

## OVERDRUK

UIT HET LANDBOUWKUNDIG TIJDSCHRIFT, MAANDBLAD VAN HET  
NED. GENOOTSCHAP VOOR LANDBOUWWETENSCHAP.

50ste Jaargang, No. 611.

April 1938.

63421

### Het serieprincipe bij veldproeven

door

Prof. Dr. O. DE VRIES

Hoofddirecteur Rijkslandbouwproefstation te Groningen. BIBLIOTHEEK  
INSTITUUT VOOR  
BODEMYRUCHTBAARHEID  
GRONINGEN

Toen in een vrij laat stadium de Secretaris zich tot mij wendde met het verzoek om bij het programma van hedenmiddag in te vallen, heb ik in overleg met hem besloten om als onderwerp te kiezen „Het serieprincipe bij veldproeven”. Dit vormde een der punten, die ik op den discussiemiddag tijdens de Indische Week van twee jaar geleden <sup>1)</sup> als onderdeel van een grooter geheel in bespreking bracht; ik kon toen uiteraard dit onderwerp slechts kort aanroeren. Mijns inziens verdient het echter wel eens wat meer in detail behandeld te worden, zoodat het volle licht er op valt; ook hebben wij sindsdien er nog wat meer praktische ervaringen mee gekregen, doordat het serieprincipe bij het proefveldwerk van het Rijkslandbouwproefstation door verschillende onderzoekers in toenemende mate en met stijgend succes gebruikt wordt.

Dat er bij veldproeven objecten in serie genomen worden, is natuurlijk geenszins iets nieuws; dit zal wel gebeurd zijn ongeveer even lang als men veldproeven van systematischen opzet en met een niet te klein aantal veldjes genomen heeft. Dat ik voor deze zijde van de proefveldtechniek onder den naam „serieprincipe” met wat meer nadruk de aandacht vraag, geschiedt dan ook alleen omdat *deze vorm van opzet mijns inziens grooter opmerkzaamheid verdient en doelbewust meer naar voren geschoven zou behooren te worden.* Het aantal herhalingen, waarin men de objecten vergelijkt, is vele malen een onderwerp van uitvoerige studie geweest; de voor- en nadeelen, de mathematische formuleering zijn grondig bekend; en wordt aan dit punt bij den opzet van veldproeven steeds alle aandacht gegeven, en niet licht zal iemand het wagen om op dit punt te zondigen. Daarmede vergeleken wordt het kiezen van objecten in serie stiefmoederlijk behandeld; studie is aan dit punt betrekkelijk weinig gewijd, de mathematische formuleering is moeilijk en nog weinig beoefend, en zeer dikwijls ziet men dit punt bij den opzet van veldproeven verwaarloozen of zelfs negeeren in gevallen, waarbij het juist in de eerste plaats verzorgd zou moeten worden. Die toestand dient mijns inziens te veranderen. Doel van dit betoog zal zijn te trachten U de beteekenis van het serieprincipe duidelijker voor oogen te brengen en ertoe mede te werken, dat het meer en meer de vooraanstaande plaats gaat innemen, die het verdient, hetzij als uitbreiding van de bekende vormen van opzet, hetzij zoo noodig in de plaats daarvan.

Ik mag wel even in de herinnering terug roepen, dat ik reeds geruimen tijd geleden <sup>2)</sup> een betoog in deze richting hield bij een beschouwing „Over het aantal parallelperceelen bij veldproeven”,

<sup>1)</sup> „De methoden, die in Nederlandsch-Indië en in Nederland gebruikt worden bij het probleem der bodemvruchtbaarheid”. Landbouwk. Tijdschr. 48 (1936), 242.

<sup>2)</sup> Teysmannia 26 (1915) blz. 465 en 471.

5731  
BIBLIOTHEEK  
INSTITUUT VOOR  
BODEMYRUCHTBAARHEID  
GRONINGEN

SEPARAAT  
14554

waarin ik de resultaten en methodiek van mijne veldproeven met tabak vergeleek met die bij andere cultures, voornamelijk de toen reeds op dit gebied vóórgaande suikercultuur. Wat uitvoeriger ging ik op dit punt in bij de bespreking <sup>3)</sup>, die de Vereniging voor Proefstationpersoneel in Nederlandsch-Indië in October 1929 te Buitenzorg aan „Proefveldtechniek” wijdde. Ik formuleerde daar o.a. de volgende stellingen, die ik aanhaal omdat zij ook thans nog een belangrijk deel van mijn betoog samenvatten:

„3. Het najagen van groote betrouwbaarheid bij één proef kan dus een methodische fout zijn; indien er een keuze gedaan moet worden, kunnen meerdere, iets minder betrouwbare proeven te verkiezen zijn.”

„7. Vooruitgang in de berekeningsmethodiek is nog zeer gewenscht bij het interpreteren van resultaten bij proeven, waarbij tusschen de objecten een, zij het meestal onbekend, physiologisch verband bestaat. B.v. opklimmende hoeveelheden van een meststof; opklimmende plantdichtheid enz.

Ofschoon veelal niet bekend is of de curve, die het verband weergeeft, een geleidelijk stijgende lijn is, dan wel een maximum bereikt of een optimum heeft, moet toch het feit, dat er een verband bestaat, te gebruiken zijn bij het interpreteren der resultaten”.

De eigenaardigheden bij veldproeven met een boomgewas als Hevea — betrekkelijk klein aantal exemplaren per hectare (150—500) en daardoor zeer groote veldjes, nl.  $\frac{1}{4}$ —1 ha, dus omstreeks honderd maal zoo groot als hier te lande bij eenjarige gewassen; daardoor zeer groote proefvelden op terrein, dat meestal heuvelig is en dus *niet* regelmatig — brachten ons er destijds zelfs toe om ernstig te denken aan een proefopzet, dien wij ietwat oneerbiedig „studentenpaartjes” noemden en waarbij, als ver doorgedreven consequentie van de door Student aangegeven bewerkingswijze, telkens genomen zouden worden twee veldjes (vakken) a en b naast elkaar en waarbij deze paren dan verder los van elkaar op een aantal willekeurige, overigens daartoe geschikte plaatsen in een aanplant aangelegd zouden worden. Praktische bezwaren — o.a. moeilijkheden bij de regeling en controle van den tap, het verzamelen van de latex enz. — maakten dat het, voor zoover mij bekend, in deze richting niet tot praktische resultaten gekomen is; maar het denkbeeld op zich zelf blijft de aandacht waard en zal zeker te gelegener tijd wel eens daadwerkelijk aan de orde komen. Bij enkele onderzoekingen van het Rijkslandbouwproefstation, die ik verderop zal bespreken, zijn wij zeer ver in die richting gegaan.

Bij den uitbouw van de proefvelden van het Rijkslandbouwproefstation heb ik de vroeger opgevatte denkbeelden verder tot ontwikkeling trachten te brengen en daarbij zeer grooten steun ondervonden van verschillende van mijne medewerkers, waarvan verscheidene de voordeelen van deze gezichtspunten bij hun werk hebben ondervonden en die naar verschillende richtingen hebben uitgebouwd. Mijne voorbeelden zal ik dan ook grootendeels aan hun

<sup>3)</sup> Zie Verslag van de V.V.P.P. van 16—17 October 1929, blz. 168.

werk ontleenen. In het bijzonder onze specialist *W. C. Visser* heeft dezen vorm van opzet in bepaalde richting tot de uiterste consequentie ontwikkeld en is daarbij tot werkwijzen gekomen, die mijns inziens zeer belangrijk en veelbelovend zijn.

