

DIE BEPALING VAN DIE HOEVEELHEDE

KALIUM EN FOSFOR

WAT VIR HOËR PLANTE IN DIE GROND

TOEGANKLIK IS

deur

JAN PETRUS KAREL REYNHARDT

Honns. B.Sc.

Verhandeling ingehandig ter gedeeltelike
voldoening aan die vereistes vir die
M.Sc.-graad van die Potchefstroomse
Universiteit vir
Christelike Hoër Onderwys

Potchefstroom,
1967.

INHOUDSOPGAWE

INLEIDING

Bladsy

1. Chemiese metodes vir die bepaling van voedingsione in die grond ...	1
1.1 Kaliumbepaling	2
1.2 Fosforbepaling	2
2. Biologiese metodes	5
2.1 Swamme as toetsorganismes	6
2.2 Hoër plante as toetsobjekte	9
2.2.1 Die Neubauer-metode	10
2.2.2 Die Gewysigde Neubauer-metode	12
2.2.3 Die Hellingsverhoudings-metode	12
3. Doel van die ondersoek	13

ONTLEDINGSMETODES

1. Ontleding van plante	15
1.1 Bereiding van plantmateriaal	15
1.2 Kaliumbepaling	16
1.3 Fosforbepaling	18
2. Ontleding van saad	21
3. Ontleding van grond	21
3.1 Kaliumbepaling	21
3.2 Fosforbepaling	21
3.2.1 Geadsorbeerde fosfor ..	22
3.2.2 Suuroplosbare en geadsorbeerde fosfor	23
3.2.3 Totale geadsorbeerde fosfor	24
3.2.4 Totale suuroplosbare en geadsorbeerde fosfor	24
3.3 pH-bepaling	25

BIOLOGIESE METODES EN RESULTATE

1. Die Neubauer-metode	26
2. Ehrendorfer (1959) se wysiging van dié Neubauer-metode	31
3. Eie wysiging van die Neubauer-metode	34
3.1 Rog as proefplant	36
3.2 Slaai as proefplant	37
3.3 Tamaties as proefplant	38
3.4 Vergelyking van verskillende biologiese metodes	40
4. Potkultuurmetode	43
4.1 Droë gewig van proefplante	47
4.2 Kaliuminhoud as persentasie van die droë gewig van die proefplante	49
4.3 Totale hoeveelheid kalium in die bgrondse dele van 4 plante	49
4.4 Fosforinhoud as persentasie van die droë gewig van die proef- plante	49
4.5 Totale hoeveelheid fosfor bo- grondse dele van 4 plante ...	49
4.6 Die hoeveelheid kalium wat deur 100 plante uit 100 g grond opgeneem word. (Bepaal met die Neubauer-metode, eie wysiging)	50
4.7 Die hoeveelheid fosfor wat deur 100 plante uit 100 g grond opgeneem word. (Bepaal met die Neubauer-metode, eie wysiging)	52
4.8 Kwadratiese regresie van droë gewig op kalium- en fosfor- toediening	54

BESPREKING EN GEVOLGTREKKING	62
SUMMARY	65
BEDANKINGS	68
LITERATUURVERWYSING	70

INLEIDING

Die waarde van bemesting word algemeen besef, maar die vraag ontstaan of bemesting altyd reg toegedien word. Om die beste benutting van die bemestingstowwe te verkry, is dit nodig om te weet wat die voedingsbenodigdhede van 'n bepaalde plantsoort op 'n spesifieke grond is en in watter konsentrasie die bepaalde voedingselement toegedien moet word om die regte beskikbare konsentrasie te lewer.

Daar is verskeie chemiese en biologiese metodes aan die hand gedoen om die beskikbaarheid van voedingsione in dié grond te bepaal (Bray and Kurtz, 1945; Ehrendorfer, 1959; Kitchen, 1948; Peech, 1948; Piper, 1942; Piper, 1950; Vandecaveye, 1948).

Die chemiese metodes vir die bepaling van beskikbaarheid is gewoonlik gebaseer op die ekstraksie van ione uit die grond deur chemiese stowwe (sure, alkaliese of buffers). Die biologiese metodes sluit gewoonlik die bepaling van die groei of van die chemiese samestelling van die plant in.

1. Chemiese metodes vir die bepaling van voedingsione in die grond

Die bepaling van die mineraalvoedingstofkonsentrasies in die grond volgens chemiese metodes, dateer uit die vroeë jare. Daar is hoofsaaklik drie rigtings waarop gekonsentreer is: (1) Die hoeveelheid voedingsione in die grond word deur chemiese ontleding vasgestel; (2) Die hoeveelheid plantvoedingstowwe wat in die grondvog opgelos is, word bepaal; en (3) Die voedingsione word met ekstraksiemiddels uit die grond geëkstraheer en die konsentrasie in die ekstraksiemiddel bepaal. Laasgenoemde word algemeen gebruik, omdat dit meer betroubaar

as die ander metodes is.

1.1 Kaliumbepaling

Die hoeveelheid kalium in die grond word op verskillende maniere bepaal. Vir die bepaling word die kalium met verdunde sure of soutoplossing uit die grond geëkstraheer en dan deur chemiese metodes bepaal.

Omdat die hoeveelhede kalium wat deur die verskillende ekstraksiemiddels uit die grond onttrek word, van mekaar verskil, word uiteenlopende resultate met verskillende chemiese metodes verkry.

By sommige metodes word die kalium deur die ekstraksiemiddel uit die grond onttrek en die hoeveelheid kalium in die ekstraksieoplossing, vlamfotometries bepaal.

Dit is nodig om in gedagte te hou dat die metodes die totale hoeveelheid kalium wat deur die ekstraksiemiddel uit die grond onttrek word, bepaal en nie die werklik beskikbare hoeveelheid soos wat soms aangeneem word nie.

1.2 Fosforbepaling

By die bepaling van fosfor in die grond word ook van verskillende ekstraksiemiddels gebruik gemaak. Stowwe wat gebruik word is koolsuur, organiese en anorganiese sure, verdunde alkaliese en neutrale of suur-gebufferde soutoplossings.

In sommige metodes word swak sure gebruik soos bv. die 0.002 N H_2SO_4 wat deur Truog (1930) aanbeveel is

en die Deyer-metode (1894) waarvan 'n een persent sitroensuuroplossing gebruik gemaak word. Verdunde sure soos HNO_3 , HCl en H_2SO_4 los gelyke hoeveelhede fosfor op terwyl organiese sure by dieselfde konsentrasie en pH verskillende hoeveelhede fosfor oplos. Die organiese sure se oplosvermoë is hoër omdat hulle geneig is om organiese komplekse met fosfaat te vorm. Neutrale soute met monovalente katione soos NH_4Cl , NH_4NO_3 , KCl en Na_2SO_4 verwyder naastenby gelyke hoeveelhede fosfor uit die grond as gedistilleerde water (Hibbard, 1931).

In sommige metodes word gebufferde asetaatsoute gebruik (Egner en medewerkers, 1938). Die voordeel van sulke gebufferde oplossings is dat hul oplossingsvermoë onveranderd bly in die teenwoordigheid van kalsiumkarbonaat.

Die metodes waarvolgens fosfor bepaal kan word, is hoofsaaklik die volgende:

- (a) Die graviemetriese metode van Lorenz (Piper, 1950; Steyn, 1957).
- (b) Die volumetriese fosfomolibdaat-metode (Vogel, 1941, 1961; Piper, 1950).
- (c) Verskeie wysigings van die Déniges-kolorimetermetode (Vogel, 1941).
- (d) Die fluoried-ekstraksie metode (Bray and Kurtz, 1945).

- (e) Die isotoopmetode van Fried en Dean (Fried and Dean, 1952).
- (f) Die anioon-uitruilm metode van Amer en medewerkers (1955), Cooke and Hislop (1963).
- (g) Die fotometriese molibdivanado-metode.

Bray (1948), Morgan (1941) en Lunt et al (1950) het almal baie bygedra tot die ontwikkeling van betroubare chemiese metodes, maar soos Piper (1942) dit stel:

"It is improbable that any simple form of chemical analysis can simulate the conditions existing in the soil throughout the period of active growth and so give a reliable measure of availability under all conditions".

Die grond is 'n ingewikkelde sisteem en dit is baie moeilik om die beskikbaarheid van ione vas te stel, omdat verskeie faktore dit kan beïnvloed, nl. die pH van die grond, die ioonbalanse, oplosbaarheid, waterhoudingsvermoë van die grond en nog baie ander.

Die benutting van die beskikbare hoeveelhede voedingsione in die grond word ook beheer deur lewensprosesse in die plant self en deur biochemiese prosesse in die grond, soos bv. verrotting, gisting, respirasie, ammonifikasie, nitrifikasie ens. By die prosesse kom stowwe vry wat die beskikbaarheid van voedingsione beïnvloed.

Verder moet ingedagte gehou word

dat die grond uit 'n vaste en 'n vloeibare fase bestaan. Die vaste fase bestaan uit die onopgeloste dele en vorm eintlik die gedeelte waarin die voedingstowwe geberg word. Daar bestaan 'n ewewig tussen die stowwe in die vaste fase en dié in die vloeibare fase. Die ione in die grondoplossing, nl. die vloeibare fase, word deur die plante benut omdat hulle die ione in opgeloste vorm opneem. Namate die ione uit oplossing verwyder word, gaan 'n gedeelte van die stowwe uit die vaste fase in die opgeloste fase oor.

Behalwe al bogenoemde faktore is daar ook omgewingsfaktore, soos temperatuur, vogtigheid, deur-lugting ens. wat 'n rol speel. Sekere mikro-organismes in die grond is verantwoordelik vir die mineralisasie van stikstof en hulle vereis ideale omgewingsfaktore soos lug, temperatuur ens. om die prosesse te laat plaasvind.

Dit is dus duidelik dat chemiese metodes nie aan al die faktore reg kan laat geskied nie. Die bepaling van beskikbare voedingsione volgens biologiese metodes mag dus van meer waarde wees omdat hulle meer regstreeks die beskikbaarheid aandui.

2. Biologiese metodes

Die biologiese metodes is oor die algemeen meer tydrowend as die chemiese metodes en gaan ook soms met heelwat koste

gepaard. Die volgende biologiese metodes is met vrug toegepas:

2.1 Swamme as toetsorganismes

Die Aspergillus-metode is deur die Russiese werker, Butkewitsch (1909) begin. Hy het die swam Aspergillus niger gebruik om die konsentrasie van 'n spesifieke ioon in 'n medium te bepaal. Die metode is deur Benecke en Söding (1928) vir die bepaling van voedingsione in die grond aangewend. Hierdie metode is ook deur Niklas en medewerkers (1930) gebruik om die beskikbaarheid van fosfor en kalium, en in 'n mate magnesium in die grond te bepaal. Die metode is deur verskeie ander navorsers gebruik vir die bepaling van beskikbare voedingsione in die grond (Gerretsen en Blumendal, 1940; Gutschy, 1959 en Nowosielski, 1962).

Die metode behels die volgende: 5 g lugdroë grond word by 30 ml voedingsoplossing sonder kalium of fosfor in 'n 75 ml fles gegooi en spore van Aspergillus niger word bygevoeg. Die swam word vier dae lank in die medium gekweek en daarna gewas, gedroog en geweeg. Deur middel van die droë gewigopbrengs kan die vrugbaarheid van die grond bepaal word.

Niklas het die Aspergillus-metode verder verbeter en bevind dat waardes daarmee verkry, goed vergelyk met die wat verkry word met die Neubauer-metode.

In 1930 het Mitscherlich 'n kritiese studie van die metode van Niklas gemaak en dit gewysig. Hierdie metode is verder deur Mehlich en medewerkers (1933) verbeter. Hierna het Mehlich et al (1934) die Cunninghamella-plaatmetode ontwerp. Mulder (1939) het die Cunninghamella-plaatmetode gebruik om die gebrek aan koper, mangaan en molibdeen te bepaal.

Die Sackett en Stewart tegniek (1931)

In die tegniek word gebruik gemaak van bakterieë om die beskikbaarheid van voedingsione te bepaal. Hierdie tegniek is deur Winogradsky (1925) begin en later deur Sackett en Stewart (1931) verbeter.

Azotobactor dien as proeforganisme in 'n voedingsoplossing met grond.

Een van die ione wat vir groei noodsaaklik is word in die voedingsoplossing weggelaat met die gevolg dat die bakterieë genoodsaak is om die spesifieke ioon uit die grond te haal. Deur die bepaling van die groei van die bakterieë is dit moontlik om die beskikbare konsentrasie van die element in die grond, waarvoor getoets word, vas te stel.

Die dehidrogenasemetode van Lenhard (1962)

Hierdie metode is deur Lenhard in 1962 ontwikkel en behels kortliks die volgende: Die dehidrogenase aktiwiteit van die mikroörganismes in die grond word bepaal nadat die grond met verskillende hoeveelhede

stikstof, fosfor en kalium bemest is. Suiker word aan die medium voorsien met die doel om die organismes in die grond aan te moedig om beter te groei. Dié organismes verander die 2, 3, 5-trifenieltetrasoliumchloried (TTC) wat by die grond gevoeg word na trifenielformasaan. Hierdie trifenielformasaan is oplosbaar in alkohol en kan dan uit die grond gehaal word. Die intensiteit van die rooi kleur van die formasaan word dan met 'n kolorimeter by 5360 Å gemeet. So kan die dehidrogenase-aktiviteit van die mikroörganismes bepaal word.

Die formasaankonsentrasie dien as indeks van die grondvrugbaarheid. Die stikstof, fosfor en kalium word om die beurt weggelaat en die waardes met die verskillende behandelings verkry word as persentasie van die waarde van die behandeling waar N, P en K gelyktydig toegedien is, uitgedruk.

Vir al die bogenoemde metodes, waarin van laer plante gebruik gemaak word, geld die beswaar dat die behoeftes aan mineraalvoedingstowwe van laer plante, soos swamme en bakterieë, verskil van dié van hoër plante en dit sou misleidend wees om uit gegewens wat met laer plante ingewin is, gevolgtrekkings te maak in verband met voedingstofkonsentrasie wat vir hoër plante beskikbaar is.

Dit sou dus beter wees om hoër plante vir die bepaling van die beskikbaarheid van voedingsione in die grond

te gebruik, want dit is waarin belang gestel word.

