

63.58
63.001.05

AGRONOMIE EN BOTANIE

door

F. VAN DER PAAUW,

landbouwkundige aan het Rijkslandbouwproefstation te Groningen.

Twee wetenschappen, elk met groote scharen van beoefenaars, houden zich bezig met de studie van planten: de plantkunde en de landbouwwetenschap. Deze overeenstemming in object gaat evenwel gepaard met een verschil in doelstelling; terwijl de botanicus streeft naar theoretisch inzicht in het plantenleven, heeft de agronoom een practisch doel, namelijk de kennis, en daardoor de beheersching van de groeivoorwaarden van de cultuurgewassen, ten bate van de landbouw. De in beide wetenschappen uitgewerkte methodes van onderzoek toonen in verband daarmee verschillen.

Het is een eigenaardig verschijnsel dat het gemeenschappelijke studie-object niet geleid heeft tot een nauw contact tusschen beide wetenschappen. Een overeenkomst in probleemstelling en methode, samengaand met een gemeenschappelijke vooropleiding aan eenzelfde Universiteit, heeft er waarschijnlijk toe geleid het contact tusschen botanie en zoölogie levendig te houden: zoo kennen wij — als uiterlijk verschijnsel hiervan — in Nederland een samenwerking tusschen de Botanische en de Dierkundige Vereeniging met de mogelijkheid van een gemeenschappelijk lidmaatschap; een soortgelijk contact van de Nederlandsche Botanische Vereeniging met het Nederlandsch Genootschap voor Landbouwwetenschap bestaat er niet.

Hoewel de gescheiden beoefening van beide wetenschappen, aan Universiteit en Landbouwhoogeschool, dit verschijnsel vermoedelijk in de hand zal hebben gewerkt, is toch de voornaamste reden waarschijnlijk te zoeken in de verschillende instelling op een theoretisch, en op een practisch doel.

Dit gebrekkige contact is reeds daarom te betreuren, omdat uit eenzelfde studieobject gemeenschappelijke interessen voortvloeien en b.v. de resultaten van de landbouwwetenschap reeds verscheidene malen aanknoopingspunten hebben opgeleverd voor verder physiologisch onderzoek, maar bovenal omdat de ontwikkeling van beide wetenschappen tot een verschil in werktechniek heeft geleid, waarvan de kennisneming voor beide zijden van veel belang geacht mag worden.

In dit opzicht zijn de landbouwkundigen het minst in het nadeel. Daar hun belangstelling een gedeelte van de planten, namelijk de cultuurgewassen betreft, is het begrijpelijk, dat de behoefte aan een algemeene botanische kennis gevoeld wordt, en zoo zien wij dan ook in de Wageningsche opleiding aan de plantkunde een belangrijke plaats ingeruimd. De botanicus zal echter de bemoeitigen van landbouwkundigen met cultuurgewassen als een onderdeel van zijn vak beschouwen, waarvan het weliswaar zijn nut kan hebben om kennis te nemen, zonder dat dit evenwel als een noodzakelijke voorwaarde voor de beoefening van het vak gevoeld wordt. Wij zullen echter trachten aan te toonen, dat juist de werkwijze van de agronomie voor de botanie vele mogelijkheden ontsluit, die o.i. door de omstandigheden, waaronder deze laatste wetenschap zich heeft ontwikkeld, over het hoofd zijn gezien, of waaraan althans niet de daaraan toekomende aandacht is besteed.

Wij willen thans nog iets dieper ingaan op de probleemstelling van beide wetenschappen, maar zullen ons eerst daarbij een zekere beperking opleggen. Evenals de botanie onderverdeeld is in physiologie en morphologie, zien wij bij de agronomie verschillende werkterreinen. Terwijl b.v. de rassenteelt ook duidelijke morphologische kenmerken heeft, is de bemestingsleer, of algemeener de studie van de afhankelijkheid van de cultuurplant van zijn milieu, veel meer physiologisch geaard. Het gaat hier immers om de studie van een typische levensverrichting van de plant, namelijk om de vorming van het zaad of van reserveorganen. In het volgende bepalen wij ons tot een vergelijk tusschen de doeleinden en werkmethodes van de plantenphysiologie en van de physiologisch gerichte agronomie.

Teneinde de cultuurvoorwaarden van een landbouwgewas te leeren kennen, kan de landbouwkundige twee wegen inslaan. In de eerste plaats kan hij trachten dezelfde werkwijze te volgen als in de physiologie gebruikelijk is, namelijk de plant in het laboratorium onder constante voorwaarden te cultiveren, om door een systematische variatie van de groeiomstandigheden tot inzicht in de den groei van het gewas beheerschende factoren te geraken. Deze methode is bij landbouwkundig onderzoek weliswaar niet ongebruikelijk, maar in de meerderheid van de gevallen begint de landbouwkundige zijn studie door uit te gaan van de cultuur zelf; d.w.z. de practische landbouw, welke een veelheid van factoren omvat, wordt als uitgangspunt gekozen, om daaruit, door het verrichten van exacte waarnemingen en proeven, de betekenis van de afzonderlijke factoren af te leiden.

Deze laatste weg ligt inderdaad voor een practisch georiënteerd onderzoek eerder voor de hand dan de eerste: een verkregen resultaat kan onmiddellijk worden toegepast en de landbouw ten nutte komen; de sprong tusschen de uitkomst van een laboratorium-onderzoek en de praktijk is daarentegen veel grooter en het zal moeilijker zijn om het onderzoek direct practische vruchten te doen dragen. Er bestaat dus wel een practische, maar zeker geen principiële reden, waarom de eene methode de voorkeur zou verdienen boven de andere.

