

## OVERDRUK

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

49ste Jaargang. No. 600.

Juni 1937.

529  
BIBLIOTHEEK  
INSTITUUT VOOR  
BODEMYRUCHTBAARHEID  
GRONINGEN

631.427.3  
S E P A R A A T  
No. 1455b

### Een en ander over de kiemplantenmethode volgens Neubauer

door

O. DE VRIES en TH. B. VAN ITALLIE.

De methode Neubauer, die in Duitschland een groote rol speelt bij het grondonderzoek, heeft zich in ons land tot nog toe geen belangrijke plaats kunnen veroveren; evenmin trouwens in de meeste andere landen. Dit komt voornamelijk, doordat deze methode bewerkelijk is en vrij langen tijd vordert (zeventien dagen voor den groei van de roggeplantjes, plus de tijd van voorbereiding en die voor de analyse van het gewas); de methode is dus niet „snel en goedkoop” — de eisch, die bij de oprichting van het Bedrijfs-laboratorium voor Grondonderzoek voorop stond — en is ook niet zoo erg geschikt voor analyses in zeer groot aantal. Men koos voor het onderzoek van den grond op fosfaat en kali hier te lande daarom chemische methodes, die vooral bij de zand- en dalgronden in eerste instantie een zeer bruikbaar beeld bleken te geven en bij de beoordeeling van bemestingskwesties van groot nut zijn.

Er blijft echter behoefte aan vollediger inzicht dan de chemische methodes ons kunnen geven; vooral voor gronden, waarbij de chemische methodes ons niet ver genoeg brengen, is er alle aanleiding om andere methodes bij het onderzoek te betrekken. De laatste jaren werd in het te Medemblik gevestigde laboratorium van de Directie van den Wieringermeer geregeld Neubauer-onderzoek verricht, waarover *Ir. C. Spithost* in een tweetal artikelen <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Landbouwkundig Tijdschrift 48 (1936), 477; A.S.F.-Nieuws No. 2 (1936), 36.

het een en ander heeft medegedeeld. Het Rijkslandbouwproefstation te Groningen beschikt sinds anderhalf jaar over een speciaal voor de kiemplantenmethode ingericht lokaaltje en past deze methode toe bij eigen onderzoek, terwijl het Bedrijfslaboratorium desgewenscht de methode bij proeven van anderen uitvoert. De bedoeling is daarbij om na te gaan, welke beteekenis de kiemplantenmethode bij Nederlandsche gronden, naast de gebruikelijke methoden, zou kunnen hebben.

In verband met een en ander leek het ons gewenscht de Neubauer-methode aan een bespreking te onderwerpen, te meer omdat daarvan hier en daar overdreven verwachtingen worden gekoesterd. Men stelt zich dan voor, dat de Neubauer-methode veel beter aanwijzingen zal geven over den voorraad aan fosfaat en kali in den grond en over de mestbehoefte, omdat men bij deze methode „de plant het zelf laat zeggen”.

Inderdaad is dit natuurlijk het ideaal bij alle onderzoek over het vraagstuk der bodemvruchtbaarheid, een ideaal, dat men het best benadert door het nemen van veldproeven, die echter niet alleen zeer bewerkelijk en duur zijn, maar daarenboven een vollen oogsttijd in beslag nemen, zoodat zij wel als basis voor de studie van het vraagstuk kunnen en moeten dienen, maar voor het snelonderzoek van grondmonsters in het geheel niet in aanmerking komen. Ook potproeven, ofschoon eenvoudiger en in sommige opzichten exacter dan veldproeven, kunnen ons om dezelfde praktische overwegingen niet helpen, en het zou dus zeer veel waard zijn, wanneer de roggekiemplantjes ons in zeventien dagen zouden kunnen zeggen wat het gewas in den vollen grond ondervindt gedurende een geheele groei-periode.

Het is echter zonder meer duidelijk, dat men dit niet zal mogen verwachten. De roggekiemplantjes staan gedurende die zeventien dagen nog „op de korrel”, ontleenen de meeste voedingsstoffen voor het grootste deel aan den voorraad, dien zij in de korrel meekregen; vorming van organische stof door de assimilatie vindt nog niet of slechts in onbelangrijke mate plaats, den invloed, die de hoeveelheid fosfaat en kali, die de grond voor de planten beschikbaar heeft, op de vorming van bladeren, stengel, bloem en vrucht kan hebben, kunnen de kiemplantjes ons niet leeren kennen en de biologische processen, die zich tijdens het grootste deel van den groei van het gewas afspelen, blijven bij de kiemplanten-methode geheel buiten spel.

Dit vormt dus een zeer groot verschil tussen de kiemplanten-methode eenerzijds, en de veld- en potproeven met vol uitgroeiend en rijpend gewas anderzijds; wij willen dit fundamenteele verschil eerst nog even door enkele gegevens nader belichten.

Zooals wij reeds zeiden, staan de kiemplantjes in de zeventien dagen, die voor de Neubauer-methode gekozen zijn, nog op de korrel; vorming van plantenmassa uit koolzuur en water, onder invloed van het licht, door de assimilatie heeft nog bijna geen beteekenis en behoeft zelfs niet plaats te vinden. Het licht speelt bij den groei der kiemplantjes geen overwegende rol en men kan de Neubauer-methode zelfs wel in het donker uitvoeren: de gele, wat spichtige, geëtiolerde plantjes, die men dan krijgt, bleken in meerdere gevallen dezelfde hoeveelheid fosfaat en kali aan den grond te

onttrekken als wanneer men ze in het licht tot groene plantjes liet opgroeien, ofschoon er in andere gevallen wel verschillen waren. Niet alleen de vorming van organen als stengel, bloem en vrucht, maar ook het geheele zoo belangrijke proces der assimilatie blijft dus bij de kiemplantenmethode buiten spel of kan althans buiten spel blijven; wat deze methode ons over de levensprocessen van de plant kan zeggen, zal daardoor dus zeer beperkt blijven.

