

Over de Interpretatie van de Resultaten van het Grondonderzoek

door

A. C. Schuffelen (*)

Door de jarenlange ervaring, dikwijls van vele geslachten, hebben de landbouwers geleerd, dat er vruchtbare en onvruchtbare gronden zijn. Op sommige gronden groeit steeds een goed gewas, op andere gronden verkrijgt men regelmatig een misoogst en op weer andere gronden lukt het soms wel en soms niet een gunstig resultaat te bereiken. Het eerste type is bedrijfszeker, het laatste zeer onzeker. Er bestaat dus ontegenzeggelijk een betrekking tussen de aard van de grond en de groei van het gewas.

Wij wetenschappelijke onderzoekers zijn met deze grove ervaringsfeiten niet tevreden, wij willen meer over deze betrekking weten. We gaan daarom tellen, meten en wegen om de ruwe ervaring in cijfers om te zetten; cijfers, waarmee we kunnen rekenen en waarmee we de relatie kunnen ontleden in belangrijke en onbelangrijke zaken, in oorzakelijke, regelmatig terugkerende en in incidentele verbanden. We trachten hoofdzaken van bijzaken te onderscheiden om ons inzicht te verruimen, om uiteindelijk voorspellingen met een bekende trefkans te kunnen opstellen. Niet slechts om zich zelfs wille bedrijven we deze aangename bezigheden, maar ook om de landbouw en daardoor de maatschappij in al haar geledingen te dienen.

Zo ook met het grondonderzoek, het thema, waaraan we onze aandacht zullen geven. Ook dit grondonderzoek is een van de instrumenten, die door de landbouwscheikundigen worden gespeeld. Voorop stellen we vast, dat dit instrument wel steeds in de orkestbezetting voorkomt, maar, afhankelijk van het uit te voeren werk, een grote of een meer bescheiden plaats zal innemen.

(*) Voordracht gehouden in de Rijkslandbouwhogeschool te Gent (België) op 14 November 1947.

De eerste onderzoeken, die over de scheikundige samenstelling van de grond werden uitgevoerd — ik denk hier bijvoorbeeld aan het werk van DE SAUSSURE — hadden ten doel de ideeën, die over de voeding van de plant in opkomst waren, te steunen. Ook nu kennen we deze vorm van grondonderzoek nog, en wel bij de bepaling van de fundamenteën, die voor de kennis van de grond en de relatie van de grond met de plant, namelijk de bemestingsleer, onontbeerlijk zijn. Dit type van grondonderzoek zullen we slechts terloops in onze beschouwingen betrekken.

We behandelen nu de betekenis van de kennis van de samenstelling van de grond voor de beoordeling van de vruchtbaarheidstoestand en voor het rationele bemestingsadvies. Hierbij zullen we ons meer in het bijzonder bezinnen op de vertolking van de resultaten, die de scheikundige bewerking van het grondmonster ons levert, een vertolking, die uit de aard der zaak tenslotte een landbouwkundige moet zijn.

De behandeling van dit probleem stuit al direct op een moeilijkheid, die door het gehele betoog zal blijven lopen en die we dus vooraf het best kunnen signaleren. Deze moeilijkheid vindt haar oorzaak in de wisselwerking tussen de methodiek van het onderzoek en de interpretatie van de resultaten. De bodemscheikunde is een betrekkelijk jonge wetenschap, die voor een belangrijk deel uit de praktische vragen gegroeid is, zodat ze nog in volle ontwikkeling verkeert. We zien dan ook enerzijds vele pogingen om in de interpretatie der gegevens van de oude gevestigde methodieken steeds meer te verfijnen, maar anderzijds is er ook duidelijk een richting te onderscheiden, die een andere wijze van onderzoek voorstaat en tot een geheel andere benadering van de vruchtbaarheid van de grond tracht te komen.

Misschien is het niet juist, deze zaken nu reeds ter discussie te stellen en mogelijk zou het beter zijn af te wachten tot een beslissing valt, maar afwachten is nimmer in het belang van een groeiend onderzoek. Immers door discussie komt men vooruit en dan zal tenslotte wel blijken, welke middenweg de juiste is.

Waarom speelt dan die methodiek zo een belangrijke rol in het scheikundig onderzoek van de bodem?

Hiervoor zijn twee totaal verschillende redenen, als hoofdpunten, naar voren te brengen.

De eerste ligt in de moeilijkheid van de isolatie. Het is een geheel ander vraagstuk om bijvoorbeeld het kaliumgehalte van een mineraal te bepalen, dan om de kalitoestand van een grond vast te stellen. Bij de bepaling van het gehalte aan kalium van een of ander mineraal, die we bijvoorbeeld nodig hebben om de aard van het mineraal vast te stellen, gaat het om de totale hoeveelheid kalium, die aanwezig is. Elk geschoold analytisch chemicus ondervindt hierbij geen bijzondere moeilijkheden. Hij

kan een smelt maken en, op een of andere klassieke of moderne methode, in de uit de smelt verkregen oplossing het kaliumgehalte bepalen. Bij de bepaling van de kalitoestand van de grond is deze zaak niet zo eenvoudig. Vóór de analyticus het probleem kan oplossen komt de landbouwscheikundige er aan te pas. Deze laatste moet vaststellen, welk **deel** van de kalium uit de grond geïsoleerd moet worden. Voor de beoordeling van de vruchtbaarheid van de grond is het immers van meer belang te weten, welke hoeveelheid kalium voor de plant ter beschikking staat, dan te weten hoeveel kalium er in het geheel in de grond voorkomt. We staan hier dus voor het vraagstuk van de isolatie van dat deel van het kalium, dat voor de plant opneembaar is. Direct opneembaar kalium, in één groeiperiode opneembaar kalium, in de loop der jaren opneembaar kalium, enz. enz. zijn nadere differentiaties, die nog van dit begrip te maken zijn.

Men moet dus op een of andere wijze nabootsen, wat het gewas op de akker gedurende zijn groei doet, of men moet van het gewas zelf gebruik maken. Dit laatste doet LUNDEGARDH (1) bij de toepassing van de zogenaamde «tripelanalyse», waarbij de planten van de akkers verzameld worden gedurende hun bloeistadium en later op N, P en K worden onderzocht. Ook bij de werkwijze van NEUBAUER (2) wordt de plant als extractor gebruikt, zij het op een enigszins andere wijze, terwijl we ook de methodes, die van de schimmelgroei op met grond gemengde voedingsbodems gebruik maken, tot dit type mogen rekenen (GERRETSEN (3)).

Voor het nabootsen van de reactie van de plantenwortels zijn vele extractiemiddelen in gebruik, een veelheid, die dadelijk het weinig exacte der principes aanduidt. Hun keuze wordt meestal bepaald door het inzicht, dat men over de wijze van ionenopname door de plantenwortels heeft. Zo vinden we extracties met 1 % citroenzuur, oorspronkelijk door DRYER (4) ingevoerd en nu nog door vele onderzoekers gebruikt.

DRYER kwam tot deze oplossing door een extractiemiddel te kiezen met een potentiële zuurgraad, die gelijk is aan die van het wortelsap. Dat deze werkwijze zolang stand heeft kunnen houden is wel te wijten aan het feit, dat ook de reële zuurgraad met die van de wortelperiferie overeenkomt.

