Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

PRODUKTIE EN VERDELING VAN DROGE STOF BIJ SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH CV. MARTIN ONDER INVLOED VAN DE PLANTDICHTHEID

(onderzoekproject 70/17)

J.W. Erdman

Verslag van een onderzoek verricht onder leiding van Dr. Ir. J.F. Wienk

augustus 1971

I N H O U D

	Blz.
1. Samenvatting	5
2. Voorwoord	5
3. Inleiding	6
4. Materialen en methoden	6
4.1. Plantmateriaal	6
4.2. Aanplant	7
4.3. Methodiek	7
5. Verloop en resultaten	9
5.1. Vegetatieve ontwikkeling	9
5.2. Bloei en opbrengst	12
5.3. Produktie en verdeling van de droge stof	12
6. Discussie	16
7. Literatuur	17

1. SAMENVATTING

De invloed van de plantdichtheid op produktie en verdeling van het drooggewicht bij de sorghumcultivar Martin werden bestudeerd door regelmatig monsters te trekken uit een plantdichthedenproef, waarin drie plantverbanden, 20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm, met elkaar werden vergeleken.

Ten tijde van het eerste monster, 39 dagen na zaai, was er geen duidelijk verschil in totaal drooggewicht per plant tussen de drie plantverbanden; daarna traden er verschillen op, vooral tussen 20 x 20 cm en de grootste twee plantafstanden. In de periode 39-81 dagen na zaai bleek het drooggewichtsverloop vrijwel lineair te zijn. De groeisnelheden over deze periode die uit de regressiecoëfficiënten behorende bij de rechte lijnen ter beschrijving van dit verloop werden afgeleid, bedroegen respectievelijk 146, 112 en 64 kg/ha per dag. Op basis van het drooggewicht per plant was er weinig verschil tussen de grootste twee plantafstanden.

De toename van het pluimgewicht over de periode 53-97 dagen na zaai vertoonde een logaritmisch verloop. 85 dagen na zaai werd bij de grootste twee plantafstanden het hoogste pluimgewicht bereikt. De pluimen bij 20 x 20 cm waren aanmerkelijk lichter dan die van de grootste twee plantafstanden, die vrijwel niet van elkaar verschilden.

De maximale LAI-waarden werden reeds vóór de bloei bereikt en bedroegen respectievelijk 3,54, 1,97 en 0,98. Zij daalden vervolgens tot het einde van de bemonsteringsperiode vrijwel rechtlijnig.

De NAR welke over een periode van ongeveer drie weken na de bloei werd berekend bleek te stijgen met de tijd. Het niveau van de NAR was hoger bij groter plantverband.

De opbrengsten aan luchtdroog zaad waren respectievelijk 2,98, 2,26 en 1,40 ± 0,29 ton/ha.

2. VOORWOORD

Het onderhavige rapport behelst een groei-analytisch onderzoek aan sorghum, uitgevoerd aan het Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek in Suriname door J.W. Erdman, student in de Tropische Plantenteelt aan de Landbouwhogeschool te Wageningen, als onderdeel van zijn praktijktijd van 29 oktober 1970 - 29 april 1971.

Het onderzoek stond onder leiding van Dr. Ir. J.F. Wienk.

3. INLEIDING

Sorghum bicolor (L.) Moench is een tropisch graangewas, dat behoort tot de stam Andropogoneae. Het genencentrum wordt verondersteld op de hoogvlakte van Ethiopië te liggen. Tegenwoordig vindt het gewas zijn grootste verspreiding in Afrika, India en China.

Alhoewel het vierde graan ter wereld, is het voor de export onbelangrijk.

Sorghum onderscheidt zich van andere graangewassen door zijn grote droogteresistentie. Gedurende een droogteperiode kan de groei van de plant geheel tot stilstand komen om bij de eerste regens weer normaal door te gaan (DOGGETT, 1970). Vaak is sorghum een goed alternatief in gebieden waar mais door te weinig of te onregelmatige neerslag niet voldoet. Een gemiddelde transpiratie-coefficiënt voor sorghum is ca. 280 en voor mais ca. 350.

Sorghum is een korte-dagplant met ca. 10 uur als optimale daglengte. Over het algemeen stelt het geen hoge eisen aan de grond. De gebruiksmogelijkheden zijn o.a. menselijk voedsel (Afrika), grondstof voor het brouwen van bier (Afrika) en veevoer (U.S.A.).

Was men vroeger in de plantenteelt voornamelijk geïnteresseerd in de economische opbrengst van een gewas, tegenwoordig wordt met name bij het gewasfysiologisch onderzoek gekeken naar de groei van de plant en haar componenten. Hiertoe worden op regelmatige tijdstippen tijdens de groei monsters genomen. Volgens WATSON (1952) moet groei beschouwd worden als toename van het totale drooggewicht van een plant. Deze toename wordt bepaald door de mate van fotosynthetiseren van de groene bladeren en dit laatste wordt o.a. weer beïnvloed door de hoeveelheid licht die op het blad valt. Door het verloop van het drooggewicht van planten bij verschillende plantdichtheden met elkaar te vergelijken, wordt een indruk van de invloed van het licht op de plant verkregen. Bij een nauwer plantverband zal er immers meer licht onderschept worden, maar minder licht door het gewas vallen waardoor de fotosynthese van de onderste bladeren zal verminderen.

Om de produktie en de verdeling van de droge stof te onderzoeken onder invloed van lichtconcurrentie werd een groei-analytisch onderzoek gedaan met sorghum bij drie plantafstanden. Dit gewas werd gekozen omdat de grote bladeren van deze plant wellicht de verschillen in lichtbenutting bij verschillende plantafstanden goed zullen doen uitkomen.

4. MATERIAAL EN METHODEN

4.1. PLANTMATERIAAL

Voor het onderzoek werd gebruik gemaakt van de openbestoven cultivar Martin, een semi-dwergtype, van Noord-Amerikaanse oorsprong. Het zaad is eigen nateelt.

4.2. AANPLANT

Er werd gezaaid op drie ca. 80 m lange en ca. 6 m brede bedden. De grondsoort bestaat uit een zware, slecht doorlatende leem. Na het oogsten van het voorgewas katjang idjo, werd gewied en onmiddellijk daarna werd met het zaaien van sorghum begonnen zonder verdere grondbewerking. De afwatering vond plaats middels ca. 50 cm diepe greppels die uitlopen in ontwateringssloten welke in verbinding staan met de ringsloot van de CELOS-polder.

In een gewarde blokkenproef met vier herhalingen werden drie plantverbanden met elkaar vergeleken nl. 20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm. De bruto grootte der veldjes was 18 x 6 m.

Op 3 december 1970 werd in plantgeulen gezaaid. Vooraf was het zaad ontsmet met 5 gram Ceredon (50% TMTD + 5% COBH) per kg zaad. De opkomst was redelijk. Op 15 en 16 december werd gedund tot de juiste plantverbanden. De dag daarop werd in geulen langs de plantrijen bemest met 400 kg NPK (14+14+14) per hectare.

Tijdens de groei werd het gewas aangetast door bladluis en stengelboorders. Tegen de eerste werd gespoten met een 0,2% oplossing van Tedion-V-18, tegen de laatste met een 0,3% oplossing van Dipterex SP 80 (werkzaam bestanddeel: Trichlorphon). In het laatste stadium van de groei had het gewas te lijden van vogelvraat en van een schimmel die purperen vlekken op de stengel, de bladschijf en de bladschede veroorzaakte.

Aangezien de weersomstandigheden tijdens de groei wat sorghum betreft te wensen overlieten (fig. 1) was de stand van het gewas vanaf medio januari nogal slecht. De lagere bladeren werden geel en stierven mede onder invloed van een bladschimmel vrij vroeg af. Bij het grootste plantverband groeide er tussen de sorghumplanten veel onkruid dat moeilijk gewied kon worden doordat t.g.v. de grote neerslag, de grond zacht was.

4.3. METHODIEK

Voor de drooggewichtsbepaling werd herhaaldelijk per veldje een monster van 12 planten getrokken. Hiertoe werd elk veldje in drie gelijke subveldjes verdeeld waarbij elk sub-veldje vier bij elkaar staande planten opleverde. De plaats van deze planten werd middels loting vastgesteld. Bij de kleinste twee plantafstanden werden overal twee randplanten naast de te bemonsteren planten in aanmerking genomen; bij de grootste plantafstand was er rondom ieder monster slechts één randplant. Het eerste monster werd op 11 januari, 39 dagen na zaai, getrokken. In totaal werden 12 monsters getrokken met intervallen variërend van 4-7 dagen. Op 10 maart, 97 dagen na zaai, vond de laatste bemonstering plaats. Ter bepaling van de opbrengst werden op 18 maart alleen de pluimen van de te bemonsteren planten geoogst en later in luchtdroge toestand gewogen.

