

Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

EEN ORIËNTEREND ONDERZOEK NAAR DE GESCHIKTHEID
VAN MAIS VOOR DE BEPALING VAN HET
SUFFICIENCY QUOTIËNT (SQ)

(onderzoekproject 71/21)

B.H. Janssen

februari 1973

I N H O U D

Blz.

1. <u>Samenvatting</u>	5
2. <u>Voorwoord</u>	5
3. <u>Inleiding en doel van het onderzoek</u>	6
4. <u>Technische en theoretische aspecten van de dubbele pot methode</u>	7
4.1. Principe	7
4.2. Technische uitvoering	9
4.3. Meting van de groei	9
4.4. Sufficiency quotiënt	11
5. <u>Verantwoording van de vraagstelling</u>	13
5.1. Meetperiode	13
5.2. Kenmerk	14
5.3. Gehalte aan voedingsstoffen in de plant	15
5.4. Eigenschappen van de grond	15
6. <u>Uitvoering</u>	15
7. <u>Resultaten en discussie</u>	17
7.1. Geschiktheid van mais om voedingstekorten aan te tonen	17
7.2. Optimale meetperiode	21
7.2.1. Relatie tussen plantgrootte en droog gewicht	21
7.2.2. Verloop van de relatieve groeisnel- heid	23
7.2.3. Spreiding van de relatieve groeisnel- heid	23
7.2.4. Verschillen in sufficiency quotiënten	27
7.3. Geschiktste kenmerk van de plant	29
7.4. Relatie tussen sufficiency quotiënt en het gehalte van het voedingselement in de plant	32
7.5. Relatie tussen sufficiency quotiënt en eigenschappen van de grond	34
8. <u>Conclusies</u>	35
9. <u>Literatuur</u>	35

1. SAMENVATTING

Om na te gaan of mais een geschikt gewas is voor de bepaling van het sufficiency quotiënt (SQ) werd een oriënterende proef uitgevoerd met drie verschillende gronden voor zes verschillende voedingselementen. Uit de resultaten bleek dat mais geschikt is om verschillen in de beschikbaarheid van stikstof en kalium aan te tonen. Voor fosfaat is dit minder duidelijk en voor magnesium, ijzer en koper kon de vraag niet beantwoord worden. Duidelijk konden de voordelen van het gebruik van het sufficiency quotiënt boven andere grootheden als vers en droog gewicht worden aangetoond. De periode tussen de stadia van het 4e en het 8e blad bleek het meest geschikt voor de bepaling van het SQ. De resultaten van de potproef kwamen voor stikstof en kalium wel en voor fosfaat niet overeen met de resultaten van het chemisch grond- en gewasonderzoek.

2. VOORWOORD

Bij het Laboratorium voor Landbouwscheikunde te Wageningen (Nederland) is een potproefmethode uitgewerkt waarmee snel vastgesteld kan worden welke voedingsstof(fen) niet in voldoende hoeveelheid in de grond voor de plant beschikbaar is (zijn) (JANSSEN, 1970). De in dit rapport beschreven proef is een voortzetting van het aldaar voorheen verrichte onderzoek.

Met waardering wordt de medewerking van de analiste Mevr. E.R. Tjon-Eng-Soe-Monsanto aan de proef in de kas en aan de rekenkundige verwerking der resultaten vermeld. Zij had ook de leiding van de chemische analyses; hieraan werkten verder mee de leerling-laboranten Mej. M. Sontohartono en de heer B. Jewbali. Ook de hulp van het Lab. voor Gewasanalyse van het Landbouwproefstation te Paramaribo werd zeer op prijs gesteld. De wijze waarop Dr. Ir. J.H.G. Slangen (Lab. voor Landbouwscheikunde) de tekst kritisch doornam werd eveneens zeer gewaardeerd.

3. INLEIDING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het bodemvruchtbaarheidsonderzoek bij het CELOS is gericht op de studie van de relaties tussen grondsoort en bodemvruchtbaarheid. De aard van de grondsoort kan voor een belangrijk deel visueel in het veld vastgesteld worden. Het bepalen van de bodemvruchtbaarheid is over het algemeen lastiger. Er zijn methodes ontwikkeld uiteenlopend van microbiologisch onderzoek tot veldproeven.

Chemisch analyseren van grond en gewas is de kortste procedure. De cijfers uit een dergelijk onderzoek zijn echter pas bruikbaar als ze vertaald kunnen worden in bemestingsnormen. Voordat het zover is zijn uitgebreide veldproeven nodig. Daar deze veldproeven veel tijd, arbeid en geld vragen, wordt allerwegen getracht kortere procedures te vinden. BOUMA (1965) ontwikkelde een methode waarmee snel en vrij eenvoudig de $\sqrt{\text{planten}}$ voedingsstof(fen) vastgesteld kan (kunnen) worden. JANSSEN (1970) werkte een variant hierop uit. Het gaat hier om een type potproef waarvoor, evenmin als voor de "klassieke" potproeven, geen laboratorium voor grond- en gewasanalyse ter beschikking hoeft te zijn. De proef duurt echter korter en de benodigde hoeveelheid grond is minder. Evenals bij andere potproeven kunnen ook gronden waarop geen veldonderzoek mogelijk is, onderzocht worden.

Als proefgewas is voor onderzoek in Suriname mais aantrekkelijk gezien de belangstelling die ervoor bestaat in landbouwkringen. Bovendien is mais zeer geschikt, omdat de plant gevoelig is voor voedingstekorten, snel groeit en zich in potproeven gemakkelijk laat hanteren.

Daarom werd een oriënterende proef opgezet met het doel ervaring met dit gewas op te doen en met name antwoord te krijgen op de volgende vragen:

$\sqrt{\text{}}$ limiterende

1. Is mais een gewas waarmee verschillen in beschikbaarheid van voedingsstoffen tussen verschillende gronden aangetoond kunnen worden?
2. In welk groeistadium van de plant kan de bepaling van het voedingstekort het beste plaatsvinden?
3. Met welk kenmerk van de plant is het voedingstekort het eenvoudigst en gevoeligst te meten?
4. Hoe is de relatie tussen het sufficiency quotiënt (de in deze proeven gebruikte grootheid om de beschikbaarheid van een element aan te geven) en het gehalte van het betreffende element in de plant?
5. Bestaat er een verband tussen de sufficiency quotiënten en eigenschappen van de grond.

Om de bovengestelde vragen nader te kunnen toelichten (hoofdstuk 5), is het nodig eerst de procedure en speciale problemen van de potproefmethode uiteen te zetten (hoofdstuk 4).

4. TECHNISCHE EN THEORETISCHE ASPECTEN VAN DE DUBBELE- POT METHODE

4.1. PRINCIPE

Bij deze potproefmethode wordt gewerkt met een opstelling bestaande uit twee potten (Fig. 1). De onderste pot, in het vervolg container te noemen, bevat een voedingsoplossing; de bovenste pot, die een gazen bodem heeft, wordt gevuld met de te onderzoeken grond. In deze grond worden de zaden uitgelegd. De wortels van de jonge kiemplant groeien door de gazen bodem en wanneer deze de vloeistof bereikt hebben kan de plant voedingsstoffen zowel uit de grond als uit de oplossing opnemen. Wordt nu uit de voedingsoplossing een voedingsstof weggelaten dan is de plant hiervoor alleen op de grond aangewezen. De groei van de plant in een dergelijke situatie wordt vergeleken met die van een plant in dezelfde grond maar op een volledige oplossing.