*Meer objecten in serie, minder herhalingen.*

Ter bespreking van de draagwijdte en de beteekenis van het serieprincipe grijp ik nu eerst even terug op een voorbeeld, dat ik U twee jaar geleden <sup>4)</sup> ook reeds even ter illustratie liet zien (Fig. 1). De punten, die door de lijnen A en A<sup>1</sup> verbonden worden,

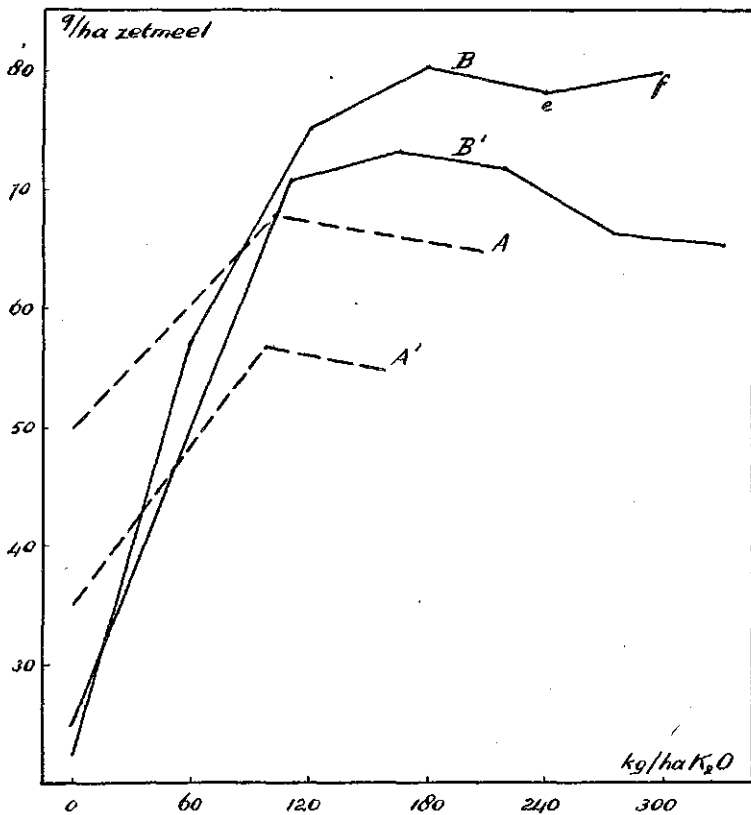


Fig. 1.

**Zetmeelopbrengst bij opklimmende hoeveelheden kali bij vier proefvelden. A en A<sup>1</sup> drie objecten in 5 resp. 9 herhalingen, B en B<sup>1</sup> zes objecten in 3 resp. 2 herhalingen.**

stellen de opbrengsten voor, verkregen op twee proefvelden (OO 64B in 1932 en OO 51 in 1934) elk met drie objecten — zetmeelopbrengsten bij opklimmende hoeveelheden kali — in 5 resp. 9 herhalingen <sup>5)</sup>. De lijnen B en B<sup>1</sup> geven de resultaten van twee andere

<sup>4)</sup> Landbouwkundig Tijdschrift 48 (1935), blz. 249.

<sup>5)</sup> In het laatste geval waren het eigenlijk drie fosfaathoeveelheden in drievoud, welke voor de beschouwing samengenomen werden.

proefvelden (Pr 100 in 1935 en EC 43 in 1933) met zes objecten in 3 resp. 2 herhalingen. Al liggen de punten bij A en A<sup>1</sup> elk voor zich met grooter zekerheid vast, zoo is het toch duidelijk, dat curven van een type als B en B<sup>1</sup> ons het bestaan van een maximum en vooral de plaats daarvan duidelijker en zekerder kunnen aangeven. Het feit, dat de zes punten door een vloeiende curve verbonden moeten zijn, veroorlooft in sommige gevallen zelfs een correctie, die niet mogelijk zou zijn, wanneer men dit a priori aangenomen verband niet in het geding bracht of het, doordat er te weinig punten waren, niet zou kunnen overzien. Men heeft aan dit verband natuurlijk meer houvast bij de middelste punten, dan bij de uiteinden der lijn: of bij curve B het punt e wat te laag, dan wel het punt f wat te hoog uitgevallen is, kan men bij dezen proefopzet niet uitmaken.

Het is verder duidelijk, dat een mathematische vereffening bij een kromlijng verband, waarvan men den juisten aard (graphische vorm af mathematische formuleering) niet kent, zeer moeilijk en bewerkelijk, en vaak uitgesloten is. Of het loonen zal, voor zulke gevallen een mathematische behandelingswijze uit te werken, lijkt mij twijfelachtig: vermoedelijk zal deze steeds zeer veel werk kosten en maar weinig meer opleveren dan een graphische interpretatie, aangevuld door een beschouwing volgens het gezonde, nuchtere en kritische verstand. Het laatste mag trouwens bij de interpretatie van proefveldresultaten, en bij de behandeling van landbouwkundige problemen in het algemeen, nooit buiten spel gelaten worden, en geeft vaak een snelle en voldoende zuivere beoordeeling.

Is de lijn — of een gedeelte daarvan — recht of praktisch recht, dan is mathematische vereffening natuurlijk veel eenvoudiger dan bij een kromme van onbekenden vorm, en zeer wel uitvoerbaar; ook is dan een foutenberekening mogelijk, waarvan ik zoo aanstonds een aardig voorbeeld zal aanvoeren.

De gedachtengang, die van de lijnen A in Fig. 1 naar de lijnen B voert — dus een *vergrooting van het aantal objecten in serie met een overeenkomstige verkleining van het aantal parallellen* — kan men nu verder doorvoeren.

Als voorbeeld voer ik enkele van de curven aan, die *W. Feekes* verkreeg bij een tarwerassenproefveld (Pr 430) met opklimmende hoeveelheden stikstof (Fig. 2, bl. 5). Het zal duidelijk zijn, dat de opbrengstverhouding tusschen Joncquois, gezaaid als wintertarwe, en Juliana resp. Joncquois gezaaid als zomertarwe, voor dit proefveld heel wat zekerder vast kwam te staan, nu men weet hoe de opbrengsten bij verschillende stikstofgiften waren. De onzekerheid, of men de nieuwe soort Joncquois geen onrecht aandeed, door deze de stikstofgift toe te dienen, welke men bij de oude soort gewend was, heeft in dit geval heel wat pennen in beweging gebracht. Op dit proefveld was het resultaat niet twijfelachtig, omdat de curven regelmatig boven elkaar vallen; in andere gevallen snijden de curven elkaar en het zal duidelijk zijn, dat vooral in zulke gevallen een proefopzet in serie noodig is, wil men zoo'n punt afdoende onderzoeken.

Figuur 2 bevat als dikkere lijnen de cijfers voor de gemiddelden van de twee duplo's, als dunnere lijnen, die voor de beide parallellen afzonderlijk. Bepaling in duplo heeft in dit geval evidente voor-

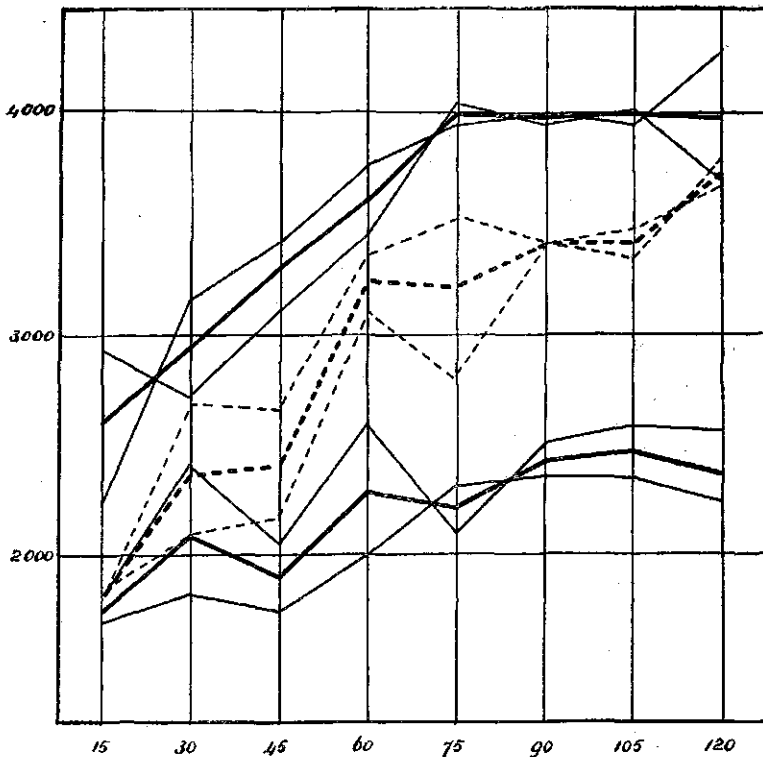


Fig. 2

**Opbrengst van drie tarwerassen in één proefveld bij opklimmende hoeveelheden stikstof. Dunne lijnen: opbrengsten van afzonderlijke, bij elkaar gelegen veldjes. Dikkere lijnen: gemiddelden van deze duplo's. Boven: Joncquois wintertarwe; midden: Juliana; onder: Joncquois zomertarwe.**