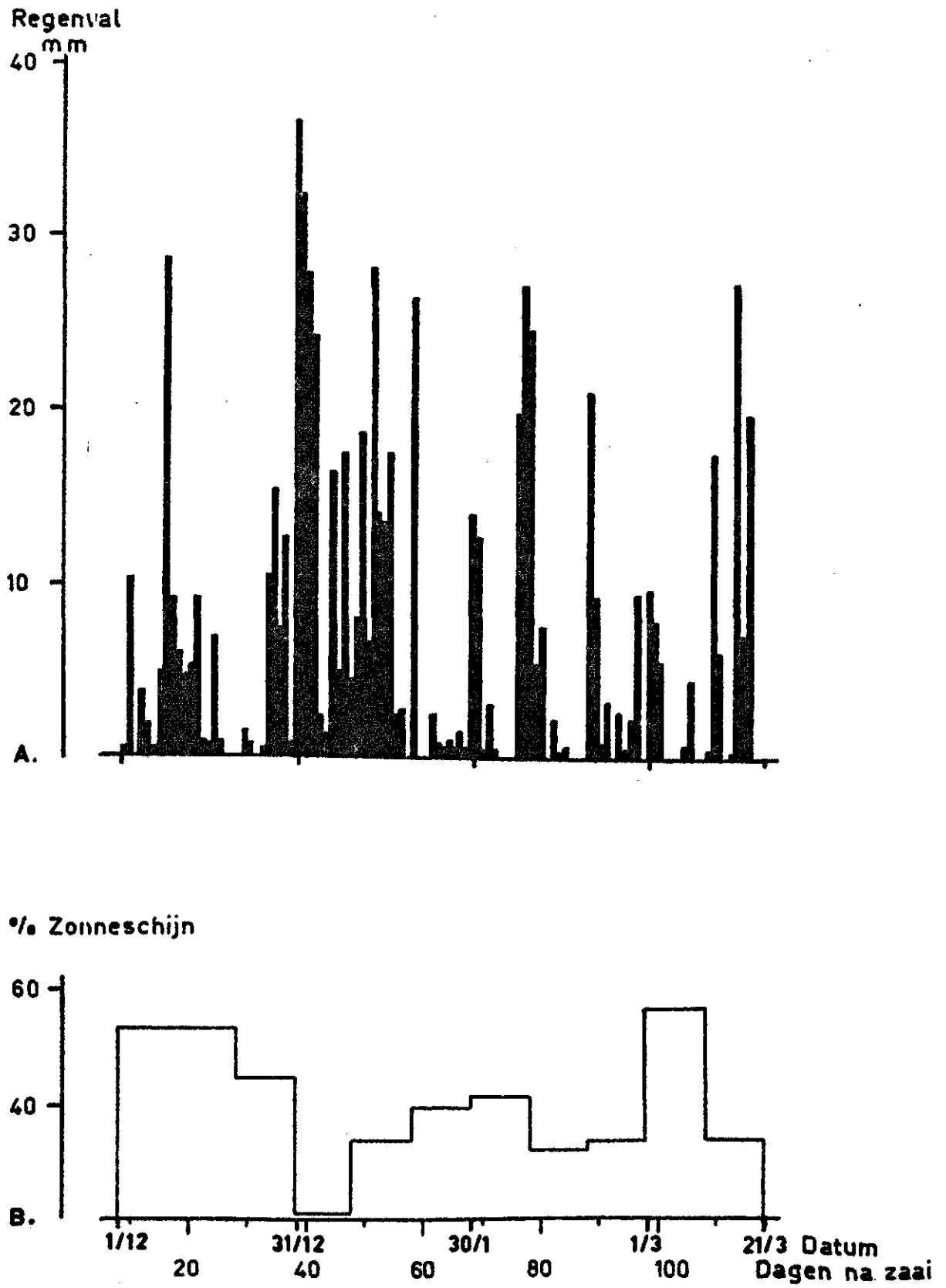


Fig. 1. Dagelijkse regenval (A) en percentage zonneschijn in de periode 1 december 1970 – 21 maart 1971. Zonneschijn is berekend als percentage van de uren 07.00 – 17.00, over perioden van een week.

De bemonsterde planten werden zoveel mogelijk met hun wortels uitgegraven, vervolgens gereinigd en opgesplitst in wortels, stengels, bladscheden, bladschijven en later pluimen. De verschillende componenten werden per veldje gedroogd in een geventileerde droogstoof gedurende ca. 24 uur bij 85°C, gevolgd door één uur bij 105°C.

Het aantal ontvouwen, groene bladeren werd geteld en de lengte der stengels inclusief de pluim werd gemeten. Bij de bemonsterde planten werd verder genoteerd of de pluim zichtbaar was boven de koker gevormd door de bladscheden, en of de plant bloeide (de meeldraden zichtbaar waren).

Het oppervlak van de ontvouwen, groene bladschijven werd voor elk blad geschat met behulp van de formule 0,75 x lengte x grootste breedte (STICKLER et al., 1961).

De groeisnelheid (CGR), gedefinieerd als de snelheid van de drooggewichtstoename per eenheid van grondoppervlak, en de "Net Assimilation Rate" (NAR), gedefinieerd als de snelheid van de drooggewichtstoename per eenheid van bladoppervlak, werden berekend met behulp van de volgende formules:

$CGR = \frac{1}{A} \times \frac{dW}{dt}$, en $NAR = \frac{1}{LA} \times \frac{dW}{dt}$, waarbij A = grondoppervlak, W = drooggewicht, t= tijd en LA = bladoppervlak (GREGORY, 1917).

5. VERLOOP EN RESULTATEN

5.1. VEGETATIEVE ONTWIKKELING

Het aantal bladeren per plant dat ten tijde van het eerste monster, 39 dagen na zaai, werd geteld bij 20 x 20 cm, was het hoogste dat tijdens de proef bij deze plantafstand werd waargenomen. Bij de andere twee plantverbanden werd een week later een maximum bereikt (fig. 2). Tot 81 dagen na zaai waren er tussen de plantverbanden geen grote verschillen te constateren in het aantal bladeren per plant; daarna hadden de planten bij de grootste plantafstand de meeste bladeren.

De bebladeringsindex bereikte daarentegen bij het kleinste plantverband pas 53 dagen na zaai het maximum; daarna nam ze geleidelijk af (fig. 2). Bij de twee andere plantverbanden werd de maximale LAI vier dagen later bereikt, hetgeen evenals bij 20 x 20 cm, ca. twee weken vóór de bloei was. De maximale LAI's bij de respectievelijke plantafstanden bedroegen 3,54 ± 0,09, 1,97 ± 0,11 en 0,98 ± 0,11.

Vanaf het tijdstip waarop de maximale LAI werd bereikt tot de laatste monstername, 97 dagen na zaai, nam het bladoppervlak per plant voor de drie plantafstanden vrijwel lineair af (tabel 1).

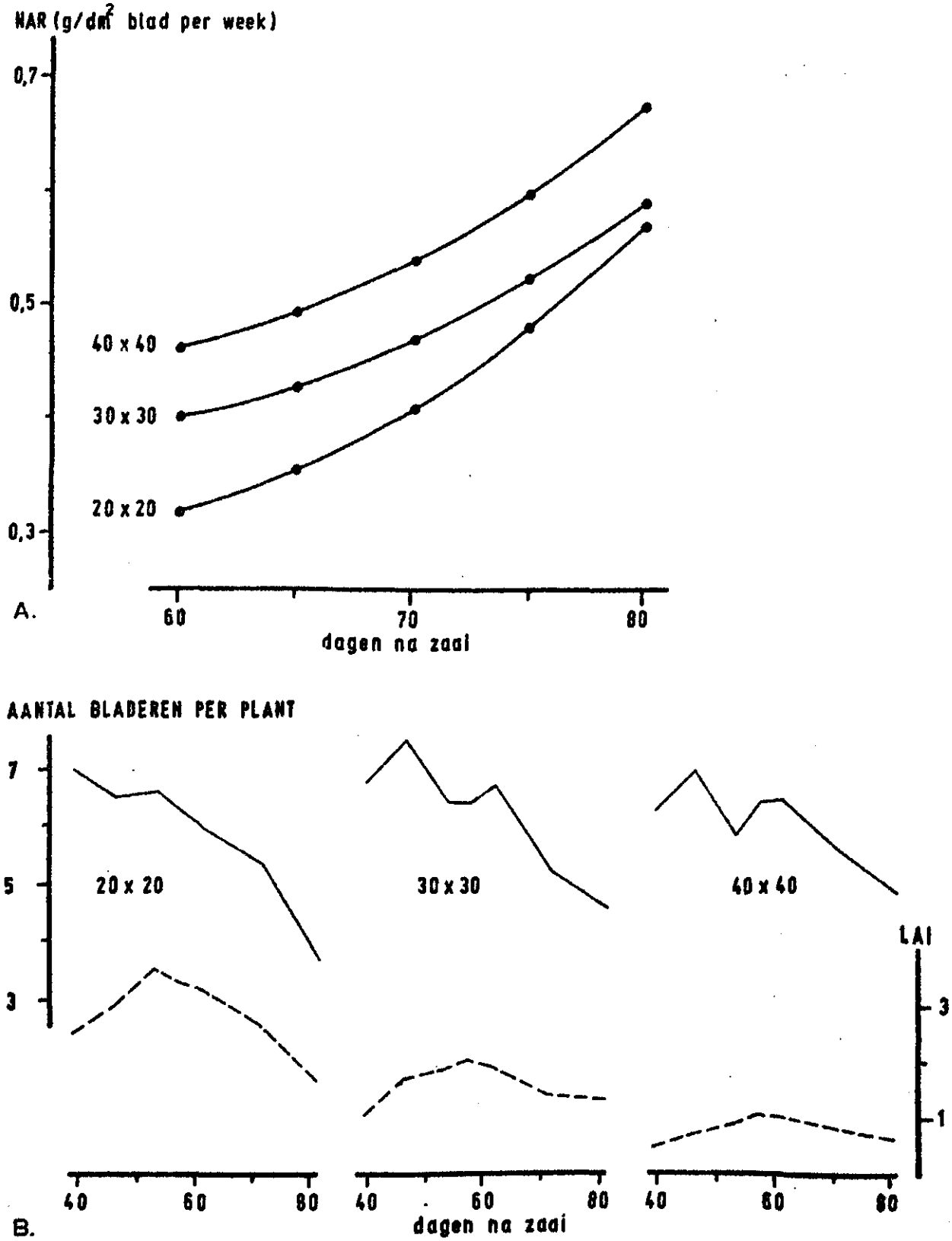


Fig. 2. De berekende NAR in de periode 60 - 80 dagen na zaai (A) en het aantal bladeren en de LAI in de periode 39 - 81 dagen na zaai (B) bij drie plantverbanden.

Tabel 1. Regressiecoëfficiënten (b) van de lineaire vergelijkingen ter beschrijving van het verloop van het bladoppervlak (dm^2/plant) bij drie plantafstanden, met bijbehorende r^2-waarden

periode (dagen na zaai)	plantverband (cm)	b	r^2	+)
53-97 (n=10)	20 x 20	-0,278 ± 0,020	0,960	***
57-97 (n= 9)	30 x 30	-0,287 ± 0,037	0,898	***
57-97 (n= 9)	40 x 40	-0,249 ± 0,016	0,973	***

+) *** P <0,001

Gedurende de gehele groei van het gewas was de lengte van de stengel inclusief pluim, kleiner bij grotere plantafstand. Het verschil tussen 40 x 40 cm en de twee andere plantverbanden was vooral in het begin groter dan tussen 20 x 20 en 30 x 30 cm (tabel 2). Over het algemeen hield de lengtegroei ongeveer 10 dagen na bloei, of 10-11 weken na zaai, op.