De kiemplantjes verademen gedurende de zeventien dagen van hun groei organisch voedsel, dat zij in de korrel in voorraad vonden; zij gebruiken de in de korrel aanwezige minerale bestanddeelen, maar nemen ook minerale bestanddeelen uit den grond op. Het gevolg van een en ander is, dat het drooggewicht van plantjes plus wortels aan het einde der zeventiendaagsche periode slechts ongeveer de helft bedraagt van het drooggewicht der korrels, waarvan men uitging. Bij een onderzoek over het verloop van den groei en de voedselopname gedurende de zeventiendaagsche periode vonden wij, als gemiddelde van een aantal bepalingen, dat het drooggewicht van spruiten, korrelresten en wortels bedroeg, in percenten van het drooggewicht der korrels:

na 7 dagen	75 %
„ 12 „	58 %
„ 17 „	49 %

Terwijl het vorenstaande wel voldoende is om duidelijk te maken, dat men van de kiemplantjes bij de methode Neubauer niet verwachten mag, dat zij hetzelfde zullen zeggen als volwassen planten, komen daar nog verschillende omstandigheden bij, waarvan wij willen vermelden enkele door *Merckenschlager* <sup>2)</sup> aangevoerde argumenten. Deze onderzoeker zette uiteen, dat de temperatuur van 20° C., waarbij het Neubauer-onderzoek plaats vindt, abnormaal is voor roggekiemplantjes, die immers te velde bij veel lager temperaturen groeien. *Merckenschlager* drukte het zelfs zoo uit, dat winterroggeplantjes, gegroeid bij een constante temperatuur van 20°, vanaf den achtsten dag in een pathologischen toestand verkeerden, zoodat hun voedselopname ook een andere zal zijn dan die van normaal groeiende roggeplantjes. Het is duidelijk, dat Neubauer de temperatuur van 20° voornamelijk koos omdat bij deze temperatuur kieming en groei snel verloopden, en ook omdat men de temperatuur het best constant kan houden door eenige verwarming. In tegenstelling met het licht, dat (zie boven) geen of slechts weinig invloed heeft op de uitkomsten van het Neubauer-onderzoek, heeft de temperatuur namelijk een zeer grooten invloed en moet deze met zorg zoo constant mogelijk op 20° C. gehouden worden; betrekkelijk kleine afwijkingen geven groote fouten in de uitkomsten.

*Merckenschlager* wees verder op het abnormale uiterlijk der wortels, die bij een Neubauer-proef ontstaan, dat er volgens hem op wijst, dat de voedselopname geheel anders moet verlopen dan bij normale kiemplanten te velde.

<sup>2)</sup> Fortschr. d. Landwirtschaft I (1926), 779.

### *Physiologische of chemische methode?*

Op de bekoring, die er uitgaat van het denkbeeld, dat bij de Neubauer-methode de plant zelf aangeeft hoe het met de beschikbaarheid van de plantenvoedingsstoffen in den betreffenden grond staat, blijkt dus bij nader inzien heel wat af te dingen. Men is zich zelfs gaan afvragen of het wel juist is om de kiemplantenmethode als „physiologische” methode in een andere groep te brengen dan de chemische methoden, een groep, die meer aspecten van het bodemvruchtbaarheidsprobleem zou belichten, meer van de factoren, die daarbij een rol spelen, zou omvatten. Tusschen haakjes merken wij daarbij op, dat Neubauer zelf en zijne medewerkers die classificatie als „physiologische methode” niet zoo sterk op den voorgrond stelden; het waren vooral anderen, die de methode op deze wijze meenden te mogen classificeren en die daardoor de kritiek uitlokten, dat de methode meer als een chemische dan als een physiologische te beschouwen is. Het verst gingen in dit laatste opzicht *Vageler* en *Alten*<sup>3)</sup>, die de Neubauer-methode zonder meer onder de chemische rangschikten, aangezien naar hunne meening het door de wortels uitgeademde koolzuur het werkzame, oplossende element zou zijn en men bij de methode Neubauer feitelijk met niet anders dan met een extractie in zuur milieu (met koolzuur sterk verrijkt bodemvocht) te maken zou hebben. *Vageler* en *Alten* berekenden uit het verlies aan organische stof (drooggewicht der korrels minus drooggewicht der geogste plantjes, na verrekening van de opgenomen minerale bestanddeelen) de hoeveelheid koolzuur, die uit die organische stof gevormd moest zijn, en schatten daaruit de hoeveelheid, die door de wortels bij de ademhaling geproduceerd werd. Dit gaf hun aanwijzingen over de hoeveelheid H-ionen, die de wortels daarmee in den grond brachten. De wortelactiviteit van 100 kiemplantjes bleek te vergelijken met 200 milli-aequivalent H-ionen, en zou volgens hunne meening te vergelijken zijn met een extractie met een overeenkomstige hoeveelheid zuur. Inderdaad bleek in sommige gevallen een dergelijke relatie te bestaan, maar door *Wiessman* en *Lehmann*<sup>4)</sup> werd aangetoond, dat de verhoudingen toch niet zoo eenvoudig zijn, en latere proeven van *Alten* en *Loofmann*<sup>5)</sup> leerden, dat in vele gevallen de geëxtraheerde hoeveelheid afwijkt van wat er door een aequivalente hoeveelheid zuur in oplossing wordt gebracht. Bij deze onderzoekingen werd het extractieproces, zoowel door de wortels der kiemplantjes als met verdund zuur, zoo volledig mogelijk bestudeerd, o.a. door deze extracties herhaalde malen te verrichten; het bleek daarbij, dat op verschillende grondtypen de reactie tusschen wortels en grond in de Neubauer-schaal zeer kan uiteenloopen, waardoor b.v. de toepassing van dezelfde grenswaarden voor een bepaald gewas op verschillende grondsoorten van zeer twijfelachtige waarde wordt. Een volledige analogie tusschen extractie volgens Neubauer en met verdund zuur bleek zeker niet te handhaven; het zal wel onjuist blijken om de Neubauer-methode zonder meer als een chemische te classificeren, al mag niet uit het oog worden verloren, dat het door de wortels uitgeademde koolzuur — een naar verhouding groote

<sup>3)</sup> Zeitschrift Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde (A) 22 (1931), 242.