2.2 Hoër plante as toetsobjekte

Veldproewe, wat die oudste biologiese metode is, word dikwels gebruik om die voedingstatus van die grond te bepaal. Gewoonlik strek die proewe oor meer as een groeiseisoen en gaan gepaard met hoër arbeidskoste. Soms word ontledings ook gebruik om die voedingspeil van die grond te bestudeer. So 'n studie is alleen van waarde indien 'n gelyktydige studie van groei en bemestingspeile gemaak word (Wolf and Ichisaka, 1947).

Dit is moeilik om die beskikbaarheid van voedingsione in die grond met veldproewe te bepaal omdat die plant nie in 'n bepaalde gewig grond groei nie. In potte word die plante in 'n vaste gewig grond gekweek met die gevolg dat die beskikbaarheid per eenheidsgewig grond bepaal kan word. Mitscherlich (1930) het daarom met klein hoeveelhede grond, naamlik ses pond, gewerk. Hy het rog en lusern as proefplante gebruik. Aan die einde van die proef word die saad geoes en die droë gewig daarvan bepaal. Hiervolgens kon bepaal word watter behandeling die beste opbrengste lewer.

Jenny (1944) het met nog kleiner hoeveelhede grond gewerk, naamlik 4 lb grond per pot. Hy het slaai as proefplant gebruik en het ook die relatiewe beskikbaarheid van voedingsione in die

grond bercken deur gebruik te maak van die droë gewigopbrengste wat met verskillende bemestingbehandelings verkry word.

Dan is daar ook nog die sonneblom-kultuurmetode van Stephenson en Schuster (1941), waar sonneblomme as proefplante gebruik word. Die metode verskil van die vorige in die opsig dat minder grond gebruik word en dat dit toegespits is op die bepaling van boor.

Die Colwell-tegniek (Colwell, 1943) word ook gebruik om boorgebrek te bestudeer.

2.2.1 Die Neubauer-metode

Neubauer en Schneider (1923) het gemeen dat dit makliker is om die beskikbaarheid van ione in 'n klein hoeveelheid grond te bepaal mits daar genoeg plante is om die grond volkome uit te put.

Die Neubauer-metode (Neubauer, 1933) is dus gebaseer op die beginsel van intensiewe opname van voedingsione deur saailinge in 'n klein bietjie grond. Die vorming van 'n deeglike wortelnetwerk verseker 'n beter opname van die beskikbare hoeveelhede ione in die grond. Die plant word dus gedwing om van die beskikbare konsentrasie voedingstowwe in die grond gebruik te maak. Dit word dan geanaliseer vir die ione wat bepaal moet word, en

'n kontrolewaarde (plante wat in sand groei) word daarvan afgetrek.

Die metode behels kortliks die volgende: 100 g grond word met 50 g kwarts-sand gemeng en in 'n Neubauer-bakkie gevoeg en daarna met 250 g kwarts-sand bedek. In die bakkie word dan 100 saad (gewoonlik rog) geplant. Terselfdertyd word 'n kontrole wat net uit sand bestaan, opgestel. Hierin word dan ook 100 plante gekweek. Na 'n proefperiode van ongeveer drie weke word die totale hoeveelhede kalium of fosfor in beide die proef en die kontrole bepaal. Die verskil tussen die proef en die kontrole gee die beskikbare kalium of fosfor in die grond.

Die metode is deur Thornton (1935) gebruik om die fosfor- en kaliumvaslegging deur die grond te bestudeer. Hy het ook die uitwerking van ander groeifaktore op beskikbaarheid bestudeer. Die metode is selfs ook al vir die bepaling van sink en mangaan in die grond gebruik. Alhoewel daar baie besware teen die gebruik van die Neubauer-metode ingebring kan word, is dit tog 'n baie nuttige metode om grondvrugbaarheid te bestudeer. Resultate wat deur Roemer en medewerkers (1927) met die metode verkry is, bevestig die bevindings van Neubauer.

2.2.2 Gewysigde Neubauer-metode

Ehrendorfer (1959) het die Neubauer-metode gewysig, deur die grond te verryk met 'n voedingsoplossing wat al die elemente behalwe kalium en fosfor bevat. Net soos by die oorspronklike Neubauer-metode, die hoeveelheid kalium en fosfor in die plante bepaal word en die kontrole wat met sand as voedingsmedium opgestel word, daarvan afgetrek word, kon hy die beskikbaarheid vasstel. Hy het slaai in plaas van rog gebruik omdat slaai 'n klein saadjie het en daar dus min reserwes in die saad is. 'n Nadeel van die metode is dat twee noodsaaklike ione vir groei gelyktydig in die voedingsoplossing wat by die grond gevoeg word, weggelaat word. Die ione kalium en fosfor waarvoor getoets word, word in die voedingsoplossing wat by die grond gevoeg word, weggelaat. Dit sou raadsaam gewees het om een ioon op 'n keer weg te laat in plaas van twee, want dit sou verseker dat die plant die volste gebruik maak van die ioon waarvoor getoets word.

2.2.3 Hellingsverhouding-metode

McCants (1956) het van groei-krommes gebruik gemaak om die beskikbaarheid van voedingsione te bepaal.

Die metode behels die volgende:
'n Klein hoeveelheid grond word met 'n

groot hoeveelheid sand gemeng en met 'n voedingsmedium verryk. Een element soos bv. kalium of fosfor word op 'n keer gevarieer en 'n kromme word opgestel van droë gewig teenoor ioonkonsentrasie. In 'n ander reeks word dieselfde ioon heeltemal wegge- laat en die hoeveelheid grond wat by die sand gevoeg word, ge- varieer. Deur gebruik te maak van die verhouding tussen die twee groeikrommes, kan die beskikbaarheid van die ioon bepaal word.

Die metode het die voordeel dat dit aan baie van die vereistes van 'n biologiese metode voldoen, maar het die nadeel dat dit nie vir die bepaling van fosfor gebruik kan word nie. 'n Verdere nadeel is dat die konsentrasie van die ioon opgeneem deur die plant, nie eweredig toeneem met die vermeerdering van die hoeveelheid grond nie. Die hoeveelheid van 'n bepaalde ioon wat deur die plant per 100 g grond opgeneem kan word, neem af as die hoeveelheid grond vermeerder word, (Sissingh, 1961).

3. Doel van die ondersoek

Die doel was om:

- (i) die doeltreffendheid van 'n aantal van die bestaande metodes waarvolgens die toeganklike voedingstof- ioonkonsentrasie in die grond biologies met hoër plante bepaal word,

- te ondersoek, en
- (ii) te probeer om doeltreffender biologiese metodes te ontwikkel wat aan die volgende vereistes voldoen:

Die ideale metode moet eenvoudig, akkuraat en prakties wees en moet min tyd in beslag neem. Al die faktore wat groei beheer, soos lig, lug, temperatuur, humiditeit, plantvoedingstowwe en plantvoedingstofverhoudings moet beheer kan word terwyl een veranderlike faktor na willekeur gevarieer kan word. Die toetsplante se wortels moet geforseer kan word om alle moontlike toeganklike voedingsione te benut. Die metode moet hom daartoe leen om te kan bepaal, hoeveel van 'n bepaalde ioon gebruik moet word om optimale groei te verkry. Die ontwikkeling van steurende bakterieë en swamme moet voorkom kan word.

Met dié doel voor oë is die Neubauer-metode as uitgangspunt geneem. Die toepasbaarheid daarvan is ondersoek en daarna is ook aandag aan Ehrhardorfer (1959) se wysiging van die metode geskenk. Op grond van die ervaring hiermee opgedoen, is getrag om self wysigings in te voer ten einde beter resultate te verkry. Resultate met die metodes verkry is ook met die skeikundige ontledings vergelyk.

Na aanleiding van die werk van Mitscherlich (1930), Jenny (1944), Stephenson en Schuster (1941) en Colwell (1943) is 'n verdere potmetode getoets op dieselfde grond wat vir die vorige metodes gebruik is. Hierna is 'n vergelyking probeer verkry tussen droë gewigopbrengs in die potmetode en die totale hoeveelheid kalium en/of fosfor wat deur honderd plante in die Neubauer-bakkie uit honderd gram grond verkry is.

ONTLEDINGSMETODES

Vir die ondersoek van die biologiese metodes is die volgende as proefplante gebruik: Tamatie (Lycopersicum esculentum, cultivar Rooi Kaki), slaai (Lactuca sativa, cultivar Great Lakes), Rog (Secale cereale) en Kafferkring (Sorghum vulgare, cultivar S.A. 125). Sekere van bogenoemde plante is vir bepaalde biologiese metodes gebruik.

1. Ontleding van plantmateriaal

Die kalium- en fosforgehalte van die proefplante is op die volgende manier bepaal:

1.1 Bereiding van plantmateriaal

In die geval van die Neubauer-metode is die plantmateriaal soos volg voorberei: Nadat die proefperiode verstreke was, is elke Neubauer-bakkie vol gedeïoniseerde water getap om die grond-sandmengsel sag te maak. (Sand en grond word gemeng om die tekstuur van die grond losser te maak). Hierna is die inhoud van die bakkie oor 'n sif uitgespoel. Nadat die plantmateriaal goed met gedeïoniseerde water gewas is, is elke bakkie se materiaal afsonderlik gedroog.

In die geval van die pot-kultuurproewe, is die plante op die grondoppervlak afgesny, die bogrondse dele dadelik geweeg, daarna by 50°C tot konstante gewig gedroog en weer eens geweeg.

Hierna is die materiaal volgens 'n standaardmetode veras. Die verassing

vind plaas by 400° C in 'n porseleinbakkie totdat die plantmateriaal ongeveer wit is.

As die bakkie afgekoel is, word dit met 'n horlosieglas bedek en dan word die inhoud d.m.v. 'n pipet met 10 ml 25% HCl aangeklam. Die suur word verdamp totdat die bakkie droog is en dan word 'n tweede 10 ml 25% HCl bygevoeg. Verhit effens en bring oor in 'n tregter met filtreerpapier (Whatman Nr. 44). Na filtrasie in die 100 ml. meetflessie word die filtreerpapier drie keer agtervolgens met warm gedistilleerde water gewas. Water word bygevoeg totdat die oplossing tot by die merkie aangevul is. Daarna word die flessie goed geskud voordat enige verdere stappe gedoen word.

1.2 Kaliumbepaling

Dit is bepaal volgens die metode soos beskryf deur Piper (1950). (Dieselfde metode word aan die Potchefstroomse Landbounavorsingsinstituut gebruik).

Neem 10 ml van die aanvanklike 100 ml oplossing en verdun weer tot 100 ml met gedistilleerde water. (Hierdie hoeveelheid mag gevarieer word, afhangende van die konsentrasie kalium in die monster aanwesig).

Die konsentrasie van die kalium kan nou in dele per miljoen van 'n ykkromme (Fig. 1.) afgelees word, wat opgestel word

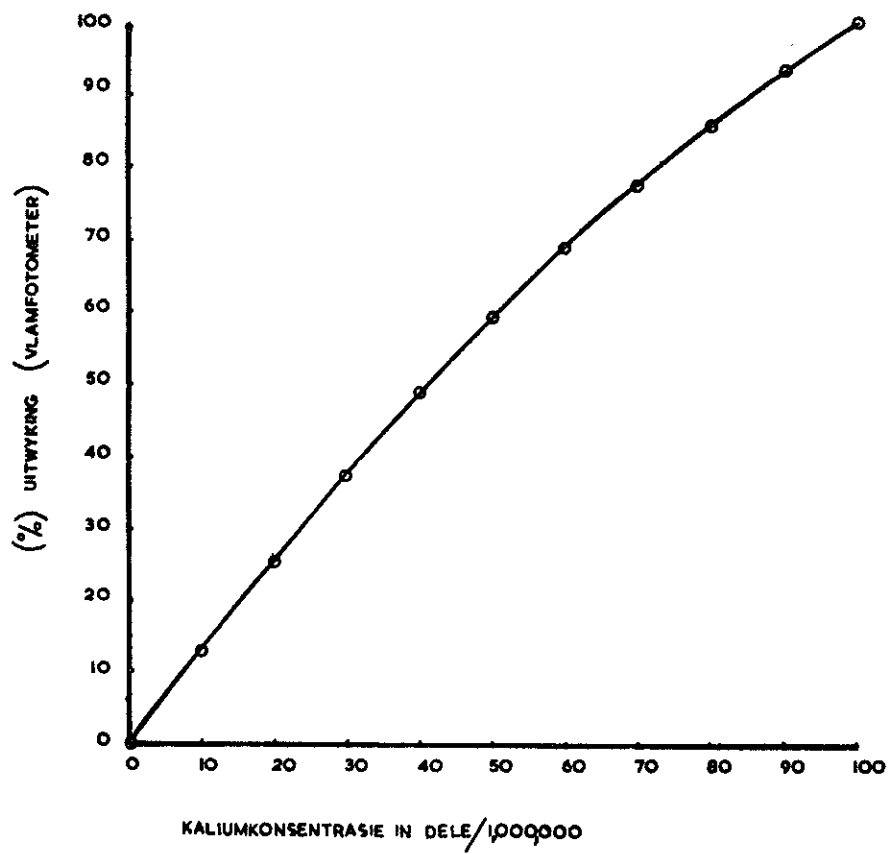


Fig. 1. Ykkromme vir die bepaling van Kaliumkonsentrasie in d.p.m.

van uitwyking teenoor kaliumkonsentrasie (0 - 100 dpm.). Die golflengte waarby kalium met die Zeiss-vlamfotometer gelees word, is 760 m μ . As die konsentrasie in dele per miljoen bekend is, dan kan die totale gewig kalium soos volg bereken word:

Gestel x is die waarde met die grafiek verkry. Dit beteken dan dat daar x g kalium in 'n 1,000,000 ml water opgelos is.

- ∴ 1,000,000 ml oplossing bevat
x g kalium
∴ 100 ml oplossing waarmee gewerk
is, bevat $\frac{100}{1,000,000} \times x$ g kalium.

Daar is egter 10 ml van die aanvanklike opl. geneem.

- ∴ 10 ml plantekstrak bevat
 $\frac{100}{1,000,000} \times x$ g kalium.

- ∴ 100 ml van die eerste oplossing
wat al die plantmateriaal bevat
het, bevat dus

$$\frac{100}{10} \times \frac{100}{1,000,000} \times x$$

g kalium.

$$= Y \text{ g kalium}$$

- ∴ 1 bakkie materiaal bevat dus Y
g kalium.

