

DEPARTEMENT VAN LANDBOUW EN VISSCHERIJ
DIRECTIE VAN DEN LANDBOUW
VERSLAGEN VAN LANDBOUWKUNDIGE
ONDERZOEKINGEN — N^o. 49 (17) A

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION
EN BODEMKUNDIG INSTITUUT
GRONINGEN

a

GRONDONDERZOEK NAAR
FOSFAAT- EN KALITOESTAND
OP GRASLAND

DOOR DR. F. VAN DER PAAUW



RIJKSUITGEVERIJ
DIENST VAN DE
NEDERLANDSCHE
STAATSCOURANT

1 · 9 · 4 · 3

'S-GRAVENHAGE · ALGEMEENE LANDSDRUKKERIJ

Prijs f 1,50 *

INHOUD

	Blz.
INLEIDING	917
Wijze van uitvoering van het onderzoek	922
De weersgesteldheid in de jaren van onderzoek	924

HET FOSFAATONDERZOEK

1. Het fosfaatonderzoek op klei-grasland	925
De voorkomende variatie in fosfaat- en eenige andere bodem- toestanden en in botanische samenstelling in het onderzochte gebied	925
Uitkomsten van het onderzoek	926
Het verband tusschen den fosfaattoestand van onbemesten grond en de reactie van het gras	927
De invloed van de fosfaatbemesting op de reactie van het gras bij verschillende fosfaattoestanden	932
2. Het fosfaatonderzoek op veen-grasland	936
De voorkomende variatie in fosfaat- en eenige andere bodem- toestanden en in botanische samenstelling	936
Uitkomsten van het onderzoek	938
Het verband tusschen den fosfaattoestand van den niet met fosfaat bemesten grond en de reactie van het gras	939
De invloed van de fosfaatbemesting op de reactie van het gras bij verschillende fosfaattoestanden	942
3. Het fosfaatonderzoek op zand-grasland	946
De voorkomende variatie in fosfaat- en eenige andere bodem- toestanden en in botanische samenstelling	946
Uitkomsten van het onderzoek	949
Het verband tusschen den fosfaattoestand van den niet met fosfaat bemesten grond en de reactie van het gras	949
De invloed van de fosfaatbemesting op de reactie van het gras bij verschillende fosfaattoestanden	956

HET KALIONDERZOEK

4. Het kalionderzoek op zand-grasland	958
De voorkomende variatie in kalitoestand	958
Uitkomsten van het onderzoek	959
Het verband tusschen den kalitoestand van den onbemesten grond en de reactie van het gras	959
De invloed van de kalibemesting op de reactie van het gras bij verschillende kalitoestanden	967
5. Het kalionderzoek op veen-grasland	970
De voorkomende variatie in kalitoestand	970

	Blz.
Uitkomsten van het onderzoek	970
Het verband tusschen den kalitoestand van den niet met kali bemesten grond en de reactie van het gras.	971
De invloed van de kalibemesting op de reactie van het gras bij verschillende kalitoestanden	975

BESCHOUWINGEN OVER DE VERKREGEN RESULTATEN

Inleiding	977
Het verband tusschen de door het grondonderzoek bepaalde waarden en de reactie van het gras	978
a. P-getal en P-citr	978
b. K-getal en K-HCl	980
De invloed van nevenfactoren op het verband tusschen de door het grondonderzoek bepaalde waarden en de reactie van het gras	982
De invloed van de pH	983
De invloed van het humusgehalte	995
De invloed van andere factoren	998
De fosfaat- en kalibemesting in verband met den bodemtoestand	998
Het chemische onderzoek van gras als methode ter beoordeeling van den bemestingstoestand	1003
Bespreking van den gevolgden proefopzet	1004

KORTE SAMENVATTING VAN DE VERKREGEN RESULTATEN 1006

Literatuur	1010
----------------------	------

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION EN BODEMKUNDIG INSTITUUT
GRONINGEN

GRONDONDERZOEK NAAR FOSFAAT- EN KALI-
TOESTAND OP GRASLAND

DOOR

Dr F. VAN DER PAAUW

INLEIDING

De intensivering, welke het weidebedrijf in de aan den oorlog voorafgaande jaren heeft ondergaan en welke waarschijnlijk in de toekomst verder voortgezet zal worden, heeft voor een groot deel gelegen in de grootere zorg, welke aan de productie en het gebruik van in eigen bedrijf gewonnen veevoeder besteed wordt. Hierbij hebben de toegenomen toepassing van stikstofbemesting, een betere beweidingstechniek, welke geringere verliezen medebracht, en een verbeterde conserveering van het gras op den voorgrond gestaan.

Dit versterkte gebruik, dat van het grasland gemaakt wordt, stelt hogere eischen aan de fosfaat- en kalibemesting (FRANKENA en BOTH, 3). Hiermede is het echter nog onvoldoende gesteld. Weliswaar wordt aan deze bemesting al reeds veel langeren tijd aandacht besteed, maar blijkbaar wordt hieraan zeer verschillend de hand gehouden, getuige de uitkomsten van in graslandstroken verricht grondonderzoek (vgl. fig. 1, 13 en 25), dat een zeer groote spreiding in voorkomende fosfaat- en kalitoestanden aan het licht bracht. De bemesting is dus weinig rationeel geweest, in vele gevallen is te licht, in andere te zwaar bemest. Toch ziet men ook thans nog niet, dat in de praktijk in belangrijke mate met den bestaanden bemestingstoestand van het land rekening wordt gehouden.

Een methode, welke in staat stelt den toestand van den grond in dit opzicht te bepalen, is van groot belang. Hierdoor zal het mogelijk worden de bemesting te regelen naar den voorhanden bodemtoestand, een te arm land in den gewenschten toestand te krijgen, zoodat de oogstzekerheid verhoogd en de kwaliteit van het grasland verbeterd wordt, en de voorraden van een rijk perceel te benutten.

Deze mogelijkheden schuilen in het chemische grondonderzoek. In verschillende opzichten zijn hiermede in binnen- en buitenland gunstige resultaten verkregen.

Bij dit onderzoek stond daarom de bedoeling op den voorgrond een *nader inzicht in de beteekenis van het grondonderzoek op fosfaat en kali bij het grasland* te verkrijgen. De over dit onderwerp verzamelde gegevens, welke reeds op eenige plaatsen gepubliceerd werden (VAN DER PAAUW, 16, 18; 'T HART en VAN DER PAAUW, 6), hebben aan het licht gebracht, dat de in Nederland gebruikelijke methodes van grondonderzoek ook bij grasland tot voor de praktijk zeer bruikbare resultaten kunnen leiden. De verkregen kennis vertoonde echter nog in vele opzichten onvolledigheden, voornamelijk een gevolg van een te gering aantal proeven en van onvergelykbare proefopzet. Bovendien waren de gegevens veelal op nogal verschillende grondsoorten en bij verschillend behandeld grasland verzameld, zoodat de vergelijkbaarheid onvol-

doende was. Om tot een nauwkeurige vaststelling van de beteekenis van het grondonderzoek voor het grasland te geraken, was het noodig over een grooter materiaal van onderling goed vergelijkbare proefvelden te beschikken. Dit is nagestreefd door uitvoering van proeven in een geografisch nauw omgrensd graslandgebied in eenzelfde proefjaar en bij gelijkheid van proefopzet. Hierdoor zijn zoowel groote verschillen in grondsoort als storende klimatologische invloeden zooveel mogelijk uitgeschakeld.

Door deze beperkingen is de beteekenis van het onderzoek voor het verkrijgen van een voor het geheele land geldige adviesbasis verkleind. Dit wordt echter als een verder liggend doel beschouwd, waarvan de verwerking eerst dan urgent wordt, als in beperkter onderzoek aangetoond is, dat de toegepaste methodes van grondonderzoek inderdaad bruikbaar zijn voor toepassing in de praktijk. Daarna komt de vraag, welke interpretatie aan de cijfers van verschillende graslandgebieden gegeven moet worden.

De opgelegde beperking stelt ons in de gelegenheid tot een nadere analyse van de meststofwerking te geraken en den invloed van verschillende factoren op te speuren. Hierbij is zoowel gedacht aan den invloed van een fosfaat-, resp. kalibemesting in verband met den rijkdom van den grond aan het betreffende bestanddeel, als aan den invloed van andere factoren, die den bodemtoestand bepalen.

Het eerste betreft de belangrijke vraag welke waarde toe te kennen is aan de gegeven bemesting in verhouding tot de voorraden, welke reeds van nature, of als gevolg van vroegere bemestingen, in den grond voorhanden zijn, en hoe groot deze bemesting dient te zijn. Heeft de meststof een waarde, die geheel gelijk te stellen is aan die van reeds aanwezige voedingsstoffen, of is de werking kleiner ofwel grooter?

Het tweede punt is voor het vaststellen van het verband tusschen de uitkomsten van het grondonderzoek en de praktische toepassing hiervan van groot belang. Het dient bekend te zijn, of de gevonden cijfers in alle gevallen vergelijkbaar zijn, en indien dit niet zoo mocht zijn, welke factoren bij de beoordeeling in acht genomen moeten worden. Indien dergelijke invloeden van nevenfactoren vastgesteld zouden kunnen worden, zouden zij uiteraard slechts betrekking hebben op het beperkte materiaal, waarbij zij zijn gevonden. Het is echter zeer aannemelijk dat deze wetmatigheden ook onder andere verhoudingen — zij het wellicht in details eenigszins afwijkend — zullen gelden, wat door later onderzoek in ruimer verband nader geverifieerd zou moeten worden.

Ter beantwoording van genoemde vragen is het noodig proefvelden van gelijke opzet in voldoende aantal bij uiteenlopende toestanden aan te leggen; uiteenlopend zoowel wat betreft het punt van onderzoek — b.v. wijd gevarieerde fosfaattoestanden bij fosfaatproefvelden — als wat betreft andere bodemtoestanden, die bij het grondonderzoek bepaald worden, zooals de pH, het humus- en kleigehalte en, aangezien het hier grasland betreft, ook de botanische samenstelling van de grasmat.

Het aantal proefvelden van een bij elkaar behoorende serie is bepaald op ongeveer 20; achteraf is gebleken dat dit aantal voor de behandeling van de gestelde vragen voldoende is, zij het nog eenigszins aan den lagen kant. Een vooronderzoek van een belangrijk grooter aantal percelen is noodig om

de proefperceelen zoodanig uit te kiezen, dat de in verschillende opzichten gewenschte variatie verkregen wordt.

In drie opeenvolgende jaren zijn achtereenvolgens in verschillende graslandgebieden dergelijke series van proefvelden aangelegd. Het onderzoek werd in het eerste jaar, 1939, op kleigrasland uitgevoerd; dit eerste onderzoek betrof alleen het fosfaatvraagstuk. In beide volgende jaren is echter ook aan het kalivraagstuk aandacht besteed en zijn series fosfaat-kaliproefvelden aangelegd: in 1940 op veen- en in 1941 op zandgrond.

De opzet van dit onderzoek toont overeenstemming met het door W. C. VISSER op de Groninger klei- en zavelgronden bij bouwland verrichte onderzoek over de kali- en fosfaathuishouding (26). Ook daarbij zijn series van kleine proeven onder uiteenlopende culturomstandigheden met verschillende gewassen uitgevoerd. Het totale aantal proeven, dat in twee jaren genomen is, was belangrijk grooter, namelijk 131 met fosfaat en eveneens 131 met kali, doch het aantal proefvelden met eenzelfde gewas was meestal belangrijk kleiner.

De opzet van de proefvelden op grasland is echter iets grooter geweest. In de eerste plaats hield dit verband met de te verwachten grotere onregelmatigheid van grasland, welke een grooter aantal bepalingen vereischt. In de tweede plaats echter met een verschil in doelstelling. VISSER heeft vooral op het oog gehad het verband vast te stellen tusschen de door bemesting te verkrijgen meeropbrengsten en den door het grondonderzoek bepaalden bemestingstoestand van den grond. Een dergelijk doel kan in principe bereikt worden door de vergelijking van een onbemest met een bemest veldje; er is echter een iets grotere opzet van 5 veldjes gekozen om het effect van verschillende hoeveelheden meststof te bepalen. Bij het eigen onderzoek werd de vaststelling van de opbrengsten van het gewas bij weglaten, of bij verschillende doseering van de meststoffen, in procenten van een onder optimale omstandigheden te bereiken maximale opbrengst, wenschelijk geacht. De reden hiervan ligt in het vaak groote verschil in absolute opbrengst van graslandperceelen, wat gedeeltelijk een gevolg is van een verschillend groeistadium, waarin geoogst wordt. De bestaande ervaring is namelijk deze, dat de relatieve verschillen zich bij ouder worden minder wijzigen dan de absolute (VAN DER PAAUW, 18). Ook is het mogelijk op deze wijze het verband tusschen den bodemtoestand en de relatieve opbrengst van den onbemesten grond te bepalen. In het onderzoek van VISSER is slechts het effect van de bemesting en de invloed, welke dit van nevenfactoren ondergaat, onderzocht, en alleen bij het chemisch gewasonderzoek is aan het onbemeste object zelf aandacht besteed. Onze doelstelling brengt echter de noodzaak mede het aantal veldjes uit te breiden, om het mogelijk te maken een volledige opbrengstkromme van elk proefveld te construeeren. In het eerste jaar hebben wij het geprobeerd met 8 veldjes per proefveld, welk aantal in het tweede jaar tot 10 (d.w.z. een P- en een K-serie elk met 10 veldjes), in het laatste jaar tot 11 is opgevoerd. Zelfs dit laatste aantal blijkt soms op ongelijkmatige proefvelden voor een bevredigende vaststelling van het verschil tusschen het maximum en de opbrengst zonder bemesting nog te klein te zijn, zelfs al is een correctie voor een ongelijk vruchtbaarheidsverloop van het proefveld volgens de grafische methode van W. C. VISSER (23) veelal met succes toegepast.

Overigens is dit verschil tusschen de proefopzet bij beide onderzoekingen, niet een van principiëelen aard, maar meer een van persoonlijke voorkeur. Beide werkwijzen hebben bepaalde voordeelen: vele kleine proefvelden beteekende b.v. voor VISSER dat meer gewassen in onderzoek konden worden genomen en een rijkere variatie van bodemeigenschappen in het onderzoek werd betrokken. Het spreekt echter vanzelf, dat in beide onderzoekingen overeenkomstige problemen behandeld zijn en na de bespreking van de eigen resultaten zal derhalve meermalen een vergelijking met het verwante onderzoek getrokken worden.

De eigenlijke bedoeling van dit onderzoek is, zooals gezegd, de bruikbaarheid van de door het grondonderzoek bepaalde waarden aan de reactie van het gewas te toetsen. Het gaat er dus in de eerste plaats om of, en in hoeverre, het gewas van deze factoren afhankelijk is. Deze grootheden worden dus nauwkeurig vastgesteld, in de meeste gevallen door meervoudige bepaling. Aan de vraag welke waarde aan de in een enkel grondmonster uitgevoerde bepalingen toekomt om den bemestingstoestand van een geheel perceel te bepalen, m.a.w. welke rol de analysefout en de bemonsteringsfout bij het grondonderzoek spelen, gaan wij in dit onderzoek voorloopig voorbij.

De getoetste grootheden zijn, wat de bepaling van den fosfaattoestand aangaat, het fosforzuurgetal (P-getal) en het P-citroenzuurfijfer (P-citr), wat de bepaling van den kalistoestand betreft, het kaligetal (K-getal) en het kaligehalte van den grond (K-HCl)¹.

Bij de bepaling van het P-getal wordt de grond geëxtraheerd met gedistilleerd water (niet koolzuurvrij) in een verhouding 1 : 10 bij een temperatuur van 50°. Dit is een zeer milde extractie. Bij de P-citr bepaling, welke bij eenzelfde extractie-verhouding met een citroenzuur-oplossing met een concentratie van 1 % wordt verricht, wordt belangrijk meer fosfaat in oplossing gebracht. Beide methodes worden naast elkaar uitgevoerd in de overweging, dat zij verschillende aspecten bieden van den fosfaattoestand van den grond; de eerstgenoemde methode zou een indruk kunnen geven van de oplosbaarheid van het fosfaat in den bodem, de tweede van den voorraad van gemakkelijk opneembaar fosfaat. Het is a priori mogelijk, dat beide tezamen een vollediger beeld van den fosfaattoestand geven dan elk afzonderlijk (zie ook VAN DER PAAUW, 16). Dit zal in het volgende onder het oog worden gezien.

Het kaligetal wordt alleen bepaald op humeuze zandgronden, het K-HCl op de overige grondsoorten. Het kaligetal geeft niet het gehalte van den grond aan kali weer, maar het gehalte aan in 0.1 normaal HCl oplosbare kali betrokken op het bij deze grondsoort in hoofdzaak basenbindende bestanddeel, de humus. Bij de extractie wordt een constante verhouding tusschen humus en extractiemiddel genomen, namelijk 6.25 gram humus op 300 cm³ oplosmiddel. De extractieverhouding tusschen de hoeveelheid grond en het oplosmiddel is dus wisselend. Het kaligetal heeft in verschillende gevallen, waarin het kaligehalte van den grond zeer ongelijke uitkomsten gaf, goed voldaan (VAN DER PAAUW, 14). Een bezwaar is evenwel dat de toepasbaarheid slechts tot een bepaald grondtype beperkt is, wat in overgangsgevallen moeilijkheden oplevert.

¹) Uitvoerige gegevens over de uitvoering van de bepalingen worden aangetroffen in het boekje: „Grondonderzoek”, door O. DE VRIES en F. J. A. DECHERING (35).

Het K-HCl cijfer wordt bepaald op klei- en veengronden bij een extractieverhouding van 1 deel grond op 10 deelen 0.1 n HCl. Bij deze vrij milde behandeling wordt voornamelijk de los gebonden, zoogenaamde uitwisselbare kali vrij gemaakt. De methode heeft het voordeel op alle gronden toepasbaar te zijn. Het zal daarom zeer gewenscht zijn beide methodes van kalibepaling aan het materiaal van dit onderzoek te vergelijken om na te gaan, of er een dwingende noodzaak bestaat beide bepalingen naast elkaar te handhaven.

De overige grootheden, die bij dit onderzoek te pas komen, zijn de pH en het gehalte aan humus en afslibbare deelen van den grond. Verder wordt aandacht besteed aan den fosfaat-, resp. kalirijkdom van den ondergrond en de botanische samenstelling. Nagegaan wordt welke invloed deze factoren hebben op het verband tusschen de P- en K-waarden en de reactie van het gewas.

De reactie van het gewas, welke als criterium geldt voor de toetsing van het grondonderzoek, wordt op verschillende wijze beoordeeld. In de eerste plaats ligt het voor de hand hiervoor de opbrengst te gebruiken, aangezien immers het verkrijgen van een hoogere opbrengst het doel van elken bemestingsmaatregel is. De opbrengst is echter een vrij sterk door het toeval bepaalde maatstaf; in het bijzonder geldt dit voor het grasland, waar het geoogste gras niet het eindproduct van een biologische ontwikkeling is; op een min of meer toevallig tijdstip wordt deze ontwikkeling afgebroken. Bij waarneming van het gewas op een kali- of fosfaatproefveld blijken namelijk veelal perioden met ernstige gebreksverschijnselen op de onbemeste veldjes af te wisselen met perioden, waarin de verschillen „er weer uitgroeien”, terwijl zij later weer duidelijker voor den dag kunnen komen. VISSER is eveneens bij zijn uitgebreide onderzoekingen deze verschijnselen tegengekomen (26) en hetzelfde merkten wij reeds eerder bij graslandproeven op (18). Het in rekening brengen van het geheele verloop van de ontwikkeling zou daarom veel meer verantwoord zijn. Aan de uitvoering van tusschentijdsche opbrengstbepalingen zijn evenwel groote praktische bezwaren verbonden. Veel eenvoudiger is het zich tot visuele waarnemingen van het groeiverloop te beperken, al is een dergelijke bepaling uiteraard vrij grof en niet volkomen vrij van subjectiviteit, omdat het zoowel een beoordeeling van massa als van uiterlijk betreft; wat niet door iederen waarnemer geheel gelijk gewaardeerd zal worden. Bovendien is het bezwaarlijk een waarde van grondonderzoek met een ontwikkelingsverloop in verband te brengen; dit verloop moet op de een of andere wijze in een hanteerbare maat tot uitdrukking worden gebracht. Om van deze op zichzelf waardevolle gegevens bij de toetsing van het grondonderzoek gebruik te kunnen maken, hebben wij voor de tijdens de ontwikkeling bij weglaten van de bemesting waargenomen gebreksverschijnselen beoordeelingcijfers toegekend, waarvan de beteekenis als volgt is:

- 5 = nooit fosfaat-, resp. kaligebrek waargenomen;
- 4½ = misschien lichte gebreksverschijnselen voor korten tijd even zichtbaar;
- 4 = licht gebrek is korten tijd duidelijk geconstateerd;
- 3 = matig gebrek is waargenomen, ofwel lichte verschijnselen tijdens een langere periode van de ontwikkeling;

- 2 = zeer duidelijke gebreksverschijnselen zijn waargenomen;
- 1 = sterk optreden van gebrek;
- 0 = zeer sterke verschijnselen tijdens de geheele ontwikkeling.

Een andere maatstaf, waaraan uitkomsten van het grondonderzoek gewaardeerd kunnen worden, is het door chemisch gewasonderzoek bepaalde gehalte aan fosfaat of kali van het gras, dat een inzicht geeft over de opneembaarheid van de betreffende stof. Het gehalte is echter evenmin als de opbrengst vrij van toevallige invloeden. Tijdens de ontwikkeling neemt het gewoonlijk bij het onder worden af. Hiervoor is echter een correctie in te voeren, wat niet het geval is voor de schommelingen, welke het bovendien nog onder invloed van de uitwendige omstandigheden ondergaat. Toch is de indruk verkregen, dat het gehalte veelal een nauwkeuriger maat is voor de reactie van het gewas dan de opbrengst; in het bijzonder was de inwerking van nevenfactoren hierbij scherper vast te stellen. In het volgende zal daarom veel aandacht aan de gehalten besteed worden.

Het product van opbrengst en gehalte, dat de opgenomen hoeveelheid meststof aangeeft, lijkt misschien een nog nauwkeuriger maat te zijn. Het is echter te betwijfelen of dit juist is. De indruk werd verkregen dat het gehalte min of meer een weerspiegeling geeft van een evenwicht, dat er bestaat tusschen de plant en den toestand van den bodem op het oogenblik, dat het gras gemaaid wordt. Vooral voor het beweeglijke kalium, dat door de plant zoowel gemakkelijk opgenomen als afgegeven kan worden, lijkt dit plausibel. Het gehalte zou dus wel eens nauwer met den bodemtoestand kunnen samenhangen dan de hoeveelheid opgenomen stof, welke ook van de toevallig op dat oogenblik aanwezige plantenmassa afhankelijk is. Aangezien de correlatie met het gehalte vaak veel beter was dan met de opbrengst, zou een gebruik maken van dit product waarschijnlijk geen voordeel opleveren.

De methode van het chemische gewasonderzoek heeft zelf ook toepassing gevonden als algemeene methode ter beoordeeling van den fosfaat- en kalistoestand. VAN ITALIE heeft op verschillende plaatsen de beteekenis van deze methode in het licht gesteld (8, 9, 10); ook wij zullen hieraan in onze beschouwingen over de resultaten van dit onderzoek aandacht besteden. Bovendien geeft het gehalte een kwaliteitsbeoordeeling. Het is van belang te weten, hoe de kwaliteit door den bodemtoestand en de toegevoegde bemesting bepaald wordt.

Wijze van uitvoering van het onderzoek

Een serie van 22 fosfaatproefvelden op kleigrasland werd in 1939 aangelegd in het gedeelte van de Centrale Groningsche weidestreek, dat onmiddellijk ten Noorden en Noord-Westen van de stad Groningen bij de dorpen Leegkerk, Dorkwerd en Wierum (gemeenten Hoogkerk en Aduard), ten Westen van het Reitdiep in de omgeving van de Friesche straatweg is gelegen.

Het in 1940, zoowel op fosfaat als kali betrekking hebbende onderzoek, werd met een serie van 21 proefvelden uitgevoerd in het tusschen Groningen, Eelde en Peize gelegen veengraslandgebied van de Drenter Maden. Het onderzoek in 1941, dat ook zoowel het fosfaat- als het kalivraagstuk betrof,

werd verricht in een iets grooter gebied, namelijk het zandgrasland, dat zich afwisselend met bouwland uitstrekt over het uiterste Noord-Westen van Drente en een gedeelte van Zuid-West-Groningen, bij de plaatsen Roden, Leek, Tolbert, Midwolde, Zevenhuizen en Noordwijk. De serie omvatte eveneens 21 proefvelden. In totaal zijn er dus 64 proefvelden gehouden, waarvan er 42 gecombineerde fosfaat-kaliproefvelden waren. Slecht een tweetal van deze proeven zijn volledig mislukt, namelijk een in 1939 en een in 1941.

De in 1939 aangelegde fosfaatproefvelden omvatten 8 verschillend behandelde veldjes, elk van $\frac{1}{4}$ are groot, die in een rij achter elkaar op eenzelfde akkertje zijn gelegd. Er werden 5 fosfaatrapporten vergeleken, namelijk een bemesting naar 0 (in duplo), 20, 50 (duplo), 80 en 120 (duplo) kg/ha P_2O_5 .

De gecombineerde, in 1940 aangelegde fosfaat-kali-proefvelden bestonden uit 9 objecten, die alle in tweevoud zijn aangelegd, zoodat elk proefveld 18 veldjes van $\frac{1}{4}$ are omvatte, in 2 rijen van elk 9 veldjes. De fosfaatbemesting is gegeven naar 0, 20, 50, 90 en 140 kg/ha, op het fosfaatgedeelte steeds met een kalibemesting naar 120 kg/ha K_2O . De kalibemesting is op de kalihelft aangewend naar 0, 30, 70, 120 en 180 kg/ha K_2O , steeds gecombineerd met een fosfaatbemesting naar 90 kg. Beide gedeelten hebben dus een object gemeen, namelijk het object met 90 kg P_2O_5 en 120 kg K_2O .

De opzet in 1941 verschilde hiervan weinig. Alleen zijn beide nul-objecten in triplo uitgevoerd en is de kalibemesting naar 0, 30, 80, 140 en 220 kg/ha K_2O gegeven. De fosfaathelft ontving 140 kg K_2O .

In elk jaar is eenzelfde proefopzet bij de geheele serie toegepast. De objecten zijn onregelmatig over het veld verdeeld.

Het fosfaat en de kali zijn steeds toegediend in den vorm van superfosfaat 20 % en kalizout 40 %. Bij de fosfaatproefvelden op het kleigrasland werd kali gegeven naar 100 kg/ha K_2O . De stikstofbemesting is steeds gegeven in den vorm van kalkammonsalpeter naar 50 kg/ha N.

De fosfaat- en kalibemesting is bij de kleigraslandserie gedeeltelijk ongeveer half December aangewend, gedeeltelijk in Februari. Op het veengrasland werd de fosfaat- en kalimest in de eerste helft van Maart gestrooid, op het zandgrasland einde Februari en begin Maart. De stikstofbemesting werd alle jaren einde Maart toegediend.

Bij de proefveldserie op kleigrasland leidde de in December 1938 toegediende fosfaatbemesting tot zeer ernstige verbranding, doordat onmiddellijk na het zachte weer, waarbij gestrooid was, zeer strenge vorst inviel. Vooral de zwaar bemeste veldjes liepen ernstige schade op. Van een aantal proefvelden zijn daardoor minder volledige resultaten verkregen. In de andere jaren deden zich geen verbrandingsverschijnselen voor.

Tijdens het verloop van de proef zijn eenige malen aantekeningen gemaakt over de ontwikkeling, soms in den vorm van standcijfers.

De proefvelden zijn steeds op de gebruikelijke wijze geoogst door weging van het kort afgemaaid gras. De opbrengst aan droge stof werd berekend uit de grasopbrengst en het droge stof-gehalte van een zorgvuldig genomen grasmonster met een gewicht van 2 kg. Het maaien vond in 1939 plaats tusschen 7 en 16 Juni, in 1940 tusschen 28 Mei en 24 Juni en in 1941 tusschen 7 en 24 Juni.

Grondmonsters zijn steeds voor de bemesting per veldje genomen. Ook

na de bemesting werd de grond bemonsterd: in 1939 en 1940 ongeveer 1½ maand daarna, in 1941 kort na de bemesting en bovendien na den oogst.

Monsters voor chemisch gewasonderzoek zijn steeds bij den oogst genomen van de niet met fosfaat, resp. kali bemeste objecten en van beide middelste en hoogste bemestingstrappen. Bij de fosfaat-objecten werd hierin het P_2O_5 -gehalte, bij de kali-objecten het K_2O -gehalte van de droge stof bepaald, in 1941 bovendien in alle gevallen het N-gehalte.

De botanische samenstelling is op elk proefveld bepaald volgens de aanwezigheids- en de dominantiemethode (D. M. DE VRIES, 27, 28, 29, 30). Beide methodes voldoen beter dan de meer gebruikelijke gewichtsanalytische methode (DE VRIES, '27) om de kwaliteit van de zode vast te stellen. Laatstgenoemde methode verschaft een goed inzicht in de samenstelling van het gemaaid gras, doch deze is sterk afhankelijk van de groeiomstandigheden, welke kort tevoren hebben geheerscht, en welke de ontwikkeling van de eene plantensoort bevorderen, de andere onderdrukken. Beide eerstgenoemde methodes zijn veel minder afhankelijk van kort durende klimaats- en behandelingsinvloeden. Zij geven in procenten het aantal malen weer, waarin een bepaalde soort in een groot aantal kleine boormonstertjes voorkomt (aanwezigheidsprocenten), resp. over andere soorten domineert (dominantieprocenten).

De weersgesteldheid in de jaren van onderzoek

Midden December 1938, toen een gedeelte van de proefvelden op kleigrond aangelegd werd, was het zeer zacht weer. Hierop volgde echter plotseling felle koude zonder sneeuw, zoodat de juist met superfosfaat bemeste perceelen door verbranding min of meer ernstige schade leden. In enkele gevallen waren bij de zwaarste bemesting met superfosfaat de bovenaardsche deelen van de planten geheel afgestorven, wat lang in het voorjaar zichtbaar bleef en een belangrijke vertraging van den grasgroei veroorzaakte.

Na een zachte Februarimaand, waarin de rest van de proefvelden zonder schade bemest werd, waren Maart en April nat en koud, zoodat het gras laat tot ontwikkeling kwam, hierop volgde Mei met zeer droog, schraal weer, zoodat de grasgroei zeer traag was en het grasland zeer achterlijk en kaal is gebleven. Ook Juni was zeer droog, het grasland leed ernstig aan watergebrek. In dit proefjaar waren de omstandigheden voor het grasland dus zeer ongunstig.

In 1940 was de winter zeer koud, zoodat de vorst diep in den grond drong. In Februari smolt veelal de sneeuw, die het land bedekte; door wederom invallende vorst waren de velden met ijs bedekt. Hoewel de tweede helft van de maand zachter was, ontdooide de grond langzaam en bleef de ontdooide bovenlaag zeer nat. Hierdoor konden de proefvelden eerst vanaf omstreeks 10 Maart aangelegd worden, waarna het nog nat en koud bleef tot half April. Het grasland heeft in het algemeen weinig geleden en was alleen zeer achterlijk in ontwikkeling. De tweede helft van April was zacht en het gras ontwikkelde zich flink. Mei gaf droog weer, waarin de groei goed was, tegen het einde van de maand werd het echter te droog en ook de eerste decade van Juni bleef droog. Daarna werd het evenwel regenachtig, zacht weer, waarbij het gras zich in enkele dagen goed ontwikkelde. De hooiopbrengst was daardoor dit jaar goed tot zeer goed.

De winter van 1941 was wederom zeer streng, de vorst duurde tot en met de eerste week van Februari. De maand bleef echter koud met gevolg waterplassen en ijs op het land. In het begin van Maart zijn de proefvelden aangelegd.

In Maart bleef het koud en nat, April was droog maar zeer koud, evenals de eerste helft van Mei, zoodat het grasland, dat overigens weinig van den strengen winter geleden had, zeer achterlijk was. Daarna volgde zachter weer met regen, zoodat het gras flink groeide, evenals in het begin van Juni, hoewel deze maand zeer droog en later zeer schraal was. Tengevolge van deze droogte is de hooiopbrengst slechts matig geweest.

'HET FOSFAATONDERZOEK'

Achtereenvolgens zullen de uitkomsten van het onderzoek in de opeenvolgende jaren op klei-, veen- en zandgrasland behandeld worden.

1. Het fosfaatonderzoek op klei-grasland

De voorkomende variatie in fosfaat- en eenige andere bodemtoestanden en in botanische samenstelling in het onderzochte gebied.

Voorafgaand aan het proefveldonderzoek zijn van 52 perceelen grondmonsters genomen, om een overzicht van de gesteldheid van het gebied te verkrijgen en daarnaar de keuze der proefperceelen te bepalen. De uitkomsten van dit onderzoek zijn in frequentiegrafieken weergegeven in figuur 1. De kolommen duiden het aantal malen aan, waarin een bepaalde waarde is voorgekomen. Bovendien is door stippen aangegeven hoeveel proefvelden bij elken toestand zijn aangelegd. Daar dit latere onderzoek slechts op een klein deel van het aanvankelijk in zijn geheel bemonsterde perceel betrekking heeft, en dit onderzoek door meervoudige bepaling niet grootere nauwkeurigheid is verricht, zijn vaak kleine verschuivingen opgetreden, b.v. worden er 2 proefvelden bij P-citr 71—80 aangetroffen, hoewel deze klasse bij het vooronderzoek slechts door één monster vertegenwoordigd was.

De uitkomst van het onderzoek toont, dat het humusgehalte van de gronden in dit gebied nogal gelijk is, bij het meerendeel bedraagt dit 14—18 %. Iets grootere variatie wordt in het kleigehalte aangetroffen. De pH vertoont geen groote verschillen. Al deze gronden zijn zuur, de pH beweegt zich meest tusschen 5,3 en 5,8. In slechts 2 gevallen bedroeg de pH meer dan 6, beide malen een gevolg van een geregelde bemesting met slakkenmeel. De laagste pH van 5,15 werd gevonden op een perceel, waar vaak zwavelzure ammoniak was gebruikt.

Groote variatie komt voor in den fosfaattoestand, wat zoowel in het P-getal als in het P-citr en P-totaal-cijfer tot uitdrukking komt. Neemt men op grond van vorig onderzoek (16,18) aan, dat de kans op belangrijk fosfaatgebrek bij weglaten van de fosfaatbemesting vrij klein wordt, als het P-citr meer dan 60 en het P-getal meer dan 14 bedraagt, dan zouden de meeste gronden als min of meer fosfaatbehoefstig te kenschetsen zijn. De variatie is opvallend groot, zoowel sterk behoeftige als zeer rijk voorziene gronden komen voor, veelal zelfs op eenzelfde bedrijf. Opvallend zijn de in verhouding tot het P-citr hoge P-getallen, wat op een goede beschikbaarheid van het bodemfosfaat zou wijzen.

De fosfaatvoorraad van de zode is belangrijk grooter dan van de onderliggende laag. Het P-getal van deze laatste is aanmerkelijk lager dan van de zode, het verschil in P-citr is iets kleiner. Hoewel er eenig verband bestaat tusschen den rijkdom van beide lagen, zijn er soms opmerkelijke afwijkingen. Zoo bedraagt in een geval het P-citr van de zode 52, van de onderlaag daarentegen slechts 14, in een ander geval zijn deze cijfers in beide lagen resp. 50 en 42. Een zeer rijke onderlaag is op een proefveld gevonden, waar het P-citr 87, het P-getal $7\frac{1}{2}$ bedroeg.

De ondergrond is, zooals wel vanzelf spreekt, armer aan humus en wat rijker aan klei, de pH is gewoonlijk wat hooger.

Wat de botanische samenstelling van de graszode betreft, kan vermeld worden dat ruw beemdgras, Engelsch raai, fiorien en veldbeemdgras de overheerschende soorten zijn, hoewel beide laatste minder vaak domineeren. Ook timothee en kweekgras komen vrij veelvuldig voor. Witte klaver is vaak aanwezig, maar domineert zelden; onder de onkruiden neemt de paardebloem de eerste plaats in.

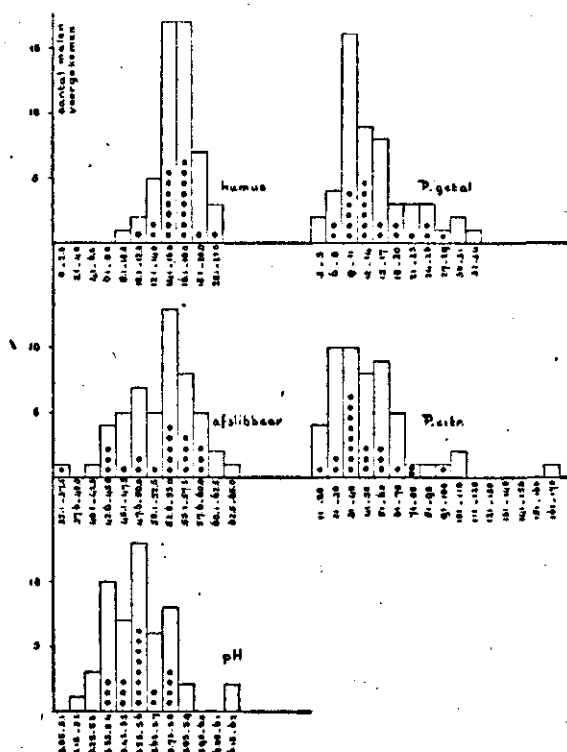


Fig. 1

Variatie in den bodemtoestand op kleigrond.

Uitkomsten van het onderzoek

De voor proefveldaanleg genomen perceelen zijn volgens de hierboven uiteengezette richtlijnen gekozen. Hoewel de verdeeling over rijke en arme perceelen vrij behoorlijk is, valt het op, dat de groep P-citr 31—40 met 7 proef-

velden wel iets te sterk vertegenwoordigd is en de belangrijke groep P-citr 21—30 met slechts 2 proefvelden iets te weinig (fig. 1). Dit is echter een toevallig gevolg van het feit, dat het P-citr van enkele in de groep 21—30 uitgekozen perceelen bij nauwkeuriger bepaling juist even boven de 30 bleek te vallen. Wat de andere grootheden betreft, is alleen de verdeling over gronden met uiteenlopend kleigehalte goed geslaagd, de pH en het humusgehalte van de uitgezochte perceelen variëren slechts weinig, wat anderzijds de onderlinge vergelijkbaarheid van de proefvelden ten goede komt.

Zooals reeds eerder vermeld werd, is op de in December met superfosfaat bemeste veldjes min of meer ernstige verbranding voorgekomen, waardoor aan de opbrengstbepaling geringere betekenis toekomt. In eenige gevallen was het daardoor zelfs niet mogelijk vast te stellen of het fosfaat een invloed op de opbrengst heeft gehad.

Over den invloed van de verbranding op de opbrengst en de botanische samenstelling zijn interessante gegevens verzameld, die echter wegens het incidenteele karakter van deze waarnemingen in deze publicatie niet nader besproken zullen worden.

