Project LH/UvS 02

CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

EEN ANALYSE VAN DE GROEI EN IONENOPNAME VAN MAIS ONDER INVLOED VAN VERSCHILLENDE BEMESTINGSNIVEAUS EN AL OF NIET SPLITSEN VAN DE MESTGIFT

(Proef no. 80/10)

R.J. Bakema

november 1981

I N H O U D

	blz.
Voorwoord	5
1. Samenvatting	6
2. Inleiding	6
3. Methodiek	7
3.1. Plaats, materiaal	7
3.2. Proefopzet en lay-out	7
3.3. Zaai, bemesting en verzorging	8
3.4. Oogsten	10
3.4.1. Groeianalyse en ionenopname	10
3.4.2. Voedingstoestand van de maisplant	10
3.5. Grondmonsters	11
3.6. Behandeling van de monsters en waarnemingen	11
3.6.1. Groeianalyse	11
3.6.2. Ionenopname en voedingstoestand	11
3.6.3. Grondmonsters	12
3.7. Verwerking van de gegevens	12
3.7.1. Groeianalyse	12
3.7.2. Ionenopname	13
3.7.3. Voedingstoestand	13
3.8. Het weer	13
4. Resultaten	15
4.1. Gewasontwikkeling	15
4.2. Groeianalyse	15
4.2.1. De drooggewichtstoename en verdeling	15
4.2.2. Planthoogten	19
4.2.3. Aantal kolven per plant	21
4.2.4. De Leaf Area Index	21
4.2.5. Groeisnelheden	23
4.3. Ionenopname	25
4.3.1. Gehaltes in bladschijf, kolf en rest	25
4.3.2. Opname	27
4.3.3. Procentuele verdeling	27
4.3.4. Elementrendementen	33
4.4. Voedingstoestand	33
4.5. Grondmonsters	34
5. Discussie	35
5.1. Groeianalyse	35
5.2. Ionenopname en voedingstoestand	38
5.3. Synthese	42
6. Conclusie	44
7. Literatuur	45

VOORWOORD

Het hierna volgende omvat een verslag van een onderzoek naar de invloed van het bemestingsniveau en de wijze van splitsen van de mestgift op de groei en ionenopname van mais. Het onderzoek werd uitgevoerd aan het Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek in Suriname (CELOS) voor het project LH/UvS 02 in de periode april - november 1980. Het werd verricht door R.J. Bakema, student in de tropische plantenteelt aan de Landbouwhogeschool te Wageningen, Nederland, en vormde een onderdeel van de doctoraalvakken tropische plantenteelt en bodemvruchtbaarheid. Mede hierom is het verslag opgesplitst in een groeianalytisch- en een gewasanalytisch gedeelte. Deze indeling is kunstmatig en bestudering van beide onderdelen is noodzakelijk voor het verkrijgen van inzicht in de resultaten en de wijze waarop deze geïnterpreteerd zijn.

Al het CELOS- en projectpersoneel dat op welke wijze dan ook heeft bijgedragen aan dit verslag wil ik hiervoor bedanken. Ik denk hierbij in het bijzonder aan de heer J.F. Wienk, mijn begeleider in Suriname, en de heer B.H. Janssen, zonder wie de totstandkoming van dit verslag onmogelijk was geweest.

1. SAMENVATTING

In de proeftuin Kabo, liggende in het Zanderij-gebied te Suriname, werd een bemestingsproef met mais uitgevoerd. Het betrof een 3^2 factoriële proef in drie herhalingen met als factoren bemesting (b_1: 80 kg N/ha, 30 kg P/ha en 30 kg K/ha; b_2: 160 kg N/ha, 60 kg P/ha en 60 kg K/ha; b_3: 240 kg N/ha, 90 kg P/ha en 90 kg K/ha) en wijze van splitsen van de mestgift (s_1: alle meststof bij zaai; s_2: alle P bij zaai, ½ N en ½ K bij zaai en ½ N en ½ K na 4 weken; s_3: alle P bij zaai, 1/3 N en 1/3 K bij zaai, na 4 weken en na 7 weken). Aan de hand van groeianalytische en gewasanalytische resultaten kon worden vastgesteld dat bemestingsniveau 2 in combinatie met een in drieën gedeelde mestgift het beste gewas en de hoogste opbrengst opleverde. Het laagste bemestingsniveau gaf lagere opbrengsten, vermoedelijk als gevolg van een tekort aan nutriënten. Bij het hoogste bemestingsniveau daalde de opbrengst vermoedelijk als gevolg van een ongunstige elementverhouding in de plant. De beide laagste splitsingsniveaus konden niet voldoende nutriënten aan het einde van het groeiseizoen garanderen, waardoor de opbrengst laag was.

Het lage opbrengstniveau gemiddeld over de gehele proef werd toegeschreven aan het geringe bladoppervlak waarover het gewas beschikte. Er leek een verband te bestaan tussen een gering bladoppervlak en een laag K-gehalte eerder in het groeiseizoen.

Het Mg-gehalte beinvloedde mogelijkerwijs de assimilatiesnelheid.

Op grond van de resultaten werd aanbevolen onderzoek te doen naar de beschikbaarheid van spore-elementen in de bodem, en naar het effect van hogere K- en Mg-giften op de opbrengst.

2. INLEIDING

Mais (*Zea mays* L.) stelt aan de voedingstoestand van de bodem hoge eisen. Het onttrekt per groeiseizoen grote hoeveelheden voedingsionen aan de grond. Per ha is de onttrekking aan N 100-200 kg, aan P 15-30 kg en aan K 60-100 kg, afhankelijk van de korrel- en stro-opbrengst. Indien de voeding gedurende het hele groeiseizoen optimaal is en er geen vocht- of lichtgebrek optreedt, zijn opbrengsten van tropische maisrassen tot 8.000 kg korrel- en 20.000 kg drooggewicht aan gewasresten/ha goed mogelijk. Licht en vocht buiten beschouwing latend, is voor het bereiken van een optimale voedingstoestand zowel het niveau als het tijdstip van bemesten van belang.
Een slechte voedingstoestand gedurende het hele groeiseizoen heeft opbrengstderving tot gevolg, maar ook het ontbreken van essentiële elementen, gedurende een korte maar belangrijke periode in het groeiseizoen, kunnen tot opbrengstdaling leiden.

De gronden van de Zanderij-formatie kenmerken zich door een gering vochtbergend vermogen, een lage pH en CEC, een hoge Al-verzadiging en een minimale voedingstoestand. Regen-afhankelijke teelt van mais op deze gronden is alleen mogelijk in de grote en, met een verhoogd risico, in de kleine regentijd en indien de voedingstoestand en de pH op een voor het gewas aanvaardbaar niveau wordt gebracht. Het gebruik van kalk en N-, P- en K-kunstmeststoffen is daarbij noodzakelijk.

Het optimale bemestingsniveau is echter nog niet vastgesteld. Bij een goede vochtvoorziening werd bij N-, P- en K-giften tot resp. 240, 100 en 100 kg/ha nog steeds een positief effect van een gift-verhoging geconstateerd (ANON., 1980).

Ondanks deze mestgiften zijn opbrengsten boven de 4.000 kg/ha zeldzaam. Splitsing van deze hoge giften in drie gelijke porties (1/3 bij zaai, 1/3 na 4 weken, 1/3 na 7 weken) werd met het oog op het gevaar voor uitspoeling tot op heden noodzakelijk geacht. In verband met de stijgende kosten en de technische problemen zou het terugbrengen van het aantal giften tot twee een welkom alternatief zijn.

Onderhavige proef beoogde het vaststellen van het optimale bemestingsniveau en de optimale wijze van splitsen van de mestgift voor mais op de Zanderij-gronden. Om een zo goed mogelijk beeld van de invloed van deze factoren op het gewas te verkrijgen, werd aan het gewas per behandeling een groeianalyse uitgevoerd. Aan de hand van metingen van de "drogestof"-productie en de LAI in de tijd, werd gepoogd een idee te krijgen van de capaciteit en efficiëntie van het fotosynthetisch apparaat onder invloed van de verschillende behandelingen.

Met behulp van frequente gewasanalyse werd de ionenopname en de ionenbalans in de plant gekwantificeerd. Aan de hand van al het verzameld cijfermateriaal zou uiteindelijk het optimale bemestingsregiem voor mais op de Zanderij-gronden afgeleid moeten worden.

3. METHODIEK

3.1. Plaats, materiaal

De proef werd uitgevoerd in de proeftuin te Kabo, in de blokken L5 en K4. De grondsoort is zandige leem op zware zandige leem. Beide blokken waren ontgonnen in oktober 1978. Het hout van het oorspronkelijke bos werd in februari 1979 op rillen geschoven waarna deze gebrand zijn. De blokken lagen sinds de ontginning braak.

Er werd zaad van de cultivar San Andres gebruikt. Dit was ontsmet met TMTD (thiram 80%, 5 g/kg zaad).

3.2. Proefopzet en lay-out

Twee factoren werden in drie trappen factorieel gecombineerd. Naast de zo verkregen negen behandelingen werd een nulobject opgenomen.

De bovengenoemde behandelingen waren :

factor		trappen
0	Nulobject	geen bemesting/splitsing
B	Bemesting	b_1 : 80 kg N/ha 30 kg P/ha 30 kg K/ha
		b_2 : 160 kg N/ha 60 kg P/ha 60 kg K/ha
		b_3 : 240 kg N/ha 90 kg P/ha 90 kg K/ha

S Splitsing

s_1 : alle meststof bij zaai
s_2 : alle fosfaat-meststof bij zaai
½ N en ½ K bij zaai
½ N en ½ K na 4 weken
s_3 : alle fosfaat-meststof bij zaai
1/3 N en 1/3 K bij zaai
1/3 N en 1/3 K na 4 weken
1/3 N en 1/3 K na 7 weken

De stikstof werd gegeven als ureum, het fosfaat als dubbelsuperfosfaat en de kalium als patentkali.

Figuur 1 toont de lay-out van een veldje. De oppervlakte van een veldje bedroeg 107,1 m^2 (10,50 x 10,20 m). Het omvatte 14 plantrijen. De afstand tussen de rijen bedroeg 0,75 m, in de rij, na dunnen, 0,20 m (66.666 pl/ha). Ieder veld omvatte in beginsel 21 blokjes van vier planten (in de rij telkens afgeschermd met drie randplanten en tussen de rijen met twee randplanten) en één blok met 100 planten.

Er is uitgegaan van drie volledige herhalingen. In verband met de terreingesteldheid moest in herhaling 3 het nulobject komen te vervallen.

3.3. Zaai, bemesting en verzorging

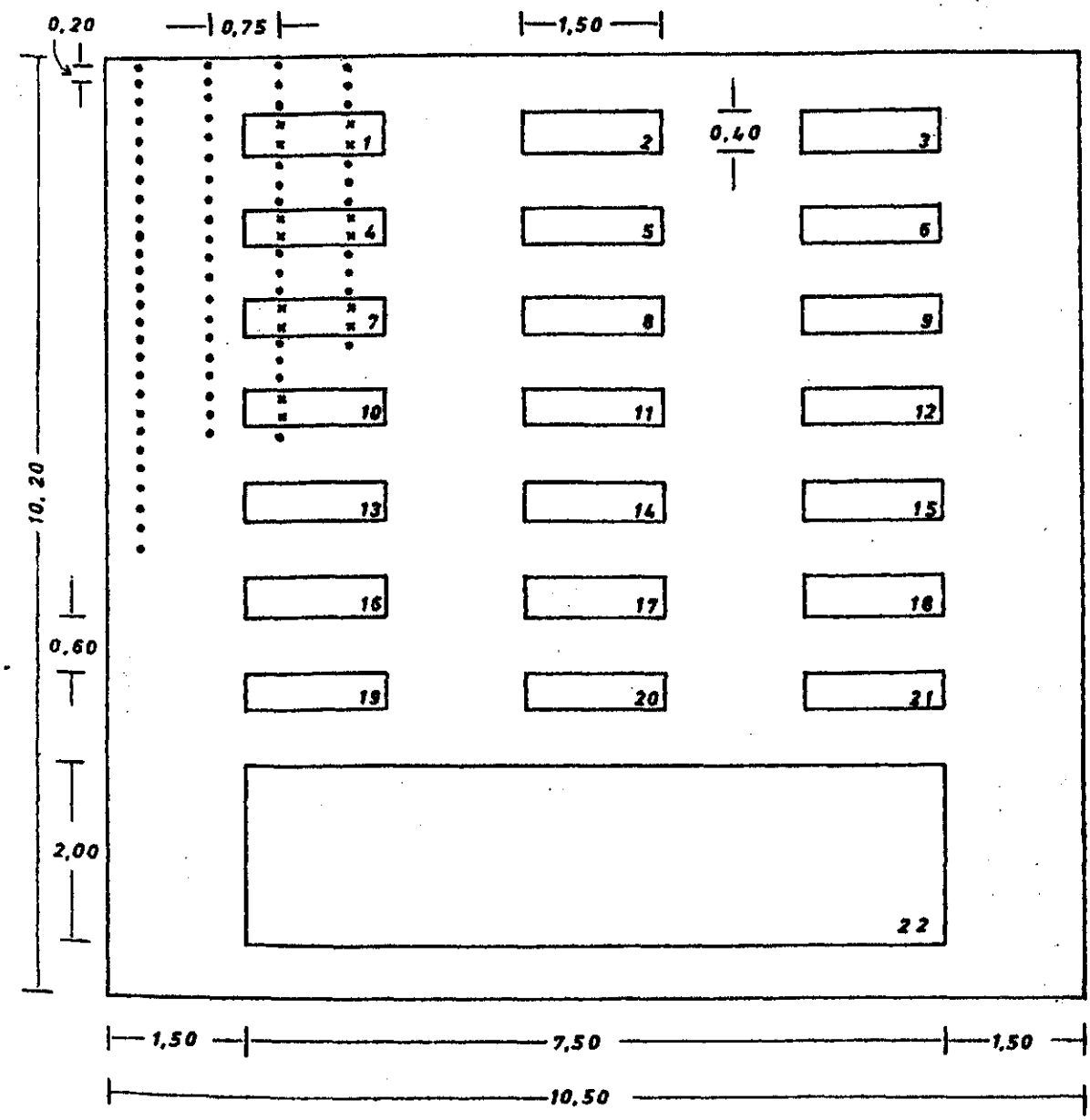
Voor de aanvang van de proef werd de opslag gekapt, en werd op het veld liggend hout met de hand verwijderd.

Op 10 april 1980 is het gehele proefveld breedwerpig bemest met naar rata 1000 kg $CaCO_3$ (als Emkal)/ha en 2000 kg Curacaofosfaat/ha. De beide meststoffen werden ingeploegd en het veld werd geëgd. De overige bemesting bij zaai werd gegeven in 10 cm diepe geulen, welke gedeeltelijk met een landbouwtrekker met drie aanaardhulpstukken getrokken werden, en gedeeltelijk met een tweewielige trekker met een aanaardhulpstuk. Op 15, 16 en 17 april 1980 werden de drie herhalingen over de dichtgeschoven geulen gezaaid. Er werd gebruik gemaakt van een Ebrahandzaaimachine met zaaischijf 10 M6 en ingesteld op zaaiafstand 10 cm. Tien/elf dagen na zaai (DNZ) werd er ingeboet en 18 DNZ is gedund tot vijf planten per meter.

Tijdens het groeiseizoen is een bestrijdingsprogramma afgewerkt dat is samengevat in Tabel 1.

Tabel 1. Onkruid- en insectenbestrijdingsbehandelingen en het tijdstip (WNZ) waarop zij hebben plaatsgevonden

Week	Behandeling
0	bespuiting alachlor (Lasso, 6 liter/ha, 300 liter water)
1	granulair carbofuran (Furadan 25 kg/ha, 5% a.i.)
3	bespuiting monocrotophos (Azodrin 60%, 2 cc/liter water, 300 liter/ha)
5	bespuiting fenitrothion (Sumithion 40%, 2 cc/liter water, 300 liter/ha)
7	bespuiting fenitrothion, idem
9	bespuiting monocrotophos, idem



•: rand planten

x : waarnemings planten

1 t/m 21: in de loop van het groeiseizoen te oogsten subveldjes

22 : aan het eind van het groeiseizoen te oogsten subveldje

Fig. 1. Plattegrond van een veldje. Afstanden in meters.

Voor de bemesting in de vierde en zevende week na zaai werden in de daarvoor in aanmerking komende veldjes langs de plantrijen geultjes getrokken met de hak. De N- en K-meststoffen werden daarin uitgestrooid, waarna de geultjes werden dichtgeschoven.

3.4. Oogsten

3.4.1. Groeianalyse en ionenopname

Vanaf 3 WNZ is er iedere twee weken uit elk veld plantmateriaal geoogst (Tabel 2). Bij de eerste oogst werd herhaling 3 overgeslagen.

Tabel 2. Oogstnummer, oogstdata en het gemiddeld aantal DNZ van zeven tussentijdse maisoogsten

Oogst no.	oogstdata	DNZ
1	07-08/05 1980	21
2	21-22/05 1980	35
3	02-04/06 1980	49
4	18-24/06 1980	64
5	02-03/07 1980	77
6	15-16/07 1980	90
7	30-31/07 1980	103

Iedere keer werden per veld in principe drie blokjes door loting aangewezen en geoogst. Na drie oogsten is hier soms vanaf geweken indien op die manier niet voldoende (minimaal 6) planten per veld geoogst konden worden. Vanaf de 5e oogst werd ook plantmateriaal uit de randrijen geoogst indien dit nodig was.

De te oogsten planten werden uitgegraven, waarna de wortels werden afgesneden. Alle waarnemingen aan het geoogste materiaal werden binnen enkele uren tot één dag na de oogst uitgevoerd.