In analogie hiermee zou men kunnen meenen, dat ook voor de plantenphysiologie twee wegen openstaan om tot kennis van de levensverrichtingen van de plant te geraken, namelijk naast de overwegend in de physiologie gevolgde methode van isoleering van het studieobject onder kunstmatig gecontroleerde laboratoriumomstandigheden, welke methode algemeen als „de“ kenmerkende physiologische werkmethode wordt opgevat, nog een andere, waarin van de onder natuurlijke omstandigheden levende plant wordt uitgegaan, en door middel van doelbewuste waarnemingen algemeene wetmatigheden in de door het leven geboden veelheid worden opgespoord, om zodoende eveneens tot een wezenlijke kennis van de plant te geraken. Een dergelijke weg wordt, voor zoover mij bekend, weinig of niet gevolgd. Weliswaar lijkt het misschien, dat deze door de plantenoecologie bewandeld wordt, doch deze wetenschap heeft niet de plant, maar de verhouding van de plant tot het natuurlijke milieu als onderwerp, wat dus een andere doelstelling is dan van de physiologie, welke de levensverschijnselen van de plant zelf bestudeert. Ik bedoel dus, dat er een methode van physiologisch werken denkbaar is, welke als uitgangspunt de plant in de natuur neemt en tracht door toepassing van daarvoor geschikte middelen deze veelheid te ontwarren om tot algemeene physiologische inzichten te geraken.

Deze werkwijze spreekt echter in de botanie niet zoo vanzelf als in de landbouwwetenschap. Ook de landbouwkundige heeft, zooals wij straks zullen zien, in den aanvang van het onderzoek geprobeerd de laboratoriumswerkwijze in de landbouwpraktijk door te voeren, en hoeveel eerder lag dit voor de hand bij den physioloog, die niet het doel van den landbouwkundige nastreefde, om direct tot nuttige practische resultaten te geraken. Deze zag eenerzijds de onontwarbaar lijkende veelheid van de levende natuur, anderzijds de groote logische eenvoud van de laboratoriumproef. Voor het eerste miste hij voorhands de bewerkingsmethodes om tot tastbare resultaten te geraken, voor het tweede lagen de door physica en chemie geschapen, en daar zeer succesvol gebleken bewerkingsmethodes voor het gebruik gereed. Dit is echter geen reden, waarom de andere weg principiële voor de physiologie gesloten zou zijn. Het verklaart alleen historisch, waarom in beide wetenschappen een verschillende bewerkingsmethode tot ontwikkeling is gekomen; noch voor de eene, noch voor de andere vloeit uit de doelstelling van het onderzoek voort, dat een bepaalde methode alleen de eenig juiste is. De ontwikkeling van de methode is dus in beide gevallen eenvoudig een kwestie van utiliteit geweest, niet een van principiële aard. Indien ik dan ook in het volgende op de mogelijke betekenis wil wijzen, die de landbouwkundige methode voor de physiologie zou kunnen hebben, dan ben ik meteen gevrijwaard tegen de aantijging, dat een methode van een wetenschap van anderen aard als methode voor de physiologie gepropageerd zou worden. Dat de physiologie gebruik maakt van de methode, die zij thans bezigt, is misschien zeer juist gezien, omdat deze aanvankelijk de meeste kans op spoedig succes beloofde; er is echter geen reden voor een vooropgezette meening, dat een andere werkwijze in de physiologie die veldphysiologie in tegenstelling tot laboratoriumphysiologie zou kunnen worden genoemd, niet eveneens tot belangrijke resultaten zou kunnen leiden.

Het bovenstaande klemmt te meer, omdat het den landbouwkundige wel gelukt is, om werk-

methodes te vinden, die een nadere analyse van de veelheid van factoren — Prof. DE VRIES gebruikt in dit verband zelfs het beeld van een polydimensionaal geheel (8) — die de praktische landbouw aanbiedt, mogelijk maken. Door de praktische doelstelling, die bij het onderzoek voorzat, was de landbouwkundige gedwongen zijn aandacht in de eerste plaats te bepalen bij de nauwkeurigheid van zijn waarnemingen en bij de verwerking van de overweldigende massa gegevens, waarin de algemeene lijn diende te worden gevonden. De bewerkingstechniek van de resultaten werd zoodoende het in de landbouw-wetenschap het meest op den voorgrond tredende probleem, tot welker oplossing wiskundig statistische en grafische methodes zijn ontwikkeld. In dit opzicht heeft de landbouwkundige een grooten voorsprong op den physioloog verkregen. Laatstgenoemde besteedde al zijn aandacht aan de verfijning van de proeftechniek; veel energie en kosten zijn besteed aan het ontwerpen van steeds meer geraffineerde proefopstellingen. De bewerking van de uitkomsten bleef echter simpel en voor een beginner begrijpelijk: in een systeem van constante factoren, waarin één factor zich wijzigt, is uiteraard de variabele factor de oorzaak van de optredende verandering.

Er is echter over het hoofd gezien, dat de veel inspanning en kosten vereischende verfijning van de techniek mogelijk minder noodig zou zijn geweest, als ook de bewerking van de resultaten in gelijke mate als in de landbouwwetenschap tot ontwikkeling was gekomen. Ware dit wel het geval geweest, dan zou men zich bij voorkomende gelegenheden kunnen afvragen of de meerdere, aan de verfijning van de proeftechniek bestede arbeid, wellicht doelmatiger aan de uitwerking van met eenvoudiger middelen te verkrijgen, minder nauwkeurige waarnemingen gewijd zou kunnen worden. De keuze van de proefopzet zou aan het antwoord op deze vraag kunnen worden overgelaten.

Het zal nu naar aanleiding van het bovenstaande noodig zijn om nader in te gaan op de werkwijze van de landbouwwetenschap. Ik ontleen mijn voorbeelden aan de wijze van bewerken, zooals deze aan het Rijkslandbouwproefstation te Groningen in het laatste tiental jaren vooral door Ir W. C. VISSER tot ontwikkeling is gebracht. Gegevens hierover zijn te vinden in de Maart-aflevering van het Landbouwkundig Tijdschrift (1), waarin verschillende onderzoekers iets over de door hen gevolgde werkwijze bij de behandeling van landbouwkundige problemen hebben meegedeeld, en in een uitvoerige publicatie van VISSER (6).