In de periode, waarin de opname van de ionen uit het bodemwater meer op de voorgrond staat, vinden we extracties met water, zoals VON WRANGEL (5) voor de bepaling van het fosfaat ontwikkeld heeft. Als het koolzuur van de grond de belangstelling van de onderzoekers heeft, komen de methodes, waarbij extracties met koolzuurhoudend water of met oplossingen van calcium- of magnesiumcarbonaat uitgevoerd werden, meer naar voren.

Toen de interesse van de onderzoekers bij de uitwisselbare ionen lag, kwamen de bepalingen door omwisseling met zoutoplossingen of met verdunde zuren in gebruik. Ik moet bekennen dat ik deze veelheid van methodes nog met een nieuwe wil aanvullen — weliswaar betreft het ook een extractie met water — door de bepaling van de activiteit der ionen in het geding te brengen. Naar mijn mening reageert de plantenwortel op de fysisch chemische ionenactiviteit van de grondsuspensie, zodat de bepaling hiervan aan de orde komt. Hiervoor is een praktische methode in ontwikkeling (SCHUFFELEN (6)).

Ook streeksgewijze vinden we verschillen in extractiemiddel. In de tropen, waar de verwerking een groter rol speelt dan in de gematigde klimaten en dus de minerale reserve van meer directe betekenis is, kiest men dikwijls een sterker zuur dan in onze streken

We mogen dan ook wel vaststellen, dat de vele ontwikkelde methodieken ons wel een ruime keuze toelaten, maar dat er ook weinig sprake is van een eenheid. Enerzijds dus het gevolg van een logische ontwikkeling van de kennis omtrent het systeem grond-plant, anderzijds de consequentie van een zekere behoudsgezindheid, die de verschillende instituten vertonen. Dit laatste is zeer begrijpelijk, daar de interpretatie der resultaten dikwijls op het materiaal berust, dat in de loop van tientallen jaren verzameld is. Men vertolkt cijfers, die verkregen zijn met een werkwijze, die we nu misschien conservatief noemen, maar bij het in gebruik nemen mogelijk ver vooruit was op de toen gangbare opvattingen. Een omschakeling van deze werkwijze op een nieuwe heeft vele bezwaren, waarvan we het onveilig gevoel van de onderzoekers, die de praktijk moeten adviseren, niet mogen onderschatten.

Zo lang we niet geheel op de hoogte zijn van de aard der processen en in het bijzonder van de onderlinge quantitative betrekkingen van de tot nu toe herkende reacties in de relatie grond-plant, zullen we aangewezen zijn op de conventionele methodes, zoals er enige aangegeven werden. We kunnen slechts hopen, dat deze werkwijzen zich zullen ontwikkelen in de richting van een steeds betere benadering van de werkelijkheid. Het gebruik van deze klassieke methodes heeft een belangrijke consequentie, waar we verder nader op zullen ingaan. Men is genoodzaakt om met het correlatieve verband tussen de groei van het gewas en het met de methode bepaalde cijfer te werken.

De klassieke methodes hebben nog een ander kenmerk, namelijk dat ze slechts voor de bepaling van één of soms twee ionen worden toegepast, het zijn typische «single value» bepalingen. Indien de grond geen natuurlijk systeem was, waarin alle verschijnselen min of meer aan elkaar gekoppeld zijn,

zouden ze zeer weinig waarde hebben. Nu ze echter een moment-opname uit een catena vertegenwoordigen, zijn ze meer waard, dan men wel zou vermoeden.

II) Behalve de geschetste chemische problematiek is er ook een typisch landbouwkundig vraagstuk aan de keuze der onderzoekingsmethode verbonden. Door de steeds groter wordende kennis van het systeem grond-plant in zijn individuele eigenschappen en in de onderlinge relaties, voelt men behoefte meer van de grond te weten, dan de pH, het K, P en eventueel N gehalte om tot een deugdelijke beoordeling en een rationeel bemestingsadvies te komen.

Naast de methode van de bepaling van de «single value» is dan ook de laatste jaren een andere methodiek in ontwikkeling. Bij deze werkwijze stelt men niet het beschikbare gehalte van één of enkele elementen vast, maar worden een groot aantal componenten van de grond bepaald. Deze methode werd mogelijk door de uitwerking van het zogenaamde snelle grondonderzoek.

Men tracht hierbij de grond niet door een enkel cijfer te karakteriseren, maar poogt door de bepaling van vele cijfers een indruk te krijgen over de gehele toestand van de bodem. Het verschil met de klassieke methode ligt dus in het feit, dat men zich niet beperkt tot het vaststellen van de quantiteit van één of enkele voedingsstoffen, maar dat men uit de vele cijfers de qualiteit van de grond opspoort.

Door de moderne onderzoekingen over de voeding van de plant weten we, dat de verhouding der ionen van meer belang is dan de absolute opneembare hoeveelheden, die ervan in de grond voorkomen. Dit inzicht, waarop we op ons laboratorium intensief gewerkt hebben, blijkt onder andere uit de resultaten van potproeven, waarbij zowel de pH als de kalium- en magnesiumtoestand van de grond werd gevarieerd. Het bleek mogelijk de verschijnselen, die zich bij Mg-honger voordoen, en die we in Nederland kennen onder de naam «Hooghalense ziekte», op zeer verschillende magnesium-niveau's te verkrijgen. Een lage pH vraagt een betere Mg-toestand dan een hoge pH; een lage kaliumtoestand stelt minder hoge eisen aan het Mg-niveau dan een hoge K-toestand. Een stikstofbemesting met nitraat geeft, bij een laag magnesiumniveau, een beter gewas dan een bemesting met stikstof in de ammoniakvorm (SCHUFFELEN (7)).

Maar niet alleen de uiterlijke verschijnselen ook de opbrengsten reageren duidelijk op de verhouding der ionen. Zo vinden we bij eenzelfde kalium-, calcium- of magnesiumniveau gelijke maar ook zeer verschillende opbrengsten, afhankelijk van de hoeveelheid der andere ionen. Men kan eigenlijk niet spreken van een tekort van een ion, want met evenveel recht kan men

het een overmaat van een ander ion noemen. De invoering van de verhouding der ionen brengt hier de oplossing, dan laat men zich niet over tekorten en overmaten uit.

De op het laboratorium waargenomen verschijnselen zijn geheel in overeenstemming met hetgeen op de proefvelden en de akkers der landbouwers wordt waargenomen. Uit de aard der zaak bevatten de modelproeven ook extreme gevallen, die in de praktijk zelden of niet voorkomen maar voor de wetenschappelijke studie onontbeerlijk zijn.