In verband met het zeer geringe aantal planten in veldje 305 werd na één oogst het oogsten hierin gestaakt. Om dezelfde reden zijn na vier oogsten ook geen planten meer uit veldje 107 geoogst. Korrelopbrengsten (8e oogst) zijn niet bepaald.

3.4.2. Voedingstoestand van de maisplant

Vijf weken na zaai werd uit ieder veldje van ca. 12 planten het laatste geheel ontvouwen blad verwijderd. Over het algemeen betrof het hier het achtste blad. Per behandeling werden de bladeren bijeengevoegd. Negen weken na zaai werd op dezelfde wijze het eerste blad boven de kolf geoogst. In verband met het ontbreken van kolven op de 0-veldjes werd hier geen tweede bladoogst uitgevoerd.

3.5. Grondmonsters

Voordat met Emkal en Curacaofosfaat werd bemest, werden per herhaling tien grondmonsters gestoken in de lagen 0-20, 20-40 en 40-60 cm. De submonsters werden per herhaling bijeengevoegd en gemengd.

Tien weken na zaai zijn op drie plaatsen in ieder veldje weer grondmonsters gestoken : (i) daar waar de plantontwikkeling goed was, (ii) daar waar ze matig was, en (iii) daar waar ze slecht was. Per bemestingsniveau en per diepte werden de monsters (i) bijeengevoegd en gemengd, evenals (ii) en (iii).

3.6. Behandeling van de monsters en waarnemingen

3.6.1. Groeianalyse

Gedurende de eerste drie oogsten werden de geoogste planten per veldje opgesplitst in :

- bladschijven
- rest

vanaf de vierde oogst in :

- groene bladschijven
- dode bladschijven
- kolven
- schutblad
- rest.

Van de groene bladschijven werd de bladoppervlakte bepaald door meting van de lengte en grootste breedte en met behulp van de formule :

Bladoppervlak = lengte x grootste breedte x 0,75

Van de stengels werd de lengte bepaald, i.e. de afstand van de stengelbasis tot de laatste zichtbare gewrichtsdriehoek. Vanaf de 4e oogst werd tevens de afstand van de basis tot aan de gewrichtsdriehoek van het oudste nog groene blad genoteerd.

Bij de 5e oogst werd het aantal kolven per plant geteld. Bij iedere oogst werden van elk veldje van de afzonderlijke delen de vers- en drooggewichten bepaald. Er werd gedroogd in een geventileerde droogstoof gedurende 2 x 24 uur bij 70°C.

3.6.2. Ionenopname en voedingstoestand

Na droging en bepaling van het drooggewicht (zie 3.6.1) werd het plantmateriaal per veldje zo bijeengevoegd dat splitsing werd verkregen in :

- bladschijven
- kolf
- rest.

Per oogst en per herhaling werd van elk van deze monsters een submonster genomen. Per behandeling en per plantendeel werden de submonsters op gelijk gewicht gebracht en bijeengevoegd. De zo ontstane behandelingsmonsters werden geanalyseerd op N, P, K, Ca en Mg.

De per behandeling reeds bijeengevoegde bladeren ter bepaling van de voedingstoestand van de maisplant (zie 3.4.2) werden eveneens geanalyseerd op N, P, K, Ca en Mg. Analyse van de verschillende onderdelen vond plaats volgens de volgende methoden :

destructie	: volgens Lindner-Harley
N-bepaling	: m.b.v. micro-Kjeldahl-apparaat
P-bepaling	: colorimetrisch, molybdeenblauwkleurig-methode
K, Ca en Mg-bepaling	: m.b.v. atoom absorptie spectrophotometer, rechtstreeks in het destruaat.

3.6.3. Grondmonsters

De voor zaai gestoken grondmonsters werden per herhaling en per diepte geanalyseerd op C, N, P, K, Ca, Mg, Na en Al. Tevens werden de pH (H_2O) en pH (KCl) bepaald. Van de tweede serie monsters werden per bemestingsniveau, per diepte voor drie verschillende gewasontwikkelingen het C-, K-, Ca-, Mg-, Na- en Al-gehalte bepaald, benevens pH (H_2O) en pH (KCl).

De volgende methoden werden daarbij gevolgd :

C	: volgens Walkley-Black
K	: in ammonium percolaat met A.A.S.
Na	: idem
Ca	: idem
Mg	: idem
CEC	: NH_4-acetaat m.b.v. micro-Kjeldahl-apparaat*
P	: colorimetrisch (P-Bray I), molybdeenblauwkleuring-methode*
Al	: aluminon-methode*
Totaal N	: m.b.v. micro-Kjeldahl-apparaat*

* referentie analysemethoden : CELOS-voorschriften voor gewasanalyse.

3.7. Verwerking van de gegevens

3.7.1. Groeianalyse

Het totale drooggewicht van de vierde en zevende oogst, en het kolfgewicht van de zevende oogst zijn wiskundig verwerkt met behulp van variantie-analyse.
Ontbrekende waarnemingen werden geschat volgens COCHRAN & COX (1957).
Significante verschillen tussen objecten werden opgespoord met Duncan's Multiple Range Test.

Van stengellengte en aantal kolven per plant werden behandelingsgemiddelden en factorgemiddelden (splitsing van de mestgift en bemestingsniveau) bepaald.

Aan de hand van de gemeten bladoppervlakten werd de Leaf Area Index berekend volgens :

$$LAI = \frac{Lt}{A}$$

waarin : Lt = bladoppervlak van de geoogste planten op tijdstip t
A = geoogste grondoppervlak

De groeicurve van een zich normaal ontwikkeld gewas heeft een S-vorm. In het theoretisch lineaire gedeelte geld :

$$\frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \times \frac{1}{A} = c$$

waarin : W_1 = drooggewicht op tijdstip 1
W_2 = drooggewicht op tijdstip 2
t_1 = tijdstip 1
t_2 = tijdstip 2
A = eenheid van grondoppervlak
c = constante

De constante is de $\overline{CGR}$ (Crop Growth Rate) of gemiddelde absolute groeisnelheid over de periode $t_1 - t_2$. Over het lineaire gedeelte van de groeicurve van een gewas kan met behulp van lineaire regressie de $\overline{CGR}$ worden berekend. Voor alle negen behandelingen is op deze wijze de $\overline{CGR}$ berekend. Eveneens is de $\overline{CGR}$ berekend voor de drie trappen van S, onafhankelijk van het bemestingsniveau en voor de drie trappen van B onafhankelijk van de wijze van splitsen van de mestgift. Voor de verschillende onderdelen van de plant werd de procentuele verdeling aan drooggewicht over de plant door het groeiseizoen voor elke behandeling berekend.

3.7.2. Ionenopname

Aan de hand van de analysecijfers werd de totale opname aan de belangrijkste elementen vastgesteld. Aan de hand dáárvan werden de elementrendementen voor ureum, dubbelsuperfosfaat en patentkali berekend voor de verschillende behandelingen.

De opname door het groeiseizoen en de procentuele verdeling van de elementen over de plantenonderdelen werd berekend en grafisch weergegeven.

Al het cijfermateriaal werd vergeleken met dat van de groeianalyse en op basis van beide werden de conclusies getrokken met betrekking tot een een optimaal bemestingsniveau en wijze van splitsen van de mestgift.

3.7.3. Voedingstoestand

De bladanalysecijfers ter bepaling van de voedingstoestand werden vergeleken met het overige cijfermateriaal. Nagegaan werd in hoeverre een éénmalige bladanalyse de voedingstoestand van de maisplant kan weergeven en op welke wijze de cijfers geinterpreteerd dienen te worden.

3.8. Het weer

Het groeiseizoen van onderhavige proef werd gekenmerkt door overvloedige regenval (Fig. 2). In de loop van het groeiseizoen nam de buienfrequentie iets af. Van vochttekorten is echter geen sprake geweest. Vanaf de zaai tot aan het tijdstip 1e tassels viel er 620,9 mm, van de 1e tassels tot de laatste oogst 279,0 mm.

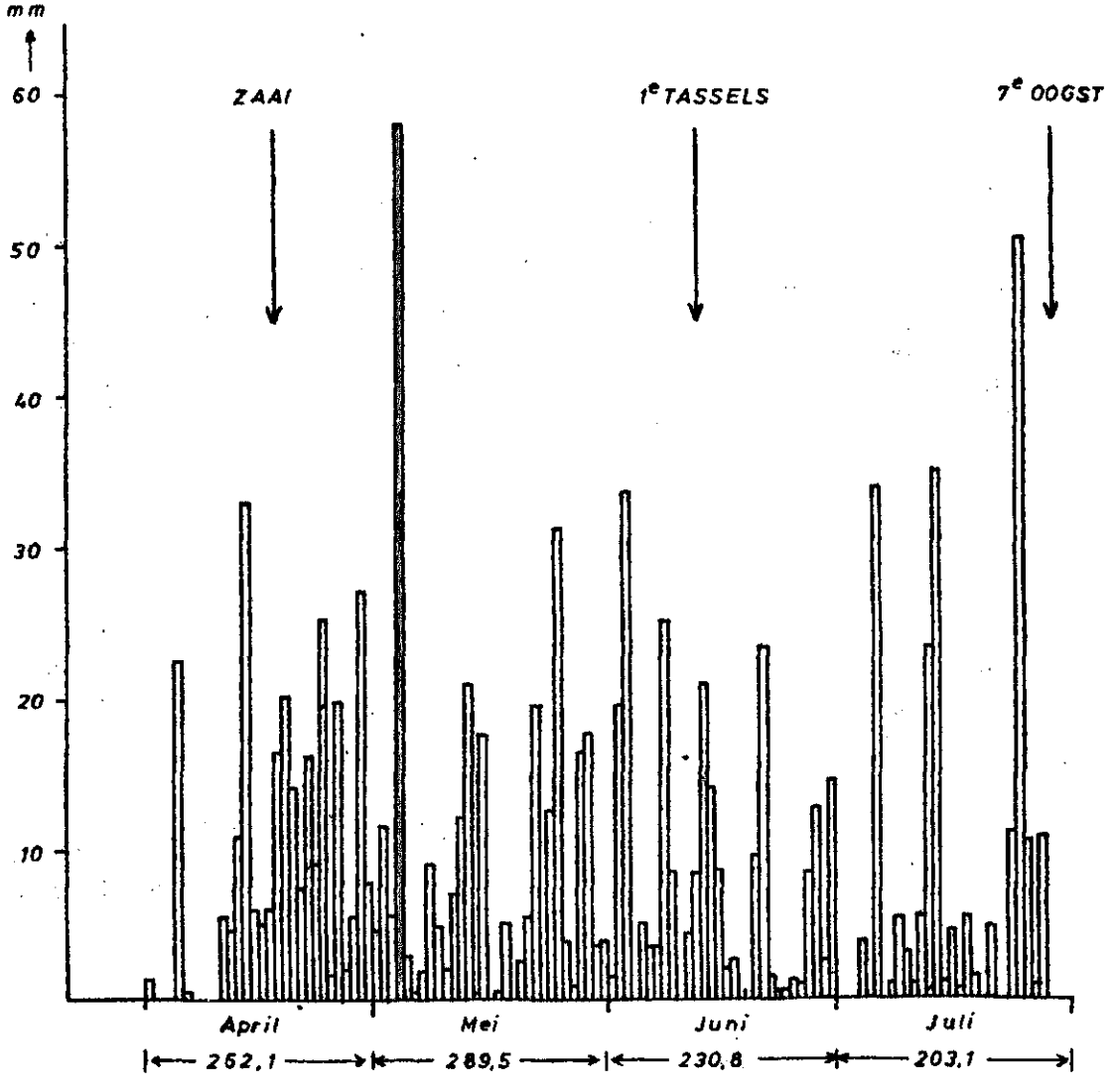


Fig. 2. Verloop van de dagelijkse hoeveelheid neerslag te Kabo in de periode april-juli 1980.

Met name de eerste weken zorgden de buien voor veel wateroverlast op de veldjes. In enkele veldjes moest het oogsten worden gestaakt o.a. door in het begin van het groeiseizoen opgelopen waterschade.

4. RESULTATEN

4.1. Gewasontwikkeling

Zaai en kieming van het gewas hebben onder zeer vochtige omstandigheden plaatsgevonden. In alle veldjes was sprake van een redelijke kieming en met inboeten kon een goede stand van het gewas worden verkregen. Sporadisch kwamen misvormde kiemplanten voor. Deze werden verwijderd.

De zware regen aan het begin van het groeiseizoen heeft aanzienlijke schade aan het gewas berokkend. Met name in herhaling 1 en 2 werden plantrijen weggespoeld terwijl in de lagere gedeelten van het proefveld planten dood gingen door inundatie.
Het rond het veld met behulp van een ploeg trekken van een voor had weinig succes. De ontwikkeling van het gewas liet dan ook zeer te wensen over. Alle veldjes raakten slecht bezet met planten en van uniformiteit was over het algemeen geen sprake. Dit bemoeilijkte de monstername in die zin dat vermoedelijk niet altijd representatieve planten werden geoogst.

De invloed die de regen heeft gehad op de bemesting is moeilijk na te gaan. Zeer waarschijnlijk heeft er oppervlakkige afvoer van mest van de veldjes plaatsgehad.

Tasseling werd voor het eerst waargenomen 8 WNZ, silking 9 WNZ. Op dat moment verschilden binnen de veldjes planten zo in groeifase dat het tijdstip 50% tasseling en silking niet kon worden vastgesteld.

Gebreksverschijnselen werden het eerst waargenomen in de 0-veldjes. Paarskleuring van de bladeren trad op, na enkele weken verdween dit weer. Na de bloei trad binnen veel veldjes onafhankelijk van de behandeling stikstof-gebrek op, meestal bij een beperkt aantal planten.

Na de bloei stierf het blad onder de kolf zeer snel af. Boven de kolf bleef het blad levend tot ca. 13 WNZ. Vijftien WNZ was een aanzienlijk aantal van de planten reeds dood.

Van dit algemene beeld weken de 0-veldjes af. Op deze veldjes was de gewasontwikkeling trager en bleef al het blad tot 15 WNZ groen.

4.2. Groeianalyse

4.2.1. De drooggewichtstoename* en verdeling

In Figuur 3 is de drooggewichtstoename in de tijd van enkele karakteristieke behandelingen weergegeven.

De groei van het 0-veldje komt zeer traag op gang en blijft in alle opzichten achter bij de groei in de overige behandelingen.

* N.B.: Onder drooggewicht wordt verstaan de in de plant onder invloed van fotosynthetische processen gevormde organische producten (90%), plus de uit de grond opgenomen minerale bestanddelen (10%)

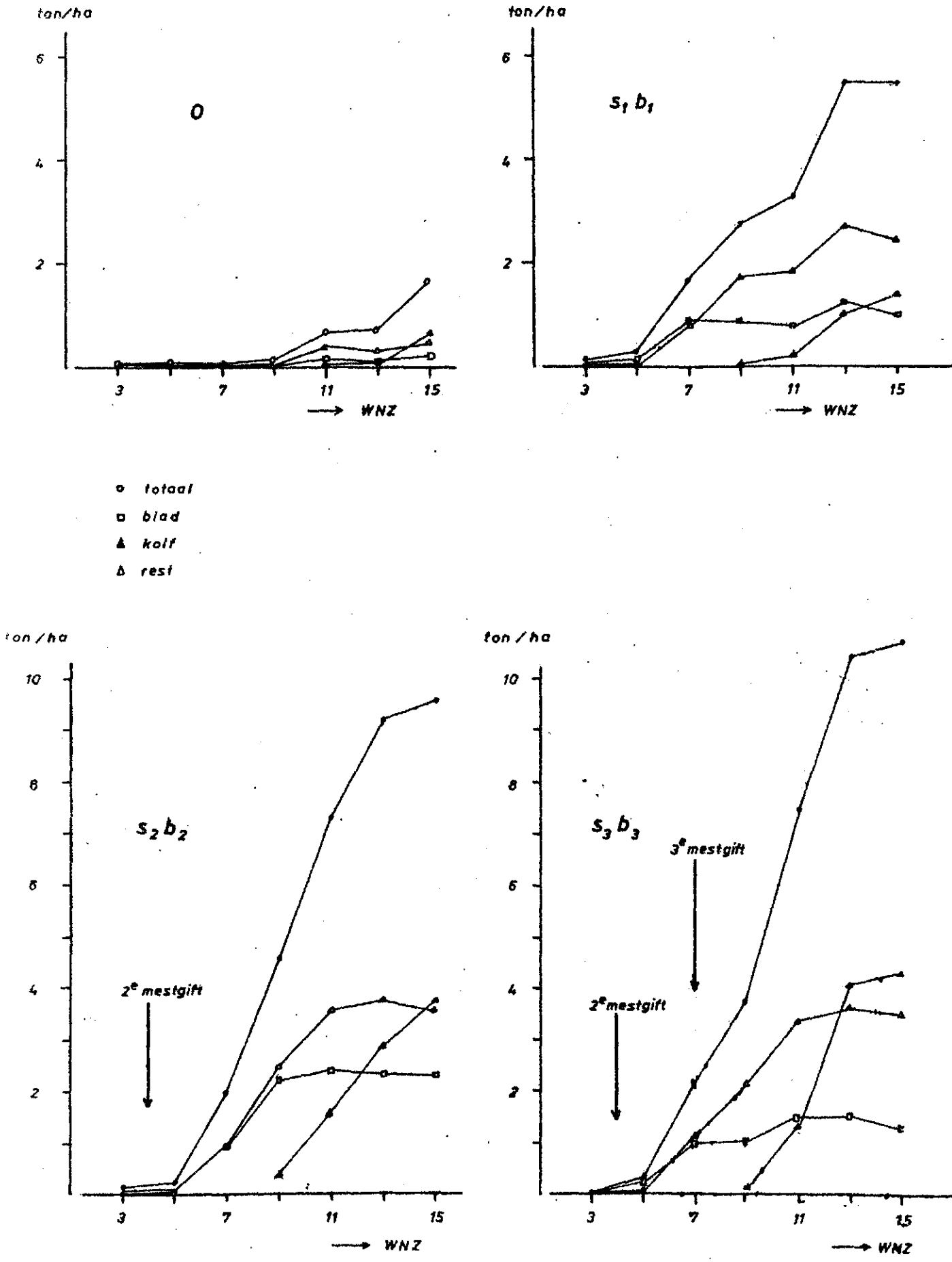


Fig. 3. Verloop van het drooggewicht van blad, kolf, de overige delen en van het totaal, voor vier behandelingen.