De eerste stappen, die de landbouwwetenschap deed op het gebied van uitvoering van proeven te veld, stonden eveneens zeer sterk onder den invloed van de gebruikelijke proefopstelling in physica, chemie en physiologie. Gestreefd werd naar een constanthouden van alle factoren, die invloed konden hebben op den te verkrijgen oogst, met uitzondering van den eenen, waarvan men den invloed wilde kennen. Men varieerde dus b.v. de stikstofbemesting door een deel van den akker wel, een ander deel niet met stikstof te bemesten. Om een zoo zuiver mogelijk resultaat te verkrijgen werd de proef op een zeer gelijkmatigen akker uitgevoerd. Daar echter een akker niet op alle plaatsen gelijke eigenschappen in werkelijkheid niet voorkomt, werd het ter elimineering van dezen invloed de proef in een aantal herhalingen uit te voeren, waardoor de invloed van dezen inconstante factor verkleind werd, en bovendien de hierdoor ontstane fout van de waarneming berekend kon worden. Wij zien dus hoe onmiddellijk in veel sterker mate dan bij de physiologie de behoefte gevoeld is aan een inzicht in de nauwkeurigheid van de waarneming. De berekening van de fout werd veel eerder een belangrijk onderdeel van de bewerking.

Aan de wijze, waarop men doot een zoo doelmatig gekozen proefopzet (zie O. DE VRIES (7)) en de vaststelling van een zeer vaak in het terrein voorkomend vruchtbaarheidsverval (op grafische wijze volgens W. C. VISSER (5)) de vaststelling van den invloed van een bepaalden factor kan verfijnen, en den invloed van de bodem-ongelijkheid daardoor verkleinen, willen wij op deze plaats voorbij gaan, om er op te wijzen, dat deze aan de laboratoriumwerkwijze ontleende proefopzet toch een eigenaardige structuur behoudt. Ontelbare factoren blijven namelijk variabel: het verloop van het weer, de toestand van den bodem, de grondbewerking en vooral het door het weer beïnvloede resultaat daarvan, het zaai- en pootgoed, de zaaidichtheid, enz., enz. De invloed van deze factoren is zoo groot, dat geen enkele landbouwkundige proef van dit type reproduceerbaar is, wat toch wel het eerste vereischte is van een natuurwetenschappelijke laboratoriumproef. Het resultaat heeft in principe geen grootere waarde, dan die van een min of meer nauwkeurig vaststaand feit, dat slechts geldig is voor zeer bepaalde, toevallig verwerkelijkte proefomstandigheden, maar waaraan geen algemeene beteekenis toekomt. De invoering van dezelfde proefopzet, althans naar den vorm, niet naar het wezen, heeft den landbouwkundige niet geholpen om de moeilijkheid, orde in een veelheid te scheppen, te ontloopen. De beteekenis van de landbouwkundige proef is dan ook feitelijk niet anders, dan dat eenige van deze veelheid van samenstellende factoren bewust constant gehouden, ofwel systematisch gevarieerd worden. Het probleem om algemeen geldige regels te ontdekken in een veelheid van factoren is er niet wezenlijk door gewijzigd.

Dit lijkt weinig bemoedigend voor het nut, dat uit een veldproef te trekken valt. Inderdaad, voor zoover het de bedoeling is om te verklaren en te bewijzen, is het resultaat van de

veldproef op zichzelf niet bruikbaar, tenzij door waarnemingen en bepalingen een inzicht is verkregen in de overige omstandigheden, waaronder de proef is uitgevoerd. Ook zonder dat is echter het resultaat uit landbouwkundig oogpunt geenszins waardeloos, vooral als in eenige opeenvolgende jaren, of op enkele andere proefperceelen iets overeenkomstigs is vastgesteld. De kans wordt dan des te grooter, dat het in andere gevallen evenzoo zal zijn; het resultaat is dus reeds bruikbaar voor toepassing in de praktijk. Een physioloog zal hierdoor echter weinig bevredigd zijn, hij zal vragen naar het waarom van het overeenstemmende resultaat. Hier komt duidelijk het onderscheid tusschen beide studierichtingen naar voren, maar het blijkt toch ook, dat een verschil in het gestelde einddoel gedeeltelijk tot eenzelfde handelwijze kan leiden. Het is namelijk heel goed denkbaar, dat de landbouwkundige van oordeel is, dat het practische belang door de uitvoering van de niet verklarende veldproef voldoende behartigd is, maar het kan ook zijn, dat een nadere kennis om practische redenen wenschelijk geoordeeld wordt. In het laatste geval zal de landbouwkundige grijpen naar het middel dat hierboven reeds genoemd is: door waarnemingen en het verrichten van bepalingen de omstandigheden te analyseeren, waaronder de proef is uitgevoerd, m.a.w. de proef zelf wordt studie-object. De beteekenis wijkt daardoor geheel af van de beteekenis van een proef in de physiologie en de chemie. Al moge men het in deze wetenschap noodig vinden het verloop van een proef te controleeren, opdat de omstandigheden steeds dezelfde zullen zijn, dan is toch een studie van een variabel proefverloop uiteraard uitgesloten. Door deze studie wordt de landbouwkundige evenwel in staat gesteld zich een oordeel te vormen over de factoren, die aansprakelijk zijn voor het in verschillende gevallen ongelijk uitvallen van het resultaat. Voorloopig streeft hij hierbij evengoed als de zuivere natuuronderzoeker naar een theoretisch doel; hij zoekt ook naar wetmatige samenhangen.

Hier komt het punt voor den dag, waar landbouwwetenschap en plantkunde de nauwste aanraking vertoonen. In sommige gevallen is de doelstelling gelijk, of althans van gelijken aard (beide wetenschappen bestudeeren b.v. de voeding van de plant), alleen het middel is anders. De physioloog varieert de proefomstandigheden doelbewust naar eigen inzicht, de landbouwkundige aanvaardt de variaties, die de natuur biedt, en tracht deze te onderkennen en te registreeren. Het eenige, waarin de landbouwkundige bewust ingrijpt, is de beperking van de variaties door middel van zijn proefopzet.

Het inzicht, dat de landbouwkundige veldproef in wezen niet met een natuurwetenschappelijke proef vergeleken kan worden, brengt mede, dat ook het vasthouden aan den vorm daarvan minder star behoeft te gebeuren. Hierboven is uiteengezet, hoe men b.v. bij den opzet van een proefveld steeds groote zorg besteed heeft aan de keuze van een zoo gelijkmatig mogelijk proefperceel. Hoewel dit in vele gevallen ter beperking van het aantal variabelen wel wenschelijk kan zijn, is dit geenszins een voorwaarde voor de proef: zoo goed als de weersomstandigheden kunnen varieeren, is ook een variatie in bodemeigenschappen binnen het proefveld geen overwegend bezwaar, al stelt dit hoogere eischen aan de bewerking. Voorbeelden zouden te noemen zijn hoe juist op „onnauwkeurige” proefvelden na vaststelling van de oorzaak van de onregelmatigheid een belangrijke verruiming van inzicht verkregen is.