<sup>4)</sup> „” (A) 35 (1934), 129.

<sup>5)</sup> Bodenkunde und Pflanzenern. 2 (1936, 1937), 198.

hoeveelheid, door het groote aantal plantjes op een klein volume grond — door de laag kwartszand, die het mengsel van grond en kwartszand in de schalen bedekt, moeilijk kan ontsnappen, zoodat de hoeveelheid koolzuur abnormaal groot is in vergelijking met die onder de omstandigheden te velde en een sterker „zure extractie” zal geven dan daar het geval is.

Een factor van beteekenis blijft het feit, dat de wortels continu stoffen aan het bodemvocht onttrekken, zoodat de zure extractie in de Neubauer-schaal niet eindigt zoodra het evenwicht tusschen extractievloeistof en grond bereikt is (zooals bij de gewone chemische extracties); in dit opzicht staat de Neubauer-methode de percolatie nader. Daarenboven vindt de opname plaats door de celwand der worteleinden, dus volgens physiologische wetten. Of men de Neubauer-methode juist karakteriseert door te spreken van een physiologische opname uit een door koolzuur sterk aangezuurd bodemmilieu, zal verder onderzoek moeten leeren, waarbij men zich niet zal moeten beperken tot het vaststellen van het bruto eindresultaat, maar het geheele proces zoo volledig mogelijk analytisch zal moeten vervolgen, zoodat men alle factoren en omstandigheden overziet en zich een volledig inzicht in hun beteekenis kan verschaffen. De in Juli 1936 te Königsberg gehouden conferentie <sup>6)</sup> van eenige secties der Internationale Bodemkundige Vereeniging, die de vergelijking van methoden ter bepaling van de vruchtbaarheid en mestbehoefte van den grond besprak, heeft dan ook een resolutie aangenomen strekkende om tot onderzoek in die richting aan te sporen. In afwachting van wat uitvoerig en gedetailleerd onderzoek in die richting zal leeren over de beteekenis van het physiologisch effect in de Neubauer-methode doet men het best deze te nemen zooals ze is.

#### *Neubauer-methode is conventioneel.*

Vragen wij ons af wat men aan de methode Neubauer heeft, dan valt in de eerste plaats te releveeren, dat die methode ons geenszins cijfers voor de fosfaat- en de kaligesteldheid van den grond levert, die een meer algemeene beteekenis hebben, maar dat ze integendeel (zooals ook alle chemische methodes) in hooge mate conventioneel is. D.w.z. zij geeft ons cijfers, die verkregen worden volgens een bepaalde werkwijze, welke zeer nauwkeurig gevolgd moet worden, maar die afwijken van de cijfers welke men verkrijgt wanneer men een eenigszins andere methode toepast. Voor de voorschriften en de details van de methode mogen wij korthedshalve naar de betreffende literatuur verwijzen, waar men een en ander duidelijk beschreven vindt <sup>7)</sup>; wij releveeren hier alleen de volgende punten.

1. Volgens Neubauer moet men origineele Petkuser winterrogge gebruiken, en wel bij voorkeur zaad van een bepaalde herkomst, dus zaad, dat een zooveel mogelijk gestandaardiseerden voedings-toestand en een bepaald korrelgewicht heeft. Wijkt het zaad daar-

<sup>6)</sup> Zie het daarover door de Internat. Bodemkundige Vereeniging uitgegeven verslag.

<sup>7)</sup> *H. Neubauer in F. Honcamp, Handbuch d. Pflanzenernährung und Düngerlehre, Deel I, 882; Berlin 1931.*

Ook *H. Neubauer, Landbouwkundig Tijdschrift 47 (1935), 117; Zeitschrift f. Pflanzenernährung Düngung und Bodenkunde 43 (1936), 257.*

van af, dan kan men andere cijfers krijgen. Andere winterroggerassen kunnen geheel andere cijfers geven, en wanneer men in plaats van rogge andere gewassen kiest (in Ned.-Indië gebruikte men b.v. kiemplantjes van rijst), dan krijgt men cijfers, die de verhouding van de voedselvoorraden op verschillende grondtypen geheel anders aangeven.

2. Wijkt de temperatuur in de vegetatieruimte van de door Neubauer voorgeschreven 20° C. af, dan kunnen, zooals boven reeds gezegd, de cijfers groote afwijkingen vertoonen.

3. Ook de hoeveelheid water, die men in de schalen geeft, heeft invloed op het resultaat.

Zoo zijn er nog verschillende omstandigheden meer, die invloed op de grootte van de cijfers hebben. Daarentegen zijn andere van betrekkelijk weinig invloed: naast het licht, dat wij boven reeds bespraken, kan daarvan genoemd worden de stikstofvoorraad van den grond.

#### *Sterker of herhaalde begroeiing.*

Dat de Neubauer-cijfers volkomen conventioneel zijn, d.w.z. dat zij bij strikte toepassing der methode gegevens leveren, waarvan de onderlinge vergelijking een zekere beteekenis bij de beoordeeling van de bodemvruchtbaarheid kan hebben, maar die geenszins in absoluten zin een voorraad aangeven, die in den grond voor de planten beschikbaar is, leeren ook de proeven, waarbij men de honderd kiemplantjes op de halve hoeveelheid grond zet, waardoor speciaal bij humeuze gronden soms meer „beschikbaar” fosfaat en kali gevonden wordt.