Dit feit, dat de verhouding der ionen zo belangrijk voor de plantengroei is, was voor ons aanleiding tot een uitvoerige studie over de aard der ionenvoeding(8). In het beeld, dat we omtrent deze voeding gevormd hebben, speelt een aan de absorptie voorafgaande adsorptie een belangrijke rol. Deze adsorptie is de sleutel voor de betekenis van de ionenverhouding. Immers doordat de wortelwand een beperkt oppervlak heeft, zal er aan dit oppervlak een concurrentie van ionen zijn. Iedereen, die eens een studie gemaakt heeft over de adsorptie van ionen uit samengestelde oplossingen, weet dat de verhouding van de ionen in het milieu van meer belang is voor de concentratie der ionen in de geadsorbeerde laag, dan de hoeveelheid, die in de oplossing voorkomt. De adsorptie heeft nog een andere belangrijke consequentie, namelijk, dat de concentratie der ionen in de geadsorbeerde laag steeds hoger zal zijn, dan die van het milieu en dat de concentratie-verschillen, tengevolge van het asymptotisch verloop der adsorptie-curve, voor een belangrijk deel worden genivelleerd. Dit is een der redenen, waarom een plant uit zulk lage concentraties nog ionen kan opnemen.

Dit inzicht over de voeding van de plant stelt de eis, dat voor de interpretatie van bijvoorbeeld een kaliumcijfer ook de gehalten aan andere ionen bekend moeten zijn. Immers bij twee verschillende calciumniveau's maar met eenzelfde kaliumcijfer, moet dit cijfer verschillend vertolkt worden, indien het de basis voor een bemestingsadvies wil zijn.

De gegeven gedachtengang vraagt een volledige of zo volledig mogelijke analyse van de grond. Dit is echter een onbereikbaar ideaal, indien we daarvoor de klassieke wijze van onderzoek moeten volgen. Het wordt dan een te dure en te tijdrovende bezigheid voor het praktische onderzoek.

Gelukkig komt ons hierbij de eerst door MORGAN (9) en later door PEECH (10) in Amerika ontwikkelde werkwijze, die zeer snel grondonderzoek mogelijk maakt, te hulp. Deze werkwijze is in ons Indië door VENEMA (11) bestudeerd en toegepast en heeft op ons laboratorium de toets der critiek goed kunnen doorstaan, zodat we haar in het begin van de oorlog reeds regelmatig gebruikten (12).

De methode berust op een zeer vereenvoudigd systeem van colorimetrische en nephelometrische reacties, die het trage wegen en titreren vervangen. Het is een druppelmethode waarbij de pipet vervangen is door een druppelteller, waarmede het grondextract over kleine reageerbuisjes of in de holte van druppelplaten verdeeld wordt. De kleuren kunnen worden geschat met behulp van een kleurschaal en de troebelingen gemeten met een lijnenkaart, of door vergelijking met te zelfder tijd bereide standaardoplossingen. Deze laatste wijze van onderzoek wordt door VENEMA en ons gebruikt.

De nauwkeurigheid is niet zeer groot, de methode is echter wel betrouwbaar. In de door ons toegepaste methodiek blijkt de middelbare fout bij de uitvoering van de analyse in duplo kleiner dan 10 % te zijn. Deze fout is klein genoeg voor het onderscheiden van een zevental klassen, zoals tabel 1 aantoont.

TABEL 1

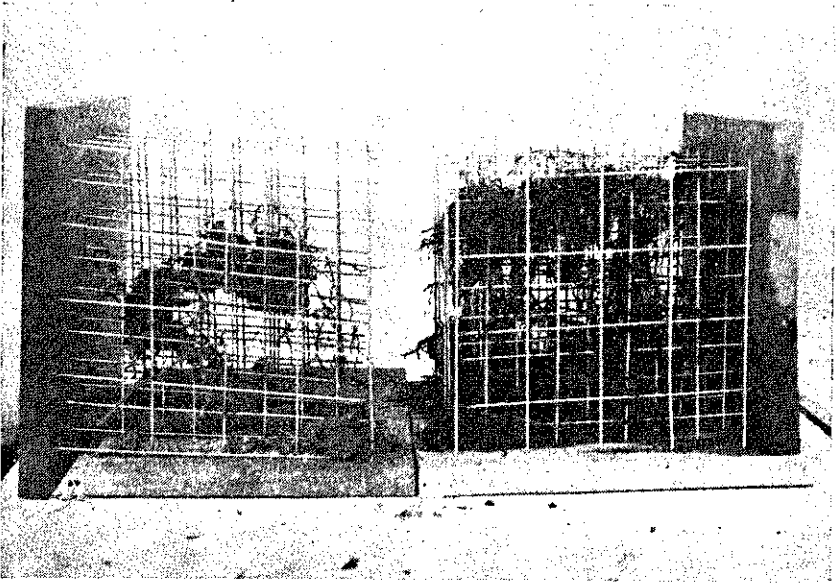
Beoordeling	P-getal	Relatief groepsverschil
Zeër hoog	7	33 %
Hoog	5	66 %
Matig hoog	2.5	65 %
Matig	1.2	66 %
Laag	0.6	66 %
Zeër laag	0.3	66 %

Door haar eenvoud geeft deze werkwijze de mogelijkheid een groot aantal ionen van de grond betrouwbaar te bepalen. De methode kan reeds worden toegepast voor :

H^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} , Cu^{++} , Hg^{++} , Fe^{++} , Fe^{+++} , Al^{+++} , Cr^{+++} , Ti^{++++} , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{--} , PO_4^{---} , BO_3^{---} , AsO_4^{---} .

Naast deze beide methodes van scheikundig onderzoek van de grond moet ik nog een derde plaatsen, namelijk het morphologisch onderzoek van de bouwvoor en de eerste lagen van de ondergrond. Deze werkwijze kan slechts op het veld worden toegepast, waar men een profielkuil graaft en dan onderzoekt hoe het met de structuur van de grond gesteld is. Van het grootste belang is het te weten of men een grond heeft, die een goede beworteling toelaat. Dat hier zeer grote verschillen kunnen voorkomen vertoont figuur 1, waarin twee wortelmassa's van de-

zelfde planten op grond met kluiten, waarin de wortels niet doordringen en op grond met een goede structuur, die goed doorworteld is, zijn aangegeven. Dit onderzoek, dat door HUDIG (13) en CLEVERINGA (14) wordt gepropageerd en dat uitgevoerd wordt door het uitkrabben van de losse lagen met een tuinkrabber, is zeer subjectief. Het eist een grote ervaring en is nog niet zo ver gevorderd, dat het resultaat in een getal kan worden uitgedrukt.

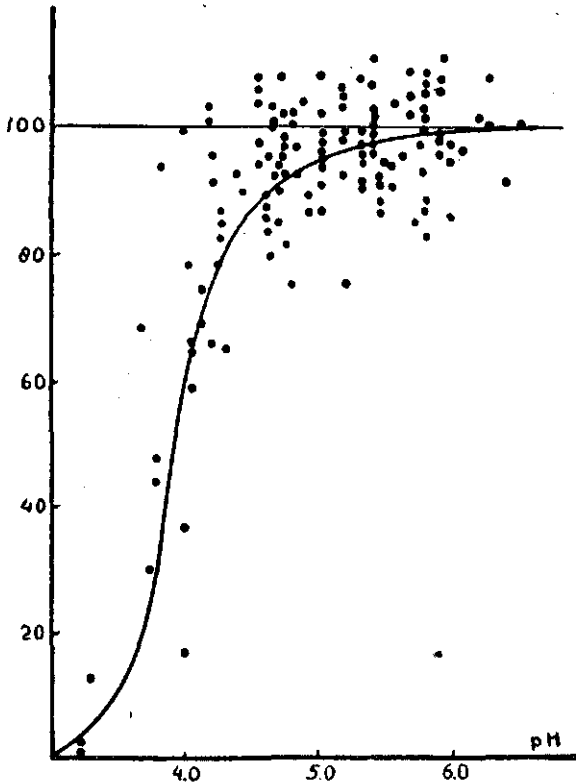


FIGUUR 1 (opname Prof. J. Hudig)

De kennis van de toestand ter plaatse is voor de beoordeling van de op het laboratorium verkregen cijfers van het grootste belang. Hoe moeten wij bijvoorbeeld een fosfaatgetal in een grond met een goede mogelijkheid van beworteling vertolken en hoe in een geval, waarbij de wortels maar het halve volume van de bouwvoor ter beschikking krijgen. Als men in beide een fosfaatcijfer vindt van 25, dan zou ik geneigd zijn dat, voor de grond met slechte structuur, tot ruim de helft terug te brengen. Vooral bij een beoordeling van de grensgevallen moet men hiermede wel degelijk rekening houden, wil men tot een economisch verantwoord bemestingsadvies komen.