Het doel van de veldproef is dus in de eerste plaats eenige cultuuromstandigheden in een bepaalde richting te leiden en door de uitvoering van bepalingen nader te determineeren. Op duidelijke wijze komt dit tot uiting in het door Prof. Dr O. DE VRIES voorgestane serieprincipe bij veldproeven. Een bepaalde cultuurfactor wordt in een aantal trappen varieerd, welke loopen van uit cultuuroogpunt zeer onvoldoenden toestand tot een groote overdaad. Bij de bestudeering van een bemestingsinvloed wordt b.v. niet volstaan met het maken van een vergelijking tusschen geen bemesting en wel een bemesting (b.v. met stikstof of kali), maar wordt de bemesting in een aantal hoeveelheden toegediend, waaronder er zijn, die veel te laag, andere die veel te hoog zijn, zoodat zij het gewas schaden. Voor een physioloog mag deze handelwijze zeer vanzelfsprekend zijn — immers hij zal den invloed van een factor steeds bepalen, vanaf het punt, waar deze in minimum is, via het punt, waar deze factor een optimale werking heeft, tot het maximum, waar de invloed van den factor eindigt — voor den landbouwkundige lag dit minder voor de hand. De te geringe meststofgift, zoowel als de te zware, zijn beide oneconomisch en practisch zonder belang. Inderdaad werd op de oudere proefvelden alleen het practisch belangrijke traject onderzocht. Het verschil tusschen het effect van een iets te lichte en een iets te zware bemesting is echter zeer gering en het vereischt een zeer uitgebreide proefopzet met vele herhalingen om dit vast te stellen. De opzet volgens het serieprincipe leert de veel sprekender verschillen tusschen de (practisch niet in de eerste plaats belangrijke) extremen kennen, waarna door interpolatie het tusschenliggende gebied bepaald wordt, zoodat langs een omweg toch het gewenschte practische resultaat bereikt is, terwijl tevens een belangwekkend inzicht verkregen wordt over de beteekenis van den groeifactor in van het normale geval afwijkende omstandigheden.

Voor bepaalde problemen kan het nuttig zijn dit serieprincipe toe te passen op een enkel perceel, b.v. waar het gaat om zeer ingewikkelde gevallen, waarbij de variatie van eenige

factoren betrokken is. Een voorbeeld is b.v. het vraagstuk van de verhouding der voornaamste voedingsstoffen, stikstof, fosfaat en kali. Men dient dan elk dezer factoren toe in een serie, zoodat een groot aantal combinaties verkregen wordt. In andere gevallen zijn de variaties, die men wenscht te bestudeeren, reeds in de cultuur zelf verwerkelijkt. Wil men b.v. den invloed van verschillende bodemfactoren op het effect van fosfaatbemesting kennen, dan kan men volstaan met zeer eenvoudige fosfaatbemestingsproefvelden, die echter op perceelen met verschillende bodemeigenschappen worden aangelegd. Bij de keuze van de proefperceelen wordt dan doelbewust op deze eigenschappen gelet; er worden b.v. perceelen gekozen met zeer uiteenlopende pH van den grond, verschillend humus- of kleigehalte, enz., en wel zoodanig, dat wederom een doorlopende serie van bodemtoestanden aanwezig is. In een onlangs verschenen publicatie zijn beide wijzen van proefopzet door mij behandeld (4). Nog een stap verder is dat ook de fosfaatbemesting van het perceel niet meer geregeld wordt, maar al of niet doelbewust aan het „toeval” wordt overgelaten. In sommige gevallen zal deze proefopzet zeker uitvoerbaar zijn en de uitvoering van een traditioneel proefveld is dan ook geen principieel vereischte om tot nadere kennis te geraken. Men legt dit eigenlijk slechts aan om een gewenschte variatie te bereiken, die anders in de cultuur zeer moeilijk op te sporen zou zijn en waarschijnlijk niet in extreme gevallen zou voorkomen. Wordt echter de aanleg van een proefveld nagelaten, dan is men geleidelijk terecht gekomen in de bestudeering van de veelheid van de landbouwcultuur zelf, waarin door doelbewuste waarnemingen en bepalingen de optredende verschijnselen worden vastgelegd en vervolgens in onderling verband gebracht. De overgang van het meest ingewikkelde proefveld met gecontroleerde variatie van vele factoren tot de nauwkeurige waarneming van de factoren, die in de feitelijke cultuur overheerschend zijn, is blijkbaar zeer geleidelijk. Het proefveld heeft in het landbouwkundig onderzoek de plaats gekregen van een praktijkperceel, waarop verschillende praktijken tegelijk worden toegepast; het karakter van een natuurwetenschappelijke proef heeft het echter geheel verloren.

Het zal nu nog noodig zijn om aan te toonen, dat de beschreven werkwijze inderdaad leidt tot resultaten, die in wetenschappelijkheid niet bij die van de physiologie ten achter blijven, doordat de landbouwwetenschap bewerkingsmethodes heeft ontwikkeld, waardoor een omvangrijk feitenmateriaal behandeld kan worden.

Het voorbeeld van een landbouwkundige bewerking van resultaten, dat daartoe besproken zal worden, is aan een eigen onderzoek over de fosfaathuishouding ontleend. Andere voorbeelden zijn te vinden in publicaties van het Rijkslandbouwproefstation, in het bijzonder van Ir W. C. VISSER. In dit bestek kan uiteraard slechts zeer kort op het gekozen voorbeeld worden ingegaan.