Thun <sup>8)</sup> vond b.v.

grond	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	in 50 g × 2	in 100 g	in 50 g × 2	in 100 g
a	6.2	4.1	1.2	3.7
b	3.8	2.4	6.3	2.6
c	5.9	3.6	30.4	22.3

Iets dergelijks ziet men, wanneer men hetzelfde grond-kwarts-mengsel eenige malen achtereen met 100 roggekiemplantjes behandelt: de tweede en volgende begroeiingen onttrekken belangrijke hoeveelheden fosfaat en kali aan den grond, zooals b.v. de volgende cijfers van Dirks en Scheffer <sup>9)</sup> voor fosforzuur leeren:

Beplanting	eerste	tweede	derde	vierde	maal						
grond A	6.14	6.03	6.42	5.33	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	per	100	g	grond		
„ B	14.18	8.44	5.41	5.82	„	„	„	„	„	„	„

Er is in den grond voor de kiemplantjes dus veel en veel meer „beschikbaar” dan zij er de eerste maal (dus volgens de Neubauer-methode) uithalen; ook in dit opzicht is het cijfer volkomen conventioneel, evenzoo conventioneel als het P-getal en het P-citr.

<sup>8)</sup> Zeitschr. f. Pflanzenern. Düngung u. Bodenkunde (A) 16 (1930), 257.

<sup>9)</sup> Landw. Jahrb. 71 (1930), 73.

cijfer <sup>10)</sup>, als het K-getal <sup>11)</sup>, en als andere door enkelvoudige chemische extractie verkregen cijfers.

### *Berekeningen en balansen.*

Het is, met deze bekende en goed vastgestelde feiten voor oogen, niet goed te begrijpen dat Neubauer, die over het algemeen in zijn uitlatingen over de door hem uitgewerkte methode zeer voorzichtig was, in latere jaren is overgegaan tot het opstellen van berekeningen en voedingsbalansen. Wij vermelden als voorbeeld twee van dergelijke berekeningen.

I. Gevonden werd met de kiemplantenmethode 3 mg  $P_2O_5$  op 100 gram grond. Ter omrekening op een hectare neemt Neubauer aan, dat 1 mg steeds gelijk staat met 30 kg (volumegewicht van den grond steeds op 1.5, bouwvoordikte steeds op 20 cm genomen); 3 mg staat dus gelijk met 90 kg  $P_2O_5$  per hectare. Aangenomen wordt dan verder, dat hiervan steeds 33 % voor den volgenden oogst beschikbaar is, in dit geval dus 30 kg. Er komt tarwe te staan, die per hectare in 4000 kg korrel plus het bijbehorende stroo 50 kg  $P_2O_5$  aan den grond onttrekt. Er ontbreken dus  $50 - 30 = 20$  kg, waarvoor een driemaal zoo groote bemesting, dus 60 kg  $P_2O_5$ , gegeven moet worden, aangezien de beschikbaarheid van het fosforzuur uit de bemesting ook voor alle gevallen op 33 % aangenomen wordt.

II. Gevonden 20 mg  $K_2O$  op 100 g grond, dus 600 kg per hectare. Hiervan voor aardappelen beschikbaar 25 % of 150 kg. Een aardappelooft van 32.000 kg knollen onttrekt 280 kg  $K_2O$  aan den grond; te kort dus 130 kg, waarvoor met 217 kg  $K_2O$  te bemesten, aangezien de beschikbaarheid van kali in de meststoffen op 60 % aangenomen wordt.

Zooals men ziet, hangen deze berekeningen van onderstellingen aan elkaar: het werkelijk volumegewicht en de werkelijke bouwvoordikte worden niet in rekening gebracht, de percentages van de beschikbaarheid van P en K, die in den grond voorkomen, zijn zeker niet in alle gevallen even hoog, en evenmin de beschikbaarheid bij den kunstmest (invloed van verschillende gewassen, humus- resp. complexgehalte van den grond, vastlegging, nawerking, waterhuishouding, doorlatendheid enz. enz.). Daarbij komt dan nog het geheel conventioneele karakter van het Neubauer-cijfer zelf en de veronderstelling, dat de ondergrond geen rol van beteekenis speelt. De werkwijze voor het advieswerk, die Neubauer door deze berekeningen aangeeft, zal dan ook door niemand, die landbouwkundig behoorlijk geschoold is, aanvaard worden, en naar onze meening heeft Neubauer door het invoeren van deze berekeningswijzen (die men overigens met even weinig recht ook bij chemische en andere methoden zou kunnen gaan toepassen) zijn methode meer kwaad dan goed gedaan. Het is dan ook geenszins te verwonderen, dat berekeningen van dezen aard, toegepast bij exacte bemestingsproe-

<sup>10)</sup> Zie de voorbeelden in een volgende aflevering van het Landbouwkundig Tijdschrift.

<sup>11)</sup> Zie o.a. Korte Mededeeling van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen No. 9, de Veldbode van 18 Februari 1933, en „Toestand, getal en gesteldheid” door Prof. Dr. O. de Vries, De Nieuwe Veldbode van 6 Juli 1934 No. 42.

ven, waarbij een balans van toevoegen en onttrekken tot op zekere hoogte mogelijk is, volkomen onbevredigende resultaten gaven <sup>12)</sup>). De conclusies en beschouwingen, die C. Spithost <sup>13)</sup> over dit onderwerp gaf, hebben ons geenszins tot een andere meening kunnen brengen. Wij meenen, dat men goed zal doen de cijfers, die men volgens de kiemplantenmethode verkrijgt, op dezelfde wijze als die, verkregen bij chemische extractiemethoden, als *aanwijzingen* te gebruiken, waaruit men door onderlinge vergelijking conclusies kan trekken over de richting waarin het bemestingsadvies zal moeten gaan; maar dat voedselbalansen of berekeningen van de mestbehoefte bij de eene methode evenzeer als bij de andere uitgesloten behooren te zijn.