De beide genoemde scheikundige onderzoekingsmethododes zullen we nu vergelijkenderwijze aan een nader onderzoek onderwerpen.

Bij de «single value» methode, die ik de **methode van de quantiteit** zou willen noemen, dus de klassieke manier van onderzoek, staat een verfijning van de werkwijze in het middelpunt van de belangstelling. Bij de **methode der kwaliteit**, dat is de methode van het snelle grondonderzoek, staat meer de interpretatie per geval, dus de min of meer incidentele beoordeling op de voorgrond. De eerste methode is aangewezen op een wiskundige verwerking, zij stelt het correlatieve boven het causale; de tweede methode interpreteert de gegevens vanuit een causale grondslag, zij heeft in het huidige stadium nog geen behoefte aan een wiskundige verwerking van haar resultaten.



FIGUUR 2 (zie lit. 15)

Verband tussen de pH en de korrelopbrengst bij rogge

In Nederland zijn beide methodes in gebruik. Het Landbouwproufstation te Groningen, dat voor de beantwoording van de vragen der landbouwers duizenden monsters onderzocht, beschikt over een groot cijfermateriaal, dat ook regelmatig in wis-

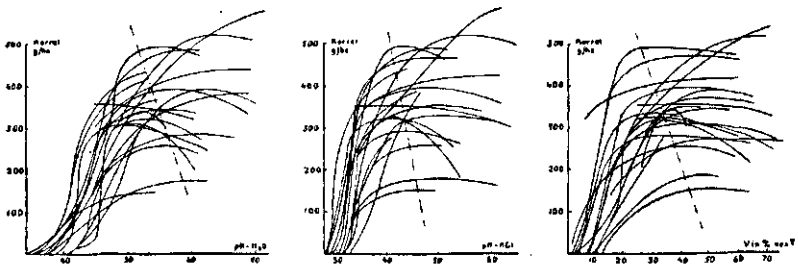
kundige zin verwerkt wordt. Ons laboratorium, dat over veel minder gegevens beschikt heeft aan het correlatieve verband weinig gedaan, maar meer de nadruk gelegd op de fundamentele vraagstukken, zoals dat een Hogeschool betaamt.

Ik verkeer dus in de gelukkige omstandigheden, dat ik het materiaal voor mijn betoog geheel aan mijn eigen land kan ontleenen. Het gedeelte voor de klassieke methode aan het werk van Groningen, het gedeelte van het snelle onderzoek aan ons eigen laboratorium en aan het werk van VENEMA uit Indië.

Het correlatieve onderzoek is in Groningen vooral door de landbouwkundige en wiskundige VISSER tot ontwikkeling gebracht.

I

Nemen we als eerste voorbeeld een onderzoek over de correlatie tussen de opbrengst van het gewas en de pH van de grond. In figuur 2 is de opbrengst van rogge tegen de pH uitgezet. We zien een aantal stippen, waardoor een gemiddelde lijn is getrokken, die globaal het verband weergeeft. We kunnen aflezen, dat bij pH ongeveer 6 het maximum bereikt wordt en dat dit maximum enige tijd aanhoudt, waarbij we niet weten of het een optimum is. De rangschikking van de punten om de lijn vertoont een grote spreiding. Dit is duidelijk, want afgezien van fouten in de bepaling van de pH en de rogge-opbrengst, zijn er verschillende andere factoren, die een invloed op de opbrengst uitoefenen en die niet of weinig door de pH gekarakteriseerd worden. Deze spreiding loopt in het maximum tussen 80 en 110, dus een verschil van ongeveer 40 %.



FIGUUR 3 (zie lit. 16)

De vergelijking van de opbrengstcurven met Adelaarshaver tegen de $\text{pH-H}_2\text{O}$, de pH-KCl en de V wijst uit, dat de curven het meest regelmatig waaiervormig zich spreiden bij de pH-KCl en de V en het dichtst bijeen vallen bij de pH-KCl . De grens van optimumgroei varieert bij de V over een groot gedeelte van het kalktoestandtraject, bij de pH-KCl over een klein gedeelte. De $\text{pH-H}_2\text{O}$ staat er tussen in.

In de gedachtengang van de «single value»-methodiek is het nu de vraag of er niet een betere karakteristiek is voor de zuurgraad van de grond dan de pH. Men zoekt dus niet in eerste instantie naar de oorzaken van de afwijking, als deze buiten de gekozen bepaling ligt; men zoekt een bepaling van de zuurgraad die beter met de opbrengst correleert.

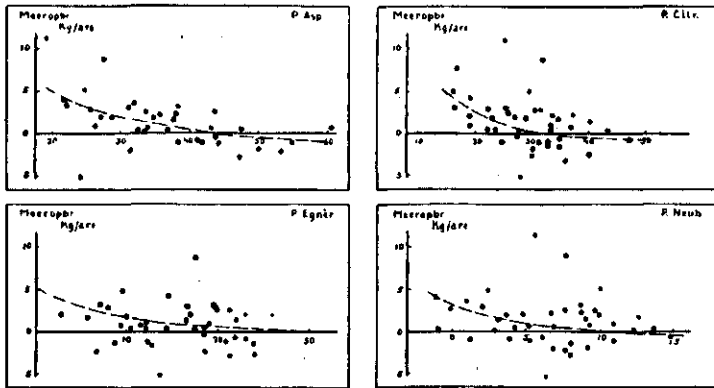
Men bepaalt dus de zuurgraad van de bodem op een andere wijze en gaat nu weer na hoe de betrekking is tussen deze zuurgraad en de opbrengst. Als voorbeeld kiezen we de pH-KCl en de verzadigingsgraad van de grond. In figuur 3 zijn deze beide zuurgraden en de pH tegen de opbrengst uitgezet. Het betreft hier een aantal kalktrappen proefvelden en de spreiding tussen de resultaten van deze velden is zeer groot. Om nu een betere vergelijking mogelijk te maken, wordt van elke curve het optimum bepaald en een lijn getrokken, die deze optima verbindt. Is er een goede overeenkomst tussen de optima, dan zal deze lijn stijl verlopen, is de overeenkomst slecht, dan zal de helling van de lijn klein zijn. In dit geval is het de pH-KCl, die het beste correleert met de optimale opbrengst. In feite mag het de onderzoeker nu niet interesseren of deze betere betrekking het gevolg is van het feit, dat de pH-KCl minder seizoenschommelingen heeft dan de pH-H₂O, of dat dit het gevolg is van het feit dat de pH-KCl zowel door de actieve als door de potentiële zuurgraad bepaald wordt, of dat de pH-KCl een beter moment van de catena weergeeft. Bij de interpretatie der cijfers heeft hij door het betere verband een grotere trefkans een juist advies te geven en dat is hetgene wat hem belang inboezemt. De andere vragen zijn van causale aard en komen bij de genoemde werkwijze pas in de tweede instantie aan de orde. Uit de aard der zaak is het hier scherp gesteld en elke onderzoeker, die naast de wiskundige kennis ook de nodige vakkennis bezit, zal zich ook om het fundament bekommeren. Dit fundament geeft hem wel richtlijnen voor de te kiezen methodiek, maar is niet essentieel in zijn beschouwingen.