deelen (regelmatiger verloop). Toch komt *Feekes* op grond van verscheidene proeven van dit genre tot de conclusie, dat hij bij redelijk gelijkmatige gronden liever parallellen zou opofferen om meer objecten — vooral extreme — in het plan op te nemen. Een grens wordt hier gesteld door praktische overwegingen. Men kan namelijk op de betreffende proefvelden de veldjes niet altijd geheel willekeurig over het proefveld verdeelen, maar moet vaak om redenen van uitvoering (zaaien met de machine) de soorten in strooken, en de stikstofhoeveelheden in strooken dwars daarop nemen, waardoor een willekeur ten opzichte van de grondgesteldheid ontstaat, die door opzet in duplo weer moet worden weggenomen.

#### *Het brengen van objecten in serieverband.*

Dezelfde gedachtengang nu verder in uiterste consequentie doorvoerende, komt men tot een groot aantal waarnemingen in serie en in enkelvoud. De beteekenis daarvan moge aan enkele voorbeelden gedemonstreerd worden.

Als eerste kies ik een fosfaatproefveld (WO 120 bij Dedemsvaart) van een opzet zoals die, min of meer gewijzigd, in ons land

herhaaldelijk gebruikt wordt. Bij zomertarwe in 1935 werd gevonden:

TABEL I.

Fosfaatbemesting	korrel kg/ha	%	P-getal (gemiddeld)
geen $P_2O_5$ .....	24½	100	6.4
100 $P_2O_5$ als ruw fosfaat .....	27	107	8.2
150 $P_2O_5$ „ „ „ .....	25½	101	8.5
100 $P_2O_5$ als Thomasslakkenmeel	26½	104	9.5

Deze resultaten vindt men uitgezet in de bovenste helft van Fig. 3. Een figuur, zooals men die wel meer bij proefvelden krijgt

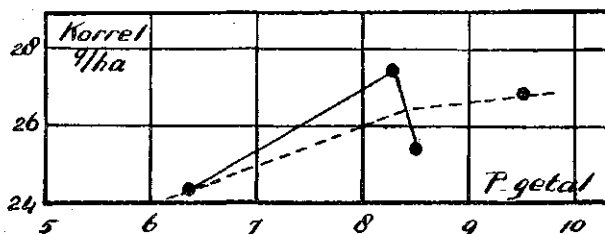
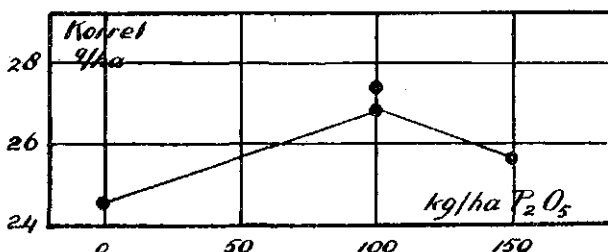


Fig. 3.

Boven: Opbrengsten uit Tabel I, uitgezet naar de toegediende hoeveelheid fosfaatmest. Onder: idem, uitgezet naar de gemiddelde P-getallen per object.

en die weinig zegt, zoo weinig, dat men geneigd is een conclusie maar achterwege te laten.

Zet men niet uit naar de grootte van de fosfaatgift, maar naar het P-getal, dat op het betrokken object gemiddeld gevonden werd, dan krijgt men de stippen in de onderste helft van Fig. 3, waaruit een aanwijzing over een verband te halen is.

Dat er werkelijk in het laatste geval een verband bestaat, blijkt echter pas duidelijk uit Fig. 4, waarin de veldjes van elk object (er waren 5 parallellen) afzonderlijk zijn uitgezet en waaruit een stijging van de opbrengst met stijgend P-getal overtuigend naar voren komt.

Hier geeft dus het verband tusschen P-getal en opbrengst een

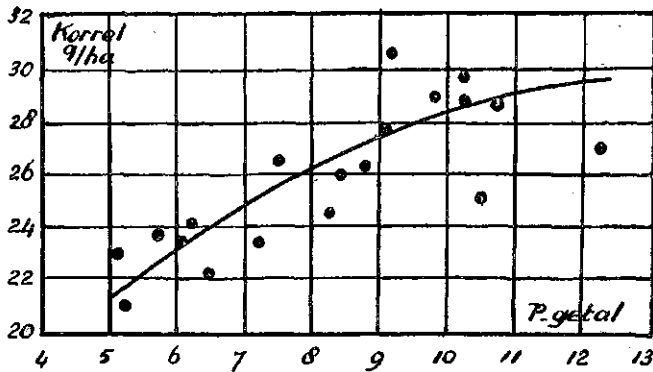


Fig 4

Zelfde als Fig. 3 onder, voor de afzonderlijke veldjes.

serie, die een duidelijk beloop heeft, dat men bij een groepeerings naar fosfaatdoses als object niet, bij een groepeerings naar gemiddeld P-getal niet duidelijk te voorschijn zag komen. Beschouwing in serieverband leert hier dus iets, beschouwing in verder doorgedreven serieverband leert meer.

*Serieprincipe bij de vergelijking van ongelijksoortige objecten, alle in serie.*

Dit voorbeeld brengt ons meteen op een gebied, waar het serieprincipe een veel belangrijker rol zal moeten gaan spelen dan tot nog toe. Bij een vergelijking van verschillende meststoffen, b.v. verschillende fosfaatsoorten, gaat men vaak uit van één bepaalde, meestal de gebruikelijke hoeveelheid  $P_2O_5$ , gegeven in de verschillende vormen, die men wil vergelijken. Men neemt dit dan in een behoorlijk aantal herhalingen, zoodat de punten resp. hun onderlinge verschillen met voldoende zekerheid komen vast te staan. Het is echter bekend, dat zulke proeven slechts weinig bevrediging geven; immers men leert het verschil tusschen de fosfaatsoorten alleen kennen bij die ééne hoeveelheid, weet niet hoe het bij andere zou zijn, en kan ook geen berekeningen maken over kostenverschil. En daarenboven heeft men al dadelijk bij den opzet van de proef een groote moeilijkheid gehad of een knoop doorgehakt, namelijk: welke fosfaathoeveelheid zal men in de diverse fosfaatmeststoffen equivalent stellen? Het in water oplosbare fosfaat kan men daarvoor natuurlijk niet kiezen; is het de juiste methode om het in citroenzuur oplosbare fosfaat te nemen, of moet men het totale fosfaatgehalte van de meststoffen als basis voor de vergelijking kiezen?

Een oud strijdpunt, waarover nog altijd veel te zeggen is, zooveel, dat de Redactie van het Tijdschrift „Die Phosphorsäure” dit punt nog niet lang geleden (Bd 5 (1935), blz. 259), met een inleiding en een vraag harerzijds, bij haar lezers in algemeene discussie bracht — en daarop blijkbaar een zoo groot aantal antwoorden van zoo verwarrenden aard kreeg, dat zij er maar van afgezien heeft om die samen te vatten of daarover iets te publiceren.