Tengevolge van de verbranding van het gras op de proefvelden, waar het superfosfaat in den herfst is gegeven, en de groote droogte in het voorjaar, waardoor de opbrengst van enkele proefvelden abnormaal laag bleef, zijn slechts 12 proefvelden als geheel geslaagd te beschouwen. Op een van deze proefvelden is het maximum bij de hoogste fosfaatbemesting nog niet bereikt en aangezien de opbrengsten ter onderlinge vergelijking in procenten van de maximaal verkregen opbrengst worden uitgedrukt, levert dit proefveld bij de verwerking van de resultaten eenige moeilijkheden op. Een vijftal minder geslaagde proefvelden gaven nog vrij behoorlijk bruikbare gegevens, in de betreffende grafieken zijn de resultaten van minder betrouwbare proefvelden door afzonderlijke teekens onderscheiden. Voor zoover een lichte verbranding de opbrengst nadeelig beïnvloed heeft, is een te lage maximale opbrengst vastgesteld, waardoor de in procenten van het maximum berekende relatieve opbrengsten hooger uitvallen dan zij in werkelijkheid behooren te zijn.

Het verband tusschen den fosfaattoestand van onbemesten grond en de reactie van het gras

In fig. 2 en 3 zijn de relatieve opbrengsten van de niet met fosfaat bemeste objecten van de proefvelden uitgezet tegen het P-getal en het P-citr. In deze figuren is bij sommige stippen door een naar omlaag gericht pijltje aangegeven, dat de opbrengst, om hierboven genoemde redenen, vermoedelijk lager zal zijn, dan in werkelijkheid gevonden is. Wat in deze figuren in de eerste plaats opvalt is de buitengewoon sterke reactie op fosfaatbemesting. Volgens een samenvatting van vroegere proeven (16, 18) zou bij een P-citr hooger dan 60 en een P-getal hooger dan 13 bij weglaten van de bemesting slechts een betrekkelijk kleine kans op een vrij matige oogstdepressie aanwezig zijn. In hoeverre deze grondsoort van het gemiddelde beeld afwijkt, dan wel dat de in dit jaar ongunstige groeiomstandigheden sterk bevorderlijk zijn geweest voor het optreden van fosfaatgebrek, valt uit dit eenjarige onderzoek niet af te leiden. Wij hebben echter sterk den indruk gekregen, dat het laatste voor een groot deel voor het afwijkend gedrag verantwoordelijk is.

Een verband van de opbrengsten met het P-getal (fig. 2) is duidelijk aanwezig, het verband met het P-citr (fig. 3) lijkt iets minder goed te zijn. Te bedenken valt evenwel, dat een enkel afwijkend punt bij een klein materiaal het beeld reeds storen kan, terwijl van verscheidene punten de ligging niet zeker vaststaat, zoodat er hoogstens eenige aanwijzingen zijn, dat het P-getal beter voldaan heeft dan het P-citr-cijfer.

Nagegaan is of er een verband bestaat tusschen de in de laag 5—10 cm bepaalde cijfers en de gevonden opbrengsten. Wat het P-citr van deze laag

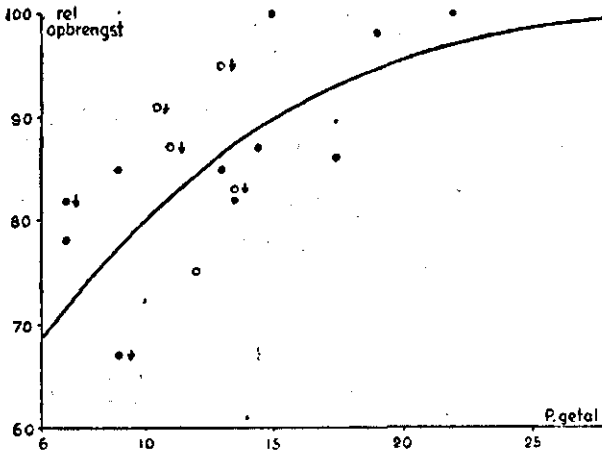


Fig. 2

Verband tusschen het P-getal en de relatieve opbrengst van niet met fosfaat bemesten kleigrond. Een cirkeltje geeft het resultaat van een proefveld met abnormaal lage opbrengst, een naar beneden gericht pijltje beteekent, dat de opbrengst waarschijnlijk in werkelijkheid lager is.

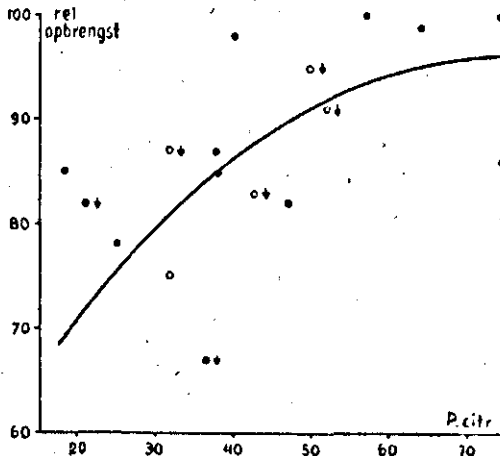


Fig. 3

Verband tusschen het P-citr en de relatieve opbrengst van niet met fosfaat bemesten kleigrond. Zie verder onderschrift fig. 2.

betreft, kan een verband met de opbrengst aangetoond worden, dat ongeveer van denzelfden aard is als het verband dat met het P-citr van de zodelaag gevonden is. Een afbeelding hiervan is gegeven in de voorloopige mededeeling van dit onderzoek (VAN DER PAAUW 17, bovenste figuur op blz. 5.) Aangezien het P-citr van beide lagen een duidelijke onderlinge correlatie vertoont, lag deze uitkomst min of meer voor de hand. Een verband tusschen het P-getal van de onderlaag en de opbrengst was echter zeer onduidelijk. De beteekenis van deze uitkomsten voor het grondonderzoek van diepere lagen, komt hieronder, nadat ook het verband van deze cijfers met de uitkomsten van het chemische gewasonderzoek en de standwaarnemingen behandeld zijn, nader ter sprake.

Een waardeeringscijfer voor het op de proefvelden op het niet met fosfaat bemeste object tijdens de ontwikkeling vastgestelde fosfaatgebrek kon op alle proefvelden gegeven worden, dus ook op die proefvelden waar de bemesting met superfosfaat verbranding veroorzaakte, zoodat hiervan een grooter materiaal ter beschikking staat dan van de opbrengstbepalingen, terwijl aan alle waarnemingen een gelijke waarde toekomt.

In fig. 4 en 5 zijn deze cijfers tegen het P-getal en P-citr uitgezet. In beide gevallen wordt een zeer bevredigende correlatie gevonden. Een beoordeeling, welke van beide methodes nauwkeuriger aanwijzingen geeft, laten deze figuren niet toe.

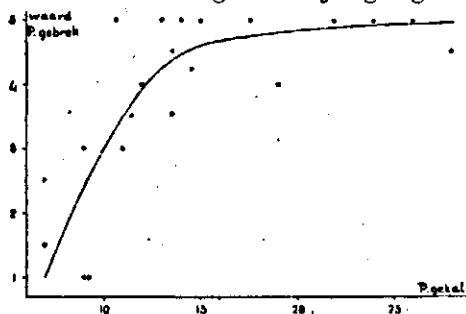


Fig. 4

Verband tusschen het P-getal en de zichtbare verschijnselen van fosfaatgebrek op kleigrond.

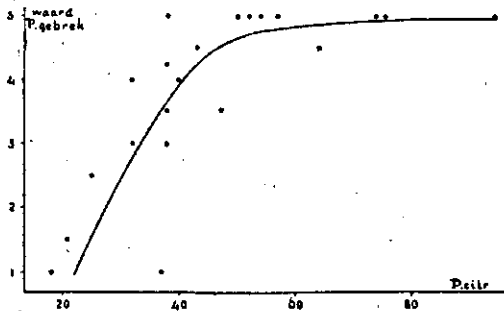


Fig. 5

Verband tusschen het P-citr en de zichtbare verschijnselen van fosfaatgebrek op kleigrond.

In verband gebracht met de P-cijfers van de laag 5—10 cm, blijkt er in het geheel geen samenhang met het P-getal van deze laag te bestaan. Mogelijk

dat het P-citr iets betere aanwijzingen geeft, maar ook in dit geval komen er groote afwijkingen voor, b.v. wordt geen reactie gevonden bij de zeer lage P-citr-cijfers van 11 resp. 14. De P-cijfers van deze laag geven niet alleen op zichzelf beschouwd geen aanwijzingen van beteekenis, maar ook in verband met de P-cijfers van de zodelaag valt er weinig aan te ontleenen. Gaat men namelijk na of er een verband bestaat tusschen de ligging van de stippen ten opzichte van de gemiddelde kromme (fig. 2—5) en de P-cijfers van de onderlaag, dan blijkt dit niet het geval te zijn.

Het P_2O_5 -gehalte van de droge stof van het op de niet met fosfaat bemeste objecten geoogste gras is in de figuren 6 en 7 met het P-getal en het P-citr in verband gebracht. Hoewel niet aannemelijk is, dat het gras op alle proefvelden in een geheel vergelijkbaar groeistadium is geoogst, en de botanische samenstelling verschillen vertoonde, blijkt er toch een zeer duidelijke samenhang aanwezig te zijn. In dit geval is de correlatie met het P-getal aanmerkelijk beter dan met het P-citr, zooals uit een vergelijking tusschen beide figuren, die op een vergelijkbare schaal geteekend zijn, blijkt.

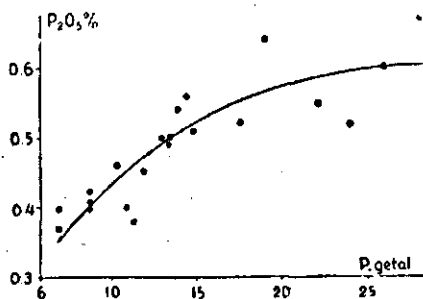


Fig. 6

Verband tusschen het P-getal en het P_2O_5 -gehalte van het gras van niet met fosfaat bemesten kleigrond.

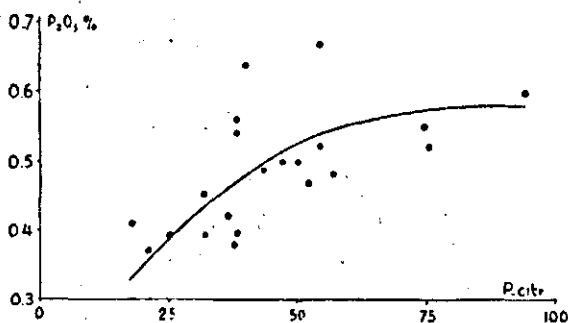


Fig. 7

Verband tusschen het P-citr en het P_2O_5 -gehalte van het gras van niet met fosfaat bemesten kleigrond.

Nagegaan is of de grootte van de sterk uiteenlopende absolute opbrengsten, die in zekeren zin als een maat voor het groeistadium te beschouwen zijn, van invloed is op dezen samenhang, doch dit kon niet aangetoond worden.

Wel werd er een aanwijzing verkregen over een invloed van de pH op het verband tusschen het P-getal en het P_2O_5 -gehalte, welke weliswaar niet van veel beteekenis is (fig. 8), maar belang heeft, omdat hetzelfde beeld verkregen is, dat in verschillende andere gevallen, die in het volgende beschreven zullen worden (o.a. duidelijk bij den invloed van de pH op de stijging van het P_2O_5 -gehalte door fosfaatbemesting bij deze zelfde proefvelden (fig. 12)), gevonden is. Bij een middelmatige pH-waarde lijken namelijk de gevonden P_2O_5 -gehalten iets hooger dan de bij lagere of hogere pH gevonden waarden. Meer dan een aanduiding kan men in dit geval niet zien; de korthed van het onderzochte pH-traject is hier misschien ook voor verantwoordelijk.

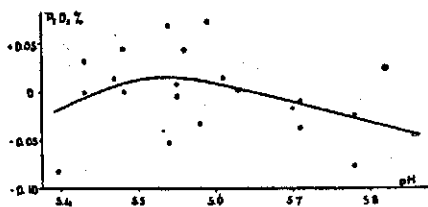


Fig. 8

Invloed van de pH op het verband tusschen P-citr en P_2O_5 -gehalte (fig. 7) op kleigrond.

De invloed van andere factoren bleek afwezig, of van zeer geringe beteekenis te zijn.

Het is uit het bovenstaande gebleken, dat zoowel het P-citr als het P-getal een samenhang vertoonen met de reactie van het gewas. Beide methodes geven echter niet hetzelfde over den fosfaattoestand van den bodem aan. Volgens de eerste methode wordt vrij veel fosfaat uit den grond opgelost, de tweede methode berust op een veel mildere extractie. Het is daarom mogelijk dat beide methodes een verschillend beeld geven van de beschikbaarheid van het fosfaat en daardoor tezamen genomen een nauwkeuriger inzicht kunnen geven dan elk afzonderlijk. In een vroegere publicatie (VAN DER PAAUW, 16) is er op gewezen, dat dit inderdaad bij kleigrasland het geval leek te zijn.

Ditzelfde is nu bij dit materiaal nagegaan. De vrij onnauwkeurige opbrengstbepalingen leverden hiervoor weinig gegevens op. Wel leek het echter in enkele gevallen, dat inderdaad het fosfaatgebrek bij eenzelfde P-citr sterker was als tegelijk ook het P-getal laag was. Dit zou er dus op wijzen dat het bij het adviseeren op grond van het P-citr van voordeel zou kunnen zijn om ook het P-getal in rekening te brengen. Te verwonderen valt dit echter niet, want wij wezen er reeds op, dat het P-getal bij deze proefvelden waarschijnlijk nauwer met de opbrengst gecorreleerd is dan het P-citr. Het in rekening brengen van een nauwkeuriger methode bij een methode, die zelf minder nauwkeurig is, zal uiteraard altijd een verbeterd inzicht geven. Belangrijker is het of het omgekeerde waar is. Het is zeer goed mogelijk, dat een op zichzelf wat minder nauwkeurige methode toch een aanvulling op de nauwkeurige methode geeft, als door de eerste iets principieel anders bepaald wordt

dan door de laatste. Het geringe aantal opbrengsteijfers laat een dergelijk onderzoek niet toe, evenmin konden de voor het fosfaatgebrek gegeven waardeeringseijfers hiervoor gebruikt worden. De P_2O_5 -gehalten bleken echter voor de beoordeling van deze vraag goed bruikbaar. Aangezien het hierboven gebleken is, dat het P-getal belangrijk nauwer met het P_2O_5 -gehalte samenhangt dan het P-citr, dient dus nagegaan te worden of een relatief hoog P-citr op een beteren fosfaattoestand wijst dan een lager P-citr, als in beide gevallen een gelijk P-getal gevonden is. Om dit uit te maken is eerst het verband tussen P-citr en P-getal vastgesteld door de op deze grondsoort verkregen uitkomsten tegen elkaar uit te zetten. Verder is bepaald het verband tussen P-getal en P_2O_5 -gehalte (fig. 6). Uit beide figuren is af te leiden hoeveel het P-citr, resp. het P_2O_5 -gehalte, bij een bepaald P-getal gemiddeld bedragen. De verhoudingen tussen het werkelijk gevonden P-citr, resp. P_2O_5 -gehalte, en deze afgeleide grootheden zijn vervolgens bepaald en tegen elkander uitgezet (fig. 9). In geval het P-citr relatief hoog is ten opzichte van het gemiddelde verband tussen P-citr en P-getal, zal de verhouding dus grooter zijn dan 1. De vraag doet zich nu voor of in dat geval ook het P_2O_5 -gehalte hoger is dan het te verwachten gemiddelde. In dat geval zouden de stippen rechts in fig. 9 hoger moeten liggen dan de stippen links, die de bij relatief laag P-citr gevonden P_2O_5 -gehalten weergeven. Hiervan is echter niets te bemerken, waardoor dus aangetoond wordt, dat het in rekening brengen van het P-citr naast het op zichzelf nauwkeuriger P-getal, geen enkel voordeel heeft opgeleverd. Bij dit materiaal zou dus de bepaling van het P-getal hebben kunnen volstaan. Onze vroegere meening vindt dus hierdoor geen bevestiging.

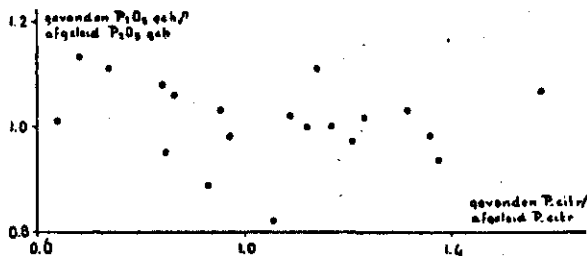


Fig. 9

Verband tussen de verhouding van het werkelijk bepaalde P-citr tot een P-citr cijfer, dat met behulp van de tevoren bepaalde P-getal/P-citr verhouding uit het werkelijk bepaalde P-getal is afgeleid, en de verhouding tussen het werkelijk bepaalde P_2O_5 -gehalte en een P_2O_5 %, dat door middel van het tevoren afgeleide verband P-getal/ P_2O_5 % uit het P-getal is afgeleid.

De invloed van de fosfaatbemesting op de reactie van het gras bij verschillende fosfaattoestanden

Om een inzicht te krijgen in de uitwerking van fosfaatbemesting bij verschillende fosfaattoestanden van den bodem, kunnen de bij bepaalde bemestingen gevonden opbrengsten, waardeeringseijfers en P_2O_5 -gehalten op dezelfde wijze uitgezet worden tegen de waarden van het grondonderzoek, als bij den onbemesten grond is gebeurd. Deze bewerkingswijze kan uitgevoerd worden bij alle toegepaste bemestingen, zoodat een serie krommen verkregen

wordt. Uit deze krommen kan afgeleid worden hoe groot een fosfaatbemesting bij een bepaalden fosfaattoestand dient te zijn om een gewenscht effect te verkrijgen. Tevens kunnen zij gebruikt worden om te beoordeelen welke waarde aan een versch gegeven fosfaatbemesting toekomt vergeleken met de werking van zich reeds in den bodem bevindend fosfaat.

In fig. 10 zijn een drietal van deze P-getal-opbrengstkrummen, namelijk die verkregen zijn bij bemesting naar 0 (de kromme uit fig. 2), 20 en 50 kg/ha P_2O_5 samengebracht. Wij beperken ons tot het P-getal, waarmee de opbrengst het nauwst bleek samen te hangen. Uit deze figuur blijkt, dat bij een laag P-getal door een geringe fosfaatbemesting een aanmerkelijke opbrengststijging te verkrijgen is, bij hogere P-getallen is deze belangrijk minder. Het effect van de zeer lichte bemesting van 20 kg P_2O_5 is relatief belangrijk groter dan van de zwaardere bemesting naar 50 kg. Bij een gemiddelde hooiopbrengst van 50 kg/are, verkregen bij ruim voldoende fosfaattoestand, beteekent dit, dat b.v. bij een P-getal 10 een opbrengstvermeerdering verkregen wordt van 3,7 kg hooi bij een bemesting naar 20 kg en van 5,6 kg bij een bemesting naar 50 kg. Bij een P-getal 15 bedragen deze opbrengstvermeerderingen resp. 2,2 en 3,3 kg hooi, bij een P-getal 20 resp. 1,1 en 1,5 kg. Uit deze cijfers laat zich de rentabiliteit van de bemesting berekenen en kan nagegaan worden welke verhooging van de bemesting bij bepaalde prijzen van superfosfaat en hooi nog verantwoord zou zijn. In een voorloopige mededeeling (17) zijn hieraan eenige beschouwingen gewijd.

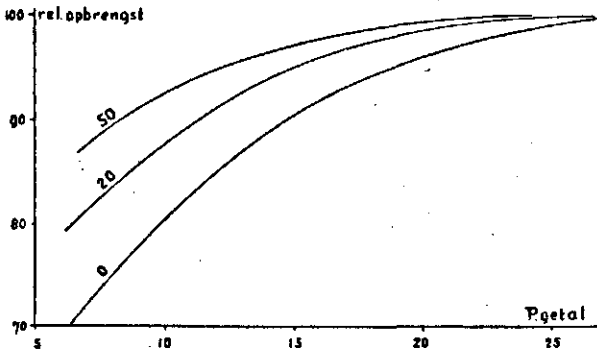


Fig. 10

Verband tusschen het P-getal en de opbrengst bij verschillende fosfaatbemesting op kleigrond.

Om nu vast te kunnen stellen op welke wijze de werking van het versch toegediende fosfaat zich verhoudt tot die van het bodemfosfaat, dat in de zodelaag aanwezig is, wordt de door de bemesting ontstane verhooging van de P-waarden van den grond in verband gebracht met de door deze bemesting verkregen opbrengstvermeerdering.

Tegen deze werkwijze is strikt genomen wel eenig bezwaar in te brengen, want zij veronderstelt, dat de verschillende proefvelden alleen in fosfaattoestand verschillen en wat de andere groeifactoren betreft volkomen vergelijkbaar zijn. Dit is zelfs in een geografisch klein gebied zeker niet het geval; o.a. is het grasbestand op de verschillende velden niet gelijk.

Nagegaan is nu welke stijging van het P-getal bij een bepaalde bemesting gevonden wordt. Het bleek dat het P-getal door een bemesting naar 120 kg/ha P_2O_5 gemiddeld op deze proefvelden met $5\frac{3}{4}$ gestegen is. Daar wij wel mogen aannemen, dat deze stijging op deze grondsoort vrijwel recht evenredig met de gegeven fosfaatbemesting verloopt, beteekent dit, dat het P-getal bij een bemesting naar 20 kg bijna met 1 zou stijgen. Een dergelijke verhooging van het P-getal van de zodelaag zou volgens fig. 2, b.v. bij een grond met een P-getal 10, een opbrengstverhoging van 80 tot 82,1 moeten brengen; in werkelijkheid stijgt de opbrengst bij deze bemesting echter tot 87,6 (fig. 10). De verkregen opbrengstvermeerdering is dus ruim $3\frac{1}{2}$ maal zoo groot. Berekend voor een bemesting naar 50 kg wordt een geringere voorsprong van de werking van de verse bemesting gevonden; deze blijkt ongeveer $2,3 \times$ zoo groot te zijn. Duidelijk is dus, dat de werking van het verse fosfaat vooral bij een zeer lichte bemesting zeer gunstig is in verhouding tot die van het reeds in den bodem aanwezige fosfaat. Bij een nog lichtere bemesting dan 20 kg zou deze verhouding waarschijnlijk nog iets gunstiger worden. Deze zelfde uitkomsten worden verkregen, als deze berekening niet met behulp van de P-getal-opbrengstcurve, maar met de P-citr-, of zoo men wil met de P-totaal-opbrengstcurve uitgevoerd wordt: P-getal, P-citr en P-totaal zijn namelijk alle vrij nauw met elkaar gecorreleerd. De in verhouding zeer goede beschikbaarheid van het verse fosfaat, dat vermoedelijk in een sterk geconcentreerden toestand in een dun bodemlaagje nog slechts weinig chemische omzettingen heeft ondergaan, wordt dus zelfs door een milde extractiemethode als de P-getal-bepaling niet tot uitdrukking gebracht, waarbij echter te bedenken valt, dat voorafgaand aan deze extractie een menging plaats vindt en dat de grond geruimen tijd met het extratiemiddel in aanraking blijft.

Behalve de opbrengst kan ook de toename van het gehalte als maatstaf voor de fosfaatwerking genomen worden. In fig. 11 is de toename van het P_2O_5 -gehalte bij bemesting naar 50 en 120 kg/ha P_2O_5 uitgezet tegen het P-getal;

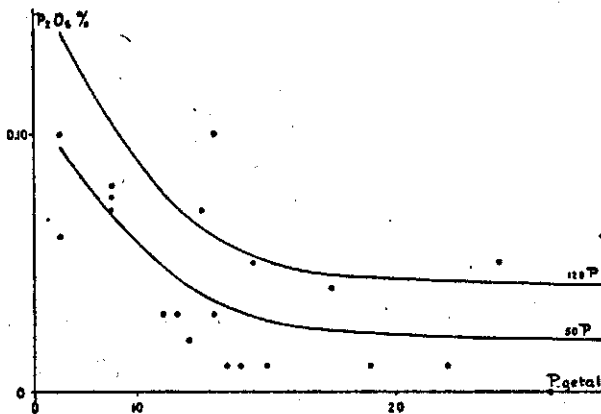


Fig. 11

Stijging van het P_2O_5 -gehalte van gras onder invloed van fosfaatbemesting naar 50 en 120 kg/ha bij verschillend P-getal op kleigrond. De stippen hebben alleen betrekking op de P_2O_5 -gift naar 50 kg/ha.

alleen voor de laagste gift zijn de afzonderlijke stippen afgebeeld. Eigenaardig is dat een stijging van het P_2O_5 -gehalte weliswaar bij lagere P-getallen sterker is dan bij hogere, maar dat deze ook bij hoge P-getallen steeds gevonden is. Uit deze figuren kan b.v. afgelezen worden, dat het P_2O_5 -gehalte bij een P-getal 10 door een bemesting naar 50 kg/ha P_2O_5 gemiddeld met 0,058 % stijgt, bij een bemesting naar 120 kg met 0,089 %. Een bemesting naar 50 kg/ha P_2O_5 doet het P-getal gemiddeld met 2,4 eenheden stijgen. Volgens fig. 6 zou een dergelijke stijging met een toename van het gehalte van 0,422 tot 0,475 moeten corresponderen. Deze stijging van 0,053 komt wat orde van grootte betreft overeen met de werkelijk vastgestelde stijging van 0,058. Hoewel het aannemelijk is dat een kleinere bemesting, b.v. naar 20 kg/ha, het gehalte relatief iets sterker zou doen stijgen dan een bemesting naar 50 kg, is het toch duidelijk, dat het gunstige effect van de verse bemesting bij de bepaling van het gehalte veel minder tot uiting komt dan in de opbrengsten.

De verklaring van dit opmerkelijke resultaat zou misschien gevonden kunnen worden in de sterke bevordering van den groei door fosfaatbemesting in het begin van de ontwikkeling. Het gehalte zou echter bepaald kunnen worden door het evenwicht, dat er tusschen plant en bodem op het oogenblik van maaien, dus in een veel later stadium bestaat. Practisch is natuurlijk van het grootste belang dat het gewas juist door een opbrengstverhooging op de relatief betere beschikbaarheid van het toegevoegde fosfaat reageert.

Tenslotte is nog nagegaan of er naast den fosfaattoestand nog andere factoren aan te wijzen zijn, die invloed hebben op de door fosfaatbemesting verkregen stijging van het P_2O_5 -gehalte. Duidelijker dan bij niet met fosfaat bemesten grond (zie fig. 8) bleek dit het geval voor de pH (fig. 12). Deze figuur

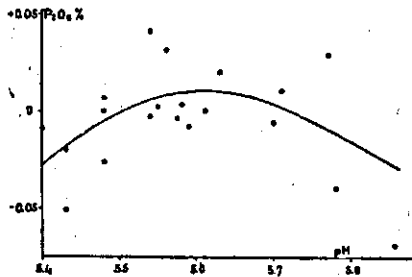


Fig. 12

Invloed van de pH op de door fosfaatbemesting veroorzaakte toename van het P_2O_5 -gehalte.

is geconstrueerd aan de hand van een soortgelijke figuur als fig. 11, waarin echter de *gemiddelde*, met 50 en 120 kg/ha P_2O_5 verkregen verhooging van het P_2O_5 -gehalte tegen het P-getal was uitgezet. De verticale afstanden van de stippen in deze figuur tot de gemiddelde lijn zijn tegen de pH uitgezet. Bij een pH-waarde van ongeveer 5,6 blijkt het gehalte meer gestegen te zijn dan bij lagere en hogere pH. Dit verschil is vrij belangrijk: bij een pH 5,6 is het b.v. 0,03 % hooger dan bij pH 5,45, resp. 5,85. Bij het gemiddeld op deze proefvelden gevonden P-getal van $14\frac{1}{2}$ bedraagt de stijging van het P_2O_5 -gehalte bij bemesting naar gemiddeld 85 kg/ha P_2O_5 0,05 %. Het komt er dus op neer

dat het gehalte bij de optimale pH-waarde met gemiddeld 0,065 % zal stijgen, bij de andere genoemde pH-waarden echter slechts met 0,035 %. De invloed van de pH is dus wel van beteekenis.

2. Het fosfaatonderzoek op veengrasland

De voorkomende variatie in fosfaat- en eenige andere bodemtoestanden en in botanische samenstelling

Aan den proefveldaanleg ging een grondonderzoek van 46 perceelen vooraf ter verkrijging van een overzicht van de bodemgesteldheid van het gebied. Naast een fosfaatonderzoek stond thans ook een kalionderzoek op den voorgrond, daar zoowel fosfaat- als kaliproefvelden zouden worden aangelegd. De uitkomsten van het vooronderzoek zijn in fig. 13 als frequentiegrafieken weergegeven.

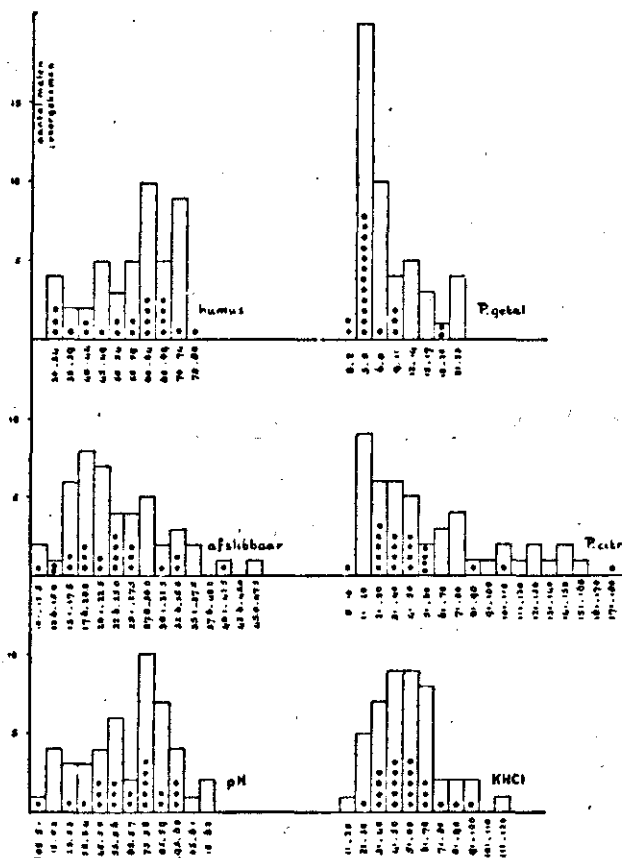


Fig. 13

Variatie in den bodemtoestand op veengrond.

De gehalten aan humus en aan afslibbare deelen vertoonen een vrij groote spreiding. Gedeeltelijk is dit een gevolg van een op sommige perceelen toege-

paste bezanding met zand uit de slooten. Het zandgehalte loopt dan ook sterk uiteen van 5 % bij de zuivere veengronden tot 58 % bij sterk bezande perceelen. In den regel is het ook iets hooger in de zode dan in de daaronder gelegen laag van 5—10 cm. De variatie van het humusgehalte loopt van 30 tot 80 %; humusarmere perceelen aan de randen van het gebied zijn van het onderzoek uitgesloten. De verschillen in het gehalte aan afslibbare deelen gaan van 10 tot ongeveer 40 %, in enkele gevallen zelfs tot nog meer. De pH varieert overwegend tusschen 5 en 6; in de zode is de pH in den regel hooger dan in de laag 5—10 cm.

Groote verschillen zijn aanwezig in den fosfaattoestand, wat vooral in de P-citr-cijfers tot uiting komt. Naast een groot aantal perceelen met onvoldoenden of betrekkelijk matigen toestand komen er ook verspreid eenige voor, waar de fosfaattoestand zeer ruim is: 9 perceelen, welke bijna 20 % van het totale aantal vertegenwoordigen, hebben een P-citr dat groter dan 100 is. Het P-getal is in vele gevallen betrekkelijk laag, hoewel hogere cijfers ook voorkomen. Groote verschillen komen voor tusschen den fosfaattoestand van zode- en onderlaag. Vooral is dit zeer opvallend bij zeer fosfaatrijke graslanden, waar niettemin de P-cijfers van de onderlaag zeer gering zijn. Het P-getal is in sterke mate afhankelijk van de pH (fig. 14). Een daling van het P-getal bij stijging van de pH is niet ongewoon (zie 32,33). In dit geval is de afhankelijkheid echter zeer duidelijk en treedt de daling reeds bij vrij lage pH op, wat gewoonlijk in minder sterke mate het geval is.

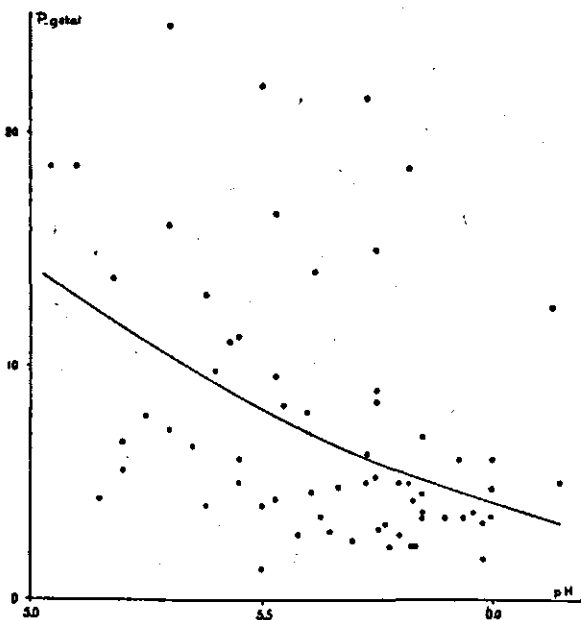


Fig. 14

Verband tusschen het P-getal en de pH op veengrond.

Het K-HCl-cijfer vertoont een vrij regelmatige verdeling. Hierop wordt later (blz. 970) teruggekomen.

De voornaamste in het gebied voorkomende grassen zijn vooral de beemdgrassen, daarop volgen fiorien, beemdlangbloem en rood zwenkgras. De genoemde grassen zijn bijna steeds aanwezig en domineeren in vele gevallen. Wat minder veelvuldig komt witbol voor; ook Engelsch raaigras en zachte dravik zijn meestal aanwezig, maar domineeren zelden. Soms is ook de geknikte vossenstaart van belang. In enkele gevallen nemen andere grassen een belangrijke plaats in, b.v. smeele, *Deschampsia caespitosa* (op een proefveld met 24 dominantie- en 28 aanwezigheidsprocenten) en thimothee gras, dat slechts op een proefveld overwegend voorkomt met 23 % dominantie- en 55 % aanwezigheidsprocenten. Witte klaver komt op alle velden voor, in sommige gevallen vrij belangrijk. De overheerschende onkruiden zijn de paardebloem en veldzuring, ook boterbloemen nemen een vrij belangrijke plaats in, vooral *Ranunculus repens*. In een geval, is de herfstleuwentand zeer belangrijk met 28 % dominantie- en 59 % aanwezigheidsprocenten.

Uitkomsten van het onderzoek

De proefvelden zijn vrij behoorlijk over de verschillende bodemtoestanden verdeeld. Wat het P-getal betreft, had deze verdeling iets beter kunnen zijn, maar de noodzakelijkheid om tegelijk een goede spreiding in den kalitoestand te verkrijgen legde eenige beperkingen op.

Het onderzoek is uit technisch oogpunt belangrijk beter geslaagd dan het onderzoek in het voorgaande jaar op kleigrond. Verbrandingsverschijnselen zijn niet of hoogstens in zeer geringe mate opgetreden, terwijl steeds goede opbrengsten verkregen zijn. Toch hebben er zich nog eenige moeilijkheden voorgedaan. Maximale opbrengsten zijn zelfs met de hoogste fosfaatbemesting naar 140 kg/ha P_2O_5 niet altijd verkregen. Dit was slechts 10 malen bij benadering het geval. In 5 andere gevallen moest de maximale opbrengst, die wij noodig hebben voor de berekening van de relatieve opbrengsten, door extrapolatie geschat worden. In de 6 overige gevallen trad op meer of minder duidelijke wijze bij toenemende bemesting een opbrengstdepressie op; als maximum is dan het werkelijk bereikte maximum aangenomen. Het is echter niet aan te nemen dat bij deze schattingen groote fouten zijn ingeslopen.

Een grootere moeilijkheid lag in de groote ongelijkmatigheid van deze grondsoort. Deze komt niet alleen tot uiting in het uiterlijk van het grasland, dat vrij ongelijk van ligging en van zode is, maar ook in grasgroei en reactie op de gegeven bemesting. Zeer nabij gelegen plekken kunnen zeer verschillend reageeren. Uit het grondonderzoek blijkt dat groote plaatselijke verschillen in bemestingstoestand op korten afstand van elkaar kunnen voorkomen. Dit berokkende moeilijkheden bij de beoordeeling van het gras tijdens den groei, dat zich veelal op gelijk behandelde veldjes zeer verschillend gedroeg, terwijl de opbrengsteijfers een groote variatie vertoonden. Zooveel mogelijk is dit laatste bezwaar door uitvoering van vruchtbaarheidscorrecties opgeheven. Ook is te verwachten dat de nauwkeurigheid van het gewasonderzoek hierdoor beïnvloed is. De ongelijkheden in de uitkomsten van het grondonderzoek maken, dat zelfs de door ons uit een groot aantal bepalingen berekende gemiddelde cijfers zeker nog niet zeer nauwkeurig vaststaan, terwijl deze gemiddelde cijfers slechts bij benadering een beeld geven van den werkelijken, vaak vrij sterk gevarieerden fosfaattoestand van het geheele proefveld.

Een tweetal proefvelden is voorgeweid en de indruk is verkregen, dat deze voorgeweide perceelen veel minder op fosfaat reageeren dan niet voorgeweide. De verklaring hiervan is vermoedelijk, dat de sterkste verschillen zich in het allereerste begin van de ontwikkeling voordoen. Het na fosfaatbemesting eenigszins verder ontwikkelde gras wordt door het vee afgevreten, waardoor niet en wel met fosfaat bemeste perceelen weer in gelijken ontwikkelings-toestand komen. De op deze beide voorgeweide proefvelden betrekking hebbende gegevens zijn in de hieronder weergegeven figuren door afzonderlijke teekens aangeduid.

Het verband tusschen den fosfaattoestand van den niet met fosfaat bemesten grond en de reactie van het gras

De relatieve opbrengsten van den niet met fosfaat bemesten grond zijn in de figuren 15 en 16 tegen het P-getal en het P-citr uitgezet. Het verband met P-citr is vrij bevredigend te noemen, als beide voorgeweide perceelen buiten beschouwing worden gelaten. Volgens het verloop van de kromme worden ook bij vrij hoogen fosfaattoestand nog oogstdepressies gevonden,

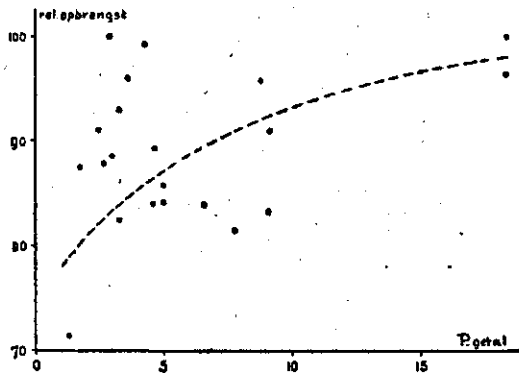


Fig. 15

Verband tusschen het P-getal en de relatieve opbrengst van niet met fosfaat bemesten veengrond. Cirkeltjes hebben betrekking op voorgeweide perceelen.

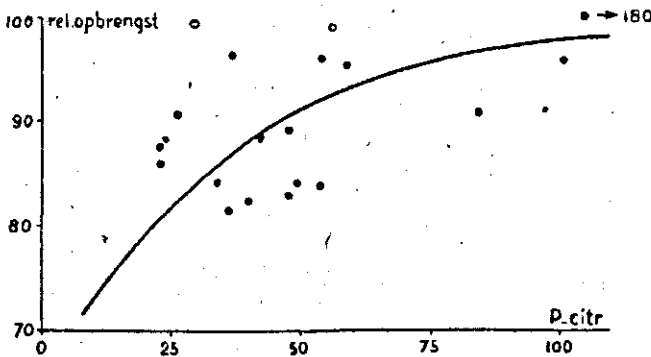


Fig. 16

Verband tusschen het P-citr en de opbrengst van niet met fosfaat bemesten veengrond. Zie verder onderschrift fig. 15.

zoodat in de praktijk slechts in een betrekkelijk gering aantal gevallen tot volledig weglaten van fosfaatbemesting zal mogen worden overgegaan.