II

Als tweede voorbeeld wil ik het fosphaatonderzoek van Groningen noemen. Ook hier vinden we als we het fosfaatgehalte van de grond — bijvoorbeeld uitgedrukt als water oplosbaar fosfaat — uitzetten tegen de opbrengst een figuur, waarin de stippen om een gemiddelde lijn gespreid liggen. Ook hier zijn weer verschillende oorzaken voor de afwijkingen aan te geven.

De nadere studie van de betrekking tussen het P-getal en de opbrengst gaat weer uit van een vergelijking van verschillende werkwijzen, die voor het vaststellen van de P-toestand van de grond kunnen worden gebruikt. In figuur 4 is het resultaat weergegeven van de uitkomsten der bepalingen volgens de methode

met **Aspergillus**, volgens de methode EGNER, volgens de citroenzuurmethode en volgens de methode van NEUBAUER. In dit geval is niet de opbrengst voor de vergelijking verkozen, maar de meeropbrengst, die een matige fosfaatbemesting geeft, indien deze op gronden met een bepaald fosfaatgehalte wordt toegediend. Ook hier is weer een spreiding der punten om een gemiddelde lijn. De kleinste spreiding geeft de methode met **Aspergillus**, zodat deze de beste correlatie geeft en bij het advieswerk de grootste trefkans heeft. Ook hier dus een verfijning van de methodiek om de trefkans groter te maken.

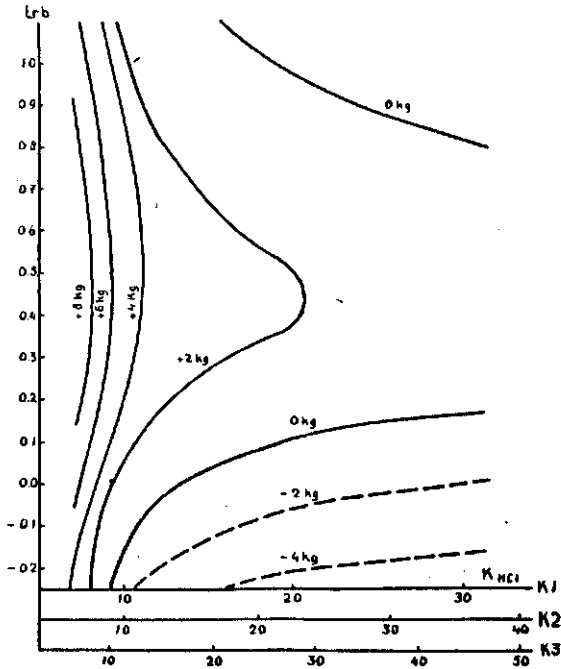


FIGUUR 4 (zie lit. 17)

De stippenkaart geeft voor de vier voornaamste analysemethoden de samenhang tussen de fosforzuurrijkdom en de meeropbrengst weer, waarbij de gemiddelde lijn aangeeft, welke gemiddelde meeropbrengst onder de proefomstandigheden bij een bepaalde fosforrijkdom kan worden verwacht. Duidelijk komt de grote nauwkeurigheid van de Aspergillusmethode hier tot uiting.

Bij de bepaling van de correlatie tussen het kaligehalte van kleigronden en de opbrengst van het gewas bleek deze zeer slecht te zijn, daar ook van het humusgehalte en het carbonaatgehalte een grote invloed uitging. Door een geschikte bewerking van de cijfers, waarbij de invloed van humus en carbonaat geëlimineerd wordt kan men ook dit verband wel vaststellen (figuur 5). Men brengt nu de gezamenlijke invloed van kali en kalk in beeld. Bij lage kalitoestanden wordt, door een bemesting met kali, een goede oogstvermeerdering verkregen, die weinig afhankelijk is van de kalktoestand (hier uitgedrukt als lrb-waarde); bij hogere kalitoestanden is er wel degelijk een interactie tussen kali en kalk. In het bovenste deel van de figuur komt de kali-kalkwet van EHRENBERG tot uiting, in het onderste deel is vermoedelijk meer een zuurgraadsfactor in het spel. In dit

geval, bij een zeer zorgvuldig uitwerken van de correlatieve relaties, blijkt het al niet mogelijk te zijn op één waarde een beoordeling te geven van de kalistoestand van de grond ten opzichte van de plant. Een meeropbrengst van 2 kg per are wordt bij een lrb-waarde van 0 pas bij een kaligetal van 6 verkregen, terwijl bij een lrb-waarde van 0,4 deze gehaald wordt bij een kaligetal van 20.



FIGUUR 5 (zie lit. 18)

Overzicht van de combinaties van kaligehalte en lrb-waarde, waarbij gelijke meer-opbrengsten optreden.

Het werken met de «single value»'s is een werkwijze, die typisch aan het laboratorium gebonden is. Men maakt de analyse en zonder verdere kennis van de grond kan men voorspellen, op louter wiskundige motieven, dat is via de correlatierekening, wat het resultaat van een bemesting zal zijn. Men heeft daarbij een bekende of benaderd bekende trefkans, die zo rond de 60 % ligt. In het huidige stadium van de onderzoekingsmogelijkheden, zullen we haar nog niet kunnen missen, al was het alleen maar omdat ze in al haar onvolkomenheden de causaal ingestelde onderzoeker richtlijnen verschafft, die voor de ontwikkeling van zijn methode nodig zijn. Voor het praktisch gebruik is ze voor de laboratoria, die duizenden analyses hebben te verrichten en

daarop adviezen hebben te verstrekken, zonder dat ze in staat zijn kennis te nemen van de toestand ter plaatse, een dankbaar instrument.

Toch komt het me voor, dat ze het inzicht in de betrekkingen tussen de grond en de plant en ook het inzicht over de toestand van de bodem slechts moeizaam vooruit zal brengen. De ontwikkeling van het begrip door de nadere ontleding van de correlatie is moeilijk en langdurig. Het is daarom gewenst, dat ook aan de tweede door mij genoemde methode, die hiervoor sneller en beter zal werken, een ruimere toepassing vindt.

TABEL 2
(Analysen F. Coolman en P. C. D. Toxopeus).