Rationeel aangepakt kan dit vraagstuk mijns inziens alleen worden door toepassing van het serieprincipe. Men neemt van elk der te vergelijken meststoffen eenige opklimmende hoeveelheden, zoodat men van elk niet één punt, maar een lijn verkrijgt. Aan de hand van de ligging dier lijnen kan men dan elke gewenschte vergelijking maken — natuurlijk binnen de grenzen van zekerheid waarmee de lijnen vaststaan. Ter illustratie geef ik U een schematisch voorbeeld op basis van onderzoekingen van *F. van der Paauw*, die zich de laatste jaren met dit onderwerp bezig houdt en uitvoerige studies in deze richting gemaakt heeft. Bij proeven met verschillende fosfaatmeststoffen verkreeg *van der Paauw* voor het verband tusschen de toegediende hoeveelheid  $P_2O_5$  (waarvoor het „totaal”-

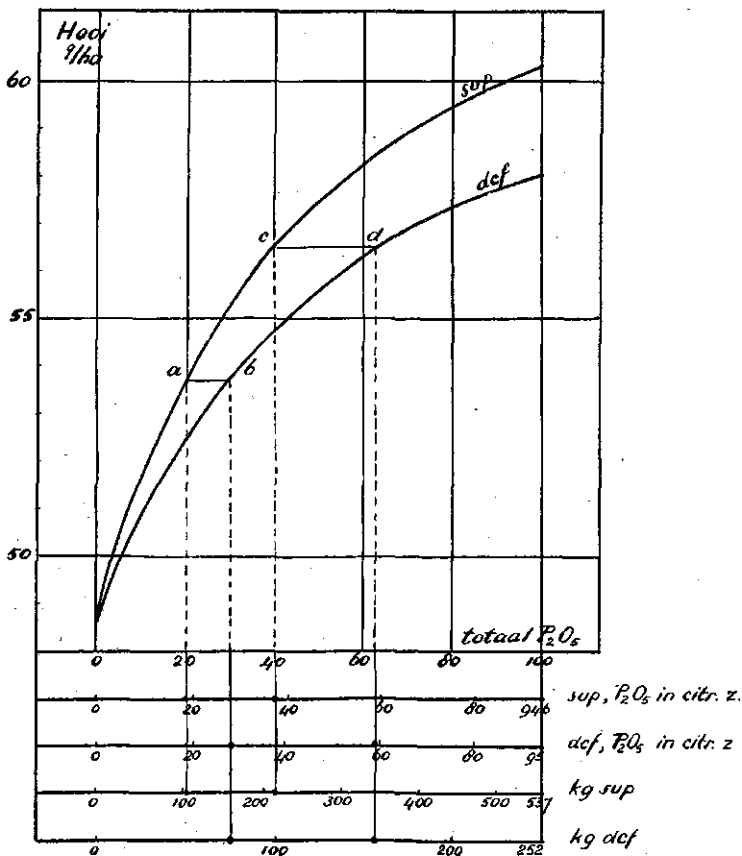


Fig. 5

Opbrengstcurven voor superfosfaat resp. dicalciumfosfaat. Als abscis zowel de hoeveelheid totaal- $P_2O_5$  in de toegediende meststof, als de hoeveelheid in citroenzuur oplosbaar  $P_2O_5$  en de hoeveelheid toegediende meststof in kg.

gehalte der meststoffen genomen werd, dus de hoeveelheid oplosbaar in salpeterzuur-zoutzuur 4:1) curven, zooals men die voor superfosfaat en dicalciumfosfaat in Fig. 5 afgebeeld ziet. Door



horizontale lijntjes als ab en cd vindt men de hoeveelheden, die een gelijke opbrengstvermeerdering geven en die als gelijkwaardig in effect beschouwd kunnen worden.

Men kan uit deze curven nu b.v. afleiden, dat voor het betreffende geval 30 kg totaal  $P_2O_5$  in den vorm van dicalciumfosfaat gegeven moest worden tegen 20 kg als superfosfaat, resp. 63 tegen 40, dus ruwweg anderhalf maal zooveel. Maar men kan nu natuurlijk ook op de abscis afzetten de hoeveelheden  $P_2O_5$ , oplosbaar in citroenzuur, die voor beide meststoffen met bepaalde hoeveelheden totaal-fosfaat overeenkomen. Dit is op afzonderlijke abscissen onderaan gedaan; betreft men de punten a en b hierop, dan blijkt, dat 30 kg in citroenzuur oplosbaar fosfaat in dicalciumfosfaat gelijk staat met 19 kg in superfosfaat. En zoo ook voor de hoeveelheid meststof in kg, die men gegeven heeft (onderste abscissen in Fig. 5): 75 kg dicalciumfosfaat geeft dezelfde opbrengstvermeerdering als 100 kg superfosfaat, resp. 160 kg als 200.

Het wordt bij verder overdenken duidelijk, dat men in den beschreven opzet niet alleen het middel heeft om elken gewenschten vorm (oplosbaarheid, gehalte) van fosfaat te vergelijken, maar dat men bij de keuze der objecten zich geheel onafhankelijk daarvan kan maken en eenvoudigweg opklimmende hoeveelheden meststof kan nemen zonder voor fosfaatgehalte om te rekenen en zelfs zonder met dit laatste van te voren rekening te houden. Een groot praktisch gemak bij den opzet van dergelijke proeven, omdat men de gebruikte meststoffen dus pas na het uitstrooien behoeft te laten analyseren. Alleen heeft men natuurlijk er voor te zorgen, dat men de hoeveelheden eenigermate zoo kiest, dat de curven redelijk naast elkaar komen te liggen en men vergelijkingen (horizontale lijntjes in Fig. 5) kan trekken. Wanneer men het aantal opklimmende hoeveelheden groot genoeg kiest en daarbij de uitersten behoorlijk uit elkaar neemt, is aan deze voorwaarde makkelijk te voldoen.

Soortgelijk is het geval bij stalmest, wel het voornaamste voorbeeld van een meststof met gecompliceerde werking: stikstof, fosfaat, kali en andere basen, humus; vochthoudend vermogen, bevordering van het microbenleven, enz. Wil men b.v. de stikstofwerking van stalmest nagaan, dan zal dat zeker met objecten in serie, dus opklimmende hoeveelheden, moeten gebeuren. Een voorbeeld gaf ik U daarvan twee jaar geleden (Fig. 5 op blz. 251 van Jaargang 48 van dit Tijdschrift), waarnaar verwezen mag worden. *H. J. Frankena* is met proeven van dezen opzet doorgegaan en heeft bij meer gecompliceerde gevallen (b.v. toediening van den stalmest in twee hoeveelheden in December, Januari resp. Maart; zonder en met stikstof in kunstmestvorm in opklimmende hoeveelheden) bij systematische keuze der objecten in serie veel baat gevonden, zooals hij binnenkort in een publicatie hoopt te beschrijven. De vereffening bij de in serie verkregen opbrengstcijfers gaat in dit geval al heel gemakkelijk, aangezien de stikstofwerking bij grasland, althans bij de gebruikelijke hoeveelheden, in een recht deel van de opbrengstcurve blijkt te vallen. De toepassing van het serie-principe geeft veel gemak bij het eventueel aanbrengen van correcties bij de opbrengstcijfers en het maken van berekeningen omtrent equivalente of vergelijkbare hoeveelheden.

Dergelijke beschouwingen gelden nu, wanneer men de zaak op den keper gaat beschouwen, voor elke vergelijking van ongelijksoortige objecten, dus ook b.v. bij vergelijking van de diverse stikstofsoorten met hun verschillende chemischen vorm, hun verschillende bindingsvorm, hun verschillende bijbestanddeelen.