Is de grond rijk aan de voedingsstof die uit de oplossing werd weggelaten dan zal de groei niet veel minder zijn dan van de plant op een volledige oplossing; als de grond arm is treden er duidelijke groeiverschillen op.

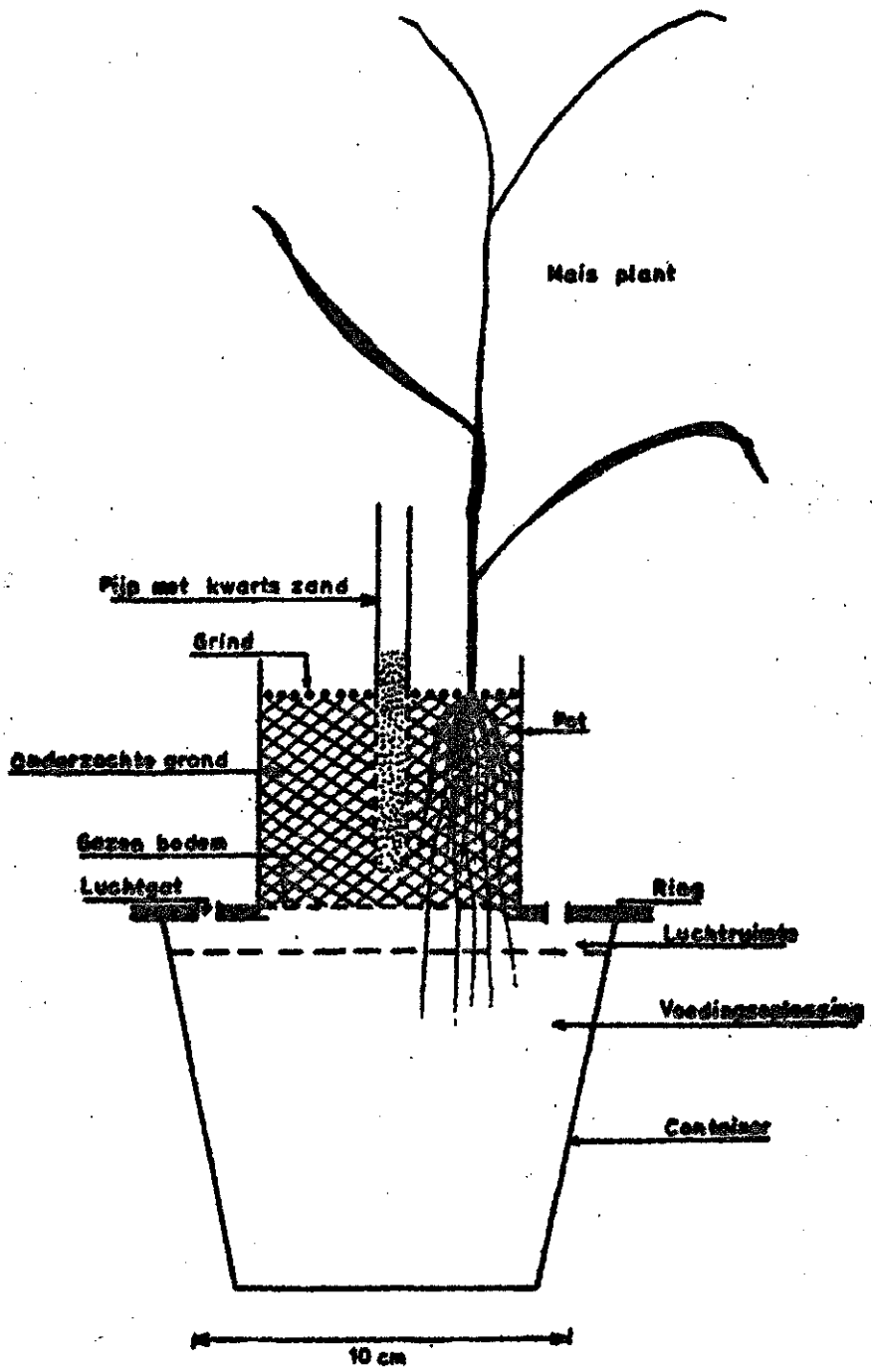


Fig. 1. Doorsnede van de proefopstelling

4.2. TECHNISCHE UITVOERING

200 gram luchtdroge en gezeefde grond (< 2 mm) wordt gemengd met een hoeveelheid aqua dest. die ongeveer overeenkomt met $\frac{3}{4}$ van de veldcapaciteit, en de vochtige grond wordt in de pot met gazen bodem gebracht. Het plastic pijpje, in het midden van de pot geplaatst, wordt gevuld met kwartszand tot even boven de grondoppervlakte. Zes maiskorrels worden ca. 1 cm diep gezaaid; daarna wordt water toegevoegd tot de veldcapaciteit bereikt is. De pot wordt op een ring gezet en beide worden, na gewogen te zijn, op de container met voedingsoplossing geplaatst. Na enkele dagen (tweede bladstadium) wordt gedund tot twee zaailingen per pot en wordt op iedere pot een laag grind (wegen!) gebracht om de evaporatie tegen te gaan.

Dagelijks wordt in de plastic pijp water toegevoegd. Om de andere dag wordt het vochtgehalte op dat bij veldcapaciteit gebracht, waarbij indien nodig gecorrigeerd wordt voor het gewicht van de planten.