Die resultate word in mg gegee.

Daarom $Y \times \frac{1}{1000} = z$ mg kalium per
bakkie.

1.3 Fosforbepaling

(Metode soos in die Landbounavorsings-
instituut, Potchefstroom gebruik).

A) Reagense

1. 36% HNO_3 verdun met water in die verhouding van 1:2.
2. 0.25% ammoniumvanadaat (NH_4VO_3) 2.5 g opgelos in 500 ml kokende water. Koel af en voeg by 20 ml HNO_3 en verdun tot 1 liter.
3. 5% ammoniummolibdaat.
Los 50 g ammoniummolibdaat op in water by 50°C en verdun tot 1 liter.

B) Metode

Neem 'n geskikte hoeveelheid asoplossing soos berei in (1.1) hierbo. Voeg hierby 10 ml HNO_3 (1:2) en damp dit in op 'n warm bad. As dit droog is, voeg 10 ml HNO_3 (1:2) by en verhit net tot suurdampe afkom. Hierna word dit, indien nodig, oorgebring in 'n tregter met filtreerpapier en opgevang in 'n 100 ml volumetriese fles en die reagense word soos volg bygevoeg:

1. 10 ml 0.25% ammoniumvanadaat.
2. 10 ml 5% ammoniummolibdaat.

Nou word die fles tot by die merkie volgemaak met gedistilleerde water. Die ligdeurlating van die oplossing is met 'n Zeiss-spektrofotometer by golflengte 470 m μ gemeet. 'n Ykkromme (Fig 2.) van konsentrasie teenoor ligdeurlating word op soortgelyke wyse soos vir kalium opgestel. Die hoeveelheid fosfor per bakkie word op dieselfde wyse soos vir kalium bereken.

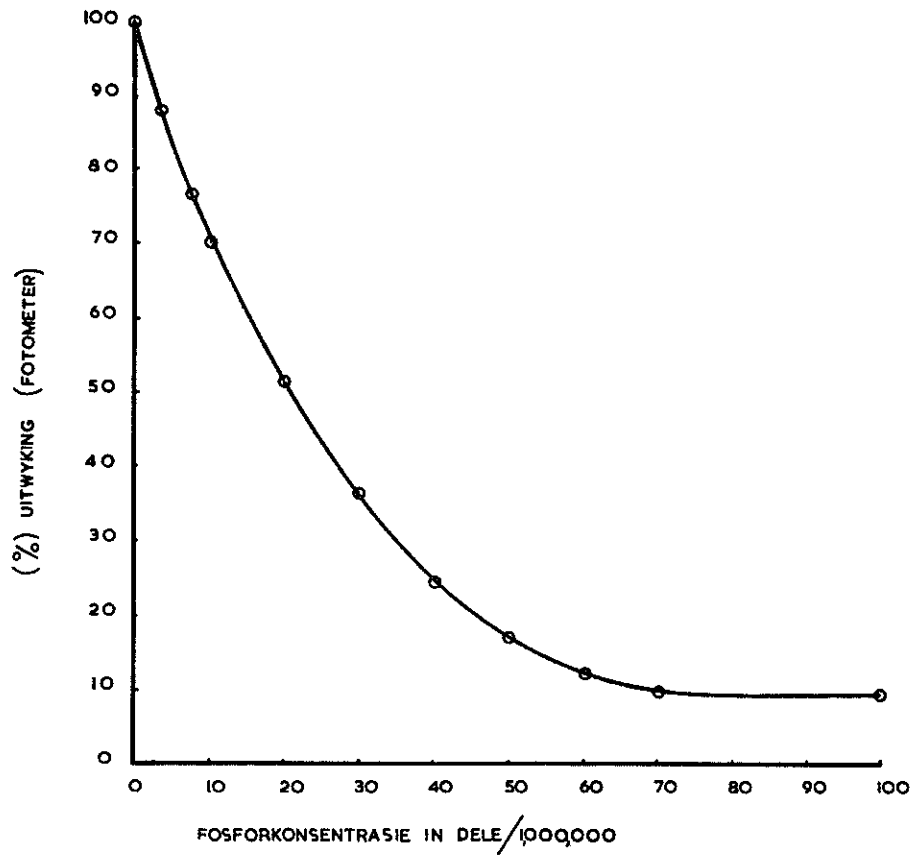


Fig. 2. Ykkromme vir die bepaling van fosforkonsentrasie in d.p.m.

2. Ontleding van saad

100 sade van elk van die proefplante word in 'n porseleinbakkie veras en ontleed vir kalium en fosfor. Die chemiese analise word op dieselfde manier soos vir die plantmateriaal uitgevoer. Volgens Neubauer (1933) moet die plante in die kontrole 90% van die reserves in die saad benut voordat dié metode akkuraat uitgevoer kan word.

Tabel 1 gee die kalium- en fosforgehalte van 100 sade.

Tabel 1
Die kalium- en fosforgehalte van proefsaad

Plant-soort	Fosfor in mg per per 100 sade	Fosfor as % van droë gewig	Kalium in mg per 100 sade	Kalium as % van droë gewig
Slaai	1.0000	1.2000	0.6700	0.8100
Tamatie	2.3800	0.7900	1.7500	0.5700
Kaffer-koring	16.0000	0.4500	15.1200	0.4200
Rog	4.3700	0.2300	10.1200	0.5400

3. Ontleding van grond

Daar is op verskillende plekke oor die hele mielieland grondmonsters met 'n graaf tot op 'n diepte van 8 duim geneem. Hierdie grond is in 'n plastiesesak gegooi en deeglik gemeng. Kleiner monsters is hiervan geneem vir die gebruik by die biologiese metodes en ook vir chemiese ontleding. Die grond is in plastiese- of gewone papiersakkies geberg voor die ontleding.

3.1 Kaliumbepaling

Die kalium word bepaal volgens die kobaltinitriet-metode. Piper (1950).

3.2 Fosforbepaling

Die fosfor is bepaal volgens die metode van Bray. (Bray and Kurtz, 1945; Bray, 1948; Dickman and Bray, 1940).

3.2.1 Geadsorbeerde fosfor

Reagense

(i) Ekstraksieoplossing vir ge- adsorbeerde fosfor

Voeg 15 ml N NH_4F en 25 ml 0.5 N HCl by 460 ml gedistilleerde water. Dit gee 'n oplossing van 0.03 N NH_4F en 0.025 N HCl

(ii) Stannochloried-oplossing

Los 10 g stannochloried op in 25 ml gekonsentreerde HCl. Hierdie oplossing moet in 'n donker bottel gehou word. (Hernu elke ses uur).

(iii) Ammoniummolibdaat-hydrochloried-oplossing

Los 15 g ammoniummolibdaat op in 350 ml gedistilleerde water. Hier word dan 350 ml 10 N HCl bygevoeg en goed geskud. Koel af tot kamertemperatuur. Verdun met gedistilleerde water tot 1 liter. Meng goed en bêre in 'n glasbottel. Maak op elke twee maande.

(iv) Verdunde Stannochloried-reagens

Voeg 1 ml stannochloried van (ii) in 333 ml gedistilleerde water. Meng goed en bêre. Maak elke vier uur op.

Metode

Weeg 1 g lugdroëgrond af in 'n glasbakkie en voeg 7 ml van die

ekstraksieoplossing vir geadsorbeerde fosfor (i) by en skud vir 1 min. Bring dadelik oor op 'n 7 cm filtreerpapier. By elke ml van die filtraat word 6 ml gedistilleerde water en 2 ml ammoniummolibdaat-hidrochloried-reagens (iv) gevoeg. Soos in die geval van die plantanalise waar gebruik gemaak is van 'n fotometer, kan die konsentrasie fosfor wat in die ekstraksieoplossing is ook bepaal word deur gebruik te maak van 'n ykkromme.

3.2.2 Suuroplosbare en geadsorbeerde fosfor

Reagense

(iii) en (iv) (soos hierbo).

(v) Suuroplosbare en fosfaat-adsorbeerekstraksieoplossing

Voeg 15 ml N NH_4F en 100 ml 0.5N HCl by 385 ml gedistilleerde water. Dit gee 'n oplossing van 0.03 N NH_4F en 0.1 N HCl. Dit kan vir 'n jaar in 'n glasbottel bewaar word sonder dat dit verslaan.

Metode

Weeg 1 g lugdroë grond af in 'n glasbakkie en voeg by 10 ml ekstraksieoplossing (v) en skud vir 40 sekondes. Bring dadelik oor op 'n filtreerpapier 7 cm. Die kleur word op 'n

soortgelyke manier ontwikkel
soos in die vorige metode.

3.2.3 Totale geadsorbeerde fosfor

(vi) 0.5 N Ammoniumfluoried

Los 18.5 g NH_4F in 'n
liter gedistilleerde water
op. Stel in op pH 7 en
bêre in 'n bottel.

(vii) Boorsuur (0.8M)

Los 62.26 g Boorsuur
op in 1 liter warm gedis-
tilleerde water.

Metode

Skud 1 g NH_4 -versadigde
grond vir 1 uur op in 50
ml 0.5 N Ammoniumfluoried.
Filtreer die suspensie deur
'n 4.25 cm Buchner-tregter.
Pipetteer 10 ml van die
helder filtraat in 'n 25 by
200 mm Pyrex buis, wat tot
35 ml gegradeer is. Pi-
petteer 15 ml van die
0.3 M H_3BO_3 by en vul op
met water tot by die 35 ml
merk. Voeg hierna 10 ml
ammoniummolibdaat- HCl (iii)
by en meng goed. Lees
waardes met fotometer na
5 tot 6 min.

3.2.4 Totale suuroplosbare en ge- adsorbeerde fosfor

Reagense

(viii) 0.1 N HCl

(ix) Vaste ammoniumfluoried

Metode

Skud 1 g lugdroë grond op met 50 ml 0.1 N HCl vir 30 min. Voeg by 1.0 g vaste NH_4F sodat die oplossing 'n sterkte van 0.5 N Fluoried het, en skud vir 60 min. Filtreer en suig deur 'n Buchner-tregter. Neem 10 ml van die filtraat en voeg 15 ml 0.8 M H_3BO_3 by. Volg dieselfde prosedure soos in die vorige metode.

3.3 Die pH bepaling

Die pH is bepaal met 'n glaselektrode in 'n vloeistof waarin grond met water in die verhouding 1:1 gemeng is.

Die volgende biologiese metodes is ondersoek.

1. Die oorspronklike Neubauer-metode

In die ondersoek is die Neubauer-metode met 'n klein wysiging gebruik en rog en kafferkoring het gedien as proefplante. (Dit is effens gewysig van die voorskrifte van Neubauer, omdat seker gemaak is dat al die plante in die bakkie sou groei. Daar is naamlik 100 ontkiemende saad in plaas van 100 saad in die bakkie oorgebring. Neubauer stel die vereiste dat meer as 90% van die saad moet groei om die metode akkuraat te kan uitvoer, maar deur die saad vooraf te ontkiem, word die wat nie kiemkragtig is nie, vooraf uitgeskakel).

Die metode sluit die volgende in: 100 g droë, fyn grond word met 50 g kwartssand (sand 24 uur gewas in 'n 1:10 verdunde HCl-oplossing en later met gedistilleerde water skoon gewas) gemeng. Hierna word daar 250 g kwartssand bo-oor die sand-grondmengsel in 'n Neubauer-bakkie gegooi (110 mm in deursnee en 60 mm hoog). Die kontrole verskil van die proef omdat dit slegs uit 400 g kwartssand bestaan wat ook in 'n Neubauer-bakkie geplaas word. In die proef en die kontrole word 100 sade geplaas.

Elke bakkie word met $\pm$ 80 ml water benat. (Die presiese hoeveelheid water wat bygevoeg word, hang af van die waterhoudingsvermoë van die sand-grondmengsel. Die water moet 70% van absolute waterhoudingsvermoë van die sand-grondmengsel bedra).

Die water wat verdamp, word elke dag deur weging en byvoeging met gedistilleerde water aangevul.

Na drie weke of wanneer die plante meer as 90% van die ~~reserwes~~ in die saad benut het, word die proef- en kontroleplante geanaliseer vir die totale hoeveelheid kalium en/of fosfor in die plante aanwesig.

Die verskil tussen die waardes van die kontrole en die proef gee die hoeveelheid voedingsione opgeneem uit 100 g grond.

In onderstaande Tabel word die minimum P- en K- waardes asook die K_2O -en P_2O_5 - waardes wat met die Neubauer- metode met verskillende plante verkry is, gegee. As die waardes met die Neubauer-metode vir fosfor in die geval van rog laer is as in die Tabel aangegee, dan is die grond arm aan fosfor. Dieselfde geld vir kalium. Volgens Neubauer verteenwoordig 1 mg K of P per 100 g grond met die metode verkry ongeveer 23 lb K of P per akker.

Tabel 2

Minimum waardes van die Neubauer-metode

(mg per 100 g grond)

Vandecaveye (In Kitchen, red. (1948).

Proefplante	P	P_2O_5	K	K_2O
Gars	2.62	6	20.00	24
Hawer	2.62	6	17.50	21
Rog	2.18	5	14.17	17
Koring	2.18	5	16.67	20
Wit wortels	3.05	7	32.50	39
Aartappels	2.62	6	30.83	37
Suikerbeet	2.62	6	20.83	25

Omdat die toestand in die bakkie verskil van die in die veld, het Neubauer 'n „Bruikbaarheids-koëffisiënt“ uitgewerk wat tussen 20 en 23

persent vir P_2O_5 en 21 tot 33 persent vir K_2O bedra.

Proef 1

In die eerste proef is rog en kaffer-koring as proefplante gebruik om met mekaar te vergelyk.

Die grond wat vir dié doel gebruik is (proefgrond 1), is 'n rooi sandleemgrond en het die volgende pH en P- en K-gehaltes soos deur chemiese ontleding vasgestel.

Tabel 3
pH en P- en K-gehalte van proefgrond 1
(chemies bepaal)

pH	% K absolute droë gewigbasis (kobaltinitriet- metode)	% P absolute droë gewigbasis (Bray-metode: Suurop- losbare en geadsor- beerde fosfor)
7.3	0.0155	0.0040

Tabel 4 gee die hoeveelheid kalium in mg per 100 g grond wat deur rog en kafferkoring opgeneem word.