Tabel 2. De lengte van de stengel met pluim bij drie plantafstanden. De cijfers zijn gemiddelden van vier herhalingen

dagen na zaai	plantverband (cm)		
	20 x 20	30 x 30	40 x 40
46	18,6	18,0	6,6
53	43,9	35,4	21,5
61	93,7	84,7	60,8
71	118,0	116,8	106,7
81	132,5	125,8	120,5
91	133,9	123,2	120,4

5.2. BLOEI EN OPBRENGST

Bij de tweede monstername, 46 dagen na zaai, kon bij ruim 75% van alle planten in het monster reeds een pluim worden onderscheiden. Een week later was dit bij nagenoeg alle planten het geval. Er was geen duidelijk verschil tussen de plantverbanden. 53 dagen na zaai verscheen de eerste pluim boven de koker gevormd door de bladscheden. Een week later waren de eerste pluimen in bloei (tabel 3).

Tabel 3. Het aantal planten waarvan de pluim zichtbaar was (A) en het aantal planten waarvan de pluim bloeide (B), beide uitgedrukt als percentage van het totale aantal planten in het monster. De cijfers zijn gemiddelden van vier herhalingen

	plantverband (cm)					
dagen na zaai	20 x 20		30 x 30		40 x 40	
	A	B	A	B	A	B
53	4	0	6	0	0	0
57	31	0	44	0	8	0
61	75	8	69	19	46	15
67	94	77	90	75	65	33
71	94	73	96	90	94	77
75	100	92	100	90	98	92

Bij de opbrengstbepaling waren de pluimgewichten 47,6, 81,9 en 89,3 gram voor respectievelijk 20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm. Het lage pluimgewicht bij het kleinste plantverband bleek ook uit het geschatte aantal korrels per pluim, dat 519, 885 en 971 ± 31 bedroeg voor de respectievelijke plantverbanden. De opbrengsten aan luchtdroog zaad waren respectievelijk 2,98, 2,26 en 1,40 ± 0,29 ton/ha.

5.3. PRODUKTIE EN VERDELING VAN DE DROGE STOF

Tabel 4 geeft de produktie en verdeling van de droge stof per plant gedurende de groei weer.

Zowel het drooggewicht van de bladscheden als dat van de stengel namen vanaf de eerste monstername geleidelijk toe tot een maximum om daarna weer geleidelijk te dalen. Het tijdstip waarop het maximum bereikt werd varieerde met het plantverband. De bijdrage van het drooggewicht van de stengel tot het totale drooggewicht gemeten bij het maximale stengelgewicht, blijkt bij 20 x 20 cm het hoogst te zijn nl. ca. 40%, en bij 40 x 40 cm het laagst, ca. 26%.

Vanaf 53 dagen na zaai bleef het drooggewicht van de wortels vrij constant; het was groter bij grotere plantafstand. Het drooggewicht van de bladschijven bereikte al snel een maximum: na 53 dagen bij 20 x 20 cm en 61 dagen bij 30 x 30 en 40 x 40 cm. Bij het laatste monster bedroeg het ca. 7% van het totaal drooggewicht.

Tot 85 dagen na zaai nam het totale drooggewicht toe (fig. 3). Hierna daalde het bij de grootste twee plantafstanden vrij aanzienlijk, maar bleef bij 20 x 20 cm vrijwel gelijk. Van 39 tot 81 dagen na zaai was de toename vrijwel lineair (tabel 5).

Tabel 5. Regressiecoëfficiënten (b) van de lineaire vergelijkingen ter beschrijving van het verloop van het totale drooggewicht (g/plant) bij drie plantafstanden, met bijbehorende r^2-waarden

periode	plantverband (cm)	b	r^2	+)
39-81 dagen	20 x 20	0,584 ± 0,028	0,984 ***	
na zaai	30 x 30	1,006 ± 0,050	0,983 ***	
(n=9)	40 x 40	1,023 ± 0,061	0,976 ***	

+) *** P <0,001

De groeisnelheden (CGR) in de periode 39-81 dagen na zaai berekend aan de hand van de regressiecoëfficiënten, bedroegen voor de drie plantverbanden respectievelijk 146, 112 en 64 kg/ha per dag.

Over de periode 60-80 dagen na zaai werd de "Net Assimilation Rate" (NAR) berekend. Gedurende dit tijdsinterval bleek de NAR te stijgen met toenemende leeftijd. Deze stijging was het sterkst bij de kleinste plantafstand. Het niveau van de NAR was op overeenkomstige tijdstippen hoger bij grotere plantafstand (fig. 2).

De toename van het pluimgewicht had over de periode 53-85 dagen na zaai een logaritmisch verloop (fig. 3). Hierna nam het pluimgewicht bij de grootste twee plantafstanden af, maar bleef bij het 20 x 20 cm nog enigszins stijgen. Deze daling werd waarschijnlijk veroorzaakt door vogelvraat. Tot 81 dagen na zaai was het verschil in pluimgewicht tussen de grootste twee plantverbanden weliswaar niet groot maar viel uit ten gunste van 30 x 30 cm. Daarna was het iets hoger voor 40 x 40 cm. Pas vanaf 81 dagen na zaai was het pluimgewicht bij 20 x 20 cm veel minder dan dat bij 30 x 30 en 40 x 40 cm. Bij het laatste monster was het drooggewicht van de pluim ongeveer de helft van het totale drooggewicht.

Tabel 4. Verdeling van het drooggewicht (g/plant) in de periode 46-97 dagen na zaai, bij drie plantafstanden. De cijfers zijn gemiddelden van drie herhalingen

plantverband (cm)		dagen na zaai										
		46	53	57	61	67	71	75	81	85	91	97
20 x 20	wortels	1,50	1,88	2,41	1,92	2,26	2,26	2,17	2,41	2,38	1,94	2,05
	bladschijf	3,90	5,62	5,13	5,38	4,94	5,10	4,25	3,31	2,40	1,32	1,17
	bladschede	2,06	4,07	4,19	4,76	4,87	4,50	4,13	3,49	2,65	2,30	2,05
	stengel	0,92	2,78	3,79	5,64	8,67	8,92	10,58	10,10	8,93	8,99	8,92
	pluim	-	0,40	1,14	1,96	2,64	3,55	5,46	9,61	13,08	13,36	14,24
	totaal	8,38	14,75	16,67	19,67	23,38	23,74	26,59	28,91	29,43	28,40	28,97
30 x 30	wortels	2,36	3,29	3,02	3,49	3,72	3,93	4,50	4,12	3,93	4,41	3,82
	bladschijf	5,94	7,27	7,33	7,89	7,43	6,64	6,93	6,24	4,80	3,13	3,05
	bladschede	3,31	6,09	6,61	7,68	7,31	6,53	7,19	5,96	4,88	3,94	3,31
	stengel	1,17	3,26	5,09	7,67	10,91	11,95	14,67	13,61	12,34	12,63	11,68
	pluim	-	0,86	2,42	3,84	4,69	6,16	11,80	14,54	24,05	24,05	21,51
	totaal	12,77	20,76	24,47	30,12	34,05	35,20	45,09	46,47	50,08	50,08	43,36
40 x 40	wortels	1,74	3,17	3,54	4,09	4,02	4,46	5,29	5,03	5,48	5,06	4,59
	bladschijf	3,97	6,46	7,21	7,57	6,93	7,31	6,96	6,48	5,80	4,40	3,88
	bladschede	2,04	5,14	5,67	6,90	6,62	7,26	7,56	6,50	5,88	5,12	4,09
	stengel	0,42	2,03	3,05	6,37	7,46	11,72	14,70	14,11	14,85	13,38	14,30
	pluim	-	0,33	1,11	3,12	3,95	5,48	5,48	8,93	25,60	23,35	23,37
	totaal	8,17	17,12	20,47	28,04	28,73	36,23	36,23	43,43	57,60	51,31	50,22
s.a. van tot.drooggew.		1,34	1,96	1,80	2,53	2,76	4,22	3,63	2,97	4,70	4,82	3,95