Van een duidelijken samenhang tusschen het P-getal en de opbrengst is nauwelijks sprake. De groote spreiding is voor een groot deel een gevolg van het feit, dat het P-getal van de pH afhankelijk is (fig 14), terwijl het gewas deze invloed van de pH op de oplosbaarheid van het bodemfosfaat blijkbaar niet ondervindt. Deze invloed van de pH kan aangetoond worden door de verticale afstanden van de stippen tot de bij benadering als stippellijn getrokken opbrengstskromme tegen de pH uit te zetten (fig. 17). Uit het verloop van de

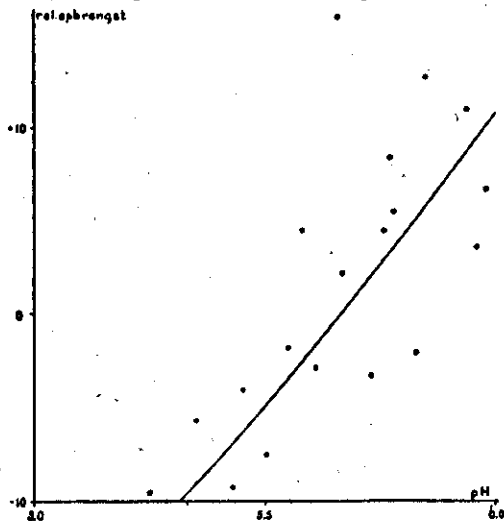


Fig. 17

Invloed van de pH op het verband tusschen het P-getal en de relatieve opbrengst op niet met fosfaat bemesten veengrond (fig. 15).

lijn blijkt, dat bij een gelijk P-getal bij hogere pH een veel geringere reactie gevonden wordt dan bij een lage pH-waarde. Het P-getal is daardoor bij deze grondsoort geen bruikbare maatstaf om de beschikbaarheid voor het gewas te bepalen. Het is evenwel mogelijk van fig 14 gebruik te maken om het P-getal te herleiden op een bij een constante pH-waarde bepaald P-getal. Dit berekende P-getal blijkt vrij nauw met het P-citr gecorreleerd te zijn. In verband gebracht met de opbrengsten, of de hieronder te bespreken waardéeringscijfers en P_2O_5 -gehalten, wordt dan ook een veel betere samenhang verkregen dan bij het ongecorrigeerde P-getal het geval is. Voor praktische toepassing heeft dit echter weinig waarde, daar tusschen het P-citr en het herleide P-getal een nauwe samenhang bestaat, en dus met de bepaling van de eerste grootheid kan worden volstaan.

Uit het bovenstaande volgt ook, dat het gezamenlijk gebruik maken van P-citr en een, al of niet gecorrigeerd P-getal, evenmin als op kleigrond (blz. 932) tot een nauwkeuriger bepaling van den fosfaattoestand zal kunnen leiden.

Er is nagegaan of de afwijkingen van de stippen ten opzichte van de P-citr-opbrengstskromme met andere factoren in verband te brengen zijn. Een invloed van de pH of van het humusgehalte kon echter niet worden vastgesteld. Wel

werden eenige aanwijzingen verkregen, dat de perceelen met een ongunstige botanische samenstelling van de graszode onder gelijke omstandigheden minder sterk op fosfaat reageeren dan perceelen, waar betere grassen overheerschen. Op fosfaatarme perceelen zouden dus planten voorkomen, die een geringere fosfaatbehoefte hebben. Enkele uitzonderingen maken deze conclusie echter nog zeer onzeker.

Evenals op kleigrond bleken de in de onder de zode gelegen laag van 5—10 cm bepaalde P-waarden geen aanwijzingen van beteekenis over de reactie van het gras op fosfaat te geven. Voor een directe beoordeeling van den fosfaat-toestand was dit onderzoek dus ook in dit geval van geen belang.

Een eenigszins betere samenhang dan tusschen P-citr en opbrengst wordt gevonden tusschen P-citr en de voor het te velde waargenomen fosfaat-gebrek gegeven waardeeringcijfers (fig. 18), ondanks het feit, dat het

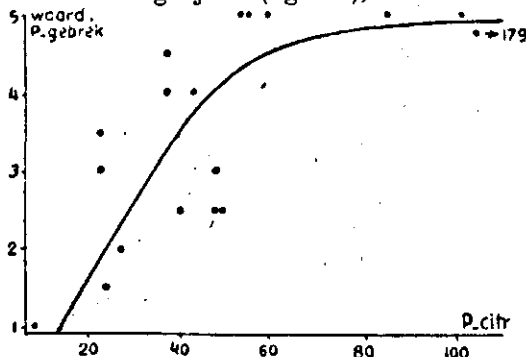


Fig. 18

Vorband tusschen het P-citr en de zichtbare verschijnselen van fosfaatgebrek op veengrond.

waardeeren, wegens den ongelijkmatigen toestand van de proefvelden, moeilijk gevallen is. Bij 6 proefvelden, waarop het P-citr 54 of hooger was, zijn geen verschijnselen van fosfaatgebrek geconstateerd, terwijl dit bij alle overige proefvelden met lager P-citr wel het geval was. De sterkste verschijnselen zijn aangetroffen bij lage P-citr-cijfers. Het P-citr schijnt dus een behoorlijke aanwijzing over den fosfaattoestand te geven. Vermoedelijk zijn de opbrengsten van deze proefvelden te onbetrouwbaar geweest om duidelijk de beteekenis van het P-citr in het licht te stellen.

De samenhang tusschen het P-citr cijfer en het P_2O_5 -gehalte van de droge stof van het zonder fosfaatbemesting gegroeide gras is duidelijk (fig 19), hoewel de spreiding vrij groot is.

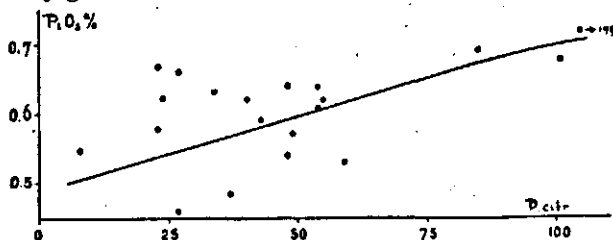


Fig. 19

Vorband tusschen het P-citr en het P_2O_5 -gehalte van het gras op niet met fosfaat bemesten veengrond.

Een invloed van de pH is vermoedelijk wel aanwezig (fig. 20); vrij duidelijk is het P_2O_5 -gehalte bij hogere pH minder hoog. Minder zeker is de invloed van een lage pH, aangezien het resultaat in hoofdzaak slechts op een enkele waarneming berust. Niettemin is een soortgelijke aanwijzing als in andere gevallen verkregen is, namelijk dat de opneembaarheid van het fosfaat bij een middelmatige pH het grootst is, blijkbaar ook hier aanwezig.

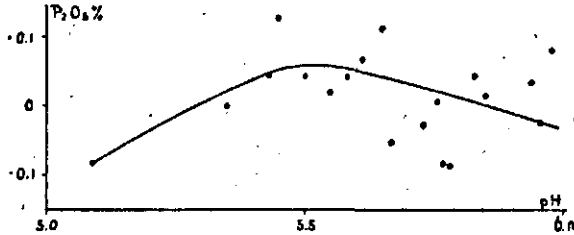


Fig. 20

Invloed van de pH op het verband tussen P-citr en P_2O_5 -gehalte (fig. 19) op veengrond.

Er kon geen invloed van andere nevenfactoren aangetoond worden, die een verklaring zouden kunnen geven van de nog resteerende, vrij belangrijke spreiding van de stippen. Vrij waarschijnlijk is de ongelijke ouderdom van het gras op het tijdstip van het maaien hiervoor gedeeltelijk verantwoordelijk (zie blz. 953). Aangezien het N-gehalte, dat hiervoor een aanwijzing had kunnen geven, niet bepaald is, kon dit niet nader vastgesteld worden.

De invloed van de fosfaatbemesting op de reactie van het gras bij verschillende fosfaattoestanden

De invloed, die fosfaatbemestingen van verschillende grootte bij uiteenlopende P-citr cijfers op de opbrengst hebben, kan uit de in fig 21 bijeen-

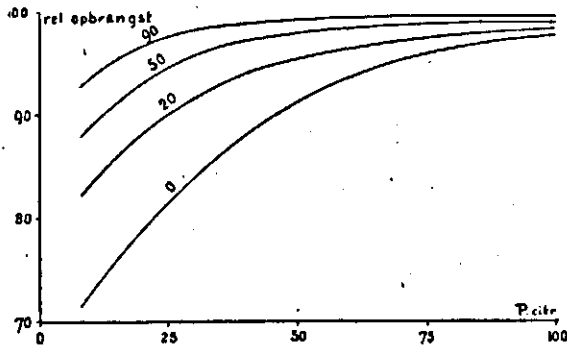


Fig. 21

Verband tussen het P-citr en de relatieve opbrengst bij verschillende fosfaatbemesting op veengrond.

gebrachte, voor verschillende meststofgiften bepaalde P-citr-opbrengstcurven afgelezen worden. De invloed van de zwakste bemesting is relatief het grootst; bij lagen fosfaattoestand geeft echter een verdere verzwaring van de bemesting nog een belangrijke opbrengststijging.

Evenals dit op kleigrond is bepaald, is nagegaan hoe de werking van de versch toegediende fosfaatbemesting zich verhoudt tot die van het reeds in de zodelaag aanwezige fosfaat. Een bemesting naar 140 kg/ha P_2O_5 bleek het P-citr op dezen grond gemiddeld met 20 te verhoogen. Een bemesting naar b.v. 20 kg zou dus het P-citr van 30 op 32,9 brengen. Volgens fig. 16 zou dit, als het toegediende fosfaat een gelijke werking had als het fosfaat, dat zich in den bodem bevindt, de opbrengst moeten verhoogen van 84,2 tot 85,5. In plaats van 1,3 % bedraagt de werkelijke, in fig 21 af te lezen vermeerdering ruim 5 maal zoo veel, namelijk 7,0 %. Een versch toegediende bemesting wordt blijkbaar aanmerkelijk gemakkelijker door het gewas opgenomen. Bij zwaardere giften wordt deze verhouding echter wat minder gunstig, bij een bemesting naar 50 kg wordt b.v. 3,8 maal gevonden.

Er is vervolgens nagegaan of de werking van de fosfaatbemesting nog van andere factoren afhankelijk is dan alleen van den fosfaattoestand. In het voorgaande is meedeeld, dat een invloed van de pH op de opbrengst van niet met fosfaat bemesten grond niet vastgesteld kon worden. De opbrengst van het onbemeste object is, zooals bekend is, uitgedrukt in procenten van de maximaal door fosfaatbemesting te verkrijgen opbrengst. Men kan dus ook zeggen, dat er geen invloed van de pH op de door fosfaatbemesting te verkrijgen maximale opbrengstvermeerdering is vastgesteld. Deze maximale toename van den oogst wordt echter niet alle in gevallen door een even groote fosfaatgift verkregen. Het bleek ons dat de pH wel degelijk invloed heeft op de grootte van de hoeveelheid, die noodig is om het maximum te bereiken. Dit kon vastgesteld worden door de met de kleinste fosfaatgift verkregen opbrengststijging uit te drukken in procenten van de maximale opbrengstvermeerdering en daarna deze procentueele toename uit te zetten tegen de pH (fig 22). Alleen proefvelden, waarop het verschil tusschen de opbrengst

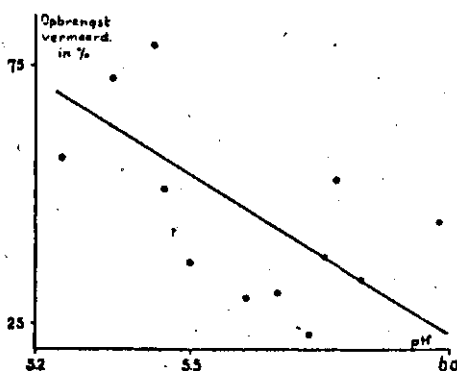


Fig. 22

Invloed van de pH op de door een zeer lichte fosfaatbemesting (20 kg/ha P_2O_5) verkregen opbrengstvermeerdering in procenten van de maximale, door fosfaatbemesting verkregen toename van de opbrengst.

van het onbemeste object en de maximale opbrengst meer bedroeg dan 10 %, zijn voor deze bewerking genomen. ¹⁾ Op vrij duidelijke wijze blijkt uit deze

¹⁾ Bij kleigrond van het aantal betrouwbare, voldoende reageerende proefvelden te gering om deze bewerking uit te voeren.

figuur, dat de werking van een kleine hoeveelheid fosfaatmest bij lage pH aanzienlijk grooter is dan bij hogere pH; in het laatste geval zal dus een grootere hoeveelheid benodigd zijn om de maximale opbrengst te verkrijgen. Op minder zuren grond zouden volgens dit resultaat dus door verzwaring van de fosfaatbemesting nog opbrengststijgingen verkregen worden, als dit op zuurderen grond al lang niet meer het geval is. Op zuren grond zou daarentegen het geven van een fosfaatbemesting veel eerder rendabel zijn, en is de toediening van een lichte fosfaatbemesting zelfs bij vrij hoge fosfaattoestanden van den grond nog wel verantwoord.

De gevonden invloed van de pH op de fosfaatwerking lijkt gemakkelijk verklaarbaar. De oplosbaarheid van het fosfaat neemt namelijk bij stijging van de pH af (fig. 14), terwijl wij verder konden vaststellen, dat de door de bemesting veroorzaakte stijging van het P-getal bij hogere pH belangrijk geringer is. Dit is echter niet in overeenstemming met het feit, dat de opbrengst en het P_2O_5 -gehalte beter met een op gelijke pH gecorrigeerd P-getal samenhangen, dan met een P-getal, waarvan de grootte van de pH afhankelijk is. Het gewas bleek dus geen nadeel te ondervinden van de door een hogere pH veroorzaakte vermindering van de oplosbaarheid van het bodemfosfaat. Het is echter mogelijk, dat de extra werking van een verse bemesting met superfosfaat bij een hogere pH minder sterk tot uiting komt, omdat het sneller in een minder werkzamen vorm vastgelegd wordt.

Het gunstige effect van een verse fosfaatbemesting kon bij deze proefserie ook door de stijging van het P_2O_5 -gehalte worden aangetoond. Het bleek dat dit gehalte door een bemesting naar 50 kg/ha P_2O_5 bij een P-citr 30 gemiddeld met 0,10 % toeneemt, bij een bemesting naar 140 kg met 0,15 %. Op grond van de door deze bemestingen verkregen stijging van het P-citr had volgens fig. 18 slechts een toename van 0,022, resp. 0,054 % verwacht mogen worden, zoodat het gehalte bij een bemesting naar 50 kg in werkelijkheid ongeveer $4\frac{1}{2}$ maal zoo hoog is geworden, wat dus in goede overeenstemming is met het bij de opbrengstbepaling gevondene. Bij het kleigrasland is echter een dergelijke invloed op het P_2O_5 -gehalte niet vastgesteld, hoewel de opbrengst wel belangrijk was toegenomen (blz. 935).

In fig. 23 is nog een grafische afbeelding gegeven van de gemiddelde, door fosfaatbemesting naar 50, resp. 120 kg P_2O_5 veroorzaakte verhooging van het P_2O_5 -gehalte in verband met het P-citr cijfer. Het verband tusschen beide is zeer nauw. Opmerkelijk is dat zelfs bij hoge P-citr-cijfers nog een stijging van het gehalte gevonden wordt, wat ook bij kleigrond waargenomen is (fig. 11).

Ook nu is weer nagegaan of de verhooging van het gehalte nog met andere factoren in verband te brengen is. Volgens fig. 24 is het tamelijk waarschijnlijk dat de stijging bij hogere pH minder groot is. Een hogere pH zou de opneembaarheid van het toegediende fosfaat dus mogelijk verminderen, wat in overeenstemming zou zijn met het bij de opbrengstbepaling gevondene. Minder zeker is echter de invloed van een lagere pH. Volgens de in fig. 24 getrokken lijn zou de stijging het hoogst zijn bij de laagste pH. Het verloop van deze lijn wordt echter in sterke mate bepaald door een enkel punt, dat op hetzelfde proefveld betrekking heeft als de stip, die in fig. 20 de naar lage pH dalende tak van de kromme bepaalde. De stijging van het P_2O_5 -gehalte onder invloed

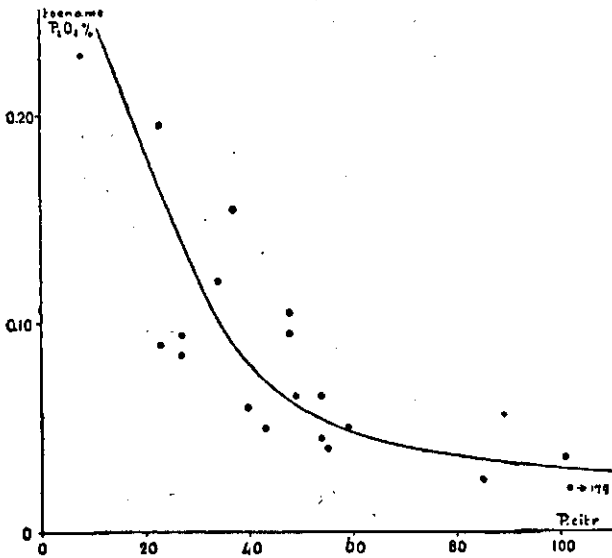


Fig. 23

Stijging van het P_2O_5 -gehalte van het gras onder invloed van fosfaatbemesting bij verschillend P-citr op veengrond.

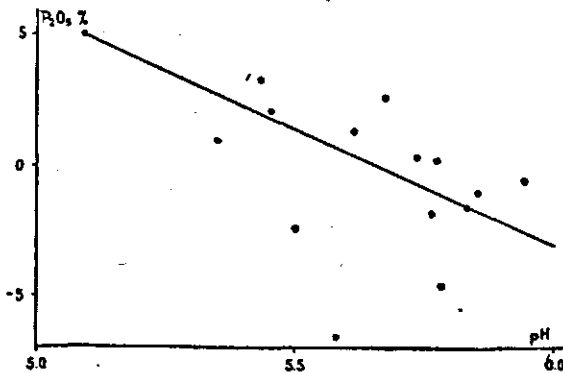


Fig. 24

Invloed van de pH op de door fosfaatbemesting veroorzaakte toename van het P_2O_5 -gehalte (fig. 23).

van de bemesting kan dus hoog uitgevallen zijn, omdat de bepaling bij het onbemeste object misschien een te lage waarde heeft gegeven. Het is daarom moeilijk uit te maken of een stijgende pH met een geleidelijk geringere toename van het P_2O_5 -gehalte gepaard gaat, of dat een optimale pH-werking ook in dit geval bij een middelmatige pH-waarde aanwezig zou zijn. Er kan aan herinnerd worden dat de invloed van de pH op de in de stijging van het gehalte tot uiting komende werking van de fosfaatmeststof bij kleigrond een duidelijk optimum vertoonde (fig. 12).

3. Het fosfaatonderzoek op zand-grasland

De voorkomende variatie in fosfaat- en eenige andere bodemtoestanden en in botanische samenstelling

Voorafgaand aan den aanleg van de fosfaat-kali-proefvelden op zandgrond zijn 66 perceelen bemonsterd en op verschillende bodemeigenschappen onderzocht. De resultaten van dit onderzoek zijn in fig. 25 afgebeeld.

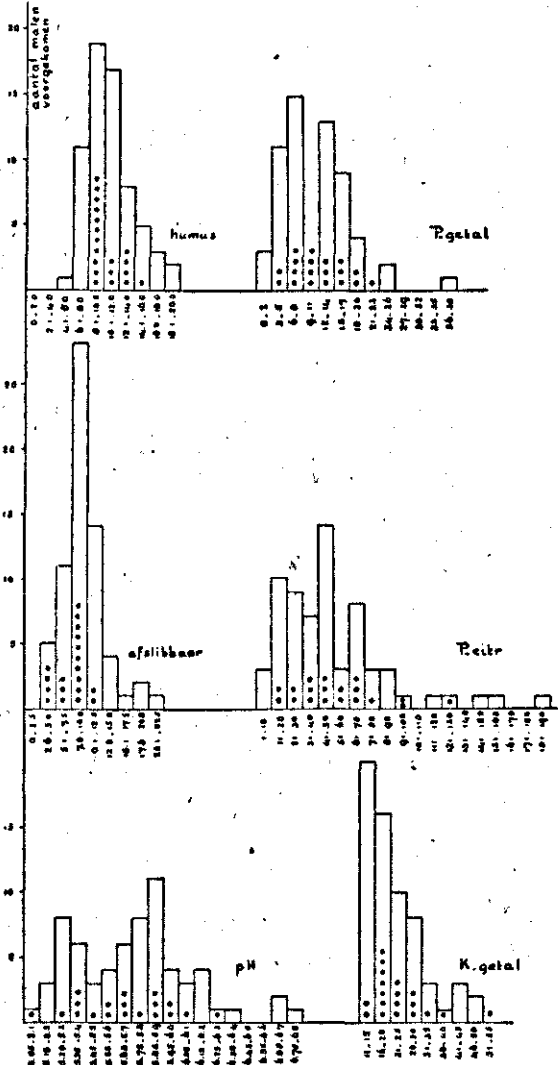


Fig. 25

Variatie in den bodemtoestand op zandgrond.

Het humusgehalte blijkt vrij sterk te varieren; normaal is een gehalte van 8—12 %. Het humusgehalte van de zode is steeds hoger dan van de daaronder gelegen laag. Er zijn geen proefvelden aangelegd bij extreem hoge of lage humusgehalten.

Het gehalte aan afslibbare deelen is meestal niet grooter dan 12 %; er komen echter in dit gebied ook zeer leemige zandgronden voor, waarvan de eigenschappen nogal afwijkend zijn, zoodat deze gronden van het verdere onderzoek zijn uitgesloten.

Een zeer groote spreiding komt voor in pH, die tusschen 5,1 en 6,8 bleek te varieren. De pH van de zode is gewoonlijk duidelijk hoger dan van de onder de zode gelegen laag.

Ook de fosfaattoestand toont een groote spreiding, wat zoowel in het P-getal als in het P-citr tot uiting komt. Zoowel extreem fosfaatarme als zeer rijke gronden komen voor, het aandeel van de laatste is echter vrij gering, zoodat wel de indruk verkregen wordt dat het grasland in dit gebied over het algemeen nog geregelde fosfaatbemesting behoeft.

De P-waarden zijn als regel in de zodelaag het hoogst, maar toch worden er in tegenstelling met de veengronden (blz. 937) ook in de laag 5—10 cm veelal vrij hoge waarden van P-citr en van P-getal aangetroffen. Vermoedelijk is dit een gevolg van een veel langere toepassing van fosfaatbemesting op de zandgronden in vergelijking met het veengebied van Peize, dat veel langer verwaarloosd is geweest.

Bij deze grondsoort is een duidelijk verband aantoonbaar tusschen P-citr en pH (fig 26), de hogere P-citr-waarden worden overwegend bij hogere pH gevonden. Dit is zeer waarschijnlijk een gevolg van het overwegend gebruik van het kalkhoudende Thomasslakkenmeel als fosfaatmeststof, dat zoowel het P-citr als de pH van den grond verhoogt. Tengevolge van dit verband tusschen fosfaat- en kalkrijkdom zullen de bij hoge pH vastgestelde P-getallen op betrekkelijk fosfaatrijke gronden betrekking hebben en daardoor vrij hoog uitvallen. Een verlagende invloed van de pH op het P-getal, zooals b.v. bij den veengrond gevonden wordt (blz. 937), is zoodoende bij dit materiaal bijna niet vast te stellen. Dat echter het P-getal bij deze gondssoort eveneens sterk afhankelijk is van de pH, blijkt als in plaats van het P-getal zelf de verhouding tusschen het P-getal en het slechts weinig van de pH afhankelijke P-citr tegen de pH wordt uitgezet (fig 27). Het is duidelijk dat het P-getal in verhouding tot het P-citr bij toenemende pH regelmatig kleiner wordt.

Het aantal overwegende grassen is betrekkelijk gering. Domineerend zijn vooral fiorien en de beemdgrassen. Het sterke overwegen van het eerst genoemde gras en van veldbeemdgras is waarschijnlijk een gevolg van de strenge winters in de jaren 1939—1941, wat laatstgenoemde soort betreft bovendien van het droge voorjaar. Op eenige minder goede perceelen is het rood zwenkgras sterk vertegenwoordigd, waar dit gras sterk domineert. In enkele gevallen zijn eenige andere grassen overwegend. Op een proefveld is b.v. *Alopecurus geniculatus*, de geknikte vossenstaart, die op de andere proefvelden slechts zelden en dan in geringe mate vertegenwoordigd is, in 46 % der gevallen domineerend, terwijl het aanwezigheidspercentage 74 bedraagt. *Bromus mollis*, de zachte dravik, neemt op enkele proefvelden een vrij belangrijke plaats in, dit gras domineert b.v. op een viertal proefvelden in resp. 13, 8, 6 en 5 % der

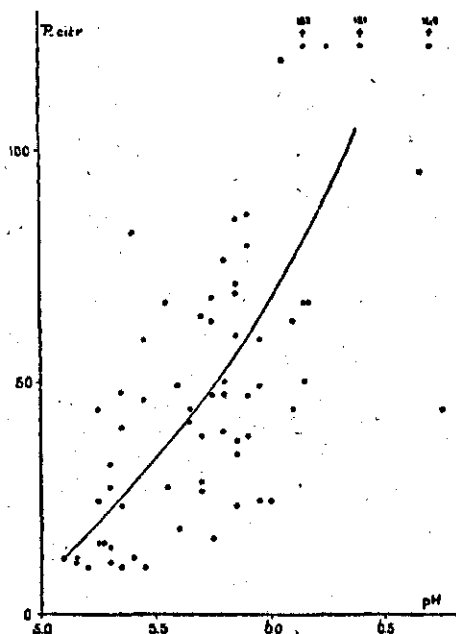


Fig. 26

Verband tusschen het P-citr en de pH op zandgrond.

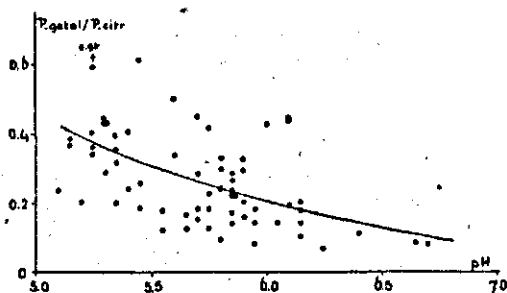


Fig. 27

Verband tusschen de verhouding P-getal/P-citr en de pH.

gevallen, terwijl de aanwezigheidspercentages op deze proefvelden resp. 46, 41, 44 en 43 bedragen. In de andere gevallen is dit ongunstige gras echter niet of bijna niet aanwezig. Ook kamgras is meestal aanwezig, maar niet in hooge percentages, terwijl de dominantiepercentages laag zijn.

Witte klaver komt algemeen voor, maar domineert vrij zelden. Overwegende onkruiden zijn vooral *Ranunculus acer* en *Taraxacum officinale*; bovendien komen *Ranunculus repens*, *Rumex Acetosa* en *Leontodon autumnalis* algemeen voor.

Uitkomsten van het onderzoek

De proefvelden zijn zeer gunstig over de verschillende fosfaattoestanden verdeeld. Er is ook een goede verdeling over een wijd pH-traject. Daarentegen is er slechts een beperkte spreiding in het gehalte aan humus en afslibbare deelen.

Het onderzoek is goed geslaagd. Verbranding door kunstmest is niet voorgekomen, hoewel op enkele proefvelden wel een daling van de opbrengst bij zware fosfaatbemesting is opgetreden. De verkregen opbrengsten bleken echter nog in verschillende gevallen een vrij groote variatie te vertoonen, een gevolg van de ongelijkmatigheid van het grasland op dit grondtype. Ondanks de uitvoering van vruchtbaarheidscorrecties was het niet steeds mogelijk de grootte van het effect van de fosfaatbemesting nauwkeurig te bepalen. Vermoedelijk is dit de hoofreden, waarom bij de bewerking van de opbrengstcijfers minder bevredigende resultaten verkregen zijn dan bij de behandeling van de tijdens den groei van het gras verrichte veldwaarnemingen. In dit geval kan de waarnemer min of meer toevallige verschillen buiten beschouwing laten en zijn aandacht bepalen bij de verschijnselen van fosfaatgebrek, die niet alleen in massa, maar ook in het uiterlijk van het gewas tot uiting komen. Een nog beter inzicht verleenden evenwel de gegevens van het chemische gewasonderzoek, vooral wat het onderzoek van de niet met fosfaat bemeste veldjes betreft.

Het verband tusschen den fosfaattoestand van den niet met fosfaat bemesten grond en de reactie van het gras

Het verband tusschen het P-citr-cijfer en de relatieve opbrengst van het niet met fosfaat bemeste gras is weliswaar duidelijk (fig. 28) maar vertoont toch een vrij groote spreiding. Minder bevredigend is het verband tusschen P-getal en opbrengst (fig 29). Aangezien het P-getal afhankelijk is van de pH van den grond, hebben wij tevens nagegaan, of een op een constante pH-waarde herleid P-getal — welke herleiding met gebruik maken van het reeds bekende verband tusschen de P-getal/P-citr-verhouding en de pH (fig 27) werd uitgevoerd — wellicht een beteren samenhang met de opbrengst zou vertoonen. Dit blijkt inderdaad zoo te zijn (fig 30), wat er dus op zou kunnen wijzen, dat de door een verhooging van de pH veroorzaakte daling van het P-getal niet door het gewas zelf als een verminderde beschikbaarheid van het fosfaat ondervonden wordt. Deze afhankelijkheid van de pH zou dus voor deze methode geen voordeel zijn.

De niet geheel bevredigende correlatie tusschen P-citr en opbrengst kan een gevolg zijn van de onnauwkeurigheid van de opbrengstbepaling, zooals wij hierboven reeds veronderstelden, ofwel een gevolg van neveninvloeden. Hoewel uit hetgeen hier volgen, zal over den invloed van nevenfactoren op het verband tusschen de waarden van het grondonderzoek en het P_2O_5 -gehalte van het gras, resp. de uiterlijke verschijnselen van fosfaatgebrek, die op de proefvelden werden waargenomen, een invloed van deze factoren op het verband tusschen P-citr en opbrengst eveneens waarschijnlijk is, konden wij er niet in slagen een dergelijken invloed met voldoende duide-

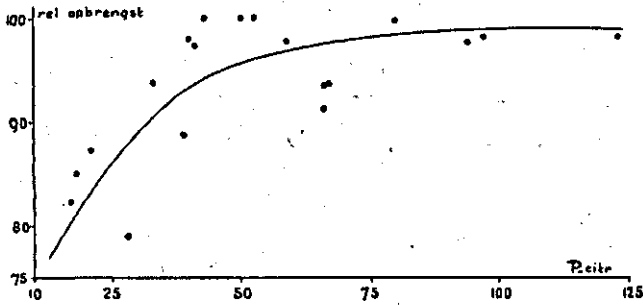


Fig. 28

Verband tusschen het P-citr en de opbrengst van niet met fosfaat bemesten zandgrond.

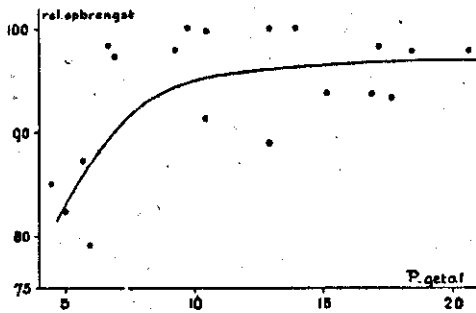


Fig. 29

Verband tusschen het P-getal en de opbrengst van niet met fosfaat bemesten zandgrond.

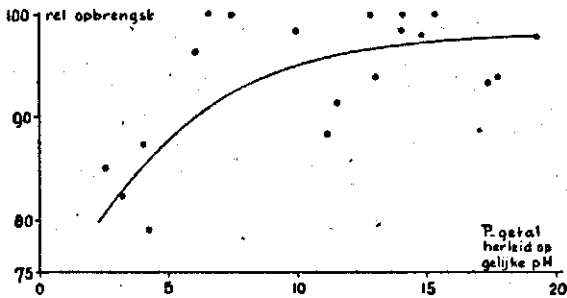


Fig. 30

Verband tusschen het op een gelijke pH-waarde herleide P-getal en de opbrengst van niet met fosfaat bemesten zandgrond.

lijkheid vast te stellen. Onderzocht zijn de mogelijke invloed van de pH en het humusgehalte van den grond, den fosfaatrijkdom van de onder de zode gelegen laag (5—10 cm) en van de botanische hoedanigheid. Alleen het fosfaatgehalte van de onderlaag leek misschien eenigen invloed te hebben. Dit zou bij dit onderzoek het eenige geval zijn, waar een zwakke invloed

van den fosfaatrijkdom van den ondergrond op de fosfaatopname aangetoond is kunnen worden. De aanwijzing was echter zoo weinig overtuigend, dat er geen groote beteekenis aan kan worden toegekend.

Het op de proefvelden in den loop van de ontwikkeling opgetreden fosfaatgebrek, dat door een waardeeringcijfer is uitgedrukt, blijkt op vrij bevredigende wijze met het P-citr samen te hangen (fig 31). Feitelijk wijkt slechts een punt belangrijk af, waar namelijk bij een P-citr 40 nog een vrij sterke reactie (gewaardeerd met 2) werd gevonden. Aangezien later op dit proefveld bijna geen verschillen in opbrengst gevonden zijn, zijn mogelijk de waargenomen verschillen in stand op dit proefveld iets te sterk gewaardeerd.

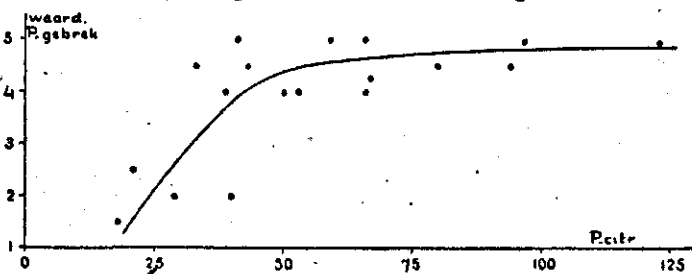


Fig. 31

Verband tusschen het P-citr en de zichtbare verschijnselen van fosfaatgebrek op zandgrond.

Ook in dit geval bleek het P-citr beter met de reactie van het gewas te correleeren dan het P-getal. Nadat deze laatste grootheid evenwel op een constante pH-waarde herleid was, bleek het verschil niet meer van beteekenis te zijn. Dit bevestigt dus, dat het op de gebruikelijke wijze bepalen van het P-getal bij wisselende pH-waarden bij deze grondsoort geen voordeel heeft gegeven, daar de vermindering van de oplosbaarheid van het bodemfosfaat onder invloed van een toenemende pH blijkbaar niet als zoodanig door het gras werd ondervonden.

De grootere nauwkeurigheid van de standwaarneming in vergelijking met de opbrengstbepaling bij de karakteriseering van het gedrag van het gewas kwam tot uiting, toen de invloed van de pH op het verband tusschen P-citr en het waardeeringcijfer werd onderzocht. Het zal namelijk hieronder uit de bespreking van het verband tusschen P-citr en het P_2O_5 -gehalte blijken, dat er een duidelijke invloed van de pH op dit verband aantoonbaar is. Daar het denkbaar zou kunnen zijn, dat zich bij deze vaststelling nog toevallige invloeden hebben doen gelden of dat de invloed van de pH op het P_2O_5 -gehalte niet gelijkgesteld mag worden met den invloed op de opbrengstvorming, is het van veel belang, dat een dergelijke invloed van de pH ook aan het uiterlijk voorkomen van het gras kon worden vastgesteld. Fig. 32 geeft dezen invloed van de pH weer, welke op de gebruikelijke wijze vastgesteld is door in fig. 31 de verticale afstanden van de stippen tot de uit de hand getrokken kromme tegen de pH uit te zetten. Uit het resultaat blijkt, dat bij overigens gelijke P-citr-cijfers de zichtbare fosfaatgebreksverschijnselen het geringst zijn bij een pH 5,6. Het verschil in waardeering tusschen de proefvelden bij deze pH, en bij de proefvelden met de hoogste en laagste voorkomende pH-waarden, bedraagt wel 1 punt. De figuur toont groote overeenstemming met de hieronder

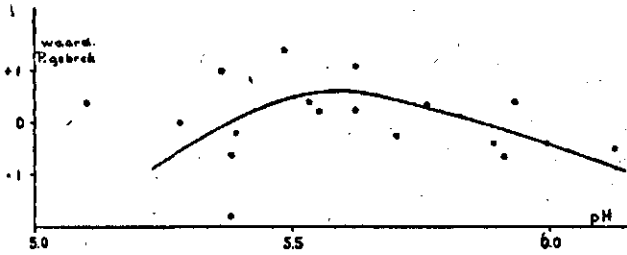


Fig. 32

Invloed van de pH op het verband tusschen P-citr en de zichtbare verschijnselen van fosfaatgebrek (fig. 31) op zandgrond.

afgebeelde figuur 35, die een overeenkomstig verband tusschen pH en de afwijking ten opzichte van de gemiddelde lijn, die het verband tusschen P-citr en het P_2O_5 -gehalte aangeeft, laat zien.

Aangezien hierboven vermeld werd, dat aan den fosfaattoestand van de onder de zode gelegen laag misschien eenige beteekenis voor de fosfaatvoorziening toekomt, is daaraan ook bij de waardeeringcijfers aandacht besteed. Een dergelijke invloed kon evenwel niet vastgesteld worden. Evenmin werd een invloed van andere factoren gevonden.

Zooals reeds opgemerkt is, heeft de bestudeering van het verband tusschen de waarden van het grondonderzoek en het P_2O_5 -gehalte van het gras het duidelijkste inzicht gegeven over de reactie van het gras op den fosfaattoestand van den grond en over de factoren, die hierop van invloed zijn. In fig. 33 is het verband weergegeven, dat er tusschen het P-citr en het

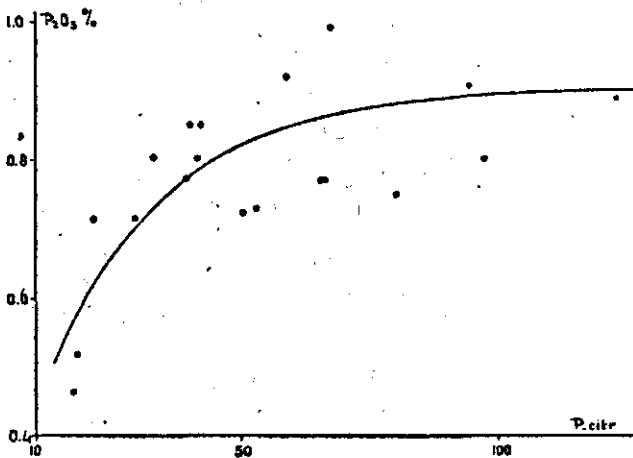


Fig. 33

Verband tusschen het P-citr en het P_2O_5 -gehalte van het gras op zandgrond (zonder correcties).

P_2O_5 -gehalte van het gras gevonden is, vóórdat er eenige correctie van de verkregen cijfers is uitgevoerd. Op zichzelf is dit verband reeds vrij bevredigend.