Het betreffende onderzoek werd uitgevoerd op grasland op zandgrond. Uit een aantal van 65 perceelen, waarop een voorafgaand onderzoek heeft plaats gehad, zijn 21 perceelen uitgezocht. Bij de keuze van de proefperceelen is bewust gestreefd naar het verkrijgen van een serie van verschillende bodemeigenschappen. In de eerste plaats betrof dit den fosfaatrijkdom van de perceelen, daarnaast echter ook andere bodemkundige eigenschappen, zooals o.a. de pH. Als criterium om den invloed van fosfaat- en andere bodemtoestanden te bepalen, gebruiken we in dit geval niet, zooals meestal bij landbouwkundig onderzoek gebruikelijk is, de opbrengst, maar het P_2O_5 -gehalte van het gedroogde gras. De grootheid, welke den fosfaatrijkdom van een grond tot uitdrukking brengt, is het P-citroenzuurcijfer (P-citr), dat het bij een bepaalde extractieverhouding in citroenzuur oplosbare P_2O_5 -gehalte van den bodem weergeeft. In fig. 1 zijn het P-citr en het P_2O_5 -gehalte van het gras tegen elkander uitgezet. Het

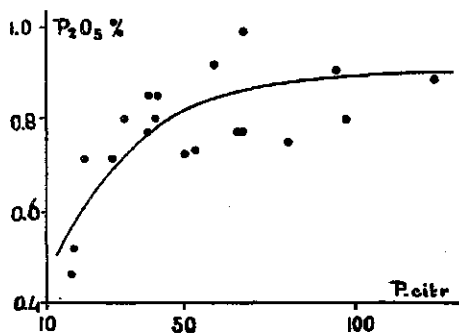


Fig. 1. Verband tusschen het P-citr-cijfer en het P_2O_5 -gehalte van het gras.

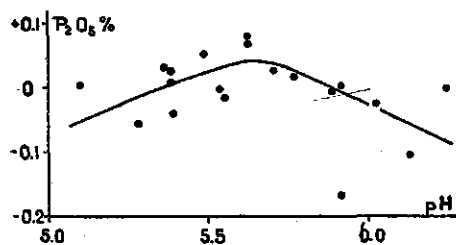


Fig. 2. Invloed van de pH van den grond op het verband tusschen P-citr en P_2O_5 -gehalte.

resultaat is dat er een duidelijk verband naar voren komt, hoewel de spreiding der 19 stippen (2 proefvelden zijn niet geslaagd) vrij groot is. Getracht kan nu worden oorzaken te vinden, die voor deze spreiding, welke grooter is dan op grond van de bepalingfouten van de toegepaste analyse- en bemonsteringsfouten te verwachten is, aansprakelijk te stellen zijn. Op eenvoudige wijze gebeurt dit door de verticale afstanden van de punten tot de bij benadering getrokken lijn uit te zetten tegen de verschillende factoren, waarvan een invloed op het resultaat mogelijk geacht wordt. In de eerste plaats bleek de verschillende ouderdom van het gras een factor van betekenis. Het gras is op alle velden bij het maaien fysiologisch niet even oud, wat tot uitdrukking komt in een verschillend N-gehalte. Aangezien het P_2O_5 -gehalte, evenals het N-gehalte, bij het ouder worden daalt, is het begrijpelijk, dat dit de uitkomst onzuiverder maakt, dan wanneer overal gras van gelijken ouderdom was geoogst. Nadat de invloed van het N-gehalte evenwel bekend is, kunnen de bepaalde P_2O_5 -gehalten worden herleid op dat van gras met gelijk N-gehalte, d.w.z. van denzelfden ouderdom. Er wordt nu opnieuw een opbrengstcurve geconstrueerd, waarna op dezelfde wijze naar den mogelijken invloed van andere factoren gezocht wordt. Het resultaat was de vaststelling van een merkbaaren invloed van de pH, waarvan *fig. 2* een beeld geeft. Duidelijk blijkt, dat de P_2O_5 -gehalten, die bepaald zijn bij een grond met een pH-waarde van ongeveer 5.65, meest boven het gemiddelde zijn, terwijl bij hoogere en lagere pH geringere P_2O_5 -gehalten gevonden zijn. De pH heeft dus een invloed op het P_2O_5 -gehalte; bij een overigens gelijk P-citr cijfer is de P_2O_5 -opname door het gewas het best bij een middelmatige pH. De verrassende invloed van de pH op de fosfaatopname, welke hier voor den dag komt, geeft een sprekend voorbeeld,

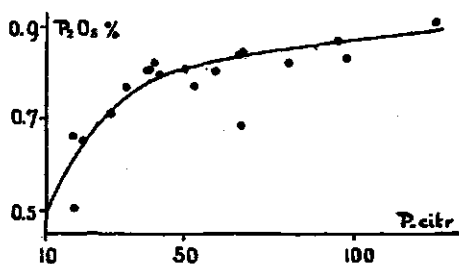


Fig. 3. Verband tusschen P-citr en P_2O_5 -gehalte na correctie op gelijk N-gehalte en gelijke pH.

er op te wijzen in hoe sterke mate er verband bestaat tusschen den fosfaattoestand, uitgedrukt in het P-citr cijfer, en het P_2O_5 -gehalte. In *fig. 3* zijn daarom de stippen weergegeven, nadat correcties voor het ongelijke N-gehalte en de ongelijke pH zijn aangebracht. De nu nog overblijvende spreiding is grootendeels op bepalingfouten terug te brengen, waarmee bewezen wordt, dat er geen andere factoren van betekenis in het spel zijn. De door deze methode van grondonderzoek aangegeven beschikbaarheid van het fosfaat blijkt dus verrassend goed met de reactie van het gewas in overeenstemming te zijn.

De omvang van dit artikel laat niet toe andere voorbeelden te bespreken. Het is echter voldoende duidelijk, dat in de landbouwwetenschap bij de opzet van de proef doelbewust meerdere factoren gevarieerd kunnen zijn, maar dat de bewerking van de resultaten er op ingericht is om deze veelheid van factoren te ontwarren.

Een toepassing van soortgelijke werkmethodes zou nu m.i. ook voor de fysiologie in aanmerking komen, voor zoover het om kwantitatief bepaalbare processen gaat. Zij zou vele voordeelen meebrengen. In de eerste plaats zou het een groote verruiming van arbeidsveld beteekenen als de fysiologie van de plant in het vrije veld tot studieobject zou kunnen worden gemaakt, wat een vooruitgang is ten opzichte van een beperking tot in het laboratorium opgekweekte exemplaren. In de tweede plaats zou dit aan de eenzijdig georiënteerde laboratoriumsmethodiek grootere handelbaarheid geven, als minder angstvallig het verwerkelijken van absoluut constante en geheel beheerschte voorwaarden zou behoeven te worden nagestreefd. Vervolgens zou eenzelfde doel in sommige gevallen bereikt kunnen worden zonder de reusachtige uitbreiding van de proeftechniek, welke steeds hoogere eischen aan de uitvoering stelt. Een laatste argument is nog, dat vele minder nauwkeurige bepalingen soms tezamen een belangrijker beter inzicht zullen kunnen geven dan een enkel, met pijnlijke nauwgezetheid, moeizaam verkregen resultaat.