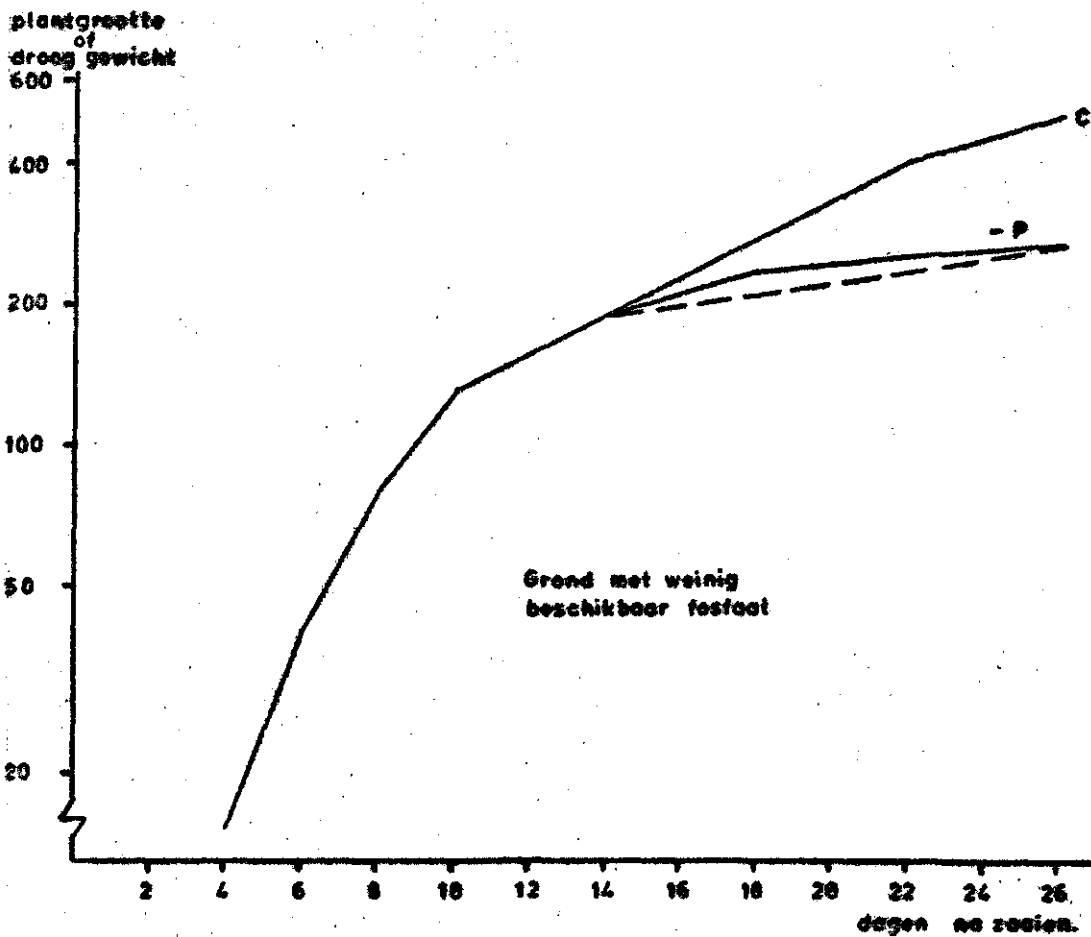
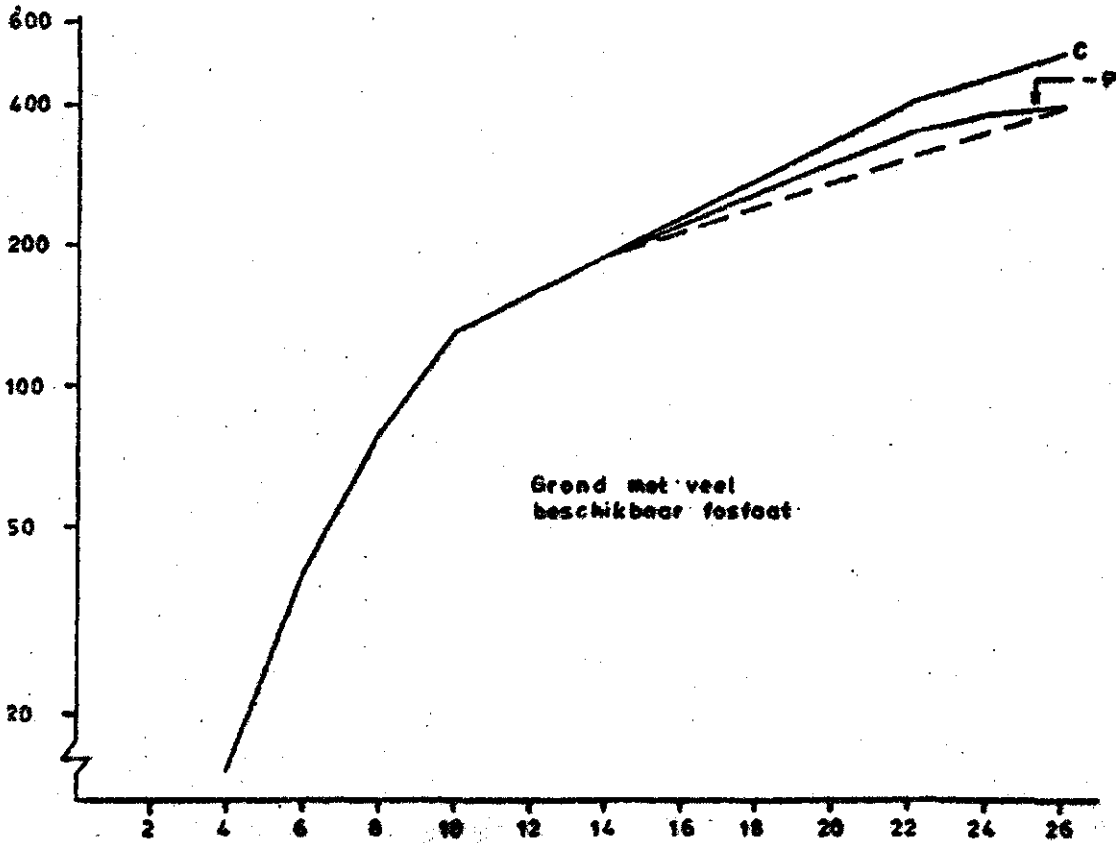
De voedingsoplossingen worden eens per 5 à 6 dagen verversst.

4.3. METING VAN DE GROEI

Om de groeiverschillen te kunnen meten moet de groei kwantitatief worden vastgesteld. Meestal wordt daarvoor toename van de droge stof bepaald. Men is dan echter gebonden aan minstens een verdubbeling van het aantal proefpotten, omdat het drooggewicht aan het begin en aan het einde van de groeiperiode moet kunnen worden vastgesteld. Hierdoor is de spreiding aanzienlijk groter dan, indien aan een en dezelfde plant (pot) de groei gemeten wordt.

Om deze problemen te omzeilen werd in deze proeven de groei bepaald aan de hand van de toename in plantgrootte, d.i. de som der lengten der individuele bladen gemeten vanaf de grond tot aan de top van het blad. Voor tarwe bleek een vrijwel lineair verband te bestaan tussen de plantgrootte en het droog gewicht van de plant (JANSSEN, 1970).

Fig. 2. Groeicurves van planten op een volledige oplossing en een oplossing zonder fosfaat voor twee gronden.



4.4. SUFFICIENCY QUOTIËNT

De toename in drooggewicht of plantgrootte kan worden weergegeven als in Fig. 2. Hierbij wordt met logaritmen gewerkt, omdat de groei in het beginstadium exponentieel verloopt volgens:

$$S_2 = S_1 e^{R_S (t_2 - t_1)} \quad (1)$$

waarbij:

S_1, S_2 : plantgrootte (size) ten tijde t_1 , resp. t_2

R_S : een constante, de relatieve toename van de plantgrootte per tijdseenheid, in het vervolg kortheidshalve relatieve groeisnelheid genoemd, en afgekort als R .^{*)}

Omzetting van vergelijking 1 leidt tot:

$\ln S_2 = R (t_2 - t_1) + \ln S_1$ of:

$$\log S_2 = 0,434 R (t_2 - t_1) + \log S_1 \quad (2)$$

Vergelijking 2 beschrijft het verband tussen log plantgrootte en tijd (Fig. 2). De hellingshoek van een lijnstuk is gelijk aan 0,434 keer de relatieve groeisnelheid.

*) De relatieve groeisnelheid is gedefinieerd als de relatieve toename van de droge stof per tijdseenheid. Analoog hieraan gebruiken wij het begrip voor de relatieve toename van de plantgrootte per tijdseenheid. Men kan dan schrijven:

$$R_S = \frac{1}{S} \frac{dS}{dt} \quad (3)$$

Integratie tussen t_1 en t_2 leidt tot vergelijking 1.

Voor een uitvoerig overzicht over groeianalyse raadplege men bv. EVANS (1972).

Als maat voor de beschikbaarheid in de grond van het element dat bestudeerd wordt (m.a.w. dat ontbreekt in de onvolledige voedingsoplossingen) is nu gekozen de verhouding der relatieve groeisnelheden van planten op een onvolledige en een volledige oplossing. Deze verhouding is "sufficiency quotient" (SQ) genoemd (JANSSEN, 1970).

