedurende een aantal jaren achterwege worden gelaten.

Alleen voor gewassen met een gering opnemingsvermogen voor kali zoals aardappelen, stambonen, rode klaver, uien en erwten moet een lichte bemesting worden gegeven.

Op gronden met 10-20 % afslibbare delen moet aan alle gewassen een matige bemesting worden gegeven.

Bij brakke, licht brakke of zoete inundatie moet de normale kalibemesting worden gegeven.

GEBRUIKTE TERMEN, SYMBOLEN EN AFKORTINGEN

A-cijfer	aantal grammen water per 100 g droge grond
C-cijfer, C, zoutcijfer	aantal grammen NaCl per liter bodemvocht of per liter water
CO-20	aantal grammen NaCl per liter bodemvocht in de laag 0-20 cm
zoet water	$C < 0,5$
licht brak water	$C \quad 0,5-5,0$
sterk brak water	$C \quad 5,0-10,0$
zout water	$C \quad 10,0-15,0$
zeer zout water	$C \quad > 15,0$
afslibbare delen	grondfractie $< 16 \mu$
lutum	grondfractie $< 2 \mu$ (Het lutumgehalte is voor gronden in Zeeland $\pm \frac{2}{3}$ van het gehalte afslibbare delen)
P-citr	percentage $P_2O_5 \times 1000$
q = quitaal	100 kg
G.T. 34	gipstrappenproefveld no 34
N.T. 26	stikstoftrappenproefveld no 26

SUMMARY

MANURING ON INUNDATED SOILS

CHAPTER I

In the first two years after the end of the inundations HARMSSEN (1946a and 1947) observed an increase of the nitrification, which was called „Tholen-effect“, after the isle of Tholen, where this phenomenon first had been ascertained.

This nitrogen effect in different inundated areas was compared on the basis of straw yield of Kenia spring barley on 25 m² inquiry plots.

The salinity of the moisture in the soil in the 0–20 cm layer had clearly affected the straw yield (fig. 1). The influence of some other factors was studied, but generally, it was small.

In 1945 no effect of the salinity of the inundation water on the straw yield was found (table 3). In 1946, however, such effect was evident in some areas (table 2). A satisfactory explanation however could not be found.

On the inquiry plots the straw yield of the second crop after the inundation was, without nitrogenous manuring, considerably lower than the yield of the first crop after the inundation. The difference could be eliminated by means of nitrogenous manuring (cf. fig. 2 and 3). After the first crop year the greater part of the inundation nitrogen is apparently disappeared.

To inquire the influence of the duration of the inundation also the data of former inundations had been studied. The nitrogen effect is likely connected with the duration of the inundation and will not manifest itself before at least 4 or 5 months have elapsed. The nitrogen effect of long-term inundations of at least 6 or 7 months, is valued at about 40 to 60 kg N/ha.

The increase in nitrogen should be considered the resultant of various factors to which the decomposition of organic material, continued mineralization in the absence of percolation during the inundation and increased nitrification with low C-figure in the soil-moisture play a part.

CHAPTER II

To get an impression of the changes in the potassium content, caused by the inundation, the analyses of soil samples, taken before and after inundation on a number of parcels, had been compared.

As a result of the inundation the potassium content rose considerably (fig. 4). It could not be ascertained whether the high potassium content of the Walcheren soils with more than 30 per cent of soilfraction < 16 μ was due to tidal action.

The increase is a result of the exchange of potassium in sea water for calcium in the complex. On soils with a high C-figure also the potassium in the soil solution may be of importance (table 6).

The 1946–1947 rise in K₂O content, which only amounts to 0.001–0.004 per cent, is probably due to the warm dry summer of 1947 and is not directly related to the inundation.

The potassium increase is partly of a temporary nature as is demonstrated in fig. 4. On light soils pre-inundation conditions were reached again in 1949.

The fall in the potassium content is caused by the washing out of the potassium from the moisture of the soil and the exchange of potassium in the absorbing complex for calcium, the presence of which in the soil solution is largely due to the application of gypsum.

