

## Enkele beschouwingen over het Bodemvruchtbaarheids-onderzoek

door

Ir Th. J. FERRARI

(Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O., Groningen)

### Betekenis van het landbouwkundig onderzoek

In de laatste tijd wordt sterk de wenselijkheid naar voren gebracht, door *productie-verhoging* op allerlei gebied de economische moeilijkheden te overwinnen, waarin Nederland momenteel verkeert. Het is bekend, dat de landbouw hierin een groot aandeel behoort te hebben, waartoe ongetwijfeld de resultaten die in het landbouwkundig onderzoek verkregen worden, aanzienlijk kunnen bijdragen.

Hoe groot de betekenis van het *landbouwkundig onderzoek* voor de productie-verhoging in de Nederlandse landbouw in het verleden is geweest, is niet nauwkeurig te zeggen, maar blijkt enigermate uit de statistische gegevens over de grootte der opbrengsten in de loop der jaren.

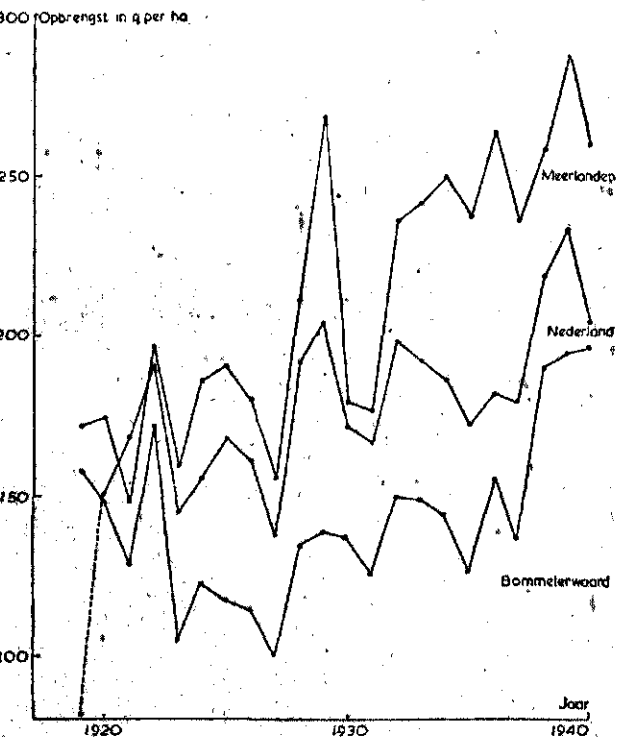
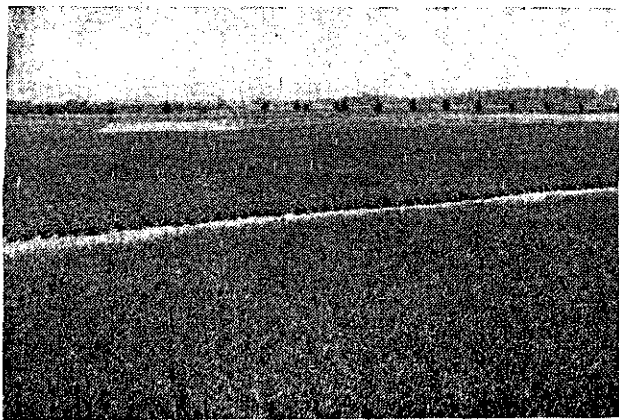


Fig. 1. Gemiddelde opbrengst aan aardappelen in de periode 1919-1940 in Nederland, de Bommelerwaard en de Meerlanden.

Bij de bestudering van deze gegevens blijkt, dat met behulp van landbouwkundig onderzoek, landbouw-voorlichting en -onderwijs de opbrengsten van de verschillende gewassen gedurende de laatste 50 jaar gemiddeld met 1 % per jaar *gestegen* zijn. Figuur 1 laat de grootte van de productie-verhoging zien bij consumptie-aardappelen gedurende een tijdvak van 22 jaar; de cijfers zijn ontleend aan de verslagen van het Departement van Landbouw. De opbrengsten in Nederland, Meerlanden en Bommelerwaard zijn tegen de jaren uitgezet en men kan ondanks de jaarlijkse schommelingen in de loop der jaren een duidelijke stijging constateren.