Bij voorbeeld:

$$SQ_P = \frac{R_{-P}}{R_C} \quad (4)$$

waarbij:

R_C = de relatieve groeisnelheid van planten op een volledige oplossing

R_{-P} = idem van planten op een oplossing zonder fosfaat

De relatieve groeisnelheid wordt berekend uit de plantgrootten ten tijde t_1 en t_2 . Uit vergelijking 2 volgt:

$$R_S = \frac{2,304 [\log S_2 - \log S_1]}{t_2 - t_1} = \frac{2,304 \log (S_2/S_1)}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

Vervolgens wordt SQ_P berekend als het quotiënt van R_{-P} en R_C :

$$SQ_P = \frac{\left[\frac{2,304 \log (S_2/S_1)}{t_2 - t_1} \right]_{-P}}{\left[\frac{2,304 \log (S_2/S_1)}{t_2 - t_1} \right]_C} = \frac{\left[\log (S_2/S_1) \right]_{-P}}{\left[\log (S_2/S_1) \right]_C} \quad (6)$$

5. VERANTWOORDING VAN DE VRAAGSTELLING

5.1. MEETPERIODE

De tweede vraag (hoofdstuk 3) was: welke periode is optimaal voor het meten van het voedingstekort. Aan de hand van Fig. 2 wordt deze vraag nader uitgewerkt.

De relatieve groeisnelheid van zaailingen is slechts gedurende een beperkte periode constant, voor tarwe ongeveer tussen 10 en 22 dagen na het zaaien (WILLIAMS, 1960; JANSSEN, 1970). In de periode daarvoor is R_C hoger omdat de plant dan nog kan putten uit de reserves van het zaad, in de periode daarna daalt R_C ten gevolge van licht- en voedselconcurrentie tussen de verschillende planten en plantedelen. Bij tarwe dient daarom gemeten te worden in de periode tussen 10 en 22 dagen na het zaaien.

De relatieve groeisnelheid van de planten op een onvolledige oplossing (R_{-E} , waarin E = element) neemt echter ook in deze periode af. Dus daalt ook het SQ. Om de resultaten van verschillende proeven met elkaar te kunnen vergelijken moet daarom de periode waarin SQ bepaald wordt gestandaardiseerd worden.

Als R , in dit geval R_{-E} , niet constant is gaat vergelijking 1 niet meer op. Formeel kan R_{-E} nog berekend worden uit vergelijking 5, maar in feite verkrijgt men dan de waarde die de relatieve groeisnelheid gehad zou hebben als de groei tussen t_1 en t_2 exponentieel zou zijn geweest. De groeicurve zou dan in Fig. 2 volgens de onderbroken lijn verlopen. In de praktijk levert het gebruik van een dergelijke gemiddelde R_{-E} geen problemen.

Een tweede eis is dat de meting van R_{-E} dient te geschieden in de periode waarin de verschillen in R_{-E} tussen planten op gronden met uiteenlopende beschikbaarheid van E (element) zo groot mogelijk zijn. Helaas valt deze periode niet altijd samen met die waarin R_C constant is en men moet dan naar een zo bevredigend mogelijk compromis zoeken.

In Fig. 2 zijn de verschillen in R_E het duidelijkst tussen 18 en 24 en is R_G constant tussen 12 en 22 dagen na zaaien. Daarom moet de meetperiode eindigen op de 22e dag. Dan lijkt de periode 18-22 dagen het meest geschikt. Daar echter in het algemeen de spreiding in R toeneemt naarmate de periode waarover gemeten wordt korter is, is het verstandiger een langere meetperiode te kiezen. Beginnen bij dag 12 is niet zinvol omdat pas vanaf de 14e dag R_E van R_G gaat verschillen. Dus de meest geschikte meetperiode ligt tussen 14 en 22 dagen, eventueel tussen 16 en 22 dagen.

5.2. KENMERK

Uit het bovenstaande blijkt dat aan de bepaling van het sufficiency quotiënt nogal wat technische moeilijkheden verbonden zijn. Meting van het vers of droog gewicht of van de plantgrootte aan het einde van de proef is eenvoudiger en kost minder tijd maar er gaat informatie verloren door de grotere spreiding van deze meetgrootheden. Deze spreiding wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door verschillen in kiemsnelheid, waardoor de plantgrootten bij het begin van de proef (S_1) sterk uiteenlopen. De relatieve groeisnelheid wordt echter - na een zekere tijd - hierdoor niet beïnvloed. Bij tarwe was de spreiding in relatieve groeisnelheid meestal slechts één derde tot de helft van die in gewicht of plantgrootte (JANSSEN, 1969). Wanneer alleen de eindtoestand gemeten wordt zijn bij gelijk onderscheidend vermogen en dezelfde betrouwbaarheid, meer herhalingen nodig dan wanneer de relatieve groeisnelheid bepaald wordt. Bij mais is de spreiding van genoemde grootheden nog niet bekend en daarom is het nuttig na te gaan of andere grootheden en met name het eind droog gewicht de relatieve groeisnelheid als meetgrootte kan vervangen.

Bovendien is het noodzakelijk om de relaties tussen plantgrootte en vers of droog gewicht te kennen om het gebruik van de plantgrootte te kunnen verantwoorden.

5.3. GEHALTE AAN VOEDINGSSTOFFEN IN DE PLANT

Ofschoon bij deze potproefmethode voldoende uitsluitsel verkregen kan worden over de beschikbaarheid van voedingsstoffen in de grond aan de hand van eenvoudig te bepalen grootheden als plantgrootte of droog gewicht, is het toch nuttig bij een oriënterende proef ook de gehalten van de elementen in de plant te bepalen. De groeiverschillen kunnen daarvoor beter begrepen kunnen worden. Met name is het interessant te weten hoever het gehalte aan een element daalt voordat de relatieve groeisnelheid vermindert. Ook kan men uit de gewasanalyse een betere indruk krijgen van de wederzijdse beïnvloeding der voedingsstoffen.

5.4. EIGENSCHAPPEN VAN DE GROND

Wanneer men de beschikking heeft over een laboratorium blijft chemisch grondonderzoek, mits de resultaten geïnterpreteerd kunnen worden, de meest aantrekkelijke techniek ter bepaling van de bodemvruchtbaarheid. Daarom is het van belang te zoeken naar relaties tussen in het laboratorium te meten bodemeigenschappen en de volgens de potproef gebleken voedingsstoestand van de grond.

6. UITVOERING

Het proefgewas was mais (CELOS collectienr. 69355, een inteeltlijn). In drie gronden, die verschilden in bodemvruchtbaarheid, werd de beschikbaarheid van N, P, K, Mg, Fe en Cu onderzocht. De proef werd ingezet op 28 augustus en beëindigd op 16 september 1971. Per pot werden 6 zaden uitgelegd. Op 2 september werd gedund tot twee planten per pot. Vanaf die dag werd om de twee dagen de plantgrootte bepaald. Bij de oogst werd het vers en het droog gewicht (70°C) vastgesteld. Daarna werden de planten gemalen. De chemische analyses werden verricht tussen november 1971 en februari 1972.

De proef werd in enkelvoud uitgevoerd en bestond dus uit 7 (oplossingen) x 3 (gronden) = 21 objecten. Daarnaast werden van iedere grond 3 extra potten op een volledige voedingsoplossing meegenomen. Van deze laatste potten werd vanaf 2 september om de twee dagen een at random gekozen pot geoogst, waarbij de plantgrootte, het vers en het droog gewicht werden bepaald. Dit materiaal diende om de relatie tussen plantgrootte en gewicht over een zo ruim mogelijk traject te kunnen vaststellen.

De drie gronden waren:

1. Zware klei uit blok 6 van het CELOS-terrein.
2. Zeer fijnzandige leem uit blok 2 Noord van het CELOS-terrein.
3. Fijnzandige ritsgrond (rood zand) uit Zorg en Hoop.