CHAPTER III

By means of a number of NPK manuring trial fields, with 3 different nitrogen dressings, 3 different phosphate dressings and 2 different potassium dressings, it was investigated, in Groningen with oats and in the south western part of the Netherlands with autumn wheat as a trial crop, to what extent the fertilizer requirement of the soil had changed as a result of the inundation.

The results are summarized in the tables 9 and 11.

On the soils showing no structure decay, the effect of nitrogen manuring was slight, which is due to the richness in nitrogen of the soil after the inundation (cf. Chapter I). Nevertheless, on some acid humic soils in Groningen nitrogen manuring had clearly affected the yield. Probably, the increase in nitrogen has been smaller on these acid soils.

In the south western part of the Netherlands the effect of phosphatic manuring was slight and in accordance with the P-citr figures of the trial fields.

A stronger phosphatic action than might have been expected on the ground of the P-citr figure, however, was found in Groningen. This stronger effect presumably results from the mobilization of iron. In a pot experiment with soil from a parcel which had been partly inundated, it appeared that the crop on the more intense red part of the inundated soil reacted more strongly on phosphatic

manuring than the crop grown on the soil from a spot that had remained dry, though the P-citr figure was the same in both case.

Phosphatic action appeared to be the greatest on the trial fields on humic strongly decalcified soils.

In the south western part of the Netherlands the potassium contents of the soil ($KHCl$) has on the whole considerably risen as a result of the inundation. In this high potassic condition wheat did not react on potassic manuring. In Groningen the reaction to potassium was slight. It is not certain whether this is the result of the inundation which might have slightly enriched the soil with potassium, or if in the oatcrop, which generally shows a slight reaction on potassium, a potassium deficiency has not manifested itself. Therefore, the absence of a reaction on potassic manuring may, with the estimated $KHCl$ contents, be considered normal.

So, summarizing it may be said that, with few exceptions, the available quantity of nitrogen after the inundation had heavily increased, the potassic condition on the clay soils inundated with salt water had considerably improved and the phosphatic condition had either virtually remained unchanged, or had been changed unfavourably owing to a mobilization of iron, which was characterized by an intensely red colouring of the soil.

As a result of the slight manuring effects it could not be ascertained whether the changes of the ratio of the nutrients had altered their actions.

CHAPTER IV

In 1947 the effect of nitrogenous manuring on the yield of Kenia spring barley was investigated on a trial field which, by the application of different quantities of gypsum, structures varying from very bad up to rather good had been developed.

The effect of the structure on both, grain and straw yield was very great. With the grain yield an interaction between structure and nitrogen manuring was found, which showed that the effect of nitrogen manuring is more favourable with a better, than with a bad structure (see fig. 8).

With the straw yield this interaction was not present.

With a moderate structure the reduction in the yield could be eliminated by applying extra nitrogen.

In 1948 nine nitrogen trial fields were laid out with oats as trial crop and as scheme a latinsquare with objects dressed with 0, 40, 80 and 120 kg of pure nitrogen per ha; 3 of the trial fields lay on inundated soil with a bad structure, 3 on inundated soil with a good structure and 3 on not-inundated soil with a good structure.

The high dressings of nitrogen had a favourable effect on the grain and straw yield of fields with a bad structure, but an unfavourable effect on the grain yields of the fields with a good structure (table 14 and 15). The results of nitrogenous manuring in this case were greatly affected by lodging of the crop (cf. fig. 9 with the data on lodging on page 44).

The reduction in grain yield with a bad structure could partly be eliminated by applying extra nitrogen, which also appeared to be economically justified.

A complete elimination of the reduction in yield as a result of a bad structure does not seem possible.

Some data on crop analysis were collected, which showed rather great differences both in grain and straw yield according as the crop had been grown on a good or a bad structure (table 16).

From a rough investigation it appeared that the application of extra nitrogen is not capable of affecting the reduction in yield caused by salt damage.

INDICATIONS FOR THE MANURING ADVICE

NITROGEN

During the first and second year after an inundation with slightly brackish to very salt water which has lasted more than 6 or 7 months, accounts should be taken of the presence of about 40 to 60 kg of N per ha in soils with a good structure which are to be sown to the first crop.