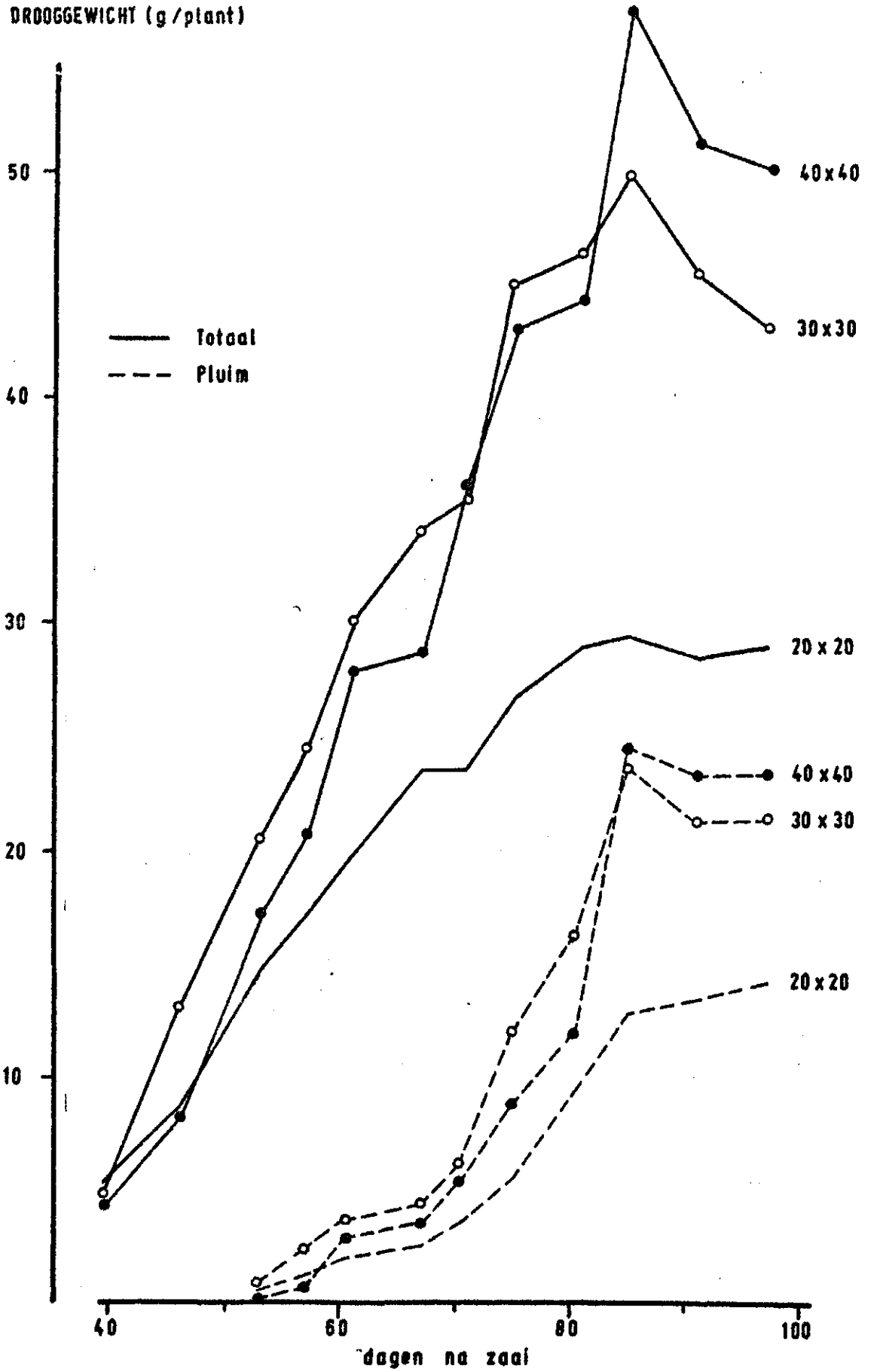


Fig. 3. Verloop van totaal drooggewicht en pluimgewicht bij drie plantverbanden.

6. DISCUSSIE

Om bij een graangewas een zo groot mogelijke opbrengst te verkrijgen is het volgens THORNE (1966) noodzakelijk, ten eerste, dat de maximale LAI samenvalt met het verschijnen van de bloeiwijze, en, ten tweede, dat de LAI zo lang mogelijk een hoge waarde behoudt. Uit de onderhavige proef met sorghum blijkt dat bij alle plantverbanden de maximale LAI nagenoeg samenviel met het zichtbaar worden van de pluim, maar dat daarna het bladoppervlak per plant in meer of mindere mate daalde.

Over het algemeen wordt bij planten van het planophylle type een maximale LAI van tussen de 3 en 4 als redelijk beschouwd. Deze waarde werd bij 20 x 20 cm inderdaad bereikt. Een daling van de LAI na de bloei, welke wordt veroorzaakt door afsterving van lager blad, hoeft bij sorghum niet tot een aanzienlijk lagere opbrengst te leiden aangezien uit ontbladeringsproeven met dit gewas is gebleken dat de bovenste groene bladeren, vooral het vlaggeblad, de grootste bijdrage aan assimilaten leveren tot de korrelvorming (STICKLER & PAULI, 1961).

Bij de drie plantverbanden werden de maximale LAI's twee weken later bereikt dan het maximum van het aantal aanwezige bladeren per plant. Deze schijnbare tegenstrijdigheid wordt voornamelijk verklaard door het zich ontvouwen van nieuwe bladeren na het bereiken van het maximale aantal. De onderste bladeren, die nagenoeg geen bijdrage leveren tot het totale bladoppervlak, vergeelden en verdwenen namelijk zeer vroeg hetgeen veroorzaakt werd door een bladschimmel. Over het algemeen hadden de planten bij het kleinste plantverband de meeste last van dit vergelen, hetgeen mogelijk mede veroorzaakt werd door een grotere concurrentie wat betreft mineralen, vooral stikstof, dan bij de twee andere plantverbanden, en wellicht door een grotere onderlinge beschaduwing.

Door LOOMIS & WILLIAMS (1963) werd een schatting gemaakt van de potentiële droge-stofproduktie van een gewas. Onder aanname dat alle factoren voor de fotosynthese optimaal zijn, komen ze tot een theoretische droge-stofproduktie van 770 kg/ha per dag. In de praktijk blijkt dit niet haalbaar. De maximale groeisnelheid (CGR) van voedersorghum welke is waargenomen bedraagt 510 kg/ha per dag (DOGGETT, 1970). Hoewel deze CGR onder zeer gunstige omstandigheden en bij een zeer nauw plantverband werd bereikt, moeten de CGR-waarden uit de onderhavige proef toch als laag beschouwd worden. Dat de CGR lager was bij toenemende plantafstand, wordt verklaard door het afnemen van de LAI met een daarbij onvoldoende toename van de NAR.

Zodra de LAI een waarde van ca. 2,5 bereikt neemt de lichtconcurrentie tussen de bladeren toe als gevolg van onderlinge beschaduwing waardoor de netto-fotosynthesesnelheid afneemt (WATSON, 1958). Het verouderen van de bladeren heeft hetzelfde gevolg. Bovendien kan door een dicht bladerdek de concentratie aan koolzuurgas in het minimum komen. Daarnaast zouden volgens o.a. TANAKA et al. (1966)

de in schaduw verkerende bladeren onder in het gewas normaal doorgaan met ademhalen. Al deze factoren dragen ertoe bij dat de NAR bij toenemende LAI daalt.

In de periode waarover in deze proef de NAR werd berekend daalde de LAI. Dit verklaart waarom de NAR geleidelijk aan steeg (fig. 2). Het onderste, minst actieve en mogelijk onverminderd respirerende blad stierf af, waardoor de netto-fotosynthese per eenheid overblijvend, jonger, goed belicht en dus beter functionerend blad, steeg.

Uit een plantdichthedenproef in Tanzania met de cultivar Martin bleek dat toenemende plantdichtheid de opbrengst toenam: bij het grootste aantal planten per ha (ca. 148.000) werd de hoogste opbrengst verkregen, nl. ca. 2,9 ton/ha (DOGGETT, 1952). In onze proef bleek het kleinste plantverband (250.000 planten per ha) de hoogste opbrengst te geven; 40 x 40 cm kwam aanzienlijk lager uit. Worden deze opbrengsten vergeleken met die uit een vorige proef met sorghum op het CELOS (ANON., 1969) dan zijn de resultaten van 20 x 20 en 30 x 30 cm redelijk.

Uit de geringe verschillen in drooggewicht met 30 x 30 cm (fig. 3) blijkt dat de planten bij 40 x 40 cm de gunstiger lichtpositie niet hebben kunnen benutten door meer en grotere bladeren te vormen, waardoor een grotere drogestofproduktie zou zijn bereikt. Het gewas was bij deze afstand gedurende de gehele groei niet gesloten, hetgeen duidelijk tot uiting kwam in het vele onkruid. Het geheel resulteerde in een lage CGR en een lage opbrengst. De plantafstand van 40 x 40 cm was voor deze relatief kleine sorghum-cultivar onder de gegeven omstandigheden blijkbaar te groot. In de praktijk echter wordt graansorghum in rijen op een afstand van ca. 90 cm van elkaar gezaaid i.v.m. bewerking en oogst (MARTIN & LEONARD, 1967).

7. LITERATUUR

ANONYMUS, 1969. Oriënterende begreppelings-bedden-gewassenproef (68/11). CELOS Kwartaalverslagen, 12 sub 14.1.

DOGGETT, H., 1952. Annual report of the botanist, Ukiriguru for the year 1950. Tanganyika Dept. Agric. Ann. Rep. 1950, Govt. Printer, Dar-es-Salaam. In: DOGGETT, 1970.

DOGGETT, H., 1970. Sorghum. Longmans, London.

GREGORY, F.G., 1917. Physiological conditions in cucumber houses. Third Ann. Rep. Exp. Res. Sta. Cheshunt. pp. 19-28.

LOOMIS, R.S. & W.A. WILLIAMS, 1963. Maximum crop productivity: an estimate. Crop Sci., 3: 67.

MARTIN, J.H. & W.H. LEONARD, 1967. Principles of field crop production. 2nd ed. Macmillan, New York.

STICKLER, F.C. et al., 1961. Leaf area determination in grain sorghum. Agron. J., 53: 187-188.

STICKLER, F.C. & A.W. PAULI, 1961. Leaf removal in grain sorghum. I. Effects of certain defoliation treatments on yield and components of yield. Agron. J., 53: 99-102.

TANAKA, A. et al., 1966. Photosynthesis, respiration, and plant type of the tropical rice plant. Tech. Bull. Int. Rice. Res. Inst., 7.

THORNE, G.N., 1966. Physiological aspects of grain yield in cereals. In: F.L. MILTHORPE & J.D. IVINS (Eds), 1966. The growth of cereals and grasses. Butterworths, London. pp. 88-105.

WATSON, D.J., 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. Ann. Bot., 22: 37-55.

WATSON, D.J., 1968. A prospect of crop physiology. Ann. appl. Biol., 62: 1-9.

Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

PRODUKTIE EN VERDELING VAN DROGE STOF BIJ DE COWPEA-CULTIVARS BLACKEYE EN AFRICAN RED ONDER INVLOED VAN DE PLANTDICHTHEID

(onderzoekproject 70/18)

J.W. Erdman

Verslag van een onderzoek verricht onder leiding van Dr. Ir. J.F. Wienk

augustus 1971

I N H O U D

	Blz.
1. Samenvatting	5
2. Voorwoord.	5
3. Inleiding.	6
4. Uitvoering	7
4.1. Plantmateriaal.	7
4.2. Aanplant.	7
4.3. Methodiek	9
5. Resultaten	9
5.1. Verloop van groei en ontwikkeling . .	9
5.2. Bloei en opbrengst.	13
5.3. Produktie en verdeling van droge stof	14
6. Discussie.	19
7. Literatuur	23

1. SAMENVATTING

Bij twee cowpea cultivars (Vigna unguiculata (L.) Walp.), African Red en Blackeye, werd aan de hand van op regelmatige tijdstippen genomen monsters een onderzoek gedaan naar de produktie en de verdeling van de droge stof onder invloed van de plantverbanden 20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm. Over het algemeen bestonden er duidelijke verschillen in totaal drooggewicht per plant tussen de plantverbanden: het drooggewicht per plant nam toe met toenemende plantafstand. Tot enige dagen voor de oogst van African Red was er binnen de plantverbanden weinig verschil tussen de twee cultivars wat betreft het totale drooggewicht. Het verloop van het totale drooggewicht per plant bleek in de periode 25 tot 52 dagen na zaai, zeer goed door een lineaire functie van de tijd te kunnen worden beschreven.