Kortheidshalve zullen deze gronden verder klei, leem en zand worden genoemd. Het vochtgehalte bij veldcapaciteit, berekend als 60% van de maximale watercapaciteit bedroeg resp. 38, 23 en 20% (gewicht). Vóór het vullen werd 200 gram grond gemengd met resp. 55, 32 en 26 cc water, na het zaaien werd tot veldcapaciteit aangevuld (zie hoofdstuk 4.2). In hoofdstuk 7.5 worden nog enkele andere karakteristieken van deze gronden vermeld.

De samenstelling der voedingsoplossingen is vermeld in Tabel 1. De oplossingen werden ververst op 8 september.

De proef werd uitgevoerd in een kas met houten frame, een dak van "gewoon tuindersglas" en wanden van muskietengaas (kas 1 van het CELOS).

Tabel 1. Samenstelling van de voedingsoplossingen

Oplossingen		Kationen (meq/l)				
		Volledig	-N	-P	-K	-Mg
Ca		6	6	6	7	6
K		4	4	4	-	4
Mg		1,5	1,5	1,5	2,5	-
NH ₄		2	-	1	3	3
Totaal		13,5	11,5	12,5	12,5	13
Anionen (meq/l)						
		Volledig	-N	-P	-K	-Mg
NO ₃		8	-	9	7	7
H ₂ PO ₄		2	2	-	2	2
SO ₄		1,5	3,5	1,5	1,5	2
Cl		2	6	2	2	2
Totaal		13,5	11,5	12,5	12,5	13
Sporelementen		(ppm.)				
	Fe	5	Mn	0,5	Cu	0,04
	B	0,5	Zn	0,05	Mo	0,02

In ieder der bovengenoemde oplossingen kwamen deze sporelementen voor. Bij de oplossingen -Fe en -Cu werd de betreffende voedingsstof weggelaten; de samenstelling was verder als die van de volledige oplossing.

7. RESULTATEN EN DISCUSSIE

7.1. GESCHIKTHEID VAN MAIS OM VOEDINGSTEKORTEN AAN TE TONEN

Twee dagen na het zaaien waren de meeste zaden reeds ontkiemd. De planten ontwikkelden zich voorspoedig en de maiswortels groeiden vlot door de gazon bodem. Er was enige vraat door Laphygma-rupsen. De rupsen werden met een pincet verwijderd. Een week na het zaaien waren op alle gronden N- en

P-gebreeksverschijnselen waarneembaar. Het N-gebreek was op de klei en het P-gebreek op de zandgrond het minst duidelijk. Enkele minus N-planten vertoonden ook paarse verkleuringen overeenkomend met de symptomen van P-gebreek. Kaliumgebreeksymptomen waren alleen op de zandgrond te zien. De planten op deze grond vertoonden 8 à 10 dagen na het zaaien ook Mg- en Fe-gebreeksverschijnselen. Deze symptomen trokken later weer weg. Mg-gebreek was ook op de leemgrond gedurende enkele dagen zichtbaar, maar het verdween ook daar. Kopergebreeksverschijnselen werden niet waargenomen.

In Tabel 2 zijn de plantgrootten op de verschillende meettijdstippen vermeld. De gegevens voor de planten op de volledige oplossingen en op de oplossingen zonder resp. N, P en K zijn ook weergegeven in Fig. 3. De gegevens die betrekking hebben op overige oplossingen zijn niet in de figuur opgenomen omdat de groeicurves van deze planten vrijwel samenvallen met die van de planten op volledige oplossingen.

Volgens Tabel 2 en Fig. 3 hebben alle drie de gronden N- en P-tekort. Het P-tekort lijkt op de kleigrond het meest uitgesproken. De planten van dit object waren echter, door kiemvertraging, reeds vanaf het begin kleiner. De relatieve groeisnelheid was niet lager dan die van de minus P-planten op de andere gronden (Tabel 3). De zandgrond toont zoals verwacht werd het duidelijkste N-tekort. Van K-gebreek lijkt op de klei en leem nauwelijks sprake te zijn, wel op de zandgrond, hetgeen eveneens te verwachten was (zie ook hoofdstuk 7.5).

Uit de groeigegevens konden magnesium-, ijzer- en kopergebreeken op geen der gronden worden aangetoond. De ietwat geringere groei op leem, bij minus Cu, is vrijwel zeker een gevolg van de geringe wortelontwikkeling van deze planten. In deze gronden is vermoedelijk wel voldoende Mg, Fe en Cu beschikbaar. Dat ook op de zandgrond geen Mg-gebreek gevonden werd vindt zijn verklaring misschien in het feit dat deze grond veel schelpen bevat.

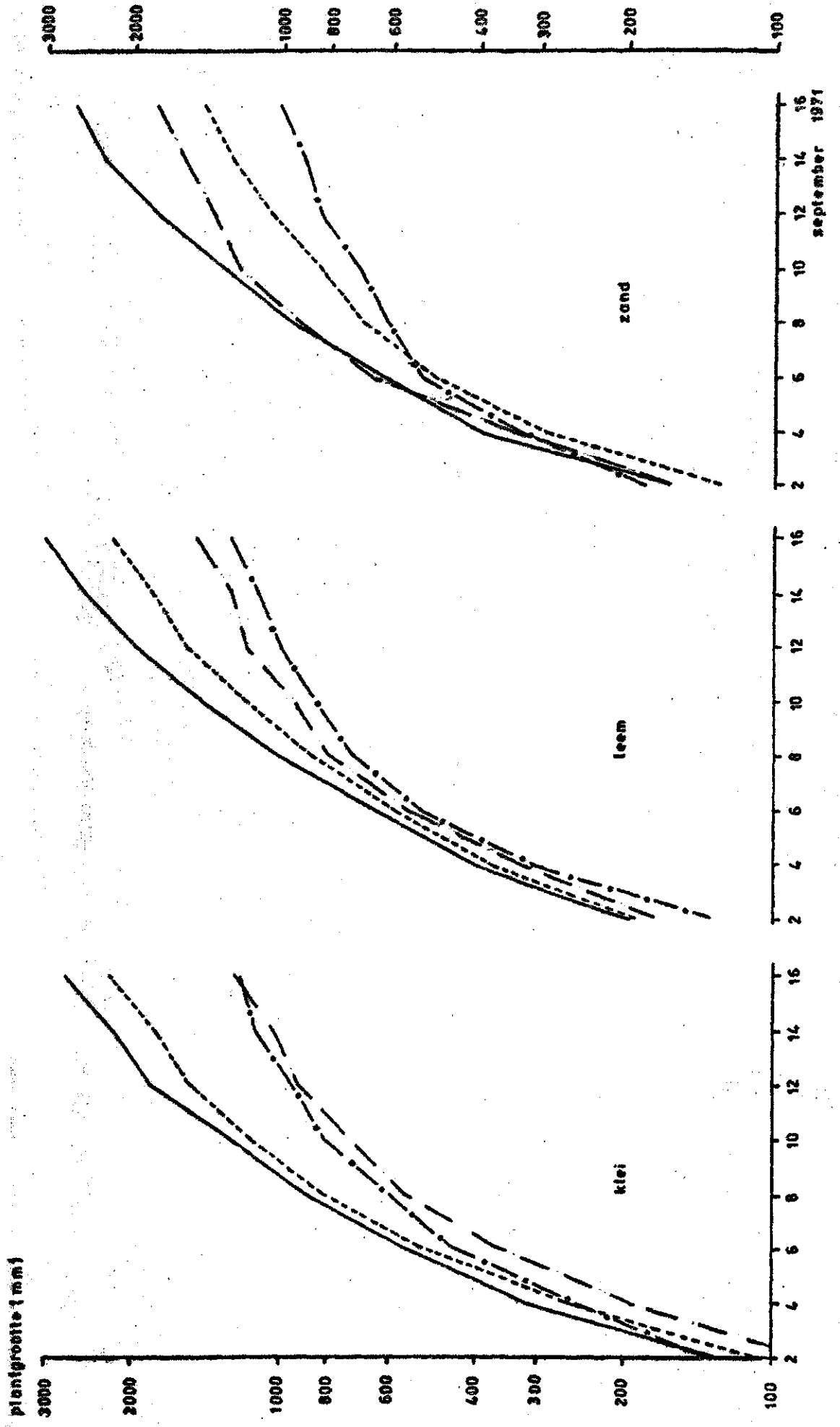
In ieder geval blijkt het mogelijk met mais verschillen in beschikbaarheid van N en K aan te tonen; voor P is dat nog niet duidelijk.