On acid, humic clay soils this nitrogen effect is probably smaller.

In the case of shorter inundation the quantity of nitrogen decreases and will be hardly noticeable when the inundation has lasted less than two months.

The fertilizer requirement of soils with a bad structure is much greater than of soils with a good structure.

In normal years 2 or 3 times the usual nitrogen dressing may be given to grain crops which are

grown on the worst structure and have reasonable come up. This dressing may be even greater in dry years. The better the structure, the smaller the extra fertilizer requirement.

It is advisable to apply the dressing in parts at intervals.

PHOSPHATE

Generally there will be no need to change the normal phosphate dressing. On humic, heavily decalcified clay soils, such as are found in Groningen, the quantity of phosphate applied should be 2 or 3 times as large as under normal conditions.

POTASH

Soils which have been inundated with salt water and contain more than 20 per cent parts $< 16\mu$ need no potassic manuring for some years.

But crops with a slight absorption capacity for potassium such as potatoes kidney beans, red clover, onions and peas should receive a light dressing of potassium.

On soils with 10–20 per cent of parts $< 16\mu$ potassium should be moderately applied to all crops.

In the case of soils that have been inundated with brackish, slightly brackish or fresh water normal potassic dressings should be applied.

TERMS, SYMBOLS AND ABBREVIATIONS USED

A-figure	number of grams of water per 100 g of dry soil
C-figure, C, saltfigure	number of grams of NaCl per litre of soil moisture or per litre of water
C 0-20	number of grams of NaCl per litre of soil moisture in the 0–20 cm layer
fresh water	C < 0.5
slightly brackish water	C 0.5–5.0
very brackish water	C 5.0–10.0
salt water	C 10.0–15.0
very salt water	C > 15.0
lutum	soilfraction $< 2\mu$ (The lutum content for soils in Zeeland is about 2/3 of the content of soilfraction $< 16\mu$)
P-citr	percentage $P_2O_5 \times 1000$
q = quintal	100 kg
G.T. 34	Gypsum graduated trial field No. 34
N.T. 26	Nitrogen graduated trial field No. 26

RÉSUMÉ

L'AMENDEMENT DE SOLS INONDÉS

I. Dans les deux premières années, après la fin de l'inondation, HARMSSEN (1946a et 1947) a observé une activation de la nitrification. Cette activation a été appelée „effet de Tholen” d'après l'île de Tholen où cet effet a été remarqué d'abord.

Nous avons étudié cette influence de l'azote, tenant compte du rendement en paille d'orge de printemps (variété Kenia) sur des parcelles d'essai de 25 m².

La salinité de la solution du sol dans la couche jusqu'à 20 cm de profondeur avait une nette influence sur le rendement en paille (fig. 1). Nous avons étudié également l'influence d'autres facteurs, mais généralement elle était peu sensible.

En 1945 nous n'avons observé aucune influence de la salinité de l'eau qui avait inondé les terrains, sur le rendement en paille (tableau 2) alors qu'en 1946 pour un petit nombre de régions inondées cette influence était sensible (tableau 1). On ne peut pas trouver une explication satisfaisante de ce phénomène.

Pour les terrains d'expérience sur lesquels une deuxième récolte avait été faite, sans adjonction de fumure azotée, nous avons observé que le rendement en paille était sensiblement inférieur à celui fourni par les terres qui donnaient leur première récolte après inondation. Il était possible de compenser la différence par une fumure azotée (cf. fig. 2 et 3).

Il est évident qu'après la première récolte l'effet de l'azote résultant de l'inondation avait disparu en grande partie.

Pour la recherche de l'influence de la durée de l'inondation nous avons utilisé aussi des données résultant d'inondations antérieures.

L'effet de l'azote dépend probablement de la durée de l'inondation et ne pourra être nettement observé qu'après au moins 4 à 5 mois. L'effet de l'azote pour une longue période d'inondation d'au moins 6 à 7 mois est évalué à 40 à 60 kg N/ha.