Ook het bladoppervlak per plant vertoonde tot 45 dagen na zaai een vrijwel lineair verloop. In bijna alle gevallen bleek de hoogste waarde voor de bebladeringsindex 48 dagen na zaai bereikt te zijn.

De groeisnelheden berekend met behulp van de regressiecoëfficiënten van de lineaire vergelijkingen ter beschrijving van het drooggewichtsverloop over de periode 25-52 dagen na zaai, waren vrij laag en bedroegen in het gunstigste geval nog geen 90 kg/ha per dag. Over dezelfde periode werd de NAR berekend. Deze bleek in het begin snel af te nemen daarna langzamer. Het niveau van de NAR nam toe met de afstand.

De opbrengsten aan doodrijpe peulen op basis van hun drooggewicht waren bij Blackeye hoger dan bij African Red. Bij de eerste was er nauwelijks verschil tussen de plantverbanden. Bij African Red was de opbrengst van 30 x 30 cm aanzienlijk hoger dan die van de twee andere plantverbanden, waarvoor geen verklaring werd gevonden.

2. VOORWOORD

Het onderhavige rapport beschrijft een groei-analytisch onderzoek met cowpea, dat uitgevoerd werd aan het Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek in Suriname door J.W. Erdman, student in de Tropische Plantenteelt aan de Landbouwhogeschool te Wageningen, als onderdeel van zijn praktijktijd van 29 oktober 1970 - 29 april 1971.

Het onderzoek stond onder leiding van Dr. Ir. J.F. Wienk.

3. INLEIDING

Vigna unguiculata (L.) Walp., veelal met de engelse naam cowpea aangeduid, is een der meest geteelde peulgewassen ter wereld. Het behoort tot de familie der Leguminosae. De oorsprong van de cowpea is niet geheel bekend, maar waarschijnlijk ligt het primaire genencentrum in China, terwijl er een secundair genencentrum in Afrika verondersteld wordt. Driehonderd jaar voor Christus werd de plant al door de Grieken genoemd. Pas in de zeventiende eeuw is de cowpea naar het Amerikaanse continent gekomen. Cowpea heeft vele gebruiksmogelijkheden; de mens eet de zaden, de peulen, het blad, terwijl in Afrika ook de wortels worden gegeten. Verder wordt de plant gebruikt als veevoer en als groenbemester. Vooral in Afrika wordt veel cowpea geteeld. De teeltcisen zijn gering in vergelijking tot andere peulgewassen.

Bij groei-analytisch onderzoek is men ter verklaring van de economische opbrengst van het gewas geïnterresseerd in gegevens die verzameld worden tijdens de groei van het gewas (WATSON, 1968). Hiertoe worden gedurende de groei op regelmatige tijdstippen monsters uit het gewas getrokken. Van deze monsters wordt onder andere het totaal drooggewicht bepaald. Er wordt namelijk vanuit gegaan dat de toename van het drooggewicht een goede maat is voor het fotosynthetisch vermogen van het gewas. Om een optimaal groeiend gewas met optimale opbrengst te verkrijgen is een optimale netto-fotosynthese (bruto-fotosynthese - ademhaling) van groot belang. De totale drooggewichtstoename hangt o.a. af van de grootte van het totale groene bladoppervlak, welke wordt uitgedrukt per eenheid grondoppervlak (bebladeringsindex of LAI).

Twee in het groei-analytisch onderzoek belangrijke begrippen zijn de "Net Assimilation Rate" (NAR) en de "Crop Growth Rate" (CGR). De NAR, de snelheid van de netto-fotosynthese, is de snelheid van droge-stof toename per eenheid bladoppervlak, de CGR is de snelheid van droge- stof toename per eenheid grondoppervlak. Met behulp van formules kunnen beide berekend worden (GREGORY, 1917).

Op het CELOS werd in het groei-analytisch onderzoek al enige malen cowpea opgenomen (ZOEBL, 1969; ANON.,1970). Tot nu toe werd slechts één cultivar gebruikt om een inzicht te verkrijgen in de ontwikkeling van het gewas. In het onderstaande wordt een verslag gegeven van een onderzoek naar de droge-stofproduktie van twee cultivars die qua habitus van elkaar verschillen.

4. UITVOERING

4.1. PLANTMATERIAAL

Voor het onderzoek werden de cultivars Blackeye en African Red gebruikt, beide afkomstig van het Landbouwproefstation te Paramaribo. Deze twee cultivars werden uitgekozen omdat ze morfologisch duidelijk van elkaar verschillen. Blackeye is gekenmerkt door een sterke vegetatieve ontwikkeling, heeft vrijwel altijd lange zijassen, en groeit doorgaans door wanneer de peulen doodrijp zijn. African Red heeft een minder sterke vegetatieve ontwikkeling, heeft meestal korte zijassen, rijpt uniform af en blijkt meestal niet door te groeien wanneer de peulen doodrijp zijn.

4.2. AANPLANT

Er werd gezaaid op zeven bolle, ca. 32 m lange bedden. De breedte was verschillend: vijf bedden waren ca. 5,50 m breed, twee waren ca. 11 m breed. De grondsoort is voornamelijk zeer fijn lemig zand; op enkele decimeters diepte zit een kleibank. De bedden werden voor het zaaien tot een diepte van ca. 15 cm gefreesd. De afwatering vindt plaats middels 25 cm diepe greppels die uitlopen in ontwateringssloten welke in verbinding staan met de ringsloot van de CELOS-polder.

Drie plantverbanden werden met elkaar vergeleken namelijk 20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm. De proefopzet was van het "split-plot"-type, waarbij elk der velden (cultivars) was verdeeld in drie veldjes, één voor elke plantdichtheid. De proef was aangelegd in vier herhalingen. De brutogrootte der veldjes was voor de grootste twee plantafstanden 5,40 x 12,00 m, en voor de kleinste plantafstand 5,40 x 5,60 m. Op de smalle bedden lag in de breedte één veld, op de brede bedden lagen in de breedte twee velden naast elkaar.

Op 16 september 1970 werden de eerste twee herhalingen gezaaid, op 17 september de rest. Als zaaidatum wordt 17 september aangehouden. Het zaad was ontsmet met 5 gram Ceredon (werkzame bestanddelen: 50% TMTD + 5% COBH) per kg zaad. Er werd gezaaid in plantgaten op een diepte van 2 à 3 cm, 3 à 4 zaden per plantplaats. Vijf dagen na zaai werd ingeboet. Op 1 oktober werd in de eerste twee herhalingen gedund tot één plant per plantplaats, een dag later in de laatste twee. Direkt daarop werd bemest met 200 kg NPKMg (10 + 15 + 20 + 2) per hectare.

Tijdens de groei werd het gewas enige malen tegen bladetende insekten gespoten met Dipterex SP 80 (werkzaam bestanddeel: 80% Trichlorphan).

De dagelijkse regenval en het percentage zonneschijn tijdens de proef zijn in fig. 1 weergegeven.

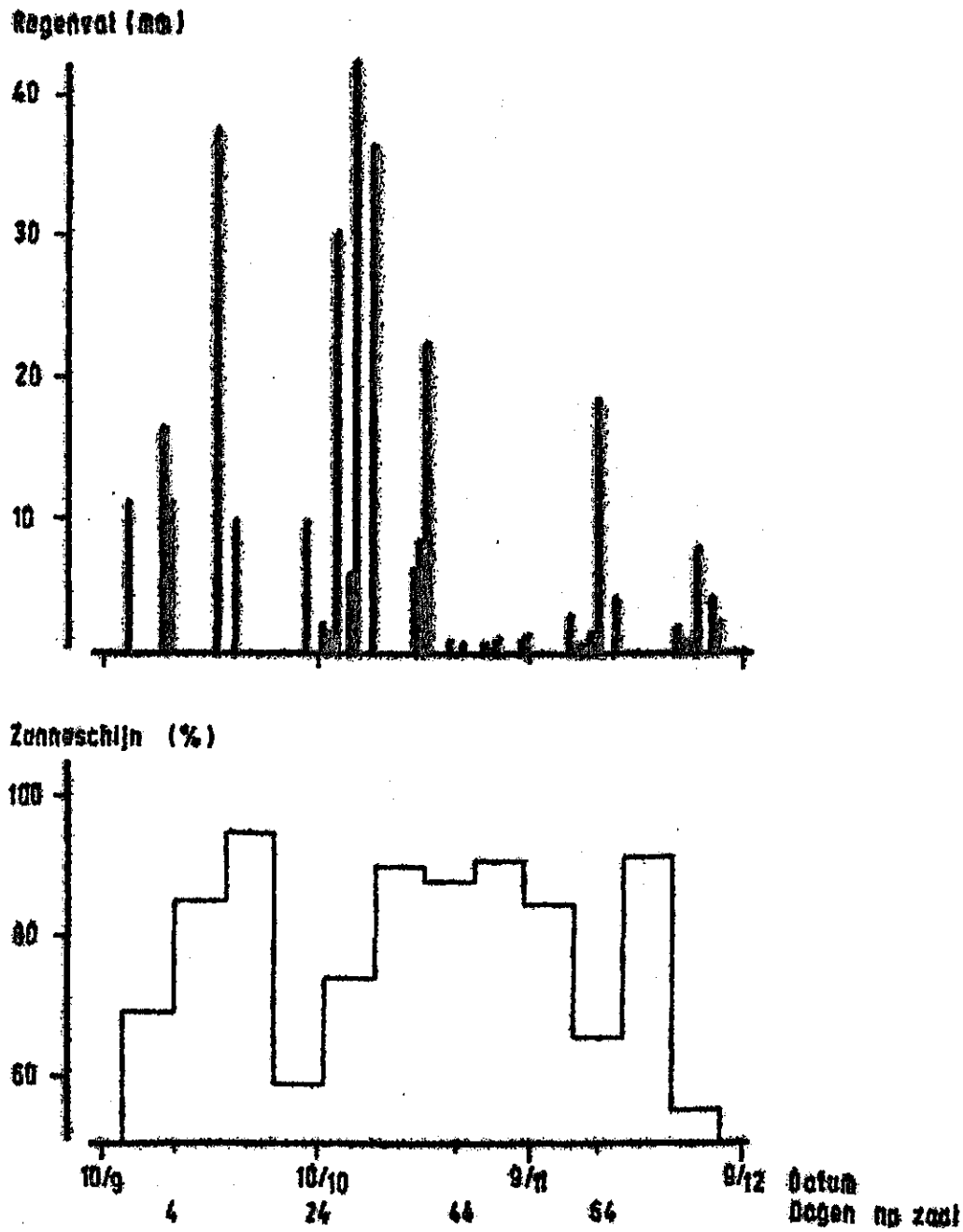


Fig. 1. Dagelijkse regenval en percentage zonneschijn vanaf 10 september tot 9 december 1970. Zonneschijn is berekend als percentage van de uren 0700–1700 over perioden van een week.