Vijftien WNZ is nog geen afname in de groei te constateren. De productie aan kolfmateriaal gedraagt zich hetzelfde. De eerste rijpe kolven werden pas in de 11e week geoogst, d.w.z. twee weken later dan in de overige behandelingen. De groei van de kolven lijkt 13 WNZ pas op gang te zijn gekomen.

Ook de behandeling s_1b_1 geeft een trage groei en een laag drooggewicht aan het einde van het groeiseizoen te zien. De overige twee behandelingen vertonen veel steilere groeicurves. Van deze vier behandelingen gaf s_3b_3 het hoogste drooggewicht (10,7 ton) aan het eind van het groeiseizoen. Dit geldt eveneens voor het kolfgewicht (Tabellen 3 en 4).

Tabel 3. Totale drooggewichten (kg/ha) op twee tijdstippen in het groeiseizoen in relatie tot bemestingsniveau en wijze van splitsen van de mestgift. Gelijke letters: geen significant verschil (DMRT 5%)

	9 WNZ				15 WNZ			
	s_1	s_2	s_3	gem.	s_1	s_2	s_3	gem.
b_1	2768	3305	2722	2932	5477c	7242bc	7409bc	6709
b_2	3642	4636	4843	4374	8517ab	9641ab	11049a	9736
b_3	3500	4912	3731	4048	7261bc	9565ab	10755a	9194
gem.	3303	4285	3765	3785	7085	8816	9738	8546

0-veldje	: 138	0-veldje	: 1669
s.d.	= 1 507	s.d.	= 1 545
VC	= 40%	VC	= 18%

Afgezien van het 0-veldje hebben alle groeicurves een s-vorm; een zeer trage groei aan het begin, een periode met een constante groeisnelheid, en een afnemende groeisnelheid aan het einde van het groeiseizoen.

Tabel 4. Kolfopbrengsten (kg/ha) in relatie tot bemestingsniveau en wijze van splitsen van de mestgift (15 WNZ). Gelijke letters: geen significant verschil (DMRT 5%)

	s_1	s_2	s_3	gem.
b_1	1478c	2581bc	2918abc	2326
b_2	2861bc	3748ab	4727a	3779
b_3	2773bc	3432ab	4291ab	3499
	2371	3254	3979	

0-veldje	: 665
s.d.	= 943
VC	= 29%

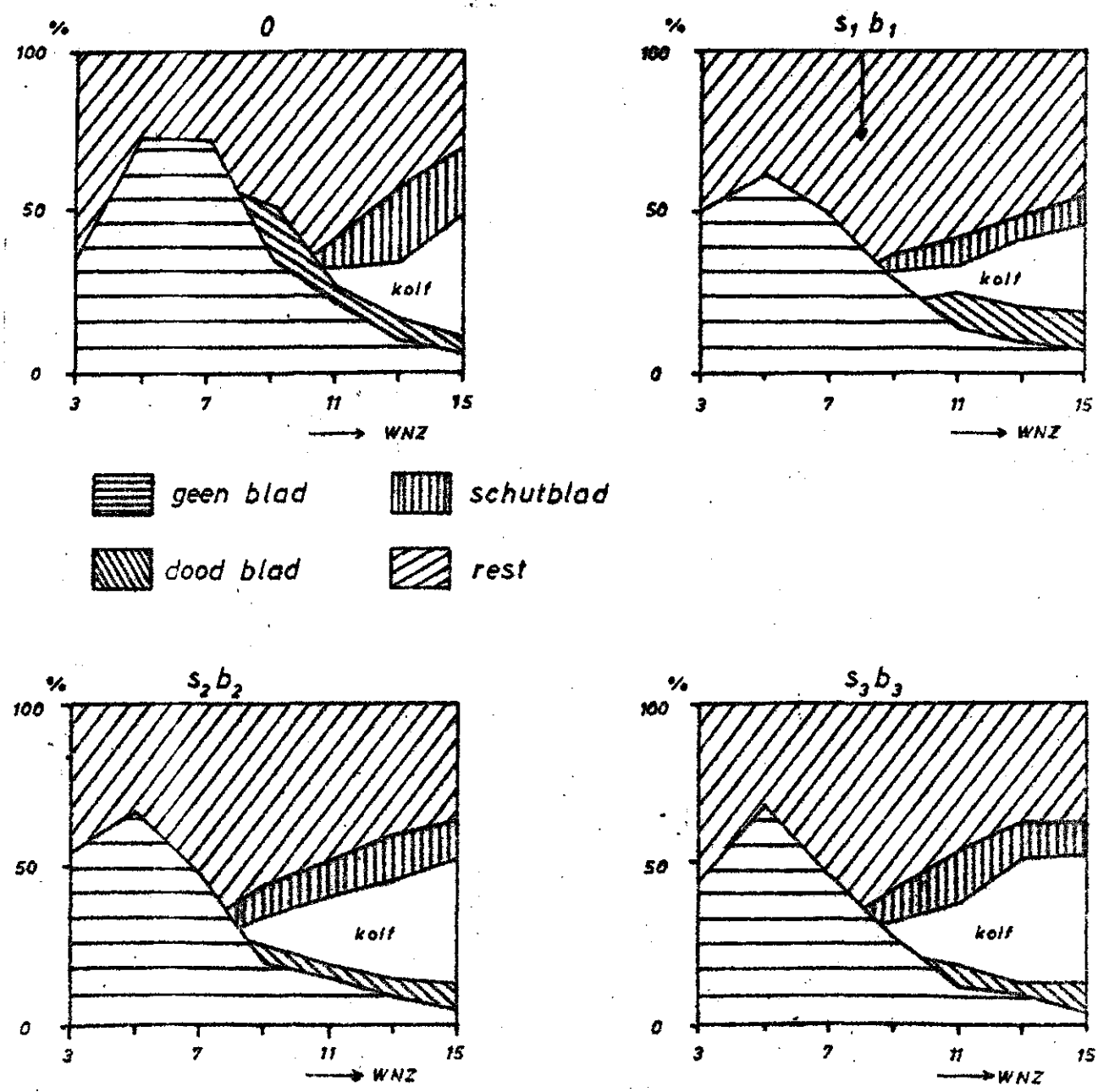


Fig. 4. Procentuele verdeling van het drooggewicht over groen blad, dood blad, schutblad, kolf en de overige delen, voor vier behandelingen tijdens het groeiseizoen.

Van elke behandeling is de totale opbrengst van de 4e en de 7e oogst samengevat in Tabel 3. Negen WNZ zijn de verschillen in drooggewicht tussen de behandelingen nauwelijks significant. Met een overschrijdingskans van 11% zou eventueel een bemestingseffect onderscheiden kunnen worden. Vijftien WNZ zijn de verschillen tussen de behandelingen meer uitgesproken. Er is zowel sprake van een bemestingseffect als een splitsingseffect, beide met een overschrijdingskans lager dan 1%. Interactie is niet aanwezig. Bij beschouwing van de randgemiddelden valt op dat het totale drooggewicht toeneemt naarmate de meststof meer gespreid over het groeiseizoen gegeven wordt. Bemestingsniveau 1 blijkt een duidelijk lager drooggewicht op te leveren dan b_2 en b_3. Van b_2 naar b_3 vindt een geringe afname in drooggewicht plaats.

De kolfgewichten 15 WNZ (7e oogst) zijn samengevat in Tabel 4. Aangezien het materiaal voor analyse gedestrueerd diende te worden zijn geen korrelopbrengsten bepaald. De effecten verschillen niet wezenlijk van die van het totale drooggewicht 15 WNZ. Het bemestingseffect en het splitsingseffect hebben beiden een iets hogere overschrijdingskans (resp. 3 en 1%).

De verdeling van het drooggewicht over de verschillende plantenonderdelen vertoont voor alle behandelingen eenzelfde beeld (Fig. 4): na de kieming een relatief snelle toename van het bladgewicht en vervolgens een daling ten koste van het stengelgewicht. Ten tijde van tasseling neemt de stengel het grootste gedeelte van het totale gewicht voor zijn rekening. Na silking neemt de kolf relatief snel in gewicht toe. Het gewicht in de tijd aan schutblad blijft procentueel min of meer constant evenals het gewicht aan dood blad.

Tabel 5. Kolfgewicht als percentage van het totale drooggewicht in relatie tot bemestingsniveau en splitsen van de mestgift (15 WNZ)

	s_1	s_2	s_3	gem.
b_1	27,0	35,6	39,4	34,0
b_2	33,6	38,9	42,8	38,4
b_3	38,2	35,9	39,9	38,0
gem.	32,9	36,8	40,7	

De kolfopbrengst in procenten (oogstindex) van het totale drooggewicht blijkt afhankelijk te zijn van de behandelingen (Tabel 5). De oogstindex neemt toe naarmate de mestgift meer gesplitst wordt, van bemestingsniveau 1 naar 2 vindt een toename van de oogstindex plaats, van 2 naar 3 een geringe daling.

4.2.2. Planthoogten

In Figuur 5 zijn de S- en B-gemiddelden van de planthoogten tijdens het groeiseizoen weergegeven.

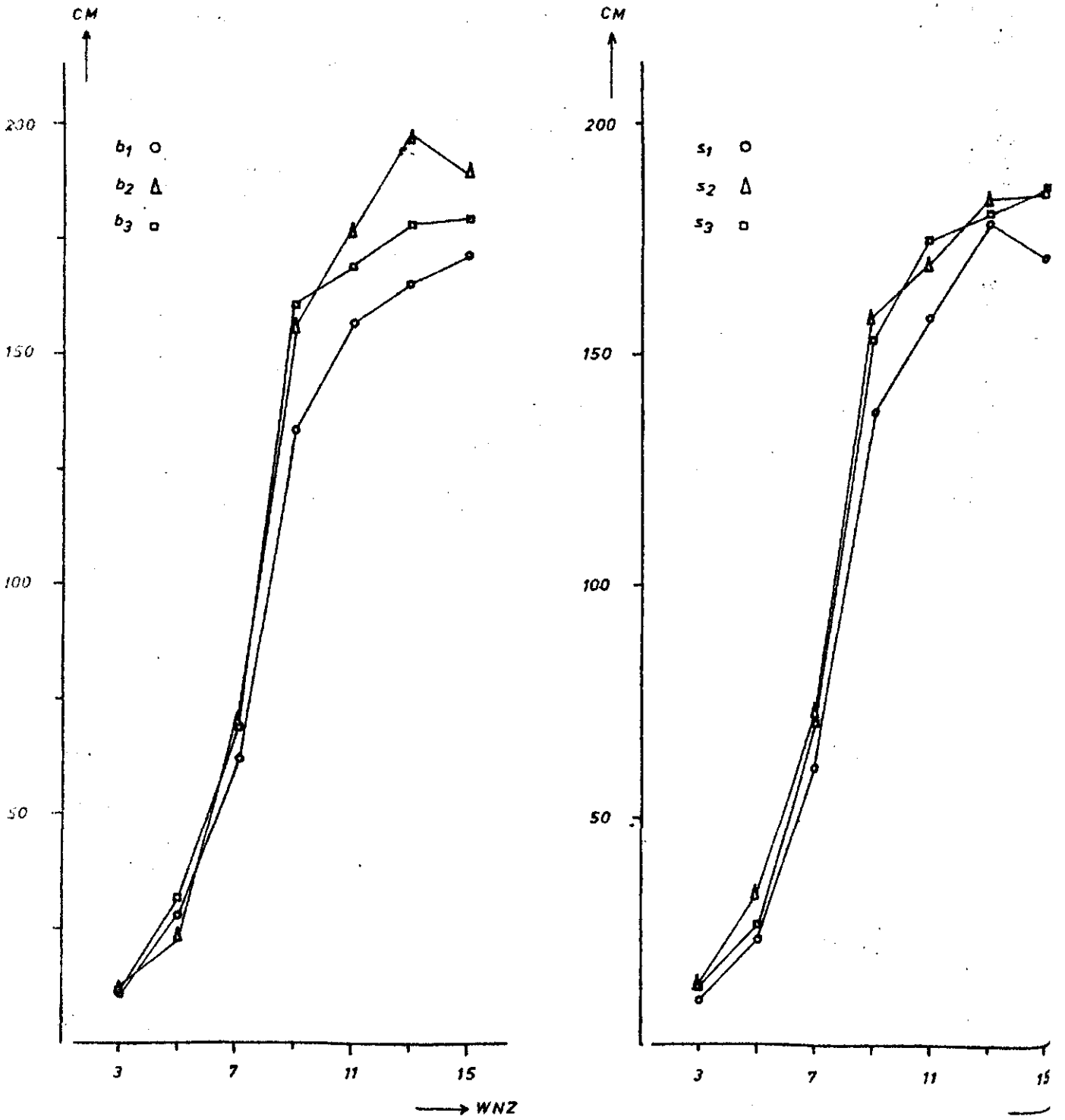


Fig. 5. Verloop van de planthoogte voor drie bemestingsniveaus (gemiddelde over s_1, s_2 en s_3) en drie wijzen van splitsen van de mestgift (gemiddeld over b_1, b_2 en b_3).

De waarden voor de drie s-trappen werden verkregen door over elke trap van S de waarde van de drie b-trappen te middelen, voor de drie b-trappen is er gemiddeld over de s.

Het verloop van de planthoogte in de tijd blijkt zich volgens een S-curve te gedragen. Het lineaire gedeelte van deze curve begint na ca. 5 weken, op hetzelfde moment als de toename aan drooggewicht een lineair verloop krijgt (Fig. 5), maar buigt eerder af (na 9 WNZ) dan de groeicurves.

Zowel de s_1 als de b_1 behandelingen lijken in planthoogte achter te blijven bij de overige. Verschillen in planthoogte tussen s_2 en s_3 zijn niet duidelijk. De b_2 behandelingen echter hebben gemiddeld hogere planten opgeleverd dan de b_3 behandelingen.

4.2.3. Aantal kolven per plant

Het aantal kolven per plant van de 9 behandelingscombinaties staat vermeld in Tabel 6. De variatiecoëfficiënt van deze waarnemingen is erg hoog, hetgeen op een relatief grote spreiding wijst. Variantieanalyse op het aantal kolven per plant bracht een nauwelijks te onderscheiden bemestingseffect aan het licht (p = 0,09%). Zoals ook de randgemiddelden doen vermoeden is er geen aantoonbaar s-effect. Ook een interactieeffect is niet aanwezig.

Tabel 6. Aantal kolven per maisplant in relatie tot het bemestingsniveau en de wijze van splitsen van de mestgift (11 WNZ)

	s_1	s_2	s_3	gem.
b_1	0,8	0,6	0,7	0,7
b_2	1,0	1,2	1,0	1,1
b_3	1,1	1,1	1,3	1,2
gem.	1,0	1,0	1,0	

0-veldje : 0,4
s.a. = 0,36
VC = 38%

4.2.4. De Leaf Area Index

De Leaf Area Index heeft voor alle behandelingen hetzelfde verloop: een snelle toename in de periode 3-7 WNZ en vervolgens een geleidelijke daling tot aan de oogst. Het tijdstip waarop de LAI het maximum bereikt verschilt enigszins per behandeling. Bij het lage bemestingsniveau wordt het maximum bereikt 7 WNZ, bij de overige twee weken later. Dit wordt geillustreerd in Figuur 6 waar weer de randgemiddelden zijn uitgezet tegen de tijd voor de 7 oogsten. De s_1- en de b_1-curven vertonen een lager maximum en een snellere daling direct na het maximum dan de s_2-, s_3-, b_2- en b_3-curven. Voor wat deze laatste 4 betreft ontlopen het verloop en het niveau van de LAI elkaar weinig.