Het gras is echter niet overal in een volkomen vergelijkbaar groeistadium geoogst, wat tot uiting komt in uiteenlopende N-gehalten. Het P_2O_5 -gehalte is met dit laatste nauw gecorreleerd (VAN ITALLIE, 8, 9, 10), wat aangetoond kan worden door de verticale afwijkingen van de stippen in fig. 33 ten opzichte van de gemiddelde lijn tegen het N-gehalte uit te zetten (fig. 34.). Van

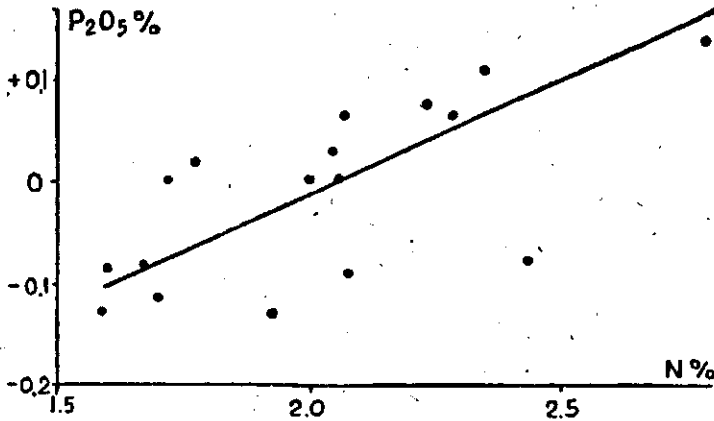


Fig. 34

Invloed van het N-gehalte van het gras op het verband tussen P-citr en P_2O_5 -gehalte (fig. 33).

de in laatstgenoemde figuur getrokken lijn kan gebruik gemaakt worden om het P_2O_5 -gehalte te herleiden op dat van gras met hetzelfde N-gehalte, dat dus een gelijken physiologischen ouderdom representeert. Op deze wijze kan een nauwere correlatie tussen P-citr en P_2O_5 -gehalte worden aangetoond. Aan de hand van deze, hier niet afgebeelde figuur, kan vervolgens de invloed van andere factoren worden nagegaan. In de eerste plaats kon worden aangetoond, dat de pH een belangrijken invloed heeft (fig. 35). Duidelijk blijkt,

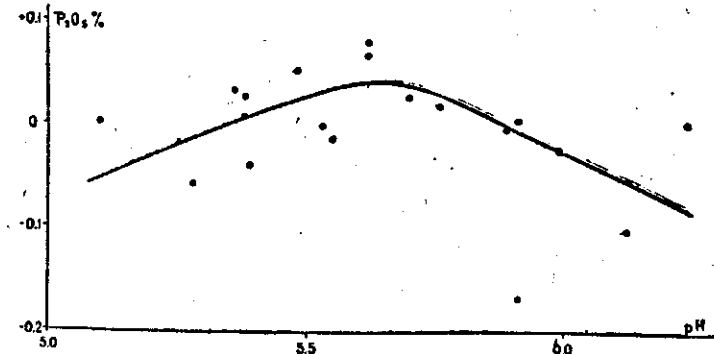


Fig. 35

Invloed van de pH op het verband tussen P-citr en het P_2O_5 -gehalte van het gras, na correctie voor het ongelijke N-gehalte.

dat het P_2O_5 -gehalte bij een pH-waarde 5,65 bij een gelijk P-citr hoger uitvalt dan bij hogere of lagere waarden. Aangezien het P-citr zelf slechts weinig verband houdt met de pH, wijst deze uitkomst er op, dat de invloed van de pH op het verband tusschen beide grootheden voornamelijk het P_2O_5 -gehalte betreft, d.w.z. de opneembaarheid van het fosfaat, welke bij een pH-waarde 5,65 blijkbaar optimaal is. Eenzelfde P-citr-cijfer zal dus bij deze pH hoger gewaardeerd mogen worden dan bij lagere of hogere pH-waarde. Dat het verschil vrij belangrijk is, blijkt uit een vergelijking tusschen de figuren 35 en 33 (vgl. ook de gecorrigeerde fig. 36). Bij een pH 5,65 is namelijk het P_2O_5 -gehalte ongeveer 0,05 % hoger dan bij een pH 5,3 of 5,95. Een even groot verschil bestaat er b.v. ook tusschen de bij P-citr cijfers van resp. 35 en 50 bij gelijke pH bepaalde P_2O_5 -gehalten. Op een grond met P-citr 35 en een pH 5,65 zou dus reeds een even hoog P_2O_5 -gehalte gevonden worden als op een anderen met P-citr 50 en een pH 5,3, resp. 5,95.

De gedachte zou kunnen opkomen, dat de gevonden samenhang tusschen pH en P_2O_5 -gehalte een gevolg zou kunnen zijn van een invloed van de pH op de botanische samenstelling. Inderdaad kan er wel een zekere samenhang aangetoond worden tusschen de pH en den botanischen hoedanigheidsgraad, welke echter van anderen aard is: terwijl namelijk de lijn in fig. 35 een duidelijk optimum vertoont, blijkt de botanische hoedanigheid daarentegen bij hogere pH steeds beter te worden.

Het in fig. 35 vastgestelde verband kan opnieuw gebruikt worden om den samenhang tusschen P-citr en P_2O_5 -gehalte nog nauwkeuriger vast te stellen. De verkregen uitkomst is weergegeven in fig. 36. Na uitvoering van

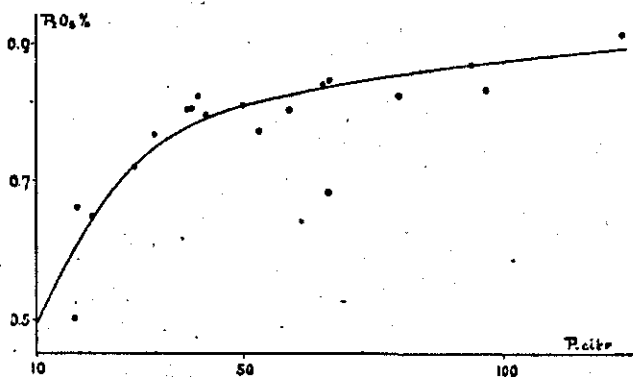


Fig. 36

Verband tusschen het P-citr en het P_2O_5 -gehalte van het gras na correctie op een gelijk N-gehalte en een gelijke pH (vgl. fig. 33) op zandgrond.

de correcties op gelijk N-gehalte van het gras en op gelijke pH-waarde is het verband zeer nauw, zoodat wel bijna van een idealen samenhang tusschen P-citr en P_2O_5 -gehalte kan worden gesproken. Het resultaat wijst er op, dat het P-citr op zeer nauwkeurige wijze aangeeft, hoe het met de beschikbaarheid van het bodemfosfaat voor het gewas gesteld is, indien de pH-factor in rekening wordt gebracht. De nog overgebleven spreiding der stippen zal voor een groot gedeelte door den invloed van bemonsterings- en analysefouten te verklaren zijn.

Van de overige factoren, waarvan een invloed nagegaan kon worden, leek alleen het humusgehalte mogelijk nog van eenig belang. Misschien zou namelijk het P_2O_5 -gehalte bij geringer humusgehalte iets lager zijn. Een invloed van de botanische hoedanigheid kon in het geheel niet worden vastgesteld, evenmin een invloed van den P-rijkdom van de onder de zode gelegen bodemlaag (5—10 cm). Met dit laatste is wel weerlegd, dat de fosfaattoestand van deze laag eenigen invloed zou hebben op de reactie van het gewas, hetgeen door de opbrengstcijfers eenigszins scheen te worden aangeduid (blz. 95)).

Hiermee is natuurlijk niet gezegd, dat het in diepere lagen aanwezige fosfaat volkomen waardeloos is. Het ligt voor de hand te veronderstellen, dat een perceel minder snel zal verarmen als de ondergrond rijk aan fosfaat is, maar een directe invloed hiervan op het gewas is bij de door ons gebezigde bepalingsmethodes op zandgrond niet vast te stellen, zoodat blijkbaar de beteekenis van den fosfaatrijkdom van de graszode verre overweegt.

Een op een constante pH-waarde herleid P-getal geeft een nauwere correlatie met het P_2O_5 -gehalte dan het ongecorrigeerde P-getal zelf. Hieruit blijkt opnieuw, dat de afhankelijkheid van de P-getal-methode van de pH bij dit grondtype geen voordeel is, daar het gras niet op gelijke wijze reageert. Toch lijkt dit herleide P-getal minder goed met het P_2O_5 -gehalte te correleeren dan het P-citr (vgl. fig. 37 en 36).

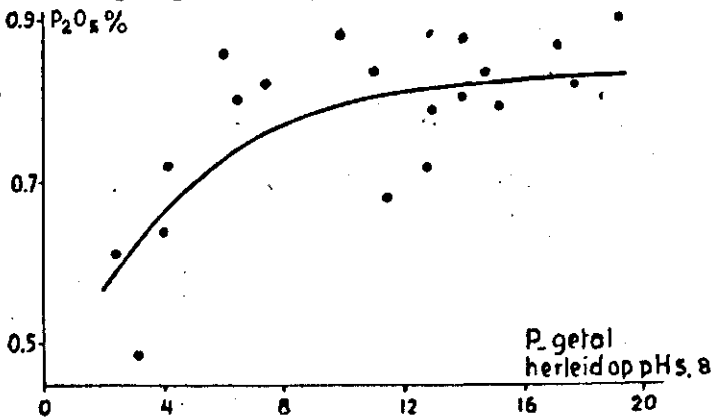


Fig. 37

Verband tusschen het op gelijke pH herleide P-getal en het P_2O_5 -gehalte van het gras na correctie op gelijk N-gehalte en gelijke pH op zandgrond (vgl. fig. 36).

De vraag of het P-citr, dan wel het P-getal, resp. een op een constante pH-waarde herleid P-getal, een betere correlatie geeft met de reactie van het gewas, kon bij de bestudeering van de opbrengsten en de voor het optreden van P-gebrek gegeven waardeeringcijfers niet beantwoord worden. Uit den samenhang met het P_2O_5 -gehalte blijkt wel, dat het P-citr het beste voldoet.

Het zou nu nog kunnen zijn dat het P-getal, of het herleide P-getal, tezamen met het P-citr-cijfer een nauwkeuriger beeld zou geven van de reactie van het gewas dan het P-citr cijfer alleen. Uit de geringe spreiding van de stippen in fig 36 volgt echter reeds, dat dit niet van veel beteekenis kan zijn. Het gelukte ons dan ook niet iets in deze richting vast te stellen. De P-getal-bepaling

heeft dus, althans bij dit beperkte materiaal, geen betekenis gehad om het reeds door het P-citr gegeven inzicht nog nader te verfijnen.

De invloed van de fosfaatbemesting op de reactie van het gras bij verschillende fosfaattoestanden

Voor het vaststellen van den invloed, welke de toegediende fosfaatbemesting op de opbrengst bij verschillenden fosfaattoestand heeft, zijn de verkregen relatieve opbrengsten bij elke fosfaatgift tegen het P-citr uitgezet. De aldus verkregen opbrengstkurven zijn in fig. 38 bijeengebracht. Duidelijk blijkt

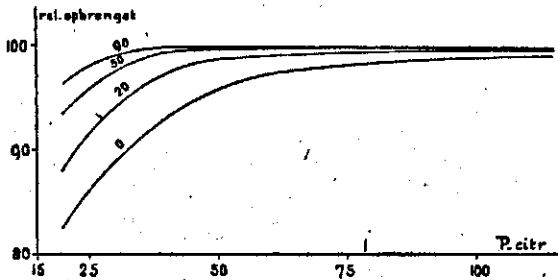


Fig. 38

Verband tusschen het P-citr en de relatieve opbrengst bij verschillende fosfaatbemesting op zandgrond.

de relatief sterke opbrengstverhoging, die door een lichte fosfaatbemesting wordt teweeggebracht. Om bij deze grondsoort vast te kunnen stellen, of het effect van de versch toegediende bemesting van andere orde is dan met de stijging van den bodemvoorraad van den grond in overeenstemming zou zijn, is hier eveneens nagegaan hoe groot de stijging van het P-citr bij een bepaalde bemesting is. In een aantal gevallen werd de stijging van P-citr 12 dagen na de bemesting bepaald, in andere gevallen 5 maanden later. Gevonden werd dat het na 12 dagen bij een gemiddelde bemesting naar 115 kg/ha gemiddeld met $13\frac{1}{2}$ gestegen was, na 5 maanden echter met $10\frac{1}{2}$ eenheden, welk verschil aan de fosfaatonttrekking door het gras kan worden toegeschreven. Zelfs een stijging met $13\frac{1}{2}$ eenheden per 115 kg zou bij een P-citr van b.v. 25 en een bemesting naar 20 kg volgens fig. 38 geen grootere opbrengststijging meebrengen dan van 85,5 tot 87,1, d.i. 1,6 %, als het toegevoegde fosfaat geen grootere werking zou hebben dan het reeds in den bodem aanwezige, door het P-citr tot uitdrukking gebrachte fosfaat. In werkelijkheid stijgt de opbrengst echter met 6 %, wat dus belangrijk meer is, zoodat ook op deze grondsoort de gunstige werking van een verse bemesting in den vorm van superfosfaat is aangetoond. Bij zwaardere bemesting wordt deze verhouding uiteraard wat minder gunstig.

Wij hebben willen nagaan of de door een lichte bemesting verkregen procentueele opbrengststijging afhankelijk is van de pH van den grond, zooals op veengrond werd gevonden (fig. 22). Misschien doordat het aantal vrij sterk reagerende proefvelden hier geringer was, kon een dergelijke invloed niet worden vastgesteld. Het leek veeleer, dat de werking van de verse bemesting bij hooge pH-waarde zeker niet geringer was dan bij lagere.

De stijging van het P_2O_5 -gehalte onder invloed van de P_2O_5 -bemesting

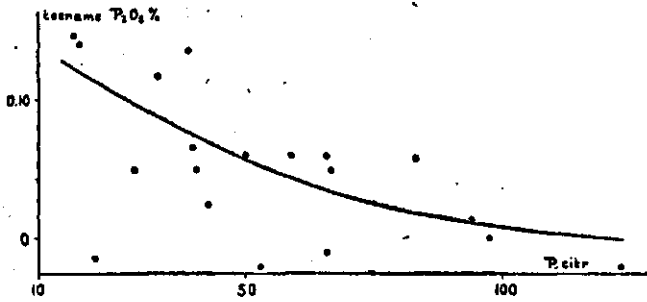


Fig. 39

Stijging van het P_2O_5 -gehalte van het gras onder invloed van fosfaatbemesting (gemiddelde van 50 en 140 kg/ha P_2O_5) op zandgrond.

laat niet zoo'n regelmatig beeld zien, als op grond van het nauwe verband tusschen P-citr en P_2O_5 -gehalte verwacht zou kunnen worden. In fig. 39 is de toename, welke het verschil is tusschen het gemiddelde van de bij een bemesting naar 50 en naar 140 kg/ha P_2O_5 gevonden gehalten en het gehalte zonder P_2O_5 -bemesting, uitgezet tegen het P-citr. Tevoren is nog een, overigens vrij weinig beteekenende, correctie op een gelijk N-gehalte van het gras uitgevoerd. Het verband is echter slechts zeer matig. Wel kan nog vrij goed uit deze figuur worden afgelezen, dat b.v. de stijging van het gehalte bij P-citr 30 gemiddeld ongeveer 0,09—0,10 % zal bedragen. Een dergelijk verschil wordt op onbemesten grond blijkens fig. 35 gevonden tusschen P-citr 30 en P-citr 58, d.i. bij twee waarden, die 28 eenheden uiteenliggen. Een gemiddelde bemesting naar 95 kg P_2O_5 /ha zou echter het P-citr slechts met ten hoogste 11 eenheden verhoogen, zoodat ook op deze wijze blijkt, dat het toegevoegde fosfaat aanmerkelijk beter opneembaar is dan het reeds in den bodem aanwezige fosfaat.

De onvoldoende correlatie tusschen P-citr en de toename van het P_2O_5 -gehalte (fig. 39) is voor een gedeelte te verklaren door den invloed, die de pH ook op dit verband uitoefent, hetgeen blijkt uit fig. 40, waarin de af-

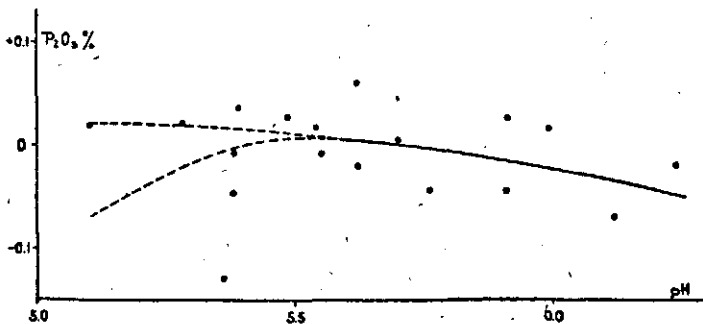


Fig. 40

Invloed van de pH op de door fosfaatbemesting veroorzaakte toename van het P_2O_5 -gehalte (fig. 39).

wijkingen van de stippen ten opzichte van de gemiddelde lijn in fig. 39 op de

gebruikelijke wijze tegen de pH zijn uitgezet. Duidelijk blijkt, dat het gehalte bij hogere pH in minder mate gestegen is dan bij middelmatige pH-waarden. Hoe het verband bij lage pH is, valt minder gemakkelijk te beoordeelen. Het is zoowel mogelijk, dat de stijging van het gehalte bij de laagste pH-waarden het grootst is (bovenste stippellijn), als dat deze bij lage pH weer geringer wordt (onderste stippellijn). Het geringe aantal stippen bij lage pH en de onregelmatige ligging hiervan, laat echter geen definitief oordeel toe.

Een invloed van andere factoren dan de pH kon niet worden aangetoond.

HET KALIONDERZOEK

De behandeling van het in 1941 op zandgrond verrichte onderzoek, waarmee duidelijker resultaten verkregen zijn dan het onderzoek, dat in 1940 op veengrond is uitgevoerd, zal eerst behandeld worden.

4. Het kalionderzoek op zand-grasland

De voorkomende variatie in kalitoestand

Het aan den proefveldaanleg voorafgaande grondonderzoek heeft getoond, dat vrij sterk uiteenlopende kaligetallen kunnen voorkomen (fig. 25, blz. 946).

De frequentie-kromme is zeer scheef, lage kaligetallen beneden 20 komen veelvuldig voor; kaligetallen beneden 10 zijn niet aangetroffen. Hogere kaligetallen worden geleidelijk zeldzamer.

Indien men bedenkt dat een kaligetal van 40 noodig geacht wordt, voordat men er toe over mag gaan om de kalibemesting geheel weg te laten (VAN DER PAAUW, 14, 'T HART en VAN DER PAAUW, 6), hetgeen door het hieronder beschreven onderzoek nader bevestigd zal worden, dan is het duidelijk dat het zand-grasland normaliter een kalibemesting zal behoeven en de uitslag van het grondonderzoek slechts in uitzonderingsgevallen tot een weglaten van de kalibemesting zal leiden. Hiermede vervalt echter nog niet de beteekenis van het grondonderzoek, daar de verschillen in kalitoestand toch nog zoodanig zijn, dat hiermede bij de bepaling van de grootte van de bemesting rekening zal dienen te worden gehouden.

De aangelegde kaliproefvelden zijn behoorlijk over de voorkomende kalitoestanden verdeeld (fig. 25), hoewel er bij zeer lage en bij zeer hoge kaligetallen wel iets meer proefvelden hadden kunnen voorkomen.

Evenals bij het fosfaatonderzoek gebleken is, is ook de kalirijkdom van de zodelaag grooter dan van de laag 5—10 cm, hoewel het verschil bij kali geringer is. Er blijkt verder een veel nauwer verband te zijn tussehen den kalirijkdom dan tussehen den fosfaatrijkdom van beide lagen. Een splitsing van het onderzoek naar 2 lagen zal daarom veel minder noodzakelijk zijn om een inzicht in den kalitoestand te verkrijgen, dan bij het fosfaatonderzoek het geval is. Terwijl er bij dit laatste bezwaren bestaan tegen een onderzoek van een dikkere laag dan 5 cm, daar in dit geval fosfaatrijke bovengrond met sterker vastleggenden ondergrond in aanraking komt, lijkt dit voor het kalionderzoek veel minder gevaarlijk. Er zou dus waarschijnlijk geen bezwaar zijn om de monsters van een dikkere laag te nemen, wat de monsterneming iets zou kunnen vereenvoudigen. Daar het evenwel van voordeel is in eenzelfde monster zoowel fosfaat- als kali-onderzoek te kunnen verrichten, is het wenschelijker het laatste eveneens in monsters van de zodelaag uit te voeren.

Uitkomsten van het onderzoek

Het kali-onderzoek is evenals het fosfaatonderzoek op zand-grasland goed geslaagd te noemen. De uitkomsten van de opbrengstbepaling lijden aan hetzelfde euvel als bij het fosfaatonderzoek, namelijk aan een vrij groote onregelmatigheid. Bij het proefveld Pr 632 was dit zóó erg, dat de bepaling van de opbrengstkromme zelfs bij benadering niet mogelijk was, en de uitkomst niet gebruikt kon worden. Ook in andere gevallen is het wel eens aan twijfel onderhevig geweest, of de getrokken opbrengstkromme voldoende betrouwbaar was. In drie gevallen zijn waarschijnlijk bij zware bemesting opbrengstdalingen voorgekomen, zoodat de kromme het uiterlijk van een optimumkromme heeft. De maximaal te bereiken opbrengst is in die gevallen slechts bij vrij ruwe benadering geschat.

Terwijl echter met de opbrengstbepaling nog in verschillende opzichten zeer bruikbare resultaten verkregen zijn, hebben de tijdens den groei van het gras gemaakte aantekeningen in dit geval teleurgesteld. Het merkwaardige geval deed zich namelijk voor, dat op alle proefvelden zonder uitzondering gedurende de geheele, of een gedeelte van de groeiperiode, duidelijk zichtbare verschillen zijn voorgekomen tusschen niet en wel met kali bemeste veldjes. Deze kwamen voor als tintverschillen, verschillen in lengte van het gras, soms als vergelingsverschijnselen op de onbemeste veldjes. Deze verschijnselen waren uiteraard niet steeds even ernstig, maar het was toch niet goed mogelijk om tot behoorlijk uiteenlopende waardeeringscijfers te geraken.

Het blijkt hieruit wel dat zelfs een betrekkelijk hoog kaligetal geen waarborg biedt voor het uitblijven van zichtbare verschijnselen van kaligebrek. Zoo bleek het gras op het proefveld Pr 630, waar het kaligetal 54 was, op de veldjes zonder kali donkerder van tint en werd het gewas tegen het einde van den groei minder beoordeeld, hoewel ten slotte geen opbrengstverschillen zijn vastgesteld. Op het proefveld Pr 629, dat niet geoogst is, aangezien het perceel beweid moest worden, waren de veldjes zonder kali duidelijk donkerder getint, niettegenstaande het kaligetal 47 bedroeg.

Het chemische gewasonderzoek heeft evenwel zeer bruikbare resultaten opgeleverd.

Het verband tusschen den kalitoestand van den onbemesten grond en de reactie van het gras

De kalitoestand van zandgrond wordt aangegeven door het kaligetal, dat het gehalte aan in een 0,1 normale HCl-oplossing oplosbare kali aangeeft, betrokken op het humusgehalte van den grond. Bij deze methode wordt niet een constante hoeveelheid grond, maar zooveel grond als met een bepaalde hoeveelheid humus (6,25 gram) overeenkomt, ter extractie genomen. Bij de invoering van deze methode is uitgegaan van de overweging, dat de kali bij zandgronden hoofdzakelijk aan de humus geadsorbeerd voorkomt, en dat het van meer belang moet zijn het kaligehalte van de humus te kennen, dan het kaligehalte berekend op den grond zelf, daar het eerste in belangrijker mate de beschikbaarheid voor het gewas zal bepalen. De juistheid van dit gezichtspunt is bij verschillende toetsingen van de landbouwkundige beteekenis van het kaligetal gebleken. De waarde welke aan een bepaald kaligetal kan

worden toegekend is, voor zoover de grond niet een al te extreem hoog of laag humusgehalte heeft, bij benadering onafhankelijk van het humusgehalte, zoodat voor zand- en dalgronden één enkel grenscijfer kon worden vastgesteld, onverschillig hoeveel humus de grond bevat (VAN DER PAAUW, 14). De methode van het kaligetal heeft dus een belangrijk voordeel opgeleverd, daar dit cijfer zonder eenige correctie in de praktijk kan worden toegepast. Hiertegenover staan echter ook eenige nadeelen. De toepassing van twee verschillende methodes van kalibepaling levert moeilijkheden, waar het overgangsgevallen betreft. Bovendien is de methode, zooals gezegd, slechts toepasselijk bij middelmatige humusgehalten, in extreme gevallen zal toch een correctie onvermijdbaar zijn en is het voor middelmatige humusgehalten geldige grenscijfer niet bruikbaar (zie 14). Een universeele toepassing van de bepaling met een constante hoeveelheid grond (K-HCl methode) zou daarom zeker eenige voordelen hebben. Het voor alle gronden met verschillend humusgehalte gelijkelijk geldige kaligetal zou dan echter vervangen worden door een cijfer, waarvan de waarde afhankelijk is van het humusgehalte. Dit behoeft echter thans geen bezwaar meer te zijn, nu wij analoge invloeden van de factoren kalktoestand, klei- en humusgehalte e. a. op het verband tusschen den door het grondonderzoek aangegeven bodemtoestand en de reactie van het gewas in dit onderzoek en in de publicatie van W. C. VISSER (26) hebben leeren kennen. In plaats van een correctie van het humusgehalte bij de uitvoering van de analyse komt dan een correctie van den invloed van het humusgehalte op het verband tusschen het kaligehalte van den grond en de reactie van het gewas. De grootte van deze correctie dient empirisch vastgesteld te worden.

Het zal daarom zeker van belang zijn om bij de studie van het verband tusschen den kalitoestand van den grond en de reactie van het gewas de aandacht niet te beperken tot het thans in de praktijk gebruikelijke kaligetal, maar om tevens aan de eventueele bruikbaarheid van het K-HCl-cijfer, d.w.z. het bij een vaststaande extractieverhouding (1 dl grond op 10 dln 0,1 normaal HCl) bepaalde kaligehalte van den grond, dat bij klei- en veengronden toepassing vindt, aandacht te schenken.

Het verband tusschen het kaligetal en de opbrengst wordt weergegeven in fig. 41. Het blijkt dat alle proefvelden op één uitzondering na zonder kalibemesting een oogstdepressie hebben opgeleverd. Dit bevestigt dat een hoog kaligetal vereischt is om het uitblijven van een oogstdepressie voldoende te waarborgen. Toch geeft de figuur wel aan, dat een verband tusschen de grootte van de opbrengst en het in het begin van het oogstjaar bepaalde kaligetal aanwezig is.

Er is vervolgens nagegaan welke factoren wellicht voor de vrij groote spreiding verantwoordelijk te stellen zijn. Een invloed van het humusgehalte kon niet vastgesteld worden, waaruit blijkt, dat deze factor, na het reeds bij de analyse in rekening brengen van het humusgehalte, bij het hier onderzochte humustraject (8—14,5 %) buiten beschouwing kan blijven. Op zeer duidelijke wijze kon evenwel een invloed van de pH aangetoond worden. Dit blijkt uit fig. 42, waarin de loodrechte afstand van de in fig. 41 afgebeelde punten tot de opbrengstkrumme tegen dezen factor zijn uitgezet. De reactie op kali is bij een pH-waarde van ongeveer 5,6—5,65 minimaal, om

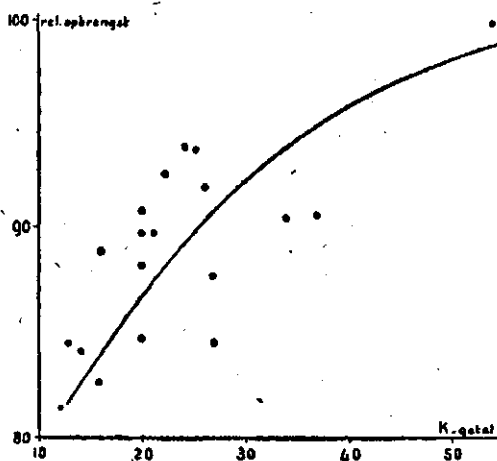


Fig. 41

Verband tusschen het K-gehalte en de opbrengst van niet met kali bemesten zandgrond (zonder correcties).

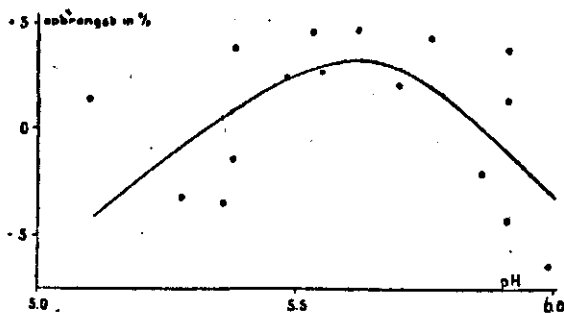


Fig. 42

Invloed van de pH op het verband tusschen het K-gehalte en de opbrengst op zandgrond (fig. 41).

daarna vrij snel naar hogere en lagere pH toe te nemen. Deze invloed van de pH komt geheel overeen met den invloed, welke bij de fosfaatproefvelden op zandgrasland, en in mindere mate op kleigrasland is geconstateerd (vgl. fig. 35 en 8). Het is zeer opmerkelijk, dat deze invloed van de pH zich zoowel op de fosfaat- als op de kaliwerking doet gelden en dat de optimale werking op verschillende grondsoorten bij een gelijke pH-waarde gevonden wordt.¹⁾

Van fig. 42 is gebruik gemaakt om de in fig. 41 afgebeelde stippen op gelijke pH-waarden te corrigeren. De pH-waarden, waarbij de invloed van de pH een gemiddelde grootte bereikt, bedragen 5,3 en 5,85. De opbrengst-kromme, die voor deze pH-waarden geldig is, is in fig. 43 weergegeven door

¹⁾ Bovendien zijn ook reeds zwakke aanwijzingen verkregen, dat ook het verband tusschen het kaligehalte en de opbrengst van kleigrasland op soortgelijke wijze van de pH afhankelijk is (zie 'T HART en VAN DER PAAUW (6) blz. 10).

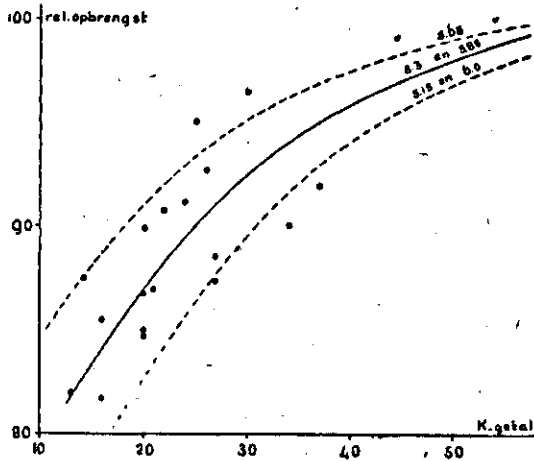


Fig. 43

Verband tusschen het K-getal en de relatieve opbrengst van niet met kali bemesten zandgrond bij verschillende pH-waarden. De stippen hebben betrekking op opbrengsten, die op een gelijke pH van 5,3, resp. 5,85 herleid zijn.

een volgetrokken lijn. De in de figuur geplaatste stippen geven de afzonderlijke waarnemingen, na uitvoering van de pH-correctie, weer. Het verband tusschen het kaligetal en de opbrengst is thans vrij nauw geworden, en het is aanmerkelijk, dat de nog aanwezige spreiding grootendeels op bepalingsfouten terug te voeren is. Naast de pH zou er dan geen andere factor zijn, die een invloed van betekenis op het verband tusschen kaligetal en opbrengst doet gelden.

Deze invloed van de pH is bij de interpretatie van de landbouwkundige waarde van het kaligetal niet zonder belang. In fig. 43 is deze aangegeven, door de toevoeging van twee andere opbrengstskrommen (stippellijnen), die resp. op de optimale pH-waarde 5,65 en op de bij deze graslanden meer extreme pH-waarden 5,15 en 6,0 betrekking hebben. Uit deze lijnen kan afgelezen worden, dat een oogstdepressie van b.v. 10 % bij weglaten van de kalibemesting bij een pH 5,65 eerst zal optreden bij een kaligetal 18, bij de pH-waarden 5,3 en 5,85 bij een kaligetal 25, en bij de pH-waarden 5,15 en 6,0 bij een kaligetal 31. Deze drie verschillende kaligetallen zijn dus landbouwkundig gelijkwaardig. Weglaten van de kalibemesting is eerder geoorloofd, naarmate de pH dichter in de buurt van de waarde 5,65 ligt.

Beschouwen wij thans het verband tusschen het niet op humus herleide, maar direct als gehalte van den grond bepaalde K-HCl-cijfer, en de opbrengst (hier niet afgebeeld), dan blijkt dit minder te bevredigen dan het tusschen kaligetal en opbrengst gevonden verband. Het ligt echter voor de hand te veronderstellen, dat de grootere spreiding een gevolg is van het achterwege laten van een correctie voor het ongelijke humusgehalte. Inderdaad kon een invloed van dit laatste worden vastgesteld, welke echter bij het vrij beperkte humustraject van deze proefveldserie van minder betekenis bleek te zijn dan de invloed van de pH, welke, zooals te verwachten was, geheel uitviel,

als bij de bestudeering van het verband tusschen kaligetal en opbrengst gevonden is.

In fig. 44 geven wij alleen het eindresultaat, nadat de gevonden cijfers door middel van een humus- en een pH-correctie op een gemiddeld humusgehalte en een gemiddelde pH-waarde herleid zijn. Bij vergelijking van deze figuur met fig. 43 valt het op, dat de gevonden correlatie niet veel minder is. Hieruit blijkt dus, dat de toepassing van het K-HCl-cijfer op zandgrasland, volgens de uitkomsten van dit onderzoek althans, principieel geen bezwaar oplevert, hoewel het uitvoeren van een tweevoudige correctie — een zoowel in rekening brengen van het humusgehalte als van de pH — voor een praktische toepassing uiteraard geen voordeel is.

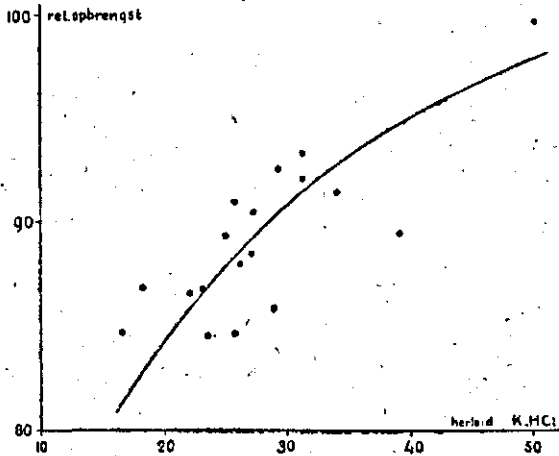


Fig. 44

Verband tusschen het K-HCl cijfer en de opbrengst van niet met kali bemesten zandgrond, na correctie op gelijk humusgehalte en gelijke pH.

Het verband tusschen het kaligetal en het K_2O -gehalte van het gras is, ook zonder dat eenige correctie wordt uitgevoerd, zeer goed (fig. 45). Opnieuw

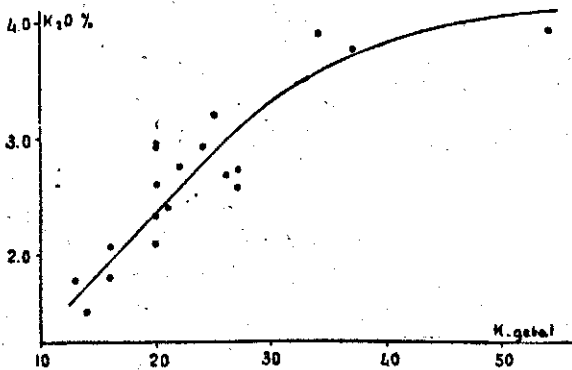


Fig. 45

Verband tusschen het K-gehal en het K_2O -gehalte van het gras op zandgrond.

blijkt, het chemische gewasonderzoek zeer bruikbare resultaten op te leveren voor de toetsing van een methode van grondonderzoek. Het bewijst dat deze laatste methode in staat stelt om op nauwkeurige wijze de beschikbaarheid van de voedingsstoffen voor het gewas aan te geven.

In dit geval is nog geen rekening gehouden met den verschillenden ouderdom van het geoogste gras. Het verband tusschen het N-gehalte, dat als een maat voor dit laatste mag gelden, en het K_2O -% bleek echter veel minder duidelijk, dan het hierboven met het P_2O_5 -% gevonden verband (fig. 34). Niettemin kon deze factor in rekening gebracht worden.

De invloed van de pH is veel minder duidelijk dan men op grond van het bij de opbrengst gevondene zou verwachten (fig. 46); toch schijnt er wel

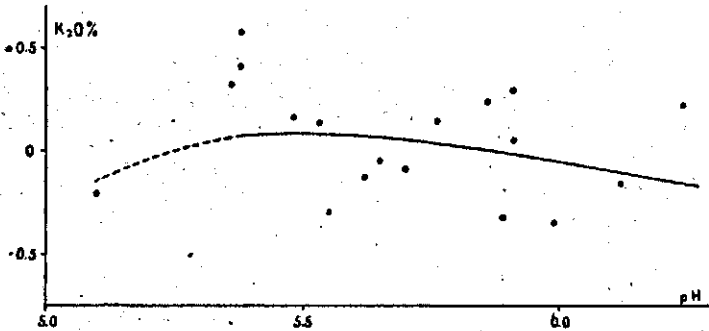


Fig. 46

Invloed van de pH op het verband tusschen het K-getal en het K_2O -gehalte van het gras (fig. 45) op zandgrond.

een zekere aanwijzing te zijn, dat bij hogere pH een wat lager K_2O -gehalte gevonden wordt. Of ditzelfde het geval is bij lagere pH, lijkt nog minder zeker; in de figuur is dit aangeduid door de lijn te stippen.

Een mogelijke verklaring van de onduidelijkheid van den pH-invloed werd gevonden bij de bestudeering van den hieronder beschreven invloed van de bemesting op de reactie van het gewas (blz. 969). Het zal daar worden aangetoond, dat de opbrengst op een overeenkomstige wijze op een versch toegediende kalibemesting reageert als op een kort te voren gegeven fosfaatbemesting. De opbrengstvermeerdering is namelijk belangrijk grooter dan met de optredende verrijking van den bodemtoestand overeenkomt. Dit is echter niet het geval met het gehalte, dat integendoel slechts zooveel toeneemt, als overeenstemt met het verschil in kalitoestand, dat op het oogenblik van den oogst nog aantoonbaar is.

Het behoeft daarom niet te verwonderen, dat een eventueele invloed van de pH minder duidelijk voor den dag is gekomen, aangezien de kalitoestand van den grond zich tijdens de groeiperiode van het gras vrij belangrijk wijzigt, zoodat de in het begin bepaalde kaligetallen geen nauwkeurige maat meer zijn voor den kalitoestand van den grond bij den oogst.