In het algemeen mag men zeggen, dat vergelijkingen van verschillende meststoffen alleen efficient zijn wanneer men het serie-principe toepast, en dat daarbij steeds de eisch gesteld moet worden, dat men de vergelijking in opklimmende hoeveelheden neemt. Wanneer de omvang van de proef beperkt is — b.v. de grootte van het terrein; de hulpkrachten, die de veldjes op één dag moeten behandelen; de mogelijkheid van waarnemingen en tellingen tijdens den groei; de mogelijkheden van opbrengstbepaling, grond- en gewas-onderzoek enz. — dan zal men bewust het aantal herhalingen moeten inkrimpen om het benodigde aantal objecten in serie te kunnen krijgen. *Een vergelijking van diverse meststoffen, elk in één object, moet in zulke gevallen even bestist en bewust veroordeeld en verworpen worden, als men tot nog toe — en terecht — een proefveld zonder herhalingen veroordeelde en verwierp.*

*Geen gemiddelden, maar alle veldjes afzonderlijk.*

Keeren wij na deze uitwijding over een groep van gevallen, waarin

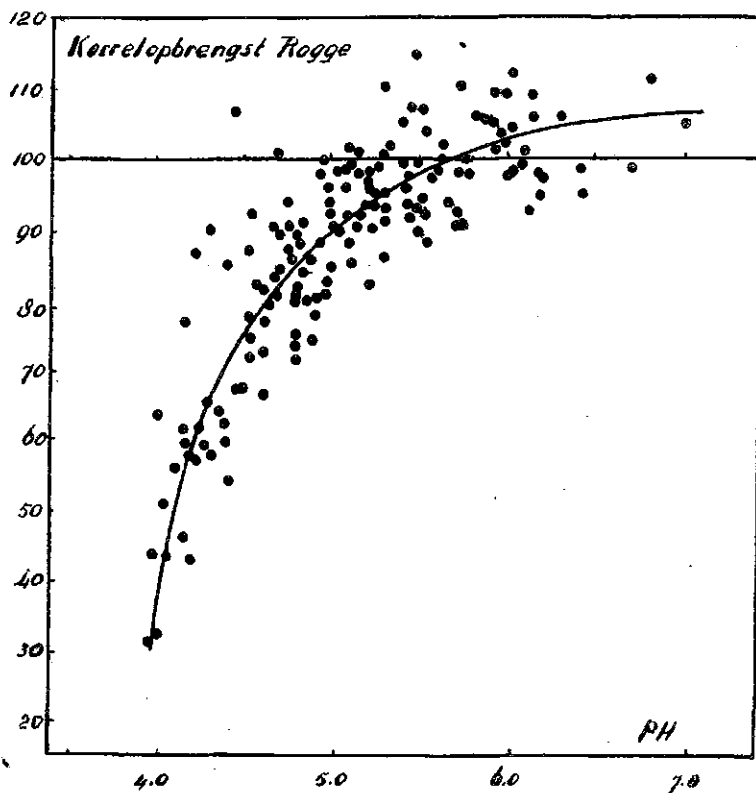


Fig. 6

pH-opbrengstcurve voor korrelopbrengst bij rogge; samenvatting van een aantal Nederlandsche proefvelden door P. Bruin.

het serieprincipe bij den proefopzet op den voorgrond dient te staan, weer tot den draad van ons betoog terug, namelijk de verdere doorvoering van den gedachtengang om het aantal objecten te vergrooten en het aantal herhalingen te verkleinen, dan is het duidelijk, dat de extreme consequentie daarvan is een proefopzet met vele objecten in enkelvoud. Fig. 4 was daarvan eigenlijk al een voorbeeld; verdere voorbeelden leveren de opbrengstgrafieken van kalk-

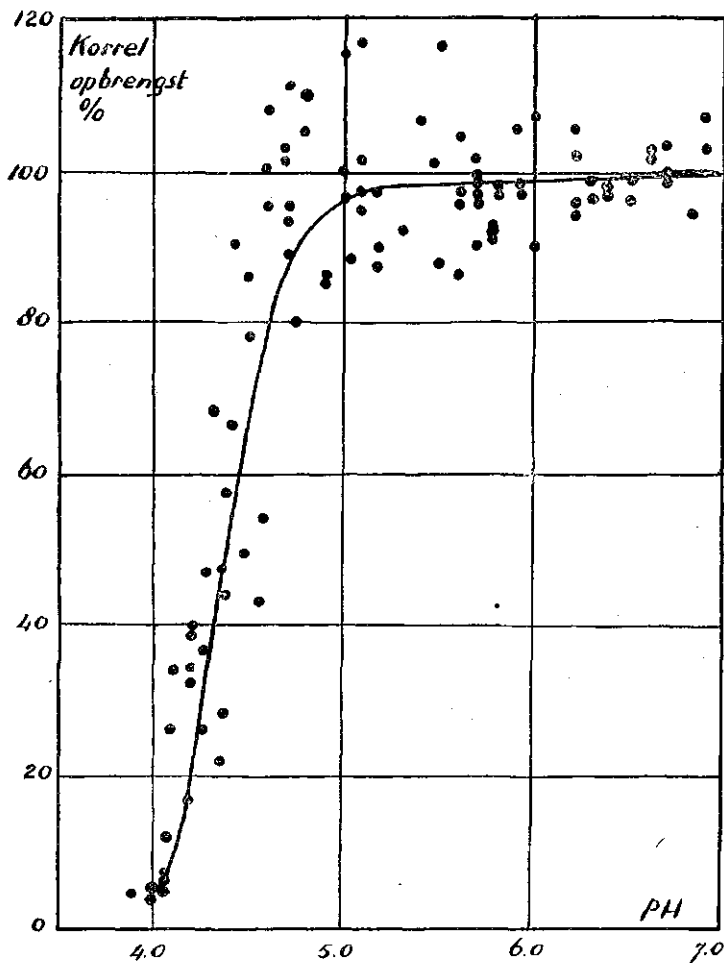


Fig. 7.

**pH-opbrengstcurve voor korrelopbrengst bij Robusta wintertarwe.**

proefvelden, zooals die al verscheidene malen gepubliceerd werden <sup>6)</sup> en waarvan er in Fig. 6 een als illustratie afgebeeld is uit het onderzoek van P. Bruin over het pH-opbrengst-verband bij rogge <sup>7)</sup>. De opbrengsten worden daarbij niet naar toegediende hoeveelheid kalk, of naar de per object gewenschte pH uitgezet, maar naar de pH,

<sup>6)</sup> Zie o.a. O. de Vries, Landbouwk. Tijdschrift 46 (1933) blz. 699 en 700.

<sup>7)</sup> P. Bruin, Versl. v. Landbouwk. Onderz. 42A (1937), blz. 787 en 788.

die op de veldjes elk afzonderlijk in feite bereikt was. Door de baan van punten, die men op deze wijze verkrijgt, laat zich, hetzij op het oog (en meestal is de daarmee bereikte nauwkeurigheid voldoende) hetzij door groeps-gewijze uitmeten of uitrekenen, een gemiddelde lijn trekken, die het gezochte verband weergeeft en de resultaten overzichtelijk en bevredigend samenvat.

*W. C. Visser* gebruikte nu op ingenieuze wijze dergelijke gegevens om de grootte van de fouten bij de opbrengstbepaling en die bij het grondonderzoek (de pH-bepaling) afzonderlijk vast te stellen. Bij het linker, bijna verticale deel van de curve in Fig. 7 geven de horizontale afstanden der punten tot de gemiddelde lijn een aanwijzing over de grootte van de fout bij de pH-bepaling, waarvoor *Visser* bij een groot aantal waarnemingen 0.18 in pH bij de enkele waarneming (dus 0.125 bij twee parallellen) vaststelde. Het bovenste, vrijwel horizontale deel van de lijn is nagenoeg onafhankelijk van veranderingen in de pH; de afwijkingen der punten van de gemiddelde lijn worden hier veroorzaakt door de fouten bij de opbrengstbepaling, waarvoor bij de enkele bepaling 9 % van de opbrengst gevonden werd.