Nr.	Zandgrond	Morgan-Venema-cijfer			
		K	Ca	Mg	P
1.	Onbemest	11	85	4	5
2.	K-bemesting	53	40	3	6
3.	P-bemesting	12	100	5	6
4.	Chili-bemesting	13	100	10	5
5.	Z.A.-bemesting	7	40	3	6
6.	Ca-bemesting	16	575	12	8
7.	K, P, Z.A.-bemesting	45	40	2	9
8.	K, P, Ca-bemesting	58	525	15	10

Deze methode der qualiteit werd toegepast op de monsters van een bemestingsproefveld van ons laboratorium. In tabel 2 zijn de resultaten weergegeven. Zij tonen duidelijk aan, dat de methode in staat is de verschillen tussen de objecten weer te geven. Dat wil zeggen, dat de methode, ondanks de grote onnauwkeurigheid, geschikt is om verschillen in de samenstelling van de grond aan te geven. Beschouwen we de K-cijfers in verband met de Mg-cijfers, dan vallen direct enige interessante zaken op te merken. Zo is in het onbemeste perceel de verhouding K/Mg ongeveer $2\frac{1}{2}$, dezelfde verhouding vinden we bij de met fosfaat bemeste percelen. Is echter kalimeststof gebruikt dan wordt deze verhouding wel 10 maal groter en voor de plantengroei ongunstig. De lage opbrengsten van het perceel, dat alleen met kali werd bemest, is niet alleen te wijten aan het ontbreken van stikstof, maar ook gevolg van deze ongunstige verhouding, die aanleiding tot het optreden van een bodemziekte is. We zien dat door een regelmatige chili-bemesting het Mg-cijfer toeneemt, als gevolg van het kleine gehalte aan magnesium, dat deze meststof bezit. We zien voor de kalkcijfers een

TABEL 3

Ion	Reagens	Techniek	Concentratie standaardoplossingen	Toelaatbare onnauw- keurigheid
Na	Zn-UrO-acetaat	nephel.	200—275—400—550—675—800 mg Na ₂ O p.l.	15 %
K	Na-Co-nitriet	id.	18—25—35—50—60—70 mg K ₂ O p.l.	15 %
NH ₄	Nessler	color.	1.2—2.5—6—12—25—50 mg NH ₃ p.l.	36 %
Mg	Titaangeel	id.	3—5—8—16—35—70 mg MgO p.l.	30 %
Ca	Na-oxalaat	nephel.	75—100—150—300—400—500 mg CaO p.l.	19 %
Fe	K-Fe ⁺⁺ -cyanide	color.	1.5—4—8—15—40—80 mg Fe ₂ O ₃ p.l.	36 %
Fe ⁺⁺⁺	KCNS	id.	id.	id.
Fe ⁺⁺	K-Fe ⁺⁺⁺ -cyanide	id.	id.	id.
Al	Haemateine	id.	1—2.5—5—15—30—60 mg Al ₂ O ₃ p.l.	39 %
Mn	Benzidine	id.	0.7—1.5—3.5—7—10—20 mg Mn ₂ O ₃ p.l.	33 %
Zn	Co(NO ₃) ₂ + HgCl ₂ + NH ₄ CNS	id.	1—3—5—10—15—20 mg ZnO p.l.	28 %
Cu	Cupron	id.	0.5—1—2—5—7.5—10 mg CuO p.l.	29 %
Cl	AgNO ₃	nephel.	25—50—100—300—500—800 mg Cl p.l.	33 %
NO ₃	Diphenylamine	color.	3.5—10—20—35—50—90 mg NO ₃ p.l.	34 %
NO ₂	Sulfamilaazur + phenol	id.	1.5—3—8—16—33 mg NO ₂ p.l.	34 %
SO ₄	BaCl ₂	nephel.	30—60—150—300—450—600 mg SO ₄ p.l.	36 %
PO ₄	(NH ₄) ₂ MoO ₄ + SnCl ₂	color.	0.3—0.6—1.2—2.5—5—7 mg P ₂ O ₅ p.l.	33 %
BO ₃	Curcuma	id.	1—3—5—10—15—20 mg B ₂ O ₃ p.l.	28 %

duidelijk effect van de kalkhoudende en alcalisch functionerende meststoffen. We vinden het uitspoelende effect, dat zwavelzure ammoniak op de kationen heeft, duidelijk in het K-cijfer, enz. enz.

Deze eenvoudige analyses tonen direct aan, dat door een uitbreiding van het aantal cijfers een oorzakelijke aansluiting met de theorie gezocht kan worden. Moest men op deze cijfers een advies geven dan zou dit moeten zijn, dat zowel in de gevallen 1, 3 en 5 patentkali (magnesiumhoudend) gegeven moet worden. Hierbij doen we een uitspraak, die verder gaat dan uit het correlatieve verband mogelijk is, daar we niet alleen de voedingsstof maar ook haar aard aangeven.

Dat deze gronden kali behoeven volgt uit de indeling in groepen, waarbij de cijfers achtereenvolgens als zeer laag, laag, matig hoog, hoog en zeer hoog worden gewaardeerd (tabel 3). Deze interpretatie der cijfers, die op de gegevens van proefvelden en waarnemingen uit de praktijk berust, is nog niet zo scherp gefundeerd als die op de grenscijfers der klassieke methode. Voor haar bevestiging zal een soortgelijk onderzoek als ik reeds voor de correlatieve methode schetste nodig zijn. De tot nu toe vastgestelde grenzen zijn voorlopig en bij ons eigen intern gebruik ook niet voor alle gronden gelijk, omdat we steeds met het gehele beeld van de grondanalyse rekening houden. De grenscijfers zijn er eigenlijk alleen om de gedachten te bepalen en hebben geen absolute waarde.

In tabel 4 zijn de resultaten van een aantal praktijkgevallen weergegeven (18). Het betreft hier enige graslanden op zeer zware veenhoudende kleigronden. Men ziet direct, dat er voor Ca en Mg geheel andere cijfers gevonden worden, dan voor het proefveld, dat op zandgrond ligt. Het is dan ook zo, dat men uit de analyse met grote zekerheid kan afleiden of men met een lichte of zware grond te doen heeft. Dit is een tegenstelling met het correlatieve onderzoek, waar men streeft naar een wijze van onderzoek, die het mogelijk maakt voor alle gronden één beoordeling toe te passen. Bij de MORGAN-VENEMA analyse, zoals we de snelle wijze van onderzoek aanduiden, past men wel een universele extractie toe (Na-acetaat-azijnzuur pH 4,8), maar krijgt grote variaties bij de diverse grondsoorten.

Tabel 4 geeft aanleiding tot nog enkele andere opmerkingen. Bij de monsters 11 en 12, die van eenzelfde weide zijn, namelijk van een goede en van een slechte plek, valt het verschil in P-cijfer op. De goede plek heeft een matige P-toestand, de slechte plek een zeer lage P-toestand. Daarbij is er ook een groot verschil in de Fe-cijfers. Dat wil zeggen dat er in de slechte plek veel meer ijzer in beweging is dan bij de goede plek. Daar we nu weten, dat de beweeglijkheid van het ijzer afhangt van de pH en van de reductie toestand van de grond, moeten we hier,

TABEL 4
mg per liter extract (verhouding grond extract 1 : 2)

Nr.	Object	K	Ca	Mg	P	Mn	Fe	NH ₄	NO ₃	pH
11	Weide goed deel	9	2250	350	8	2	5	7	30	5,4
12	Weide slecht deel	7½	1950	250	3	0,6	35	7	14	5,3
15	Weide zeer slecht	54	1225	430	1	0,8	100	25	30	4,8
17	Onbehandeld	18	1250	160	5	0,6	12	14	0	—
18	Behandeld	180	2375	250	19	4	1	12	28	—

daar er geen noemenswaardige verschillen in zuurgraad zijn besluiten, dat de slechte plek slecht geëereerd is. Een bevestiging vinden we in de NH_4 en NO_3 cijfers. De verhouding bij de goede plek is 4, die bij de slechte slechts 2, wat een groot verschil in nitrificatie, dus aeratie, aangeeft.