Men realiseere zich, wat een gemiddelde productie-verhoging van 1 % per jaar betekent. Stellen wij, om de gedachten te bepalen, de bruto-opbrengst per ha cultuurgrond momenteel op f 800,— (hetgeen niet te hoog geraamd zal zijn), dan staat 1 % opbrengst-verhoging op 2,3 miljoen ha cultuurgrond gelijk met f 18.000.000,— vermeerdering van het nationale inkomen per jaar. Verbeterde bemesting en verpleging, een intensieve ziekte- en onkruidbestrijding, het invoeren van nieuwe betere rassen, het gebruiken van beter zaaizaad, een verbeterde ontwatering en watervoorziening, enz. hebben de Nederlandse landbouw aan de top van de wereldlandbouw gebracht, zodat gemiddeld in Nederland de hoogste opbrengsten verkregen worden.

Men heeft het wel als de komende taak van de landbouw in Nederland beschouwd, er voor te zorgen dat deze over 50 jaar een bevolking van ruim 12 miljoen mensen zou kunnen voeden. Dit betekent dat, wanneer de vermeerdering door landaanwinning in rekening is gebracht, de opbrengst van het bestaande cultuurland met ruim 15 % moet stijgen. Deze eis lijkt zeker realiseerbaar, wanneer men in aanmerking neemt, wat op dit gebied reeds gepresteerd is. Wij zitten gemiddeld met onze huidige opbrengsten zeker nog niet aan de top van het fysiologisch bereikbare, zodat de gemiddelde opbrengst zeker nog aanzienlijk kan stijgen. Er is ondanks het reeds



Afb. 2. Overzicht van de proefvelden van een proefboerderij in Limburg.

bereikte nog veel te doen, wanneer men ziet, dat niet alleen de opbrengsten op de diverse percelen sterk verschillen, maar dat ook de gemiddelde opbrengst in een bepaalde streek veel hoger ligt dan die van een ander gebied; men vergelijkte b.v. de opbrengst-niveaux van aardappelen in de Meerlanden en in de Bommelerwaard (fig. 1).

\*

### Bodemvruchtbaarheid en opbrengst

Men mag verwachten — en de ervaring bevestigt dit telkens — dat opbrengst-verhogingen, verkregen door verbeteringen in de bodemvruchtbaarheid, aanzienlijk kunnen zijn. De groei van de plant wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid energie en voedingsstoffen, die haar ter beschikking staan; verder is naast de atmosfeer de bodem de voornaamste voorraadschuur en reguleerder voor de meeste voedingsstoffen. Allereerst is *water* wel zeer belangrijk voor het gewas; men rekent gemiddeld een 400 kg water voor de vorming van 1 kg droge stof, waarbij dus de verdamping is inbegrepen. Het gewas te velde bevat naast 80 % water 18 % *organische stof* en 2 % *mineralen*. Het voor het assimilatieproces benodigde *kooldioxyde* wordt uit de lucht opgenomen. Het water en de andere voedingsstoffen zoals: fosfor, kalium, calcium, stikstof (uitgezonderd bij de vlinderbloemigen), magnesium, mangaan, zwavel, koper enz., worden uit de grond opgenomen. Hieruit blijkt, dat de bodem behalve als standplaats ook de *zeer belangrijke taak heeft, de plant van deze onmisbare stoffen te voorzien, en dat een voldoende voorraad hiervan van grote betekenis is. Hierbij moet opgemerkt worden, dat „voldoende” een relatief begrip is; van vele voedingsstoffen heeft de plant maar zeer geringe hoeveelheden nodig, van andere daarentegen (zoals fosfor, kalium, stikstof, calcium en*

magnesium) veel grotere kwanta, die afhankelijk van gewas en grootte van de opbrengst ongeveer uiteenlopen van 20 tot meer dan 300 kg per ha.

Wanneer deze voedingsstoffen niet in voldoende mate aanwezig of voor de plant opneembaar zijn, vermindert de groei en de opbrengst. Zijn daarentegen deze voedingsstoffen in voldoende mate en in een harmonische verhouding aanwezig, dan kan de plant haar maximale productie geven. Het blijkt nu telkens, dat in vele gevallen inderdaad een *tekort* aan een of meer voedingsstoffen optreedt.

De oorzaak van dit tekort kan zeer verschillend zijn. De rijkdom aan bepaalde elementen, de snelheid waarmee deze ter beschikking van het gewas kunnen komen, enz., kunnen door verschil in *geologische afzetting* veroorzaakt worden, waardoor de ene grond van nature rijker en vruchtbaarder is dan de andere. Door verschillen in *gebruik, uitspoeling enz.* kan de verarming, die van nature plaats vindt, zeer uiteenlopend zijn. Variaties in *zand- en kleigehalte* en in de *topografische ligging* kunnen grote verschillen in de beschikbare hoeveelheid water veroorzaken.