Ten einde nader te verifiëren of deze gedachtengang juist is, zijn de kaligehalten in fig. 47 uitgezet tegen het na den oogst bepaalde kaligetal. Dit kaligetal is echter slechts in mengmonsters van de objecten bepaald,

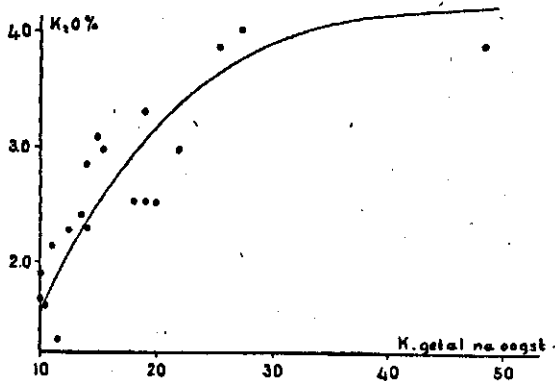


Fig. 47

Verband tusschen het na den oogst bepaalde K-gehalte en het K_2O -gehalte van het gras.

terwijl de monsters ongeveer $1\frac{1}{2}$ maand na het maaien genomen zijn, op een tijdstip dus, waarop de grasgroei al weder opnieuw was begonnen. De nauwkeurigheid, waarmee dit kaligetal den toestand tijdens den oogst weergeeft, is daardoor minder groot. Niettemin wordt een zeer bevredigende correlatie gevonden.

Na uitvoering van een geringe correctie voor het ongelijke N-gehalte, is opnieuw de invloed van de pH bepaald (fig. 48). Deze treedt thans

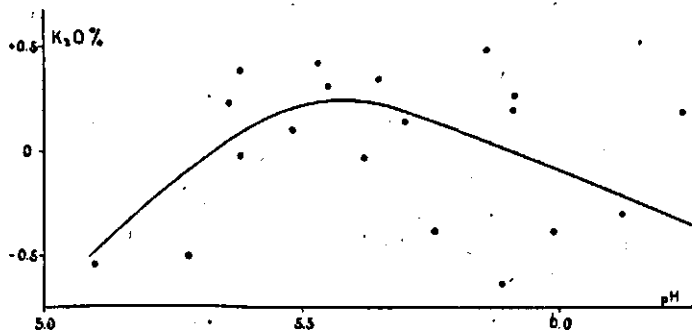


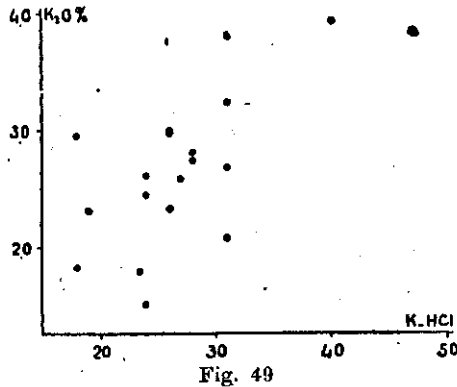
Fig. 48

Invloed van de pH op het verband tusschen het na den oogst bepaalde K-gehalte en het K_2O -gehalte van het gras (fig. 47).

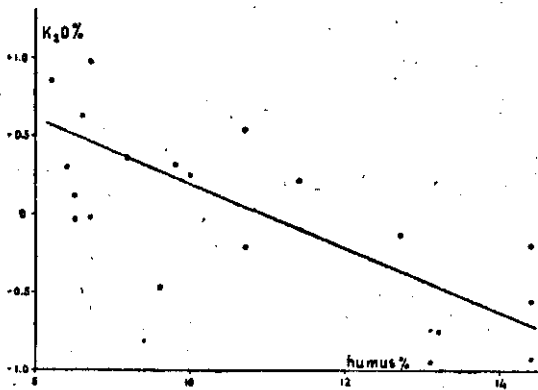
duidelijker aan het licht en stemt geheel overeen met de uitkomst, welke bij de bestudeering van de opbrengsten (vgl. fig. 46) werd verkregen. Dit resultaat levert een aardige bevestiging van de nauwkeurigheid, waarmee de kalitoestand van den grond door het chemische gewasonderzoek gekarakteriseerd kan worden.

Keeren wij thans terug tot de eerder besproken vraag of de K-HCl-methode mogelijk eveneens bruikbare gegevens zou kunnen leveren en ter vervanging van de in sommige gevallen bezwaren opleverende kaligetalmethode in aanmerking kan komen. Het K-HCl cijfer blijkt ongecorrigeerd slechts zeer onduidelijk met het K_2O -gehalte van het gewas samen te hangen (fig. 49).

Dit is echter in dit geval een gevolg van den invloed van het humusgehalte. Uit fig. 50, waarin de verticale afwijkingen van de punten in fig. 49 tot een daarin zoo goed mogelijk getrokken opbrengstcurve tegen het humus-



Verband tusschen het K-HCl cijfer en het K_2O -gehalte van het gras op zandgrond (zonder correcties).



Invloed van het humusgehalte op het verband tusschen K-HCl en K_2O -gehalte van het gras op zandgrond (fig. 49).

gehalte zijn uitgezet, blijkt dat het K_2O -% bij hooger humusgehalte belangrijk lager uitvalt. Met behulp van de in fig 12 getrokken lijn zijn de waarnemingen op een gemiddeld humusgehalte te herleiden. Na deze herleiding en een hernieuwde vaststelling van de K-HCl-opbrengstcurve is nog de invloed van de pH bepaald. Deze bleek wederom flauw aanwijsbaar. Zeer waarschijnlijk was deze onduidelijkheid op dezelfde oorzaak terug te voeren als hierboven bij de bespreking van het verband tusschen het kaligetal en het K_2O -% is genoemd, wat echter niet opnieuw is nagegaan. Voldoende duidelijk is gebleken, dat het K-HCl-cijfer bij deze grondsoort bruikbare aanwijzingen kan geven, mits twee factoren, het humusgehalte en de pH, in aanmerking worden genomen. Al mag er in het behandelde geval, waarbij geen extreme humusgehalten voorkomen, en waarin het kaligetal zijn goede bruikbaarheid heeft

bewezen, geen reden bestaan om van het gebruik van de methode van het kaligetal af te stappen, zoo is het toch van beteekenis, dat de mogelijkheid aanwezig is om in andere gevallen, waarbij wel extreme hooge of lage humusgehalten, of overgangen naar andere grondsoorten voorkomen, zoo noodig van de andere methode gebruik te maken.

De invloed van de kalibemesting op de reactie van het gras bij verschillende kalitoestanden

De grootte van de kalibemesting kan behalve in kg/ha K_2O ook uitgedrukt worden in het aantal eenheden, waarmee het kaligetal van de zodelaag (0—5 cm) theoretisch na toediening van de bemesting zou moeten stijgen. Deze *kali-eenheid* werd bij deze proefvelden door ons berekend op gemiddeld 5,9 kg/ha K_2O . Bij een bemesting met de kleinste toegepaste gift van 30 kg zou het kaligetal dus b.v. met ruim 5 moeten stijgen. Uit een vergelijking tusschen de berekende en de enkele weken na de bemesting bepaalde kaligetallen bleek evenwel, dat de berekening niet opgaat: de werkelijke stijging van het kaligetal bedroeg gemiddeld slechts 58 % van het berekende bedrag. Na langeren tijd zijn de verschillen tusschen de kaligetallen van den niet en wel met kali bemesten grond, als gevolg van de verschillende onttrekking door het gewas, uitspoeling en vastlegging, nog belangrijk kleiner. Ongeveer $1\frac{1}{2}$ maand na den oogst was het kaligetal van het zwaarst bemeste object van deze proefvelden gemiddeld nog slechts 8 hooger dan van het onbemeste object, hoewel het eerste bij de bemesting 37 eenheden ontvangen had.

Deze berekeningen zijn noodig om te kunnen beoordeelen welke beteekenis toekomt aan de versch toegediende kalimeststof in vergelijking met de reeds in den bodem aanwezige, door middel van het grondonderzoek bepaalde kali.

In fig. 51 zijn de opbrengstkurven bijeengebracht, die voor elke mest-

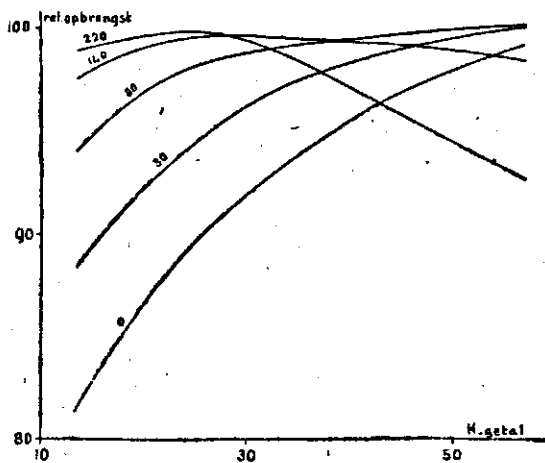


Fig. 51

Verband tusschen het K-getal en de opbrengst bij verschillende K-bemesting op zandgrond. stofgift afzonderlijk geconstrueerd zijn. Uit deze figuur blijkt dat met een lichte bemesting, zooals met de kleinste gift gegeven is, een relatief belangrijke

opbrengstvermeerdering verkregen wordt. Bij een middelmatig kaligetal van 20 is een naar 30 kg/ha K_2O bemeste grond gelijkwaardig aan een onbemesten grond met een kaligetal 31. Deze aan 11 kali-eenheden gelijkwaardige werking is verkregen door den toevoer van $\frac{30}{5,9} =$ ruim 5 kali-eenheden.

In werkelijkheid steeg het kaligetal echter minder — zooals gezegd bedroeg de toename kort na de bemesting slechts 0,58 maal zooveel — bij een bemesting naar 30 kg/ha K_2O bedroeg de stijging dus ongeveer 3 eenheden. Deze toevoer van kali was dus voldoende om het effect van een verhooging van het kaligetal met 11 eenheden op te wekken. Hieruit blijkt dat de werking van de versche kalimest, vergeleken met de theoretisch te verwachten stijging van het kaligetal, ruim 2 maal, vergeleken met de werkelijk tengevolge van de bemesting gevonden stijging van het kaligetal, bijna 4 maal zoo groote uitwerking heeft gehad als de in den bodem aanwezige kali, zooals deze door het grondonderzoek wordt bepaald. De gevonden overeenstemming tusschen de werking van een fosfaat- en een kalibemesting is min of meer verrassend, aangezien gewoonlijk aangenomen wordt dat kali veel gemakkelijker voor het gewas ter beschikking komt dan fosfaat.

De oorzaak van dit opmerkelijke verschijnsel berust of op een geringere vastlegging, met daardoor betere beschikbaarheid van de kort te voren toegevoerde kali, of aan een voor de opname door de planten gunstiger verdeling in den grond. De toestand zal kort na de bemesting zoodanig zijn, dat alleen een oppervlakkig laagje zeer kalirijk is; in diepere lagen is de toestand dezelfde als bij niet bemesten grond. Het gewas zou dus reageeren, alsof alleen de kalitoestand van een laag van 1, hoogstens 2 cm dikte bepalend was voor de te verkrijgen opbrengst.

Een geheel andere indruk wordt verkregen als in plaats van de opbrengst het K_2O -gehalte van het gras als maat voor de werking van de kalibemesting wordt genomen. In fig. 52 zijn een drietal krommen bijeengebracht, die het

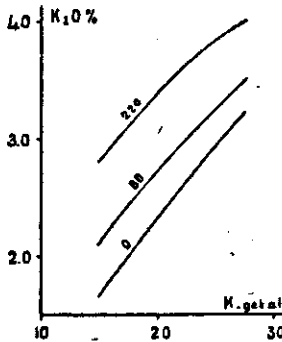


Fig. 52

Verband tusschen het K-getal en het K_2O -gehalte van het gras bij bemesting op zandgrond.

verband weergeven tusschen het voor de bemesting bepaalde kaligetal en het bij verschillende bemesting gevonden K_2O -gehalte. Aangezien het verloop van deze lijnen bij hogere K-getallen onvoldoende nauwkeurig kon worden vastgesteld, wordt slechts het onderste gedeelte van deze krommen afgebeeld.

In de eerste plaats kan uit deze figuur afgeleid worden, dat de stijging van het K_2O -gehalte ongeveer evenredig is met de kaligift. Het effect van een kleine gift is dus niet, zooals bij de werking op de opbrengst, naar verhouding grooter dan van een zwaardere bemesting. Verder blijkt uit de figuur, dat bij een met 220 kg/ha K_2O bemesten grond een ongeveer even hoog K_2O -gehalte van het gras gevonden wordt als bij een onbemesten grond, waarvan het kaligetal 9 eenheden hooger is. Een bemesting naar 220 kg komt evenwel gemiddeld neer op een toevoer van 37 kali-eenheden, wat aanleiding geeft tot een stijging van het kaligetal, welke kort na de bemesting gemiddeld 0,58 maal zoo groot is, dus $21\frac{1}{2}$ bedraagt. Het verkregen effect komt echter slechts met dat van 9 eenheden overeen, zoodat er van een extra sterke werking van de verse bemesting niet alleen in het gehalte niets te bespeuren valt, maar daarentegen de werking van de verse bemesting zelfs belangrijk geringer is dan die van reeds aanwezige kali.

Er is dus een kennelijk verschil tusschen de reactie van de opbrengst en van het gehalte op de kalibemesting. Een verklaring hiervan zou kunnen zijn, dat de opbrengst bepaald wordt door den kalitoestand in het begin van den groei; een gunstige kalivoorziening zou een stimulans voor het aan den gang komen van het gras kunnen beteekenen. Het gehalte zou daarentegen bepaald kunnen worden door den kalitoestand, welke aanwezig is op het oogenblik, waarop het gras gemaaid wordt. Het lijkt voor de hand te liggen, dat het kaligehalte door middel van de wortels, die volgens recente onderzoeken (11, 12, 22) zoowel een intreden als een uittreden van kali toelaten, in evenwicht staat met het in den grond voorkomende kali. Een wijziging van dit laatste zal dan zeer spoedig door een verandering van het gehalte van het gras gevolgd worden. Nu is het een feit, dat het K-getal tijdens den groei sterk terugloopt. Terwijl kort na de bemesting gevonden is, dat het K-getal na bemesting naar 220 kg/ha K_2O gemiddeld $21\frac{1}{2}$ hooger was dan van het onbemeste object, bleek dit verschil ongeveer 6 weken na den oogst tot gemiddeld $7\frac{1}{2}$ gedaald te zijn. Indien we nu in aanmerking nemen, dat dit verschil ook tijdens deze laatste 6 weken door uitspoeling, hernieuwden grasgroei en wellicht door nog verder gaande vastlegging nog iets afgenomen kan zijn, dan komt dit laatste verschil naar orde van grootte goed overeen met de 9 eenheden, waarmee het effect van de zwaarste kalibemesting overeenstemde, zoodat onze hypothese hiermede aan waarschijnlijkheid wint. Bovendien is hierboven reeds op deze waarschijnlijkheid vooruitgelopen (blz. 964), toen wij ter bepaling van een invloed van de pH op het verband tusschen het K-getal en het K_2O -gehalte het na den oogst bepaalde K-getal gebruikten, en met behulp hiervan er beter in slaagden dezen invloed vast te stellen. Dit was een indirect bewijs, dat de kalitoestand op het oogenblik van maaien van meer beteekenis is voor het gehalte dan de kalitoestand bij den aanvang van den groei.

Het verkregen resultaat is uit *practisch oogpunt* belangrijk: een kalibemesting heeft een veel gunstiger invloed op de opbrengst dan op grond van de teweeggebrachte verhooging van het kaligetal te verwachten is, terwijl de stijging van het kaligehalte belangrijk geringer is, zoodat een voor de veevoeding bedenkelijke, al te sterke verhooging van het kaligehalte achterwege blijft.

Tenslotte is nagegaan of er behalve den kalitoestand nog andere factoren invloed hebben op de stijging van het K_2O -gehalte bij kalibemesting. Het is echter, ondanks de toepassing van een verfijnde bewerkingstechniek, niet mogelijk gebleken meer dan een flauwe aanwijzing over een invloed van de pH of andere factoren te verkrijgen. De onvoldoende bekendheid met het kaligetal op het tijdstip van den oogst is hiervoor wellicht gedeeltelijk aansprakelijk te stellen.

5. Het kallonderzoek op veen-grasland

De voorkomende variatie in kalitoestand

Een overzicht over den in het gebied voorkomenden kalitoestand wordt geleverd door fig. 13. Er blijken aanzienlijke verschillen voor te komen. De aangelegde proefvelden zijn behoorlijk over de verschillende kalitoestanden verspreid.

De grootte van het K-HCl-cijfer wordt in sterke mate bepaald door het humusgehalte van den grond, zooals blijkt uit fig. 53, waarin beide tegen

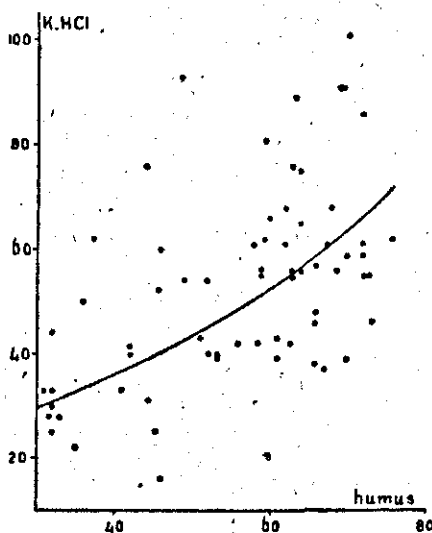


Fig. 53

Verband tusschen het K-HCl cijfer en het humusgehalte op veengrond.

elkaar zijn uitgezet. Bij een hooger humusgehalte van den grond blijkt het K-HCl-cijfer aanmerkelijk grooter te zijn. Op de landbouwkundige beteekenis van dezen samenhang zal hieronder nader worden ingegaan.

De kalirijkdom van de zodelaag is aanmerkelijk grooter dan van de laag 5—10 cm. De verschillen zijn echter niet zoo groot als voor het fosfaat werden vastgesteld.

Uitkomsten van het onderzoek

Een werking van de kalimeststof is op verscheidene proefvelden opgetreden. De uitkomsten van het onderzoek zijn gedeeltelijk nogal onregelmatig

wat door de ongelijkmatigheid van deze grondsoort in de hand is gewerkt. In het bijzonder wekken de opbrengsteijfers geen al te betrouwbaren indruk; betere resultaten zijn verkregen met het chemische gewasonderzoek. Ook de beoordeelingen van het gewas leverden bruikbare gegevens op, welke echter het inzicht niet verruimden, zoodat een uitvoerige bespreking hiervan overbodig is. Er kan volstaan worden met de vermelding dat het kaligebrek, in tegenstelling tot het fosfaatgebrek, veel later tot uiting kwam. Slechts op twee proefvelden werden in het geheel geen verschillen waargenomen, de andere reageerden in meerdere of mindere mate. In lichte gevallen bleef de uitwerking van K-gebrek beperkt tot tintverschillen, in ergere gevallen bleef de grasgroei vooral pleksgewijs achter, vaak samengaan met gele verkleuring.

Bij het verslag van het fosfaatonderzoek op veengrasland is vermeld, dat op twee proefvelden, die voorgeweid waren, afwijkende resultaten zijn verkregen. Bij het kalionderzoek is hiervan weinig gebleken, de uitkomsten waren in het algemeen niet anders dan op niet voorgeweide perceelen, zoodat er geen reden bestond de resultaten van deze proefvelden bij de behandeling uit te sluiten.

Het verband tusschen den kalitoestand van den niet met kali bemesten grond en de reactie van het gras

Het is gebruikelijk den kalitoestand van veengronden te bepalen als K-HCl-cijfer, niet als een op humus herleid kaligetal. Daar laatstgenoemde bepalingsmethode op zandgronden zeer bruikbare resultaten heeft opgeleverd, leek het wenschelijk bij dit onderzoek tevens de geschiktheid van het voor zandgronden gebruikelijke kaligetal te beproeven.

Zooals gezegd zijn met het chemische gewasonderzoek bruikbaarder resultaten verkregen dan met de opbrengstbepaling. Naar aanleiding hiervan zal in dit hoofdstuk eerst het verband tusschen den kalitoestand van den grond en het kaligehalte van het gras behandeld worden.

Het verband tusschen het K-HCl cijfer en het K_2O -gehalte van het gras wordt weergegeven door fig. 54. De ligging van de stippen is zeer onregelmatig,

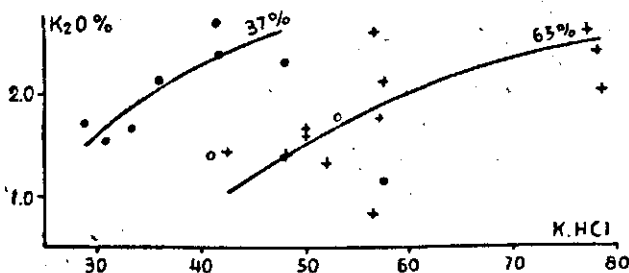


Fig. 54.

Verband tusschen het K-HCl-cijfer en het K_2O -gehalte van het gras op niet met kali bemesten veengrond met een humusgehalte van 31—45 % (stippen), 51—52 % (cirkeltjes) en met 59—76 % (kruisjes).

tenzij rekening gehouden wordt met het humusgehalte. De bepalingen op proefvelden met een humusgehalte van 31—45 %, gemiddeld 37 %, zijn door stippen aangeduid, andere afkomstig van proefvelden met een humus-

gehalte van 59—76 %, gemiddeld 65 %, door een kruisje, terwijl de uitkomsten van 2 proefvelden met een humusgehalte van 51—52 % door een cirkeltje zijn aangegeven.

Het blijkt nu zeer goed mogelijk 2 verschillende lijnen te construeeren, welke het verband tusschen K-HCl en K_2O -gehalte bij resp. gem. 37 en 65 % humus op bevredigende wijze weergeven. Volgens de door deze lijnen gegeven aanwijzing werd door interpolatie de lijn bepaald, welke het verband tusschen beide grootheden bij het voor alle proefvelden gemiddelde humusgehalte van 55 % zou aangeven.

Van de op deze wijze geschatte lijn is uitgegaan, om de beteekenis van het humusgehalte voor de interpretatie van het K-HCl-cijfer nauwkeuriger vast te stellen. Dit kon weer op de gebruikelijke wijze gebeuren door de verticale afstanden van de stippen in fig. 54 tot de gemiddelde lijn te meten en tegen het humusgehalte uit te zetten (fig. 55a), waardoor op zeer duidelijke

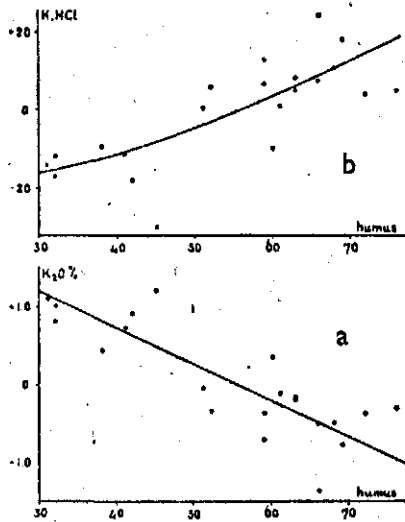


Fig. 55

Invloed van het humusgehalte op het verband tusschen K-HCl en K_2O -gehalte van het gras op veengrond: a. uitgedrukt in K_2O %, b. in K-HCl-eenheden.

wijze blijkt, dat bij gelijk K-HCl-cijfer bij lager humusgehalte belangrijk geringere K_2O -gehalten gevonden zijn, zoodat hetzelfde K-HCl-cijfer bij een laag humusgehalte een veel beteren kalitoestand aangeeft, dan bij een hoog gehalte. Op dezelfde wijze kan men de horizontale afstanden van de stippen tot de gemiddelde lijn uitzetten, wat in fig. 55b is gebeurd. Terwijl eerstgenoemde lijn de invloed van het humusgehalte op het verband tusschen K-HCl en K_2O -% uitdrukt in de afwijkingen van het K_2O -%, geeft laatstgenoemde hetzelfde weer in de afwijkingen van het K-HCl-cijfer. Deze lijn blijkt nu groote overeenkomst te vertoonen met de in fig. 53 afgebeelde lijn, welke het bij een betrekkelijk groot aantal bepalingen gevonden verband tusschen K-HCl en humusgehalte aangeeft. Hieruit volgt dat een door deze lijn bij een laag humusgehalte aangegeven gemiddeld K-HCl-cijfer inderdaad voor het gewas

dezelfde waarde heeft als een *groter* K-HCl-cijfer, dat bij een hooger humusgehalte gevonden wordt. Het K-HCl-cijfer 36, bepaald bij een humusgehalte van 40 %, zal b.v. bij benadering op gelijke wijze te waardeeren zijn als een cijfer van 52 bij een humusgehalte van 60 %. Hieruit blijkt duidelijk dat een praktische toepassing van het K-HCl-cijfer geheel onmogelijk is zonder het humusgehalte in rekening te brengen.

Van beide in fig. 55 verkregen lijnen is vervolgens gebruik gemaakt om het K_2O -%, resp. het K-HCl-cijfer op een gemiddelde humusgehalte te herleiden. Het voordeel van een dergelijke dubbele correctie is dit, dat een zelfde waarneming op twee verschillende wijzen gecorrigeerd is, waardoor de door de correctie gemaakte fout geringeren invloed heeft op het uiteindelijke resultaat. Bij de correctie van het K_2O -% kon er geen rekening mee worden gehouden dat dit gehalte waarschijnlijk niet beneden een zekere grens zal kunnen dalen. Het linkergedeelte van de kromme, welke het verband tusschen dit herleide K-HCl-cijfer en het K_2O -% weergeeft (fig. 56), dat alleen op punten gebaseerd

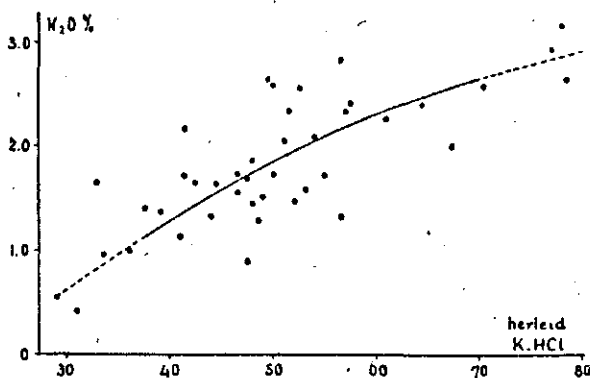


Fig. 56

Verband tusschen het K-HCl-cijfer na correctie op een gelijk humusgehalte (55 %) en het K_2O -gehalte van het gras.

is, die op deze wijze verkregen zijn, geeft daarom vermoedelijk geen juist beeld en is gestippeld geteekend. Ook het uiterste rechtsche deel is minder vaststaand, maar op zichzelf veel waarschijnlijker. De in deze figuur gevonden samenhang is overigens vrij bevredigend.

Er is nagegaan of er nevenfactoren aan te wijzen zijn, die voor de nog overgebleven spreiding aansprakelijk te stellen zijn, doch dit was niet mogelijk; ook de invloed van de pH was niet duidelijk. De vrij groote spreiding zal dus aan andere oorzaken, vermoedelijk voor een deel aan de ongelijkmatigheid van den grond, moeten worden toegeschreven.

Vervolgens is onderzocht, of het voor zandgrond zoo goed bruikbaar gebleken kaligetal ook voor deze veel humusrijkere gronden te gebruiken is. Hiervan is echter niets gebleken: het kaligetal, dat op deze grondsoort in vergelijking met de op zandgrond gevonden getallen laag is, geeft blijkens fig. 57 geen enkel verband met het K_2O -gehalte te zien. Hetzelfde resultaat wordt verkregen als de opbrengsten met het kaligetal in verband worden gebracht.

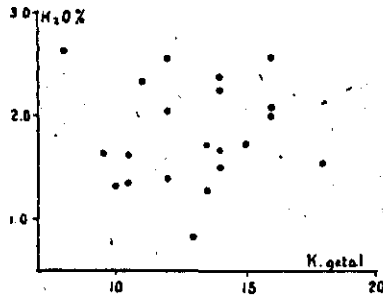


Fig. 57

Verband tusschen het K-getal en het K_2O -gehalte van het gras op veengrond.

De beschouwing van de opbrengsten in verband met de K-HCl-cijfers levert in groote trekken hetzelfde resultaat, maar de verkregen samenhang is wat minder goed. De invloed van het humusgehalte bleek echter zeer overtuigend en viel geheel zoo uit als bij den invloed op het verband met het K_2O -gehalte gevonden is. Na uitvoering van een correctie op gelijk humusgehalte is tenslotte het in fig. 58 afgebeelde resultaat verkregen, dat een inzicht geeft over de beteekenis van het K-HCl-cijfer bij verschillende humusgehalten. ¹⁾ Hieruit blijkt wel dat dit cijfer alleen toegepast kan worden als met het humusgehalte rekening wordt gehouden. Bij humusrijken grond dient het K-HCl cijfer dus zeer hoog te zijn.

Ter vergelijking met het op zandgrond verkregen resultaat is de in fig. 45 voor die grondsoort vastgestelde kromme eveneens in fig. 58 geteekend. Het

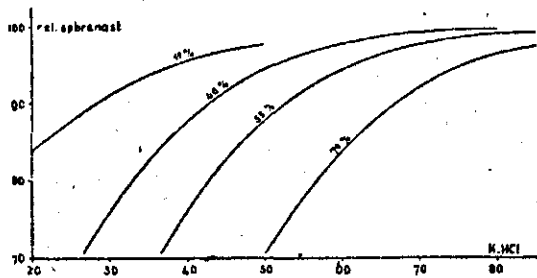


Fig. 58

Verband tusschen het K-HCl-cijfer en de opbrengst van niet met kali bemesten veengrond met verschillend humusgehalte. De linker kromme heeft betrekking op zandgrond met gem. 11% humus (ontleend aan fig. 44).

blijkt dat deze lijn zich op zeer bevredigende wijze bij de op veengrond bij verschillend humusgehalte verkregen lijnen aansluit, wat er dus op wijst dat de K-HCl methode algemeen toepasbaar is, mits het humusgehalte in rekening wordt gebracht. Dit is de K-getal methode niet, deze heeft een meer beperkte beteekenis.

¹⁾ Deze figuur verschilt iets van de in de publicatie van 't HART en VAN DER PAAUW (6) op blz. 9 als voorloopig resultaat van de bewerking afgebeelde fig. 2.

Een invloed van de pH, of van een anderen nevenfactor, op het verband tusschen K-HCl en opbrengst kon niet worden vastgesteld.

De invloed van de kalibemesting op de reactie van het gras bij verschillende kalitoestanden

De zwaarste op deze proefvelden toegepaste bemesting naar 220 kg/ha K_2O zou het K-HCl-cijfer van dezen grond, waarvan het volume-gewicht gering is, theoretisch wel met 70—80 eenheden (d.w.z. duizendste procenten) moeten doen stijgen; ongeveer 6—7 weken na de bemesting werd evenwel slechts een gemiddelde stijging van 38 gevonden, met ruime variatie op de verschillende proefvelden.

Het bleek niet mogelijk de K-HCl opbrengstkromme voor alle kaligiften met voldoende nauwkeurigheid vast te stellen. Gevonden werd evenwel dat de lichtste bemesting naar 30 kg de opbrengst t.o.z. van onbemest vrij belangrijk verhoogde, b.v. bij een K-HCl-cijfer 50 (K-HCl herleid op grond met 55 % humus) van 87,5 (fig. 58) tot 92,5. Een dergelijke opbrengst wordt op onbemesten grond blijkens deze figuur bij een K-HCl cijfer 57 verkregen, d.w.z. het effect van 30 kg K_2O staat gelijk met dat van een verschil in 7 K-HCl-eenheden bij onbemesten grond. Met een dergelijke bemesting zijn theoretisch ongeveer 10 kali-eenheden aan den grond toegevoerd, waarvan er na $1\frac{1}{2}$ maand nog ongeveer 5 door grondonderzoek aantoonbaar waren. Beoordeeld naar de stijging van het K-HCl-cijfer van den grond zou de versch gegeven kalibemesting dus een grooter effect gehad hebben dan reeds in den bodem aanwezige kali. In dit geval staat de uitkomst echter minder vast dan de eerder aangetoonde sterke werking van verse fosfaatmeststof op alle grondsoorten en van de verse kalimest op zandgrond.

De gemiddelde invloed van de kalibemesting op het K_2O -gehalte wordt weergegeven door fig. 59. De stijging van het K_2O -% is bij alle kalitoestanden

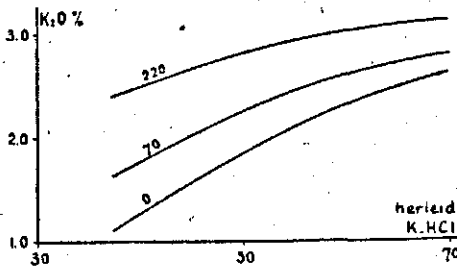


Fig. 59

Verband tusschen het op een gelijk humusgehalte herleide K-HCl-cijfer en het K_2O -gehalte van het gras bij verschillende K-bemesting.

bijna evenredig met de grootte van de kaligift. Een bemesting naar 70 kg, welke theoretisch een toevoeging van ongeveer 20—25 kali-eenheden beteekent, waarvan na $1\frac{1}{2}$ maand nog 12 aantoonbaar zijn, heeft hetzelfde effect op het K_2O -% als een verschil van 8 eenheden bij den onbemesten grond. Het blijkt dus dat, evenals bij den zandgrond gevonden is, van een extra verhoogend effect van een verse kalibemesting op het kaligehalte geen sprake is. Integendeel is het tegenovergestelde het geval. De in het vorige

hoofdstuk waarschijnlijk geachte verklaring, dat het kaligehalte van het gras bepaald wordt door den toestand van den grond op het oogenblik van afmaaien, welke, mogelijk als gevolg van een ongelijke onttrekking en uitspoeling op de verschillende objecten, niet meer zoo veel uiteenloopt als bij den aanvang van den groei, is ook in dit geval aannemelijk. Er is evenwel geen grondonderzoek bij het maaien van het gras gebeurd, zoodat dit aan deze opvatting geen nadere steun kan geven.

Bij den onbemesten grond konden wij er niet in slagen een invloed van nevenfactoren op het verband tusschen K-HCl en opbrengst, resp. gehalte vast te stellen. Een zeer duidelijke invloed van de pH op de stijging van het K_2O -gehalte onder invloed van de bij de bemesting toegediende kali (fig. 60)

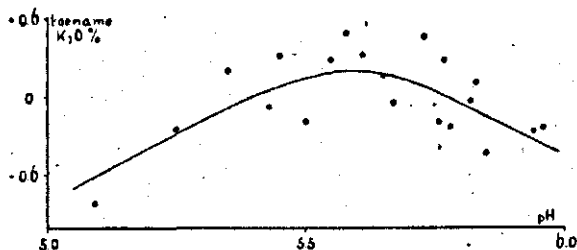


Fig. 60

Invloed van de pH op de door kalibemesting (gem. van 70 en 220 kg/ha K_2O) veroorzaakte stijging van het K_2O -gehalte van het gras op veengrond.

blijkt echter aanwijsbaar te zijn. Deze figuur is geheel in overeenstemming met hetgeen tot dusverre over den invloed van de pH op de P- en K-werking is vastgesteld. Bij een pH-waarde van 5,65 blijkt de stijging van het gehalte optimaal te zijn, terwijl bij hogere en lagere waarden een aanmerkelijk geringere stijging wordt gevonden.

Als merkwaardigheid kan nog worden vermeld, dat ook de botanische hoedanigheid een invloed leek te hebben op de stijging van het gehalte (fig. 61).

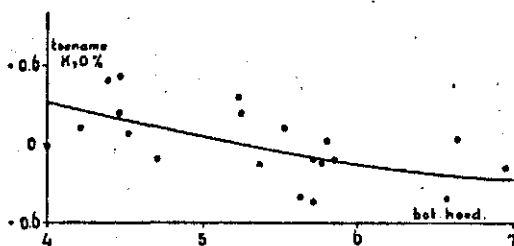


Fig. 61

Invloed van den botanischen hoedanigheidsgraad van het grasland op de door kalibemesting veroorzaakte stijging van het K_2O -gehalte van het gras op veengrond.

Deze stijging schijnt bij slechte hoedanigheid van het grasland groter te zijn dan bij goed grasland. Er bestaan aanwijzingen dat dit gedeeltelijk een gevolg is van relatief wat lagere gehalten op het slechte grasland bij weglaten van de kalibemesting, terwijl deze niet lager zijn dan op goed grasland, als er wel met kali is bemest. Van groote praktische beteekenis is deze invloed van de botanische samenstelling echter niet.

BESCHOUWINGEN OVER DE VERKREGEN RESULTATEN

Inleiding

Na de gedetailleerde behandeling van de verschillende gedeelten van het onderzoek in afzonderlijke hoofdstukken is het gewenscht de verkregen resultaten onderling te vergelijken om tot een overzicht van de uitkomsten te geraken.

In de inleiding hebben wij uiteengezet dat de in de praktijk voorkomende fosfaat- en kalirijkdom zeer uiteenloopt. Het onderzoek van verscheidene perceelen heeft hiervoor een nadere bevestiging gegeven (fig. 1, 13, 25): naast elkaar treft men zeer arme perceelen, welke ongetwijfeld zware bemesting behoeven, naast andere, waar zoo overvloedig gemest is, dat de meststof vermoedelijk zonder veel nut als een dood kapitaal in den bodem aanwezig is. Het is noodzakelijk om den bodemvoorraad bij een rationeele bemesting in rekening te brengen, en de voornaamste opgave van dit onderzoek is derhalve in de eerste plaats een inzicht te verkrijgen in de beteekenis van het grondonderzoek. Er zal nagegaan moeten worden welke gevolgen de beschreven proefuitkomsten hebben voor de waardeering van de door het grondonderzoek bepaalde grootheden: het P-getal en het P-citr-cijfer, het K-getal en het K-HCl, waarbij zoowel aan theoretische als aan practische vraagstukken aandacht zal worden besteed.

Voorts hebben wij ons afgevraagd of de genoemde P-en K-waarden op zichzelf voldoende zijn om de P- en K-behoefte van het gras te voorspellen, ofwel dat andere factoren mede in aanmerking moeten worden genomen om een juiste interpretatie van de gevonden cijfers te geven. Het bleek dat inderdaad de reactie van het gewas bij een bepaalde voorziening met P of K afhankelijk is van andere factoren, waaronder in de eerste plaats de pH en het humusgehalte moeten worden genoemd. De aard van deze invloeden in de verschillende gevallen dient vergeleken te worden, terwijl de theoretische verklaring en de beteekenis voor de practische toepassing van het grondonderzoek onder het oog moeten worden gezien.

In het reeds eerder genoemde onderzoek van W. C. VISSER (26) over de fosforzuur- en kalihuishouding van de Groninger klei- en zavelgronden worden overeenkomstige problemen behandeld als hierboven zijn genoemd. In verschillende opzichten zijn overeenkomende, in enkele andere afwijkende resultaten verkregen. Het spreekt daarom vanzelf, dat er een vergelijking tusschen de uitkomsten van beide onderzoekingen zal worden gemaakt.

Vervolgens zullen de verkregen uitkomsten over de werking van een fosfaat- en kalibemesting in vergelijking met die van den reeds in den bodem aanwezigen meststofvoorraad behandeld worden. Nagegaan wordt welke hoeveelheid meststof onder verschillende omstandigheden noodig is.

Verder zal de vraag gesteld worden welke waarde aan de methode van het chemische gewasonderzoek in het licht van deze onderzoekingen toekomt om den bemestingstoestand van den grond te beoordeelen.

Eindelijk is het interessant om de bruikbaarheid van de gevolgde werkwijze — de uitvoering van eenjarige proefvelden in serieverband — aan de hand van de verkregen resultaten te beoordeelen. Ook zullen wij ons afvragen welke beteekenis aan de bepalingen van opbrengst, het gehalte aan bepaalde

bestanddeelen en de ontwikkeling van het gewas tijdens den groei, ter beoordeeling van de reactie van het gras toegeschreven mogen worden.