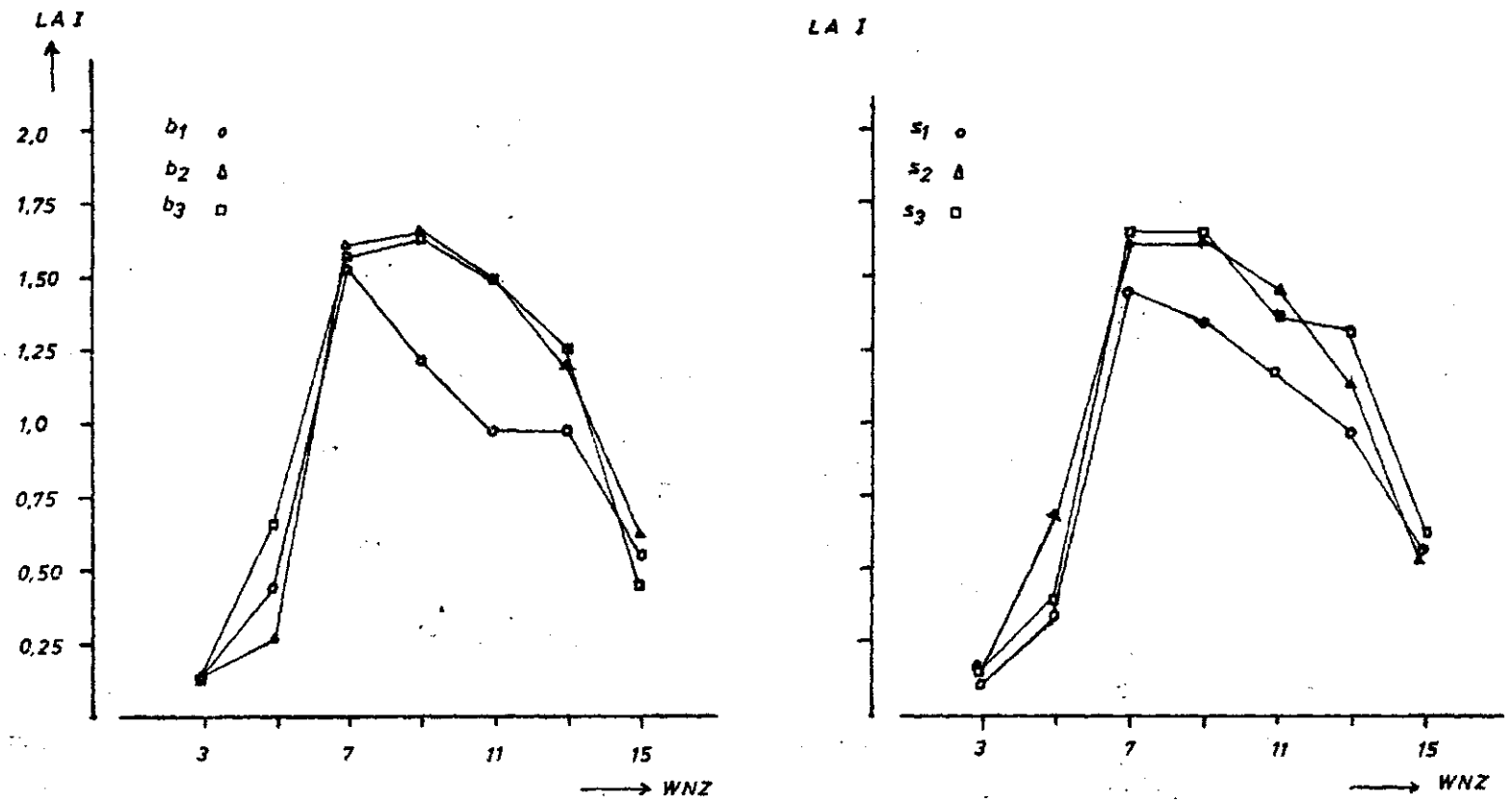


Fig. 6. Verloop van de LAI voor drie bemestingsniveaus (gemiddeld over s_1, s_2 en s_3) en drie wijzen van splitsen van de mestgift (gemiddeld over b_1, b_2 en b_3).

4.2.5. Groeisnelheden

De resultaten van de berekening van de groeisnelheid over het lineaire gedeelte van de groeicurve zijn samengevat in Tabel 7. Zij zijn berekend met behulp van lineaire regressie van vijf (totale drooggewicht) of vier (kolfgewicht) factorgemiddelden over vijf resp. vier oogsten. De regressiecoëfficiënt kan beschouwd worden als de absolute gemiddelde groeisnelheid (Crop Growth Rate) in kg/ha per dag over de betrokken periode (zie pag. 13).

Tabel 7. Regressiecoëfficiënten, intercepten en r^2-waarden van het totale drooggewichtsverloop (5-11 WNZ) en het totale kolfgewichtsverloop (9-15 WNZ) in de tijd, door drie wijzen van splitsen van de mestgift en drie bemestingsniveaus

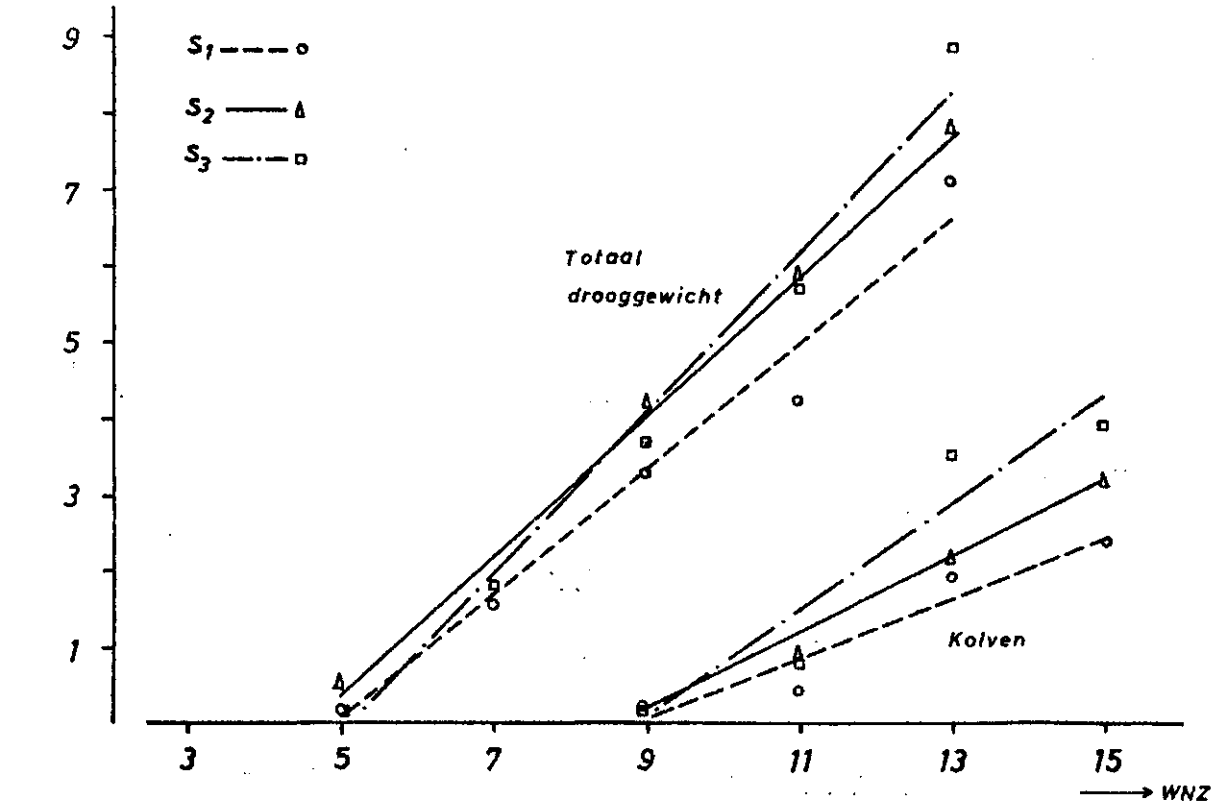
	totale drooggewicht			kolfgewicht		
	$\hat{b}$	intercept	r^2	$\hat{b}$	intercept	r^2
s_1	119,9	-4259	0,9600*	64,2	-4141	0,9183*
s_2	135,5	-4505	0,9903*	77,9	-4851	0,9900*
s_3	153,8	-5584	0,9720*	107,1	-6797	0,9189*
b_1	96,3	-3176	0,9726*	62,2	-4103	0,9362*
b_2	169,3	-6273	0,9699*	98,5	-6082	0,9099*
b_3	143,6	-4899	0,9889*	88,7	-5605	0,9872*

* p kleiner dan 0,1%

De wijze van splitsen van de mestgift (S) blijkt duidelijk invloed te hebben gehad op de gemiddelde CGR. Meer splitsen van de mestgift geeft over de genoemde periode een hogere CGR te zien voor zowel totaal drooggewicht als kolfgewicht.

Van bemestingsniveau 1 naar 2 heeft er een zeer sterke toename van de CGR plaats bij zowel totaal drooggewicht als kolfgewicht. Van bemestingsniveau 2 naar 3 neemt de CGR iets af.

Regressiecoëfficiënten gecombineerd met intercepten leveren voor elke trap van de beide factoren splitsing en bemesting voor het verloop van totaal drooggewicht en het kolfgewicht regressielijnen op (Fig. 7). Het verloop van de lijnen sluit aan bij de in Tabel 7 genoemde resultaten: voor de s-trappen een geleidelijke toename indien de meststof meer gespreid over het seizoen gegeven wordt en een zeer sterke toename van b_1 naar b_2 en een geringe daling van b_2 naar b_3. De ingetekende meetpunten geven een idee van de afwijking van de waarnemingen van de regressielijn. Deze is in sommige gevallen aanzienlijk. Het aantonen van significante verschillen tussen de lijnen bleek dan ook niet altijd mogelijk (Tabel 8). Verschillen in hoogte bleken in vrijwel alle gevallen significant; verschillen in helling echter niet. Een toets op een combinatie van beide toonde in 9 van de 12 vergelijkingen tussen regressielijnen significant verschil aan ($p < 16\%$). Bij drie vergelijkingen (s_1 - s_3, s_2 - s_3 (kolf) en b_1 - b_3 (kolf) kon geen verschil worden aangetoond.



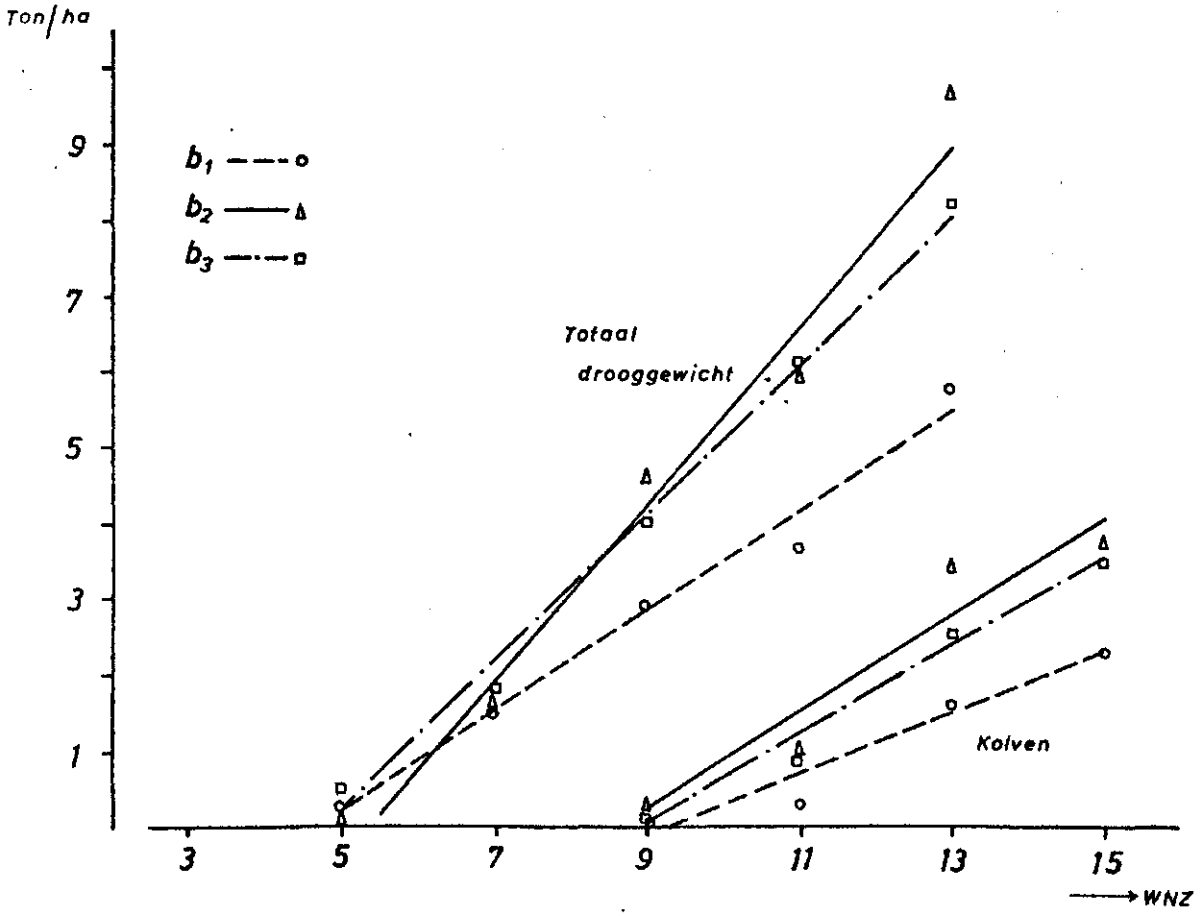


Fig. 7. Regressielijnen voor het verloop van het totale drooggewicht (incl. kolf) en het drooggewicht van de kolf bij drie wijzen van splitsen van de mestgift en drie bemestingsniveaus.

Tabel 8. Overschrijdingskansen (%) voor ongelijkheid van hoogte, helling en totaal van regressielijnen op totaal drooggewicht en kolfgewicht voor zes onderlinge vergelijkingen

	totale drooggewicht			kolfgewicht		
	hoogte	helling	totaal	hoogte	helling	totaal
$s_1 - s_2$	1	3*	1**	10	ns	16
$s_1 - s_3$	3	ns*	ns	5	ns	5**
$s_2 - s_3$	5	ns	7	ns	ns	ns
$b_1 - b_2$	5	2	1**	4	10	5**
$b_1 - b_3$	2	ns	4	7	ns	ns
$b_2 - b_3$	1**	ns	5	2	ns	15

* ns = niet significant

** kleiner dan

4.3. Ionenopname

4.3.1. Gehaltes in bladschijf, kolf en rest

In Tabel 9 zijn de gehaltes in de bladschijven voor 2 behandelingen samengevat.

Tabel 9. Gehaltes in de bladschijven in % van het drooggewicht (105°C) aan N, P, K, Ca en Mg voor twee behandelingen op zeven tijdstippen in het groeiseizoen

	N		P		K		Ca		Mg		
oogst no.	s_1b_1	s_3b_2	s_1b_1	s_3b_2	s_1b_1	s_3b_2	s_1b_1	s_3b_2	s_1b_1	s_3b_2	WNZ
1	2,63	3,26	0,74	1,60	2,7	4,3	0,33	0,83	0,31	0,35	3
2	1,91	2,36	0,28	0,42	2,8	2,9	0,16	0,15	0,18	0,17	5
3	1,77	2,21	0,27	0,37	2,3	3,2	0,48	0,45	0,13	0,15	7
4	1,57	2,13	0,23	0,29	1,6	1,5	0,42	0,47	0,20	0,23	9
5	1,63	2,21	0,30	0,31	1,4	1,6	0,63	0,74	0,20	0,24	11
6	1,64	1,87	0,25	0,32	0,7	1,4	0,74	0,53	0,27	0,23	13
7	1,54	1,85	0,27	0,24	0,7	1,1	0,73	0,71	0,27	0,24	15

De behandeling s_1b_1 houdt een theoretisch zeer ongunstige wijze van bemesten in tezamen met een laag bemestingsniveau; behandeling s_3b_2 houdt de wijze en het niveau van bemesting in die voor mais te Coebiti en Kabo gebruikelijk zijn. Voor beide behandelingen dalen de N-, P- en K-gehaltes in de loop van het groeiseizoen. Voor N en P vindt de snelste daling plaats in de periode 3-5 WNZ (oogst 1-2), voor K in de periode 7-9 WNZ (oogst 4-5).

Ca en Mg geven een snelle daling te zien in de periode 3-5 WNZ, gevolgd door een langzame stijging tot het einde van het groeiseizoen. De overige behandelingen (niet opgenomen) wijken van dit beeld weinig af.

Vergelijking van de behandelingen levert voor de verschillende elementen een verschillend beeld. Het gehalte aan N blijft bij alle zeven oogsten bij behandeling s_3b_2 hoger dan bij s_1b_1. Zowel het absolute als het relatieve verschil tussen de gehaltes van de beide behandelingen neemt echter af. Het fosfaatgehalte van de bladschijf bij behandeling s_3b_2 is bij de eerste drie oogsten belangrijk hoger dan bij s_1b_1. Negen WNZ zijn de verschillen gering geworden. Iets dergelijks is met Ca het geval. Na vijf weken is er echter al geen sprake meer van een duidelijk verschil tussen beide behandelingen. De K-gehaltes lijken aan het begin en aan het einde van het groeiseizoen voor behandeling s_3b_2 wat hoger te zijn dan voor behandeling s_1b_1. In de periode 5-11 WNZ schommelen de waarden te sterk om hierover een uitspraak te kunnen doen. De gehaltes aan Mg zijn voor beide behandelingen praktisch gelijk.

De gehaltes in de kolf en in de overige plantendelen zijn weergegeven in de Tabellen 10 en 11. Voor alle elementen vindt bij de kolf een daling plaats in gehalte in de loop van het groeiseizoen. De verschillen tussen beide behandelingen zijn verwaarloosbaar.

Tabel 10. Gehaltes in kolf (spil + korrel) in % van het drooggewicht (105°C) aan N, P, K, Ca en Mg voor 2 behandelingen op 4 tijdstippen in het groeiseizoen

	N		P		K		Ca		Mg		
oogst no.	s_1b_1	s_3b_2	s_1b_1	s_3b_2	s_1b_1	s_3b_2	s_1b_1	s_3b_2	s_1b_1	s_3b_2	WNZ
4	2,32	2,30	0,44	0,47	2,2	1,7	0,11	0,07	0,16	0,16	9
5	1,34	2,03	0,35	0,41	1,3	1,4	0,05	0,04	0,10	0,13	11
6	1,44	1,44	0,34	0,31	0,7	0,5	0,06	0,02	0,13	0,10	13
7	1,42	1,42	0,32	0,33	0,5	0,5	0,06	0,000	0,10	0,11	15

Het gehalte in de overige plantendelen (Tabel 11) gedraagt zich voor een belangrijk gedeelte als de gehaltes in de bladschijven; een daling voor N, P en K met echter nu voor N en P een snelle daling in de periode 7-9 WNZ. De Ca- en Mg-gehaltes vertonen een stijging in het begin van het groeiseizoen gevolgd door een geleidelijke daling.