Behalve de in totaal aanwezige hoeveelheid van een voedingsstof kunnen ook *andere omstandigheden* bepalend zijn voor de hoeveelheid door de plant opneembare voedingsstoffen; deze omstandigheden kunnen van chemische, fysische of microbiologische aard zijn en zijn meestal *zeer moeilijk te analyseren, omdat zij elkaar sterk beïnvloeden*. Men kan hierbij b.v. denken aan een ongunstige opbouw van het *profiel*; aan het voorkomen van *ondoortalende lagen*, waardoor geen voldoende water of andere voedingsstoffen opgenomen kunnen worden; verder aan een *slechte structuur*, waardoor de *bodematmosfeer* een ongunstige samenstelling heeft en waardoor de wortelontwikkeling en daardoor de



Afb. 3. Vlassproefveld in Zeeland.

opname van de voedingsstoffen sterk geremd wordt; aan het vastgelegd zijn van voedingsstoffen in een vorm, waarin zij voor de plant niet meer opneembaar zijn; enz., enz.

Wij hebben al deze min of meer bekende feiten iets uitvoeriger besproken om duidelijk naar voren te brengen, hoe ingewikkeld de problemen kunnen liggen, wanneer men moet trachten, door verbeteringen in de vruchtbaarheids-toestand een verhoging van de opbrengst te bereiken. De grond is een complex van chemische, fysische en biologische factoren, die elkaar onderling beïnvloeden en uiteindelijk bepalend zijn voor de hoeveelheid voedingsstoffen, die de plant kan opnemen, en derhalve voor de opbrengst. Het bepalen van de factoren, die bij elk geval op zichzelf verantwoordelijk zijn voor de lage opbrengst, is daarom vaak een zeer moeilijke opdracht.

\*

#### De betekenis van proefvelden bij het bodemvruchtbaarheids-onderzoek

De landbouwwetenschap is een toegepaste wetenschap, d.w.z. zij tracht die handelingen aan te geven, waardoor het beoogde doel — in dit geval meestal de hoogste opbrengst — bereikt wordt. Wat de bodemvruchtbaarheid betreft moet zij dus trachten te bereiken, dat alle factoren die deze bepalen in optimale toestand zijn.

Het is uit het bovenstaande duidelijk dat, om dit doel te bereiken, de basis voor de te geven adviezen gelegd moet worden door onderzoekingen op het terrein van de voedings-physiologie, de bodemscheikunde, de bodemphysica, de bodemmicrobiologie, enz. De meeste van deze meer fundamentele onderzoekingen vinden onder omstandigheden plaats, die geheel afwijken van die, waaronder de praktische landbouw bedreven wordt; de resultaten, die in het fundamentele onderzoek verkregen zijn, moeten daarom allereerst op hun waarde voor de praktijk getoetst worden. Zo zal b.v. de maat, die op grond van verschillende overwegingen voorgesteld wordt om de voor de plant beschikbare hoeveelheid van een bepaalde voedingsstof aan te geven, allereerst op haar landbouwkundige betekenis onderzocht moeten worden. Ongetwijfeld is het onderzoek met behulp van laboratorium-, kas- en andere proeven in eerste instantie hierbij een bruikbaar hulpmiddel. Het gevaar bestaat echter steeds, dat de hiermede verkregen resultaten niet toepasbaar zijn in de praktijk, daar de afwijkende omstandigheden, waaronder het gewas bij deze proeven gegroeid is, vaak van grote betekenis zijn voor het resultaat.

Over het algemeen moet dus bij ons onderzoek uiteindelijk onder praktijkomstandigheden nage-



Afb. 4. Vlasproefveld in Zuid-Holland.

gaan worden, welke karakteristieken bruikbaar zijn om de verschillende facetten van de bodemvruchtbaarheid te beschrijven en welke eisen het gewas hieraan stelt om de maximale productie te geven. Het middel bij uitstek voor deze toetsing is de veldproef, waarbij het onderzoek onder normale praktijkomstandigheden uitgevoerd kan worden; zoals wij later zullen zien, zijn aan de proefvelden echter ook bepaalde bezwaren verbonden.