L'enrichissement en azote doit être considéré comme la résultante de différents facteurs parmi lesquels jouent un rôle la décomposition des matières organiques et une minéralisation en l'absence de lessivage et une nitrification activée accompagnée d'un taux peu élevé en salinité dans la solution du sol.

II. En comparant les analyses d'échantillons prélevés sur un certain nombre de parcelles avant et après l'inondation nous avons pu suivre les variations de la teneur en potasse du sol.

A cause de l'inondation la teneur en potasse a augmenté sensiblement (fig. 4). On n'a pas pu vérifier si l'action des marées a joué un rôle important sur les hautes teneurs en potasse dans l'île de Walcheren sur les terres d'une teneur de plus de 30% d'argile (fraction < 16 μ).

L'augmentation est dû à l'échange du potassium provenant de l'eau de mer avec le calcium du sol. Sur les terres ayant un taux élevé en salinité le potassium de la solution du sol peut jouer un rôle important (tableau 4).

L'augmentation de 1946 à 1947 qui ne se monte qu'à 0,001-0,004% K₂O est probablement l'effet de l'été de 1947 particulièrement chaud et sec et n'est pas en rapport direct avec l'inondation. Une partie de l'augmentation de potasse n'est que provisoire, comme nous avons démontré (fig. 4). Les terres légèrement sablo-argileuses ont repris en 1949 la situation d'avant l'inondation.

La baisse de la teneur en K₂O est l'effet du lessivage du potassium présent dans la solution du sol et de l'échange du potassium du complexe absorbant du sol avec le calcium présent dans la solution du sol, surtout après une application de gypse.

III. Au moyen de quelques champs d'expérience avec différentes fumures azotées phosphatées et potassiques, nous avons observé comment le besoin de fumure avait changé par suite de l'inondation. Dans la province de Groningue on a expérimenté sur de l'avoine dans la Hollande du Sud-Ouest on a expérimenté sur du blé d'automne. Nous avons réuni les résultats obtenus dans les tableaux 7 et 9.

L'influence de la fumure azotée était minime sur les terrains dont la structure n'avaient pas subi de dégradation, ce qui était un effet de la richesse en azote après l'inondation (voir chap. I).

Sur quelques terres argileuses, décalcifiées, contenant beaucoup d'humus, dans la province de Groningue, la fumure azotée avait néanmoins une influence sensible sur le rendement. L'enrichissement en azote sur ces terres décalcifiées a été probablement moins fort.

L'action de la fumure phosphatée a été minime pour la Hollande de Sud-Ouest et simplement normale vu les taux existants de P-citr ce qui indiquent qu'il n'y a pas un déficit en phosphate.

Cependant pour la province de Groningue on a trouvé une action du phosphate plus forte que celle qui était prévisible d'après le taux de P-citr, ce qui est probablement dû à l'effet du déplacement du fer.

L'action du phosphate a été la plus forte sur les parcelles d'expérience décalcifiées et riches en humus.

Au moyen d'une expérience en pot, avec la terre prise sur une parcelle partiellement inondée, il est apparu que la réaction au phosphate avec la terre de la partie inondée, qui avait une couleur rouge bien prononcée était supérieure à celle de la terre prise sur la zone non inondée, le taux de P-citr étant égal pour les deux cas. En général dans la Hollande du Sud-Ouest la teneur en potasse de la terre ($KHCl$) a considérablement augmenté par suite de l'inondation. Pour cette haute teneur en potasse le froment n'a pas montré de réaction sur une fumure potassique.

Dans la province de Groningue la réaction pour la potasse était minime. Il n'est pas certain que ceci résulte de l'inondation qui aurait peut-être enrichi le sol un tant soit peu de potasse, ou bien en raison de ceci.

On sait qu'en général l'avoine ne réagit que faiblement à la potasse. Il est donc également possible qu'il y ait en un manque de potasse dans le sol. Aussi l'absence de réaction à la potasse peut-elle être considérée comme normale étant donné les teneurs existantes en $KHCl$.