Tabel 4
Kalium opgeneem in mg per 100 g grond volgens die
oorspronklike Neubauer-metode. (proefgrond 1)

Plantsoort	Herhalings				Gemiddelde
	1	2	3	4	
1. Rog	26.25	16.50	23.70	17.00	20.86
2. Kaffer- koring	18.00	26.50	28.50	29.50	25.63
Gemiddelde	22.13	21.50	26.10	23.25	23.25
K.B.V. (P = 0.05) (P = 0.01)					Nie betekenisvol
KV%					28.09

Daar was nie betekenisvolle verskille tussen die gemiddelde waardes wat met die twee plantsoorte verkry is nie.

Die koëffisiënt van variabiliteit is hoog, en is die bepaling nie betroubaar nie.

Tabel 5

Fosfor opgeneem in mg per 100 g grond volgens die Neubauer-metode (Proefgrond 1)

Plantsoort	Herhalings				Gemiddelde
	1	2	3	4	
1. Rog	1.00	1.75	1.00	1.75	1.38
2. Kaffer-koring	-0.55	-0.53	-0.60	-0.60	-0.57
Gemiddelde	-	-	-	-	-

Die 100 rogplante het 23.25 g K en 1.38 g P opgeneem uit 100 g grond.

Word dit vergelyk met die minimum waardes wat met die Neubauer-metode verkry is (Tabel 2, bl. 27) dui dit daarop dat daar voldoende kalium beskikbaar is, maar dat daar 'n gebrek aan fosfor in die grond was.

In die proef word om onverklaarbare redes negatiewe waardes vir fosfor met kafferkoring verkry. Hierdie negatiewe waardes kan heelwaarskynlik daaraan toegeskryf word dat van die fosfor wat as reserves in die saad was op een of ander manier deur die grond opgeneem word. 'n Verdere feit, wat die vermoede versterk, is dat 93% van die fosfor in die saad in die geval van die kontrole benut was.

Die grond wat vir die bepaling gebruik was, het 'n pH van 7.3 en volgens die chemiese ontleding 4 mg P en 15.5 mg K per 100 g grond.

Proef 2

Hierna is 'n reeks bepalinge met arm sande-rige grond (Proefgrond 2) uitgevoer wat die volgende samestelling vir kalium- en fosfor en 'n pH soos in Tabel 6 aangegee is, gehad het.

Tabel 6
pH en P- en K-gehalte van proefgrond 2
(chemies bepaal)

pH	% K absolute droë gewigbasis (kobaltinitriet- metode)	% P absolute droë gewigbasis (Bray-metode: Suuroplos- bare en geadsorbeerde fosfor)
5.9	0.0045	0.0012

Die grond is arm aan fosfor en in 'n mate ook aan kalium.

Tabel 7 gee die hoeveelheid kalium opgeneem soos bepaal volgens die Neubauer-metode vir rog in mg per 100 g grond.

Tabel 7
Kalium opgeneem in mg per 100 g grond (Proefgrond 2)
volgens die Neubauer-metode vir rog in mg per 100
g grond

Herhalings				Gemiddelde
1	2	3	4	
2.75	3.00	3.13	4.25	3.28

Volgens die bepaling is daar 0.00328% kalium opgeneem en dit maak 'n groot gedeelte van die totale hoeveelheid K (0.0045%) in die grond

uit soos chemies bepaal.

Tabel 8 gee die waardes vir fosfor wat met die Neubauer-metode verkry is.

Tabel 8

Fosfor opgeneem in mg per 100 g grond (Proefgrond 2) volgens die oorspronklike Neubauer-metode (Toetsplante: Rog)

Herhalings				Gemiddelde
1	2	3	4	
0.50	0.60	0.40	0.50	0.50

Die metode lewer 'n waarde van 0.0005% P teenoor die 0.0012% van die chemiese ontleding. Dit dui daarop dat 'n betreklike geringe persentasie van die totale hoeveelheid P in die grond vir die rogplante toeganklik is.

Volgens die bepaling is daar 3.65 mg K_2O en 1.15 mg P_2O_5 beskikbaar per 100 g grond. Word hierdie waarde met die Neubauer (bl 27) se minimumwaardes vergelyk, dan is dit duidelik dat daar 'n kalium- en fosforgebrek in Proefgrond 2 is.

2. Ehrendorfer (1959) se wysiging van die Neubauer-metode

Ehrendorfer (1959) het voorgestel dat kleiner sade as rog gebruik moet word. Dit sal volgens hom die fout verminder wat a.g.v. die aanwesigheid van baie reserves in die saad veroorsaak word. Daarom het hy slaai as proefplant voorgestel. Die rede waarom hy 'n voedingsoplossing vir die plante gebruik, was om die reserves wat in die saad is aan te vul, veral in die geval van plante wat in die sand moes groei. Hy het gevolglik van 'n kalium-

en fosforvrye voedingsoplossing gebruik maak.

Die metode soos hier toegepas is soos volg uitgevoer:

100 g lugdroë, fyn grond word met 240 g gewaste kwartssand gemeng. Hierdie mengsel word dan in 'n Neubauer-bakkie gegooi, en 80 ml van die kalium- en fosforvrye voedingsoplossing bygevoeg. Die oplossing moet, soos in die vorige metode, 70% van die waterhoudingsvermoë van die grond-sandmengsel uitmaak.

Die voedingsoplossing wat vir die doel gebruik word, het die volgende samestelling:

(i) Makro-voedingsoplossing

NH_4NO_3	5 millimol per liter
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5 millimol per liter
MgSO_4	1 millimol per liter

(ii) Mikro-voedingsoplossing

Uitgangsooplossing

1. 30 g ysterammoniumsitraat/liter
2. 2.6 g $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ /liter
3. 3.0 g $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ /liter, 1.2 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /liter, 0.9 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ /liter
4. 0.05 g / liter van elk van die volgende: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, TiO_2 , 0.028 g van elk van die volgende: SiCl_4 , $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, KI, KBr en MoO_3 .

Van hierdie oplossing word elk 1 ml by 1 liter finale voedingskultuurooplossing gevoeg.

Nadat die voedingsoplossing in die Neubauer-bakkie gegooi is, word die grond-sandmengsel met 30 g suiwer sand bedek.

Die slaaisaad (Great Lakes) word vooraf eers in lig ontkiem by temperatuur 20-25°C vir 24-36 uur. Dan het die kiemwortel ongeveer dieselfde lengte as die saadkorrel.

Ehrendorfer (1959) beveel aan dat 75 merkies in die sand gemaak word en 75 saad daarin geplaas word. Hierna word die saadjies met 30 g sand bedek. In my ondersoek is 100 saadjies in plaas van 75 geplant.

Die rede hiervoor is dat die aantal plante in al die metodes wat getoets is, dieselfde gehou is. Die groeibakkies word 5 dae lank met 'n glasplaat bedek.

Gedurende die 21-daagse toetsduur word die plante onder ligbuis (fabrikaat: „Grolux“) gekweek. Die groeibakkies word daaglik geweeë en die verdampde water word met gedistilleerde water aangevul.

Na drie weke word die plante uitgehaal, gedroog en veras. Hierna word die totale hoeveelheid kalium en fosfor in die plante bepaal. Die verskil tussen die kontrole en die proef gee die beskikbare voedings-ionkonsentrasie.

Tabel 9 gee die waardes van kalium volgens die slaaimetode.

Tabel 9

Kalium opgeneem in mg per 100 g grond volgens die Slaaimetode van Ehrendorfer (1959). (Proefgrond 2)

Replikate				Gemiddelde
1	2	3	4	
1.28	1.38	1.38	1.63	1.63

Hierdie metode lewer 'n waarde van 0.00163% K in vergelyking met die 0.0045% K wat met die

chemiese ontleding verkry is.

Tabel 10 gee die hoeveelheid fosfor wat opgeneem is in mg per 100 g grond.

Tabel 10

Fosfor opgeneem in mg per 100 g grond volgens die Slaaimetode van Ehrendorfer (1959). (Proefgrond 2)

Keplike				Gemiddelde
1	2	3	4	
0.50	0.55	0.40	0.55	0.50

Die slaaimetode lewer n waarde van 0.00050% P. Dit stem ooreen met die waarde wat met rogvir fosfor in die Neubauer-metode verkry is, maar verskil baie van die chemiese waarde. (0.0012% P)

Sowel die ongewysigde Neubauer- as die Slaaimetode lewer waardes vir kalium en fosfor wat laer is as die chemiese waardes blykbaar omdat die plant nie al die kalium en fosfor wat in die grond is, kan benut nie.

3. Eie wysiging van die Neubauer-metode

Die Verdere metode is getoets na aanleiding van die slaaimetode omdat dit gevoel is dat daar in die geval van die slaaimetode twee noodsaaklike voedingsione nl. K en P gelyktydig in die voedingsmedium wat by die grond gevoeg word, weggelaat word. In die eie wysiging van die Neubauer-metode is een ioon nl. K of P vervang met Na^+ of Cl^- afhangende of daar vir K of P getoets word terwyl die ander voedingsione in optimale hoeveelhede voorsien word. Die rede hiervoor was om te verseker dat ander ione nie as beperkende faktore optree en die groei strem nie.

Die voedingsoplossing wat vir hierdie doel gebruik word, het die volgende samestelling:

(i) Makro-voedingsoplossing

1 M KNO_3	6 ml/liter finale voedingsoplossing
1 M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	4 ml/liter finale voedingsoplossing
1 M $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	2 ml/liter finale voedingsoplossing
1 M $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2 ml/liter finale voedingsoplossing

(ii) Mikro-voedingsoplossing

2.86 g H_3BO_3 per liter
1.81 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ per liter
0.22 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ per liter
0.88 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ per liter
0.09 g $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ per liter

By elke liter met samestelling soos in (i) beskryf, word 1 ml van die mikro-oplossing gevoeg. Yster word as 'n 0.05% FeSO_4 -oplossing aangemaak. (Hiervan word dan 1 ml by elke liter voedingsoplossing gevoeg). Die yster moet vars opgemaak word, voor elke bepaling.

Bogenoemde voedingsoplossing is 'n kombinasie van die voedingsoplossings van Johnson en medewerkers (1957) en dié van Arnon en Hoagland (1940).

Opmerkings

- (a) Voordat die voedingsoplossing by die sand-grondmengsel gevoeg word, word die pH op 5.5 ingestel. 'n pH van 5.5 is gekies met die doel om te voorkom dat die opname van voedingsione deur pH-verskille beïnvloed word en verder is dit as 'n gunstige pH vir goeie groei beskou. Verdunde oplossings van HCl of NaOH is druppelsgewys by die voedingsoplossing gevoeg en goed geroer. Die pH is daarna met 'n glaselektrode getoets.
- (b) Wanneer vir kalium getoets word, word die KNO_3 deur NaNO_3 in (i) vervang.
- (c) Wanneer vir fosfor getoets word, word die $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ deur NH_4Cl in (i) vervang.
- (d) Indien kalium of fosfor gevarieer word, soos in latere stadium gedoen is, word

hulle deur Na^+ of Cl^- onderskeidelik op so 'n wyse vervang dat die NO_3^- en die NH_4^+ konstant bly. Gestel helfte van die kaliumkonsentrasie moet berei word, dan word 3 ml KNO_3 (1 M) en 3 ml NaNO_3 (1 M) van die oplossing van (i) by die voedingsoplossing van 1 liter gevoeg.

Die verdere stappe in die bepaling is presies dieselfde as dié van die slaaimetode.

By elke bepaling word vier herhalings vir die proef en vir die kontrole uitgevoer. Die verskil tussen die waardes vir die kontrole en dié vir die proef gee die beskikbare voedingsioonkonsentrasie.

In hierdie metode word probeer om alle groeifaktore konstant te hou, selfs die pH word by 5.5 ingestel. Hierdie metode gee aan die plant die geleentheid om ten volle gebruik te maak van die voedingsioon in die grond, waarvoor getoets word. Die ander voedingsione word voorsien ingeval daar gebrek aan enige van die ione in die grond mag wees. 'n Gebrek aan enige van die ander ione mag die beskikbaarheid van die ioon waarvoor getoets word, beïnvloed.

3.1 Rog as proefplant

Tabel 11 gee die hoeveelheid kalium opgeneem in mg per 100 g grond bepaal volgens die eie wysiging van die Neubauer-metode met rog as proefplant.

Tabel 11
Kalium opgeneem in mg per 100 g grond volgens die eie wysiging van die Neubauer-metode. (Proefgrond 2)

Replikate				Gemiddelde
1	2	3	4	
3.38	4.00	3.50	3.65	3.63

Volgens die metode is daar 0.0036% kalium opneembaar in die grond.

Tabel 12 toon die hoeveelheid fosfor wat opgeneem is in mg per 100 g grond, bepaal volgens die eie wysiging van die Neubauer-metode met rog as proefplant.

Tabel 12

Fosfor opgeneem in mg per 100 g grond volgens die eie wysiging van die Neubauer-metode. Proefgrond 2)

Replikate				Gemiddelde
1	2	3	4	
0.50	0.50	0.75	0.50	0.56

Die metode lewer 'n waarde van 0.00056% fosfor.

3.2 Slaai as proefplant

Tabel 13 gee die hoeveelheid kalium deur slaai opgeneem, bepaal met die eie wysiging van die Neubauer-metode (mg/100 g grond).

Tabel 13

Kalium opgeneem in mg per 100 g grond volgens die eie wysiging van die Neubauer-metode (Proefgrond 2)

Replikate				Gemiddelde
1	2	3	4	
2.12	2.38	2.87	1.62	2.25

Die eie wysiging van die Neubauer-metode lewer 'n waarde van 0.00225% kalium wanneer slaai as proefplant gebruik word.

Tabel 14 gee die hoeveelheid fosfor deur slaai opgeneem, bepaal met die eie wysiging van die Neubauer-metode (mg/100 g grond).

Tabel 14

Fosfor opgeneem in mg per 100 g grond volgens die eie wysiging van die Neubauer-metode (Proefgrons 2)

Replikate				Gemiddelde
1	2	3	4	
0.72	0.65	0.75	0.50	0.66

Die eie wysiging van die Neubauer-metode lewer 'n waarde van 0.00066% fosfor wanneer slaai as proefplant gebruik word.

3.3 Tamatie as proefplant

Die tamatie word gebruik omdat dit n betreklike klein saadjie het. Die saad bevat 2.38 mg fosfor en 1.75 mg kalium per 100 sade.

Die saad word ook vooraf ontkiem en later na die bakkies oorgebring.