Een tegenwerping, die wellicht bij velen zal opkomen, is deze, dat de landbouwkundige werkwijze voor de fysiologie niet toepasbaar zal zijn, omdat deze wenscht te verklaren, en naar causale verbanden zoekt, terwijl door gene gestreefd wordt naar een statistische vast-

hoe een landbouwkundig onderzoek een belangrijk aanknooppingspunt voor verder fysiologisch onderzoek kan opleveren, wat in den aanvang van dit artikel als een voordeel van een nauwer contact tusschen agronomie en botanie werd genoemd.

Het belang van het besproken onderzoek is dus dit, dat eenvoudige samenhangen zijn ontdekt in een systeem, waarin niet gestreefd is naar het constant houden van factoren, maar waarin integendeel bewust vele variabele factoren gelijktijdig zijn ingevoerd. De hoofdinvloeden, welke het P_2O_5 -gehalte resp. de opbrengst bepalen, namelijk de P-rijkdom en de reactie van den grond, komen duidelijk naar voren.

Het kan misschien nog van belang zijn om

stelling van correlaties. Zoo algemeen gesteld is deze opvatting zeker onjuist. Zuiver toevallige samenhangen zijn voor de agronomie evenmin van belang als voor de biologie. Een wetmatig verband kan echter zoowel een direct causaal verband zijn, waarbij het ene verschijnsel de oorzaak van het andere is, als wel een gevolg van een gemeenschappelijke oorzaak, die op beide heeft ingewerkt. Het is waar, dat de landbouwkundige het niet altijd noodig zal vinden op dit diepere verschilpunt in te gaan; soms zal dit echter wel gedaan worden, in geval de praktische vraagstelling dit noodzakelijk maakt. In het boven behandelde voorbeeld is het duidelijk, dat de verschillende fosfaattoestand en pH van den grond oorzakelijk zijn van de verschillen in het P_2O_5 -gehalte van het gras, ook al mogen er tusschen deze oorzaak en de uitwerking nog andere schakels in de causale keten aanwezig zijn. Daarentegen berust het verband tusschen P_2O_5 - en N-gehalte op een gemeenschappelijke oorzaak, namelijk de toenemende vorming van vezelachtige stoffen in het ouder wordende gras, waardoor het aandeel van eiwitachtige (N- en P_2O_5 -gehalte) stoffen geleidelijk daalt. Een physioloog, die een dergelijk vraagstuk volgens zijn eigen methode zou onderzoeken, had niet tot andere resultaten kunnen komen.

Een voorbeeld hiervan, dat aan mijn proefschrift (3) ontleend is, betreft den invloed van een narcoticum op de koolzuurassimilatie en de ademhaling. Van beide processen werd de intensiteit in gelijken zin gewijzigd. De voor de hand liggende verklaring is, dat het narcoticum de directe oorzaak is van de verandering in het assimilatieproces, zoowel als in het ademhalingsproces. De overeenkomstige reactie van beide processen, dus het correlatieve verband tusschen beide, zou dan op een gemeenschappelijke oorzaak berusten. Door mij is echter ook op de mogelijkheid gewezen, dat het narcoticum direct de geheele stofwisseling zou beïnvloeden, waarvoor de ademhalingsintensiteit als maatstaf kan gelden, en dat de verandering van de assimilatie eerst middellijk tot stand zou komen. In dat geval is er tusschen de ademhaling (ofwel de stofwisseling in het algemeen) en de assimilatie een direct causaal verband, en heeft het narcoticum slechts een indirecten invloed op de assimilatie, voor welke opvatting aanwijzingen schenen te bestaan. Hieruit blijkt wel, dat er zich bij een zuiver physiologisch onderzoek precies dezelfde problemen voordoen, en dat het in de physiologie evenmin altijd mogelijk zal zijn over den al of niet direct causalen aard van een samenhang te beslissen.

Het verschilpunt tusschen beide wetenschappen ligt dan ook elders, namelijk in de verschillende waardeering van het resultaat. De belangstelling van den landbouwkundige is niet gericht op de vaststelling van een causaal verband als zoodanig, maar is ingesteld op het praktische resultaat, dat door de vaststelling van den samenhang te bereiken is. Voor zoover hij zuiver landbouwkundig denkt, is hij door het in het voorbeeld behandelde geval wetenschappelijk bevredigd. Het is immers gebleken, dat de P-citr-methode van grondonderzoek volledig voor praktische toepassing bruikbaar is, indien de pH, welke factor het verband tusschen P-citr en de reactie van het gewas mede bepaalt, in acht genomen wordt. De eenige vraag, die hij waarschijnlijk nog stellen zal, is deze, of het voor het P_2O_5 -gehalte van het gewas gevondene ook voor de opbrengst geldig is, en hoe het met het verband tusschen beide gesteld is. Geheel anders echter oordeelt de physioloog. Deze beschouwt het praktische resultaat geheel als een toevallige bijzaak; de vraag die zich aan hem opdringt is, hoe deze samenhang tusschen pH en P-voeding gedacht moet worden; hij zoekt onmiddellijk naar een verdere analyse van het oorzakelijke verband. Hetzelfde geldt voor het voorbeeld van het overeenkomend gedrag van koolzuurassimilatie en ademhaling. Ook in dit geval zal de physioloog met de voorloopige uitkomst niet tevreden zijn en naar een nadere ontleding van den oorzakelijken samenhang streven. Daar echter elke oplossing van een vraagstuk den physioloog tot verder vragen zal nopen, is in het geheel niet in te zien, dat de gedeeltelijke oplossing, die de landbouwkundige behandelingswijze opgeleverd heeft, in eenig opzicht af zou wijken van de physiologische, evenmin als er reden is om te veronderstellen, dat de eerstgenoemde werkwijze voor een dieper gaande analyse in principe onbruikbaar zou wezen. Welke methode in een voorkomend geval gevolgd moet worden, dient in principe afhankelijk te zijn van den aard van het te onderzoeken object en de praktische mogelijkheden van den proefopzet.