#### *Vergelijking met veldproeven noodig.*

Het is zeer goed mogelijk, dat ook na deze beperkingen van haar beteekenis de methode Neubauer een waardevolle aanvulling zal blijken op de thans gebruikelijke methoden van onderzoek, of dat zij bij bepaalde grondtypen beter resultaten zal blijken te geven, doordat ze op een andere combinatie van de vele factoren, die invloed hebben op de bodemvruchtbaarheid, het licht laat vallen en daardoor een ander aspect van het vraagstuk geeft, dat wellicht conclusies toelaat, die men uit het met de chemische methoden verkregen beeld niet trekken kan. Om dit na te gaan zal men de methode Neubauer en de andere, daarmee te vergelijken methoden moeten toepassen bij goed gekozen reeksen van veldproeven, waarbij een serie van opeenvolgende voedingstoestanden is tot stand gebracht of waarbij opklimmende hoeveelheden meststof worden gegeven. Dergelijke onderzoekingen zijn reeds van verschillende zijde verricht <sup>14)</sup>, maar nog niet in een vorm, dat men een duidelijk antwoord op de gestelde vragen krijgt; nadere detailstudie van de cijfers, en verdere methodische verfijning zal noodig zijn, terwijl ons natuurlijk de resultaten verkregen bij Nederlandsche grondtypen het meest zullen interesseeren. Ofschoon dergelijke onderzoekingen noodzakelijkerwijze zeer omvangrijk moeten zijn en daardoor zeer tijdrovend worden, meenen wij toch, dat het loonend zal wezen om te trachten in die richting wat te bereiken. Immers behalve de boven reeds besproken mogelijkheid dat de physiologische onttrekking van P en K aan het bodemvocht door de wortels een bepaald aspect zal geven, dat een chemische extractie ons niet toont, heeft de Neubauer-methode eenige kenmerken, die de aandacht waard zijn. Doordat een relatief zeer groot aantal kiemplantjes (100) een klein bodemvolume (100 g grond plus 50 g kwartszand), bij vrij hooge temperatuur (20°), en dus intensieven groei, doorwortelen, wordt bereikt, dat deze kiemplantjes in de 17 dagen dat de proef duurt meer P en K uit dezen grond halen dan er door één of zelfs eenige volledige oogsten aan onttrokken wordt.

<sup>12)</sup> Zie b.v. *Opitz en Rathsack*, Landw. Jahrb. 81 (1935), 125.

<sup>13)</sup> Landbouwkundig Tijdschrift l.c.

<sup>14)</sup> Zie b.v. *Roemer, Dirks en Noack*, Zeitschr. f. Pflanzenern. Düngung und Bodenk. B 6 (1927), 529; *H. Vageler*, Zeitschr. f. Pflanzenern. Düngung und Bodenkunde B 8 (1929), 459; *Goy, Müller en Wurm*, Das Superphosphat 4 (1928), 21; *Sundelin, Franck en Larson*, Meddelande 419 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet 1932.



### *Hoeveelheid, die aan den grond onttrokken wordt.*

Nemen wij het gewicht aan drogen grond van de bouwvoor per hectare voor Nederlandsche omstandigheden op twee miljoen kg aan (Neubauer rekent, zooals wij boven reeds uiteenzetten, met drie miljoen kg), dan komt 1 mg kali of fosforzuur per 100 g grond — de eenheid bij de resultaten der kiemplantenmethode — overeen met 20 kg per hectare. Uit een behoorlijk voorzienen grond nemen de 100 kiemplanten in éénmaal zeker 6 mg  $P_2O_5$  en 20—25 mg  $K_2O$  op, overeenkomende met 120 kg  $P_2O_5$  resp. 400—500 kg  $K_2O$  per hectare. Dit vertegenwoordigt een hoeveelheid, die door twee tot drie graan- en aardappeloogsten onttrokken wordt. Neubauer heeft dus tot op zekere hoogte het recht om van „wurzellösliche Vorrat” te spreken, ofschoon men aan dien voorraad, zooals boven uiteengezet, slechts een zeer conventionele en geenszins een absolute betekenis mag toekennen.

Vaak zijn de Neubauer-cijfers, vooral voor kali, veel hooger dan wij zoo juist noemden. Zoo vonden wij in jonge Dollardklei 84 mg kali, dus 1700 kg per hectare; op zwaar met fosforzuur bemest kleigrasland vonden wij in de laag 0—5 cm Neubauer-cijfers van 33 voor fosforzuur en 63 voor kali, zoodat de kiemplantjes uit deze laag, die 550.000 kg per hectare woog, 182 kg  $P_2O_5$  en 347 kg  $K_2O$  opnamen. De laag van 5—10 cm gaf veel lager cijfers (14 resp. 24).

### *Opname van toegediende meststoffen.*

Van eenig belang voor de beoordeeling der methode zijn ook de hoeveelheden P en K, die de kiemplantjes opnemen wanneer men deze in den vorm van meststoffen toevoegt. Kali, dat bij een kwartszandcultuur wordt toegevoegd, bleek (bij een hoeveelheid van 170 mg per Neubauer-schaal) voor 95 % te worden opgenomen; fosforzuur, toegediend als primair fosfaat, voor 70—90 %. Kali, toegevoegd aan grond, werd ook voor een groot gedeelte opgenomen; bij fosforzuur was het cijfer lager, gewoonlijk minder dan 50 %. Het spreekt van zelf, dat deze cijfers sterk zullen wisselen, afhankelijk van de grondsoort, de totale toegediende hoeveelheid, den vorm van de meststof (voornamelijk bij het fosfaat) enz.