Ook de verschillen tussen de gehaltes bij de twee behandelingen gedragen zich in de meeste opzichten als bij de bladschijven. Het Ca-gehalte echter verschilt gedurende het gehele groeiseizoen niet bij beide behandelingen. Het K-gehalte lijkt gedurende het hele groeiseizoen voor behandeling s_3b_2 hoger te zijn dan voor behandeling s_1b_1.

Wordt het verloop van de gehaltes in het groeiseizoen voor de drie plantendelen onderling vergeleken per element, dan valt op dat bij N het blad het hoogste gehalte heeft van de drie delen gedurende het hele groeiseizoen, terwijl het gehalte van de rest na een snelle daling in het begin absoluut het laagste van de drie plantendelen uitkomt. Voor P en K liggen de gehaltes voor de drie plantendelen in dezelfde orde van grootte en verschilt ook het verloop in het groeiseizoen onderling weinig. Het Ca- en Mg-gehalte blijkt bij de kolven het laagst te liggen en bij de bladschijven het hoogst.

Tabel 11. Gehaltes in stengel + schutblad + tassels + bladscheden in % van het drooggewicht (105°C), aan N, P, K, Ca en Mg voor twee behandelingen op zeven tijdstippen in het groeiseizoen

	N		P		K		Ca		Mg		
oogst no.	s_1b_1	s_3b_2	s_1b_1	s_3b_2	s_1b_1	s_3b_2	s_1b_1	s_3b_2	s_1b_1	s_3b_2	WNZ
1	2,81	3,29	0,60	1,06	4,3	6,1	0,22	0,23	0,27	0,33	3
2	1,88	2,62	0,31	1,18	4,0	4,8	0,16	0,23	0,22	0,47	5
3	1,20	1,68	0,25	0,30	1,9	3,3	0,55	0,39	0,25	0,20	7
4	0,73	1,11	0,16	0,22	0,9	3,1	0,19	0,21	0,13	0,14	9
5	0,50	0,83	0,14	0,17	0,9	1,0	0,18	0,20	0,06	0,08	11
6	0,59	0,59	0,14	0,11	0,6	0,9	0,18	0,15	0,12	0,12	13
7	0,53	0,61	0,10	0,10	0,6	1,1	0,15	0,16	0,08	0,08	15

4.3.2. Opname

De opname in kg/ha is voor de verschillende elementen weergegeven in de Figuren 8, 9, 10 en 11. Voor alle elementen is de opname voor twee karakteristieke behandelingen in de tijd uitgezet; voor N, P en K is tevens het verloop van de factorgemiddelden in de tijd weergegeven.

Voor de elementen N, P, K en Mg blijft de totale opname bij behandeling s_1b_1 sterk achter bij behandeling s_3b_2. Bij Ca is een verschil in opname aanwezig doch niet uitgesproken.

Bij de elementen N en P nemen met name de kolven in geval van een hogere mestgift en betere spreiding extra element op. Bij het element K blijkt bij de behandeling s_3b_2 vooral de rest, i.e. de stengel plus schutblad, bladscheden en pluimen, een veel grotere opname te vertonen dan bij behandeling s_1b_1. Bij Ca is de opname door de kolf verwaarloosbaar; blad en rest blijken beiden een hogere opname te vertonen bij behandeling s_3b_2. Bij Mg nemen zowel de bladschijven als de kolf en rest meer op bij deze behandeling in vergelijking tot behandeling s_1b_1.

Bij beschouwing van het verloop van de factorgemiddelden in de tijd (Fig. 8, 9, 10) blijken voor de elementen N en K het laagste niveau van splitsing en het laagste bemestingsniveau voor de laagste opname te zorgen. Splitsingsniveau 3 ontloopt splitsingsniveau 2 weinig aan het begin van het groeiseizoen; 11 WNZ neemt de opname van N en K bij s_3 sterk toe. De bemestingsniveaus 2 en 3 ontlopen elkaar wat betreft de opname weinig. Bij P is de invloed van splitsen van de N- en K-mestgift weinig uitgesproken. Het laagste niveau van bemesten heeft de laagste opname tot gevolg. Een verschil in opname tussen b_2 en b_3 manifesteert zich pas aan het einde van het groeiseizoen.

4.3.3. Procentuele verdeling

In Figuur 12 is de procentuele verdeling van vijf elementen over drie plantendelen uitgezet tegen de tijd. Alle figuren betreffen behandeling s_3b_2.

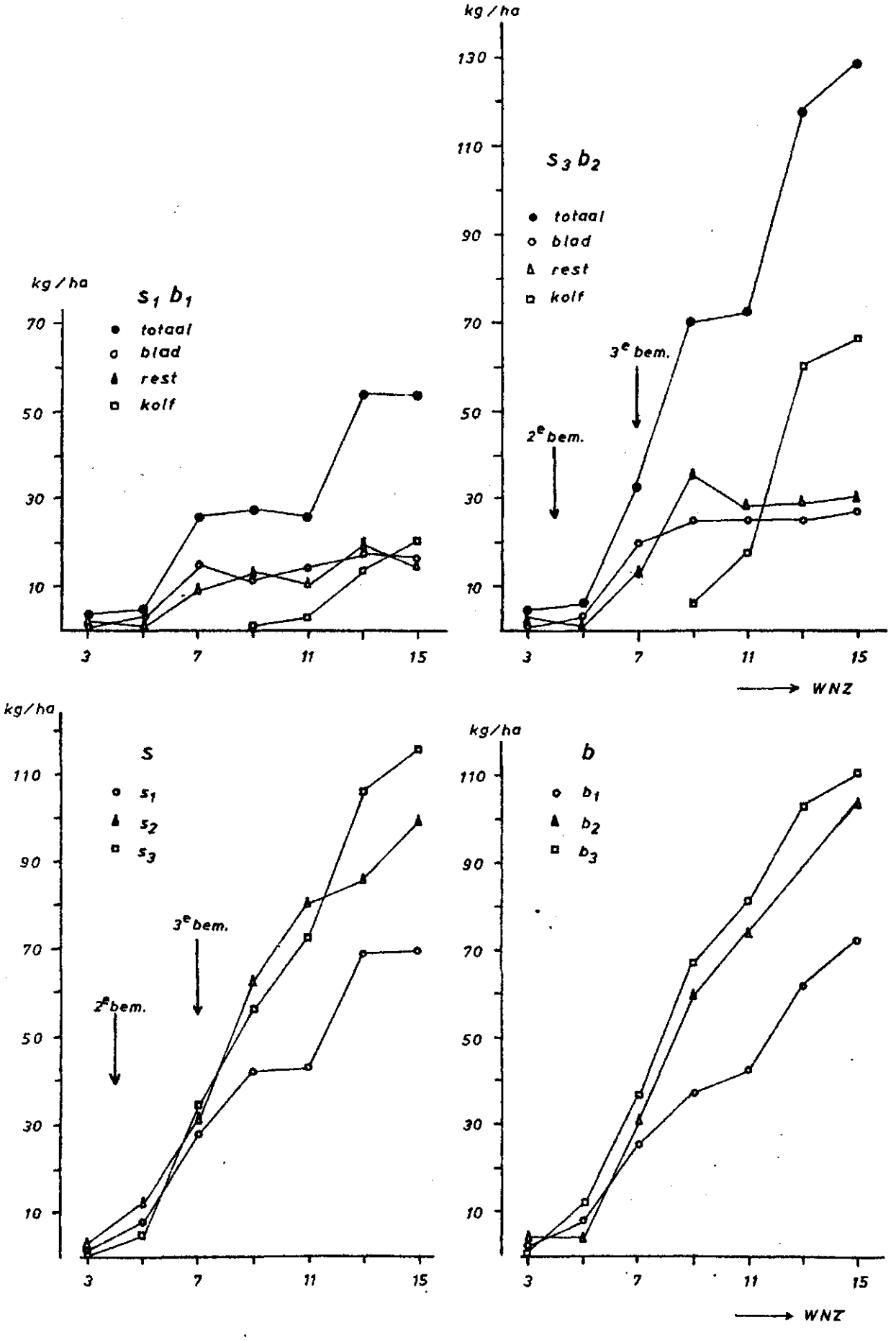


Fig. 8. N-opname (kg/ha) in de loop van het groeiseizoen voor twee behandelingen (boven) en voor drie wijzen van splitsen van de mestgift (gemiddeld over b_1, b_2 en b_3) (links onder) en voor drie bemestingsniveaus (gemiddeld over s_1, s_2 en s_3) (rechts onder).

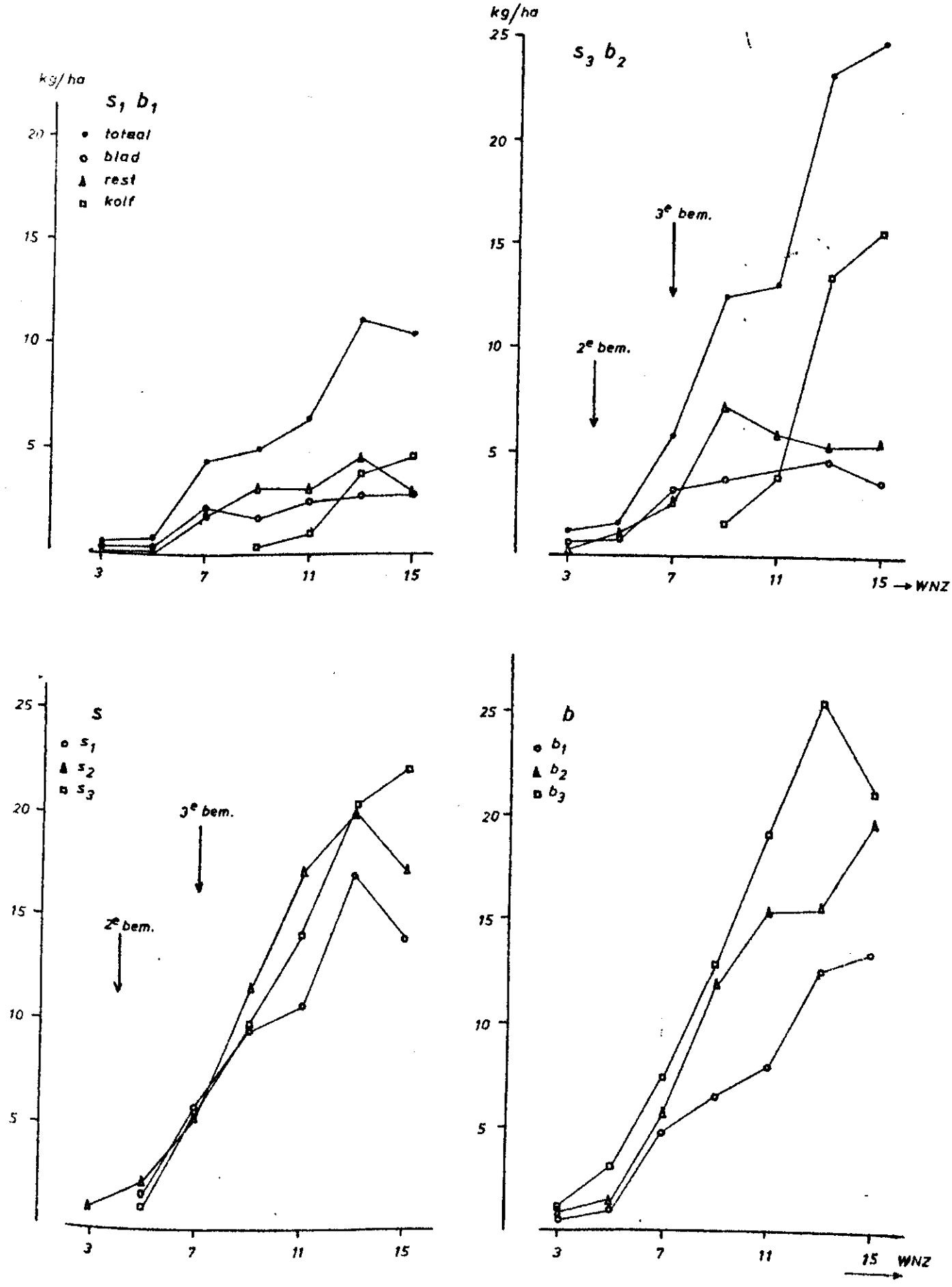


Fig. 9. P-opname (kg/ha) in de loop van het groeiseizoen voor twee behandelingen (boven) en voor drie wijzen van splitsen van de mestgift (gemiddeld over b_1, b_2 en b_3) (links onder) en voor drie bemestingsniveaus (gemiddeld over s_1, s_2 en s_3) (rechts onder).

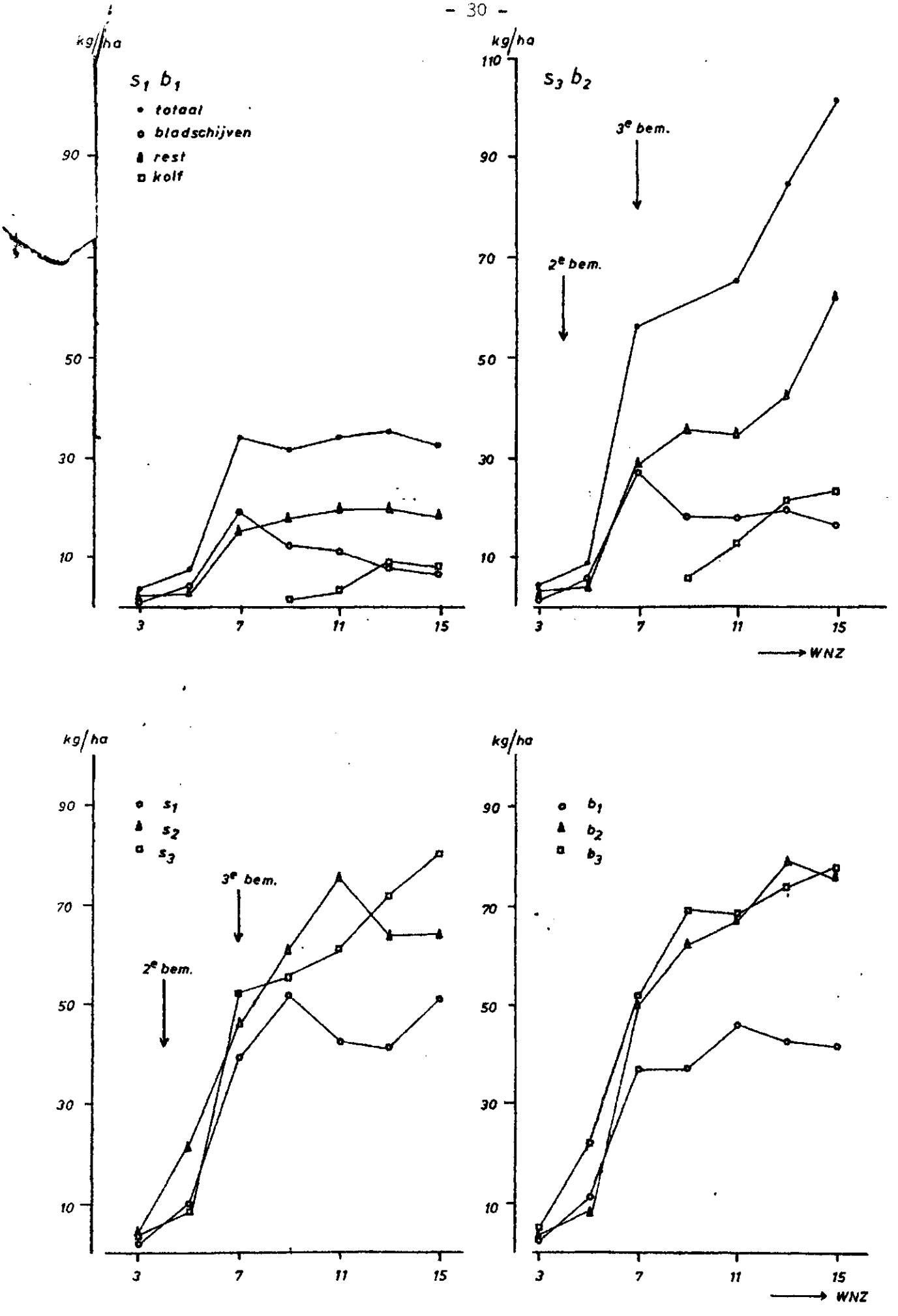


Fig. 10. K-opname (kg/ha) in de loop van het groeiseizoen voor twee behandelingen (boven) en voor drie wijzen van splitsen van de mestgift (gemiddeld over b_1, b_2 en b_3) (links onder) en voor drie bemestingsniveaus (gemiddeld over s_1, s_2 en s_3) (rechts onder).