Résumant nos expériences, nous pouvons constater que la quantité de l'azote disponible à quelques exceptions près a sensiblement augmenté après l'inondation, que la teneur en potasse sur les terres argileuses inondée de l'eau de mer s'est considérablement améliorée et que la teneur en phosphate ne s'est presque pas modifiée ou bien que le déplacement du fer a défavorablement influencé l'état en phosphate de ces terres leur donnant une couleur rouge bien prononcée.

Étant donné les effets minimes de ces fumures nous n'avons pas pu vérifier si l'action des substances alimentaires s'est modifiée par suite des rapports changés entre elles.

IV. En 1947 nous avons observé l'influence de l'azote sur le rendement en orge de printemps (variété Kenia) sur des parcelles d'expérience où par l'action de différentes quantités de gypse la structure variait de très mauvaise à satisfaisante.

L'état de la structure a fortement influencé le rendement, en paille et en grains.

Pour le rendement en grains on a constaté une interaction entre la structure et la fumure azotée qui démontre que l'effet d'une fumure azotée est d'autant plus favorable que la structure est meilleure (voir fig. 8).

Pour le rendement en paille on n'a pas pu démontrer cette interaction.

Pour une structure médiocre la diminution du rendement pouvait être compensée par une dose d'azote supplémentaire.

En 1949 nous avons établi neuf terrains d'expériences pour étudier l'effet des fumures azotées.

On a pris comme objet l'avoine et comme schéma un „carré latin” avec des doses 0, 40, 80 et 120 kg d'azote pur à l'hectare. 3 parcelles se trouvaient sur un sol inondé à mauvaise structure, 3 sur un sol inondé à bonne structure et 3 sur un sol non inondé à bonne structure.

Les fortes doses d'azote avaient une influence favorable sur les sols à mauvaise structure sur le rendement en paille et sur celui en grains. Sur les sols à bonne structure l'action d'une forte dose d'azote a été défavorable sur le rendement en grains (tableau 12 et 13).

Le résultat de la fumure azotée en ce qui concerne le rendement a été fortement influencé par la verse (voir fig. 9 et données sur la verse pag. 45).

Au moyen d'une dose supplémentaire d'azote on a pu diminuer la dépression du rendement en grains. Cette fumure supplémentaire était aussi justifiée au point de vue économique. Il semble impossible de compenser complètement la dépression du rendement causée par une mauvaise structure.

On a recueilli différentes analyses des récoltes, il en résulte qu'on a trouvé de grandes différences tant pour les rendements en paille que pour celui en grain selon que l'objet poussait sur un sol à bonne ou à mauvaise structure.

Il est apparu par des recherches provisoires qu'il était impossible d'influencer la dépression du rendement causé par les dégâts du sel.

AVIS POUR L'UTILISATION DES FUMURES

AZOTE

Pendant la première et la deuxième année après une inondation avec de l'eau variant de légèrement saumâtre à très salée il faut tenir compte de la présence de 40 à 60 kg N/ha sous les conditions suivantes

1e. L'inondation doit avoir duré plus de 6 à 7 mois.

2e. La structure doit être bonne.

3e. Il doit être question de la première récolte après inondation.

Sur les terres argileuses, riches en humus, décalcifiées, l'effet de l'azote est probablement plus petit. Après une inondation de moindre durée la quantité d'azote diminue et pour une inondation de moins de deux mois cet effet ne sera guère sensible.

S'il s'agit d'un sol à mauvaise structure, il y a un plus grand besoin en fumure.

Si l'année est normale on peut donner aux céréales, la germination étant passable, le double ou le triple de la quantité habituelle d'azote. Pour les années sèches cette quantité peut être encore plus grande.

A mesure que la structure devient meilleure le besoin en fumure supplémentaire diminue. Une fumure fractionnée est recommandable.

PHOSPHATE

En général il ne faut pas modifier la fumure phosphatée normale. Sur des terres décalcifiées, riches en humus comme on en trouve dans la province de Groningue la fumure phosphatée doit être 2 ou 3 fois plus grande que celle sous des conditions normales.