4.3. METHODIEK

Voor de drooggewichtsbepaling werd tijdens de ontwikkeling van het gewas per veldje herhaaldelijk een monster van 12 planten getrokken. Daartoe werd elk veldje in drie gelijke delen verdeeld, waarbij ieder subveldje vier bijelkaar staande planten opleverde. De plaats van deze planten werd bepaald door loting. Rond ieder viertal planten dat bemonsterd werd, werdenbij de kleinste twee plantafstanden twee randplanten in aanmerking genomen, bij het grootste plantverband slechts één randplant. Het eerste monster werd 25 dagen na zaai getrokken. Tot 52 dagen na zaai werd tweemaal per week bemonsterd, daarna éénmaal per week. Van African Red werden in totaal tien monsters genomen, het laatste 59 dagen na zaai; van Blackeye in totaal 12, met het laatste monster 74 dagen na zaai.

De bemonsterde planten werden met zoveel mogelijk wortels gerooid, daarna gereinigd en opgesplitst in wortels, hoofd- en zijstengel, bladschijven van hoofd- en zijstengel, en later peulen. Bij de bepaling van het drooggewicht werd de bladsteel niet van de stengel gescheiden. De gele bladeren werden verwijderd. De verschillende componenten werden apart per veldje gedroogd in een geventileerde droogstoof gedurende ca. 24 uur bij 85°C, gevolgd door één uur bij 105°C.

Bepaald werden het aantal groene bladeren aan de hoofd- en aan de zijstengels, het aantal zijstengels, de lengte van de hoofdstengel en de totale lengte van de zijstengels. Bij de bemonsterde planten werd verder genoteerd of ze in bloei waren. Verder werd van één monster genoteerd waar de primaire vertakkingen en de peuldragende bloeiwijzen aan de hoofdas stonden ingeplant.

Voor de schatting van het bladschijfoppervlak werd van iedere plant van het monster een top- en een lateraal blaadje van een drietallig blad in het bovenste deel van de plant en een in het benedenste deel van de plant genomen. Met een kurkboor met een diameter van 17 mm werden uit ieder blaadje twee stukjes geponst, één in het topgedeelte van het blaadje, door de hoofdnerf, en één in het basisgedeelte naast de hoofdnerf. Vervolgens werd per monster het drooggewicht van de ponsjes bepaald. Uit dit drooggewicht en uit het drooggewicht van het totaal aan bladschijven werd per monster het totale oppervlak der bladschijven geschat.

5. RESULTATEN

5.1. VERLOOP VAN GROEI EN ONTWIKKELING

Gedurende de gehele groeiduur van het gewas bleek dat bij een ruimer plantverband de planten zich beter ontwikkelden: er werden meer bladeren geproduceerd (fig. 2A), en meer en langere zijassen gevormd (tabel 1) dan bij een nauwer plantverband. De verschillen tussen de planten bij een plantverband van 20 x 20 cm en die bij de twee ruimere

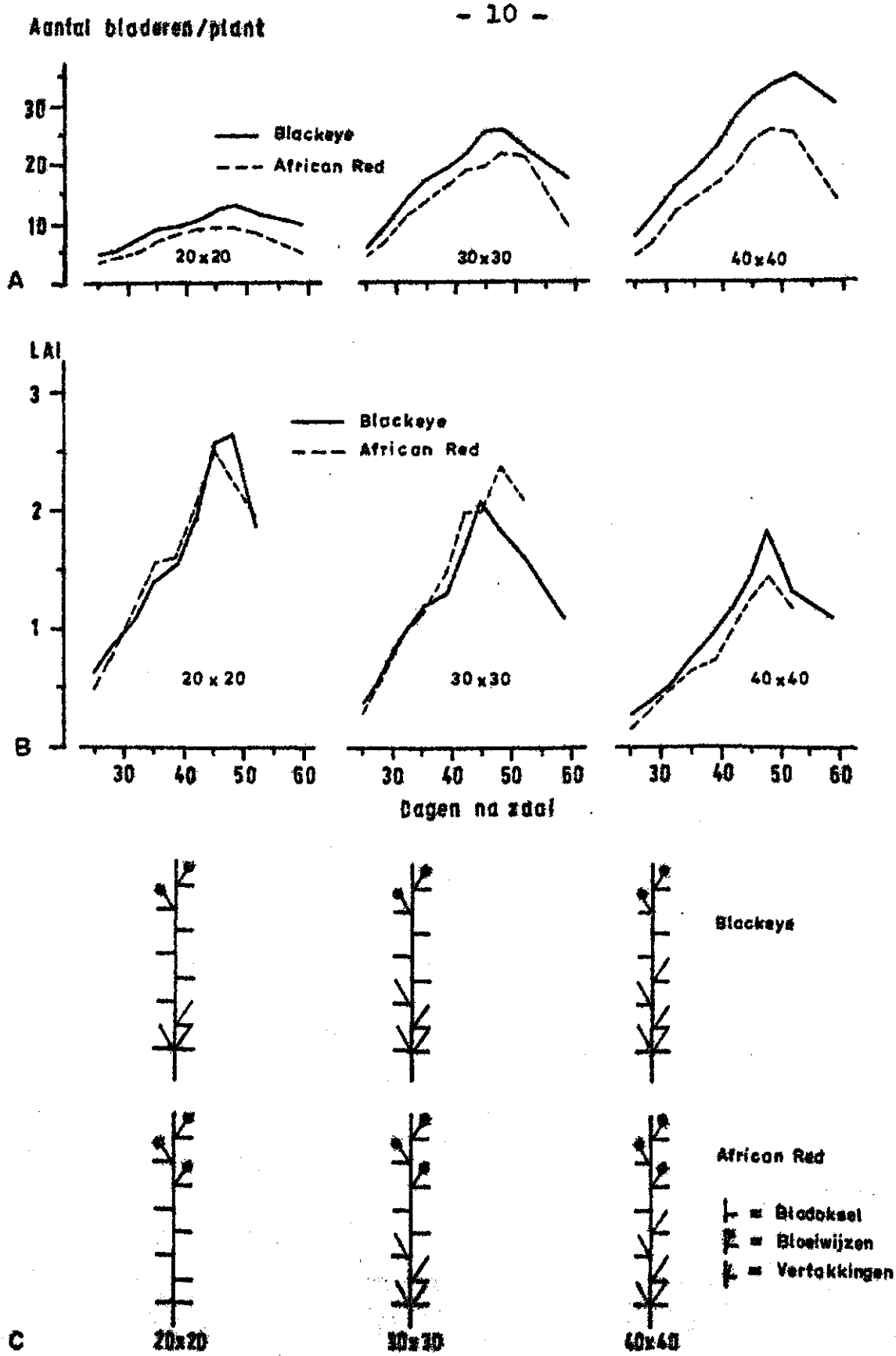


Fig. 2. Invloed van het plantverband (20x20, 30x30 en 40x40 cm) op (A) het verloop van het aantal aanwezige, groene bladeren per plant; (B) het verloop van de bebladerings-index; (LAI) (C) de plaats van de primaire vertakkingen en de peulendragende bloeiwijzen aan de hoofdas bij Blackeye en African Red.

Tabel 1. Invloed van het plantverband op het aantal zijassen per plant, het aantal planten met zijassen, en de totale lengte der zijassen per plant voor Blackeye (BE) en African Red (AR), Cijfers zijn gemiddelden van vier herhalingen

Dagen na zaai	plantverband (cm)					
	20 x 20		30 x 30		40 x 40	
	B E	A R	B E	A R	B E	A R
a. aantal zijassen per plant						
25	0,3	0,1	0,9	0,3	1,4	0,2
35	1,5	0,8	3,4	2,7	3,8	2,8
45	1,5	1,0	3,9	2,6	4,3	2,9
59	1,2	0,9	2,9	2,8	4,2	2,7
b. aantal planten met zijassen als % van het totaal aantal planten per monster						
25	21	2	50	19	69	17
35	63	44	92	98	90	92
45	56	58	100	90	94	90
59	58	50	85	98	98	94
c. totale lengte der zijassen per plant in cm						
25	10	1	18	9	55	5
35	346	135	512	386	559	344
45	317	199	1252	889	1811	1114
59	707	213	995	992	2180	921

plantverbanden waren over het algemeen groter dan de verschillen tussen de planten bij deze twee plantverbanden onderling. Dit blijkt o.a. uit het aantal bladeren per plant en uit de bebladeringsindex (fig. 2A en B).

De vegetatieve ontwikkeling van Blackeye was sterker dan die van African Red, hetgeen zich openbaarde in meer en langere zijassen en in meer bladeren per plant.

Bij elk der drie plantverbanden nam gedurende een groot deel van de bemonsteringsperiode voor beide cultivars het aantal bladeren per plant toe; de verschillen tussen de plantverbanden bleven daarbij bestaan. Het aantal bladeren was 48 dagen na zaai maximaal, met uitzondering van Blackeye bij 40 x 40 cm, waar dit maximum 4 dagen later werd bereikt.