Onze conclusie moet dus zijn, dat er aan de P-toestand van de slechte plek wat hapert als gevolg van de slechte structuur van de grond. Onze maatregelen ter verbetering moeten dan ook in deze richting gezocht worden. We zullen wel fosphaat moeten toedienen, maar het daarbij niet mogen laten, want dit toegediende fosphaat wordt weer door het vrije ijzer vastgelegd. Naast de bemesting moet organische stof in de vorm van stalmest of compost worden gegeven om het ijzer onwerkzaam te maken, zowel door de vastlegging aan de organische stof als door de verbeterde aeratie, waardoor het tot de minder schadelijke ferrivorm wordt geoxydeerd.

N^o 15 van dezelfde tabel betreft een zeer slechte plek; het is een soortgelijk maar nog ernstiger geval. Het fosphaatgehalte is zeer laag, het ijzergehalte zeer hoog en de nitraat-ammoniak verhouding is slechts ruim 1. Naast het toedienen van fosphaat en organische stof om dezelfde redenen als in het eerder besproken geval, zal ook hier een bemesting met kalk van belang zijn. De pH is te laag, waardoor nog meer ijzer in omloop gehouden wordt. Door een verbetering van de zuurgraad zal ook FePO_4 ontleden en het fosphaat ter beschikking van de hogere plant komen.

Hoe dergelijke gronden op een behandeling met stadsvuil reageren geven de gevallen 17 en 18 van dezelfde tabel aan. De structuurverbeterende werking van deze organische stof komt duidelijk tot uiting in het teruglopen van het oplosbaar ijzer en het toenemen van het nitraatgehalte van de grond.

Deze wijze van interpreteren der cijfers is, zoals ik meen te hebben aangetoond, een geheel andere dan die der klassieke methode. Men bepaalt de kwaliteit van de grond en juist de kwaliteit geeft de richting aan, waarin de verbetering gezocht moet worden. Een «single value» van fosphaat zou tot een fosphaatbemesting doen concluderen, de beoordeling van de kwaliteit van de grond stuurt in de richting van de toevoeging van organische stof voor een blijvende verbetering.

We staan hier pas aan het beginpunt van een geheel andere beschouwingwijze van de grond als milieu voor de plantenwortel. Er is dan ook nog veel werk te verrichten om deze wijze van onderzoek tot een aanvaardbaar geheel op te bouwen, dat de toets der critiek goed kan doorstaan.

Dat er zeer fraaie resultaten mede te bereiken zijn bewijst het werk van VENEMA (19) in ons Indië verricht.

Bij het karakteriseren²⁰ van tropische gronden speelt de bepaling van het stadium van verwerking een grote rol. Immers zeer sterk verweerde gronden zijn arm in hun reserves, terwijl weinig verweerde gronden rijk aan minerale reserves zijn. Men onderscheidt bij de eluviale verwerking drie stadia, die gekenmerkt zijn door de volgende eigenschappen. De eerste trap heeft een sterke beweging van het mangaan, de tweede trap gaat gepaard met een sterke beweging van het aluminium en met dikwijls hoge sulfataconcentraties in de ondergrond. De derde trap tenslotte uit zich door een grote mobilisatie van het ijzer of door de vorming van concreties van Fe en Mn, waarbij de cijfers uit de aard der zaak laag zijn.

Met de methode van MORGAN-VENEMA kunnen we deze stadia gemakkelijk terugvinden en dus omgekeerd uit de analyse van een grond tot zijn verwerkingstadium besluiten.

In tabel 5 zijn hiervan enkele voorbeelden gegeven.

TABEL 5
mg per liter extract (verhouding grond extract 1 : 2)

Object	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	SO ₄
Merapi asgrond jong	8	1	7	20
Merapi asgrond iets ouder	1½	6	4	sp
Pangalengan bovengrond	2	100	2	10
Pangalengan ondergrond	sp	60	sp	300
Roodaarde oud 0-20 cm	10	200	1½	15
Roodaarde oud 90-120 cm	sp	200	sp	45

In de methode van het snelle onderzoek hebben we dus de mogelijkheid de geaardheid van de grond vast te stellen, niet slechts wat zijn voedingstoestand betreft, maar ook ten opzichte van zijn intrinsieke eigenschappen. Dit is naar mijn mening een grote winst. Ter discussie blijft of de nauwkeurigheid, waarmede het onderzoek naar de voedingselementen plaats heeft, voldoende groot is. Bedenken we echter, dat we al ver zijn als we voor de boer of planter kunnen vaststellen of hij geen, weinig of veel meststof nodig heeft, dan geloof ik dat deze drie wel door een beoordeling in zeven klassen gedekt wordt. Zij voldoet dan aan de eisen en we behoeven geen grotere nauwkeurigheid te vragen.

Toch ben ik geneigd aan te nemen, dat de analytici zich pas na veel inspanning zullen laten overtuigen, dat ook een onnauwkeurige methode betrouwbaar kan zijn. Ik zie dan ook voorlopig de ontwikkeling van het grondonderzoek via de spectraal-analyse en de vlamfotometrie verlopen. Men zal door dit fysisch werk, waarbij men de waarde van de foutenanalyse beter zal leren waarderen, voldoende overtuigd worden van het feit dat betrouwbaarheid voor de landbouwkundige prevaleert boven de nauwkeurigheid. De stap naar de methode MORGAN-VENEMA is dan slechts nog maar klein.

De drie methodes van onderzoek, die der quantiteit, die der kwaliteit en de veldmethode moeten samen worden toegepast om de kennis van grond en bemesting te vervolmaken. Van het geval hangt het af welke men zal prefereren. Samen hebben ze ons geleerd, zoals ik met EDELMAN zo menigmaal discussieerde, dat er rijke en arme gronden zijn, maar ook goede en slechte en dat deze termen elkaar niet dekken. Is een grond goed en rijk, dan is de zaak in orde. Is de grond goed en arm, dan is het nog niet zo erg, want door een juiste bemesting kunnen we economisch produceren. Is de grond slecht maar rijk, dan moeten er cultuurtechnische maatregelen genomen worden, door verbetering van de ontwatering of anderszins, dit is meestal een pijnlijker bewerking dan bemesten. Is de grond arm en slecht dan zal de landhonger groot moeten zijn, wil ze voor cultuurgrond in aanmerking komen. De methode van de quantiteit geeft ons inzicht over de begrippen arm en rijk, de methode van de kwaliteit geeft ons kennis van de qualiteiten goed of slecht en daarnaast inzicht in armoede en rijkdom.