Het principe, volgens hetwelk een proefveld bijna altijd wordt opgezet, is dat een variatie in de te onderzoeken groeifactor kunstmatig wordt aangebracht, waarbij dan wordt nagegaan, welke verandering bij de groei van het gewas hiermede gepaard gaat. Bij deze opzet worden alle niet te onderzoeken factoren zoveel mogelijk constant gehouden, omdat anders geen conclusie getrokken kan worden, welke groeifactor de verandering in opbrengst bewerkstelligd heeft.

In verband met deze laatste eis, de niet te onderzoeken factoren zoveel mogelijk constant te houden, worden bij voorkeur alleen gelijkmatige percelen gebruikt, waarop het proefveld aangelegd wordt. Aan deze eis kan echter meestal slechts in beperkte mate voldaan worden: de grond is zeer heterogeen en er treden allerlei verschillen op, die hun invloed op de opbrengst hebben. De verkregen resultaten zijn daarom altijd met een onzekerheid behept. Om deze in vergelijking met vele andere onderzoekingen grote onnauwkeurigheid te verkleinen en tevens om een maat voor deze onnauwkeurigheid te hebben, maakt men gebruik van herhalingen, waarbij dus elk object meermalen op het proefveld voorkomt. De oppervlakte van het proefveld wordt hierdoor aanzienlijk vergroot.

Het is verder wenselijk, niet elke groeifactor afzonderlijk te onderzoeken; de voorkeur moet gegeven worden aan een onderzoek in combinatie met zoveel mogelijk andere factoren. Dit houdt verband met het verschijnsel, dat de fac-

toren elkaar in hun werking t.a.v. de plant beïnvloeden, en dat onder de naam van *interactie* bekend staat. Deze interactie is een belangrijk en veel voorkomend verschijnsel in de biologische wetenschappen. In zijn eenvoudigste vorm komt het hierop neer, dat de invloed van een groeifactor afhankelijk is van de mate, waarin andere groeifactoren aanwezig zijn. Een voorbeeld van een interactie tussen twee factoren geeft figuur 5, waarin de invloed van de zuurgraad van een rivierkleigrond op de opbrengst van aardappelen bij verschillende kaligehalten van de grond wordt weergegeven. Hieruit blijkt, dat een verhoging van de pH op een kali-arme grond zeer schadelijk is, terwijl op een kali-rijke grond praktisch geen nadelige invloed te zien is. Dergelijke interacties kunnen van grote betekenis zijn en mogen daarom niet verwaarloosd worden; in dit geval b.v. is de waardering van de kalitoestand afhankelijk van de pH, terwijl men er verder rekening mee moet houden, dat bij een bekalking, die voor een verbetering van de bodemstructuur noodzakelijk kan zijn, een nadelig effect uit anderen hoofde kan optreden.

Het is duidelijk, dat deze interacties tussen twee of meer factoren bij het onderzoek bestudeerd moeten worden; het aantal objecten op een proefveld wordt hierdoor dus weer belangrijk vergroot.

Tenslotte hebben de gewone proefvelden het grote bezwaar, dat *bepaalde factoren zeer moeilijk onderzocht* kunnen worden. De laatste jaren wordt sterk de behoefte gevoeld, de invloed te leren kennen van factoren, die niet of zeer moeilijk te veranderen zijn; factoren als structuur, gehalte aan organische stof, grondwaterstand, gehalte aan afslibbare delen, opbouw van het profiel enz., hebben momenteel sterk de belangstelling. Deze factoren zijn echter moeilijk of niet kunstmatig te variëren en dus niet op het gewone proefveld te onderzoeken.

Een eenvoudige en in de laatste tijd nogal vaak toegepaste methode om deze moeilijk te veranderen factoren in het onderzoek te betrekken is, op een perceel *uiteenlopende toestanden van één factor* op te zoeken en de opbrengsten op deze perceelsgedeelten te vergelijken. Omdat de te onderzoeken variatie op één veld gelegen is, gaat men dan van de veronderstelling uit, dat deze perceelsgedeelten gelijk zijn, wat de andere factoren betreft. Alhoewel deze methode haar verdiensten heeft, niet het minst door de eenvoud van de proefopzet, en daarom speciaal bij het profiel-onderzoek gebruikt kan worden, is het grote bezwaar, dat in wezen de invloed van een aantal factoren tegelijk onderzocht wordt, waaruit nooit met zekerheid de werkelijke oorzaak van de waargenomen opbrengst-