Het zal niet overbodig zijn nog nader aan een voorbeeld toe te lichten, dat de voorgestane methode inderdaad tot voor de physiologie bruikbare resultaten kan leiden. Als voorbeeld kiezen wij een in een publicatie van DRAUTZ (2) beschreven proef over de koolzuurassimilatie van een *Hortensia*-plant onder wisselende uitwendige omstandigheden in een kas. Vooropgesteld dient te worden, dat dit voorbeeld voor ons doel slechts onder groot voorbehoud bruikbaar is, daar slechts 14 waarnemingen zijn verricht, wat wel te weinig is voor deze bewerking, terwijl de verschillende factoren niet geheel onafhankelijk varieeren. Het zal echter niet gemakkelijk zijn om in de literatuur een ander geval te vinden, dat beter geschikt is. Het is de bedoeling van DRAUTZ geweest na te gaan, welke uit- en inwendige factoren invloed hebben op het verloop van de assimilatie onder min of meer natuurlijke omstandigheden. De opzet is dus wel degelijk physiologisch bedoeld en gaat in de door mij bedoelde richting. Het is echter duidelijk dat slechts kwalitatieve vaststellingen bedoeld zijn, en dat door den auteur niet aan

een kwantitatieve analyse van het assimilatieproces, vergelijkbaar met het laboratoriumonderzoek, gedacht is. DRAUTZ slaagt in de analyse in zoverre, dat in de bedoelde proef een invloed van de factoren lichtintensiteit, temperatuur, CO₂-concentratie en van een tijdfactor wordt aangetoond. De invloed van de lichtintensiteit wordt weergegeven door fig. 4 (bij DRAUTZ fig. 10, blz. 178).

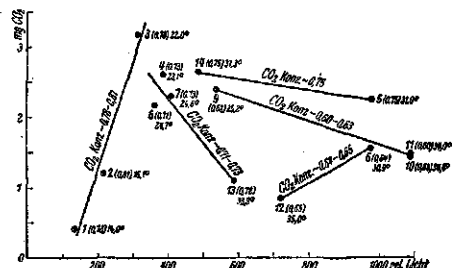


Fig. 4. Koolzuurassimilatie van een *Hortensia* onder wisselende uitwendige omstandigheden uitgezet tegen de lichtintensiteit (volgens DRAUTZ).

blijft b.v. of de assimilatie bij sterkere belichting is van de hogere temperatuur.

Bij de bewerking volgens de hierboven genoemde landbouwkundige methode werd eerst de lichtinvloed bepaald, vervolgens de invloed der

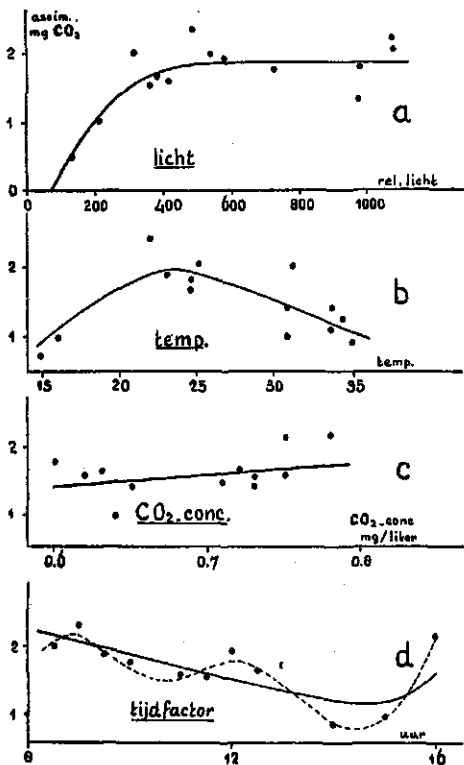


Fig. 5. Analyse van de in fig. 4 afgebeelde proefuitkomsten. De koolzuurassimilatie is uitgezet tegen de factoren lichtintensiteit, temperatuur, CO₂-concentratie en den tijd, telkens na correctie van den invloed van de andere factoren op een constante waarde.

andere factoren. Telkens als de invloed van een factor vastgesteld was, werden de oorspronkelijke gegevens op een gemiddelde waarde van dezen factor herleid en werd van deze herleide getallen uitgegaan ter bepaling van een anderen invloed. Na herhaalde malen heen en weer corrigeren, wat voor deze werkwijze karakteristiek is, maar waarbij telkens op de oorspronkelijke waarnemingen werd teruggerepen, is tenslotte het in de 4 grafieken van fig. 5 afgebeelde resultaat verkregen. De grafieken tonen elk het verband tusschen een bepaalden factor en de assimilatie bij gemiddelde grootte van de overige factoren. Er blijkt een zeer sprekende invloed van het licht (a), dat in hooge intensiteit de assimilatie niet doet afnemen, en eveneens van de temperatuur (b), die wél schadelijk kan werken. De invloed van de CO₂-concentratie (c) is gering en staat nauwelijks vast, wat niet behoeft te verwonderen daar deze concentratie ruim 2 maal zoo hoog is als in zuivere lucht. Tenslotte blijft de intensiteit van de assimilatie in den loop van den dag af te nemen. Of deze afname geleidelijk gaat, zooals door de volgetrokken lijn, welke wij veiligheidshalve bij de correctie gebruikten, is weergegeven, ofwel dat er in het middaguur nog een klein maximum is geweest (stippellijn), wagen wij niet te beoordeelen.