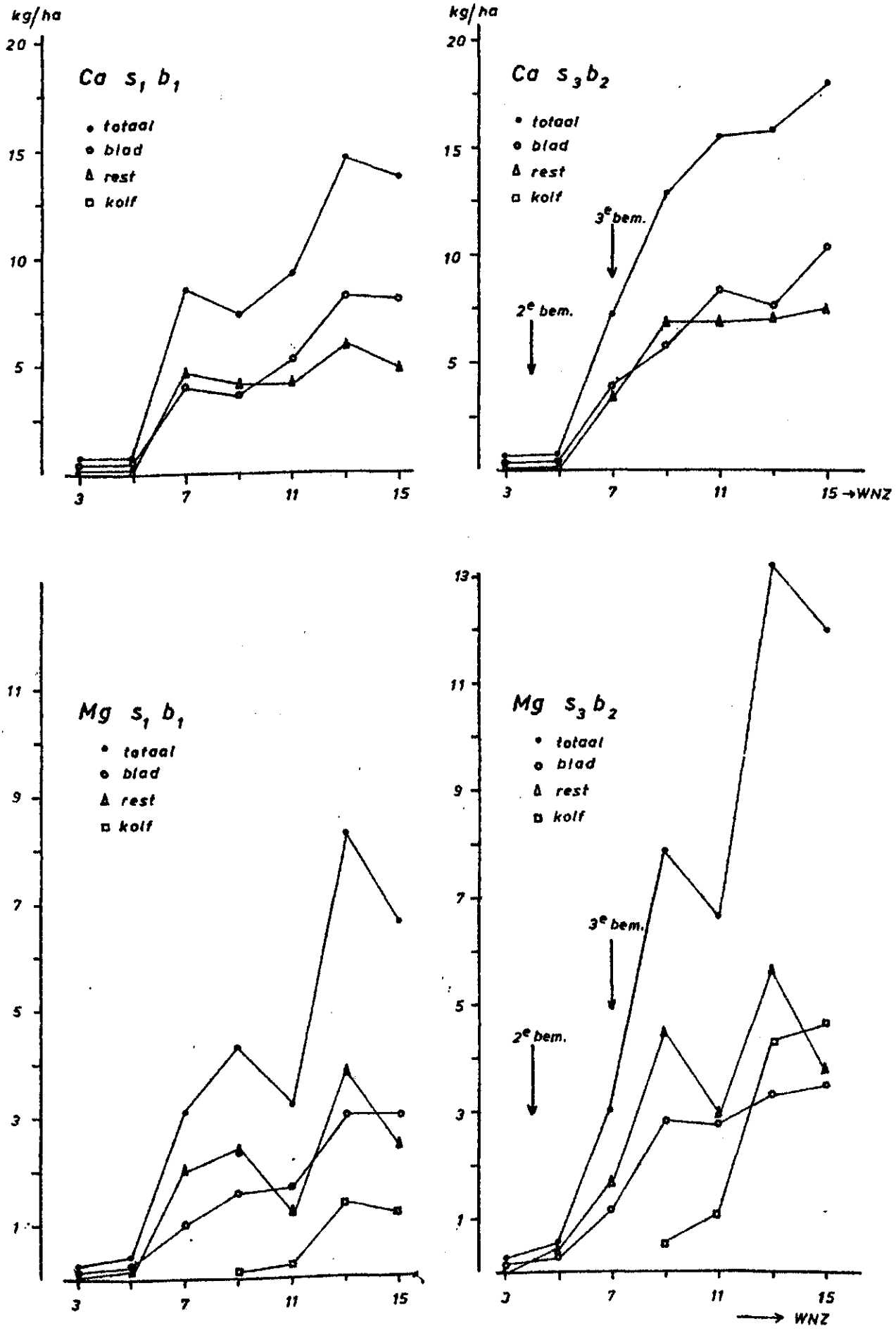


Fig. 11. Opname aan Ca en Mg (kg/ha) in de loop van het groeiseizoen voor twee behandelingen.

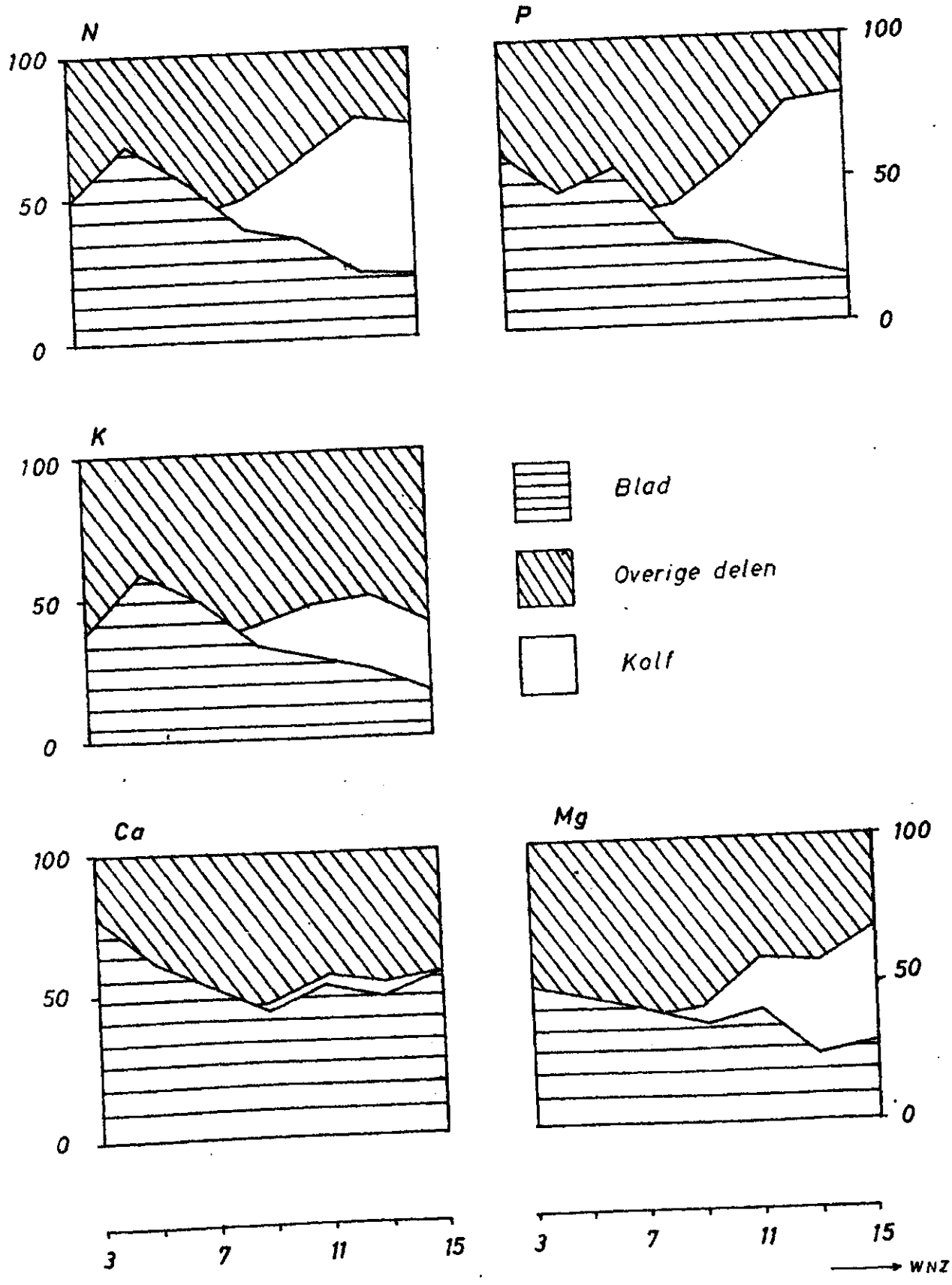


Fig. 12. Procentuele verdeling van vijf macro-elementen over blad, kolf en overige delen tijdens het groeiseizoen.

Voor de elementen N, P en Mg blijkt de kolf een aanzienlijk gedeelte van het in de plant aanwezige op te nemen. Voor K is het grootste gedeelte aanwezig in de rest. De groei van de kolf tast dit percentage niet aan. Ca wordt in de kolf praktisch niet aangetroffen. De verdeling van Ca tussen bladschijven en rest is vrij constant.

De overige behandelingen vertonen ongeveer hetzelfde beeld. Over het algemeen zijn bij de lagere bemestingsniveausde fracties N, P en Mg aanwezig in de kolf lager. Voor K neemt de relatieve hoeveelheid in de stengels toe bij lagere bemestings- en splitsingsniveaus.

4.3.4. Elementrendementen

De elementrendementen zoals deze zijn weergegeven in Tabel 12 zijn berekend als het quotiënt van de toename tussen 2 bemestingsniveaus en de toename in mestgift tussen de niveaus. In deze vorm geven de cijfers het percentage extra opgenomen element van het extra gegeven element weer. De beide in de tabel met * aangegeven cijfers blijven buiten beschouwing, vanwege de vermoedelijk door meetfouten veroorzaakte afwijkende waarden.

Tabel 12. Elementrendementen van N, P en K als het quotiënt van de toename in opname tussen 2 bemestingsniveausen de toename in mestgift tussen de niveaus voor drie bemestingstrappen (15 WNZ)

	N			P			K		
	s_1	s_2	s_3	s_1	s_2	s_3	s_1	s_2	s_3
$b_2 - b_1$	30	38	55	15	24	25	82	96	146*
$b_3 - b_2$	5	7	6	5	4	3	36	46	-63*

Van de 80 kg extra gegeven N als ureum tussen bemestingsniveau 1 en 2 blijkt een toenemend percentage te worden opgenomen indien de mest meer gespreid over het seizoen gegeven wordt. Ook voor dubbelsuperfosfaat en patentkali geldt dit. Voor ureum en dubbelsuperfosfaat daalt het rendement zeer sterk voor de extra mestgift van b_2 naar b_3. Van een stijgende trend bij toenemende splitsing is geen sprake meer. Bij patentkali daalt het rendement van $b_1 - b_2$ naar $b_2 - b_3$ veel minder.

4.4. Voedingstoestand

In Tabel 13 zijn de gehaltes ter bepaling van de voedingstoestand op twee tijdstippen weergegeven voor alle 9 behandelingen. Ook hieruit blijkt dat in de periode 4-10 WNZ de N-, P- en K-gehaltes dalen, het Ca-gehalte toeneemt en het Mg-gehalte vrij constant blijft. In hoeverre hoge gehaltes van de verschillende elementen 4 WNZ samengaan met hoge gehaltes 10 WNZ werd getoetst met de rangcorrelatietoets van Spearman.

Voor de elementen N, P en K blijkt dit het geval te zijn (p resp. 10, 4, 5, 0,5%). Voor Ca en Mg kon dit niet worden aangetoond.

Tabel 13. Gehaltes in % van vijf elementen in het laatste geheel volgroeide blad 4 WNZ (V_1) en het eerste blad boven de kolf 10 WNZ (V_2) voor negen combinaties van bemestingsniveau en wijze van splitsen van de mestgift

	N		P		K		Ca		Mg	
	V_1	V_2	V_1	V_2	V_1	V_2	V_1	V_2	V_1	V_2
s_1b_1	2,50	2,18	0,39	0,26	3,4	1,8	0,32	0,58	0,19	0,20
s_1b_2	2,83	2,33	0,82	0,32	4,2	1,9	0,34	0,54	0,28	0,22
s_1b_3	2,91	3,18	1,10	0,51	4,5	1,9	0,31	0,65	0,29	0,24
s_2b_1	2,90	2,11	0,46	0,24	3,5	1,9	0,38	0,53	0,21	0,21
s_2b_2	3,24	3,13	0,56	0,42	3,4	1,8	0,34	0,59	0,22	0,24
s_2b_3	2,79	2,89	0,74	0,49	3,8	2,1	0,27	0,59	0,21	0,25
s_3b_1	2,77	2,72	0,43	0,37	3,7	1,8	0,36	0,66	0,20	0,23
s_3b_2	3,32	2,80	0,47	0,37	3,4	1,9	0,28	0,62	0,17	0,29
s_3b_3	3,17	3,05	1,12	0,46	3,7	1,8	0,38	0,54	0,25	0,21

4.5. Grondmonsters

In Tabel 14 zijn de grondmonsteranalysecijfers samengevat van de voor zaai genomen monsters. Opvallend is het afnemende gehalte aan C, N, P en alle kationen benevens de teruglopende CEC met toenemende diepte.

Tabel 14. Grondmonsteranalyse-resultaten aan de hand van 10 submonsters per herhaling op drie diepten. Cijfers zijn gemiddelden van 3 herhalingen. Alle monsters voor zaai en bemesting genomen

	Diepte, cm		
	0-20	20-40	40-60
% C Walkley-Black	0,75	0,70	0,48
Totaal N	0,05	0,04	0,03
pH KCl	4,0	4,0	4,0
pH H_2O	4,8	4,9	4,6
CEC pH 7, meq/100 g	2,99	2,69	1,70
Ca "	0,63	0,57	0,33
Mg "	0,11	0,07	0,07
K "	0,13	0,09	0,07
Na "	0,01	0,01	0,02
Al "	0,71	0,80	0,70
P-Bray I	2,6	2,1	0,9

Tabel 15 geeft de analysecijfers weer voor de tweede bemonstering. De verschillen tussen beide diepten lijken zeer gering geworden. Vergelijking van de cijfers van drie bemestingsniveaus onderling brengt weinig verschillen aan het licht. De indruk bestaat dat het K-gehalte bij bemestingsniveau 3 hoger is dan bij 2 en 1.

Alle bepalingen blijken bij de tweede bemonstering hoger uit te vallen dan bij de eerste. Alleen het Al-gehalte is sterk terug gelopen.

Tabel 15. Grondmonsteranalyse-resultaten voor drie niveaus van bemesten en twee diepten aan de hand van negen submonsters. Cijfers zijn gemiddelden van drie niveaus van gewasontwikkeling (9 WNZ)

	b_1		b_2		b_3	
diepte (cm):	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
% C Walkley-Black	0,86	0,85	0,83	0,34	1,03	0,82
pH (KCl)	4,5	4,4	4,3	4,4	4,4	4,4
pH (H_2O)	5,3	5,1	5,3	5,2	5,4	5,2
Ca, meq/100 g	1,1	0,7	0,8	0,6	1,0	0,9
Mg, "	0,20	0,16	0,12	0,10	0,13	0,12
K , "	0,06	0,13	0,08	0,09	0,15	0,14
Na, "	0,23	0,25	0,22	0,23	0,19	0,22
Al, "	0,21	0,29	0,37	0,37	0,24	0,29
P-Bray I (ppm)	7,8	2,6	5,7	4,5	9,0	5,0

5. DISCUSSIE

5.1. Groeianalyse*

Dat op gronden van de Zanderij-formatie de groei en ontwikkeling van mais beinvloed worden door het bemestingsniveau (b) en de wijze van splitsen van de mestgift (s) wordt door de resultaten van onderhavige proef bevestigd. Niet bemesten beinvloedt in hoge mate de ontwikkeling. Slechts een zeer klein gedeelte van de planten op de onbemeste veldjes was ten tijde van de oogst van de bemeste veldjes in het generatieve stadium. Op alle bemeste veldjes voltooide de mais de groeicyclus wel. Kennelijk is het laagste niveau van bemesten (b_1) hoog genoeg om tot een volledige gewasontwikkeling te komen. Het ontbreken van een volledige gewasontwikkeling op veldjes zonder fosfaat-bemesting is in eerdere proeven reeds aangetoond (ANON., 1978). Op zeer fosfaatarme gronden kunnen bekalking, stikstof- en kalium-bemesting het afsterven van planten in een vroeg stadium niet voorkomen. Volgens literatuur speelt met name de betere wortelontwikkeling in een vroeg stadium, als gevolg van gegeven fosfaat, hierbij een belangrijke rol (ANON., 1978; NEGI, 1979).

*N.B.: De in deze tekst veel voorkomende codes s_1, s_2 en s_3 betekenen resp. een niet, een in tweeën en een in drieën gedeelde mestgift. Idem b_1, b_2 en b_3 resp. laag, gemiddeld en hoog bemestingsniveau (zie ook 3.2).

Een effect van de verschillende bemestingsniveaus en de wijzen van splitsen van de mestgift uitte zich in de groeikarakteristieken en in de opbrengst.

Opvallend was het voor alle behandelingen lage opbrengstniveau, wat vermoedelijk ten dele is toe te schrijven aan de in het begin van het groeiseizoen opgelopen waterschade. Aannemelijk is dat de verschillen tussen de behandelingen hierdoor minder groot zijn geworden dan bij een zich normaal ontwikkeld gewas het geval zou zijn geweest. De geringe uniformiteit in het gewas heeft het onderscheidingsvermogen verlaagd en bijgedragen tot een hoge variatie-coëfficiënt.

Ondanks deze problemen kon een positief van het spreiden van de mestgift over het groeiseizoen aangetoond worden. Dit sluit aan bij de resultaten van DILZ (1964) die in een reeks van pot- en veldproeven voor granen in de gematigde gebieden hetzelfde vond. Het positieve effect van twee giften (s_2) vergeleken met één gift (s_1) was 9 WNZ merkbaar in de drooggewichtscijfers. Opvallend op dat tijdstip is het achterblijven van de groei bij de behandelingen s_3. Mogelijkerwijs is door het verdelen van de gift over drie gelijke porties op een kritiek moment de beschikbare minerale voeding onvoldoende geweest. Ook het verloop door het groeiseizoen van de drooggewichtscijfers voor de hoogste twee niveaus van splitsen wijst hier op. De aan het begin van het groeiseizoen opgelopen achterstand van s_3 op s_2 in drooggewicht werd 11 WNZ ingelopen. Het voordeel van driemaal splitsen van de mestgift wordt kennelijk gedeeltelijk teniet gedaan door het nadeel van een in dat geval te kleine gift aan het begin.

HAQUE (1979) vond dat de optimale wijze van splitsen van de N-mestgift afhankelijk is van klimatologische omstandigheden. Bij nat weer, waarvan in Suriname in de grote regentijd in de regel sprake is, adviseert hij een in tweeën gedeelde gift zo laat mogelijk in het groeiseizoen (bijv. 20 en 50 DNZ).

BADILLO - FELICIANO et al. (1979) haalden op oxisolen in Puerto Rico de hoogste opbrengst, indien alle N-mest 1 maand na zaai gegeven werd, en de laagste opbrengst bij alle N-mest bij zaai. De lage opbrengst in het tweede geval schreven zij toe aan uitspoeling van N aan het begin van het groeiseizoen. Dit komt slechts gedeeltelijk overeen met de bevindingen in onderhavige proef. Uitspoeling van de N- en K-mest in geval van grote giften aan het begin van het groeiseizoen, heeft gezien de regenval vermoedelijk ook in deze proef plaatsgevonden.
Het uitstellen van de eerste mestgift tot 4 WNZ of later zou een negatieve invloed kunnen hebben op de gewasontwikkeling aan het begin van het groeiseizoen. De betere ontwikkeling aan het begin van het groeiseizoen van de planten bij behandeling s_2 wijst hierop. Ook DILZ (1964) stelt dat een gedeelde N-mestgift nooit ten koste mag gaan van de grootte van de initiële gift.