Het verband tusschen de door het grondonderzoek bepaalde waarden en de reactie van het gras

a. P-getal en P-citr

De voornaamste opgave van het fosfaatonderzoek was vast te stellen, of er een verband bestaat tusschen het P-getal en het P-citr en de reactie van het gewas, m.a.w. of men er in geslaagd is met behulp van deze bepalingsmethodes den toestand van den grond, wat de beschikbaarheid van fosfaat betreft, met voldoende nauwkeurigheid te karakteriseeren. Een volgende vraag is of beide methodes, waarvan de eerste op een zeer milde, de tweede op een sterkere extractie van den grond berust, mogelijk een zoo verschillend aspect van den fosfaattoestand bieden, dat een gecombineerde toepassing van beide het inzicht verruimt en een nauwkeuriger adviesbasis oplevert, ofwel dat een van beide een zooveel betere correlatie met de reactie van het gewas vertoont dan de andere, dat practisch met de uitvoering van deze bepaling zou kunnen worden volstaan.

Het verband tusschen de door het grondonderzoek bepaalde P-waarden en de reactie van het gras, beoordeeld naar de verkregen opbrengsten (fig. 2, 3, 15, 16, 28, 29, 30), de zichtbare verschijnselen van P-gebrek tijdens den groei (fig. 4, 5, 18, 31) en het P_2O_5 -gehalte van het gras (zoowel het gehalte van niet met fosfaat bemest gras (fig. 6, 7, 19, 33, 36, 37) als de toename van het P_2O_5 -gehalte onder invloed van een bepaalde fosfaatbemesting (fig. 11, 23, 39)), was in het algemeen bevredigend; in sommige gevallen bleek het verband zelfs zeer nauw, vooral als het P_2O_5 -gehalte als criterium voor de reactie werd genomen (fig. 23, 36), en men den invloed van nevenfactoren (waarover in een volgende paragraaf) in aanmerking neemt, zoodat in principe de mogelijkheid, om door middel van grondonderzoek een nauwkeurig inzicht in het voor het gras beschikbare fosfaat te verkrijgen, is aangetoond.

In eenige andere gevallen was het resultaat onvoldoende. Het P-getal bleek op veen- en zandgrond slechts vrij zwak met de reactie van het gewas te correleeren (fig. 15, 29). Daarentegen was op kleigrond de samenhang van de reactie van het gras met het P-getal zeer bevredigend (fig. 2, vooral 5), zelfs beter dan die met het P-citr.

De P-citr-methode gaf op alle onderzochte grondsoorten bevredigende resultaten, zij het dan dat het P-getal op kleigrond nog iets beter voldeed. De krommen, die in het drietal proefseries het verband tusschen het P-citr en de opbrengst van onbemesten grond aangeven, zijn bijeengebracht in fig. 62. De overeenstemming is vrij groot, hoewel op kleigrond bij gelijke P-citr-cijfers sterkere oogstdepressies gevonden zijn dan op zandgrond, terwijl de veengrond tusschen beide instaat. De proefserie op kleigrond is evenwel uitgevoerd onder ongunstige groeiomstandigheden en wij hebben het vermoeden uitgesproken, dat deze de sterke fosfaatreactie in de hand hebben gewerkt. Onder gelijke omstandigheden vonden wij namelijk bij deze grondsoort in andere jaren in het algemeen geringere reacties. In een voorloopige mededeeling, waarin wij de resultaten van in Nederland op kleigrasland uitgevoerde proeven samenvatten (VAN DER PAAUW, 16, zie ook 18), werden eveneens zwakkere

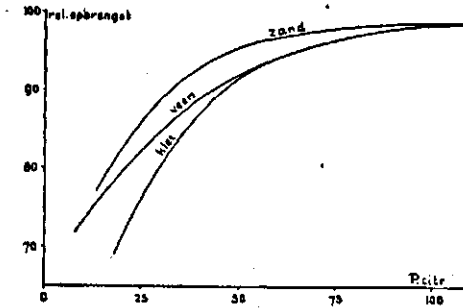


Fig. 62

Het tusschen P-citr en opbrengst bij de proefseries op klei-, veen- en zandgrond gevonden verband.

fosfaatreacties vastgesteld. Een oogstdepressie van gemiddeld 10 % werd namelijk gevonden bij een gemiddeld P-citr van ongeveer 35. Bij een dergelijk cijfer bedroeg de depressie in de hier besproken proefveldserie echter wel 15 %. Men krijgt dus den indruk, dat de interpretatie, welke aan het P-citr op de verschillende grondsoorten gegeven moet worden, niet veel uiteenloopt, al behoeft dit resultaat uiteraard nadere bevestiging. De praktische toepassing van dit cijfer zou hierdoor zeker vergemakkelijkt worden.

Van beide beproefde methodes komt dus alleen aan de P-citr methode algemeene toepasbaarheid toe. De methode van het P-getal bleek niettemin, op kleigrond, zooals wij reeds opmerkten, beter te voldoen (vgl. fig. 2 resp. 4, en 3 resp. 5, vooral fig. 6 en 7). Dit resultaat is vrij verrassend, daar bij de reeds genoemde bewerking van uit geheel Nederland verkregen resultaten (16, 18) het tegendeel gebleken was. Dit zou er dus op kunnen wijzen dat deze methode wel bruikbaar is in een zeer beperkt gebied, waarin de eigenschappen van den grond en de samenstelling van het grasbestand binnen zekere variatiegrenzen groote overeenkomst vertoonen, maar dat nevenfactoren een zoodanigen invloed hebben op de uitkomsten van de bepaling, dat grondsoorten met grootere verschillen in eigenschappen onvergelykbare uitkomsten leveren. Voor de praktische toepassing beteekent het dit, dat de bepaling van de gevoelige P-getal-methode op kleigrasland niet nagelaten mag worden, daar dit bij vergelijking tusschen perceelen van gelijke eigenschappen, zooals bij een regionaal onderzoek of een onderzoek van een enkel bedrijf het geval kan zijn, tot nauwkeuriger inzicht kan leiden.

Terwijl dus o.i. de bepaling van het P-getal niet mag vervallen, maar integendeel nader onderzoek naar de waarde van deze methode gewenscht is, zal dit evenmin het geval mogen zijn voor de in dit onderzoek op kleigrasland minder nauwkeurige P-citr-methode. De argumenten hiervoor liggen in de algemeene bruikbaarheid van deze methode, welke zoowel blijkt uit de op verschillende kleigraslanden verkregen resultaten (16, 18), als in de overeenstemming met de op veen- en zandgrond verkregen uitkomsten (vgl. 16 en fig. 62).

In het voorloopige onderzoek (16), dat op verschillende kleigraslandgebieden in Nederland betrekking had, meenden wij aanwijzingen te kunnen

vinden, dat het P-getal en het P-citr tezamen genomen een nauwkeuriger inzicht zouden kunnen geven dan elk van beide methodes afzonderlijk. Een bemestingsschema werd op deze basis opgesteld. Hiervan is echter bij dit onderzoek geen sprake. Een in rekening brengen van het P-citr naast het nauwkeuriger P-getal bood, zooals wij aan de hand van fig. 9 uiteenzetten, geen enkel voordeel, zoodat wat dit betreft in dit beperkte gebied met een bepaling van het P-getal had kunnen worden volstaan.

Anders is het gesteld op veen- en zandgrond. De samenhang tusschen de reactie van het gewas en het P-getal bleek zeer onvoldoende (fig. 15, 29). De oorzaak hiervan ligt in de groote gevoeligheid van het P-getal voor de pH, dat bij hogere pH-waarden belangrijk afneemt (fig. 14, 17), terwijl het gras blijkbaar niet voor deze, door de P-getal-bepaling aangetoonde vermindering van de fosfaatoplosbaarheid, gevoelig is. Het gevolg is dat een op een gelijke pH-waarde herleid P-getal belangrijk beter met de reactie van het gewas correleert dan het niet gecorrigeerde P-getal (vgl. fig. 29 en 30). De gevoeligheid voor de pH beteekent voor deze methode dus een nadeel. Of deze aan onze proefserie ontleende gevolgtrekking ook voor andere grondsoorten en gewassen veralgemeend mag worden, staat nog geenszins vast (zie b.v. O. DE VRIES en C. W. G. HETTERSCHIJ, 33).

De toepassing van een pH-correctie op het P-getal ter ondervanging van dit bezwaar blijkt evenwel weinig zin te hebben. De gecorrigeerde waarde hangt vrij nauw samen met het P-citr, maar de correlatie met de reactie van het gewas is toch iets minder goed (vgl. fig. 28 en 30). Noch het P-getal zelf, noch dit herleide P-getal, bleken gecombineerd met het P-citr een ruimer inzicht in den fosfaattoestand te kunnen verschaffen, dan reeds uit de P-citr-bepaling zelf af te leiden is. Bij de grondsoorten, waarop deze proefveldseries gehouden zijn, zou dus een uit sluitende bepaling van het P-citr kunnen volstaan.

De uitkomst van dit onderzoek zou aanleiding kunnen zijn de P-getal-bepaling voor deze grondsoorten geheel te laten vervallen. Hiervoor lijkt vooral bij veengrond wel reden te bestaan, daar hierbij ook in ruimer verband minder gunstige resultaten met deze methode verkregen zijn (zie voor eenige gegevens 16, verder niet gepubliceerd), terwijl bovendien de ervaring is opgedaan, dat de bepalingfout van deze methode bij dit grondtype zeer groot is, welk punt overigens in deze publicatie buiten beschouwing werd gelaten. Daar het echter mogelijk is dat de verhouding tusschen het P-getal en het P-citr inzicht kan geven bij de onderlinge vergelijking tusschen verschillende gebieden (zie O. DE VRIES, C. W. G. HETTERSCHIJ en F. VAN DER PAAUW 34), en bovendien de uitkomst van het onderzoek op kleigrasland er op wijst, dat de gevoelige P-getal-methode beteekenis kan hebben bij onderzoek van beperkte gebieden (het kleigraslandgebied was veel homogener en beperkt van omvang dan het zand- en veengebied), mag tot een dergelijke handelwijze niet al te spoedig worden overgegaan.

b. K-getal en K-HCl

De toepassing van de K-getal-methode is beperkt tot humeuze zand- en dalgronden, waarvoor deze methode is uitgewerkt. Het bij de analyse in rekening brengen van het humusgehalte (zie blz. 920) beoogt den invloed van dit gehalte op de waarde van het bepaalde cijfer uit te schakelen, zoodat

gelijke K-getallen, welke bij gronden met ongelijk humusgehalte bepaald zijn, gelijkwaardig zijn.

De uitkomst van het onderzoek op zandgrasland heeft uitgewezen, dat het verband tusschen het K-getal en de reactie van het gras op gronden met een humusgehalte, dat van 8—14½ % nitecnloopt, nauw is (fig. 41), vooral als een invloed van de pH in aanmerking genomen wordt (fig. 43). Een invloed van het humusgehalte kon binnen dit humustraject niet aangetoond worden. Dit was echter wel het geval bij een vroeger onderzoek, dat het bouwland betrof (VAN DER PAAUW, 14), waar bij lagere en hoogere gehalten dan de hier genoemde het humusgehalte wel degelijk in aanmerking diende te worden genomen. Hetzelfde blijkt als de op zandgrasland bepaalde kaligetallen vergeleken worden met de kaligetallen, welke op zeer humeuze veengraslanden bepaald zijn: in het tweede geval zijn in het algemeen belangrijk lagere getallen gevonden, zonder dat het kaligebrek van deze gronden ernstiger was dan van de zandgronden. Het blijkt dus dat het kaligetal in beide gevallen verschillend beoordeeld moet worden, afhankelijk van het humusgehalte. Bovendien is gebleken dat de correlatie tusschen het K-getal en de reactie van het gras op veengrond gering is (fig. 57), zoodat deze methode voor een dergelijken grond niet in aanmerking komt en de toepassing tot den matig humeuze zandgrond beperkt moet blijven. Het spreekt vanzelf dat een dergelijke beperking moeilijkheden oplevert in grensgevallen.

Ondanks het bevredigende resultaat, dat met de K-getal-methode bij gras- en bouwland op zandgrond verkregen is, is daarom toch de vraag gewettigd of de voordeelen van deze methode werkelijk zoodanig zijn, dat de algemeenere, bij klei- en veengronden toegepaste K-HCl-methode, welke het kaligehalte van den grond, zonder een correctie van het humusgehalte, weergeeft, op zandgrond niet in plaats van de K-getal-methode zou kunnen worden toegepast.

De K-HCl-methode heeft op veengrasland tot bevredigende resultaten geleid als het humusgehalte van den grond in rekening werd gebracht (fig. 54, 56, 58). Zonder een dergelijke correctie is de waarde van deze methode evenwel gering. Ook VISSER (26) heeft onder inachtneming van bepaalde factoren gunstige resultaten bij de toepassing van deze methode op klei- en zavelgronden verkregen.

Onder dezelfde voorwaarden als bij veengrasland bleek de K-HCl-methode ook op zandgrasland bruikbaar te zijn (fig. 44). Theoretische bezwaren tegen de toepassing van de methode op deze grondsoort bestaan er dus feitelijk niet. Een practisch bezwaar is evenwel, dat een methode, waarbij bij de beoordeeling met een tweeden factor rekening moet worden gehouden, zich minder gemakkelijk leent voor toepassing in de praktijk. Dit klemt te meer, als bij de waardeering van kalicijfers (zoowel bij K-HCl als bij K-getal) ook met den kalktoestand van den grond rekening moet worden gehouden¹⁾, wat dus de interpretatie nog moeilijker maakt. Bovendien veronderstelt de toepassing een vrij nauwkeurige kennis van den invloed van het humusgehalte, welke thans nog niet aanwezig is. De beslissing welke methode voor zandgrond de bruikbaarste zal zijn, zal dus voorloopig opgeschort moeten worden.

¹⁾ Op dezen invloed van de pH wordt hieronder (blz. 983) nader ingegaan.

De invloed van nevenfactoren op het verband tusschen de door het grond-onderzoek bepaalde waarden en de reactie van het gras

Bij de bovenstaande bespreking van het verband tusschen P- en K-waarden van den grond en de reactie van het gewas is er reeds eenige malen melding van gemaakt, dat de interpretatie, welke aan deze waarden gegeven moet worden, afhankelijk kan zijn van een andere waarde. Zoo bleek het P-getal op zand- en veengrond afhankelijk van de pH en het K-HCl-cijfer van het humusgehalte. De kennis van deze grootheden is noodig om de betreffende P- en K-waarden juist te waardeeren.

In beide gevallen was het waarschijnlijk, dat de invloed van den nevenfactor op het verband tusschen de P- resp. K-waarde en de reactie van het gewas in de eerste plaats een gevolg is van het feit, dat de uitkomst van de analyse zelf van deze factoren afhankelijk is, terwijl het gras niet de door het P- of K-cijfer aangeduide verandering in den bemestingstoestand ondervindt. De verminderde oplosbaarheid van het bodemfosfaat bij hoogeré pH, welke in het P-getal tot uiting komt, gaat niet met een verminderde opname van fosfaat gepaard. Evenmin wordt het lagere K-HCl-cijfer van gronden met geringer humusgehalte door het gewas als een minder goeden kalitoestand ondervonden.

In andere gevallen, waarin een invloed van nevenfactoren in het spel is, dient men er zich steeds rekenschap van te geven, dat de invloed het *verband* tusschen twee grootheden betreft. De oorzaak kan zoowel liggen in een afhankelijkheid van de analysemethode, zooals hierboven werd genoemd, als in een verschillende reactie van het gewas bij een overigens vergelijkbaren P- of K-toestand van den grond. Ook kunnen beide grootheden tegelijk onder invloed van den nevenfactor staan. Een dergelijke onderscheiding is van belang als gepoogd wordt de gevonden verschijnselen te verklaren.

De kennis van den invloed van nevenfactoren is van groote beteekenis, nu gebleken is, dat de interpretatie van de P- en K-waarden hiervan in sterke mate afhankelijk is. Door het inzicht, dat bepaalde nevenfactoren het resultaat mede bepalen, is het duidelijk geworden, dat de reactie van het gewas veel nauwer door den P- of K-toestand van den grond bepaald wordt, dan aanvankelijk werd gemeend. Zelfs is in een geval (zandgrasland) het verband tusschen den P-toestand en het P_2O_5 -gehalte van het gras na uitschakeling van den neveninvloed van de pH zoo nauw gebleken, dat hieruit afgeleid kon worden, dat er practisch geen andere factoren meer in het spel konden zijn. Dit is een zeer opmerkelijk resultaat op grasland, waarvan de behandelingswijze en de botanische samenstelling op de verschillende perceelen ongetwijfeld vrij sterk uiteenloopen. De invloed van deze laatste factoren kan echter onmogelijk groot geweest zijn.

De factoren, welke bij dit onderzoek de grootste beteekenis hadden, waren wat het fosfaat betreft de pH, wat kali betreft de pH en het humusgehalte. Alle overige onderzochte factoren — het slibgehalte, het humusgehalte (bij de fosfaatwerking), de rijkdom van den ondergrond en de botanische samenstelling — waren van ondergeschikte beteekenis.

In dit verband is het van belang, dat ook door VISSER (26) invloeden van nevenfactoren zijn vastgesteld, welke het verband tusschen P- en K-waarden en de reactie van het gewas in sterke mate beheerschten. In de eerste

plaats bleek de kalktoestand, welke (aangezien dit onderzoek ten deele op kalkhoudende gronden betrekking had) behalve door de pH ook door het voor kalkhoudende gronden meer typeerende CaCO_3 -gehalte, of de voor alle gronden bruikbare lrb-waarde werd aangegeven, van grooten invloed op de fosfaat- en kaliwerking. Daarnaast waren het klei- en humusgehalte factoren, welke een belangrijken invloed deden gelden op het verband tusschen K-HCl en de reactie van het gewas, terwijl bovendien nog de invloed van enkele, practisch minder belangrijke factoren werd aangetoond. Op den aard van deze invloeden en hun door VISSEER gegeven verklaring zal worden ingegaan in vergelijking met de hieronder te bespreken eigen resultaten.

De invloed van de pH

In verscheidene gevallen, welke afgebeeld zijn in de figuren 8, 12, 17, 20, 24, 32, 35, 40, 42, 46, 48 en 60, konden wij er in slagen een invloed van de pH op het verband tusschen een fosfaat- of kalireactie van het gras en de resp. P- en K-waarden meer of minder overtuigend aan te toonen. In sommige gevallen (fig. 8, 40, 46) was het vastgestelde verband weinig duidelijk, maar de groote overeenstemming tusschen de op alle grondsoorten, zoowel bij het P- als K-onderzoek verkregen uitkomsten, maakt ook dergelijke minder betrouwbare aanwijzingen van waarde. Bij het in fig. 46 afgebeelde geval kon trouwens een oorzaak voor de geringe duidelijkheid van het verband worden aangewezen.

Slechts eenmaal (fig. 17) is een geheel afwijkend verband gevonden. Het betreft het reeds hierboven besproken verband tusschen het P-getal en de opbrengst. Wij zien hoe bij hogere pH bij eenzelfde P-getal belangrijk hogere opbrengsten verkregen zijn dan bij lagere pH. Dit beteekent dus dat een bepaald P-getal, dat bij een lage pH als onvoldoende beoordeeld zou worden, bij een hogere pH zeer wel voldoende kan zijn. Als oorzaak van dezen pH-invloed noemden wij de afhankelijkheid van het P-getal van de pH. De hierbij voor den dag komende geringere oplosbaarheid van het fosfaat, beoordeeld volgens deze chemische methode, wordt door het gewas niet of in veel geringere mate ondervonden. De gevoeligheid van de P-getal-methode voor de pH is dus bij deze grondsoorten (zand- en veengrasland) een nadeel, dat ten deele opgevangen kan worden door het bepaalde P-getal op een P-getal bij constante pH-waarde te herleiden. Deze herleide P-getallen bleken vrij nauw met het P-citr gecorreleerd te zijn en daardoor geen nieuwe aanwijzing te kunnen geven, die, buiten de door de P-citr-bepaling geleverde, voor ons nog van belang zou kunnen zijn. Aan dit herleide P-getal werd daarom slechts geringe aandacht besteed. Toch was er aan dit herleide P-getal nog een interessante kant, waarop in het voorgaande niet is ingegaan, namelijk of er in het verband tusschen dit P-getal en de reactie van het gewas nog een andere pH-invloed aan te wijzen zou zijn, wat in verband met de nauwe correlatie, welke dit P-getal met het P-citr heeft, wel voor de hand lijkt te liggen. Dit bleek inderdaad het geval, het was b.v. zeer duidelijk bij het verband met het P_2O_5 % van het gras op zandgrond, waarbij ook een zeer duidelijke pH-invloed op het verband P-citr P_2O_5 -gehalte aan den dag was getreden (fig. 35). In het verband tusschen het P-getal en het P_2O_5 -gehalte is dus een voorbeeld voorhanden, waar bij waarschijnlijk de pH invloed heeft op

beide componenten, namelijk de analysemethode en de reactie van het gewas op fosfaat, welke laatste bij verschillende pH-waarden, maar bij overigens gelijken P-rijkdom, niet gelijk is.

In andere gevallen is een invloed van de pH op de uitkomsten van de analysemethode zelf, zonder dat deze invloed door het gewas ondervonden wordt, vermoedelijk van geringe beteekenis. Wel is het bekend (O. DE VRIES en C. W. G. HETTERSCHIJ, 33, ook O. DE VRIES, C. W. G. HETTERSCHIJ en F. VAN DER PAAUW, 34), dat het P-citr bij gelijken totalen fosfaatvoorraad van den grond bij hogere pH wat hooger uitvalt, doch van veel beteekenis is deze stijging in het vrij kleine pH-traject, dat in deze proeven onderzocht is, niet. Een bepaald P-citr-eijfer zou dus mogelijk bij hogere pH een wat minder gunstigen fosfaattoestand kunnen aanduiden dan hetzelfde cijfer bij een lagere pH, verondersteld dat het gewas deze stijging van het P-citr onder invloed van de pH niet als een verbetering van den fosfaattoestand ondervindt. Dit zou weliswaar in overeenstemming zijn met den bij hogere pH dalenden tak van de kromme, welke in de genoemde figuren den pH-invloed weergeeft, en daarin dus een schijnbare bevestiging kunnen vinden, maar in geen geval den opmerkelijken vorm van een optimumkromme, d.w.z. den opstijgenden tak bij lagere pH, kunnen verklaren. Bovendien spreekt het feit, dat bij het kali-onderzoek volkomen analoge optimumkrommen voor den pH-invloed zijn vastgesteld (fig. 42, 46, 48, 60), wel eenigszins tegen deze veronderstelling, daar de overeenkomst in beide gevallen een gelijke oorzaak suggereert. Het is dus vrij aannemelijk, dat de in deze figuren afgebeelde invloed van de pH op het verband tusschen P- resp K-waarden en de reactie van het gewas voornamelijk berust op het bij verschillende pH ongelijk reageeren van het gras op den P- en K-rijkdom.

Zooals gezegd toont de invloed van de pH in verscheidene gevallen groote overeenstemming. Niet alleen kan deze invloed meestal voorgesteld worden door een optimumkromme (fig. 8, 12, 20, 32, 35, 40, 42, 46, 48 en 60), maar bovendien verschilt de ligging van het optimum zeer weinig, ondanks het feit dat de onderzoekingen op verschillende grondsoorten zijn uitgevoerd en zoowel de fosfaat- als de kalireactie betreffen. Het optimum ligt namelijk steeds tusschen de pH-waarden 5,5—5,7. Slechts in één geval was geen duidelijk optimum aanwezig (fig. 24). Wij wezen er hierboven (blz. 945) echter reeds op, dat het beloop van deze lijn voornamelijk door een enkel punt bepaald wordt, dat misschien ten gevolge van een toevallige bepalingfout in de figuur te hoog ligt.

Verder is het van belang, dat de invloed van de pH op de reactie van het gewas op verschillende wijzen kon worden aangetoond. De invloed op de fosfaatreactie van kleigrasland bleek zwak uit het hogere P_2O_5 -gehalte van het gras van niet met fosfaat bemesten grond (fig. 8) en duidelijker uit de toename van het P_2O_5 -gehalte onder invloed van de bemesting (fig. 12). Op veen- en zandgrond bleek de invloed op duidelijke wijze uit de P_2O_5 -gehalten van den onbemesten grond (fig. 20 en 35). In het laatste geval is de pH-invloed echter ook in de op de niet met fosfaat bemeste veldjes optredende verschijnselen van fosfaatgebrek zichtbaar geweest (fig. 32), waarmee bewezen is, dat de invloed van de pH zich niet tot het P_2O_5 -gehalte van het gewas beperkt. Dat wij er

niet in slaagden den invloed van de pH op de fosfaatreactie ook door verschillen in opbrengst vast te stellen, moet daarom o.i. waarschijnlijk aan de voor dit doel onvoldoende nauwkeurigheid van deze bepaling worden toegeschreven.

Bij veen- en zandgrond is ook een zwakke pH-invloed op de stijging, welke het P_2O_5 -gehalte onder invloed van de fosfaatbemesting ondergaat, gevonden. Dit zijn het reeds genoemde, in fig. 24 afgebeelde geval, waarin geen pH-optimum werd vastgesteld, en het overeenkomstige geval op grasland (fig. 40), waar het optimum evenmin zeer duidelijk is. Beide malen lijkt de dalende tak van de kromme echter wel vast te staan, d.w.z. dat het P_2O_5 -gehalte na fosfaatbemesting bij hogere pH minder sterk toeneemt dan bij middelmatige pH.

Een invloed van de pH op de reactie van de opbrengst op kali werd bij zandgrond vastgesteld (fig. 42). Het betreft hier de opbrengst van niet met kali bemesten grond in verhouding tot de maximaal door kalibemesting te verkrijgen opbrengst. Men kan dit ook anders uitdrukken en constateeren, dat de door kalibemesting maximaal verkrijgbare stijging van de opbrengst bij een middelmatige pH het geringst is. Het K_2O -gehalte werd daarentegen op niet met kali bemesten grond slechts weinig door de pH beïnvloed (fig. 46). Hiervoor kon echter een verklaring worden gegeven. Het was namelijk gebleken, dat de kalibemesting op zandgrond een grootere opbrengststijging veroorzaakt heeft, dan overeenkomt met de teweggebrachte stijging van het K-getal (gunstig effect van verse K-bemesting, zie blz. 968), maar dat bij de toename van het K_2O -gehalte het tegendeel het geval is. Het verschil in K_2O -gehalte van het gras op niet en wel met kali bemesten grond wordt waarschijnlijk bepaald door het tijdens den oogst nog aanwezige verschil in K-toestand tusschen beide objecten. Het gehalte wordt dus blijkbaar door het K-getal van den grond op het tijdstip van den oogst bepaald. Inderdaad werd er een duidelijke pH-invloed vastgesteld (fig. 48), als niet het bij aanvang van de proef bepaalde K-getal met het K_2O -gehalte in verband werd gebracht (fig. 45), maar het na den oogst bepaalde K-getal (fig. 47), dat als gevolg van de plaatsgevonden kali-onttrekking vrij belangrijk van het eerste verschilt.

Bij den veengrond werd alleen een duidelijke invloed van de pH op de toename van het K_2O -gehalte ten gevolge van kalibemesting vastgesteld (fig. 60).

Het blijkt dus wel, dat de invloed van de pH het duidelijkst in de bij het chemische gewasonderzoek bepaalde P_2O_5 - en K_2O -gehalten tot uiting is gekomen. Dat deze echter ook vastgesteld werd door middel van de zichtbare verschijnselen van P-gebrek en van de opbrengsten van niet met kali bemesten zandgrond, maakt het waarschijnlijk, dat de pH ook in andere gevallen invloed heeft op het verband tusschen fosfaat, resp. kali, en de opbrengst, maar dat het alleen niet mogelijk is geweest dit door middel van de daarvoor te onnauwkeurige opbrengstbepaling aan te toonen. Het P_2O_5 - en K_2O -gehalte reageeren blijkbaar scherper op den P- en K-toestand van den grond, zooals tot uiting komt in de nauwe correlatie met de betreffende P- en K-waarden (zie vooral fig. 36 en 45).

Het lijkt op het eerste gezicht vrij eigenaardig, dat de maximaal door bemesting bereikbare opbrengstvermeerdering bij een middelmatige pH-waarde minimaal zou kunnen zijn, terwijl de toename van het gehalte onder invloed van de bemesting bij deze zelfde pH maximaal is (vgl. b.v. fig. 32 en 40). Ook

is het merkwaardig, dat zoowel het P_2O_5 -gehalte van het gras op niet met fosfaat bemesten grond als de toename, welke dit gehalte onder invloed van de bemesting ondergaat, beide bij een middelmatige pH het hoogst zouden zijn (vgl. fig. 8 en 12). Deze feiten worden begrijpelijk als men in aanmerking neemt, dat het P_2O_5 -gehalte bij verzuring van de bemesting vrij onbeperkt kan toenemen (fig. 11), in sommige gevallen zelfs bijna evenredig aan de meststofgift. De opbrengst nadert daarentegen veel eerder een bovenste grens. Niet ten onrechte spreekt men van luxe-consumptie (VAN ITALLIE, 8, 9, 10) als het gehalte stijgt, zonder dat dit met een grootere opbrengst gepaard gaat. Dit verklaart dus hoe het gehalte bij een bepaalde pH het sterkst kan stijgen, hoewel de maximaal te bereiken opbrengstvermeerdering minimaal is. Zou men echter de bemesting nog sterker opvoeren, zoodat ook het gehalte een bovenste grens zou benaderen, dan zou vermoedelijk ook de maximaal mogelijke verhooging van het K_2O -gehalte bij deze pH het geringst zijn.

De relatief gunstige opbrengst van niet bemesten grond, zoowel als de sterkere stijging van het gehalte onder invloed van de bemesting bij een bepaalde middelmatige pH-waarde bewijzen, dat de opneembaarheid van de betreffende stof bij deze pH het gunstigst is.

In hetzelfde licht moet het tweede punt beschouwd worden. Het P_2O_5 -gehalte van niet met fosfaat bemest kleigrasland (fig. 8) is het hoogst, omdat blijkbaar bij een pH 5,55—5,6 de opneembaarheid van het bodemfosfaat het gunstigst is. Ondanks het feit dat het P_2O_5 -gehalte dus ook zonder P-bemesting reeds hoog is, kan toch de toename van het P_2O_5 -gehalte onder invloed van fosfaatbemesting bij deze pH het grootst zijn (fig. 12), omdat het gehalte blijkbaar nog niet zoo hoog is, dat aan een verdere stijging een physiologische grens gesteld wordt. De middelmatige pH is dus zoowel gunstig voor de assimilatie van het bodemfosfaat als van het bij de bemesting toegevoegde fosfaat.

Het komt nu zoowel voor dat de pH-werking het duidelijkst tot uiting komt in de gehalten van het gras van onbemesten grond, als in de stijging welke het gehalte onder invloed van de bemesting ondergaat. Bij het kleigrasland was de invloed op de toename van het P_2O_5 -gehalte duidelijker, bij het veengrasland leek daarentegen de invloed op het P_2O_5 -gehalte van den onbemesten grond wat vaster te staan (vgl. fig. 20 en 24), en dit zelfde was in sterkere mate het geval op zandgrasland (vgl. fig. 35 en 40). De invloed van de pH op de K-werking bleek op deze grondsoort alleen bij den onbemesten grond (fig. 48), bij het veengrasland daarentegen alleen uit de toename van het K_2O -gehalte. Ongetwijfeld is gedeeltelijk de weinig nauwkeurige bepaling voor deze verschillen verantwoordelijk. De bepaling van de toename — een verschil tusschen 2 gehalten (het gehalte van bemesten grond heeft overigens betrekking op het gemiddelde van 2 bepalingen) — is reeds op zichzelf iets onnauwkeuriger. Het is echter ook mogelijk dat de pH-werking zich in het eene geval duidelijker in de opname van de reeds in den bodem aanwezige voedingsstoffen, in het andere meer in de opname van de toegevoegde meststof opent.

Zelfs is denkbaar dat de invloed in beide gevallen verschillend is. Op deze wijze zou het in fig. 24 weergegeven resultaat te verklaren zijn. De toename van het P_2O_5 -gehalte lijkt van lage tot hoge pH geringer te worden, hoewel

bij onbemesten grond het P_2O_5 -gehalte bij middelmatige pH hoger leek te zijn dan bij lage pH (fig. 20). Men zou bij den invloed van de pH op de toename van het gehalte aan een sterkere vastlegging van het toegevoegde fosfaat bij hogere pH kunnen denken. Een geringere oplosbaarheid van het fosfaat bij hogere pH is blijkens de daling van het P-getal (fig. 14, 27) voorhanden; wij stelden echter vast, dat het gewas hiervoor niet of weinig gevoelig is. Dit behoeft echter niet met het voorgaande in strijd te zijn: een milde vastlegging in een voor het gras in principe nog wel opneembaren vorm zou b.v. wel een belemmering kunnen vormen voor een snelle verspreiding in den grond.

Het in fig. 22 afgebeelde resultaat, waaruit blijkt dat het effect van een geringe fosfaatbemesting op de opbrengst, uitgedrukt in procenten van de maximaal te bereiken opbrengst, geringer wordt, naarmate de pH stijgt, is zoowel in overeenstemming met den invloed welke de pH op het P_2O_5 -gehalte heeft, als met de door de daling van het P-getal aangegeven afnemende oplosbaarheid van het fosfaat. Het was niet mogelijk deze uitkomst bij andere proefseries te verifiëren, daar het feitenmateriaal daartoe te beperkt was. De invloed van de pH op de werking van de verse fosfaatmeststof zou hier dus een andere beeld geven dan in overeenkomstige gevallen gevonden is, en zooals ook steeds bij den onbemesten grond werd vastgesteld. Het geval is van belang omdat door VISSER (26) bij zijn fosfaatonderzoek wel een invloed van den kalktoestand geconstateerd is, die overeenstemt met het besproken geval, maar geen invloeden, die een volgens een optimum-kromme verloopende reactie te zien geven. Wel werden deze bij het kali-onderzoek door VISSER aangetoond.

In deze onderzoekingen van VISSER is de invloed van den kalktoestand op de werkzaamheid van de fosfaat- en kalimeststof bepaald. Als criterium gold hiervoor in de meeste gevallen de meeropbrengst van verschillende gewassen, in enkele andere het K_2O -, resp. P_2O_5 -gehalte van het gewas (alleen de gewassen zomertarwe en erwten), terwijl tenslotte ook op verschillende tijdstippen uitgevoerde standdichtheidsbepalingen als maat voor de kalkwerking zijn gebruikt.

De invloed van den kalktoestand (uitgedrukt als pH, V, $CaCO_3$ % of lrb-waarde) op het verband tusschen het K-HCl cijfer en de door K-bemesting verkregen opbrengstvermeerdering kon verscheidene malen door een optimum-kromme voorgesteld worden. Dit was het geval bij vlas (fig. 15, blz. 189, en fig. 18, blz. 194, fig. 19, blz. 196), bij zomertarwe (fig. 22, blz. 202), bij boonen (fig. 28, blz. 215). Bij de gewassen kanariezaad (fig. 11, blz. 181), roode klaver (fig. 12, blz. 183 en fig. 13, blz. 185) zomergerst, (fig. 20, blz. 198 en fig. 21, blz. 199) en erwten (fig. 26, blz. 211) werd een overeenkomstige kalk-invloed gevonden, evenwel met dit verschil, dat een opbrengstverlagende invloed van hogere kalktoestanden niet kon worden vastgesteld, de dalende tak van de optimum-kromme ontbreekt dus. Ook bij de gewassen wintergerst en voederbieten, waarvan slechts weinig gegevens beschikbaar waren, zijn invloeden van den kalktoestand aannemelijk.

De invloed van den kalktoestand op het verband tusschen het P-citr en de opbrengst is in een geringer aantal gevallen komen vast te staan. Uit de met zomergerst (fig. 37, blz. 262), kanariezaad (fig. 38, blz. 267), spinaziezaad

(fig. 41, blz. 278) en boonen (fig. 44, blz. 285) verkregen resultaten is door VISSER afgeleid, dat de invloed van een hooger kalktoestand de fosfaat-opname bemoeijkt, het verband kan dus weergegeven worden door een van lageren naar hooger kalktoestand dalende rechte lijn (zooals in onze figuren 22 en 24). Aanwijzingen, dat het verband door een optimumkromme weergegeven zou kunnen worden, zijn niet verkregen.

Deze uitkomsten berusten op een geringer aantal waarnemingen dan de uitkomsten van het kali-onderzoek. Bij eenige gewassen, waarbij een behoorlijk aantal bepalingen verricht is, namelijk zomertarwe, vlas en erwten, kon geen invloed van den kalktoestand worden aangetoond. In beide eerstgenoemde gevallen was dit misschien een gevolg van de zwakke fosfaatreactie van deze gewassen.

Een invloed van den kalktoestand werd voorts door standdichtheidsbepalingen op kaliproefvelden bij de gewassen zomertarwe, vlas en erwten aangetoond. Hierbij traden soortgelijke verbanden aan het licht als bij de opbrengstbepalingen. Een duidelijke optimum-kromme werd gevonden bij vlas en bij zomertarwe, in het laatste geval alleen in een van beide jaren; in het andere proefjaar werd bij hooger kalktoestand geen vermindering van de standdichtheid gevonden; dit laatste was ook het geval bij erwten.

Alvorens nu ook de uitkomsten van het chemische gewasonderzoek te noemen, willen wij eerst de theoretische beschouwingen vermelden, welke door VISSER naar aanleiding van deze uitkomsten zijn gegeven. Ter verklaring van de verkregen optimumkrommen, welke bij zijn onderzoek, zooals reeds meermalen is gezegd, alleen den invloed van de kalk op de werking van de kalimeststof betreffen, is de volgende gedachtengang gevolgd. Kalk en kali oefenen op elkaar een antagonistische werking uit. Bij groote overmaat aan kalk wordt de opname van kali tegengegaan, vandaar een geringe werking van de kalimest. Bij een middelmatigen kalkrijkdom zal de kaliopname belangrijk sterker kunnen zijn, met als gevolg een sterk effect van kalibemesting. In sterk ontkalkte gronden is zoo weinig kalk aanwezig, dat het gewas zijn kationenbehoefte door opname van kali dekt, zoodat het weinig kaligebrek zal lijden.

Tegen deze wijze van voorstelling is wel een enkel bezwaar in te brengen. Het moet toegegeven worden dat de werking van een kalibemesting op een zeer kalkrijken grond door de antagonistische werking van de kalk mogelijk is. Uit dezelfde redeneering volgt echter, dat het kaligebrek op een dergelijken grond bij weglaten van de kalibemesting zeer groot zal zijn. Indien echter het effect van een lichte kalibemesting gering mag zijn, zoo zal men toch moeten aannemen dat het maximaal te bereiken effect, mits men maar zeer ruim kali geeft, juist op dezen grond het grootst zal moeten zijn. Verwacht kan dus worden dat de kalkwerking zich sterk zal doen gelden bij de laagste gift, maar minder bij de zwaardere giften. Hiervoor geeft het onderzoek evenwel geen aanwijzingen, integendeel geeft b.v. de op vlas betrekking hebbende fig. 15 (blz. 189) een tegengesteld resultaat; bij de hoogste kaligift is namelijk de kalkinvloed het sterkst.

Bij de bespreking van de standdichtheidsbepalingen is nog op een andere mogelijkheid gewezen, om het geringe effect van een kalibemesting op ont-kalkte gronden te verklaren, namelijk op den verslappenden invloed van

kalizouten bij dergelijke gronden, welke het gunstige effect, dat kali op zichzelf beschouwd heeft, zou kunnen tegenwerken.