Tabel 2. Plantgrootten (in mm) op de successieve dagen
(C = volledige oplossing)

Grondsoort	Datum	Voedingsoplossingen						
		C	-N	-P	-K	-Mg	-Fe	-Cu
Klei	2 sept.	130	133	83	105	93	155	140
	4	318	255	193	268	248	323	278
	6	562	453	365	524	468	562	516
	8	879	600	557	822	747	916	813
	10	1253	805	726	1146	1102	1301	1136
	12	1643	938	918	1532	1519	1798	1655
	14	2141	1114	1016	1793	1816	2286	2155
	16	2702	1222	1227	2221	2160	2869	2804
Leem	2	197	134	177	189	127	192	193 [※]
	4	399	303	318	372	279	379	314
	6	639	523	544	583	475	628	540
	8	1006	720	800	872	760	1052	789
	10	1444	848	936	1177	1101	1497	1071
	12	1984	997	1175	1557	1447	2075	1459
	14	2530	1106	1261	1811	1963	2590	1799
	16	3015	1262	1479	2182	2348	3172	2324
Zand	2	165	185	164	130	194	193	174
	4	387	328	340	288	389	408	341
	6	610	524	647	496	645	706	593
	8	956	612	929	686	1078	1097	959
	10	1310	703	1214	839	1406	1508	1358
	12	1798	843	1378	1043	1912	2140	1915
	14	2294	898	1578	1288	2402	2636	2423
	16	2622	1029	1796	1444	2851	3172	3005

※ Vermoedelijk omdat er vrij weinig wortels in voedingsoplossing waren, is de groei in deze pot achtergebleven.

Fig. 3. Groeicurves van planten op volledige oplossing (—), en oplossingen zonder stikstof (—•—), zonder fosfaat (—•—) en zonder kalium (----).



Na 8 september neemt de spreiding weer toe, hetgeen ten dele veroorzaakt wordt door technische problemen bij het meten. De planten hadden op 8 september 5 bladeren. De bladscheden zijn in dit stadium zo hoog dat het volgende blad pas gezien en gemeten kan worden wanneer het al ca. 100 mm lang is. Daar de toename in plantgrootte tussen 8 en 10 september 300 à 450 mm bedraagt kan het al of niet meten van het jongste blad een fout van 20 à 30% veroorzaken. Met de groei der planten neemt de minimum lengte waarbij een nieuw blad zichtbaar is toe. Op 14 en 16 september was deze lengte ongeveer 150 à 200 mm. De toename in plantgrootte tussen 14 en 16 september was 400 à 600 mm, zodat de meetfout 30 à 40% kon bedragen. De spreiding van $\log (S_2/S_1)$ gemeten over langere perioden (6-12, of 6-14 september) is minder. Dit komt deels doordat bovenvermelde meetfouten in opeenvolgende perioden elkaar opheffen (in Tabel 3 wordt herhaaldelijk een relatief hoge waarde gevolgd door een relatief lage en omgekeerd) deels doordat de meetfout relatief minder belangrijk wordt bij de grotere absolute waarden van de toename in plantgrootte.

Uit Tabel 4 blijkt dat op grond van de spreiding der meetgegevens, de perioden 6-12 of 6-14 september het meest geschikt zijn voor de bepaling van het SQ.

7.2.4. Verschillen in sufficiency quotiënten

De derde eis bij de keuze van de meetperiode is dat de verschillen in voedingstekorten zo duidelijk mogelijk moeten zijn. Tabel 5 geeft $\log S_2/S_1$ berekend over de perioden 6-12 en 6-14 september en Tabel 6 de daaruit voortvloeiende SQ's. Deze zijn voor 6-14 september over het algemeen iets lager dan voor 6-12 september. Dit komt omdat de P- en K-te korten in de periode 12-14 september pas zeer duidelijk werden (Tabel 3). Meten over een periode langer dan 6-14 september had ook voor deze voedingsstoffen weinig zin omdat, zoals uit Tabel 3 blijkt, de groeiverschillen tussen -P en -K enerzijds en C anderzijds in de periode 14-16 september niet verder toenamen.

Tabel 5. $1000 \log(S_2/S_1)$ voor de perioden 6-12 en 6-14 september

Periode	Grondsoort	Voedingsoplossingen						
		C	-N	-P	-K	-Mg	-Fe	-Cu
6-12	klei	466	317	400	466	511	504	505
	leem	492	281	334	426	483	518	431
	zand	470	207	327	324	472	482	509
6-14	klei	581	391	445	535	589	609	621
	leem	598	326	365	492	616	615	522
	zand	576	234	387	415	571	572	612

Tabel 6. Sufficiency quotiënten berekend over de perioden 6-12 en 6-14 september

Periode	Grondsoort	SQ _N	SQ _P	SQ _K	SQ _{Mg}	SQ _{Fe}	SQ _{Cu}
6-12	klei	0,68	0,86	1,00	1,10	1,08	1,08
	leem	0,57	0,68	0,87	0,98	1,05	0,88
	zand	0,44	0,70	0,69	1,01	1,03	1,08
6-14	klei	0,67	0,77	0,92	1,01	1,05	1,07
	leem	0,55	0,61	0,82	1,03	1,03	0,87
	zand	0,41	0,67	0,72	0,99	0,99	1,06

Bij de keuze van de meest geschikte meetperiode speelt verder het praktische argument dat een korte periode minder werk betekent, een rol. Op grond daarvan zou 6-12 september voordeliger zijn dan 6-14 september. De voedingstekorten komen dan echter iets minder duidelijk tot uiting.

De planten op volledige oplossing hadden op 6, 12 en 14 september resp. 4, 6 en 7 of 8 bladeren. De optimale periode voor de bepaling van het SQ is dus het interval tussen het vierde en het zevende of achtste bladstadium.

7.3. GESCHIKTSTE KENMERK VAN DE PLANT

In Tabel 7 zijn vers en droog gewicht en in Tabel 8 de verhouding $-E/C$ voor vers en droog gewicht en voor de plantgrootte op 14, 16 en 2 september vermeld. De gegevens in Tabel 8 zijn dus te vergelijken met SQ's.

Voor N, P en K zijn de waarden in Tabel 8 duidelijk lager dan de SQ waarden. De verschillen in $-E/C$ tussen de gronden zijn voor N minder duidelijk en voor K duidelijker dan de verschillen in SQ. Voor een deel wordt dit veroorzaakt door de toevallige verschillen die, zoals eveneens uit Tabel 7 blijkt, reeds op 2 september bestonden.