Het bladoppervlak per plant nam vanaf het tijdstip waarop het eerste monster werd getrokken, regelmatig toe tot een maximum, dat kwa tijdstip min of meer correspondeerde met dat voor het aantal bladeren per plant. Het bleek dat het verloop van het bladoppervlak per plant in de periode 25-45 dagen na zaai voor beide cultivars bij elk der plantverbanden zeer redelijk door een rechte lijn kon worden benaderd (tabel 2).

Tabel 2. Regressiecoëfficiënten (b) en intercepten (a) van de lineaire vergelijkingen ter beschrijving van het verloop van het bladoppervlak (dm^2/plant) bij drie plantverbanden voor de cultivars Blackeye en African Red, met bijbehorende r^2-waarden

	plantverband (cm)	b	a	r^2	+)
BLACKEYE					
25-45 dagen na zaai (n = 7)	20 x 20	0,355	- 6,730	0,945	**
	30 x 30	0,720	- 14,725	0,977	***
	40 x 40	0,934	- 20,041	0,983	***
AFRICAN RED					
25-45 dagen na zaai (n = 7)	20 x 20	0,380	- 7,528	0,967	***
	30 x 30	0,797	- 16,981	0,984	***
	40 x 40	0,858	- 19,349	0,985	***

+) *** $P < 0,001$

Het verschil in het verloop van het bladoppervlak per plant - en dus ook in bebladeringsindex (fig. 2B) - tussen de cultivars, was bij de kleinste twee plantverbanden vrij gering. Bij het wijdste plantverband was het oppervlak van de planten van Blackeye groter dan dat van die van African Red.

Met uitzondering van Blackeye bij 30 x 30 cm en van African Red 20 x 20 cm, waar de hoogste bebladeringsindex (LAI) 3 dagen eerder werd gemeten, werden de maximale LAI-waarden 48 dagen na zaai bereikt. De LAI was hoger bij grotere plantdichtheid en bereikte voor de respectievelijke plantafstanden maxima van 2,64, 2,09 en 1,85 $\pm$ 0,23 voor Blackeye en 2,54, 2,38 en 1,46 $\pm$ 0,23 voor African Red.

Vanaf 48 dagen na zaai nam de bebladeringsindex duidelijk af. Dit werd enerzijds veroorzaakt door het vergelen en afvallen der bladeren, anderzijds door een sterke insektenaantasting welke vele gaatjes in het blad tot gevolg had. Hierdoor kon vanaf 52 dagen na zaai bij African Red zelfs geen bladoppervlaktebepaling meer worden gedaan.

Aan de hand van het monster dat 59 dagen na zaai werd getrokken, werd bepaald waar de zijassen van de 1e orde stonden ingeplant. Hierbij bleek dat de eerste zijas in de oksel van één der primaire bladeren stond. Verder was het duidelijk dat er bij een ruimer plantverband meer zijassen waren, die in de oksels van later gevormde bladeren stonden. Bij African Red waren er bij 20 x 20 cm meestal geen zijassen aanwezig. Bij de grootste plantafstand stonden er bij beide cultivars in de oksel van het derde drietallige blad nog zijassen (fig. 2C).

5.2. BLOEI EN OPBRENGST

De cultivar African Red kwam bijna een week eerder in bloei dan Blackeye. Bij een ruimer plantverband gingen de planten over het algemeen eerder bloeien dan bij een nauwer plantverband, hetgeen vooral voor African Red gold (tabel 3).

Tabel 3. Het aantal bloeiende planten als percentage van het totaal aantal planten per monster (12) onder invloed van het plantverband. De cijfers zijn gemiddelden van vier herhalingen

Dagen na zaai	plantverband (cm)		
BLACKEYE	20 x 20	30 x 30	40 x 40
42	2	0	0
45	17	17	12
48	40	85	71
52	81	98	100
AFRICAN RED			
35	0	0	0
39	17	47	50
42	73	94	81
48	92	96	98

De produktieve bloeiwijzen van Blackeye stonden over het algemeen in de oksels van het zesde en zevende drietallige blad, bij African Red stonden ze daarentegen ook al in de oksel van het vijfde drietallige blad (fig. 2C).

Nadat de eerste peulen gevormd waren, bleef Blackeye groen en doorgroeien en werden nieuwe bloemen zichtbaar die echter geen volle peulen meer vormden. African Red verloor een groot gedeelte van zijn bladeren, maar het gewas stierf niet volledig af. Er werden echter geen bloemen meer gevormd.

Voor Blackeye waren de peulopbrengsten voor de resp. plantverbanden 1,31, 1,30 en 1,23 ± 0,10 ton per ha, voor African Red 0,99, 1,22 en 0,77 ± 0,10 ton per ha.

5.3. PRODUKTIE EN VERDELING VAN DROGE STOF

Tabel 4 geeft de drooggewichten van de verschillende plantendelen van beide cultivars.

Het drooggewicht van de stengel nam vanaf de eerste monstername geleidelijk toe tot een maximum, waarna het vrijwel constant bleef. Het bladgewicht bereikte bij African Red ca. twee en bij Blackeye ca. drie weken voor de oogst een maximum om daarna zeer snel af te nemen; bij de oogst was het bladgewicht minder dan de helft van het maximale gewicht.

Op het moment dat de eerste peulen aan de planten verschenen, bereikt het drooggewicht van zijassen plus blad een maximum om daarna geleidelijk te dalen. Over het algemeen nam dit drooggewicht toe met toenemende plantafstand. Bij Blackeye bedroeg het voor de respectievelijke plantafstanden maximaal 25, 50 en 55% van het totaal drooggewicht; bij African Red 11, 39 en 41%.

Vanaf enige dagen na de vorming van de eerste peulen tot de oogst nam het drooggewicht der peulen vrijwel rechtlijnig toe. Bij de oogst van beide cultivars bedroeg het peulgewicht als percentage van het totale drooggewicht, ca. 40% bij 20 x 20 cm en ca. 50% bij de grootste twee plantafstanden.

Het totale drooggewicht van de planten nam vanaf het eerste monster tot 59 dagen na zaai vrijwel rechtlijnig toe; hierna werd van African Red geen monster meer genomen. Het totale drooggewicht nam toe met toenemend plantafstand, hoewel de verschillen tussen 20 x 20 en 30 x 30 cm groter waren dan tussen 30 x 30 en 40 x 40 cm. Over het algemeen bestonden er geen duidelijke verschillen in totaal drooggewicht tussen de twee cultivars (fig. 3).

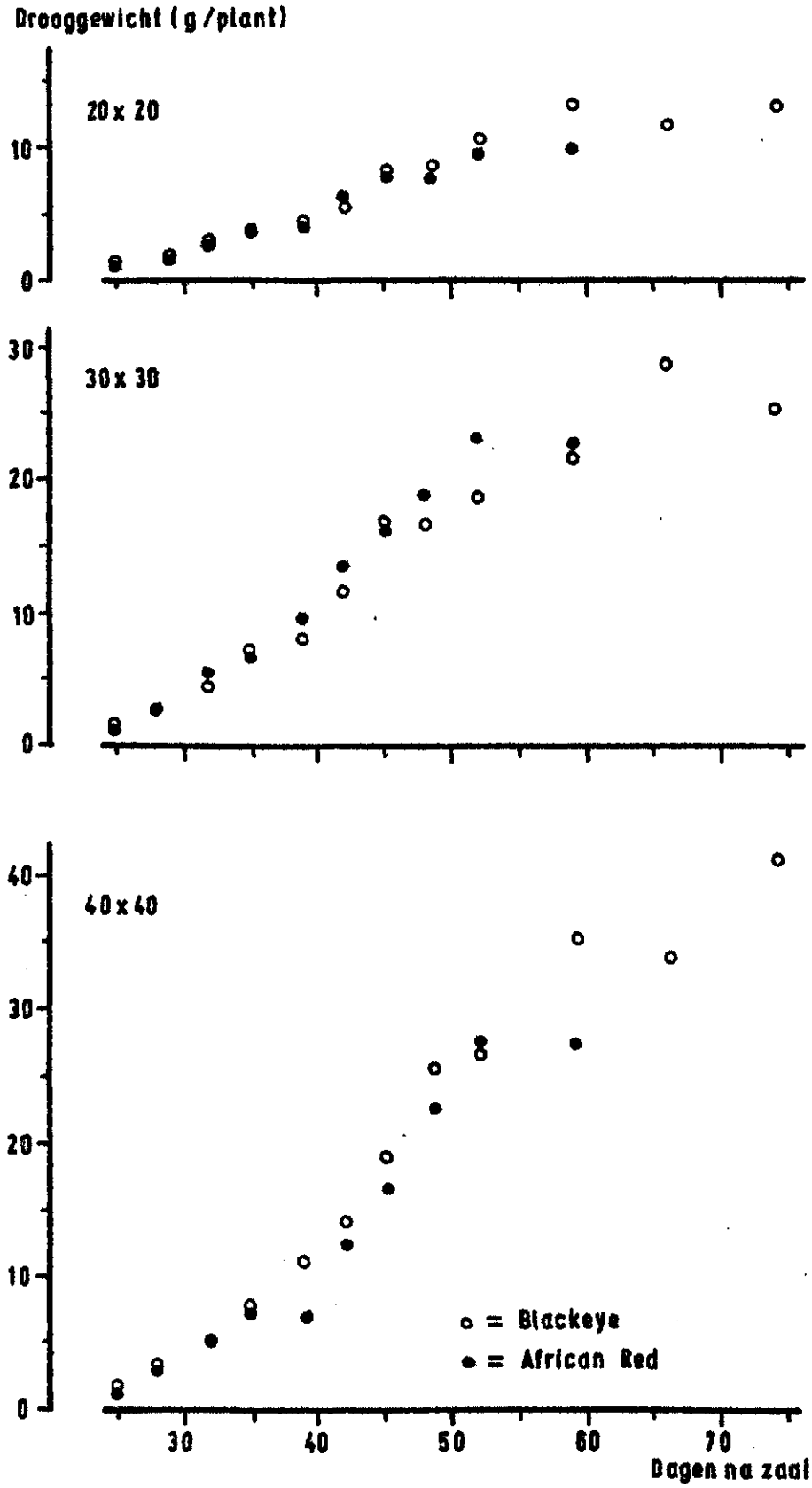


Fig. 3. Drooggewichtsverloop voor African Red en Blackeye bij de plantverbanden 20 x 20, 30 x 30, en 40 x 40 cm.