POTASSE

Sur les terres d'une teneur de plus de 20% en argile (fraction $< 16\mu$) inondées de l'eau de mer on peut s'abstenir de fumure pendant plusieurs années.

Une légère fumure suffit seulement aux végétations qui n'absorbent qu'une petite quantité de potasse comme les pommes de terre, les haricots, le trèfle rouge, les oignons et les pois.

Il faut donner une fumure modérée pour toutes les récoltes sur les terres argileuses contenant plus de 20% d'argile (fraction $< 16\mu$).

Pour les terres inondées à l'eau saumâtre, légèrement saumâtre ou douce, il faut donner une fumure normale en potasse.

TERMES, SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS USÉS

Lettre A.	Teneur en eau du sol pour 100 grammes de sol sec.
idem C. taux de salinité	Teneur en chlorure (exprimé en NaCl) par litre de solution du sol ou par litre de eau
C0-20	C dans la couche de terre de 0 à 20 cm de profondeur
eau douce	C $< 0,5$
eau légèrement saumâtre	C 0,5-5,0
eau très saumâtre	C 5,0-10,0
eau salée	C 10,0-15,0
eau très salée	C $< 15,0$
lutum	fraction d'argile $< 2\mu$ (la teneur en lutum est pour les terres de Zélande les deux tiers de la teneur en fraction $< 16\mu$)
P-citr	teneur en $P_2O_5 \times 1000$
q = quintal métrique	100 kg
G.T. 34	parcelle d'expérience numéro 34 avec différentes quantités de gypse
N.T. 26	parcelle d'expérience numéro 26 avec différentes quantités d'azote

LITERATUUR

- BAFYENS, J. (1946). Studies op de in 1944 overstroomde poldergronden in België. 1e mededeling: Kalk-, bewerkings- en bemestingsproefvelden in 1945. *Agricultura* 44, 4.
- en FR. APPELMANS (1947). Studies op de in 1944 overstroomde poldergronden in België. 2e mededeling: Vegetatieproeven in 1946. *Agricultura* 45 (Bijzonder nummer).
- G. SCHEYS en A. GHESQUIÈRE (1947). Studies op de in 1944 overstroomde poldergronden in België. 3e mededeling: De veldproeven in 1946. *Agricultura* 45 (Bijzonder nummer).
- BEEKOM, C. W. C. VAN (1944). Lezing gehouden op de assistentenvergadering te Rotterdam (stencil, niet gepubliceerd).
- , (1946). Het zoute bedrijf; bemesting en bouwplan oogstjaar 1947. Dir. v.d. Landbouw, Rijkslandb. cons. N-Zeeland en Goeree-Overflakkee. Vlugschrift no 1.
- BERG, C. VAN DEN (1950). De inundaties gedurende 1944–1945 en hun gevolgen voor de landbouw VI. De reactie van landbouwgewassen op het zoutgehalte van de bodem. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 56, 16.
- BREAZEALE, J. F. en W. T. MCGEORGE (1932). Nutritional disorders in alkaline soils as caused by deficiency of carbondioxide. *Univ. of Ariz. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* no 41.
- , (1937). Studies on soil structure; some nitrogen transformations in puddled soils. *Univ. of Ariz. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* no 69.
- DOMINGO, W. R. (1946). Basenhuishouding en gipsbemesting van geïnundeerde gronden. Voordrachten over zoute gronden 46–70. Dir. Wieringermeer (N.O.P.).
- DORSMAN, C. en M. WATTEL (1951). De inundaties gedurende 1944–1945 en hun gevolgen voor de landbouw VII. Zoutschade bij tuinbouwgewassen. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 57, 8.
- Ervaringen omtrent de cultuur op overstroomde gronden (1944). Dept. van Landbouw, Directie van de Landbouw.
- FERRARI, TH. J. (1949). Stikstofbemesting en bodemfactoren. *Landbouwk. T.* 61, 111–120.
- FRAPS, G. S. en A. J. STERGES (1947). Nitrification capacities of Texas soiltypes and factors which affect nitrification. *Tex. Agr. Exp. Sta. Bull.* no 693.
- GODTSENHOVEN, E. VAN (1920). Bemestingsproeven op met zeewater overstroomde poldergronden te Lombartzijde (niet gepubliceerd, geciteerd door A. v. d. Hendé en L. Bockstaele).
- HAAR, A. A. TER (1910). De cultuur in de in 1906 in Zeeland ondergelopen polders. *Versl. en Med. Dir. v. d. Landbouw* 6, 86–117.
- HARMSSEN, G. W. (1946a). Adviezen over stikstofbemesting in de inundatiegebieden. Dir. Wieringermeer (N.O.P.) Microbiologische Afd. (stencil, niet gepubliceerd).
- , (1946b). De microbiologie van door zout water geïnundeerde gronden. Voordrachten over zoute gronden 71. Dir. Wieringermeer (N.O.P.).
- , (1947). Aanvulling op het hoofdstuk „De microbiologie van door zout water geïnundeerde gronden.” Aanvulling op de Voordrachten over zoute gronden in 1944 gehouden voor de assistenten van de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst in het met zout water geïnundeerde gebied van Zuidwest Nederland (stencil, niet gepubliceerd).
- , De inundaties gedurende 1944–1945 en hun gevolgen voor de landbouw VIII. Microbiologische processen in geïnundeerde gronden. *Versl. Landbouwk. Onderz.* (nog niet verschenen).
- en D. J. LINDENBERGH, (1949) Investigations on the nitrogen nutrition of plants. I. A new method for the determination of nitrogenrequirement of soils. *Plant and Soil* 2, 1–29.
- HENDÉ, A. VAN DEN en L. BOCKSTAELE (1948). Vraagstukken van stikstofhuishouding. 1e mededeling: De werking van nitrische en ammoniakale stikstofmeststoffen op vroegere overstroomde gronden. *Med. v.d. Landbouwhogeschool en de Opzoekingsstations van de Staat te Gent* 13 3, 253–260.
- MCGEORGE, W. T. en J. F. BREAZEALE (1938). Studies on soil structure: Effect of puddled soils on plant growth. *Univ. of Ariz. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* no 72.