Een ander gevolg van de reeds bestaande verschillen op 2 september is dat er schijnbaar een Mg-tekort in de klei en de leem, en een overmaat aan Fe en Cu op de zandgrond bestond.

Hoeveel invloed de begin plantgrootte heeft op het uiteindelijk resultaat wordt gedemonstreerd in Fig. 6. De verhouding $-E/C$ van het droog gewicht voor Mg, Fe en Cu is een afspiegeling van de verhouding van de plantgrootten op 2 september, (1° kwadrant), terwijl de sufficiency quotiënten (6-14 september) onafhankelijk van de begingrootte blijken te zijn (4° kwadrant). Uit het tweede kwadrant blijkt dat bij SQ-waarden tussen 0,99 en 1,08 de $-E/C$ waarden voor het droog gewicht variëren van 0,63 tot 1,31.

Voor het vers gewicht en de plantgrootte op 14 of op 16 september is de situatie vergelijkbaar met die voor het droog gewicht.

Tabel 7. Vers en droog gewicht in grammen per pot (= 2 planten)

	Grondsoort	Voedingsoplossingen						
		C	-N	-P	-K	-Mg	-Fe	-Cu
Vers gewicht	klei	25,89	4,61	4,49	13,09	16,59	25,37	24,33
	leem	27,40	4,10	5,80	13,75	19,77	30,95	17,54
	zand	22,40	3,15	9,07	3,82	23,09	27,08	33,08
Droog gewicht	klei	2,87	0,83	0,78	1,79	2,08	2,85	2,68
	leem	3,60	0,79	0,93	1,75	2,29	3,67	1,86
	zand	2,90	0,60	1,28	0,70	2,87	3,79	3,61

Tabel 8. Verhoudingen van gewichten en plantgrootten van planten op onvolledige en volledige oplossingen (-E/C)

	Grondsoort	-N/C	-P/C	-K/C	-Mg/C	-Fe/C	-Cu/C
Vers gewicht	klei	0,18	0,17	0,51	0,64	0,99	0,94
	leem	0,15	0,21	0,50	0,72	1,13	0,64
	zand	0,14	0,41	0,17	1,03	1,21	1,48
Droog gewicht	klei	0,29	0,27	0,62	0,73	0,99	0,93
	leem	0,22	0,26	0,49	0,64	1,02	0,52
	zand	0,21	0,44	0,24	0,99	1,31	1,25
Plantgrootte 14 september	klei	0,52	0,47	0,84	0,85	1,07	1,01
	leem	0,44	0,50	0,72	0,78	1,02	0,71
	zand	0,39	0,69	0,54	1,05	1,15	1,06
Plantgrootte 16 september	klei	0,45	0,45	0,82	0,80	1,06	1,04
	leem	0,42	0,49	0,72	0,78	1,05	0,77
	zand	0,39	0,69	0,55	1,09	1,21	1,14
Plantgrootte 2 september	klei	1,02	0,64	0,81	0,71	1,19	1,08
	leem	0,68	0,90	0,96	0,64	0,97	0,98
	zand	1,12	1,00	0,79	1,18	1,17	1,05

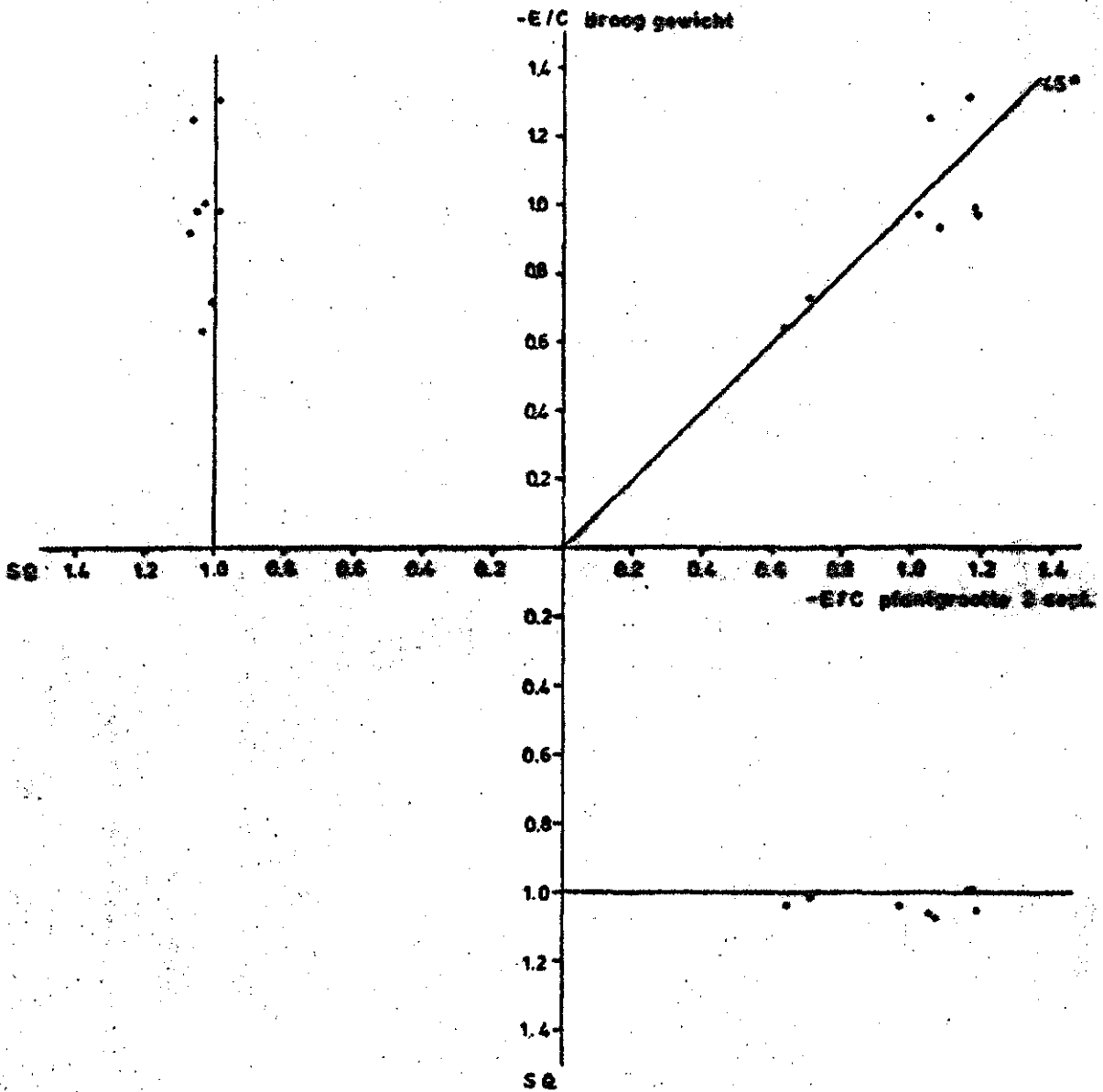


Fig. 6. De relatie tussen - E / C van de plantegroete op 2 september, - E / C van het droog gewicht en SQ voor de elementen Mg, Fe en Cu.