Tabel 15 gee die hoeveelheid kalium wat opgeneem is in mg per 100 g grond soos deur hierdie metode bepaal.

Tabel 15

Kalium opgeneem in mg per 100 g volgens die eie wysiging van die Neubauer-metode. (Proefgrond 2)

Replikate				Gemiddelde
1	2	3	4	
3.75	3.00	3.38	3.38	3.38

Die metode met tamatie as proefplant lewer n waarde van 0.00338% kalium teenoor die 0.0045% kalium met die chemiese ontleding.

Tabel 16 gee die hoeveelheid fosfor wat opgeneem is in mg per 100 g grond soos deur die eie wysiging van die Neubauer-metode bepaal.

Tabel 16

Fosfor opgeneem in mg per 100 g grond volgens die eie wysiging van die Neubauer-metode. (Proefgrond 2)

Replikate				Gemiddelde
1	2	3	4	
0.19	0.20	0.20	0.24	0.21

n Waarde van 0.00021% fosfor is verkry in vergelyking met die waarde van 0.0012% P wat met die chemiese ontleding verkry word.



Fig. 3. Apparaat gebruik vir kunsmatige beligting van plante (Ligbuis, fabrikaat: 'Grolux') en die Neubauer-bakkies met 100 plante in elk.

3.4 Vergelyking van verskillend biologiese metodes

Ter opsomming van die gegewens wat met verskillende biologiese metodes en proefplante verkry is, word die toeganklike kalium en fosfor wat in 100 g grond is, aangegee. (Proefgrond 2).

Tabel 17

Kalium en fosfor opgeneem in mg per 100 g grond bepaal volgens verskillende metodes en proefplante (Bepaling is almal op die arm sand-leemgrond (Proefgrond 2) gedoen). (Vier herhalings)

Verskillende metodes	Kalium	K ₂ O	Fosfor	P ₂ O ₅
1. Oorspronklike Neubauer-metode (Rog as proefplant)	3.28	3.94	0.50	1.15
2. Slaaimetode (Ehrendorfer)	1.63	1.96	0.50	1.15
3. Eie wysiging van Neubauer-metode (Rog as proefplant)	3.63	4.36	0.56	1.28
4. Eie wysiging van Neubauer-metode (Tamatie as proefplant)	3.38	4.06	0.21	0.48
5. Eie wysiging van Neubauer-metode (Slaai as proefplant)	2.25	2.70	0.66	1.51
Gemiddelde	2.83	3.40	0.49	1.11
K.B.V. (P=0.05)	0.37	-	0.08	-
(P=0.01)	0.52	-	0.11	-
K.V. %	16.86	-	21.60	-
Chemiese ontledings	4.50	-	1.20	-

$$K \times 1.2 = K_2O$$

$$P \times 2.29 = P_2O_5$$

Afleidings i.v.m. kaliumbepalings

Die volgende is hieruit duidelik:

- 1) Waardes van metodes 3, 4 en 1
die van metodes 5 en 2. ($P = 0.05$)
- 2) Geen betekenisvolle verskille
tussen waardes van metodes 3, 4
en 1 is verkry nie.

Afleidings i.v.m. fosforbepalings

- 1) Metode 5 lewer betekenisvolle
hoër waardes as enige van die
ander behalwe metode 3.
- 2) Metode 4 se waarde was hoogs-
betekenisvol laer as dié van
enige van die ander vier meto-
des. ($P = 0.01$)

BESPREKING

Aangesien redelike hoë waardes in vergelyking met die ander metodes vir beide kalium en fosfor verkry word met die eie wysiging van die Neubauer-metode wanneer rog as proefplant gebruik word, kan die metode met 'n redelike mate van betroubaarheid vir albei die bepalinge aangewend word.

Dit is belangrik om daarop te wys dat geen metode, waardes vir kalium opgelewer het wat statisties hoër is as die oorspronklike Neubauer-metode nie, en dat slegs die eie wysiging vir die Neubauer-metode met slaai as proefplant hoër waardes vir fosfor lewer as die oorspronklike Neubauer-metode.

Die kalium- en fosforwaardes met verskillende biologiese metodes verkry, was in al die gevalle laer as die chemiese waardes. Die rede hiervoor is blykbaar dat die kalium en fosfor wat uit die grond geëkstraheer kan word, nie alles vir die plant toeganklik is nie. Die voedingstowwe in die grond verkeer blykbaar in vorms wat die plant nie kan gebruik nie. Die waardes met die verskillende metodes verkry, vergelyk met die minimum waardes soos deur Neubauer vasgestel vir verskillende gewasse, toon dat die grond arm aan toeganklike kalium en fosfor is.

Die invloed van 'n digte wortelnetwerk in 'n klein bakkie op die opname van die voedingsione is nie nagegaan nie.

Die byvoëging van voedingsione mag 'n invloed op die beskikbaarstelling van voedingsione waarvoor getoets word, uitoefen. Die hoër waardes wat met die eie wysiging van die Neubauer-metode in sommige gevalle verkry word, moet waarskynlik daaraan toegeskryf word dat ander ione bv. NO_3^- nie beperkend opgetree het nie. Indien die samestelling van die grond anders is, mag 'n ander resultaat verkry word.

Dit moet in gedagte gehou word dat die vervanging van K of P met Na^+ of Cl^- 'n verandering in die ioonbalans teweeg gebring en dat die opname van K en P as gevolg daarvan beïnvloed mag word. Tot hoe 'n mate die opname van K en P in hierdie ondersoek beïnvloed is, is nie vasgestel nie. Dit is egter te betwyfel of hierdie invloed groot kan wees aangesien Na^+ sowel as Cl^- nie makro voedingsione is nie.

Verder kan opgemerk word dat die voorkoms van ander ione in die grond, behalwe die wat bepaal word, ook 'n invloed mag hê op die opname van die ione waarvoor getoets word. So bv. tree daar antagonismes op tussen K/Ca en K/Mg wat die hoeveelheid K wat opgeneem word ⁱⁿ die teenwoordigheid van Mg of Ca beïnvloed. Hierdie verskynsel kan moontlik in 'n mate die opname van die ione waarvoor getoets word, beïnvloed. Sinergisme is 'n ander verskynsel wat by die opname van ione 'n invloed mag hê.

Uit die resultate kan ook afgelei word dat slaai nie baie kalium opneem nie, want slaai lewer altyd laer waardes as die ander plante. In die ondersoek is gevind dat wanneer tamaties gebruik word, lae fosforwaardes verkry word.

Die opname van die kalium en fosfor verskil by die plante wat in hierdie ondersoek gebruik is, blykbaar omdat alle plante nie instaat is om die voedingsione in dieselfde mate te benut nie. Daar mag ook ander faktore wees wat die opname van die ione verskillend beïnvloed.

In die volgende fase van die ondersoek is daarna gestreef om vas te stel wat die uitwerking van die byvoeging van voedingsione op die opname van die ione deur tamaties uit die grond (Proefgrond 2) is, en of die eie wysiging van die Neubauer-metode hom daartoe leen om te bepaal hoeveel kalium of fosfor per eenheidsgewig grond toegedien behoort te word om die hoogste droë gewigopbrengs met tamaties te verkry.

4. Potkultuurmetode

Die potkultuurmetode is beplan na aanleiding van die metodes wat deur Mitscherlich (1930), Jenny (1944), Stephenson en Schuster (1941) en Colwell (1943) voorgestel is. Tydens hierdie ondersoek is tamaties as proefplante gebruik; deels om aan te sluit by die vorige bepalings en deels omdat die saadjie van die tamatie klein is en tot 'n groot plant kan ontwikkel.

Die doel van hierdie metode was om vas te stel:

- (i) Wat die fosfor en kaliumpeile wat toegedien word, moet wees om die hoogste droë gewigopbrengs te lewer wanneer stikstof by 'n hoë peil gehou word.
- (ii) Wat die beskikbaarheid van kalium en fosfor by dié bepaalde behandeling is. (Bepaal volgens die eie wysiging van die Neubauer-metode).

Proef 3

Die bogenoemde metode is op dieselfde swak leemgrond wat in die vorige bepalings gebruik is (Proefgrond 2), uitgevoer. 6,200 g grond word afgeweeg en in 'n porseleinpot gegooi. Hierdie grond word met 4 liter voedingsoplossing benat. Die oortollige voedingsoplossing wat nie in die grond bly nie, word deur middel van 'n kraantjie onder in die pot in 'n glasbeker opgevang. Die voedingsoplossing wat gebruik is, het dieselfde samestelling as die oplossing wat in die vorige proewe gebruik is, behalwe dat die hoeveelhede kalium en fosfor om die beurt gevarieer word. Die voedingsoplossing se samestelling was soos hieronder aangegee.

Hoeveelhede in ml per liter finale voedingsoplossing.

Behandeling	1M KNO ₃	1M NaNO ₃	1M NH ₄ H ₂ PO ₄	1M NH ₄ Cl
NP(-K)	-	6 ml	2 ml	-
N(-P)K	6 ml	-	-	2 ml
NP(+ $\frac{1}{2}$ K)	3 ml	3 ml	2 ml	-
N($\frac{1}{2}$ P)K	6 ml	-	1 ml	1 ml
+(NPK)	6 ml	-	2 ml	-
-(NPK) kontrole	-	-	-	-
1 M Ca(NO ₃) ₂		1 M MgSO ₄		Spoorelemente*
4 ml		2 ml		1 ml
4 ml		2 ml		1 ml
4 ml		2 ml		1 ml
4 ml		2 ml		1 ml
4 ml		2 ml		1 ml

*Spoorelemente word opgemaak soos in die vorige metodes beskryf en 1 ml hiervan by elke liter voedingsoplossing gevoeg.

Die pH van die voedingsoplossing word by 5.5 ingestel. HCl of NaOH word vir die doel gebruik.

Elke pot met 6200 g grond ontvang 4 liter van die voedingsoplossing met die samestellings soos in die bogenoemde Tabel aangegee. Die kontrole word met gedistilleerde water bevogtig.

Elke behandeling is vyf keer herhaal.

'n Monster van 500 g grond word deur middel van 'n glasbuis uit die potte geneem. Hierdie grond word later gebruik in die klein Neubauer-bakkies om die opname van kalium en fosfor volgens die Neubauer-tegniek te bepaal.

In elke pot word vier tamaties geplant waarvan die bogrondse dele na ses weke geoes word.

Die grond word daaglik met gedistilleerde water bevogtig. Die waterhoudingsvermoë van die grond mag nie minder as 50% van die totale waterhoudingsvermoë van die grond wees nie.

Die proef is uitgevoer in 'n glashuis wat van 'n afkoelingsapparaat voorsien is. Die temperatuur het gewissel tussen 20°C (snags) en 30°C (smiddae). Hierdie proef is gedurende Januarie/Februarie uitgevoer.

Na ses weke word die plantjies net bokant die grond afgesny en die droë gewig van die bogrondse dele bepaal. Die fosfor- en kalium-inhoud van die plante is op dieselfde manier as in die ander biologiese metodes bepaal (voorheen bespreek).

Tabel 18 gee die droë gewigsopbrengs en die K- en P- opname van 4 tamatieplante per pot (6,200 g grond) asook die opneembare K en P in die grond bepaal volgens die gewysigde Neubauer-metode.

Tabel 18
Die droë gewigopbrengs en die K- en P-opname van 4 tamatieplante per pot (6200 g grond) asook die opneembare K en P in die grond (Gewysigde Neubauer-metode)

(1) Behandeling	(2) Droë gewig (g) per 4 plante	(3) Droë gewig relatief	(4) Kalium as persentasie van droë gewig van plante	(5) Fosfor as persentasie van droë gewig van plante	(6) Totale hoeveelheid kalium mg per 4 plante	(7) Totale hoeveelheid fosfor mg per 4 plante	Neubauer-bepaling	
							(8) Kalium opgeneem uit 100 g grond mg/100 g	(9) Fosfor opgeneem uit 100 g grond mg/100 g
1. NP(-K)	4.9258	88.82	2.04	0.19	100.48	9.36	3.85	2.47
2. NP(-½K)	5.5450	100.00	3.52	0.16	195.18	8.87	11.88	2.12
3. N(-P)K	0.1567	2.83	3.18	0.16	4.98	0.25	5.00	0.22
4. N(½P)K	3.6858	66.47	3.82	0.20	140.80	7.37	14.40	0.87
5. ÷ (NPK)	4.2585	76.80	3.86	0.17	164.38	7.24	13.81	1.63
6. - (NPK)	0.2681	4.83	3.18	0.20	8.53	0.54	0.81	0.12
Gemiddelde	3.1399	56.63	3.27	0.18	102.39	5.61	8.29	1.24
K.B.V.								
(P=0.05)	0.80	-	0.28	NB*	-	-	0.68	0.17
(P=0.01)	1.09	-	0.38	NB*	-	-	0.94	0.24
K.V. %	19.34	-	-	-	-	-	5.50	9.27

*NB = nie betekenisvol nie

1. Elke behandeling is vyf keer herhaal
2. Die totale K en P is bereken uit die droë gewig en die persentasie kalium en forfor
3. Relatief: Droë gewigopbrengste as persentasie van die droë gewigopbrengs wat die hoogste is
4. Die krommingseffek van P en K op die droë gewigopbrengs in kolom 2 was hoogsbetekenisvol

4.1 Droë gewig van proefplante

Die volgende betekenisvolle verskille is verkry:

- 1) Behandeling 2 > 5, 4, 6 en 3 ($P=0.01$)
- 2) Behandeling 1 > 6 en 3 ($P=0.01$)
" 1 > 4 ($P=0.05$)
- 3) Behandeling 5 en 4 > 6 en 3 ($P=0.01$)



Fig. 4. 'n Vergelyking tussen die verskillende behandelings in 'n potproef met tamaties waarin kalium en fosfor om die beurt gevarieer is. (Vir behandelings sien onder potproef)



Fig. 5. Die behandeling N(-P)K vergelyk met die behandeling NP(-K). (Die grond wat in die proef gebruik was, het dus 'n groot hoeveelheid fosfor nodig. Daar is 'n opvallend kleiner gebrek aan kalium as aan fosfor in die grond.)



Fig. 6. 'n Vergelyking tussen behandeling NP($\frac{1}{2}$ K) en behandeling N($\frac{1}{2}$ P)K. Die groei verkry met behandeling NP($\frac{1}{2}$ K) was beter as die verkry met behandeling N($\frac{1}{2}$ P)K.