Belangrijk bij de beoordeeling van de bruikbaarheid van een methode is het *traject*, waarover de verkregen cijfers loopen, en de *waarnemingsfout*, waarmee zij behept zijn. Hiermee staat het bij de Neubauer-methode als volgt.

### *Traject der cijfers.*

Op de uitgesproken P- resp. K-arme objecten van proefvelden vinden wij steeds cijfers, die duidelijk onder de door Neubauer gestelde grenswaarden liggen. Bijvoorbeeld:

	P-Neubauer-cijfer
P-arme zand- en dalgronden .....	0—4
P-arme zavelgronden .....	2—3
	K-Neubauer-cijfer
K-arme zand- en dalgronden .....	2—9
K-arme zavelgronden .....	10—15

Proefveldobjecten, die door zware bemesting of grooten aanwezigheidsvoorraad rijk aan P of K zijn, geven meestal duidelijk hoge Neubauer-waarden. Zoo vonden wij:

	P-Neubauer-cijfer
Kleigrasland (zodelaag) geregeld met P bemest .....	20—30
Jonge Dollardkleigronden .....	8—13
Zwaar met P bemeste zand- en dalgronden .....	10—15
	K-Neubauer-cijfer
Dollardkleigrond .....	70—84
Kleigraslanden (zodelaag) geregeld bemest .....	30—60
Proefveldobjecten met 200 kg/ha K <sub>2</sub> O of meer op zand- en dalgrond .....	20—40

Bij de kalicijfers is het traject, van ongeveer 2 tot ruim 80 en in de meeste gevallen van 10 tot 30, dus bevredigend groot; bij de fosforzuurcijfers is het kleiner (0—30, als regel 2—10), maar nog wel voldoende. De tusschengelegen waarden, en vooral de cijfers dicht bij de grensgetallen, spreken echter niet altijd voldoende duidelijk. Zoo vinden wij voor K, vooral bij dalgronden en zavelgronden, bij geregeld flink met kali bemeste objecten K-cijfers lager dan 20; deze zouden er op wijzen, dat één jaar weglaten van de kalibemesting al een oogstdepressie zou geven. De praktijk heeft evenwel geleerd, dat bij zand- en dalgronden, die jaarlijks 240 kg kali ontvangen, één jaar weglaten van de bemesting nog niet tot schadelijke gevolgen behoeft te leiden, zoodat het Neubauer-cijfer in die gevallen een te ongunstig beeld geeft.

Het is mogelijk, dat een wijziging in de proeftechniek van de kiemplantenmethode speciaal bij de humeuze dalgronden betere resultaten zal geven. Wij hebben dit punt in onderzoek.

Bij de P-cijfers voelen wij het als een bezwaar, dat het traject tusschen wel en geen P-gebrek bij de Neubauer-cijfers zoo klein is; het cijfer 4 wijst meestal nog op eenig P-gebrek, terwijl 6 al voldoende geacht moet worden. Aangezien de fout van de P-cijfers al gauw  $\pm 1$  is, heeft men aan een dergelijk verschil niet al te veel houvast.

Vergelijken wij de trajecten bij de Neubauer-cijfers met die bij de thans gebruikelijke onderzoekingsmethoden, dan vinden wij b.v., dat voor de kali-arme zavelgronden de cijfers volgens de kiemplantenmethode ongeveer 10—15 mg zijn en vrij goed overeenstemmen met degene, die bij éénmalige extractie met 0.1 n HCl verkregen worden, namelijk gemiddeld meestal 8—12 mg per 100 g grond.

Bij zandgronden en dalgronden vindt men in het algemeen bij proefveldobjecten met stijgende kaligiften een goede aftrapping in de cijfers van de Neubauer-methode, evenals dat, zooals bekend, het geval is bij de door het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek bepaalde kaligetallen. Een directe vergelijking van beide grootheden is niet mogelijk, omdat bij het kaligetal de bepaling gebaseerd is op extractie van een bepaalde hoeveelheid humus en er dus, afhankelijk van het humusgehalte in den grond, verschillende verhoudingen van grond tot zoutzuur worden genomen, terwijl bij de Neubauer-methode van alle grondsoorten steeds 100 g in be-

werking wordt genomen. Wij geven als voorbeeld de cijfers voor twee proefvelden van den Rijkslandbouwconsulent te Zutphen, *Ir. O. J. Cleveringa*.

Object	NGe 67, K-prv. Hummelo (najaar 1935) Humusgehalte gem. 4.5%		NGe 73, K-prv. Ruurlo (najaar 1934) Humusgehalte gem. 9.5%	
	K-getal	K-Neubauer	K-getal	K-Neubauer
geen K	10	2	11	13
laagste trap	19	9	25	17
middelste trap	27	13	30	20
hoogste trap	49	24	60	44

Men ziet dat op den humusarmere grond te Hummelo de kaligetallen, met uitzondering van die bij het eerste object, ongeveer twee keer zoo groot zijn als de Neubauer-cijfers, terwijl bij den humusrijkeren grond te Ruurlo deze verhouding bij de drie laatste objecten ongeveer als 3:2 is. Op den humusrijkeren grond geeft eenzelfde kaligetel dus waarschijnlijk een grooteren door de kiemplantjes opneembaren K-voorraad aan dan op den humus-armeren grond, wat met de beteekenis van het kaligetel goed te vereenigen is, aangezien een gelijk kaligetel bij een lager humusgehalte een kleineren voorraad aangeeft.

Wat het fosforzuuronderzoek betreft, vermelden wij de goede overeenstemming tusschen de P-cijfers volgens de Neubauer-methode en de P-getallen, die, zooals bekend, door extractie met koolzuurhoudend gedestilleerd water worden gevonden. Beide cijfers worden als mg per 100 g grond aangegeven en zijn dus, wat dat betreft, direct vergelijkbaar. Bij dalgronden stijgen de P-getallen bij stijgende fosfaatgiften iets sterker dan de P-cijfers volgens Neubauer, zooals het volgend voorbeeld illustreert:

Pr 87, P-proefveld Emmercompascuum.