Uit Fig. 6 blijkt duidelijk het winstpunt van het gebruik van het SQ nl. dat de variatie in kiemsnelheid geen invloed heeft op het eindresultaat. Ook de vergelijking van de variatiecoëfficiënten voor vers en droog gewicht en voor plantgrootte met die van de relatieve groeisnelheid gemeten over een langere periode (6-12 of 6-14 september) valt duidelijk in het voordeel van de laatste uit. Bij gebruik van de relatieve groeisnelheid is - afhankelijk van het verschil dat men wenst aan te tonen - slechts 1/3 tot 1/10 van het aantal herhalingen nodig dat vereist is om met droog gewicht of vers gewicht dezelfde verschillen met gelijke betrouwbaarheid te kunnen aantonen (COCHRAN & COX, 1957, Table 2.1). De conclusie is derhalve dat de voordelen van het SQ het nadeel van extra rekenwerk nodig voor de bepaling ervan verre overtreffen. Het droog gewicht en vers gewicht zijn geen geschikte alternatieve meetkenmerken.

7.4. RELATIE TUSSEN HET SUFFICIENCY QUOTIËNT EN HET GEHALTE VAN HET VOEDINGSELEMENT IN DE PLANT

De analyses verricht aan het gewasmateriaal van deze proef waren de eerste die uitgevoerd werden bij het CELOS. Daarom dienen de in Tabel 9 gepresenteerde cijfers met enige reserve bekeken te worden, te meer omdat van verschillende objecten te weinig - minder dan 300 mg - droog materiaal aanwezig was om volgens voorschrift te kunnen werken. Slechts van de C- en de minus Mg-, Fe- en Cu - planten was er voldoende materiaal om de analyses in duplo of triplo uit te voeren. De resultaten van de bepalingen van N, P en K waren in het algemeen voldoende reproduceerbaar.

In een volgend CELOS-rapport zal op de hier vermelde analyse resultaten worden teruggekomen. Thans wordt volstaan met een beschrijving.

Tabel 9. Gehaltes aan N, P en K in % van de droge stof

% N	Grondsoort	Voedingsoplossing						
		C	-N	-P	-K	-Mg	-Fe	-Cu
	klei	3,25	1,37	2,73	3,58	2,94	2,60	3,15
	leem	2,82	1,30	2,82	4,47	3,42	2,30	3,19
	zand	2,52	1,07	3,05	5,16	3,15	2,06	2,67
% P	klei	0,62	0,32	0,12	0,56	0,35	0,47	0,61
	leem	0,47	0,22	0,12	0,78	0,47	0,48	0,53
	zand	0,40	0,59	0,12	1,29	0,68	0,50	0,57
% K	klei	3,92	2,70	2,73	0,82	2,18	?	?
	leem	2,86	2,22	2,65	0,60	3,41	?	4,08
	zand	3,30	2,37	2,81	0,03	3,51	?	3,90

Het N-gehalte van de minus N-planten is duidelijk lager dan dat van de volledige gevoede planten. Bij beide daalt het N-gehalte met het SQ_N (Tabel 6). Ook in de minus Fe-planten is het N-gehalte lager en ook hier daalt het met het SQ_N .

Het N-gehalte in de minus K-planten is hoger dan dat in de volledig gevoede planten. Het N-gehalte blijkt in deze planten hoger te zijn naarmate het SQ_K lager is. Vermoedelijk heeft stikstofophoping in deze kleinere planten plaatsgevonden en misschien is K bij de opname door NH_4 vervangen.

Het P-gehalte is voor alle minus P-planten 0,12% en duidelijk lager dan voor de planten op de andere voedingsoplossingen. Ook de minus N-planten op klei en leem hebben een lager P-gehalte. Het P-gehalte in de volledig gevoede planten daalt in de reeks klei-leem-zand. In de minus K-planten is het P-gehalte relatief hoog, speciaal op de zandgrond.

Het K-gehalte van de minus K-planten is veel lager dan dat van de overige planten; het K-gehalte daalt met het SQ_K en in de planten op de zandgrond is het K-niveau extreem laag. Het K-gehalte van de minus N-planten is eveneens lager dan van de overige planten. De K-gehalten van de minus Fe-planten waren niet betrouwbaar.

Wanneer de resultaten uit hoofdstuk 7.2 met deze cijfers worden vergeleken, blijkt dat een verlaging van het N-gehalte in de plant leidt tot een ernstiger reductie van de groei dan een overeenkomstige verlaging van het P- en K-gehalte.

7.5. RELATIE TUSSEN SUFFICIENCY QUOTIËNT EN EIGENSCHAPPEN VAN DE GROND

Uit de analyseresultaten van Tabel 10 blijkt dat de org. stof- en N tot.-gehalten duidelijk gecorreleerd zijn met het SQ_N en de hoeveelheid geadsorbeerd kalium met het SQ_K . Hieruit zou men kunnen concluderen dat deze grootheden goede indices zijn van de beschikbaarheid van N en K. Tussen

P-Bray en SQ_P is evenwel geen verband aan te wijzen. Men kan op basis van dit geringe aantal metingen geen uitspraak doen.

De hoge pH van de zandgrond komt voort uit de aanwezigheid van schelpen. De CEC waarden gaan duidelijk samen met de textuur van de grond.

Tabel 10. Enkele analyseresultaten van de gronden (berekend op stoofdrome grond)

	klei	leem	zand
Org. stof (%)	3,2	2,8	0,9
Totaal N (%)	0,28	0,18	0,07
pH-KCl	3,5	3,9	7,8
CEC (meq/100 gr. gr.)	25,5	9,6	3,2
K-ads. (meq/100 gr. gr.)	0,55	0,33	0,07
P-Bray (ppm P)	12	11	31

8. CONCLUSIES

1. Mais is een geschikt gewas om verschillen in beschikbaarheid van N en K volgens de hier beschreven potproefmethode en berekening van SQ aan te tonen.
Voor P is dit nog onduidelijk, terwijl voor Mg, Fe en Cu uit deze proef geen conclusies te trekken zijn.
2. Tussen de plantgrootte en het droog gewicht van maiszaailingen bestaat een zodanig verband dat SQ 's berekend op basis van plantgrootte gelijk zijn aan SQ 's berekend op basis van droog gewicht.
3. De periode tussen de stadia van het vierde en het zevende of achtste blad is het meest geschikt voor de bepaling van het SQ .
4. Droog en vers gewicht en plantgrootte zijn voor dit type proeven minder geschikte grootheden dan het SQ .
5. Een verlaging van het N-gehalte in de plant leidt tot een sterkere groeivertraging dan een overeenkomstige verlaging van het P- of K-gehalte.
6. SQ_N correspondeert met het org. stof- en het totaal N-gehalte in de grond, SQ_K met het gehalte aan uitwisselbaar K.

9. LITERATUUR

- COCHRAN, W.G. & G.M. COX, 1957. Experimental designs. 2nd ed. John Wiley & Sons Inc. New York. pp. 17-23.
- BOUMA, D., 1965. Growth changes of plants following the removal of nutritional stresses. Thesis. Wageningen.
- EVANS, G.C., 1972. The quantitative analysis of plant growth studies in ecology. Volume 1. Blackwell Sci. Publ. Oxford.
- JANSSEN, B.H., 1969. Report on a pot experiment according to a modified "Bouma method". Int. Course on Soil Science. Intern Report. Wageningen.
- JANSSEN, B.H., 1970. Soil fertility in the Great Konya Basin, Turkey. Agric. Res. Rep. 750. Pudoc, Wageningen.
- WILLIAMS, R.E., 1960. The physiology of growth in the wheat plant. I. Seedling growth and the pattern of growth at the shoot apex. Austr. J. Biol. Sci. 13: 401-428.