Van het laagste bemestingsniveau (b_1) naar het gemiddelde bemestingsniveau (b_2) vond een zeer sterke toename in opbrengst plaats. Van het gemiddelde bemestingsniveau naar het hoogste (b_3) een geringe daling. De sterke stijging van b_1 naar b_2 duidt erop dat b_1 voor gronden van de Zanderij-formatie te laag geweest is. Voor de daling van b_2 naar b_3 is geen sluitende verklaring te vinden. In de literatuur is een daling in opbrengst bij bemesting boven een optimaal niveau ongebruikelijk (FOX, 1974; DILZ, 1964).

Mogelijkerwijs speelden ongunstige elementverhoudingen in de plant hierbij een rol. Met name de lage K/P-verhouding bij het hoogste bemestingsniveau wijst hierop.

Het positieve effect van het splitsen van de mestgift op het drooggewicht van de stengel, bladeren, bladscheden, pluimen en schutbladen (hierna: het drooggewicht) en de kolfopbrengst is het gevolg van het effect van het splitsen van de mestgift op de CGR en de LAI, die uiteindelijk de opbrengst bepalen.

De groeisnelheden van het gewas en van de kolven bleken zeer duidelijk te reageren op het bemestingsniveau en op de wijze van splitsen van de mestgift. YAMACUCHI (1973) bepaalde voor tropische mais de groeisnelheid op 130 kg/ha/dag. Beschouwing van de drooggewichten (15.000 kg d.s./ha, 5.600 kg korrel/ha) in zijn proef doet vermoeden dat YAMACUCHI de CGR berekende over de gehele groeiperiode, in tegenstelling tot onderhavige proef, waar de groeisnelheid over het lineaire gedeelte van de groeicurve werd berekend. Zou de groeisnelheid in onderhavige proef berekend worden op de wijze van YAMACUCHI, dan zouden voor de drie niveaus van splitsen de groeisnelheden 68,8 (s_1), 85,6 (s_4) en 94,5 (s_3) kg/ha/dag worden. Dit is belangrijk lager dan de door YAMACUCHI opgegeven waarde. Deze veel lagere groeisnelheid zou een verklaring kunnen zijn van het veel lagere opbrengstniveau van onderhavige proef in vergelijking met YAMACUCHI's opbrengst. Voor de bemestingsniveaus geldt iets dergelijks: ook hier blijven de groeisnelheden beneden de in de literatuur opgegeven waarden.

De lage groeisnelheden zouden hun oorzaak kunnen vinden in het zeer kleine assimilatorische oppervlak waarover de planten in onderhavige proef beschikten. Volgens de literatuur is voor tropische maisrassen een LAI van 4-6 normaal (o.a. YAMACUCHI, 1974). De maximale waarden in onderhavige proef waren echter slechts ca. 2. De opbrengst van mais wordt voornamelijk bepaald door het groene bladoppervlak dat het gewas na de bloei nog bezit (ZOEBL, 1969). Het snelle afsterven van het blad na de bloei beperkt de opbrengst van tropische maisrassen (YAMACUCHI, 1974). DILZ (1964) vond dat splitsen van de N-mestgift het afsterven van het blad van granen in de gematigde gebieden tegenging. Beschouwing van de drie splitsings-gemiddelden van de LAI, gemiddeld over de drie bemestingsniveaus, onderstrepen dit. Met name behandeling s_1 gaf een zeer snelle daling van de LAI te zien in vergelijking met s_2 en s_3. Mogelijkerwijs heeft het geringe bladoppervlak van s_1 de groeisnelheid bij deze behandeling beperkt en zo bijgedragen aan het verschil in opbrengst tussen s_1 en s_2, s_3. Het verschil in LAI tussen s_2 en s_3 was niet groot. Het verschil in groeisnelheid was echter aanzienlijk, terwijl verschillen in productie zich met name bij de kolfgewichten manifesteerden. Dit laatste wekt de indruk dat het positieve effect van de derde mestgift met name een stimuleren van de kolfgroei inhoudt. Het geringe verschil in LAI wijst er op dat niet een trager afsterven van het groene blad het verschil in groeisnelheid veroorzaakt. Een grotere assimilatiesnelheid later in het groeiseizoen bij de behandeling s_3 in vergelijking met s_2 zou eventueel de oorzaak kunnen zijn van de grotere groeisnelheid van s_3 en de hogere opbrengst.

Ook bij bemestingsniveau 1 vond na het maximum een zeer snelle daling van de LAI plaats, in tegenstelling tot bemestingsniveaus 2 en 3, die op een hoger niveau een geleidelijke daling vertoonden.

Ondervoeding van de maisplant uit zich kennelijk in een snel afsterven van het blad, met als gevolg daarvan een kleine groeisnelheid en een lage opbrengst. Zoals uit de cijfers blijkt gaat een daling van de groeisnelheid van b_2 naar b_3 niet gepaard met een daling van de LAI. Indien de reden van de daling van de groeisnelheid en de opbrengst een ongunstige elementverhouding in de plant was, dan heeft deze verhouding kennelijk invloed op de efficiëntie van het fotosynthetisch apparaat, en niet op de capaciteit.

De effecten van het al of niet splitsen van de mestgift en de verschillende bemestingsniveaus werken door in de planthoogten, de oogstindices en het aantal kolven per plant.

De planthoogte is het resultaat van fotosynthetische processen en beinvloeding van deze door het al of niet beschikbaar zijn van nutriënten is begrijpelijk.

Het toenemend aantal kolven per plant bij een toenemende mestgift wijst er op dat minerale voeding het aantal kolven per plant beinvloedt. Het ontbreken van een splitsingseffect zou zijn oorzaak kunnen vinden in de wijze van tellen van het aantal kolven. Telling vond plaats 11 WNZ. Uitstel van de telling tot 15 WNZ of later zou wellicht wel een splitsingseffect naar voren hebben gebracht.

De verschillen in oogstindices zouden verklaard kunnen worden door verschillen in groeisnelheid van de kolf. Na de bloei kan de toename in drooggewicht van de maisplant vrijwel alleen worden toegeschreven aan een toename in kolfgewicht (WIENK, 1969). Uitgaande van een oogstindex 0 ten tijde van de bloei, wordt deze uitsluitend bepaald door de kolfgroei. Verschillen in kolfgroei als gevolg van de behandelingen levert op die wijze vergelijkbare verschillen in oogstindices op.

5.2. Ionenopname* en voedingstoestand

Het verzamelde cijfermateriaal laat een duidelijke invloed zien van de bemesting (b) en de wijze van splitsen van de mestgift (s) op de opname en de ionenbalans in de plant.

Onafhankelijk van de verschillende behandelingen bleken de gehaltes aan N, P en K aan het begin van het groeiseizoen belangrijk hoger te zijn dan die aan het einde daarvan. De snelle daling in de loop van het groeiseizoen, die voor de verschillende elementen niet altijd op hetzelfde moment plaatsvond, is toe te schrijven aan verdunning. Volgens RUSSEL (1973) is het hoge gehalte aan N, P en K als gevolg van een snelle opname aan het begin van het groeiseizoen noodzakelijk voor de productie van een aantal voor de groei essentiële enzymen. Nadat de plant voldoende nutriënten hiervoor heeft opgenomen daalt de opname per eenheid drooggewicht. Snelle groei op hetzelfde moment heeft een sterke daling van het gehalte tot gevolg.

* Zie voetnoot par. 5.1

Bij beschouwing van de gehaltes en opnamen van de verschillende elementen in onderhavige proef blijkt dat deze met name voor N gedurende het hele groeiseizoen lager resp. minder snel waren bij de behandeling "niet splitsen (s_1) - laagste bemestingsniveau (b_1)" in vergelijking met de behandeling "tweemaal splitsen (s_3) - gemiddeld bemestingsniveau (b_2)".
Ook bij vergelijking van de overige niet in dit verslag opgenomen behandelingen bestaat de indruk dat hoge N-giften en spreiden van de N-gift over het groeiseizoen hoge N-gehaltes in het blad opleveren.
Ook voor P, K en Mg geldt dit wat betreft de opname. Deze resultaten sluiten aan bij die van BADILLO - FELICIANO et al. (1979) en FOX et al. (1974). Beide constateerden toenemende N-gehaltes in de plant en in het blad bij toenemende N-giften. FOX et al. (1974) maken melding van hogere N-gehaltes in het kolfblad indien de mestgift wordt uigesteld tot één maand na zaai.

Opsplitsing van de resultaten in onderhavige proef in een s- en b-effect maakt duidelijk dat zowel het splitsen van de mestgift als het bemestingsniveau bijdragen tot de verschillen tussen de behandelingen. De behandeling s_1 (niet splitsen) leidde voor zowel N als K tot een minder snelle opname dan de behandelingen s_2 en s_3. Tot 7 WNZ verschilt de opname-snelheid van N bij niet-splitsen (s_1) niet veel van dat bij wel splitsen (s_2, s_3). Kennelijk was er tot ca. 7 WNZ van de niet gesplitste ureum voor de plant voldoende in opneembare vorm beschikbaar in vergelijking met de behandelingen s_2 en s_3. Voor patentkali lijkt dit zelfs over een langere periode het geval te zijn. Opvallend was dat het effect van behandeling s_3 op de opname pas laat in het groeiseizoen merkbaar werd: een maand nadat de laatste mest gegeven was, werd een verschil in opname tussen de s_3 en s_2 planten uitgesproken. Dit zou er op kunnen wijzen dat de derde mestgift niet zozeer de bloei en kolfzetting ten goede komt, maar in de periode na de bloei een gunstig effect op de productie heeft.

Opmerkelijk was het verschil in opname bij P onder invloed van splitsing van de N- en K-mestgift. Kennelijk heeft de betere groei (zie 4.2.6) als gevolg van splitsing van de N- en K-mestgift ook een hogere opname van P tot gevolg gehad. Ook de elementrendementcijfers wijzen in die richting. Het rendement van de P-meststof berekend over de extra gegeven mest b_2 minus b_1 steeg bij toenemend s-niveau, niettegenstaande de P-meststof in éénmaal aan het begin van het groeiseizoen gegeven was.

Voor de drie elementen N, P en K begon 7 WNZ de opname-snelheid bij het laagste bemestingsniveau achter te raken bij de overige twee bemestingsniveaus. Op dat moment was ongeveer 1/3 van de totaal op te nemen N en P en de helft van de K opgenomen. Beschouwing van de elementrendementcijfers maakt duidelijk dat van de extra gegeven N-, P- en K-mest van b_1 naar b_2 (= b_2 minus b_1) een aanzienlijk percentage werd opgenomen. Kennelijk had verhoging van de mestgift tot het niveau b_2 zin.

Van het gemiddelde bemestingsniveau naar het hoogste bemestingsniveau ligt dit anders. Het opnameverloop wat betreft N en K toont dat de extra opname als gevolg van de extra gift van b_2 naar b_3 (= b_3 minus b_2) verwaarloosbaar was.

P bij b_3 vertoonde in vergelijking met b_2 weliswaar een opmerkelijke extra opname in de periode 11-13 WNZ, doch de daling in de opname in de periode 13-15 WNZ doet vermoeden dat het hier een meetfout betreft. Voor de drie elementen N, P en K bestaat gezien de opnamecijfers dus de indruk dat bemestingsniveau 2 hoog genoeg was. De elementrendementcijfers van N en P, van de extra gift van bemestingsniveau 2 naar bemestingsniveau 3 (= b_3 minus b_2) onderstrepen dit, de K-rendementcijfers over dezelfde bemestingsniveaus komen hiermee echter niet overeen: het rendement van de K-meststof over deze bemestingsniveaus, berekend aan de hand van de opname ten tijde van de 7e oogst, ligt tussen de 36 en de 47%. Daarmee wordt de indruk gewekt dat de extra K-gift nog voor een aanzienlijk gedeelte is opgenomen. De opnamecijfers van de 6e oogst geven echter een ander beeld. Voor s_2 en s_3 was het rendement van extra gegeven meststof b_3 minus b_2 toen resp. 6 en 0%. Voor s_1 was geen berekening mogelijk. In de periode 13-15 WNZ vond voor vrijwel alle behandelingen een geringe daling in de totale K-opname plaats. De verschillen in daling tussen de verschillende behandelingen hebben wellicht toevalligerwijs bijgedragen aan het hoge rendement in twee van drie s-niveaus. De extra opname als gevolg van de extra mestgift van b_2 naar b_3 is dan ook vermoedelijk verwaarloosbaar. Volgens o.a. RUSSEL (1973) is een daling in de totale K-opname een veel voorkomend verschijnsel. Hij schrijft het toe aan uitspoeling van K uit het blad.

Volgens de literatuur zou de voedingstoestand van het kolfblad (E. ear-leaf) een maat zijn voor de voedingstoestand van de gehele maisplant. Zowel over de betekenis van de opgegeven waarden als het niveau bestaat echter geen eenduidigheid. FORDE (1976) omschrijft de door hem opgegeven "critical values" als die gehaltes aan N, P en K waarboven geen opbrengstverhoging meer te verwachten valt. De betekenis van de term "kritieke waarde" doet echter vermoeden dat het gaat om gehaltes waar beneden sprake is van opbrengstderving. Grote verschillen in de literatuur in opgegeven critical values zouden hun oorsprong kunnen vinden in een verschillende interpretatie van het begrip (VOSS et al., 1970).

De in de literatuur opgegeven optimale gehaltes aan N, P en K lopen uiteen van 2,10-3,86 voor N, 0,25-0,42 voor P en 0,74-2,25 voor K (FORDE, 1976; CHAPMAN, 1966; DUMENIL, 1961).

De waarde die aan critical N, P en K-values moet worden gehecht is volgens DUMENIL (1966) zeer gering. Optimale waarden hangen af van de omstandigheden en de wijze van meten, en zullen onder invloed daarvan sterk variëren. Tot deze zelfde conclusie komen VOSS et al. (1970). Van 575 proefveldjes met variërende N-, P- en K-bemesting bepaalden zij het N-, P- en K-gehalte van het blad tegenover de kolf en het eerste blad onder de kolf ten tijde van silking. Gemiddeld over alle waarnemingen vonden zij N-, P- en K-gehaltes van resp. 2,75, 0,27 en 2,25%. Het bleek hun niet mogelijk een acceptabel regressie-model te vinden voor het N-, P- en K-gehalte en de opbrengst. N- en P-gehalte in combinatie met verschillende milieuomstandigheden leverde een redelijk regressie-model op. Op grond van hun resultaten concluderen VOSS et al. (l.c.) dat optimale N- en P-gehaltes sterk variëren met de bodem, de cultuurmaatregelen en klimatologische factoren.

Indien de in onderhavige proef gemeten gehaltes vergeleken worden met waarden uit de literatuur dan blijkt dat voor een groot aantal behandelingen de N-, P- en K-gehaltes binnen de optimale values vallen.

Wat betreft de N-gehaltes zijn de s_1b_1 en s_2b_1 gehaltes aan de lage kant. Ook de fosfaatgehaltes zijn bij deze behandeling laag. Bij de drie b_3 behandelingen overschrijden deze het optimale niveau. De K-gehaltes zijn voor alle behandelingen vrijwel even hoog en passen binnen de in de literatuur opgegeven range.

Het lage N-gehalte bij de twee bovengenoemde behandelingen is mogelijkerwijs het gevolg van het lage bemestingsniveau gecombineerd met het niet of slechts in tweeën delen van de mestgift. Aan het begin zou uitspoeling plaats hebben kunnen vinden, waardoor de plant niet volledig in zijn N-behoefte heeft kunnen voorzien. Het lage fosfaatgehalte bij dezelfde behandelingen is moeilijker te verklaren. Ingeval het bemestingsniveau 1 te laag zou zijn geweest, zou ook behandeling b_1s_3 een laag P-gehalte moeten hebben. Mogelijkerwijs is er sprake van een wisselwerking tussen N en P. Kleine fosfaatgiften op P-arme gronden worden door de plant zeer efficiënt opgenomen (NEGI, 1979). Het is echter niet onwaarschijnlijk dat een normaal gehalte aan overige elementen hiervoor vereist is. Het lage N-gehalte bij de behandelingen s_1b_1 en s_2b_1 zou op die wijze een efficiënte P-opname beperkt kunnen hebben.

Opmerkelijk zijn de zeer hoge P-gehaltes bij bemestingsniveau 3. LUNDEGARDH (1951) merkt op dat hoge P-gehaltes tot opbrengstderving kunnen leiden. Als mogelijke oorzaak noemt hij een geïnduceerd Ca-gebrek. Beneden een Ca-gehalte van 0,20% zou restrictie in groei optreden. Alle Ca-gehaltes in de onderhavige proef zijn echter hoger.

De K-gehaltes van het kolfblad variëren vrijwel niet. Dit zou er op kunnen wijzen dat K groeilimiterend is geweest. De opgenomen K stond telkens zoveel groei van de plant toe totdat het minimale K-gehalte weer bereikt was. Omgekeerd kan een constant K-gehalte ook wijzen op een ruime K-beschikbaarheid. Onder de heersende omstandigheden was de gemeten K-concentratie optimaal en vond daarboven geen opname meer plaats. Het algemeen aanvaarde principe van luxe-consumptie zou in deze proef dan niet opgegaan zijn.

Vergelijking van de in de literatuur opgegeven kritieke waarden met de analysecijfers van onderhavige proef leert dat het K-gehalte niet extreem laag is geweest. DE VROOME (1980) vond maximale mais-opbrengst bij K-gehaltes rond de 1%. Een verband tussen K-gehalte en opbrengst kon hij niet aantonen.