- MEYERS, P. G.
NOBEL, C. (1946). De inundatie in Groningen. *Landb. ber.* 1, 43, 167.
(1921). De overstroming van 13 en 14 Januari 1916 en haar gevolgen voor den landbouw in Waterland. *Versl. en Med. Dir. v. d. Landbouw* 1, 26-51.
- PAAUW, F. VAN DER (1934). De landbouwkundige betekenis van het gips, het voornaamste nevenbestanddeel van superfosfaat. *Landbouwk. T.* 46, 838-847.
———, (1947). Onderzoekingen over fosfaat- en kalibemesting op de kleigronden van de Zuidhollandse eilanden. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 53 5A, 213-246.
(1947). Soil and plant analysis. Monogr. Waite Agr. Res. Inst. Adelaide S. Australia.
- PIPER, C. S. Rapport inzake het onderzoek en de ervaringen in de Kruininger-, Nieuw Olzende en St Pieterspolder na de inundaties in 1939 en 1940 (1945). Dir. Wieringermeer (N.O.P.) Afd. Onderzoek.
- SMEDING, S. (1921). De overstroming in Noord-Holland in Januari 1916 en haar gevolgen voor land- en tuinbouw. *Versl. en Med. Dir. v. d. Landbouw* 1, 51-130.
- VISSER, W. C. (1942). Een onderzoek naar de kali- en fosforzuurhuishouding van de Groninger klei- en zavelgronden. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 48 3A.
(1947). Overzicht van uitvoering en verloop van de zout- en brakwaterinundaties. De inundaties van 1944 en 1945 in Nederland. Dl. I (gestencild rapport Rijksdienst voor landbouwherstel, Wetensch. Afd.).
- WESTERHOF, J. J. (1948). Verslag van het brouwergrassenproefveld te Barendrecht in de jaren 1945 en 1946. *Med. NaCoBrouw* 14 242-246.
- WILTEN, W.