Wat betreft den invloed van den kalktoestand op de fosfaatreactie wordt door VISSER aan eenzelfde verklaringsmogelijkheid gedacht, als wij hierboven bij de bespreking van de relatief geringere werking van kleine fosfaatgiften bij stijgende pH naar voren brachten, namelijk dat bij hooger en kalktoestand de vastlegging van het toegediende fosfaat vermoedelijk grooter zal zijn dan op zuurdere gronden het geval is.

De door VISSER en de in het eigen onderzoek verkregen resultaten lijken oppervlakkig beschouwd overeen te stemmen in de wijze, waarop de kalktoestand invloed heeft op de kalireactie van het gewas. Het lijkt hierbij van onderscheidt belang, dat het optimum van de kalkwerking bij het bouwland op klei- en zavelgrond bij een veel hogere pH-waarde valt dan bij het grasland, daar analoge verschillen reeds bij het kalkonderzoek zijn aangetoond. De overeenstemming is echter niet volkomen. Door VISSER is gevonden, dat de door kalibemesting teweeggebrachte toeneming van de opbrengst bij een optimalen kalktoestand het grootst is, wij daarentegen vonden, dat de opbrengst van niet met kali bemesten grond bij deze optimale waarde relatief het gunstigst was (fig. 42), de door kalibemesting maximaal te verkrijgen opbrengstvermeerdering daardoor het geringst. Dit was een gevolg van de goede kalioptname bij deze pH, welke bleek uit het gewasonderzoek. In geval de opbrengst van den niet met kali bemesten grond belangrijk geringer zou zijn dan het te bereiken maximum, zou bij dezen optimalen kalktoestand ook een grootere opbrengststijging verwacht mogen worden. Deze verklaring is echter niet toepasselijk op de door VISSER verkregen resultaten. In dat geval zou immers een zware kalibemesting bij lagen en hoogen kalktoestand tot belangrijke opbrengststijgingen aanleiding moeten geven. Hiervoor bestaan evenwel, zooals wij voor den hoogen kalktoestand reeds hierboven opmerkten (blz. 988), geen aanwijzingen. Integendeel schijnen de gewassen op kalkarmen grond zelfs bij weglaten van de kalibemesting overvloedig met kali te worden voorzien, wat volgens VISSER door de uitkomst van het chemische gewasonderzoek bevestigd zou worden, al mogen wij misschien van meening zijn dat de betreffende uitkomst weinig overtuigend is (vgl. Visser's fig. 30, blz. 222).

Bij het eigen onderzoek is dit niet het geval; bij lage pH werden op zandgrond geen hogere, maar lagere K_2O -gehalten van het gras gevonden (fig. 48) en was de toename van dit gehalte op veengrond bij kalibemesting geringer (fig. 60).

Ook op een ander punt bestaat er een belangrijk verschil tusschen de uitkomsten van het eigen onderzoek en de resultaten van VISSER. Bij het grasland is het opvallende feit vastgesteld, dat de invloed van de pH op de kaliwerking en de fosfaatwerking in grote trekken overeen stemt. Ook dit feit geeft aanleiding om de verklaring van den bij onze proeven aanwezigen invloed van de pH op de kaliwerking niet in de richting van een ionenantagonisme te zoeken.

De invloed van de pH op de fosfaatwerking werd door ons in de eerste plaats door middel van het chemische gewasonderzoek vastgesteld. Dat echter ook de verschijnselen van fosfaatgebrek zoowel bij lage als hooge pH ernstiger waren dan bij middelmatige pH, bleek bij de proefveldserie op

zandgrasland. Het is dus aannemelijk dat hier het verschil tusschen de opbrengst van niet met fosfaat bemest gras en de maximaal mogelijke opbrengst bij hooge en lage pH het grootst zal zijn, al konden wij er niet in slagen dit aan te toonen.

Schijnbaar hiermee in strijd is de invloed van de pH op de door een geringe fosfaatbemesting teweeggebrachte verhooging van de opbrengst van veen-grasland, uitgedrukt in procenten van de maximaal mogelijke toename. Deze kwam tot uiting in een van lage tot hooge pH geleidelijk verminderende werking (fig. 22), welke bovendien door het chemische gewasonderzoek eenige bevestiging vond (fig. 24). Ook VISSER vond, dat de door een bepaalde fosfaat-gift verkregen opbrengstvermeerdering bij stijgende pH geringer wordt.

De tegenstelling zou te verklaren zijn door aan te nemen, dat de meststofwerking bij hoogere pH belemmerd wordt door een snellere vestlegging en geringere verplaatsbaarheid in den grond, maar dat de beschikbaarheid van reeds in den grond aanwezig fosfaat aan andere wetten onderworpen is.

Het is opvallend, dat ook in het onderzoek van VISSER aanwijzingen te vinden zijn, dat de invloed van den kalktoestand op het P_2O_5 -gehalte van het gewas op niet met fosfaat bemesten grond door een optimum-kromme kan worden weergegeven, al is dit door den auteur zelf, die op een dergelijk verband uiteraard niet bedacht was, niet herkend. De op zomertarwe betrekking hebbende figuur wordt hier als fig. 63 gereproduceerd; de kromme is er door ons ingetekend.

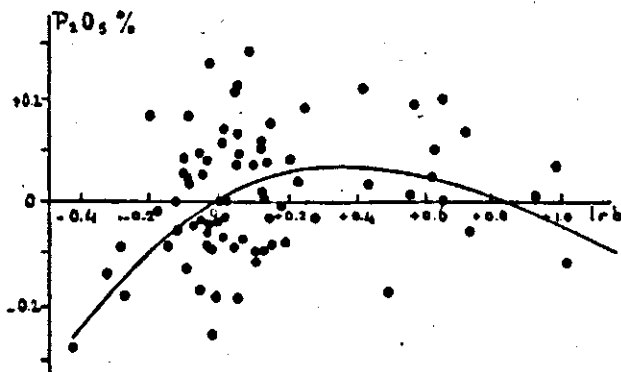


Fig. 63

Invloed van den kalktoestand van den grond, uitgedrukt in lrb-waarde, op het P_2O_5 -gehalte van zomertarwe, volgens VISSER. De lijn is door ons toegevoegd.

Ook de toename van het P_2O_5 -gehalte onder invloed van de fosfaatbemesting, welke op klei- (fig. 12) en misschien ook op zandgrasland (fig. 40) gevonden is, blijkt op overeenkomstige wijze afhankelijk van de pH te zijn. Alleen op veengrasland was dit niet aantoonbaar (fig. 24).

De dalende tak van deze optimum-krommen zou te verklaren zijn door een teruggang van de oplosbaarheid van het bodemfosfaat te veronderstellen, zooals ook inderdaad door de daling van het P-getal bij stijgende pH (fig. 14, 27) wordt aangegeven. Moeilijker valt het de toename van het P_2O_5 -gehalte van lage tot middelmatige pH te verklaren, daar hiervoor geen aanwijzingen

door het grondonderzoek geleverd worden. Het verschijnsel van een gunstigen invloed van kalk op de opneembaarheid van fosfaat op zure gronden wordt echter in de literatuur herhaaldelijk genoemd. Men denkt b.v. aan verminderde vastlegging (waarvoor volgens ons bij de eigen proeven geen aanleiding bestaat) en aan structuurverbetering.

Bij de poging om de pH-invloed op de fosfaat- en kaliwerking te verklaren, dient niet vergeten te worden, dat het den invloed van de pH op een verband tusschen een door grondonderzoek bepaalde waarde en de reactie van het gewas betreft. Wij hebben reeds onder het oog gezien, of de pH-invloed als een invloed op het P-citr cijfer verklaard zou kunnen worden (blz. 934). Een mogelijke verklaring zou dit alleen kunnen geven voor den dalenden tak, en waarschijnlijk is deze evenmin, daar het P-citr bij stijgende pH in een klein pH-traject, als hier onderzocht werd, slechts betrekkelijk weinig grooter wordt. Waarschijnlijk heeft invloed van de pH op de fosfaatwerking dus voornamelijk betrekking op het gewas, dat bij gelijken fosfaatrijksdom, maar bij ongelijke pH, niet in staat is in beide gevallen evenveel fosfaat op te nemen.

Ook bij den invloed op het verband tusschen de K-waarden en de reactie van het gewas dient de vraag gesteld te worden, of de invloed van de pH mogelijk door een afhankelijkheid van het K-getal resp. K-HCl van de pH, welke niet of in mindere mate door het gewas ondervonden zou worden, te verklaren zou zijn.

Aanwijzingen hiervoor zijn uit de bij dit onderzoek verzamelde gegevens niet verkregen. Zetten wij de bij het vooronderzoek bepaalde K-waarden in een grafiek uit tegen de pH, dan blijkt weliswaar dat bij hogere pH grootere K-waarden gevonden worden, doch overtuigend is dit niet. Wij hebben immers gezien, dat er eveneens een verband aangetoond kon worden tusschen de pH en het P-citr (fig. 26), wat aan de geregelde bemesting met slakkenmeel toegeschreven werd. Het lijkt aannemelijk, dat de beter met slakkenmeel bemeste perceelen ook een zwaardere kalibemesting ontvingen en de gevonden correlatie hierdoor te verklaren is.

In een vorige publicatie (VAN DER PAAUW, 19) hebben wij evenwel meegedeeld, hoe het kaligetal bij gedurende een reeks van jaren met chilisalpeter bemesten grond aanmerkelijk hooger is dan bij regelmatige bemesting met zwavelzuren ammoniak (blz. 474—479, tabel 2). Het verschijnsel werd gedeeltelijk aan sterkere uitspoeling op den met za bemesten grond, gedeeltelijk aan verschillen in vastlegging toegeschreven. Inderdaad werd door onderzoek van den ondergrond aangetoond, dat met za-bemesting meer kali uitgespoeld was. De uitkomsten waren hierdoor echter niet volledig te verklaren.

Terwijl wij ons in het genoemde onderzoek tot een vergelijking van objecten bepaald hebben, hebben wij thans de op de afzonderlijke veldjes bepaalde K-getallen uitgezet tegen de pH (fig. 64). De afgebeelde stippen hebben betrekking op het gemiddelde van in 4 opeenvolgende jaren bepaalde waarden. Bij Pr 266 neemt het K-getal van pH 5,6 tot pH 6,5 belangrijk toe. Van belang is het dat de verschillend met stikstof bemeste veldjes regelmatig bij elkaar aansluiten. Interessanter is het resultaat van Pr 268, waar zoowel de met kali bemeste, als de niet bemeste serie, een minimum bij middelmatige pH te zien geven. Vooral het hogere kaligetal bij lage pH is opmerkelijk, daar dit

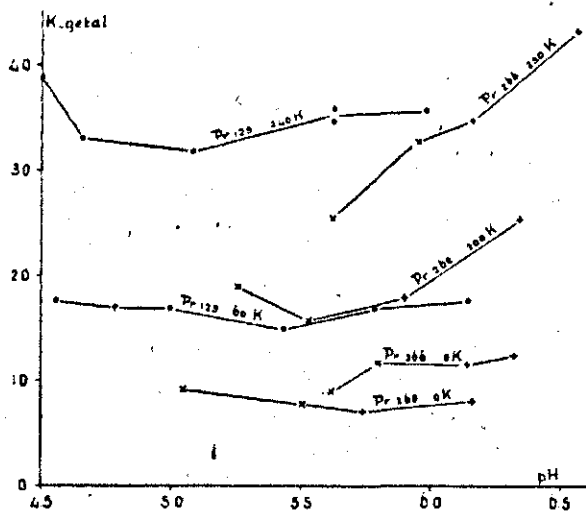


Fig. 64

Verband tusschen de pH en het K-getal bij eenige proefvelden op zand-bouwland.

bezwaarlijk door sterke uitspoeling te verklaren is. Een overeenkomstig resultaat is verkregen bij het op eschgrond te Noorderlaren gelegen proefveld Pr 125, waarvan de uitkomst van het grondonderzoek na afloop van het tweede proefjaar is weergegeven. De verschillen zijn minder sprekend dan bij Pr 268, maar toch is er eenige aanwijzing, dat het K-getal bij lage en hooge pH grooter is dan bij een middelmatige waarde.

Hoewel de stijging van het K-getal bij hooge pH, welke in fig. 64 tot uiting komt, zooals gezegd aan een verminderde uitspoeling toegeschreven kan worden en de stijging bij lage pH mogelijk op een geringere K-onttrekking door het gewas terug te voeren zou zijn, is het toch opmerkelijk dat het resultaat misschien een verband tusschen het K-getal en de pH aanwijst, dat den bij grasland gevonden pH-invloed op de K-reactie zou kunnen verklaren. Bij het geciteerde onderzoek was namelijk reeds opgevallen, dat het verschil in kali-opname tusschen de met za en met ch bemeste proefveldhelften minder groot was, dan op grond van de verschillen in K-getal verwacht werd. Dit zou er dus op kunnen wijzen, dat de door het chemisch grondonderzoek aan het licht gebrachte verschillen in K-toestand niet als zoodanig door het gewas zijn ondervonden.

De op zandgrasland verkregen uitkomsten zouden daardoor verklaard zijn. Volgens fig. 42 en 43 is bij een pH 5,65 bij gelijkwaardigen kalitoestand een hoogere opbrengst verkregen dan bij lagere en hoogere pH. Hetzelfde blijkt uit fig. 48, welke aangeeft dat het K_2O -gehalte van het gras op niet met kali bemeste grond bij de middelmatige pH het hoogst is.

Tegen deze verklaringswijze pleit echter de invloed van de pH op de door kalibemesting veroorzaakte toename van het K_2O -gehalte bij veengrasland (fig. 60). Het is niet in te zien waarom bij een middelmatige pH, waarbij dus de kalitoestand volgens de veronderstelling reeds relatief het gunstigst zou

zijn, de kalibemesting het K_2O -gehalte sterker doet stijgen dan bij een ongunstiger kalitoestand. Hier zal dus aangenomen moeten worden dat de kali-opname door het gewas bij deze pH inderdaad het sterkst is.

Een laatste argument voor de opvatting, dat de invloed van de pH niet uitsluitend op een afhankelijkheid van de analysemethode van de pH berust, waardoor schijnbaar verschillen in bemestingstoestand, welke niet door het gewas als zoodanig worden ondervonden, voor den dag komen, is te putten uit den opvallend analogen invloed, die de pH zoowel op het verband tusschen de reactie op P-bemesting van het gewas en het P-citr, als tusschen de reactie op K-bemesting en de beide K-waarden, heeft. Er valt hier bezwaarlijk aan toeval te denken. De mogelijkheid, dat de P- en de K-analyse beide op dezelfde wijze door de pH bepaald worden, lijkt gering; bovendien geven de feiten geen aanleiding voor deze veronderstelling. Het is namelijk bekend, dat het P-citr bij stijgende pH geleidelijk iets toeneemt, een eventueele afhankelijkheid van de K-waarden zal blijken het bovenstaande anders uitvallen.

Het aannemelijkst is daarom, dat het gewas bij een bepaalde pH het best in staat is om zoowel fosfaat als kali op te nemen en de vraag dient gesteld, hoe dit te verklaren zou zijn. Verklaringen gebaseerd op ionenantagonismen lijken uitgesloten.

Het ligt voor de hand den invloed van de pH op de P- en K-reactie in verband te brengen met hetgeen over den samenhang tusschen de pH en de opbrengst van grasland bekend is. Zooals bekend neemt de opbrengst van landbouwgewassen bij stijgende pH meestal toe, totdat bij een bepaalde pH een optimum bereikt wordt, waarna dikwijls bij verdere stijging van de pH een geleidelijke opbrengstdaling inzet (O. DE VRIES, 30, P. BRUN, 1, W. C. VISSER, 24, 25). Op zandgrond ligt de optimale pH van verscheidene gewassen ongeveer bij een waarde van 5,5. Bij grasland kon een dergelijke pH-invloed nog niet vastgesteld worden. Er moet evenwel bedacht worden, dat dit resultaat verkregen is op proefvelden, die uiteraard steeds behoorlijk met fosfaat en kali zijn bemest. Indien de opbrengst van grasland werkelijk bij gunstige P- en K-voorziening onafhankelijk van de pH zou zijn, houdt dit volgens het eigen onderzoek in (verondersteld althans dat de opbrengst in alle gevallen op gelijke wijze reageert als het gehalte), dat bij onvoldoende P- en K-voeding wel een invloed van de pH op de opbrengst aanwezig zou moeten zijn, namelijk dezelfde die in het bovenstaande als invloed op de P- en K-reactie werd aangetoond. Deze pH-invloed zou dan echter niet te onderscheiden zijn van den invloed, die de pH bij landbouwgewassen uitoefent. Het is nu zoowel denkbaar, dat deze overeenkomst in zooverre slechts schijn is, dat hieraan op grasland alleen een P- en K-werking ten grondslag ligt, terwijl op bouwland andere factoren in de eerste plaats voor het verband tusschen pH en opbrengst aansprakelijk zijn¹⁾, als wel dat de invloed van de pH in beide gevallen identiek is. Het gras zou dan mogelijk bij verbeterde P- en K-voeding in geringere mate voor den schadelijken invloed van een ongunstige pH gevoelig zijn, zoo als trouwens ook bouwlandgewassen bij gunstige groeiomstandigheden minder

¹⁾ Dat echter ook op bouwland de pH-werking gedeeltelijk als P-werking te verklaren is, volgt uit het onderzoek van O. DE VRIES en C. W. G. HETTERSCHIJ (33), waaruit blijkt dat het P_2O_5 -gehalte van aardappelen op dezelfde wijze, als bij gras werd aangetoond, met de pH samenhangt.

nadeel van een schadelijken factor ondervinden (BRUIN, 1, VISSER, 24, 25, VAN DER PAAUW, 15, O. DE VRIES, 32). De P- en K-opname zou dus bij een bepaalde pH het gunstigst zijn, omdat de groeiomstandigheden daar optimaal zijn. Op dezelfde wijze als een goede P- en K-voorziening de nadeelige gevolgen van een ongunstige pH zouden opheffen, kan omgekeerd een gunstige pH bevorderlijk zijn voor de P- en K-opname.

Deze verklaringswijze geeft geen nauwkeurig inzicht in het mechanisme van de P- en K-opname en bevredigt daarom niet geheel. Een afdoende verklaring van den analogen invloed van de pH op fosfaat- en kaliwerking is echter niet gemakkelijk te geven.

Indien het waar is, dat de invloed van de pH niet uitsluitend door eigenaardigheden van de P- en K-analyse kan worden verklaard, moet een pH van ongeveer 5,6 voor klei-, veen- en zandgrasland als gunstig worden beschouwd. Hoewel bij goede P- en K-voorziening een invloed van de pH op de opbrengst dubieus is, kan een dergelijke invloed verwacht worden, zoodra fosfaat of kali min of meer in het minimum geraakt. De toestand van het Nederlandsche grasland is zoodanig, dat dit zeker veelvuldig het geval zal zijn. Overigens valt hieraan zelfs bij geregelde PK-bemesting niet steeds te ontkomen, daar het technisch moeilijk is het geheele jaar door een gunstige bemestingstoestand te handhaven. Vooral is het bezwaarlijk het licht opneembare en bewegelijke kali voortdurend in voldoende hoeveelheid aan het gras ter beschikking te stellen, in het bijzonder op zandgronden, waar geen voorraadvorming van beteekenis mogelijk is. Onder ongunstige weersomstandigheden, zooals in het jaar 1939 bij de proefserie op kleigrasland, treedt trouwens ook fosfaatgebrek op bij perceelen, die een vrij goeden fosfaattoestand hebben. Gunstige omstandigheden voor fosfaat- en kaliopname zijn dus ongetwijfeld van groot belang. Indien dus niet andere factoren, zooals b.v. de doorlatendheid van den grond, de botanische hoedanigheid van de graszode een anderen kalktoestand wenschelijk maken, zal het pH-traject van 5,5—5,8 ongeveer als het optimale gebied voor grasland beschouwd moeten worden. Klei-, veen- en zandgrond maken hierin geen onderscheid.

De invloed van de pH op de waardeering, welke aan het P-citr, resp. K-getal en K-HCl toegekend moet worden, is van dien aard, dat hiermede in de toekomst zeer waarschijnlijk rekening zal moeten worden gehouden, al is het verkregen resultaat nog niet toereikend om thans reeds tot het geven van voorschriften te geraken.

De beteekenis van de pH bij de interpretatie van het K-getal hebben wij weergegeven in fig. 43, waarin de ligging van de opbrengstcurve bij verschillende pH-waarden is afgebeeld. Het blijkt dat een oogstdepressie van 10 % bij de optimale pH van 5,65 verwacht mag worden bij een K-getal 18, bij de pH-waarden 5,15 en 6,0 daarentegen bij een K-getal 31. Deze beide verschillende K-getallen moeten dus in dit geval gelijk gewaardeerd worden.

Volgens de uitkomsten van het chemische gewasonderzoek zou de invloed van de pH op de K-reactie evenwel geringer zijn. Uit fig. 48 blijkt b.v., dat het K_2O -gehalte bij pH 5,6 0,4 % hooger is dan bij de pH-waarden 5,25 en 6,05. Blijkens fig. 47 zou het K_2O -gehalte bij een stijging van het K-getal van 15 tot 18 reeds met dit bedrag toenemen. Opgemerkt moet worden, dat het hier het na den oogst bepaalde K-getal betreft; voor het tevoren bepaalde

K-getal zou het verschil ongeveer 4 eenheden bedragen, wat niettemin belangrijk minder is dan bij de opbrengstbepaling werd vastgesteld. De orde van grootte van het effect staat dus nog onvoldoende vast.

Bij veengrasland is de toename van het K_2O -gehalte bij bemesting (fig. 60) bij pH 5,6 0,6% hooger dan bij pH 5,2 en 5,95. Dit beteekent b.v. dat een K-HCl cijfer 42 bij een grond met 55 % in het eerste geval gelijk gewaardeerd zou moeten worden als een K-HCl 60 in beide andere.

Bij het fosfaatonderzoek werd het pH-effect niet in de opbrengsten vastgesteld. Uit den invloed op de zichtbare verschijnselen van P-gebrek bij zandgrasland volgt echter, dat deze bij de pH-waarden 5,3 en 6,0 1 punt sterker beoordeeld werden dan bij pH 5,6. Dit verschil zou volgens fig. 31 in het gebied waarin reactie op fosfaat optreedt ongeveer overeenstemmen met de waarde van 7 P-citr-eenheden. Uit het chemische gewasonderzoek kan worden afgeleid (fig. 35 en 33), dat de waardeering bij genoemde pH-waarden in het gebied van sterk P-gebrek eveneens 7 eenheden uiteenloopt. Hier bestaat dus betere overeenstemming. Bij vrij geringe pH-verschillen valt de beoordeeling van P-citr. blijkbaar reeds tamelijk verschillend uit.

Bij kleigrasland kan uit het chemische gewasonderzoek van het gras van onbemesten grond (fig. 6 en 8) afgeleid worden, dat het verschil in waardeering van een laag P-citr (b.v. 25—30) bij 5,55 en 5,85 7 eenheden uitmaakt, ofwel ongeveer 2 eenheden van het P-getal. Uit de toename van het P_2O_5 -gehalte onder invloed van fosfaatbemesting (fig. 11 en 12) kan zelfs een grooter bedrag worden berekend.

Bij veengrasland zou uit de betreffende figuren (fig. 19, 20) afgelezen kunnen worden, dat een pH-verschil van 5,55 tot 5,85 reeds een verschil in waardeering van 23 P-citr-eenheden zou beteekenen. Erg vaststaand zijn deze laatste resultaten evenwel niet.

Uit het voorgaande blijkt overtuigend, dat bij toepassing van het grondonderzoek in de praktijk de pH zeer waarschijnlijk bij de interpretatie van de P- en K-waarden in rekening zal moeten worden gebracht.

De invloed van het humusgehalte

Een invloed van het humusgehalte op het verband tusschen de waarden van het grondonderzoek op fosfaat en de reactie van het gewas kon niet met voldoende zekerheid worden aangetoond.

Het humusgehalte dient evenwel in aanmerking te worden genomen bij de interpretatie der K-cijfers. Voor de waardeering van het K-getal, dat bij zandgronden bepaald wordt, bleek de grootte van het humusgehalte in het vrij nauwe, tusschen 8 en $14\frac{1}{2}$ % humus gelegen traject, niet van belang. Bij deze analysemethode, waarbij het humusgehalte reeds bij de bepaling in rekening wordt gebracht, is men er blijkbaar binnen bepaalde grenzen in geslaagd den invloed van dezen factor te elimineeren. Bij vroeger onderzoek (VAN DER PAAUW, 14) is evenwel gebleken, dat bij een ruimer humus-traject op bouwland wel degelijk met den humusrijkdom van den grond rekening moet worden gehouden.

Bij het gebruik van het K-HCl cijfer, dat bepaald wordt bij een vaste verhouding tusschen hoeveelheid grond en extractiemiddel, moet evenwel

het humusgehalte in rekening worden gebracht. Dit is zoowel het geval op veengrond (fig. 54, 55, 58), waar deze methode geregeld toepassing vindt, als bij zandgrond (fig. 50), waar gewoonlijk het K-getal, dat hier goed voldoet, bepaald wordt.

De invloed van het humusgehalte is geheel te beschouwen als een invloed op het resultaat van de analyse, welke door het gewas niet als zoodanig onderzonden wordt. Dit blijkt zeer duidelijk uit de overeenkomst tusschen het verband van K-HCl-cijfers en humusgehalten, zooals dit in de uitkomsten van het onderzoek van een grooter aantal monsters kan worden vastgesteld (fig. 53), en het in fig. 55*b* aangegeven verband, dat den invloed van het humusgehalte op den samenhang tusschen K-HCl en K_2O -gehalte aangeeft.

De oorzaak van den invloed van het humusgehalte wordt gewoonlijk gezocht in het basenbindende vermogen van deze materie. Uit de overweging dat de verhouding van de kali tot het basenbindende bestanddeel voor de opname door de planten van meer belang zou zijn dan de hoeveelheid beschikbare kali zelf, is men indertijd bij zand- en dalgronden tot de invoering van de K-getal methode overgegaan. Het feit, dat een grond met een hooger gehalte aan uitwisselbare kali (bij benadering uitgedrukt door het K-HCl cijfer), niet meer kali aan het gewas ter beschikking stelt dan een andere grond, die minder kali, maar ook minder humus bevat, zoodat het K-getal in beide gevallen gelijk is, kan verklaard worden door aan te nemen, dat niet de kalivoorraad, maar de verzadigingsgraad van het basenbindende complex (de humus) met kali de beschikbaarheid bepaalt. Tusschen plantenwortel en complex bestaat dus in zekeren zin „een strijd” om de kali; niet de hoeveelheid met kali gedeeltelijk verzadigd complex, maar alleen de verhouding, het „kalipeil”, bepaalt de opneembaarheid van het gewas.

Het is echter de vraag of deze zienswijze wel juist is. Tegen de voorstelling van een strijd tusschen het basenbindende oppervlak en den plantenwortel kan de bedenking gemaakt worden, dat de binding van kali door den humus zeer los is, getuige het gemak, waarmede kali door regenval uit een zandgrond wordt weggespoeld (VAN DER PAAUW, 14, 19). Bovendien vond VISSER (26) op klei- en zavelgronden slechts een betrekkelijk geringen invloed van het gehalte aan afslibbare deelen, hoewel toch bekend is, dat de kali door deze grondsoorten veel vaster wordt gebonden. Het zou wel tamelijk merkwaardig zijn, dat de verhouding van kali tot basenbindend bestanddeel op kleigronden niet de reactie van het gewas zou bepalen, terwijl dit bij zand- en dalgronden, waar de binding van de kali zooveel losser is, wel het geval zou zijn.

Voor den invloed van het humusgehalte zou een andere eenvoudige verklaring kunnen worden gevonden in het van het humusgehalte afhankelijke soortelijke gewicht van humeuze gronden. Bij een humusrijken bodem staat het gewas op een veel geringere hoeveelheid grond dan bij een humusarmeren grond, waarvan het soortelijk gewicht hooger is. Op eenzelfde oppervlakte berekend staat in het eerste geval, bij gelijk K-HCl cijfer, een geringere hoeveelheid kali ter beschikking.

Indien deze verklaring juist ware, zou nog niet duidelijk zijn, dat deze invloed zich wel op de K-cijfers, maar niet op de P-cijfers doet gelden. Het is echter bekend dat de concentratie van het fosfaat in het bodemvocht, waaruit het fosfaat vermoedelijk voor een belangrijk deel door het gewas

zal worden opgenomen, zeer weinig afhankelijk is van de verhouding vloeistof/grond. Dit blijkt b.v. uit de vergelijking van de cijfers verkregen bij de extractie-verhoudingen 1 : 2½ en 1 : 5, welke weinig verschillen (zie O. DE VRIES, C. W. G. HETTERSCHIJ en F. VAN DER PAAUW, 34, tabel 1). Hetzelfde is ook door anderen gevonden (DIRKS en SCHEFFER 2, RAUTERBERG, 20, 21, ook NEEB, 13, in sommige gevallen). Gronden met gelijk P-citr, maar ongelijk soortelijk gewicht, zouden dus toch een vrijwel gelijke fosfaatconcentratie in het bodemvocht kunnen hebben. Dit is voor kali waarschijnlijk niet het geval.

Het volume-gewicht van een grond met 14½ % humus bedraagt gemiddeld 1,22, van een grond met 8 % humus 1,03. Uit de figuren 49 en 50 kan afgeleid worden dat een K-HCl 21 op zandgrond met 8 % humus ongeveer gelijkwaardig is met een K-HCl 29 bij een grond met 14½ % humus. Bij veengrond wordt gevonden (fig. 053), dat een K-HCl cijfer 37 bij een grond met 40 % humus, waarvan het volume-gewicht 0,66 bedraagt, gelijk te stellen is aan een K-HCl 47 bij een grond met 55 % humus, waar het volume-gewicht 0,56 is. Beide verschillen in K-HCl zijn wat te groot om ze geheel door het verschillende gewicht te verklaren, doch voor een belangrijk gedeelte is dit mogelijk.

Worden de zandgrond en de veengrond met elkaar vergeleken (fig. 58) dan blijkt een K-HCl 22 op zandgrond met 11 % humus, waarvan het volume-gewicht 1,13 bedraagt, gelijkwaardig met een K-HCl 37 op een veengrond met 40 % humus (vol. gew. 0,66). In dit geval komen de verschillen, wat orde van grootte betreft, goed overeen. Beide, in verschillende jaren verkregen resultaten, zijn evenwel niet volkomen vergelijkbaar.

Uit de aangehaalde voorbeelden is wel duidelijk geworden, dat uit den gevonden invloed van den humus op de kalireactie niet zonder meer geconcludeerd mag worden, dat de verzadiging van het basenbindende complex met kali hiervoor geheel verantwoordelijk is, al is een zekere invloed, zooals ook bij kleigronden gevonden is, wel aannemelijk te achten.

Door VISSER (26) is eveneens een invloed van het humusgehalte van humusrijkere kleigronden op het verband tusschen K-HCl en de reactie van het gewas gevonden. Het is bekend, dat de optimale kalktoestand van deze gronden aanmerkelijk lager is dan van normale kleigronden. De schijnbare invloed van den humus wordt door VISSER daarom in werkelijkheid voor een kalkinvloed gehouden. In ons geval behoeft waarschijnlijk niet met deze verklaringsmogelijkheid rekening te worden gehouden. De fosfaatreactie zou in dat geval eveneens van het humusgehalte afhankelijk moeten zijn, waarvoor evenwel aanwijzingen ontbreken.

De kennis van den invloed van het humusgehalte is van groote praktische beteekenis. Zonder dat deze in rekening wordt gebracht is het K-HCl-cijfer bij veengronden niet bruikbaar, zooals duidelijk blijkt uit fig. 58. Bij humusgehalten van resp. 40, 55 en 70 % zijn volgens deze figuren K-HCl cijfers van 37, 47 en 61 met elkaar gelijkwaardig. Deze cijfers wijzen alle een vrij sterke kalibehoefte aan.

Bovendien wordt het mogelijk de K-HCl methode ook bij zandgronden in toepassing te brengen. De voordeelen van een enkele, voor alle grondsoorten bruikbare analysemethode, liggen voor de hand. Het gebruik van een tweede methode voor een bepaalde grondsoort levert steeds moeilijkheden in overganggevallen. Daar evenwel de toepassing van een humuscorrectie het ge-

bruik van de K-HCl-methode in de praktijk niet gemakkelijk maakt, biedt de toepassing van het K-getal, waar deze correctie binnen bepaalde grenzen niet noodig is, ongetwijfeld zekere voordeelen.

De invloed van andere factoren

Over de invloeden van andere onderzochte factoren kunnen wij kort zijn. Voor zoover deze vastgesteld konden worden was de beteekenis niet van dien aard, dat hiermede in de praktijk rekening zal behoeven te worden gehouden.

De bemestingstoestand van de onder de graszode gelegen grondlaag van 5—10 cm bleek niet van belang te zijn voor de interpretatie van de in de bovenlaag vastgestelde fosfaatcijfers. Slechts in een geval werd hiervoor een flauwe aanwijzing verkregen. Voor praktijkadviezen kan dus met de kennis van den fosfaattoestand der zode worden volstaan. Wat kali betreft, was het niet mogelijk een onderscheid te maken tusschen den kalirijkdom van de zode en van de daaronder gelegen laag; beide zijn vrij nauw gecorreleerd. Om deze reden is ook in dit geval een belangrijke invloed van de onder de zode gelegen laag weinig waarschijnlijk.

Een invloed van het gehalte aan afslibbare deelen kon niet worden vastgesteld. Voor zoover de voorloopige bewerking van de gegevens hiervoor bij de kaliwerking eenige aanwijzing leek te verschaffen ('T HART en VAN DER PAAUW, 6), werden deze bij nadere bewerking niet bevestigd. Mogelijk zou deze factor voor de beschikbaarheid van kali op kleigrasland van meer beteekenis kunnen zijn. Bij de proefvelden op deze grondsoort heeft echter geen kalionderzoek plaats gevonden.

De invloed van de botanische samenstelling op de reactie van het gras op fosfaat en kali is in geen geval bijzonder groot. Bij de bewerking van de gegevens is in de eerste plaats gebruik gemaakt van den hoedanigheidsgraad (DE VRIES, 27, 28), welke werd toegekend op grond van de dominantieprocenten der soorten, waardoor een beoordeling van het grasland naar kwaliteit wordt verkregen, zonder dat op de afzonderlijke soorten, die tot de kwaliteit bijdragen, acht wordt geslagen. Het voordeel is evenwel, dat met een enkel hanteerbaar cijfer gewerkt wordt. In de tweede plaats zijn afwijkende uitkomsten afzonderlijk met de botanische samenstelling van het betreffende proefveld in verband gebracht, zonder resultaat evenwel. Een invloed van de kwaliteit van het grasland op de reactie op kali leek op veengrasland vrij duidelijk aanwezig te zijn (fig. 61). Onder invloed van kalibemesting zou het kaligehalte van het gras van perceelen met ongunstige botanische samenstelling sterker toenemen. Van veel practisch belang is deze vaststelling echter niet.

De fosfaat- en kalibemesting in verband met den bodemtoestand

Een inzicht over de werking van een fosfaatbemesting in den vorm van superfosfaat op de opbrengst wordt verschaft door de figuren 10, 21 en 38, van een kalibemesting in den vorm van kalizout 40 % door figuur 51. Ter betere onderlinge vergelijking van de eerstgenoemde figuren, waarvan fig. 10 den invloed ten opzicht van het P-getal weergeeft in tegenstelling tot beide andere, die op het P-citr betrekking hebben, kan opgemerkt worden, dat de

P-getallen 5, 15 en 25 op kleigrasland gemiddeld vergelijkbaar zijn met P-citr. cijfers van resp. 16, 47 en 77.

Het blijkt dat het resultaat van een fosfaatbemesting geleidelijk geringer wordt, naarmate de fosfaattoestand van den grond beter is. Opmerkelijk is echter dat zelfs bij betrekkelijk hooge P-cijfers nog een effect van de bemesting wordt verkregen. Mogelijk is dit toe te schrijven aan de mozaïekachtige verdeling van het fosfaat in den grond bij grasland (HETTERSCHIJ, 7), waardoor zelfs op grasland met een behoorlijk (gemiddeld) P-citr plekken voorkomen, waar de voorziening met fosfaat nog niet voldoende is.

Van belang is verder, dat het effect van een lichte bemesting in verhouding tot een zwaardere zoo gunstig is. Dit is een zeer bekend verschijnsel, dat als de wet van de verminderende meeropbrengsten bekend staat. Men verneemt echter ook wel eens de opvatting, dat een zeer lichte fosfaatbemesting geen resultaat zou hebben, omdat een dergelijke kleine hoeveelheid door den grond volledig vastgelegd zou worden. Hiervan is echter bij het onderzochte grasland geen sprake.

Bij zware bemesting werd op kleigrasland (fig. 10) in verscheidene gevallen schade van fosfaatbemesting ondervonden. Het samenstellen van een voor hoogere fosfaatgiften geldige kromme leverde daardoor moeilijkheden op. Te bedenken valt echter, dat de door ons vermelde resultaten betrekking hebben op gevallen, waarin zich geen schade van betekenis ten gevolge van verbranding heeft voorgedaan. Indien het verschijnsel van verbranding door superfosfaat optreedt, valt met belangrijk minder gunstige resultaten van de bemesting te rekenen.

De kalibemesting geeft overeenkomstige resultaten als de fosfaatbemesting (fig. 51). Lichte bemesting heeft in verhouding het gunstigste effect. Bij hooger kalitoestand kan een te zware kalibemesting tot een vrij aanzienlijke oogstdepressie leiden. De door een te zware kalibemesting ontstane schade houdt dus verband met den kalitoestand van den grond, in tegenstelling met de schade ten gevolge van een zware gift superfosfaat, welke verbranding veroorzaakt, en uiteraard zoowel op fosfaatarme als -rijke gronden kan voorkomen.

Het opvoeren van den fosfaattoestand vergt zware bemestingen met fosfaat. Dit in aanmerking genomen is de belangrijke uitwerking van lichte bemestingen van betekenis. Het is gebleken dat het effect bij alle onderzochte grondsoorten grooter is, dan overeenstemt met de stijging van P-getal of P-citr, welke onder invloed van de bemesting verkregen wordt. Een bemesting naar 20 kg/ha P_2O_5 had gemiddeld op kleigrasland een werking, die 3,5 maal zoo groot was, op veengrasland werd een 5,4 maal zoo groote werking vastgesteld, op zandgrasland een 3,8 maal zoo groote. Daar het effect van zwaardere giften relatief geringer is, is deze verhouding bij zware bemesting minder gunstig. Op alle drie de grondsoorten werd b.v. gevonden, dat deze verhouding bij een fosfaatbemesting naar 50 kg/ha slechts $\frac{2}{3}$ maal zoo gunstig is als bij een bemesting naar 20 kg.

Ook uit de resultaten van het chemische gewasonderzoek is hetzelfde gebleken. Op veengrasland was de stijging van het P_2O_5 -gehalte bij een bemesting naar 50 kg/ha P_2O_5 4,5 maal zoo groot als op grond van de toename van het P-citr te verwachten was, op zandgrasland ongeveer 3 maal zoo groot.

Alleen bij kleigrasland was het effect ongeveer van gelijke orde als verwacht zou mogen worden. Het was namelijk slechts 1,1 maal zoo groot; misschien zou bij een kleinere gift dus nog een zwak effect aanwezig zijn geweest.