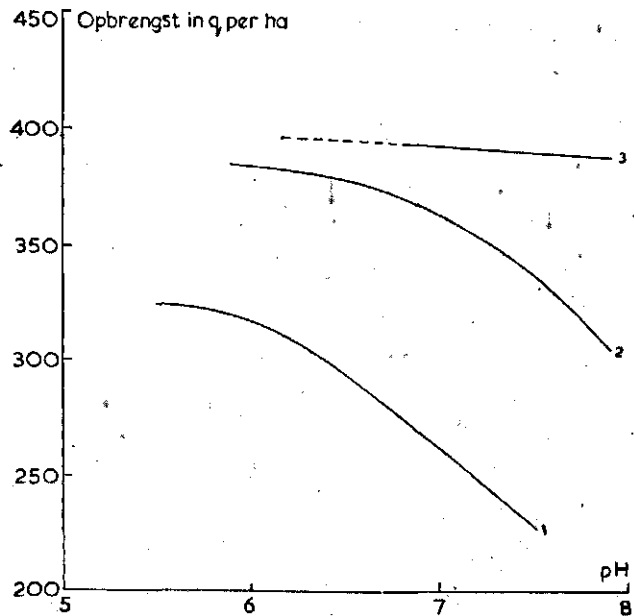


Fig. 5. Invloed van de pH op de opbrengst aan aardappelen bij verschillende kalitoestanden (1 laag, 2 matig, 3 hoog).

verschillen is aan te geven; het is dan vaak moeilijk, aan de hand van de verkregen gegevens de maatregelen tot verbetering aan te geven.

Uit het bovenstaande blijkt, dat het in de landbouw wel zeer moeilijk is, inzicht te krijgen in de invloed van de factoren, die voor de verkregen opbrengsten verantwoordelijk zijn en dat daardoor *de toepasbaarheid van de gevonden resultaten beperkt* wordt. Heeft men uit de resultaten van een proefveld bepaalde conclusies getrokken, dan is men bij toepassing van deze conclusie op andere gevallen nooit geheel zeker, dat het resultaat bevestigd wordt; de interacties met niet onderzochte factoren kunnen immers aanzienlijk zijn en daardoor het resultaat beïnvloeden. Hetzelfde geldt trouwens ook voor de invloed van het jaar, waarin de proef genomen wordt; een onderzoek, in een bepaald jaar verkregen, kan in een ander jaar geheel anders uitvallen.

Men tracht aan deze bezwaren tegemoet te komen, door het onderzoek op vele plaatsen en in meer jaren te herhalen om zo tot een meer algemeen geldende conclusie te komen. Steeds zal er echter een zekere mate van onzekerheid blijven. Gemiddeld zal echter de op basis van het onderzoek gepropageerde maatregel effect sorteren.

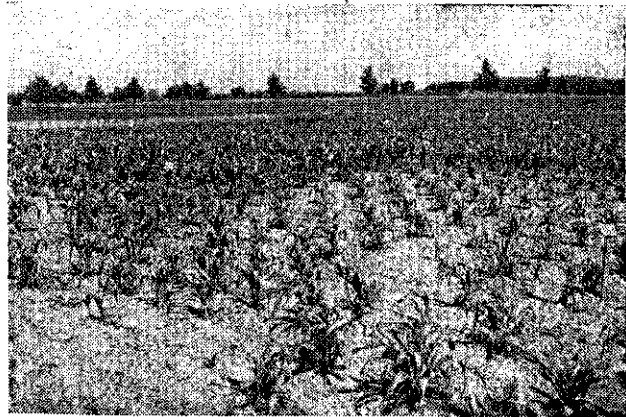
Een methode, waarmee de invloed vooral van moeilijk te veranderen factoren bepaald kan worden en die vaak van betekenis is om de invloed daarvan op de reactie van een te nemen maatregel na te gaan, bestaat hierin, dat in een bepaald gebied een aantal *proefvelden in serie*

aangelegd wordt zodanig, dat van proefveld tot proefveld een grote variatie van de te onderzoeken moeilijk te veranderen factor aanwezig is. Door deze variatie grafisch in verband te brengen met de op de proefvelden verkregen reacties zijn meer algemene conclusies te trekken.