De uitkomst toont duidelijk, dat een vaststelling van den invloed van verschillende factoren verkregen is, welke in een exacte physiologische laboratoriumproef nauwelijks beter gewenscht had kunnen worden. Al moge dit resultaat aan degenen, die niet met deze bewerkingsmethode vertrouwd zijn, misschien wat op tooveren gelijken, zoo zal het hopelijk toch tot nadenken over de mogelijkheden van de hier slechts zeer kort aangegeven methode opwekken. Weliswaar hebben wij

toegegeven, dat het materiaal voor deze bewerking nauwelijks geschikt was, en de nauwkeurigheid van de uitkomsten dient met dezelfde reserve te worden aanvaard. Hier staat evenwel tegenover, dat een grooter materiaal wellicht een nog veel verder gaande analyse mogelijk had gemaakt, vooral als de opzet van het onderzoek op deze bewerking was toegespitst geweest, en de onderzoeker er naar gestreefd had uiteenlopende factorencombinaties bij zijn waarnemingen uit te kiezen, of zoo noodig kunstmatig te verwerklijken, zooals wij dat bij den opzet van de landbouwkundige proef besproken hebben. In dat geval had waarschijnlijk niets de vaststelling van „lichtkrommen" bij verschillende temperaturen, en van „temperatuurkrommen" bij verschillende lichtintensiteiten, enz., in den weg gestaan, zoodat overeenkomstige resultaten verkregen zouden zijn, als in talrijke laboratoriumproeven zijn bereikt.

Het is nu in het geheel niet mijn bedoeling te betoogen, dat deze werkwijze in de physiologie geschikter zou zijn dan de gebruikelijke methode, die in velerlei opzichten op fraaie resultaten kan bogen, zelfs niet dat deze even geschikt en voor de hand liggend is. Wel echter zou ik er met klem op willen wijzen, dat hier nog groote mogelijkheden open liggen. De eenzijdige voorkeur voor de laboratoriummethode in de physiologie wekt bij objectieve beoordeeling op zijn minst bevreemding, waar het tenslotte gaat om de bestudeering van levensverschijnselen, welke toch in de vrije natuur in werkelijkheid plaats vinden. Slechts de aanvankelijk voor den physioloog bestaande noodzaak, om de overstelpende veelheid, welke de natuur biedt, de baas te worden, verklaart historisch de voorkeur voor deze methode, doch is geen motief, om daarnaast niet aan een andere methode, welke hetzelfde beoogt, een plaats in het onderzoek in te ruimen.

In het bijzonder lijkt het wenschelijk, dat het op een landbouwkundig doel gerichte physiologische onderzoek van landbouwgewassen zich van deze mogelijkheden bewust wordt. Immers te vaak ziet men, dat de resultaten van fraaie, physiologisch georiënteerde proefnemingen met landbouwgewassen zonder practisch effect blijven, omdat de sprong van laboratoriumresultaat tot toepassing in de landbouwpraktijk te groot blijkt. Zouden de in het vrije veld, d.w.z. in de landbouwpraktijk zelf, verworven physiologische inzichten een practische toepassing niet veel nader staan dan de onder kunstmatige voorwaarden verkregen resultaten?

Vatten wij nog eenmaal de voornaamste punten van dit opstel — waarvan het misschien niet overbodig is te verklaren, dat het een persoonlijke opvatting weergeeft, welke ontstaan is door het zich bewegen op beide gebieden van wetenschap — in enkele woorden tezamen, dan kan gezegd worden, dat agronomie en plantenphysiologie, hoewel zij een verschillend einddoel nastreven, de eerste een practisch gericht, de tweede een theoretisch — waardoor een verschillende instelling ten opzichte van vastgestelde feiten en wetmatigheden ontstaat — gedeeltelijk, voor zoover het agronomische onderzoek niet uitsluitend op dit laatste einddoel, maar ter verwerklijking daarvan ook op theoretische doelen gericht is, in sommige opzichten overeenkomstige problemen behandelen. Hoewel in de landbouwwetenschap ook zuiver physiologische werkmethodes in gebruik zijn, wordt in het algemeen in deze wetenschap een andere methodiek gevolgd dan in de physiologie. In eerstgenoemde is deze gericht op het ordenen van een veelheid van gegevens, in laatstgenoemde op het isoleeren van het object onder beheerschte voorwaarden door middel van een steeds verder gaande verfijning van de laboratoriumproeftechniek. Deze verschillende keuze van methodes is uit de ontwikkeling van beide wetenschappen te verklaren, maar vloeit niet noodzakelijk uit den logischen aard van de probleemstelling in beide wetenschappen voort. Zoo min als een uitvoering van proeven volgens de physiologische methode in de agronomie in strijd geacht wordt met het wezen van deze wetenschap, is dit het geval bij een toepassing van landbouwkundige methodes bij de oplossing van zuiver physiologische vraagstukken. De mogelijkheid hiertoe is inderdaad aanwezig, zooals in een voorbeeld verduidelijkt is. Een arbeidsterrein voor een vorm van physiologie welke veldphysiologie zou zijn te noemen, wordt hiermee ontsloten. Bovenal dient de toepassing van deze methode bij de physiologische bestudeering van landbouwgewassen overwogen te worden.

Literatuur:

- (1) De methoden in gebruik bij het Rijkslandbouwproefstation en Bodemkundig Instituut te Groningen bij het samenvattend bewerken van proefveldgegevens. Landb. T. 55, 113 (1943).
- (2) DRAUTZ, R., Über die Wirkung äusserer und innerer Faktoren bei der Kohlensäure-assimilation. Jahrb. Wiss. Bot. 82, 171 (1936), blz. 178—179.
- (3) PAALUW, F. VAN DER, The indirect action of external factors on photosynthesis. Rec. trav. bot. néerl. 29, 497 (1932).
- (4) —, Het oplossen van landbouwkundige vraagstukken door middel van enkele groote en series van kleine proefvelden. Landb. T. 55, 150 (1943).
- (5) VISSER, W. C., De ongelijkmatigheid van den grond en de nauwkeurigheid bij proefvelden. Versl. Landb. Onderz. 43 A, 225 (1937).
- (6) —, Een onderzoek naar de kali- en fosforzuurhuishouding van de Groninger klei- en zavelgronden. Versl. Landb. Onderz. 48 A, 87 (1942).

- (7) VRIES, O. DE. Het serieprincipe bij veldproeven. Landb. T. 50, 340 (1938); Serieprincipe en combinatieproeven. Idem 51, 58 (1939).
- (8) —, Düngungsfragen in ihren gegenseitigen Beziehungen, als polydimensionales Problem. Ernähr. d. Pflanze 30, 373 (1934), en: Inleiding en probleemstelling. Landb. T. 55, 114 (1943).