Deze resultaten zijn van groot belang, omdat hieruit volgt dat een geregelde bemesting bij een middelmatigen fosfaattoestand de voorkeur heeft boven een kunstmatige verrijking van den grond door tijdelijk zeer zware bemestingen te geven. De oude regel, dat men met fosfaat „den grond” moet bemesten, d.w.z. in de eerste plaats voor een gunstigen fosfaattoestand moet zorgen, in tegenstelling met b.v. stikstof, waarmede men „de plant” bemest, gaat voor het grasland zeker niet op (tenzij in zeer extreme gevallen van fosfaatgebrek).

Bovendien moet nog bedacht worden dat de bovengenoemde verhoudingscijfers slechts gemiddelden zijn. In het voorgaande zijn de gevallen, waarin de pH uitwerking had op het effect van de bemesting, uitvoerig besproken. Er is b.v. aangetoond dat het effect van een kleine fosfaatbemesting op veengrasland bij een lage pH van 5,2 ongeveer 3 maal zoo groot is als het effect bij een pH 6,0. Bij de proefvelden op deze grondsoort werd vastgesteld dat het gemiddelde effect van een verse fosfaatbemesting 5,4 maal grooter was dan met de stijging van het P-citr overeen kwam. Hieruit mogen wij afleiden dat de uitwerking van een lichte bemesting met versch fosfaat in sommige gevallen wel tot bijna 10 maal zoo groot is, als verwacht zou mogen worden. Bij kleigrond werd daarentegen gevonden, dat een middelmatige pH tot het gunstigste effect van de bemesting leidt (fig. 12); zwakkere aanwijzingen hiervoor zijn gevonden bij zandgrasland (fig. 40).

Het omhoog brengen van den kalistoestand vereischt in verhouding veel minder zwaar gebruik van meststof, althans op zandgrond. Ook in dit geval werd gevonden dat een verse bemesting een grootere uitwerking op de opbrengst heeft dan kali, welke reeds in den grond aanwezig is. De grootte van dit effect was echter niet zoo eenvoudig te bepalen. Vergelijken wij met de stijging van het kaligetal, welke theoretisch door een lichte bemesting naar 30 kg/ha K_2O kan worden teweeggebracht, dan is de werking ruim $2 \times$ zoo groot; in vergelijking met de werkelijk vastgestelde stijging van het K-getal echter bijna $4 \times$ zoo groot. Bij veengrasland lukte de vaststelling van het effect, wegens onnauwkeuriger opbrengstcijfers, minder goed.

Een belangrijk verschil met de fosfaatreactie werd evenwel gevonden bij het chemische gewasonderzoek. Een sterker effect van de verse bemesting kon noch op zandgrond, noch op veengrond, worden aangetoond. Integendeel bleek deze kali zelfs lager gewaardeerd te moeten worden. Een verklaring werd gevonden door aan te nemen, dat de grootte van de opbrengst reeds vroegtijdig bepaald wordt: een bemesting brengt mee dat het gras zich vlug ontwikkelt. Het kaligehalte zou echter vooral bepaald kunnen worden door het evenwicht tusschen plant en bodem, op het oogenblik waarop het gras gesneden wordt. Inderdaad waren de verschillen tusschen de bij den oogst bepaalde K-getallen van niet en wel met kali bemeste objecten zoodanig, dat de verschillen in K_2O -gehalte hierdoor te verklaren zijn (blz. 969).

De gunstige werking van een verse fosfaat- of kalibemesting wordt begrijpelijk als men bedenkt, dat voor den overgang van den goed opneembaren vorm, waarin de voedingstof in de mest gegeven wordt, in een door den

grond vastgelegden, minder voor het gewas beschikbaren vorm, een zekere tijd vereischt wordt. De meststof wordt bij grasland over het dicht doorwortelde bovenlaagje, in zekeren zin bijna over de wortels uitgestrooid. De vastlegging door den grond kan pas invloed doen gelden, naarmate de meststof dieper indringt en met meer gronddeelen in aanraking komt. Bovendien is het door onderzoek van GOEDEWAAGEN (4) bekend, dat de ophooping van fosfaat in dunne bodemlagen voor de opname bevorderlijk is.

Het gewas reageert tot op zekere hoogte, alsof alleen de meststofvoorziening van een bovenste bodemlaagje voor de vorming van de opbrengst van belang is. Gewoonlijk is kali vrij regelmatig door den grond verdeeld; onmiddellijk na kalibemesting zal alleen de kalitoestand van een dun bovenste laagje zeer aanzienlijk toenemen. Aangezien de waarde van de toegevoegde kali wel 4 maal zoo groot is als van de reeds in de 5 cm dikke zodelaag aanwezige kali, kan men zich ook zoo uitdrukken, dat de opbrengst van het gras reageert, alsof alleen het kaligetal van een bovenlaagje van 1 à 1,5 cm dikte hiervoor bepalend is.

Welke gevolgtrekkingen zijn nu naar aanleiding van het bovenstaande voor de praktijk van de bemesting te maken? In de eerste plaats herhalen wij het algemeene gezichtspunt, dat het doelmatiger is den bemestingstoestand niet te hoog op te voeren, maar door een geregelde middelmatige bemesting steeds opnieuw van het voordeel van de goede beschikbaarheid van pas gegeven meststof te profiteren. Uiteraard geldt deze regel slechts voor normale tijden, waarin de betreffende meststoffen steeds voor redelijke prijzen beschikbaar zijn. Een te zware bemesting zou misschien als verzekeringspremie voor onzekere tijden verantwoord kunnen zijn, vooral als de bemestingstoestand wat al te zeer aan den lagen kant is en bij weglaten van de bemesting belangrijke oogstdepressies te duchten zijn. Dit is ook van voordeel voor latere groeiperioden van het gras, waarbij men gewoonlijk geen bemesting toedient. Teneinde geen opbrengst van het nagras te derven, dient zoowel de fosfaat- als de kalitoestand tenminste middelmatig te zijn. Men kan hierbij b.v. denken aan een P-citr 40—60, een K-getal 25—35, en K-HCl cijfers, waarbij bij weglaten van kali de verwachte opbrengstdepressie een bedrag van 10 % niet overtreft (zie fig. 58).

In de tweede plaats zal de uitslag van het grondonderzoek de benoodigde hoeveelheid helpen bepalen. Maatstaf hiervoor is wat economisch verantwoord is. De bepaling van de rentabiliteit van een bemesting, welke niet alleen het bemeste gewas voedt, maar bovendien den bemestingstoestand van den grond verbetert, en eventueel ook de kwaliteit van de graszode, de botanische samenstelling, beïnvloedt, is evenwel een uiterst gecompliceerd vraagstuk. Men mag zich feitelijk niet vergenoegen met de vaststelling, dat de voor de bemesting aangewende kosten zich door een opbrengstvermeerdering betaald maken, zooals b.v. bij stikstofbemesting, welke geen of slechts geringe nawerking heeft, het geval is. Een op deze wijze juist rendabele bemesting kan b.v. te licht zijn om den bestaanden bemestingstoestand op hetzelfde peil te handhaven. In geval de grond zeer rijk aan kali of fosfaat is, behoeft hiertegen geen bezwaar te zijn; integendeel kan het mobiel maken van een dood bodemkapitaal dat tot hooge opname leidt, zonder dat dit met voordeel gepaard gaat, slechts torgejuicht worden. Bij gronden met middelmatige voorziening

is dit evenwel bedenkelijk en bij bepaald arme gronden zou een verzwaaring van de bemesting boven de directe rentabiliteitsgrens als cultuurmaatregel te verdedigen zijn.

De directe rentabiliteit, waaronder wij de waarde van het na de bemesting meer geoogste gewas in verhouding tot de kosten der bemesting verstaan (vgl. VAN DER PAAUW, 18), met afzien van de beteekenis van de bemesting als cultuurmaatregel, is afhankelijk van de prijzen van de meststof, het strooiloan en van de waarde van het oogstproduct. Wij willen aannemen dat een bemesting met 1 baal superfosfaat 20 % zich in een bepaald geval betaald maakt, als de opbrengstvermeerdering 1 procent bedraagt van de maximaal bereikbare opbrengst, welke wij gemiddeld op 50 q/ha hooi stellen. Deze verhouding is misschien iets gunstiger dan de vooroorlogse toestand, doch dient slechts om ons een zekeren maatstaf te verschaffen. Voor 1 baal kalizout 40 % zouden wij de berekening op een opbrengstvermeerdering van 2 % kunnen baseeren.

Uit de figuren 10, 21 en 38 blijkt nu onmiddellijk, dat een zeer lichte fosfaatbemesting naar 20 kg/ha P_2O_5 , ofwel 1 baal superfosfaat, zich gemiddeld tot vrij hooge P-citr-cijfers betaald maakt. De grens ligt zeker bij een P-citr 80—100, zoodat eerst boven deze grens een volledig weglaten van de bemesting geheel verantwoord is. Bij lagere P-citr-cijfers, b.v. P-citr 50 of 60, levert een dergelijke lichte gift reeds een belangrijk voordeel op, maar is ook een zwaardere bemesting verantwoord. Volgens fig. 10 en 21 zou een verhooging van 20 tot 50 kg bij P-citr 50 toelaatbaar zijn, volgens fig. 38 is hier de directe rentabiliteitsgrens al iets overschreden.

Naar onze meening moet de directe rentabiliteit wel ongeveer het minimum zijn, waarnaar men de bemesting moet richten, de bemesting dient immers ook voor het na de eerste snede groeiende gras. Dit houdt dus in dat de bemesting bij een P-citr 25 wel tot 90 kg/ha verzaard kan worden, bij fosfaat armere gronden tot nog grootere bedragen. Er dient evenwel rekening mee te worden gehouden dat het gevaar van schade door verbranding bij verzwaaring van de bemesting toeneemt.

Bij kalibemesting op zandgrond moeten bij vrij kalirijke gronden iets hogere eischen aan de rentabiliteit gesteld worden. Het stichten van een kalivoorraad kan immers niet als een gewenscht doel beschouwd worden, daar te veel kali tot overmatige verliezen door uitspoeling en overbodige, misschien voor het vee zelfs niet onbedenkelijke, luxe-consumptie van kali leidt. Bij een K-getal 50 zou volgens fig. 51 een bemesting naar 40 kg/ha K_2O , ofwel met 1 baal kalizout, mogelijk zelfs nog wel bijna rendabel zijn; om genoemde redenen zal men een dergelijke bemesting echter pas toedienen bij een K-getal van ongeveer 40. Bij kali-armere gronden is de uit fig 51 berekende kalihoeveelheid evenwel vermoedelijk te licht om de onttrekking in evenwicht te houden. Bij een kaligetal 20 is b.v. een bemesting naar 120 kg uit een oogpunt van directe rentabiliteit nog even verantwoord, deze hoeveelheid zal echter gewoonlijk te gering zijn om den kalitoestand op dit peil, dat al vrij laag is, te houden. Voor nadere beschouwingen over de gewenschte kalibemesting kan verder verwezen worden naar de publicatie van 'T HART en VAN DER PAAUW, (6), waarin de meststofnormen aan de hand van ervaringen op langjarige proefvelden zijn opgemaakt.

Het blijkt uit het bovenstaande wel, dat het resultaat van een grond-onderzoek niet zoozeer in het licht van een keuze tusschen geen of wel bemesting gezien moet worden, maar veeleer uit het oogpunt van een meer of minder. Een zuinige bemesting op een matig rijken grond is waarschijnlijk het voordeelgigst, doch een zwaardere bemesting, vooral met fosfaat, verrijkt op den duur den grond en verschaft grootere bedrijfszekerheid en onafhankelijkheid van de toevallige situatie van de meststoffenmarkt.

Het is verder niet overbodig er op te wijzen, dat de verkregen uitkomsten gelden voor gevallen, waarin een stikstofbemesting naar 50 kg/ha N is toegediend. Volgens onderzoekingen van FRANKENA en BOTH (3) en andere, nog niet gepubliceerde ervaringen, neemt de behoefte aan fosfaat en kali bij stijgende N-bemesting toe. Zonder N-bemesting is de kans op P- of K-gebrek minder groot. Verder spreekt het vanzelf dat de verkregen resultaten alleen betrekking hebben op de meststoffen superfosfaat en kalizout 40 %. Weliswaar is het waarschijnlijk dat met zeer verwante meststoffen soortgelijke effecten kunnen worden vastgesteld, maar of deze van dezelfde orde zullen zijn, is allerminst zeker. In geen geval zullen deze beschouwingen b.v. mogen dienen voor berekeningen omtrent de rentabiliteit van een bemesting met slakkenmeel. Hierover zullen alleen voor dit doel opgezette onderzoekingen inzicht kunnen geven.

Het chemische onderzoek van gras als methode ter beoordeeling van den bemestingstoestand

Na de uitvoerige beschouwingen van VAN ITALLIE (8, 9, 10), waarin de beteekenis van het chemische gewasonderzoek van verschillende zijden belicht is, is het overbodig hieraan veel woorden te wijden. Het verrichte onderzoek gaf evenwel een nieuw inzicht over de bruikbaarheid van het gewasonderzoek om den bemestingstoestand van den grond te beoordeelen.

Nemen wij de opbrengstbepaling als criterium voor de bruikbaarheid van het chemische gewasonderzoek als methode ter bepaling van den vruchtbaarheidstoestand van den grond, dan blijkt bij dit materiaal een vrij behoorlijke correlatie te worden gevonden. Deze is echter in het algemeen niet beter, eerder iets minder, dan het verband tusschen de waarden van het grond-onderzoek en de opbrengst, zoodat om deze en ook om praktische redenen de methode van het grondonderzoek steeds als algemeene methode den voorrang zal hebben.

Opgemerkt moet evenwel worden, dat de methode van het gewasonderzoek toch ook nog iets anders geeft. De goede opneembaarheid van versch gegeven fosfaat bleek in de P_2O_5 -gehalten van het gras in de meeste gevallen wel te voorschijn te komen, terwijl dit door grondonderzoek niet aantoonbaar was. Het gewasonderzoek geeft dan ook veeleer een inzicht in de gesteldheid van den grond, zooals deze door het gewas is ondervonden, in tegenstelling tot het grondonderzoek, dat meer een blijvenden, niet door tijdelijk gevarieerde omstandigheden beheerschten toestand weergeeft (VAN ITALLIE). Voor bepaalde doeleinden kan het van belang zijn juist deze gesteldheid te kennen; wij zelf maakten er gebruik van om er de bij de opbrengsten gevonden goede werking van versch fosfaat mee te bevestigen. Anderzijds is deze grootere

gevoeligheid van de methode voor praktische toepassing een bezwaar; bij met fosfaat bemesten grond worden veel hogere gehalten gevonden dan met den fosfaatrijkdom van den grond overeenkomt. Bij de interpretatie van de verkregen cijfers zou dus met de gegeven bemesting rekening moeten worden gehouden, wat, de verschillende factoren die het effect van een versche bemesting bepalen (o.a. pH, regenval) in aanmerking genomen, slechts op weinig nauwkeurige wijze zou kunnen gebeuren.

Wij hebben verder gezien hoe de fosfaat- en kalistoestand van den grond bij de verschillende proefseries op bevredigende wijze in het P_2O_5 - en K_2O -gehalte weerspiegeld worden en dat vooral de invloed van de pH en het humusgehalte op de optredende reactie door middel van de gewasanalyse op duidelijke wijze aan het licht is gebracht. Tusschen de resultaten van de verschillende proefseries bestaat echter zeer geringe overeenstemming. Dit blijkt duidelijk uit fig. 65, waarin alle krommen, die het verband tusschen het P-citr en het

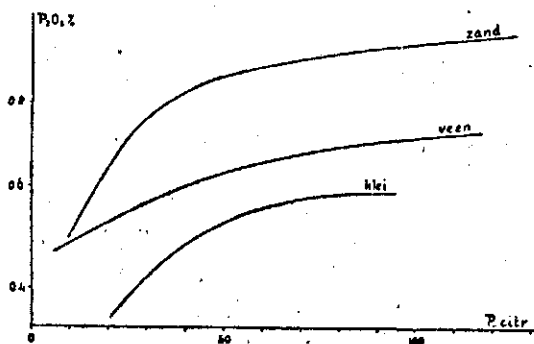


Fig. 65

Verband tusschen P-citr en het P_2O_5 -gehalte van het gras bij de proefseries op klei-, veen- en zandgrasland.

P_2O_5 -gehalte weergeven, zijn bijeengebracht (vgl. ook met fig. 62). Weliswaar bestaat er geen zekerheid dat in deze jaren gras van gelijken ouderdom (gelijk N-gehalte) is geoogst, doch de verschillen zijn zoo groot, dat een correctie van dit verschil hier nauwelijks van belang kan zijn. Ook VAN ITALLIE (8, 9, 10) heeft gevonden, dat het gehalte in verschillende jaren zeer uiteen kan lopen. Om deze reden is de beteekenis van het chemisch gewasonderzoek als algemeene methode om den vruchtbaarheidstoestand van den grond te bepalen beperkt. De beteekenis voor de bewerking van sommige landbouwkundige vraagstukken kan daarentegen moeilijk te hoog worden aangeslagen.

Bespreking van den gevolgdten proefopzet

Ter behandeling van de vraag welke waarde er aan het grondonderzoek op fosfaat en kali bij grasland toekomt, is de weg gekozen series vrij kleine proefvelden in graslandgebieden van beperkten omvang uit te voeren.

De beperking tot een klein gebied heeft het voordeel gehad, dat het aantal proefvariabelen door al te sterke verschillen in bodemtoestand niet te groot is geworden. Een ander voordeel was, dat de ligging in een klein gebied de uitvoering van de proeven vanuit een centraal gelegen punt mogelijk maakte.

Het aantal van ongeveer 20 proefvelden in een serie blijkt juist gekozen te zijn. Bij dit aantal was het in het algemeen mogelijk het verband tusschen den bodemtoestand en de reactie van het gewas behoorlijk vast te stellen. Eveneens is het gelukt den invloed van de voornaamste nevenfactoren te onderkennen. Het is niet aannemelijk dat een matige uitbreiding van dit aantal ons veel meer geleerd zou hebben. Dit zou pas te verwachten zijn bij een zeer belangrijke uitbreiding over grootere gebieden en bij wijdere variatie van nevenfactoren, zooals pH, humusgehalte, enz. Evenwel is toch de indruk verkregen, dat een aantal van 20 proefvelden ongeveer als een minimum moet worden beschouwd. Een verdere beperking van eenig belang zou verschillende vaststellingen zeer onzeker hebben gemaakt. Men ziet dit b.v. reeds bij de vaststelling van het verband tusschen K-getal en opbrengst; resp. K_2O -gehalte (fig. 41, 45), waar het verloop van de kromme niet voldoende nauwkeurig kon worden vastgesteld, omdat er te weinig gevallen met hoog K-getal aanwezig waren, of bij den invloed van de pH op het verband tusschen P-citr en het P_2O_5 -gehalte, resp. de toename van dit gehalte (fig 20 en 24) bij veengrond, waar te weinig lage pH-waarden voorkomen. De mogelijkheid van eenige mislukkingen in aanmerking genomen, zou dus een proefopzet met ongeveer 25 proefvelden per serie in niet te groote gebieden wel als de toelaatbare grens moeten worden beschouwd.

Het was verder de bedoeling bij elk proefveld de opbrengst van niet met fosfaat-, resp. kali bemesten grond in procenten van een maximaal mogelijke opbrengst te bepalen en de opbrengstvermeerderende werking van verschillende meststofgiften te bepalen. Vooral voor het eerste is het noodig een volledige opbrengstkromme met nauwkeurige vaststelling van het beginpunt (de opbrengst zonder bemesting) en van het maximum te verkrijgen. Voor dit doel was de grootte van de proefvelden, 8 veldjes per proefveld in 1939, 10, resp. 11 in 1940 en 1941 (voor zoover het alleen fosfaat of alleen kali betreft) ongetwijfeld aan den kleinen kant, in het bijzonder bij onregelmatige perceelen, zooals vooral op veengronden voorkomen. Gedeeltelijk is hieraan tegemoet gekomen door uitvoering van vruchtbaarheidscorrecties. Twee niet met fosfaat of kali bemeste veldjes per proefveld is in het algemeen te weinig om het belangrijke beginpunt vast te leggen. Voor het verkrijgen van voldoende nauwkeurigheid zijn dus proefvelden van een middelmatige grootte een vereischte. Indien men echter zou willen volstaan met de bepaling van in absolute maat uitgedrukte opbrengstvermeerderingen, zonder te herleiden op een maximaal te bereiken opbrengst, zouden belangrijk kleinere proefvelden mogelijk zijn. VISSER (26) volstond bij zijn onderzoek met 5 veldjes per proefveld. Sommige vragen, zooals de vaststelling van den invloed van nevenfactoren op de opbrengst van onbemesten grond, resp. de door bemesting onder bepaalde omstandigheden maximaal mogelijke opbrengstvermeerdering, zullen dan echter niet tot oplossing kunnen worden gebracht.

Voor zoover het de bepaling van de opbrengst betreft, als deze als criterium voor de reactie van het gewas op een bemestingstoestand of bemestingsmaatregel wordt genomen, zal een min of meer uitgebreide proefopzet noodig zijn. Wij hebben echter gezien dat ook op andere, veel eenvoudiger middelen vereischende wijzen belangrijke inzichten te verkrijgen zijn. Door geregelde visuele waarneming van het groeiende gewas en uitdrukking van

deze waarnemingen in waardeeringseijfers, kunnen betrouwbare inzichten in de behandelde problemen worden verkregen. Doordat op grasland het gewas, waarnaar gekeken wordt, ook als zoodanig in zijn geheel wordt geoogst, in tegenstelling met bouwlandgewassen zooals aardappelen en granen, waar de ontwikkeling van vegetatieve deelen wordt bekeken, maar de knollen of de korrels geoogst worden, is het mogelijk een vrij nauwkeurige schatting van de opbrengst te krijgen. Een beperking tot deze schattingen en waarnemingen van het groeiverloop zou op veel eenvoudiger proefvelden met een kleiner aantal veldjes van geringeren omvang kunnen gebeuren. De geringere nauwkeurigheid zou door een grooter aantal ondervangen kunnen worden. Ongetwijfeld vraagt deze wijze van proefveldopzet de aandacht, vooral in die gevallen, waarin men over beperkter mogelijkheden beschikt.

Verder bleek het chemische gewasonderzoek gegevens te verschaffen, die, ondanks het feit dat per proefveld slechts 3 monsters in onderzoek zijn genomen, in sommige opzichten tot een belangrijk nauwkeuriger inzicht in de waarde van de verschillende analysemethoden van het grondonderzoek, en den invloed van nevenfactoren op de waardeering hiervan, hebben geleid. Voor dit onderzoek zouden reeds zeer eenvoudige proefvelden voldoende zijn geweest; ja het zou denkbaar zijn een dergelijk onderzoek geheel zonder proefvelaanleg uit te voeren en zich geheel tot gelijktijdige bemonstering van grond en gewas te beperken.

De uitkomsten van de verrichte onderzoekingen hebben betrekking gehad op gebieden van beperkten omvang en steeds slechts op een enkel proefjaar. Deze resultaten geven ongetwijfeld reeds in hoofdlijnen aan welke beteekenis aan de verschillende bepalingen toe te kennen is en met welke factoren voornamelijk rekening zal moeten worden gehouden. Om een grondslag te verschaffen voor de toepassing van het grondonderzoek als maatstaf van de bemestingspraktijk op alle voorkomende graslandtypen in ons land, is het beschikbare materiaal echter nog niet voldoende. Deze zal slechts verkregen kunnen worden door uitvoering van soortgelijke onderzoekingen in de verschillende deelen van Nederland.

KORTE SAMENVATTING VAN DE RESULTATEN

In drie opeenvolgende jaren zijn op klei-, veen- en zandgrond series fosfaat- en kaliproefvelden gelegen op grasland aangelegd met in de eerste plaats tot doel een inzicht te verkrijgen in het verband tusschen den door het grondonderzoek bepaalden fosfaat- en kalitoestand van den grond en de in het gedrag van het gewas tot uiting komende behoefte aan fosfaat en kali. De proefveldserie op kleigrond had slechts betrekking op het fosfaatonderzoek. Elke serie is aangelegd in een klein homogeen graslandgebied, waarin perceelen uitgezocht zijn met zeer uiteenlopenden fosfaat- en kalitoestand van den grond en ruime variatie in andere bodemkundige factoren en in botanische samenstelling van de graszode.

De reactie van het gras is bepaald door bemestingen met fosfaat en kali in verschillende hoeveelheden te geven, waarvan het effect in de eerste plaats door middel van opbrengstbepalingen werd nagegaan. De gegeven hoeveelheden waren zoodanig, dat voor elk proefveld de opbrengsten van de objecten

in procenten van een bereikbaar maximum konden worden aangegeven. Eveneens werden tijdens de ontwikkeling van het gras waarnemingen over het optreden van gebreksverschijnselen verricht, welke tenslotte in een enkel waardeeringscijfer werden uitgedrukt. Als derde maatstaf voor de reactie van het gras op fosfaat en kali zijn de in de droge stof van het geoogste gras bepaalde P_2O_5 - en K_2O -gehalten gebruikt.

Het onderzoek bracht aan het licht, dat de methode van grondonderzoek zeer bruikbaar is om den fosfaat- en kalitoestand van het grasland te bepalen.

De samenhang tusschen het P-citr-cijfer en de reactie van het gewas is in het algemeen bevredigend. De waardeering, welke aan het P-citr toegekend kan worden, loopt bij de verschillende grondsoorten niet ver uiteen.

In het kleine kleigraslandgebied werden evenwel, in tegenstelling met vroegere ervaringen met een proefveldmateriaal, dat op verscheidene gebieden betrekking had, met het P-getal nog gunstiger resultaten verkregen. Dit wijst er op, dat deze methode in bepaalde gevallen goed bruikbaar kan zijn. Op veen- en zandgrond waren de ervaringen met deze methode echter minder gunstig, wat een gevolg is van een sterke afhankelijkheid van de methode van de pH van den grond. De door het P-getal aangegeven afnemende oplosbaarheid van het bodemfosfaat bij stijgende pH wordt blijkbaar door het gras niet, of in veel geringere mate als een belemmering van de fosfaatopname ondervonden. Een op een gelijke pH-waarde herleid P-getal had daardoor een grootere correlatie met de reactie van het gras.

Voordeelen boven de P-citr-methode heeft een op constante pH-waarde herleid P-getal bij deze grondsoorten echter niet. Er werden geen aanwijzingen verkregen, dat het gebruik maken van een minder nauwkeurige methode naast een betere methode nog tot een verfijning van het op grondonderzoek gebaseerde advies zou kunnen leiden, zooals het geval zou kunnen zijn als beide methodes een wezenlijk verschillend inzicht in de beschikbaarheid van het fosfaat zouden verschaffen.

De fosfaattoestand wordt voldoende gekarakteriseerd door de in de zodelaag (0—5 cm) bepaalde cijfers. De fosfaattoestand van de onder de zode gelegen laag (5—10 cm) heeft weinig of geen invloed op de wijze van reactie van het gras.

Het verband tusschen den fosfaattoestand van den grond, uitgedrukt in het P-citr-cijfer, en de reactie van het gras staat onder invloed van de pH. Deze invloed komt vooral tot uiting in de P_2O_5 -gehalten van het gras, welke bij alle onderzochte grondsoorten zoowel op niet als op wel met fosfaat bemesten grond het hoogst uitvallen bij een middelmatige pH-waarde van ongeveer 5,6, maar welke bij hogere en lagere pH geringer zijn. Ook in de zichtbare verschijnselen van fosfaatgebrek, die bij weglaten van de fosfaatbemesting optraden, kon de invloed van de pH worden aangetoond. Dat deze invloed niet in de opbrengstcijfers tot uiting kwam, is vermoedelijk aan de grootere onnauwkeurigheid van de opbrengstbepaling toe te schrijven.

Het verband tusschen het K-getal, dat bij humeuze zandgronden bepaald wordt, en de reactie van het gras bleek zeer goed te zijn. Binnen de grenzen van 8 en $14\frac{1}{2}$ % humus was de waarde van het K-getal niet afhankelijk van het humusgehalte van den grond. Dit is wel het geval bij de K-HCl-methode, welke bij klei- en veengronden gebruikelijk is. Slechts na het in rekening

brengen van het humusgehalte levert deze methode bruikbare resultaten op. Onder dezelfde voorwaarde kan de methode ook bij zandgrond worden toegepast.

De pH heeft eveneens invloed op het verband tusschen de genoemde K-waarden en de reactie van het gras, die van overeenkomstigen aard is, als bij het fosfaatonderzoek werd gevonden. Bij een middelmatige pH-waarde van 5,6 blijkt namelijk de opname van kali het gunstigst te zijn.

De toepassing van het K-getal op zandgrond heeft tot voordeel, dat bij de interpretatie alleen met de pH, maar niet met het humusgehalte rekening behoeft te worden gehouden, al zal het gebruik van 2 methodes moeilijkheden kunnen opleveren in overganggevallen. De K-getal-methode bleek namelijk alleen toepasselijk bij humeuze zandgronden.

Er bestaat een vrij nauwe correlatie tusschen den K-rijktom van de zode en van de daaronder gelegen laag, zoodat niet nagegaan kon worden welke invloed aan in deze laag voorkomende kali toekomt. Voor practische doeleinden is de bepaling van den K-toestand van de zodelaag echter voldoende.

Vergeleken met den invloed van de pH en het humusgehalte is de invloed van andere factoren op de P- of K-reactie van ondergeschikt belang. Zelfs de botanische samenstelling van de graszode, welke zeer uiteenliep, schijnt geen grooten invloed te hebben op de wijze, waarop het grasland op fosfaat en kali reageert.

De invloed van de pH op de fosfaat- en kalivoeding is van dien aard, dat hiermee bij de behandeling van het grasland rekening dient te worden gehouden. Bij alle soorten grasland was een pH van ongeveer 5,6 optimaal voor de opname van fosfaat en kali. Voor zoover niet andere overwegingen gelden, zal deze pH-waarde voor grasland als wenschelijk moeten worden beschouwd, aangezien het overgrootste deel van ons grasland in meerdere of mindere mate behoefte heeft aan fosfaat en kali, en de gunstigst mogelijke fosfaat- en kaliopname alleen bij deze pH verzekerd is.

Aan de mogelijke verklaring van den invloed van pH en humusgehalte zijn in den tekst beschouwingen gewijd (blz. 988—994, 996—997).

Een bemesting met superfosfaat bleek bij alle grondsoorten een belangrijk grootten invloed te hebben op de stijging van de opbrengst en van het P_2O_5 -gehalte van het gras, dan in overeenstemming te brengen is met de betrekkelijk geringe verbetering van den fosfaattoestand van den grond. De werkzaamheid van dit kort tevoren gegeven fosfaat was gemiddeld 3—5 maal, in enkele gevallen zelfs tot bijna 10 maal zoo groot als van het fosfaat, dat zich reeds langer in den grond bevindt. Het in stand houden van een middelmatigen fosfaattoestand met geregelde, matige fosfaatbemesting lijkt dus de doelmatigste wijze van bemesten. Vooral de werking van een kleine gift is in verhouding groot, zoodat deze zelfs bij vrij hooge fosfaatcijfers met voordeel kan worden gegeven.

Eenzelfde gunstige werking van een kort tevoren gegeven kalibemesting in den vorm van kalizout 40 % kon op zandgrond worden aangetoond. Deze werking is 2—4 maal grooter dan op grond van de teweeggebrachte stijging van het K-getal te verwachten is. De gunstige invloed komt echter alleen tot uiting in de opbrengst, niet in het K_2O -gehalte van het gras, dat bepaald schijnt te worden door den kalitoestand van den grond op het tijdstip van

den oogst, welke dan als gevolg van de kali-opname veel lager geworden is dan onmiddellijk na de bemesting. Een zeer lichte kalibemesting geeft zelfs bij vrij hoogen K-toestand een gunstig effect; een zware bemesting veroorzaakt in dit geval veelal een oogstdepressie.

De methode van het chemische gewasonderzoek bleek uitermate geschikt om de reactie van het gras op den P- en K-toestand van den grond en de bemesting te toetsen, en stelde in staat den invloed van nevenfactoren vast te stellen. Het verband tusschen de waarden van het grondonderzoek en de gehalten aan P_2O_5 en K_2O van het gras was in sommige gevallen zeer nauw. Aan deze methode komt daarom bij dit onderzoek groote beteekenis toe.

Van belang zijn ook de tijdens de ontwikkeling van het gras verrichte waarnemingen over het optreden van fosfaat- en kaligebrek. Door deze waarnemingen in een enkel waardeeringscijfer uit te drukken, was het mogelijk de reactie van het gewas op den bodemtoestand op vrij nauwkeurige wijze aan te geven.

Er wordt op gewezen dat men door toepassing van beide genoemde methodes op eenvoudige wijze tot waardevolle inzichten in de betreffende vraagstukken kan geraken. Opbrengstbepalingen vereischen een veel uitvoeriger onderzoek.

De proefveldopzet in serieverband, waarbij ongeveer 20 proefvelden gelijktijdig in eenzelfde gebied zijn aangelegd, heeft in het algemeen goed voldaan. Het aantal 20 is bij dergelijk werk wel ongeveer als een minimum te beschouwen.

Literatuur

1. BRUIN, P.: Samenvatting van eenige resultaten van kalkproeven op bouwland. *Rogge. Verslag. Landb. Onderzoek.* 42A, 773 (1936).
2. DIRKS, B. en SCHEFFER, F.: Vergleichende Untersuchungen über das Nährstoffbedürfnis der Kulturböden. *Landw. Jahrb.* 67, 779 (1928).
3. FRANKENA, H. J. en BOTH, M. P.: Eenige fosforzuur- en kalibemestingsproeven op grasland. *Verslag. Landb. Onderzoek.* 45A, 591 (1939).
4. GOEDEWAAGEN, M. A. J.: Het wortelstelsel der graanplanten bij ongelijke verdeling der meststoffen in den grond. *Verslag. Landb. Onderzoek.* 39A, 343 (1933).
5. GOEDEWAAGEN, M. A. J.: Het wortelstelsel der Landbouwgewassen. 's-Gravenhage, Algemeene Landsdrukkerij, 1942.
6. HART, M. L. 't en PAAUW, F. VAN DER: Kalibemesting op grasland. Directie van den Landbouw. *Landbouwvoorlichtingsdienst. Meded.* 30, 1942, Wageningen.
7. HETTERSCHIJ, C. W. G.: Die Verteilung der Phosphorsäure im Boden. *Die Phosphorsäure*, 5, 215 (1935).
8. ITALLIE, TH. B. VAN: De fosforzuur- en kaligehalten van gras als aanwijzing voor de fosforzuur- en kaligesteldheid van grasland. *Landbouwkund. Tijdschr.* 47, 17 (1935).
9. ITALLIE, TH. B. VAN: De chemische samenstelling van gewassen in verband met landbouwkundige vraagstukken. Algemeene Landsdrukkerij (1938).
10. ITALLIE, TH. B. VAN: De beteekenis van het gewasonderzoek bij fosforzuur- en kaliproefvelden in Nederland. *Verslag. Landb. Onderzoek.* 45A, 679 (1939).
11. JENNY, H. en OVERSTREET, R.: Cation Interchange between Plant Roots and Soil Colloids. *Soil Sc.* 47, 257 (1939).
12. JENNY, H. en OVERSTREET, R. en AYERS, A. D.: Contact Depletion of Barley Roots as Revealed by Radioactive Indicators, *Soil Sc.* 48, 9 (1929).
13. NEEB, G. A.: Een onderzoek over de fosphaatbehoefte der Java-suikerrietgronden. *Arch. v. d. Suikerindustrie in Ned. Indië* 3, 1031 (1933).
14. PAAUW, F. VAN DER: Het kalivraagstuk op de zand- en dalgronden. *Verslag. Landb. Onderzoek.* 42A, 393 (1936).
15. PAAUW, F. VAN DER: Over den samenhang tusschen groeifactoren en opbrengst en de principes, die dit verband bepalen. *Landbouwk. Tijdschr.* 50, 795 (1938).

16. PAAUW, F. VAN DER: Het grondonderzoek op fosforzuurtoestand bij klei- en laagveengrasland. *Landbouwkund. Tijdschr.* 51, 524 (1939).
17. PAAUW, F. VAN DER: Het nut van grondonderzoek voor de vaststelling van de fosforzuurreserve van kleigrasland en de waarde van een nieuw toegediende fosforzuurbemesting in verhouding tot die van den reeds aanwezigen fosforzuurvoorraad. *Korte Meded. Rijkslandbouwproefstation te Groningen*, 95 (1939).
18. PAAUW, F. VAN DER: Bemestingsproeven met superfosfaat op grasland. *Landbouwkund. Tijdschr.* 53, 839 (1941).
19. PAAUW, F. VAN DER: Onderzoekingen over de kalihuishouding op zandgrond en bezand hoogveen. *Verslag. Landb. Onderzoek.* 48A, 465 (1942).
20. RAUTERSBERG, E.: Laboratoriumsversuche über die Löslichkeit der Bodenphosphorsäure. *Z. Pflanzenernähr., Düngung Bodenk.* A 28, 106 (1933).
21. RAUTERBERG, E.: Löslichkeit und Verteilung der Phosphorsäure in Boden *Z. Pflanzenernähr., Düngung Bodenk.* A 36, 270 (1934).
22. SCHUFFELEN, A. C. en LOOSJES, R.: De kinetika der kaliumopname. *Landbouwk. Tijdschr.* 54, 22 (1942).
23. VISSER, W. C.: De ongelijkmatigheid van den grond en de nauwkeurigheid bij proefvelden. *Verslag. Landb. Onderzoek.* 43A, 225 (1937).
24. VISSER, W. C.: Kalktoestand en oogstopbrengst. *Verslag. Landb. Onderzoek.* 44A, 313 (1938).
25. VISSER, W. C.: Kalktoestand en oogstopbrengst II. Keniagerst. *Verslag. Landb. Onderzoek.* 45A, 395 (1939).
26. VISSER, W. C.: Een onderzoek naar de kali- en fosforzuurhuishouding van de Groninger klei- en zavelgronden. *Verslag. Landb. Onderzoek.* 48A, 87 (1942).
27. VRIES, D. M. DE: Ontledende werkwijzen, in gebruik bij het plantkundig graslandonderzoek aan het Rijkslandbouwproefstation voor Akker- en Weidebouw te Groningen. *Agricultura* 109 (1937).
28. VRIES, D. M. DE: Verslag van een vergelijkend onderzoek van een drietal methoden van botanisch graslandonderzoek, in verband met de grootte der seizoenverschillen in samenstelling der graszode. *Verslag. Landb. Onderzoek.* 46A, 313 (1940).
29. VRIES, D. M. DE, HART, M. L. 'T en KRUYNE, A. A.: Een waardeering van grasland op grond van de plantkundige samenstelling. *Landbouwkund. Tijdschr.* 54, 245 (1942).

30. VRIES, O. DE: Eenige aspecten van het kalktoestandsvraagstuk. *Landbouwkund. Tijdschr.* 46, 677 (1934).
31. VRIES, O. DE: Die Löslichkeit von Bodenphosphat in Wasser, Zitronensäure und Königswasser. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 6, 144 (1938).
32. VRIES, O. DE: Opbrengstcurven en opbrengstwetten; de wisselwerking der groeifactoren. *Landbouwkund. Tijdschr.* 51, 727 (1939).
33. VRIES, O. DE en HETTERSCHIJ, C. W. G.: Der Phosphorsäure Haushalt in moorkolonialem Boden. *Die Phosphorsäure* 5, 38 (1935).
34. VRIES, O. DE, HETTERSCHIJ, C. W. G. en PAAUW, F. VAN DER: Een en ander over de fosfaathuishouding in enkele Nederlandsche grondsoorten. *Landbouwkund. Tijdschr.* 19, 768 (1937).
35. VRIES, O. DE en DECHERING, F. J. A.: Grondonderzoek, 2e druk, Leek, (1941).