Nog een ander punt kan aan Fig. 7 belicht worden, namelijk het belang om bij een beperkt aantal objecten deze op de juiste wijze te kiezen. Het is duidelijk, dat men bij een curve als die in Fig. 7 liefst veel punten zal hebben om de bocht nauwkeurig vast te stellen; verder een zeker aantal punten om het ondereinde, en een zeker aantal om het rechter einde vast te leggen. De tusschengelegen rechte stukken volgen dan vanzelf, daar zijn niet veel bepalingen voor noodig. Wanneer men eenmaal den vorm van de te verwachten curve ongeveer kent, zal men de objecten (b.v. pH-trappen; hoeveelheden kali of fosfaat) zoo kunnen kiezen, dat men daarvan bij het opmaken van de curve het meeste profijt heeft. Extreme gevallen zullen daarbij een groote rol spelen, en men zal meer veldjes met b.v. zeer lage pH, waar de oogst dus tamelijk mislukt, nemen dan dat gewoonlijk gebeurt. Op grond van dergelijke overwegingen kiezen wij dikwijls een proefopzet, die van de gebruikelijke afwijkt en waarbij b.v. de nulveldjes of andere extreme objecten sterker vertegenwoordigd zijn.

Dit wordt nog nader geïllustreerd door Fig. 8, bl. 13. De zwarte stippen stellen de resultaten van een proefveld voor, waarbij men hoeveelheden kali gekozen had, die zich bij de gebruikelijke praktijk-hoeveelheid nauw aansluiten, omdat men wilde weten of een verhooging of verlaging van de gift met 40 kg  $K_2O$  nog voordeel gaf; men meende dit het best te kunnen uitmaken door ook inderdaad deze objecten te kiezen. De kruisjes geven bepalingen aan bij een ander proefveld, waarbij men een beter verdeeling der objecten koos en meer extreme doses nam. De eerste opzet geeft een zwermpje van punten, waaruit niet veel te concluderen valt; men kan er nauwelijks een gemiddelde lijn door trekken, en als men met de objecten zonder kali verbond, zou men een verkeerd verloop krijgen (gestippelde lijn) en tot verkeerde conclusies omtrent de uitwerking van de bemesting komen. Bij de bovenste helft van Fig. 8 trekt men makkelijk een gemiddelde lijn, die over zijn geheele beloop behoorlijk vaststaat en voor de in het midden liggende praktijkgiften een duidelijk vastgesteld praktisch horizontaal verloop heeft, zoodat men met behoorlijke zekerheid conclusies kan trekken.

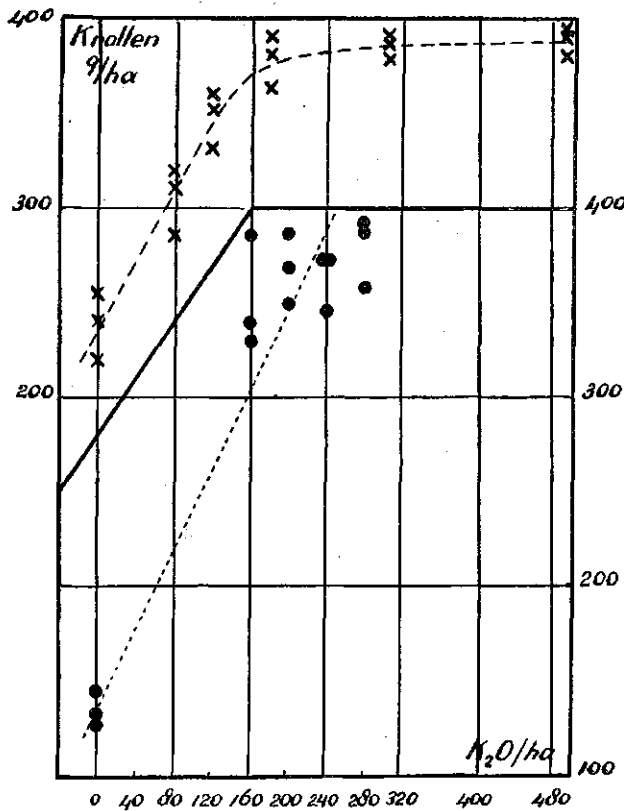


Fig. 8

Onder: opbrengstcijfers per aizonderlijk veldje bij eenige dicht bijeen gelegen, zich bij de praktijkhoeveelheid nauw aansluitende hoeveelheden, en onbemest. Boven: beter gekozen verdeeling der objecten, de opbrengstcurve kan met meer zekerheid getrokken worden.

*Vele objecten in enkelvoud.*

Deze gedachtengang van meer objecten met minder herhalingen is doelbewust nog verder doorgevoerd door *W. C. Visser*, die daarbij zoo ver ging, dat hij afzag van systematisch gekozen objecten; hij nam willekeurige objecten, om zoo bij allerlei toestanden het verband, b.v. tusschen opbrengst en pH, na te gaan. Zoo heeft *Visser* een viertal meerjarige proefvelden, die het Rijkslandbouwproefstation op perceel 5 van de Proefboerderij te Bergercompagnie had liggen en waarop geheel verschillende problemen waren onderzocht (vergelijking van diverse soorten stikstofmest en stalmest in verschillende hoeveelheden; kalktoestandstrappen; vergelijking van fosfaatvormen; idem van kalivormen; in het geheel 130 veldjes), als één geheel samenvattend in beschouwing genomen om daarbij het verband tusschen opbrengst en pH onder allerlei verschillende culturomstandigheden na te gaan. Het bleek, dat uit dit oogen-

schijnlijk zoo heterogene cijfermateriaal, juist door die veelheid van omstandigheden, allerlei conclusies te halen zijn. *Visser* zal hierover te zijner tijd een verhandeling het licht doen zien, waarop ik thans niet zal vooruit loopen; ik wilde dit onderzoek slechts even noemen als voorbeeld van een keuze van opzet, die uit het serieprincipe is voortgekomen.

*Vele verspreide, eenvoudige proefvelden.*

Een dergelijke gedachtengang ligt ook ten grondslag aan twee reeksen eenvoudige proefvelden — een stel met opklimmende hoeveelheden fosfaat, n.l. 2 nulveldjes en 3 hoeveelheden; het andere stel hetzelfde met kali — die thans aangelegd worden in de provincie Groningen ter nadere bestudeering van de fosfaat- en de kalihuishouding op de zavel-, zeeklei- en roodoorgronden. De proefvelden van elke reeks komen op 75 verschillende plaatsen, elk proefveldje met de betreffende serie in enkelvoud. De voorbereidende onderzoekingen — o.a. een onderzoek van *W. C. Visser* bij twintig proefveldjes met verschillende stikstofsoorten, elk met zes objecten in tweevoud, waarover een verslag ter perse is — doen verwachten, dat deze opzet ons een beter en sneller inzicht in het probleem zal geven dan een, waarbij wat grooter proefvelden met herhalingen, in een overeenkomstig kleiner aantal, genomen worden.

*Vele verspreide proefvelden met herhalingen.*

Bij de laatst besproken schema's volgden wij een gedachtengang, waarbij in de plaats van herhalingen niet kwam een variatie in serie noch een bepaalde, gesystematiseerde variatie in anderen zin, maar een sterk doorgevoerde, willekeurige, lukraak genomen verscheidenheid in „uiterlijke omstandigheden” (dus grondsoort, cultuuromstandigheden, weersomstandigheden, enz.). Neemt men nu dezen zelfden opzet, maar gebruikt daarbij proefvelden *met* een aantal herhalingen, dan is men weer terug op den reeds lang gevolgen weg, waarbij men dezelfde proef op verschillende plaatsen neemt, deze in verschillende jaren herhaalt, enz. *J. M. Geerts* heeft dan ook volkomen gelijk wanneer hij er op wijst <sup>8)</sup>, dat de Java-Suikerindustrie al jaren een serieprincipe toepaste, doordat zij vele proefvelden van denzelfden opzet op verschillende ondernemingen en gronden, in verschillende jaren nam. Niemand kan er bezwaar tegen hebben, dat men de objecten op deze proefvelden dan in tienvoud of twaalfvoud aanlegde; gelukkig wie de werkkrachten en de geldmiddelen daartoe heeft. De opzet is ook duidelijk en gemotiveerd: de onderneming wil voor haar afzonderlijken tuin een vaststaand gegeven hebben over de optimale gift aan zwavelzure ammoniak en neemt daarvoor een serie opklimmende hoeveelheden van deze meststof in het gewenscht geachte aantal herhalingen; het Proefstation, of beter de industrie in haar geheel, neemt uniforme proefvelden in groot aantal, om daaruit samenvattende conclusies te trekken, die zoo goed mogelijk onafhankelijk zijn van toevallige invloeden zooals de weersomstandigheden.