Omdat patentkali ca. 9% Mg bevat is met de K-gift ook de Mg-gift gevarieerd. De verschillen in Mg-gehaltes tussen de verschillende behandelingen kunnen daaruit verklaard worden. Het is mogelijk dat de verschillen in Mg-gehaltes hebben bijgedragen tot de verschillen in opbrengst tussen de behandelingen. Vrijwel alle Mg-gehaltes liggen in de buurt van de kritieke waardenzoals die worden opgegeven in de literatuur. Aangezien Mg onontbeerlijk is voor de opbouw van het chlorophyl, is het mogelijk dat in die behandelingen waar het Mg-gehalte beneden de kritieke waarde lag dit geresulteerd heeft in een weinig efficiënt werkend fotosynthetisch apparaat. Bij hogere Mg-gehaltes verliep de fotosynthese dan beter. De verschillen in Mg-gehaltes leidden op deze wijze tot verschillen in opbrengst.

Of de N-, P- en K-gehaltes van het kolfblad gebruikt kunnen worden ter omschrijving van de voedingstoestand van de maisplant is zeer de vraag. Uit de literatuur blijkt de zeer brede range waarbinnen deze gehaltes kunnen variëren, zonder dat de opbrengst wordt beïnvloed.

Op grond van de resultaten van onderhavige proef zouden de kritieke waarden voor N en P vastgesteld kunnen worden op resp. 2,20 en 0,26%. Beneden deze gehaltes is een opbrengstderving als gevolg van N- en P-tekort te verwachten. In hoeverre het gemeten K-gehalte kritiek is geweest is niet geheel duidelijk geworden. Maximale waarden waarboven opbrengstderving optreedt zijn niet waargenomen of alleen bij P. Boven een P-gehalte van 0,42% heeft eventueel opbrengstdaling als gevolg van P-overmaat plaatsgevonden.

Of bepaling van de voedingstoestand van de maisplant ook aan het 8e blad kan geschieden kan in deze proef niet worden vastgesteld. In de literatuur wordt deze wijze van bemonsteren niet genoemd. Vermoedelijk echter liggen dan de zoëven genoemde kritieke waarden hoger, als gevolg van de geringere verdunning, aan het begin van het groeiseizoen.

5.3. Synthese

Het combineren van de groei- en gewasanalytische gegevens is een wezenlijk onderdeel van onderhavige proef geweest. De opsplitsing van dit verslag in een groei- en gewasanalytisch gedeelte is dan ook kunstmatig. In deze paragraaf worden enkele mogelijke relaties tussen groeikarakteristieken en elementgehaltes samengevat en grafisch weergegeven.

In paragraaf 5.2 wordt geconstateerd dat lage N-gehaltes worden aangetroffen samen met de laagst waargenomen P-gehaltes. Omgekeerd blijken zeer hoge P-gehaltes samen te gaan met hoge N-gehaltes. De laagste gemeten N-gehaltes benaderen de in de literatuur opgegeven kritieke waarden; de zeer hoge P-gehaltes zouden eventueel toxisch geweest kunnen zijn. Indien de P-gehaltes worden uitgezet tegen de opbrengst (Fig. 13a) kan worden vastgesteld dat de opbrengsten aan de linkerzijde van de curve vermoedelijk niet toegeschreven kunnen worden aan de P-gehaltes: deze zijn hier volgens de literatuur voldoende. Wel is het mogelijk dat het zeer lage N-gehalte de opbrengst hier beperkt heeft. Aan de rechterzijde van de curve lijkt de opbrengst weer enigszins te dalen. Dit ondanks een optimaal N-gehalte. Mogelijkerwijs heeft hier het zeer hoge P-gehalte toxisch gewerkt en op deze wijze de opbrengst beperkt. De lage N-gehaltes gaan samen met een theoretisch ongunstige manier van N-toediening. De hoge P-gehaltes komen voor bij die behandelingen waar, gezien de normale P-opname door mais en de geringe uitspoeling van dit element, zeer veel fosfaat gegeven is. In deze beide uiterste gevallen zouden resp. N en P opbrengstbeperkend geweest kunnen zijn.
Ook bij optimale bemestingsmethoden lag de opbrengst beneden hetgeen voor tropische maisrassen haalbaar is. Dit wordt in paragraaf 5.1 toegeschreven aan de lage LAI die tijdens de proef werd waargenomen. In Fig. 13b is het K-gehalte van de stengel 7 WNZ uitgezet tegen de LAI 9 WNZ. In de figuur lijkt er een verband te bestaan tussen het K-gehalte van de stengel en de LAI op een later tijdstip in het groeiseizoen. Een te laag K-gehalte in de stengel zou dus de oorzaak geweest kunnen zijn van het geringe bladoppervlak van de mais in onderhavige proef. Op deze wijze zou Kalium het opbrengstniveau laag gehouden kunnen hebben. Deze gedachte sluit aan bij een in paragraaf 5.2 geopperde verklaring voor het feit dat de K-gehaltes van het kolfblad niet variëren.

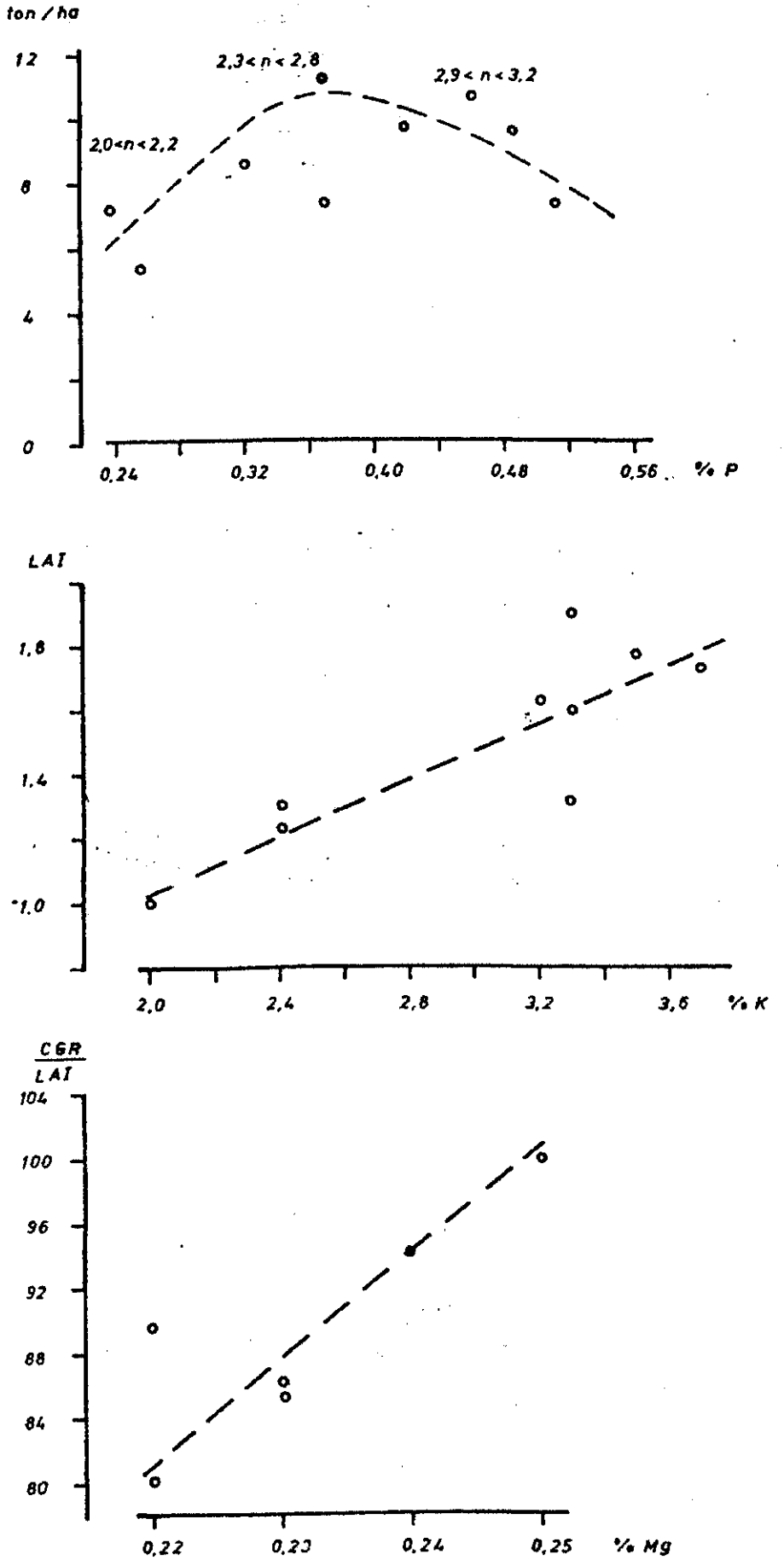


Fig. 13. Verband tussen P-gehalte van het blad (9 WNZ) en de opbrengst (boven), K-gehalte in het blad (7 WNZ) en LAI (9 WNZ) (midden), en Mg-gehalte (9 WNZ) en assimilatiesnelheid (onder).

In die gevallen waar de LAI tussen de behandelingen niet verschilde en toch opbrengstverschillen werden waargenomen, werd dit in paragraaf 5.1 toegeschreven aan verschillen in efficiëntie van het fotosynthetisch apparaat. Als maat voor de efficiëntie is in geval van onderhavige proef de groeisnelheid per eenheid bladoppervlak (CGR/LAI) genomen. In Fig. 13^c is op deze wijze berekende efficiëntie uitgezet tegen het Mg-gehalte. Bij een toenemend Mg-gehalte lijkt de efficiëntie van het fotosynthetisch apparaat eveneens toe te nemen. De relatie tussen deze beide is, gezien de centrale plaats die het Mg-ion inneemt in het chlorophyl, begrijpelijk. Ook het feit dat de laagst waargenomen Mg-gehaltes de kritieke waarde benaderen (zie par. 5.2) ondersteunen de gedachte dat Mg in deze gevallen opbrengstbeperkend geweest is.

De drie bij deze paragraaf gevoegde figuren tonen enkele mogelijke relaties tussen elementgehaltes en groeikarakteristieken. Toch rijst de vraag in hoeverre andere, niet bij de gewasanalyse betrokken elementen de opbrengst beperkt hebben. In dit verband wordt gedacht aan micro-elementen als Zn, Mn en Mo, waarvan de gebreksverschijnselen moeilijk te onderscheiden zijn van die van de macro-elementen (zie o.a. BEAR et al., 1950). Het is bekend dat op sommige gronden frequente bemesting met deze elementen noodzakelijk is. Hoewel het CELOS-laboratorium vooralsnog geen analyses op deze elementen uitvoert zou met een oriënterend onderzoek volgens de methode BOUMA-JANSSEN (JANSSEN, 1974) kwalitatief een uitspraak gedaan kunnen worden met betrekking tot de beschikbaarheid van deze elementen voor de maisplant.

6. CONCLUSIE

Het gemiddelde lage opbrengstniveau in onderhavige proef kan gedeeltelijk verklaard worden uit de behandelingen en de daarmee gepaard gaande analyse-resultaten. Het laagste bemestingsniveau leidde tot lage N- en P-gehaltes, en tot een laag opbrengstniveau. Met name de N-gehaltes wijzen op een stikstoftekort. Ook het snelle afsterven van het blad na de bloei, wat volgens de literatuur met hogere en goed gespreide N-giften voorkomen kon worden, is een aanwijzing dat N bij b_1 in het minimum was. Het spreiden van de N- en K-mestgift deden de N- en P-gehaltes in het blad en de opbrengst bij bemestingsniveau 1 inderdaad toenemen. Eveneens nam het bladoppervlak en daarmee gepaard de groeisnelheid toe. Kennelijk werd met het spreiden van de N- en K-mestgift de beschikbaarheid van stikstof door het groeiseizoen verhoogd met als gevolg een betere opname van P. Vermoedelijk verhoogde de daarmee samengaande grotere bladoppervlak de groeisnelheid en de opbrengst.

Bemestingsniveau 2 lijkt in alle opzichten de beste van de drie gekozen niveaus geweest te zijn. De gehaltes aan N en P bereikten hier optimale waarden zoals die in de literatuur gegeven worden. Tegelijk werd bij bemestingsniveau 2 en tweemaal splitsen van de mestgift de hoogste opbrengst gemeten, die echter nog belangrijk beneden de potentiële opbrengsten van goede tropische maisrassen bleef. Dit laatste vermoedelijk als gevolg van zowel een te kleine capaciteit als een te geringe efficiëntie van het fotosynthetisch apparaat. De indruk bestaat dat met hogere K- en Mg-giften resp. het bladoppervlak en de fotosynthesesnelheid toe zullen nemen.

Voor elk van de drie splitsingsniveaus lag bij bemestingsniveau 3 de opbrengst beneden die bij bemestingsniveau 2. Beschouwing van de P-gehaltes doet vermoeden dat deze bij bemestingsniveau 3 te hoog zijn geweest.
Gezien de opname door het gewas, het feit dat fosfaat zeer langzaam uitspoelt en er geen sprake is van fosfaat-fixatie moet een gift van 90 kg P/ha als zeer hoog aangemerkt worden.

Worden de mestgiften voor de drie hoofdelementen in dezelfde mate verhoogd dan neemt als gevolg van het verschil in oplosbaarheid tussen de P-meststof en de N- en K-meststoffen, de beschikbaarheid van P vermoedelijk toe.
Een verstoorde ionenbalans in de plant zou van deze in verhouding hoge P-gift het gevolg kunnen zijn.

Samengevat kan het volgende worden gesteld :
- Het optimale bemestingsniveau voor mais op de Zanderij-gronden ligt voor N op ca. 160 kg N/ha, voor P op vermoedelijk ca. 60 kg/ha, terwijl voor K onderzoek naar het effect van giften boven 90 kg/ha aanbevolen wordt. Eveneens wordt onderzoek aanbevolen naar het effect van Mg-bemesting en de toediening van sporeëlementen.
- Van de drie beproefde wijzen van splitsen van de mestgift bleek het spreiden van de gift over drie porties de hoogste opbrengst op te leveren. Het terugbrengen van het aantal giften tot twee lijkt dan ook niet gewenst. Een verdeling van de mest over drie giften ten gunste van de 1e en 2e gift komen de groei aan het begin van het groeiseizoen ten goede. Wellicht heeft dit hogere opbrengsten tot gevolg.
- Gemeten gehaltes in het kolfblad zijn niet zonder meer een maat voor de voedingstoestand van de maisplant. Vermoedelijk beperken N-gehaltes beneden de 2,20% en Mg-gehaltes beneden 0,23% de opbrengst. Eventueel zijn P-gehaltes boven de 0,42% schadelijk voor het gewas.

7. LITERATUUR

1. ANON.; Celos kwartaalverslagen 48, p. 23, Paramaribo, 1978.
2. ANON.; Celos kwartaalverslagen 54, p. 45, Paramaribo, 1980.
3. BADILLO- FELICIANO, J., LUGO-LOPEZ, M.A. & SCOTT, T.W.; Influence of cultivars, N-levels and time of N-application on plant characters, leaf-composition and yield of corn growing on an oxisol. Journ. Agr. Univ. Puerto Rico 13: 273-280, 1979.
4. BEAR, F.E. et al; Hunger signs in crops: a symposium. Washington American Society of Agronomy, 1950.
5. CHAPMAN, H.D.; Diagnostic criteria for plants and soils. California, University of California, 1966.
6. COCHRAN, W.G. & COX, G.M.; Experimental designs. John Wiley and Sons, New York, 1957.
7. DILZ, K.; Over de optimale stikstofvoeding van granen. Diss. Wageningen PUDOC, 1964.
8. DUMENIL, L.; Nitrogen and phosphorus composition of corn leaves and corn yields in relation to critical levels and nutrient balance. Proc. Amer. Soc. Soil Sci. 25: 295-298, 1961.

9. FORDE, S.T.C.M.; Effects of applied N-, P- and K-fertilizers on the chemical composition of the ear-leaf of maize (*Zea mays* L.) in field trials in the Eastern Caribbean. Trop. Agr. Trinidad, 53: 273, 1976.
10. FOX, R.H., TALLEYRAND, H. & BOULDIN, D.R.; Nitrogen fertilization of corn and sorghum grown in oxisols and ultisols in Puerto Rico. Agronomy Journal, 1974: 534-539, 1974.
11. HAQUE, I.; Timing the application of N to maize in Sierra Leone. Exp. Agr. 15: 247-251, 1979.
12. JANSSEN, B.H.; A double pot technique for rapid soil testing. Celos bulletins 26.
13. LITTLE, T.M. & JACKSON-HILLS, F.; Agricultural experimentation, design and analyses. John Wiley and Sons, New York, 1978.
14. LUNDEGARDH, H.; Leaf analyses. Londen, Hilger and Watts, 1951.
15. NEGI, A.S.; Phosphorus uptake from different sources of phosphate fertilizers by maize and wheat at two stages of growth. Plant and Soil, 52: 247-251, 1979.
16. RUSSEL, E.W.; Soil conditions and plant growth. Longman, Londen, 1973.
17. VOSS, R.E., HANWAY, J.J. & DUMENIL, L.C.; Relationship between grain yield and leaf N, P and K concentrations for corn (*Zea Mays* L.) and the factors that influence this relationship. Agron. J., 62: 726-728, 1970.
18. VROOME, P. DE; De ontwikkeling van mais onder invloed van verschillende toedieningswijzen van diverse typen fosfaatmeststof (unpubl.).
19. WIENK, J.F.; Een groeianalyse van mais en soja. Celos-rapporten 17, 1969.
20. YAMACUCHI, J.; Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. I. Growth patterns as affected by altitude and season, Soil Sci. Plant. Nutr., 20: 69-78, 1974.
21. ZOEBL, D.; De groei van de maiskolf en een orienterend onderzoek naar de invloed van de kolf op de levensduur van het maisblad. Celos-rapporten 22, 1969.