Tenslotte gaan wij iets verder in op een proeftechniek, waarbij van de hierboven beschreven gebruikelijke proefveld-opzet geheel wordt afgestapt. Hierbij wordt niet getracht, bepaalde factoren constant te houden; integendeel tracht men een *zo groot mogelijke variatie in alle groeifactoren* te krijgen. Hierbij worden de objecten aangelegd op verschillende percelen, verspreid over het gehele gebied, zodat een proefveld-systeem ontstaat, dat alleen uit enkelvoudige proefplekken bestaat. Op deze wijze worden alle mogelijke invloeden in het onderzoek betrokken en bestaat er in principe geen verschil tussen gemakkelijk of moeilijk te veranderen factoren.

Men is hierbij gedwongen, een vergaande analyse uit te voeren om conclusies over de invloed van de verschillende factoren afzonderlijk te kunnen trekken. De hiervoor noodzakelijke bewerking, *polyfactor-analyse* genoemd, berust in wezen op de veronderstelling, dat er tussen de verschillende factoren enerzijds en de opbrengst anderzijds een niet grillig functioneel verband bestaat. De formulering is echter onbekend, zodat bij de statistische bewerking van het materiaal hiervan niet uitgegaan kan worden. Er wordt daarom een grafische werkwijze toegepast, waarbij bij het trekken der lijnen volledig gebruik gemaakt wordt van de suggesties, welke van de experimentele gegevens uitgaan. De bewerking is zeer omvangrijk, waarop hier niet nader ingegaan kan worden. Wij mogen er slechts met nadruk op wijzen, dat de ontwikkeling van deze bewerking het mogelijk heeft gemaakt, de hierboven genoemde proeftechniek te velde te volgen.

Op deze wijze kan een inzicht verkregen worden in de grootte van de verschillende invloeden, waarvan de betekenis kwalitatief bekend is en die in maat en getal kunnen worden vastgelegd; b.v. van het gehalte aan organische stof, structuur, grondwaterstand, profiel, bemestingstoestand enz. Dergelijke onderzoeken kunnen een belangrijke bijdrage leveren tot de kennis van de bodemvruchtbaarheid van een bepaalde streek. Hierbij komt dan duidelijk naar voren, welke factoren voor het betrokken gebied van grote betekenis zijn en waaromtrent wellicht een nader fundamenteel onderzoek gewenst is. Het is duidelijk, dat de toepasbaarheid van de gevonden resultaten algemener is, zodat de adviesbasis met betrekking tot de te nemen maatregelen verstevigd wordt. De ver doorgevoerde



Afb. 6. Maisproefveld in Limburg.

analyse stelt ons tenslotte in staat de synthese uit te voeren, die noodzakelijk is om tot streeks-gewijze verbeteringen, tot waarde-bepalingen van de grond enz. te komen.

\*

#### Een polyfactor-analyse en de conclusies er uit

Een onderzoek, waarbij van deze methode en bewerkingstechniek gebruik gemaakt wordt, is in 1948 door het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. op de z.g. *stroomgronden van de Bommelerwaard* uitgevoerd. De Bommelerwaard is een typisch rivierklei-gebied, waar verschillende landbouwkundige problemen bestaan; de opbrengsten van de meeste gewassen zijn hier laag (fig. 1).

In dit gebied werden 230 proefplekken aangelegd met als gewas de aardappel. De op deze proefplekken verkregen opbrengsten liepen uiteen van 200 tot meer dan 500 q per ha. Na de bewerking bleek, dat een dertiental factoren met verschillende interacties van de 1e en 2e orde verantwoordelijk waren voor deze opbrengstverschillen; een voorbeeld is de reeds besproken invloed van de pH en de kalitoestand van de grond op de opbrengst (zie fig. 5).

Een analyse toonde aan, dat deze 13 factoren (waarvan 9 statistisch betrouwbaar) voor ongeveer 88 % de te verklaren spreiding, uitgedrukt in de variantie, konden verklaren; slechts 12 % kon niet verklaard worden. De belangrijkste factor voor de opbrengst bleek in dit geval de kali-toestand van de grond te zijn.

Verder kon de kwantitatieve betekenis van verschillende problemen vastgesteld worden, zoals het kalk-kali-antagonisme, de waterhuishouding, de organische stof enz. De adviesbasis voor bekalking en kali-bemesting werd hierdoor zeer verstevigd. Belangrijk was, dat de invloed van de z.g. *kalifixatie* op de opbrengst kwantitatief aangegeven kon worden; op kali-arme

(Slot: blz. 338 onderaan.)