Een dergelijke opzet — een factor (b.v. zwavelzure ammoniak) in serie (opklimmende hoeveelheid), dit per proefveld in een groot

<sup>8)</sup> Landbouwk. Tijdschr. 48 (1935), blz. 287.

aantal herhalingen, en daarvan veel proefvelden onder wisselende omstandigheden — is zeer mooi, wanneer die te verwezenlijken is. Bij landbouwkundige vraagstukken is het steeds gewenscht om meer zijden van het probleem — liefst alle zijden — tegelijk en in verband met elkaar te onderzoeken. Maar komt men voor de noodzakelijkheid van beperking te staan — zou men b.v. het effect van opklimmende hoeveelheden stikstofmest op grasland niet bij diverse maaitijden kunnen onderzoeken, of verschillende fosfaatmesten niet bij opklimmende hoeveelheden kunnen vergelijken, omdat het aantal veldjes beperkt moet blijven — *dan zou men mijns inziens niet moeten aarzelen om herhalingen op te offeren ten bate van de variatie der objecten, liefst zoo goed mogelijk in serie.*

De ervaring heeft daarbij reeds geleerd, dat men er eerder toe zal kunnen overgaan om herhalingen op te offeren, naarmate de samenhang tusschen de objecten in serie door een eenvoudiger verband (b.v. een rechte lijn en niet een kromme) is weer te geven of naarmate die samenhang reeds uit andere gegevens beter bekend is.

### *Rassenproefvelden.*

Nu zal men wellicht zeggen — en door eenige debaters, o.a. *V. J. Koningsberger*, is daarop twee jaar geleden gedoeld —: dit is alles goed en wel bij bemestingsproeven, maar deze beschouwingen gelden niet voor rassenproefvelden, waar men immers de te vergelijken rassen niet in series kan uiteenhalen en dus op vergelijking van telkens één object blijft aangewezen.

Op het eerste gezicht zou men zeggen, dat dit inderdaad zoo is; bij rassenproeven is van een opzet in serie per proef gewoonlijk geen sprake, en past men alleen een opzet in een reeks van verschillende omstandigheden (grond, jaar, enz.) toe.

Maar wanneer men de zaak op den keper gaat beschouwen, staat het daarmee toch wel heel anders en is ook op het gebied van de rassenvergelijking de methodiek nog aanzienlijk uit te bouwen, met als gevolg een rijker oogst aan resultaten.

In ons land is *C. Broekema* al verscheidene jaren in een dergelijke richting gegaan, door er op aan te dringen om de rassenvergelijking te doen op kalktoestandsproefvelden en op proefvelden met verschillende hoeveelheden stikstof, fosfaat en kali. Daarbij zat meer het idee voor om de rassen bij verschillende bemestingstoestanden te vergelijken, waardoor een beoordeeling bij de voor elk ras optimale bemesting mogelijk werd. Het streven naar een verband in serie als verbetering in de proefveldtechniek stond hierbij, naar ik meen, aanvankelijk niet zoo zeer voorop; het waren meer combinatieproeven, waarbij men van de veelheid van factoren, die op het gewas inwerken, er eenige gecombineerd onderzocht. Zeer uitvoerig en bewust werd het serieprincipe door het I.v.P. toegepast en gepropageerd bij de door *R. P. Dojes*<sup>9)</sup> beschreven proef met vijf gerst-rassen op het proefveld van de Proefboerderij te Haarlo, waar verschillende kalk-, fosfaat- en kalistoestanden liggen.

*Th. B. van Itallie* bestudeerde de kalium- en natriumhuishouding van de biet, bij vijf bietenrassen en vier bemestingen in tweevoud;

<sup>9)</sup> Jaarboek 1936 van den Alg. Bond van Oud-leerlingen van Inrichtingen voor Middelbaar Landbouwonderwijs, blz. 42.

hij koos daarbij bietenrassen uit met opklimmende droge-stof-gehalten, en nam dus tot op zekere hoogte de rassen „in serie”. Behalve de opbrengst bepaalde hij ook de chemische samenstelling bij vier verschillende groeistadia<sup>10)</sup>; zoo ontstonden 80 objecten op basis van het serieprincipe, waardoor een overzichtelijk beeld van de kalium- en natrium huishouding werd verkregen.

Systematisch in de richting van het serieprincipe heeft op het gebied der rassenproeven bij mijn weten het meest bewust *W. Feekes* gewerkt, die bij de tarwerassenproefvelden van de Technische Tarwe Commissie een opzet uitwerkte en nog nader aan het uitwerken is, waarbij aan het serieprincipe een overheerschende rol wordt toebedeeld.

*Feekes* varieert daarbij :

- a) den zaaitijd, waardoor dezelfde weersomstandigheden door-gemaakt worden door gewassen in verschillend groeistadium;
- b) de plantdichtheid, waardoor verschillende factoren (licht, microklimaat) tragsgewijs gevarieerd worden;
- c) de stikstofbemesting, waardoor de ontwikkeling op eenzelfde tijdstip verschillend is;
- d) de kunstmatige beïnvloeding door koudebehandeling (jarowisatie), die een dergelijk effect heeft;
- e. den klimaatsinvloed, door deze proeven in verschillende klimaatsprovincies van ons land te nemen;
- f) de uiterlijke omstandigheden, door kasproeven waar temperatuur en vochtigheid gedoseerd worden en b.v. hittegolven en periodes van droogte in verschillende groeistadiën worden gegeven.

Een rassenvergelijking op zooveel breeder basis, vergezeld van geregelde waarnemingen tijdens den groei en systematisch onderzoek van het gewas (door aanplant-analyse, welke uitdrukking ik preferer boven den gewoonlijk gekozen, niet geheel juist en wat verwarrenden term „oogstanalyse”) en de oogstproducten, geeft een aanzienlijke verdieping van onze kennis der verschillende rassen, waarbij het doel tevens is om het oecologisch type te kenschetsen.

Zoo omvatte het plan voor 1937 vier proefvelden op verschillende plaatsen in ons land, waarbij drie tarwerassen (*Juliana*, *Joncquois* en *Van Hoek*) vergeleken werden bij zes stikstofgiften, acht zaaitijden, vier plantdichtheden, alles in tweevoud; dus 1152 veldjes. Daarbij sloten dan nog direct aan proefvelden met gearowiseerd zaad. Jammer genoeg zijn door een extreem regenrijke winter en voorjaar, die de mogelijkheid tot zaaien op verschillende data zeer beperkten, deze plannen slechts ten deele uitgevoerd kunnen worden.

Voor 1938 wordt de variatie in serie ook nog in een dergelijke richting gezocht als bij de boven vermelde proef van *Van Itallie*. Een vijf en vijftigtal tarwerassen zijn namelijk op grond van de tot nog toe verzamelde waarnemingen in acht groepen van verschillende koudebehoefte ingedeeld; dus in serie naar een oecologische eigenschap. Deze serie zal onderzocht worden bij twaalf verschillende zaaitijden, waarvan zes met gearowiseerd naast ongejarowiseerd zaad. In het geheel dus 990 veldjes. Daarnaast komen te liggen proefvelden met zeven opklimmende hoeveelheden stikstof, die op drie verschillende wijzen (verschillende tijdstippen, ineens

<sup>10)</sup> Publicatie ter perse.



en in gedeelten) zullen worden toegediend bij de vier belangrijkste van de boven bedoelde tarwerassen, zoo mogelijk bij vier zaaitijden. Ook hier wordt gedeeltelijk jarowisatie toegepast, zoodat dit gedeelte in het geheel 364 veldjes zal bevatten. Deze beide proeven komen in enkelvoud te liggen, omdat anders de opzet werkelijk te groot zou worden. Verder komt daarnaast nog een proef, waarbij een aantal verschillende koude-behandelingen (duur en wijze van jarowiseeren) gecombineerd worden met verschillende zaaitijden, bij twee rassen in drievoud, dus een proefveld van ruim 300 veldjes. In het geheel komen hier dus meer dan 1600 veldjes te liggen.