S A M E N V A T T I N G

Na een bespreking van de moeilijkheden, die de isolatie van het deel der ionen, dat voor de plantenvoeding geschikt is, oplevert, werd een beschouwing gegeven over de voor- en nadelen van twee methodes van chemisch onderzoek.

Het oude klassieke onderzoek met de extreme vorm van de «single value» werd gekarakteriseerd als de methode der quantiteit, daar het hoeveelheden van voedingsstoffen aangeeft. Het leent zich in het bijzonder voor de wiskundige (correlatieve) verwerking der resultaten. De gegevens worden op deze basis geïnterpreteerd, waarbij het streven is de trefkans door verbetering van de methodiek zo groot mogelijk te maken.

De moderne methode van het snelle grondonderzoek geeft de mogelijkheid een groot aantal elementen te bepalen. Het is minder nauwkeurig maar zeker betrouwbaar. Het werd gekarakteriseerd als de methode der qualiteit, omdat het door de vele gegevens de mogelijkheid biedt de aard van de grond vast te stellen. De interpretatie van deze gegevens is meer causaal en incidenteel.

Sur l'interprétation des résultats de l'analyse du sol.

R E S U M E

Après avoir discuté les difficultés présentées par l'isolation de la partie des ions disponibles à la nutrition des plantes, l'auteur compare les avantages et les désavantages de deux méthodes d'analyse chimique du sol.

L'analyse classique, basée sur le principe de la «single value» est une méthode purement quantitative, étant donné qu'elle détermine des quantités exactes d'éléments nutritifs. Elle prête spécialement à la discussion mathématique (corrélative) des résultats.

Les données sont interprétées sur cette base et, dans le but de trouver des résultats plus sûrs, la technique de l'analyse est de plus en plus améliorée. La méthode moderne de l'analyse rapide du sol offre la possibilité de déterminer un grand nombre d'éléments. La précision en est moindre, mais suffisante.

Elle est caractérisée comme méthode qualitative, parce que les nombreuses données permettent de déterminer la nature du sol. L'interprétation de ces données est plutôt d'ordre causal et comparatif.

About the interpretation of the results of soil analysis.

S U M M A R Y

After a short discussion of the difficulties met by trying to isolate the part of ions available to the plants, the author considers the advantages and disadvantages of two methods of chemical soil analysis.

The old classic method with the extreme determination of the «single value» is characterised as a «quantitative method», because its results are given in quantities of nutrients. Its results are therefore particularly appropriated to a mathematical (correlative) treatment. They are to be interpreted on this bases and,

in order to find more exact results, the working-method is continually ameliorised. The modern method of rapid soil analysis makes it possible to determine a great number of elements. It is less exact but undoubtedly reliable. The author has characterised it as the «qualitative method» because it is giving an idea of the kind of soil (type).

The interpretation of these results is more causal and incidental.

L I T E R A T U U R

1. H. LUNDEGARDH — Die Tripelanalyse, Theoretische und praktische Grundlagen einer pflanzenphysiologischen Methode zur Bestimmung des Düngerbedürfnisse des Ackerbodens — Ann. Landw. Hochsch. Schweden, **9**, 127, (1941).
2. H. NEUBAUER & W. SCHNEIDER — Die Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoffgehaltes des Böden — Zeitschr. Pflanzenern. Düng. Bodenk., **A2**, 329, (1923).
3. F. C. GERRETSEN & N. BLUMENDAL — Een onderzoek naar de bruikbaarheid van de Aspergillus-methode voor de bepaling van phosphorzuur en kali in de grond — Versl. Landbouwk. Onderz., **46**, 216, (1940).
4. B. DYER — On the determination of the probably available mineral plant food in soil — Trans. Chem. Soc., **65**, 115, (1894).
5. M. VON WRANGEL — Die Bestimmung der Pflanzenzugänglichen Nährstoffe des Bodens — Landw. Jahrb. **71**, 149, (1930).
6. A. C. SCHUFFELEN — Grondonderzoek I. Over de werkzame concentratie der voedingselementen in den grond — Landbouwk. Tijdschr., **58**, 367, (1946).
7. A. C. SCHUFFELEN — Is de plantengroei afhankelijk van de ionenverhouding in de grond? II. De ionenverhouding in de grond en de rendabiliteit der meststoffen — Landbouwk. Tijdschr., **52**, 845, (1940).
8. A. C. SCHUFFELEN & R. LOOSJES — The importance of the growth medium for the absorption of cations by plants (A working hypothesis) — Proc. Ned. Akad. Wetensch. (A'dam), **45**, 726 (1942); The influence of the ion activity and the ion concentration in the medium on the absorption of cations by plants — Proc. Ned. Akad. Wetensch. (A'dam), **45**, 944, (1942); The importance of the ion activity of the medium on the root potential for the cation absorption by the plant — Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch. (A'dam), **49**, 80, (1946).
9. M. F. MORGAN — The universal soil testing system, Connecticut Agric. Exp. Stat. Bull., 392, (1937); Chemical soil diagnosis by the universal soil testing system — Connecticut Agric. Exp. Stat. Bull., 450, (1941).
10. M. PEECH & L. ENGLISCH — Rapid Chemical soil test — Soil Sci., **57**, 167, (1944).
11. K. C. W. VENEMA — Voorschriften voor de uitvoering van microchemische bodemanalysen door het laboratorium van de landbouwkundige afdeling van de Hollands-Aziatische Handelsmij voor Meststoffen, Batavia, 1938 en 1939 (zeer beperkt gepubliceerd).
12. A. C. SCHUFFELEN — Enige in de Landbouwscheikunde toegepaste microchemische methoden — Chem. Weekbl., **38**, 491, (1941).
13. J. HUDIG — Klinisch grondonderzoek in de tropen — Landbouwk. Tijdschrift **51**, 372, (1939).

14. O.J. CLEVERINGA — De betekenis van organischen mest voor het behoud van de vruchtbaarheid der cultuurgronden, Zutphen.
15. O. DE VRIES & F.J.A. DECHERING — Grondonderzoek. Beschrijving en toelichting der methoden van grondonderzoek, welke bij het bedrijfslaboratorium in gebruik zijn, Groningen 1938.
16. W.C. VISSER — Kalktoestand en oogstopbrengst III Haver en IV aardappelen — Versl. Landbouwk. Onderz., **49**, 1, (1943).
17. W.C. VISSER — De nauwkeurigheid van verschillende methoden van grondonderzoek ter beoordeling van den kali- en fosfoorzuurrijkdom — Versl. Landbouwk. Onderz., **49**, 165, (1943).
18. W.C. VISSER — Een Onderzoek naar de kali- en fosfoorzuurhuishouding van de Groninger klei- en zavelgronden — Versl. Landbouwk. Onderz., **48**, 85, (1942).
19. J. HUDIG, A.C. SCHUFFELEN & B.W.G. WITTEWAAL — De waarde van het orienteerend grondonderzoek bij ontginnings- en herontginningswerkzaamheden — Tijdschr. Ned. Heidemij, **54**, 262 (1942).
20. K.C.W. VENEMA — De toepassing van de gewijzigde microchemische methode van Morgan voor het onderzoek van grondmonsters, op eenige gronden van Java en Sumatra — Landbouwk. Tijdschrift, **55**, 304, (1943).