P-getal	.....	1	2	3	5	7	14	20
P-Neubauer	.....	0	2	2	3	6	12	16

Bij fosforzuur-vastleggende zandgronden krijgt men daarentegen den indruk, dat de P-cijfers volgens de Neubauer-methode juist sterker stijgen, bij voorbeeld:

NGe 102, P-proefveld Dinxperlo.

P-getal	.....	2	3	5	5	6
P-Neubauer	.....	4	6	6	7	10

Over het algemeen kan men zeggen, dat het traject der Neubauer-cijfers, zoowel voor P als voor K, bij de zand- en dalgronden even gunstig is als dat van de gebruikelijke methoden (P-getal en K-getal).

#### *Bepalingsfout.*

Met de nauwkeurigheid der cijfers (de bepalingfout) is het wat minder gunstig gesteld; de bepalingfout is bij de Neubauer-cijfers, voor zoover ons materiaal thans reikt, merkbaar grooter. Dit ligt, naar wij vermoeden, voornamelijk in het volgende.

De kiemplantjes nemen bij hun groei niet alleen water, maar ook

minerale bestanddeelen uit den grond op, en daarbij fosfaat en kali, waarom het bij de bepaling te doen is. Omgekeerd kan echter ook fosfaat en kali, dat in de oorspronkelijke korrels aanwezig is, daaruit diffundeeren en in den grond terecht komen. Dit blijkt wanneer men een blinde bepaling uitvoert, door 100 korrels te laten groeien niet op een mengsel van grond en kwartszand, maar op kwartszand alleen: men vindt dan in het gewas steeds minder fosfaat en kali terug, dan er in de oorspronkelijke korrels aanwezig was. Dit verschil is zelfs zoo belangrijk, dat men daarmee steeds rekening moet houden: men kan bij de bepaling van het uit den grond opgenomen fosfaat en kali niet den voorraad aftrekken, die in de oorspronkelijke korrels aanwezig was, maar moet daarbij de gediffundeerde hoeveelheid in rekening brengen. Bij elke serie bepalingen moeten dus een of meer blinden als controles gevoegd worden, ten einde het daarbij gevonden verlies in rekening te brengen. Een duplo-bepaling verloopt dan b.v. als in het volgende, willekeurig gekozen voorbeeld:

Serie 54. a) Onderzoek van 100 korrels van het uitgangsmateriaal: gewicht 3.74 g, waarin 30.5 mg  $P_2O_5$  of 8.13 mg per gram korrels.

b) Blinde bepaling: 100 korrels van 3.89 g gaven een gewas met 27.80 mg  $P_2O_5$ , dus 7.15 mg per gram korrels (dat is dus 88 % van de hoeveelheid sub a).

c) Bepaling in grond No. 75609 met 100 korrels, wegende 3.64 g, gaf in het gewas 29.89 mg  $P_2O_5$ . Hiervan gaat af de bij b gevonden hoeveelheid van 27.80 mg, omgerekend op 3.64 g korrelgewicht, wordt 26.02 mg, zoodat uit 100 g grond is opgenomen  $29.89 - 26.02 = 3.87$  mg  $P_2O_5$ .

Serie 55. a) 100 korrels van 3.76 g bevatten 29.0 mg  $P_2O_5$  of 7.70 mg per gram.

b) 100 korrels van 3.69 g gaven blind 23.70 mg  $P_2O_5$  of 6.42 mg  $P_2O_5$  per gram korrel (83 % van den voorraad sub a).

c) 100 korrels van 3.83 g gaven uit 100 g grond No. 75609 31.09 mg  $P_2O_5$ , waarvan af voor blinde proef 24.60 mg, dus opgenomen 6.49 mg  $P_2O_5$ .

Het gewas bij de blinde proef bevatte dus slechts 88 resp. 83 % van het fosfaat, dat in de korrel aanwezig was; de rest is in den grond gediffundeerd.

Uit de twee bepalingen ziet men voorts, dat het cijfer voor den aftrek volgens de blinde proef zeer groot is in vergelijking met de hoeveelheid, die uit den grond wordt opgenomen en waarom het gaat.

Gaan wij nu aan de hand van deze duplo-bepalingen de fouten van de bepaling na. Wij vinden dan, betrokken op 1 g korrel, bij de korrelanalyses (sub a) een verschil van  $8.13 - 7.70 = 0.43$  mg, bij de blinde bepalingen (sub b) een verschil van 0.73 mg. Het verschil tusschen de korrelanalyses vindt zijn oorzaak in de analysefout en in het feit, dat 1 g korrel niet steeds dezelfde hoeveelheid fosforzuur bevat, wanneer men dit bepaalt in verschillende monstertjes van 100 korrels. Bij de blinde bepaling komt bij deze twee foutenbronnen nog een derde, n.l. het verschil, dat bij twee blinde bepalingen

gen kan optreden in fosfaatdiffusie uit het zaad in het kwartzand.

Bij de berekening van de uit den grond opgenomen hoeveelheid (sub c) neemt men nu stilzwijgend aan, dat bij elke serie, de hoeveelheid fosfaat per gram korrel en de diffusie uit het zaad even groot zal zijn bij de eigenlijke proef (mengsel van grond en zand) als bij de blinde bepaling (zand alleen); de analysefout mag men wel als constant veronderstellen. Vooral de laatste veronderstelling omtrent de gelijke diffusie in alle omstandigheden lijkt gewaagd. Het is waarschijnlijk dat, door de aanwezigheid van het fosfaat in het bodemvocht van het grond-kwartzandmengsel, en voorts door andere omstandigheden (verandering in pH, kationen, enz. door het gebruik van grond) de mogelijkheid bestaat, dat de diffusie in dat mengsel geringer of grooter is dan in kwartzand. In het onvermijdelijk gebruik van de blinde bepaling bij de berekening kan dus een principiele fout schuilen.