Zooals men ziet: een zeer ambitieuze opzet, waarbij de verscheidenheid van objecten, die toch alle weer een samenhang hebben en in hun geheel op enkele bepaalde doeleinden gericht zijn, wel zeer ver is doorgevoerd.

Over de resultaten zal natuurlijk pas later bericht kunnen worden; hier worden deze plannen slechts even aangehaald om een indruk te geven van een richting, waarin de opzet van rassenproeven bezig is zich te ontwikkelen.

### *Slotbeschouwing.*

Overzien wij thans nog even het besprokene, dan valt te releveeren, dat de meerdere variatie in de objecten, waarvoor in mijn betoog gepleit is, duidelijk van tweeërlei aard is.

In de eerste plaats een variatie, waarbij in meer eigenlijken zin van een *serie* kan worden gesproken, en waarbij die serie dan een samenhang tusschen de opeenvolgende objecten meebrengt, waarvan men mag aannemen, dat deze zich bij het gewas zal afspiegelen in een physiologische wetmatigheid, die — al zijn aard en formulering daarvan onbekend — toch een verband tusschen de waarnemingen (punten) legt, dat in de plaats van een deel der herhalingen kan treden. Onder deze rubriek vallen opklimmende hoeveelheden, opeenvolgende bodemtoestanden en andere systematisch gewijzigde factoren. Er is dus een *à priori* verondersteld verband, hetzij van bekenden, hetzij van onbekenden aard.

In de tweede plaats een uitbreiding van het aantal objecten zonder systematisch gekozen verband, en meermalen zonder vooropgezet of bekend verband; dus b.v. een willekeurig genomen, groot aantal gevallen. Bij dezen vorm van opzet spreekt men misschien beter van een *zwerf* of *baan* van waarnemingen (punten), dan van een serie. Hieronder vallen b.v. herhalingen op verschillende plaatsen of grondsoorten, en herhalingen in verschillende jaren.

Men gaat dan zoeken of er een eigenschap te vinden is — b.v. pH van den grond, zwaarte, humusgehalte, bemestings- of cultuurtoestand — die met de opbrengst of de kwaliteit van het gewas een correlatief verband blijkt te vertoonen; men tracht dus achteraf „eigenschappen in serie” op te sporen, die een samenhang leeren kennen.

Zijn deze beide wegen, die men ter verruiming van den proefopzet kan inslaan, dus uit hun aard in eerste instantie verschillend, bij consequenten uitbouw komt men daarbij — zooals zoo vaak, wanneer men een landbouwkundig probleem van verschillende kanten aanpakt — tot vrijwel eenzelfde schema. De objecten in serie geven als het ware een reeks van groepjes afzonderlijke punten,

die bij vergrooting van het aantal objecten ineen vloeien en in een zwerm of baan overgaan. En tevens komt men op die wijze weer terecht op den weg, dien men reeds van ouds pleegt te volgen, door van proefvelden met een aantal herhalingen er vele aan te leggen.

De doorgevoerde uitbouw leidt in alle gevallen tot een groote veelheid van objecten of omstandigheden die, op de juiste wijze samengevat en geïnterpreteerd, ons ten slotte de evenwichtige diepere kennis van het probleem moet geven, waarom het in laatste instantie te doen is.

Het serieprincipe leidt ons, wanneer het (doordat beperking noodig is) ten koste van het aantal herhalingen doorgevoerd wordt, *niet* terug tot den vroegeren eenvoudigen proefopzet zonder of met weinig herhalingen, dus met weinig waarnemingen. Integendeel, *het leidt eerder tot vergrooting van het aantal veldjes (waarnemingen), en al gauw tot aanzienlijke vergrooting.* Voorop zit de bedoeling om bij vergrooting van het aantal waarnemingen daarvan een zoo groot mogelijk nut te hebben. Vermeerdering van het aantal objecten en vergrooting van de zekerheid per object dienen daarbij tegen elkaar afgewogen te worden, tenzij de opzet zoo groot wordt, dat aan beide desiderata voldaan kan worden.

Bij onze beschouwingen bleek in sommige gevallen een opzet in serie bepaaldelijk noodig, meer noodig dan een grotere nauwkeurigheid door grooter aantal herhalingen (b.v. bij vergelijking van meststofsoorten). *Hier moet systematische variatie in de objecten dus beslist voorgaan bij het aantal herhalingen.* In andere gevallen zal men kunnen overwegen, hoever men met de herhalingen, hoever met de variatie der objecten gaan zal. Men zal — zooals altijd bij het aanvatten van moeilijke landbouwkundige problemen — het een tegen het ander moeten afwegen, het probleem van verschillende zijden tegelijk onder handen moeten nemen en het eene doen zonder het andere te laten. Men zou den term „serieprincipe” dan ook niet zoo mogen opvatten, dat dit *steeds voorop* zou moeten staan; het komt *naast* de herhalingen, de verdeling der veldjes over het proefterrein en de andere beginselen, die bij den opzet van veldproeven in acht genomen moeten worden.

Strijdig zijn overigens de beide meer speciaal besproken principes — opzet in serie, en herhalingen — nooit, zij kunnen steeds naast elkaar verzorgd worden indien de capaciteit dat toelaat. Maar in vele gevallen zal beperking, en dus een keuze, noodig zijn; ik hoop U aangetoond te hebben, dat bij de betreffende overwegingen menigmaal aan het serieprincipe een meer vooraanstaande plaats gegeven zal moeten worden dan thans nog vaak het geval is.

## DISCUSSIE.

*Dr. Ir. J. G. Ossewaarde* vraagt of bewerkingen zooals het oogsten niet zeer bezwaarlijk worden bij de groote proefvelden, die spreker noemde, b.v. met 1600 veldjes.

*Inleider* antwoordt, dat er bij die voorgenomen proef zeer verschillende behandelingen zijn, b.v. wat betreft zaaitijd, jarowisatie enz. Deze beïnvloeden den tijd van rijping, zoodat de ruim 1600 veldjes niet op één dag geoogst behoeven te worden en ook niet zouden kunnen worden. Overigens is het oogsten van een groot

aantal veldjes een kwestie van proefveldtechniek, die men met een geoefende ploeg onder de knie kan krijgen; door verbetering van de werkwijzen heeft men bij het Rijkslandbouwproefstation geleidelijk heel wat kunnen bereiken.

*Ir. J. F. Dekker* vraagt of men bij de beschreven werkwijze de waarnemingsfout kan bepalen, en of het geen bezwaar is wanneer men de nauwkeurigheid van de resultaten niet te weten komt.

*Inleider* verwijst naar wat hij over het eerste in zijn voordracht gezegd heeft, namelijk, dat de mathematische behandeling bij een kromlijinig verband wel moeilijk zal wezen, en dat deze niet altijd noodig zal zijn. Ook zonder herhalingen kan men echter de fouten wel bepalen: de afwijkingen der punten van de gemiddelde lijn kunnen direct als maat voor de fout dienen.

*Ir. J. F. Dekker* vraagt verder of het Rijkslandbouwproefstation te Groningen ook den proefveldopzet volgens R. A. Fisher toepast.

*Inleider* deelt mede, dat dit in een enkel geval wel eens gebeurt, maar dat men in het algemeen de meer soepele, door hem beschreven vormen van proefopzet prefereert. Het serieprincipe en de door Fisher aangegeven opzet hebben naar onze meening elk hun eigen terrein van toepassing; de methode Fisher is speciaal dienstig voor onderzoek, waarbij de objecten niet in serie gebracht kunnen worden. Wanneer niet, zooals bij het serieprincipe, de resultaten van het eene object aanwijzingen geven over het andere, zijn herhalingen noodig en heeft de methode Fisher voordeelen. Men zal naar omstandigheden moeten kiezen wat men voor zijn doel het beste acht of wat het best te verwezenlijken is.