4.2 Kaliuminhoud as persentasie van die droëgewig van die proefplante

Die volgende betekenisvolle verskille is verkry:

- 1) Behandelings 5 en 4 > 3, 6 en 1
($P=0.01$)
- 2) Behandeling 2 > 3, 6 en 1
($P=0.05$)

4.3 Totale hoeveelheid kalium in die bo-grondse dele van 4 plante

Die hoeveelheid kalium in die bo-grondse dele van die plante word bereken uit die persentasie kalium en die droë gewigopbrengs van die bogrondse dele.

Die behandeling NP($\frac{1}{2}$ K) lewer die hoogste kalium-waarde, terwyl behandeling N(-P)K die laagste waarde lewer van al die behandelings.

Die behandeling NPK lewer 'n hoër kaliumwaarde as behandeling N($\frac{1}{2}$ P)K en behandeling N(-P)K. Die behandeling N($\frac{1}{2}$ P)K lewer op sy beurt 'n hoër waarde as die behandeling N(-P)K.

Behandeling -(NPK) lewer 'n hoër K-waarde as behandeling N(-P)K.

4.4 Fosforinhoud as persentasie van die droëgewig van die proefplante

Daar was geen betekenisvolle verskille tussen die fosfor-konsentrasie in die plante met verskillende behandelings verkry nie.

4.5 Totale hoeveelheid fosfor in die bo-grondse dele van 4 plante

Die totale hoeveelheid fosfor in die plante is op dieselfde wyse bereken as die kalium.

Die totale hoeveelheid fosfor in die bogrondse dele van die plante neem toe met

die verhoging van die fosforpeil in die grond.

Die Hoë konsentrasie kalium in die grond beïnvloed die totale hoeveelheid fosfor in die plante klaarblyklik nadelig: Behandeling +(NPK) lewer n laer waarde vir fosfor as behandeling NP(-K).

Behandeling N(-P)K lewer n laer waarde as die kontrolebehandeling, -(NPK).

4.6 Die hoeveelheid kalium wat deur 100 plante uit 100 g grond opgeneem word.
(Bepaal met die Neubauer-metode, eie wysiging)

Hierdie bepaling is uitgevoer met die grond wat uit die potte afkomstig is. Die grond is genceem nadat die verskillende behandelings toegepas is. (Sien onder potproef).

Die verskille tussen die waardes van al die behandelings was betekenisvol behalwe dié tussen behandelings 4 en 5. ($P=0.01$). Die hoeveelheid kalium opgeneem in die geval van die behandeling wat die hoogste droë gewigopbrengs gelewer het (behandeling NP($\frac{1}{2}$ K)) was 11.65 mg per 100 g grond.

Die hoeveelheid kalium uit 100 g grond opgeneem, neem toe met die verhoging van die kaliumpeil in die grond.

Behandelings N($\frac{1}{2}$ P)K en +(NPK) gee baie groter K-opname as behandeling N(-P)K. Selfs by toediening van $\frac{1}{2}$ K is K-opname baie hoog as P ook toegedien word (behandeling NP($\frac{1}{2}$ K)). Van besondere belang hier, is dat waar K toegedien is, verhoog toediening van P die K-opname.

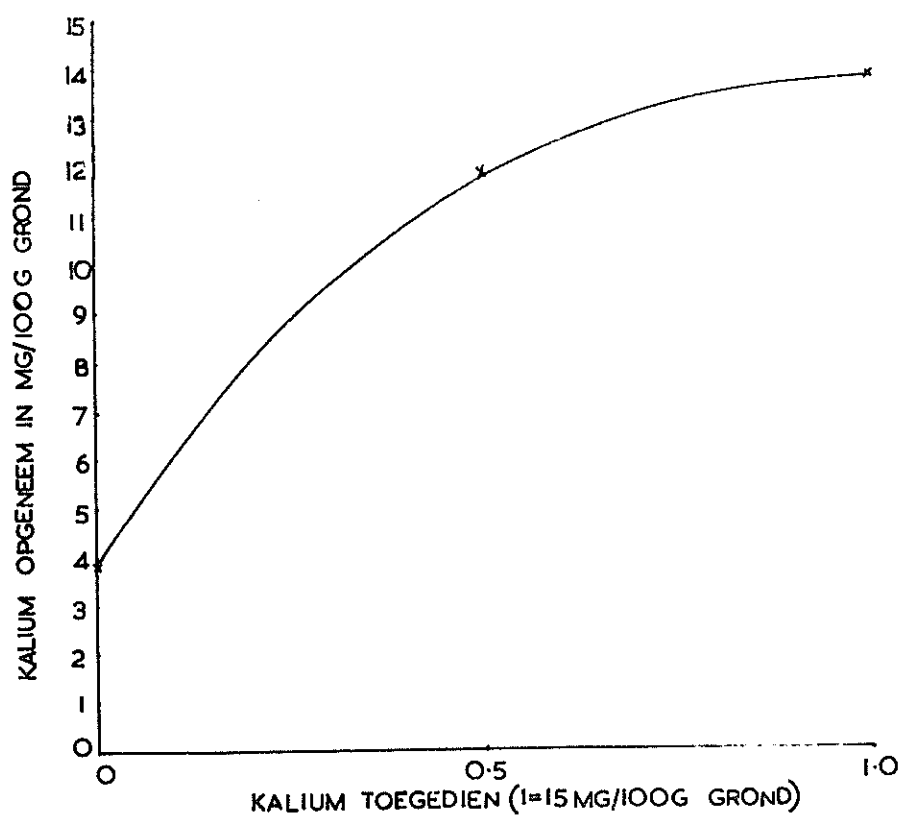


FIG. 7. Die hoeveelheid kalium in mg. wat deur 100 plante uit 100g. grond opgeneem is teenoor die hoeveelheid kalium in mg. wat per 100g. grond toegedien is. Die kalium opgeneem is bepaal volgens die wysiging van die Neubauer-metode.

4.7 Die hoeveelheid fosfor wat deur 100
plante uit 100 g grond opgeneem word.
(Bepaal met die Neubauer-metode, eie
wysiging)

Hierdie bepaling is op dieselfde wyse uitgevoer as die vorige, d.w.s. vir kalium.

Die verskille tussen die waardes van al die behandelings was betekenisvol behalwe dié tussen behandelings 3 en 6 ($P=0.01$).

Die hoeveelheid fosfor per 100 g grond opgeneem, neem toe as die fosforpeile van die grond verhoog word. Waar P toegedien is, verminder n verhoging van die kaliumpeile in die grond, die opname van P deur die plante.

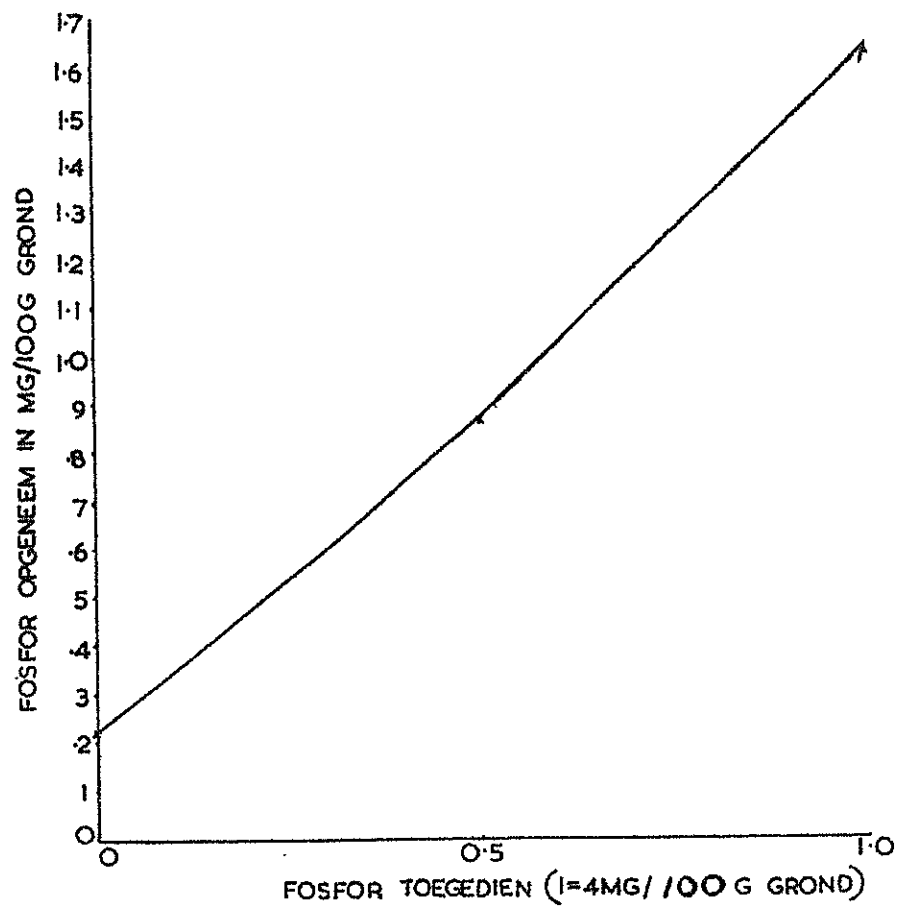


FIG. 8. Die hoeveelheid fosfor in mg. wat deur 100 plante uit 100g. grond opgeneem is tenoor die hoeveelheid fosfor in mg. wat per 100g. grond toegedien is. Die fosfor opgeneem is bepaal volgens die eie wysiging van die Neubauer-metode.

4.8 Kwadratiese regressie van droë gewig op kalium- en fosfortoedienings

Dit gee die verhouding tussen kalium-peile en gewig droëstof. Die waarde daarvan is dat dit die droëstofgewig aantoon wat verwag kan word by 'n bepaalde peil van kalium. Uit die grafiek kan die benaderde waarde bepaal word van kalium wat optimale groei sal gee (Sien berekening hieronder).

Die standaardprosedure van kleinste vierkante is gebruik om die twee kwadratiese krommes saam te stel (d.w.s. vir K en P). Die resultate wat hiervoor gebruik is, is die van Tabel 18.

Dit is jammer dat die resultate net op drie peile van P en drie peile van K gebaseer is. Dit sou beter gewees het as vyf peile in plaas van drie, gebruik gewees het, maar by die beplanning van die proef is dit aangeneem dat die drie peile al die informasie sou voorsien.

Die kwadratiese regressie van droë gewig op kaliumtoedienings is hoogsbetekenisvol, daarom is dit geregverdig om die volgende krommes te trek:

- (i) Die vergelyking wat gebruik word om die grafieke vir kalium op te stel is

$$y = 1.967470 + 3.882786 x - 1.053759 x^2$$

waar $x = (2X+1)$

$$x \text{ vir optimale groei} = 0.4226$$

∴ Die konsentrasie K wat vir maksimumale droë gewigopbrengs toegedien behoort te word =

$$0.4226 \times 15 \text{ mg} = 6.339 \text{ mg per } 100 \text{ g grond.}$$

(ii) Die vergelyking wat gebruik is om die grafiek vir P op te stel, is

$$y = -7.009823 + 8.894803x - 1.724953x^2$$

waar $x = (2X+1)$

∴ Die konsentrasie P wat vir maksimale droë gewigopbrengs toegedien behoort te word =
 $0.7891 \times 4 = 3.1564$ mg per 100 g grond.

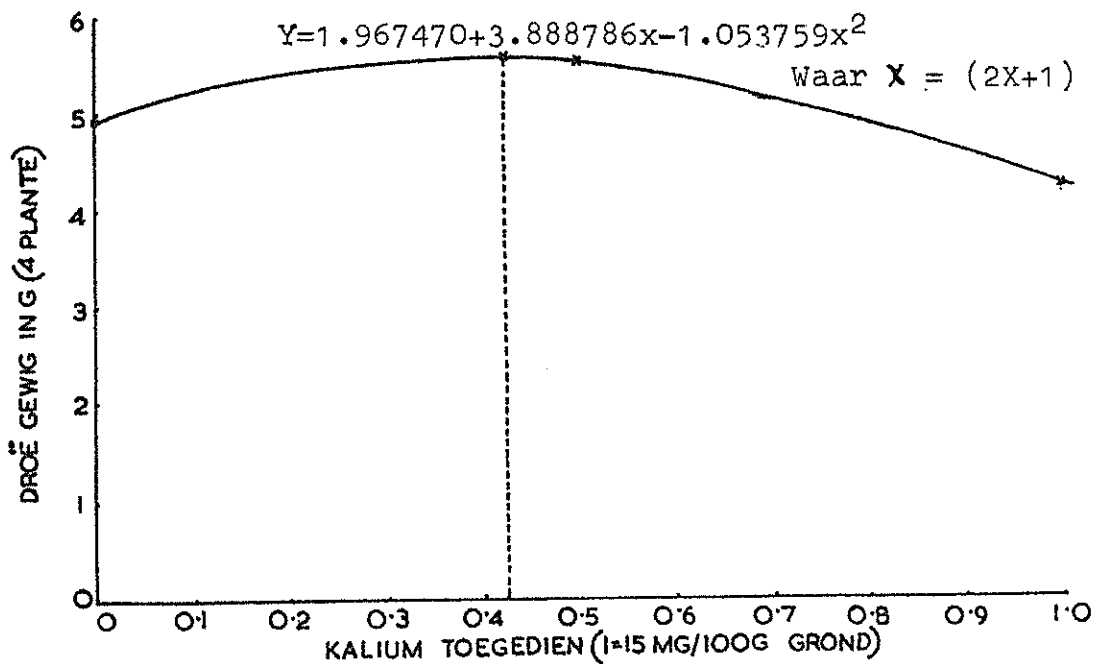


FIG. 9. Die kwadratiese regressie van droë gewig in g.(4 plante per pot) op die hoeveelheid kalium in mg. wat per 100g. grond toegedien is.