Wij wijzen er hier nog op, dat *dit bezwaar voor de fosforzuurbepaling het sterkste geldt, omdat hierbij de aftrek voor de blinde bepaling in verhouding tot het totaal bedrag zoo groot is.* Bij kali, waar de kiemplantjes vaak gelijke of grootere hoeveelheden uit den grond opnemen dan de door het zaad geleverde hoeveelheid bedraagt, is de situatie gunstiger. Daar staat dan echter weer tegenover, dat de kali-opname door de kiemplantjes op zich zelf aan grootere schommelingen onder invloed van diverse omstandigheden onderhevig is dan de fosfaatopname, zoodat de fout in de kalicijfers volgens Neubauer tenslotte toch nog iets grooter is dan die in de fosfaatcijfers.

Bij het door ons uitgevoerde Neubauer-onderzoek wordt ook aandacht aan de foutbepaling geschonken, waarbij tevens wordt nagegaan of men niet beter, in plaats van een afzonderlijk cijfer uit een blinde bepaling bij elke serie, een *vaste gemiddelde waarde* van een groot aantal blinde bepalingen als aftrekwaarde kan gebruiken.

#### *Grenscijfers.*

Volledigheidshalve moeten wij er nog even op wijzen, dat er, bij de interpretatie van volgens de Neubauer-methode verkregen cijfers, een vrij groote onzekerheid kan heerschen wat betreft de grenscijfers. Oorspronkelijk hebben Neubauer en andere onderzoekers gemeend dat men algemeen geldende grenscijfers kon gebruiken (apart natuurlijk voor fosforzuur en kali, namelijk 8 resp. 24). Bij voortgezet onderzoek bleek dit echter niet te handhaven en gaf Neubauer afzonderlijke grenscijfers voor diverse gewassen: wij bespraken op blz. 488/489 reeds, dat de „*wurzellösliche Vorrat*” bij gebruik van verschillende gewassen, of zelfs van verschillende roggerassen, verschillend groot gevonden wordt, en zoo moet ook de extrapolatie op grond verschillend zijn. Verder moet men waarschijnlijk bij verschillende grondtypen een andere schaal aanleggen. Dit alles is niet specifiek voor de methode Neubauer, men vindt het evenzoo bij de chemische methoden: maar de verwachting, dat de Neubauer-methode iets zou geven, dat meer wezenlijk is dan wat de chemische methoden ons brengen, en dat onafhankelijk van grondtype en gewas een meer essentiele beteekenis zou hebben, gaat geenszins in vervulling.

### *Slotbeschouwing.*

Het zal uit het voorgaande duidelijk zijn, dat ook de Neubauer-methode slechts een beperkt aspect van het zoo gecompliceerde plantenvoedingsvraagstuk geeft en dat het twijfelachtig is, of dit aspect zooveel meer omvattend is, of voor de beoordeeling van bemestingskwestie's zooveel meer waardevol, dan het beeld, dat men bij P- of K-bepaling in grond met behulp van een chemisch extractiemiddel (b.v. koolzuurhoudend water, verdund citroenzuur, verdund zoutzuur) krijgt. Blijkt dit niet het geval, dan blijven de veel snellere en goedkoopere chemische methoden sterk in het voordeel.

Een beantwoording van de vraag of de kiemplantenmethode gelijkwaardig dan wel meer of minder waard is dan een of andere chemische extractiemethode is, zooals wij op bl. 491 reeds uiteenzetten, alleen te geven door vergelijking van deze methode met de veldproef. Het is opvallend, dat van de vele onderzoekers, die zich met de methode-Neubauer hebben bezig gehouden, de meeste zich tot directe vergelijkingen met chemische methoden, met de potproef volgens Mitscherlich e.d. hebben beperkt. Vergelijkingen met de veldproef zijn ook verricht maar, zooals wij op blz. 491 betoogden, nog niet in voldoende aantal en nog niet van zoodanigen opzet, dat men de eventueele merites van de Neubauer-methode b.v. bij speciale grondsoorten daaruit leert kennen.

De verkregen resultaten overziende krijgt men den indruk, dat de kiemplantenmethode met de veldproef een overeenstemming geeft, die te vergelijken is met die, welke men met de potproef volgens Mitscherlich, de Aspergillus-methode volgens Niklas, of de gebruikelijke chemische methoden krijgt, dus bij het eene grondtype een wat betere, bij het andere een wat minder goede aanwijzing, maar slechts zelden een overeenstemming, die men als uiterst gunstig zou kunnen betitelen. Op zich zelf is dit zeer begrijpelijk, aangezien al deze methoden slechts een eenzijdig en onvolkomen (hoewel onderling van elkaar meer of minder verschillend) beeld geven, waarbij vele factoren, die bij groei en productie der gewassen een rol spelen, buiten beschouwing blijven. Een voordeel van de Neubauer-methode zou kunnen blijken te zijn, dat deze onveranderd op alle grondtypen, met uitzondering van de zeer zure veengronden, kan worden toegepast, terwijl de resultaten o.a. weinig door den zuurgraad van den grond beïnvloed schijnen te worden. Overigens blijven de goedkoopere en snellere methodes natuurlijk de voorkeur verdienen.

Dit alles neemt niet weg, dat de methode-Neubauer in bepaalde gevallen (b.v. bij speciale grondtypen) een waardevolle aanvulling, of mogelijk vervanger, van de gebruikelijke methoden zal kunnen blijken te geven. Nader onderzoek zal dit moeten uitmaken; wij stellen ons voor te trachten, daartoe voor Nederlandsche gronden een bijdrage te leveren.