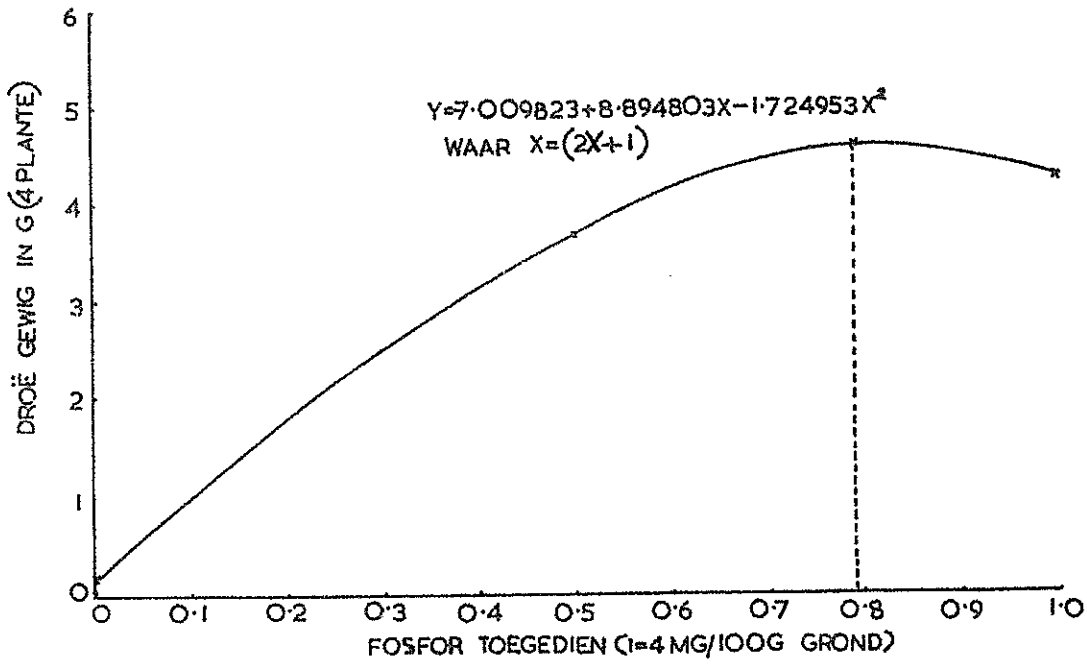


FIG. 10. Die kwadratische regressie van droë gewig in g. (4 plante per pot) op die hoeveelheid fosfor in mg, wat per 100g. grond toegedien is.

Die vergelyking wat gebruik is om hierdie grafiek op te stel is:

$$Y = -7.009823 + 8.894803x - 1.724953x^2 \text{ Waar } x = (2x+1)$$

BESPREKING

1. Uit die resultate kan afgelei word dat daar 'n ernstige fosfor-gebrek in die grond is. Hierdie feit word gestaaf deur die toename in droë gewigopbrengs; die toename in die totale hoeveelheid fosfor in die bopgrondse dele; en die toename in die hoeveelheid fosfor opgeneem uit 100 g grond wanneer die fosfor-peil verhoog word. Al die behandelings lewer byvoorbeeld 'n hoër droë gewigopbrengs as behandeling N(-P)K en die kontrole. (Tabel 18).
2. Die kalium-gebrek is nie so ernstig as die fosfor-gebrek nie, maar dit kan afgelei word dat kalium ook toegedien behoort te word. So bv. lewer behandeling NP($\frac{1}{2}$ K) 'n hoër droë gewigopbrengs as behandeling NP(-K). Hierdie verskil is nie statisties betekenisvol nie, maar nogtans bestaan die neiging tot 'n hoër opbrengs. Dieselfde verskynsel word opgemerk in die toename in die totale hoeveelheid, kalium per pot, (Tabel 18, kolom 6) en die toename in die hoeveelheid kalium opgeneem per 100 g grond (Tabel 18, kolom 8).
3. Die hoogste droë gewigopbrengs word verkry met die behandeling NP($\frac{1}{2}$ K) blykbaar omdat die hoeveelheid stikstof, fosfor en kalium voldoende was en in die regte verhouding toegedien is. By hierdie behandeling was die hoeveelheid kalium en fosfor wat per 100 g grond opgeneem word 11.83 mg en 2.12 mg onderskeidelik.
4. Uit die resultate kan afgelei word dat die verhouding van N:P:K wat toegedien moet word, nagenoeg 3:1:2 moet wees in ooreenstemming met die hoeveelhede N, P en K wat toegedien is, waar

$$\begin{aligned} N &= \frac{14.008 \times 16}{1000} = 0.224 \text{ g /liter} \\ P &= \frac{30.975 \times 2}{1000} = 0.062 \text{ g /liter} \\ K &= \frac{39.1 \times 3}{1000} = 0.117 \text{ g /liter} \end{aligned}$$

Hierdie kombinasie het die hoogste droë gewigopbrengs in die proef gelewer.

5. Behandeling +(NPK) lewer 'n laer droë gewigopbrengs as behandelings NP(-K) en NP($\frac{1}{2}$ K) blykbaar omdat kalium bv. by 'n sekere konsentrasie die droë gewigopbrengs onderdruk. Dieselfde verskynsel word opgemerk uit die gegewens van Tabel 18, kolomme 7 en 9.
6. Die behandeling N(-P)K lewer 'n laer droë gewigopbrengs as die kontrole. (Alhoewel die verskil nie betekenisvol is nie, is dit wel opmerklik). Hierdie afname in droë gewigopbrengs kan toegeskryf word aan die neerdrukkende effek van kalium en die wanbalans tussen N, P en K. Dieselfde behandeling lewer ook die laagste kalium waardes in kolom 6, blykbaar om dieselfde rede as hierbo genoem. Die aanwesigheid van voldoende stikstof en kalium in behandeling N(-P)K mag daartoe bydra dat die fosfor-gebrek duideliker word.
7. Die totale hoeveelheid kalium of fosfor wat in die bogrondse dele van die plant opgeneem word, (Tabel 18, kolomme 6 en 7), gee 'n beter beeld van die grond se gebreke en die plant se behoeftes as die gegewens van persentasie kalium of fosfor in kolomme 4 en 5.
8. Die totale hoeveelheid fosfor en kalium in die bogrondse dele van die plant neem toe met die verhoging van die fosfor- en kaliumpeile in die grond. Die totale hoeveelheid kalium in die bogrondse dele met behandeling NP($\frac{1}{2}$ K) was hoër as die van behandeling NP(-K). Dieselfde geld vir behandelings N($\frac{1}{2}$ P)K en

behandeling N(-P)K. Hierdie gegewens gee in breë trekke dieselfde beeld as dié in kolomme 8 en 9.

9. Uit Tabel 18 kan afgelei word dat 'n hoë kaliumtoediening die totale hoeveelheid fosfor per plant nadelig beïnvloed. Behandeling NP(-K) lewer 'n groter hoeveelheid fosfor per plant as behandeling NP($\frac{1}{2}$ K) en behandeling (+NPK). P-toediening het 'n opvallende verhoging in K-opname gehad. (Kyk veral Tabel 18, kolom 8: Behandeling 3 teenoor Behandeling 2, 4 en 5). Dit kan afgelei word dat K-toediening klaarblyklik P-opname vertraag (antagonisme), terwyl P, K-opname bevorder (sinergisme).

10. Die krommingseffek van beide kalium en fosfor was hoogsbetekenisvol, daarom is dit geregverdig om die volgende afleidings uit Fig 9 en 10 te maak, hoewel die afleidings net as benaderd beskou moet word en net 'n aanduiding gee van die peile van K en P wat aan die grond toegedien behoort te word:

Volgens die berekening behoort 3.156 mg P per 100 g grond toegedien te word teenoor 6.339 mg K per 100 g grond.

11. Dit is interessant om die gegewens in die volgende Tabel te vergelyk met bevindings wat tot dusver verkry is.

Tabel 19

Hoeveelheid kalium en fosfor in mg per 100 g grond toegedien, vergelyk met die hoeveelheid (mg per 100 g grond) opgeneem, soos deur die Neubauer-tegniek bepaal

Behandeling	Kalium	
	Toegedien	Opgeneem
NP(-K)	0	3.85
NP($\frac{1}{2}$ K)	7.6	11.88
(+NPK)	15.1	13.81

Behandeling	Fosfor	
	Toegedien	Opgeneem
N(-P)K	0	0.22
N($\frac{1}{2}$ P)K	2.0	0.87
NPK	4.0	1.63

Die behandeling NP($\frac{1}{2}$ K) wat die hoogste droë gewigopbrengs gelewer het, het 7.6 mg K en 4 mg P per 100 g grond ontvang. Volgens die afleiding uit Fig. 9 en 10 behoort 6.3 mg K en 3.15 mg P toegedien word om die beste groei te verkry.

Die hoeveelheid kalium of fosfor opgeneem per 100 g grond, neem toe met verhoging van die kalium en fosforpeile in die grond. (Neubauer-metode).

Uit die resultate kan afgelei word dat die beste benutting van die kalium plaasvind by die middel peil nl. 7.6 mg/100 g grond. As die K-peil verder verhoog word, word minder kalium in verhouding tot die totale hoeveelheid toegedien, benut. Dit dui ook daarop dat die plant sy optimum hoeveelheid by die middel peil ontvang.

Volgens die resultate word 'n groot hoeveelheid van die toegediende fosfor glad nie benut nie. Die grond wat arm aan fosfor is, lê heelwaarskynlik die ander gedeelte vas.

12. Die hoeveelhede kalium en fosfor in mg per 100 g grond in kolomme 8 en 9, Tabel 18, verklaar die droë gewigopbrengste by die verskillende behandelings verkry (kolom 2, Tabel 18). Die rede waarom behandeling $NP(\frac{1}{2}K)$ die hoogste droë gewigopbrengste lewer, is omdat hierdie behandeling gelyktydig 'n goeie kalium- en fosforopname verseker. (Vergelyk behandeling $NP(-K)$ met behandeling $NP(\frac{1}{2}K)$ en behandeling $+(NPK)$ met behandeling $N(\frac{1}{2}P)K$).

Uit die resultate is dit dus duidelik dat die K- en P opname min of meer in balans moet wees anders kan dit 'n droë gewig-verlies veroorsaak.

13. Daar kan heelwat kritiek teen die metode ingebring word, maar indien hierdie metode reg toegepas word, werp dit soos hier aangedui, tog heelwat lig op die toestand van die grond as voedingsbron vir hoër plante.

Die toestand in die Neubauer-bakkie verskil van dié in die veld of in die groter pot. Dit sal die moeite werd wees om gewens met 'n veldproef verkry, te vergelyk met die resultate wat met die potproef en die Neubauer-metode verkry word.

BESPREKING EN GEVOLGTREKKINGS

Uit die resultate blyk dit dat die Neubauer-metode soos in hierdie ondersoek gewysig met rog as proefplant hoë waardes vir beskikbare kalium lewer. In die geval van fosfor word die hoogste waardes met hierdie metode met slaai as proefplant verkry.

Die waardes van beskikbaarheid van kalium of fosfor soos met die metode bepaal, verskil vir verskillende plante, blykbaar omdat alle plante nie in staat is om K en P in dieselfde mate uit die grond te onttrek nie.

Die waardes vir toeganklike kalium en fosfor met verskillende biologiese metodes bepaal, was laer as die waardes met chemiese ontledings, omdat daar by die plant ander ioononttrekkings-meganismes betrokke is as by die chemiese ekstraksiemetodes. Elke plant gebruik die voedingsione soos wat hy hulle benodig en soos wat hulle deur die grond beskikbaar gestel word.

Die term beskikbaarheid kan moeilik omskryf word, want daar is baie faktore wat dit beheer. Daar behoort 'n onderskeid gemaak te word tussen beskikbaarheid wanneer al die voedingsione in genoegsame hoeveelhede in die grond aanwesig is en beskikbaarheid wanneer een of meer van die ione in baie lae konsentrasies in die grond voorkom. Wanneer daar voldoende hoeveelhede van al die noodsaaklike voedingsione in die grond voorkom, sal die plant al die ione ten volle benut, maar by 'n gebrek aan enige of meer van die ione mag hulle as beperkende faktore optree waardeur ook die opname van die ione wat in groter hoeveelhede aanwesig is, beïnvloed mag word. Dit is om hierdie rede dat daar voedingsione by die grond gevoeg word in die eie wysiging van die Neubauer-metode.

Uit die resultate met die potkultuur-metode verkry, kon vasgestel word dat die skraal, sanderige grond waarmee gewerk word, 'n groot fosforgebrek gehad het. Daar was ook 'n gebrek aan kalium maar in 'n opvallende geringer mate as die fosforgebrek. Die hoogste droë gewigopbrengs word verkry wanneer 'n hoë konsentrasie fosfor en stikstof toegedien word, terwyl kalium teen 'n laer konsentrasie vol-doende is. Met die metode is dit moontlik om in die glashuis naastenby te bepaal hoeveel van elke ion toegedien behoort te word om die grond se gebreke aan te vul. Word hierdie studie gekombineer met die Neubauer-metode soos in hierdie ondersoek gedoen is, dan kan sekere resultate beter verklaar word omdat 'n duideliker beeld verkry word.

Met die metode was dit moontlik om die verhouding tussen N, P en K bemesting wat toegedien behoort te word, te bepaal.

Uit die resultate het dit duidelik geblyk dat die verhouding tussen die voedings-ione baie belangrik is. 'n Wanbalans is amper net so nadelig as 'n ernstige gebrek aan enige van die ione. Die toediening van 'n te hoë konsentrasie kalium beïnvloed bv. die fosfor-opname deur die plant nadelig en veroorsaak 'n laer droë gewig.

Die bepaling van die totale hoeveelhede van die ione in die bogrondse gedeeltes van potkultuurplante mag ook waardevolle aanduidings gee. Deur die totale hoeveelhede kalium en/of fosfor in die bogrondse gedeeltes van die plante te bepaal nadat verskillende hoeveelhede van die ione aan die grond toegedien is, kan bepaal word of enige van die toedienings 'n invloed op die opname van kalium en fosfor het. Deur die kalium- of fosforinhoud van die plant bloot as persentasie van die droë gewig uit te druk, kan daar nie 'n behoorlike beeld van die voedings-toestand in die grond verkry word nie.

In hoeverre die beskikbaarheid van die voedingsione in die grond beïnvloed word deur die klein hoeveelheid grond en die groter aantal wortels, is nie nagegaan nie.

Die voorkoms van ander ione behalwe dié wat bepaal word is in aanmerking geneem, maar in hoeverre dit 'n invloed op die opname van die ione waarvoor getoets word gehad het, is nie bepaal nie. So bv. tree daar ioonantagonismes op tussen K/Ca en K/Mg wat die hoeveelheid K wat opgeneem word in die teenwoordigheid van Mg of Ca beïnvloed. Hierdie verskynsel sowel as die verskynsel sinergisme kan moontlik in 'n mate die opname van K en P beïnvloed.

Uit die studie het dit ook geblyk dat die tamatie die beste groei (op die spesifieke grond wat gebruik is) by die behandeling NP($\frac{1}{2}$ K). Die beskikbaarheid soos aangedui deur die gewysigde Neubauer-metode het vir K 11.88 mg en vir P 2.12 mg per 100 g grond by die behandeling bedra.

Alhoewel daar veel kritiek teen die Neubauer-metode, soos in die gewysigde vorm in hierdie ondersoek toegepas, ingebring kan word, is dit aanneemliker as baie van bestaande biologiese metodes. Die metode kan met groter sukses uitgevoer word as daar 'n ideale voedingsoplossing vir elke plant uitgewerk kan word. Hierdie metode leen hom moontlik daartoe om die grond te klassifiseer volgens die ioonbeskikbaarheid.

'n Gekombineerde studie tussen die potproef- en die wysiging van die Neubauer-metode kan gebruik word om te bepaal hoeveel kalium en/of fosfor per eenheidsgewig grond toegedien behoort te word om die beste groei vir 'n bepaalde plant op 'n bepaalde grond te verkry.

SUMMARY

The object of this investigation was

- (1) to investigate the suitability of a number of existing methods by which the available concentrations of plant nutrients in the soil are determined biologically with higher plants; and
- (2) to test and develop more effective biological methods which would best satisfy the nutritional requirements of higher plants.

The Neubauer method was used as a starting point. This method is based on the determination of the total amount of ion nutrients taken up by 100 seedlings from 100 g of soil. The applicability of this method as well as its modification by Ehrendorfer (1959) was investigated and it was also attempted to improve these methods by introducing certain modifications.

Rye (Secale cereale), lettuce (Lactuca sativa, cultivar. Great Lakes). (Lycopersicum esculentum, cultivar Red Kaki) and sorghum (Sorghum vulgare, cultivar S.A. 125) were used as test plants for the determination of the available ion concentrations of K and P in a poor sandy loam soil. The results obtained with these methods were compared with those of chemical analyses.

In pursuance of the work of Mitscherlich (1930), Jenny (1944), Stephenson and Schuster (1941) and Colwell (1943), another pot method, with the same soil used in the previous methods, was tested. The dry weight yields obtained by the last named method were compared with the P and K values determined by means of the modified Neubauer method.

It was found that:

- (1) None of the methods used in this investigation yielded K values statistically higher than those obtained by the

original Neubauer method. Only by the modified Neubauer method, with lettuce as test plant, higher values for phosphorus were arrived at than with the original Neubauer method.

- (2) The potassium and phosphorus values obtained with different biological methods were lower than those obtained by means of chemical extraction and analysis.
- (3) The potassium and phosphorus absorption differ for the different plants used in the investigation and this is probably due to their different nutrient requirements.
- (4) The highest dry weight yield is obtained with the pot culture method with tomatoes when 14.4 mg N, 4 mg P and 7.6 mg K are applied per 100 g soil. The ratio of N:P:K is approximately 3:1:2. When 100 tomato plants were grown in 100 g of soil, the plants absorbed the following amounts of potassium and phosphorus from the soil: 2.12 mg P and 11.33 mg K.
- (5) The application of potassium evidently retards the absorption of phosphorus (antagonism), whereas the application of phosphorus promotes the absorption of potassium (synergism).
- (6) The total amount of potassium and phosphorus in the aerial parts of the tomato plants are a more reliable indication of the nutrient deficiency in the soil than the potassium and phosphorus percentages found in these parts.

The general conclusions which can be drawn, are:

- (a) It is possible to determine the nutrient deficiency in the soil by means of the modified Neubauer method together with a study of the growth of the plants in pot cultures.
- (b) The Neubauer method is very useful in the study of the nutrient requirements of higher plants.
- (c) The concept "availability" is not a very useful one for expressing the nutritional state of the soil, since the availability of plant foods is determined by diverse factors, e.g. the kind of crop and the balance of ions in the soil.

More clarity is gained by determining what concentration of a particular plant nutrient is required to avoid a deficiency than to determine the availability of the nutrient in question,

BEDANKINGS

My opregte dank wil ek betuig aan diegene wat my behulpzaam was met die opstel van hierdie verhandeling.

Ek wil graag n besondere woord van dank rig aan prof. P.J. Botha, hoof van die Departement Plantkunde van die P.U. vir C.H.O. vir sy inspirerende hulp. Hy het die rigting bepaal by die keuse van n onderwerp. Bronne vir naleesdoeleindes het hy aan die hand gedoen en ook gehelp met die beplanning van proewe. Sonder sy aanmoedigende leiding sou hierdie verhandeling nie opgestel kon word nie.

Graag wil ek ook dr. J.H. Visser van die Landboukundige Navorsingsinstituut, Potchefstroom in die besonder bedank vir sy goeie raadgewing in verband met die beplanning van die eksperimente.

Ek is ook dank verskuldig aan dr. W.J. Louw van die P.U. vir C.H.O. vir die foto-grafering van proewe wat uitgevoer is.

Die geleentheid wat die Landboudepartement daargestel het om hierdie M.Sc.-studie aan n Universiteit uit te voer, word opreg waardeer. En my innige dank wil ek ook aan hulle betuig.

Graag wil ek mej. M. Lamb van Frenchstraat 7, Cambridge, Oos-Londen wat al die tikwerk verbonde aan die manuskrip voltooi het, hartlik bedank.

My opregte dank gaan ook aan my ouers vir hulle belangstelling en aanmoediging tydens my studietyd.

Hartlik dank ook aan mnr. en wyle mev. J.J. Steyn vir hulle aanmoediging en belangstelling.

Verder wens ek my vrou opreg te bedank

vir haar aanmoediging asook vir haar aandeel in
die opstel van die manuskrip.

Opgedra aan my vrou wat my getrou byge-
staan het by die opstel van die verhandeling.

Jan Petrus Karel Reynhardt

LITERATUURVERWYSING

- Amer, F., Bouldin, D.R., Black, C.A., and Duke, F.R. 1955. Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin adsorption and P_{32} equilibration. Plant and Soil. 6, 391 - 408
- Arnon, D.I., and Hoagland D.R. 1940. Crop production in artificial solutions and in soils with special reference to factors influencing yields and absorption of inorganic nutrients. Soil sci. 50, 463 - 484.
- *Benecke, W., and Söding, H. 1928. Beiträge zum Ausbau der microbiologischen Bodenanalyse. Z. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenk. (A) 10, 129-159
- Bray, R.H., and Kurtz, L.T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59, 39 - 45.
- Bray, R.H. 1948. Correlation of soil tests with crop response to added fertilizers and with fertilizer requirement. (In Kitchen, red. (1948), p. 53 - 86).
- *Butkewitsch, W. 1909. Die Kultur des Schimmelspilzes Aspergillus niger als Mittel zur Bodenuntersuchung. Zhur. Opytn. Agron. (Russian Jour. Landw.) 10, 136-141
- Colwell, W.E. 1943. A biological method for determining the relative boron contents of soils. Soil Sci. 56, 71 - 94.
- Cooke, I.J., and Hislop J. 1963. Use of anion exchange resin for the assessment of available soil phosphate. Soil Sci. 96, 308 - 312.

- Dickman, S.R., and Bray, R.H. 1940. Colorimetric determination of phosphate. Indus. and Engin. Chem., Analyt. Ed. 12, 665 - 668.
- Dyer, B. 1894. Analytical determination of probably available mineral plant food in soils. Trans. Chem. Soc. 65, 115 - 167.
- Egner, H., Kohler, G., and Nydahl, F. 1938. The lactate method for the determination of easily soluble phosphoric acid in arable soils. Ann. Landw. Hochsch. Schwedens. 6, 253 - 298.
- Ehrendorfer, K. 1959. Die Salatmethode, eine Änderung der Neubauer-methode im Vergleich zu den Methoden Egner Riehm und Dirks Scheffer. Pflanzenenerähr Düng. u. Bodenk. 87, 57 - 70.
- Fried, M., and Dean, L.A. 1952. A concept concerning the measurement of available soil nutrients. Soil Sci. 73, 263 - 271.
- Gerretsen, F.C., en Blumendal, Nora. 1940. Een onderzoek naar de bruikbaarheid van de Aspergillus-methode voor de bepaling van phosphorzuur en kali in den grond. Departement van Landbouw en Visscherijdirectie van den Landbouw-verslagen van Landbouwkundige onderzoekingen No. 46(4). A. Rijkslandbouwproefstation te Groningen.
- Gutzchy, L. 1959. Eine mikro-biologische Methode zur quantitativen Bestimmung der Pflanzen aufnehmbaren Nährstoffe im Boden. Z. Pflanzenenerähr., Düng. u. Bodenk. 87, 193 - 201.
- Hibbard, P.L. 1931. Chemical methods for estimating the availability of soil phosphate. Soil Sci. 31, 437 - 466.

- Jenny, H. 1944. Nutrient level determinations by greenhouse- and field methods of studying fertilizer needs. (Unpublished work, 1944). (Beskrywe deur Vandecaveye (1948), p. 202 - 206).
- Johnson, C.M., Stout, P.R., Broyer, T.C., and Carlton, A.B. 1957. Comparative chloride requirements of different plant species. Plant and Soil. 8, 337 - 353.
- Kitchen, Hermine B., red. 1948. Diagnostic techniques for soils and crops. The American Potash Institute, Washington.
- Lenhard, G. 1962. Bestimmung der verfügbaren Pflanzennährstoffe durch Ermittlung der Dehydrogenaseaktivität des Bodens. Z. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenk. 99, 182 - 190.
- Lunt, H.A., Jacobson, H.G.M., and Swanson, C.L.W. 1950. The morgen soil testing system. Conn. Agr. Expt. Sta. Bull. 541.
- McCants, C.B. 1956. A biological slope-ratio method for evaluating nutrient availability in soils. Iowa St. Coll. Sci. 30, 408 - 409.
- * Mehlich, A., Truog, E., and Fred, E.B. 1933. The Aspergillus niger method of measuring available potassium in soil. Soil Sci. 35, 259 - 279.
- * Mehlich, A., Fred, E.B., and Troug, E. 1934. The Cunninghamella plaque method of measuring available phosphorus in soil. Soil Sci. 38, 445 - 461.
- * Mitscherlich, E.A. 1909. Das Gesetz des Minimums und das Gesetz des abnehmenden Bodenertrages. Landw. Jahrb. 38, 537 - 552.
- * Mitscherlich, E.A. 1930. Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens. Ed. 3. Paul Parey, Berlin.

- Mulder, E.G. 1939-1940. On the use of micro-organism in measuring a deficiency of copper, magnesium, and molybdenum in soils. Antony van Leeuwenhoek. 6, 99 - 109.
- Morgan, M.F. 1941. Chemical soil diagnosis by the universal soil testing system. Conn. Agr. Expt. Sta. Bull. 450.
- Neubauer, H., and Schneider, W. 1923. Die Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoffgehalts der Böden. Z. Pflanzenernähr. u. Düng. (A) 2, 329 - 362.
- Neubauer, H. 1933. Eigen sich Feldversuche oder Laboratorium-Methoden besser zur Bestimmung der Düngerbedürftigkeit der Böden. Z. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenk. 31, 154 - 161
- *Niklas, H., Poschenrieder, H., and Trischler, J. 1930. Eine neue microbiologische Methode zur Feststellung der Düngebedürftigkeit der Böden. Z. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenk. 18, 129 - 157
- Nowosielski, O. 1962. Determination of available macro- and micro-elements in soil by an Aspergillus niger method. Soil and Fertilizers. 16, 18.
- Peech, M. 1948. Chemical methods for assessing soil fertility. In: Kitchen Hermine B., ed, 1948. Diagnostic Techniques for Soils and Crops. 1 - 52. Washington, D.C., The American Potash Institute.
- Piper, C.S. 1942. Soil and Plant Analysis. Waite Agric. Res. Inst. Australia. Hassell Press.

- Piper, C.S. 1950. Soil and Plant Analysis.
A Monograph from Waite Agric. Res. Inst.
Interscience Publishers Inc., New York.
- Roemer, Th., Dirks, B., and Noack, K. 1927.
Dreijährige Ergebnisse von Neubauer-
analysen im vergleich zu Feldversuchen.
Z. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenk.
(B) 6, 529 - 562.
- * Sackett, W.G., and Stewart, L.C. 1931. A bac-
terial method for determining mineral
soil deficiencies by use of the soil
plaque. Colo. Agr. Exp. Sta. Bull. 375,
1 - 36.
- * Stephenson, R.E., and Schuster, C.E. 1941.
Laboratory, Greenhouse and field methods
of studying fertilizer needs. Soil Sci.
52, 137 - 153.
- Steyn, W.J.A. 1957. A statistical study of the
errors involved in the sampling and chemi-
cal analysis of soils and plants with
particular reference to citrus and pine-
apples. 15 - 17. (Ph. D. - thesis: Rhodes
University, Grahamstown).
- Sissingh, H.A. 1961. Componenten van het
phosphaat in de grond welke betrokke zyn
bÿ de Phosphaatvoorziening van de plant.
H. Veenman en Zonen, Wageningen. (Proef-
skrif).
- Thornton, S.F. 1935. Soil and Fertilizer
studies by means of the Neubauer method.
Ind. Agr. Exp. Sta. Bull. 399, 1 - 38 .
- Truog, E. 1920. The determination of the
readily available phosphorus of soils. Jour.
Amer. Soc. Agron. 22, 874 - 882.
- Vandecaveye, S.C. 1948. Biological methods
for determining nutrients in soil.
(In Kitchen, red. (1948), Diagnostic
Techniques for Soils and Crops. p. 199 - 230
Washington, D.C., The American Potash Inst.

Vogel, A.I. 1941. A textbook of Quantitative Inorganic Analysis. Longmans, Green and Co. London.

Vogel, A.I. 1961. A textbook of Quantitative Inorganic analysis, Longmans, Green and Co., London.

* Winogradsky, S. 1925. Études sur la microbiologie du sol: II. Sur les microbes fixateurs d'azote. Ann. Inst. Pasteur. 40, 455 - 520.

Wolf, B. and Ichisaka, V. 1947. Rapid chemical soil and plant tests. Soil Sci. 64 (3), 227 - 234.

* Aangehaal deur Vandecaveye, 1948.