Tabel 4. Verdeling van het drooggewicht (in grammen per plant) van Blackeye en African Red planten bij drie plantverbanden. Cijfers zijn gemiddelden van vier herhalingen

BLACKEYE	Dagen na zaai											
20 x 20	25	28	32	35	39	42	45	48	52	59	66	74
wortels	0,14	0,22	0,29	0,36	0,56	0,50	0,59	0,64	0,77	0,88	0,79	0,86
stengels	0,41	0,56	0,99	1,49	1,66	2,29	3,87	4,29	6,01	5,84	4,99	5,67
blad	0,67	0,93	1,38	1,72	2,04	2,68	3,61	3,64	3,43	2,89	1,86	1,48
peulen	-	-	-	-	-	-	0,12	0,05	0,45	1,74	4,26	5,22
totaal	1,22	1,71	2,66	3,57	4,26	5,47	8,19	8,62	10,66	13,35	11,90	13,23
zijstengel + blad	0,03	0,06	0,16	0,32	0,44	0,83	1,96	1,49	1,77	1,60	0,91	1,25
30 x 30												
wortels	0,19	0,28	0,47	0,68	0,86	0,98	1,08	1,32	1,44	1,16	1,28	1,32
stengels	0,49	0,88	1,83	2,69	3,36	5,18	8,17	8,96	10,66	9,94	11,22	9,95
blad	0,88	1,61	2,63	3,81	4,13	5,48	7,46	6,56	6,17	4,19	4,13	2,03
peulen	-	-	-	-	-	-	0,07	0,09	0,45	6,53	11,97	11,86
totaal	1,56	2,77	4,93	7,18	8,35	11,64	16,78	16,93	18,72	21,82	28,60	25,16
zijstengel + blad	0,07	0,42	0,31	2,38	2,92	4,86	8,30	7,07	8,27	6,08	7,79	5,50
40 x 40												
wortels	0,22	0,31	0,46	0,68	1,03	1,13	1,39	1,61	1,83	1,45	1,63	1,99
stengels	0,62	1,29	1,85	2,94	4,16	6,05	9,22	13,14	15,22	16,64	13,03	15,79
blad	1,19	1,91	2,99	4,29	5,96	7,32	8,44	11,06	9,02	7,68	4,29	4,13
peulen	-	-	-	-	-	-	0,02	0,24	0,98	10,15	15,41	19,65
totaal	2,03	3,51	5,30	7,91	11,15	14,50	19,07	26,05	27,05	35,92	34,36	41,56
zijstengel + blad	0,26	0,74	1,59	3,38	4,82	7,32	10,60	10,60	15,07	12,10	10,61	12,12

AFRICAN RED

20 x 20										
wortels	0,23	0,21	0,34	0,48	0,59	0,68	0,96	0,81	0,83	0,85
stengels	0,29	0,46	0,81	1,24	1,72	2,27	2,84	2.98	3,55	3,58
blad	0,52	0,86	1,41	1,87	1,81	3,29	3,63	3,02	2,79	1,35
peulen	-	-	-	-	-	0,01	0,19	0,73	2,10	3,97
totaal	1,04	1,53	2,56	3,59	4,12	6,25	7,62	7,54	9,27	9,75
zijstengel + blad	-	0,02	0,02	0,23	0,44	0,52	0,83	0,75	0,56	0,70
30 x 30										
wortels	0,17	0,30	0,57	1,05	1,39	1,39	1,26	1,54	1,56	1,62
stengels	0,42	0,85	1,64	2,43	3,72	5,25	6,29	7,95	8,88	7,40
blad	0,90	1,72	2,98	3,45	4,65	5,81	5,69	7,11	6,49	2,64
peulen	-	-	-	-	-	0,03	0,38	2,03	6,40	10,95
totaal	1,49	2,87	5,19	6,93	9,76	12,48	13,62	18,63	23,33	22,61
zijstengel + blad	0,04	0,32	1,10	2,68	3,18	4,90	4,81	6,06	6,93	4,82
40 x 40										
wortels	0,16	0,26	0,59	0,91	1,42	1,44	1,71	2,08	1,92	2,08
stengels	0,38	0,73	1,63	2,45	3,68	4,67	7,23	9,79	10,25	8,52
blad	0,77	1,63	3,04	3,99	1,88	5,96	7,66	8,79	7,33	4,67
peulen	-	-	-	-	-	0,03	0,32	2,18	8,10	12,36
totaal	1,31	2,62	5,26	7,35	6,98	12,10	16,92	22,84	27,60	27,63
zijstengel + blad	0,02	0,18	1,09	2,96	2,94	4,28	6,88	8,95	8,32	6,39
s.a. van totaal	0,11	0,03	0,29	0,80	0,52	0,60	1,27	1,89	1,09	1,78

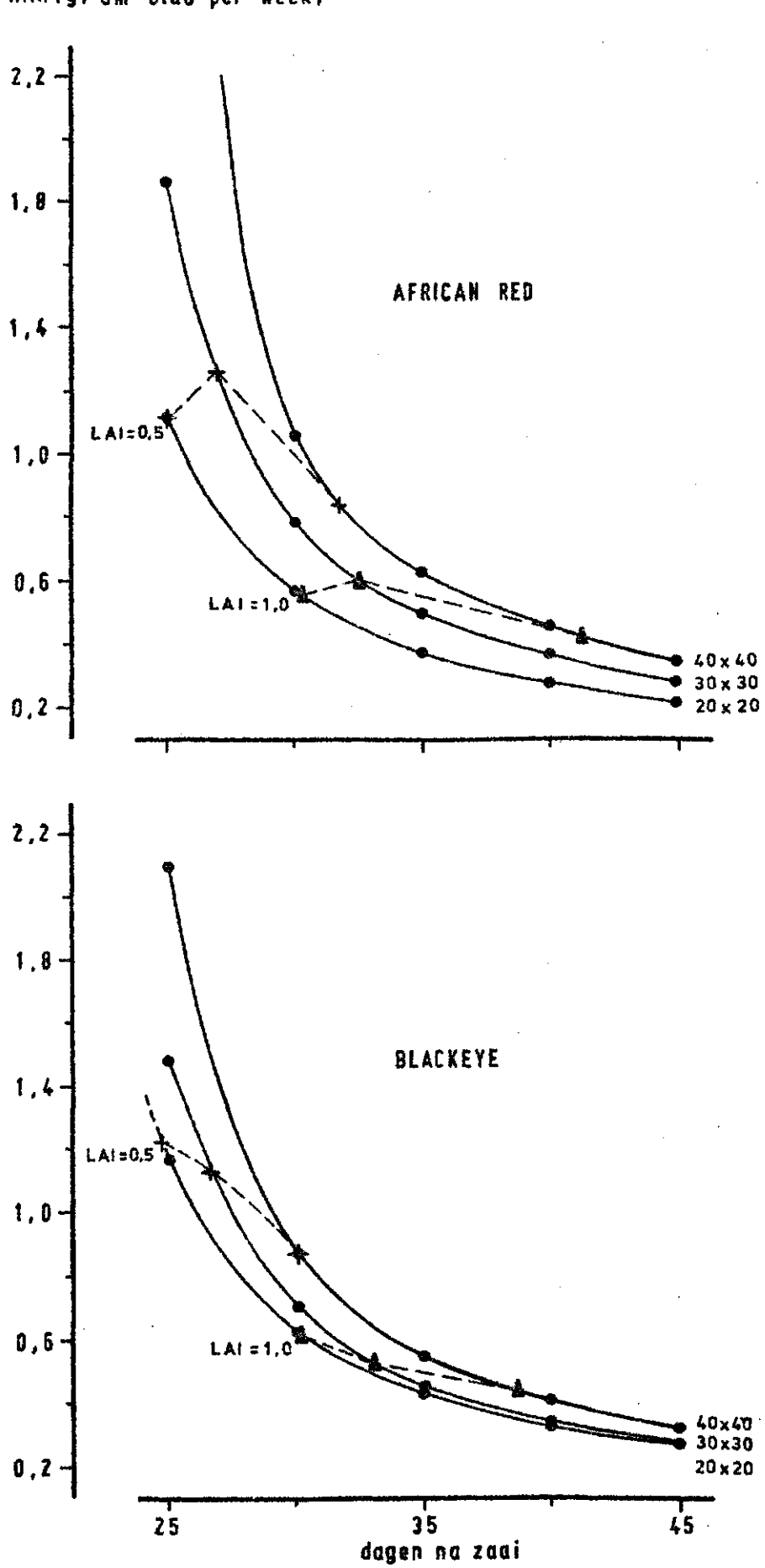


Fig. 4. Invloed van het plantverband op de NAR in de periode 25-45 dagen na zaai, berekend met behulp van regressielijnen voor drooggewicht en bladoppervlak (zie tekst).

Voor het verloop van het totaal drooggewicht en dat van het peulgewicht van beide cultivars werden regressielijnen bepaald (tabel 5). De NAR ($\frac{1}{L} \times \frac{dW}{dt}$, waarin L = bladoppervlak, W = drooggewicht en t = tijd) en CGR ($=\frac{1}{A} \times \frac{dW}{dt}$, waarin A = grondoppervlak) is berekend over het tijdsinterval, bepaald door de tijdstippen van monstername. Door nu zowel het drooggewicht (W) als het bladoppervlak (L) als functie van de tijd (t) kunnen worden geschreven, kunnen op ieder gewenst moment de NAR en de CGR berekend worden.

De berekende groeisnelheden (CGR) bedroegen voor Blackeye 88, 77 en 62 kg/ha per dag, bij de resp. plantafstanden; voor African Red waren deze groeisnelheden 79, 87 en 61 kg/ha per dag.

De NAR werd berekend op de tijdstippen 25, 30, 35, 40 en 45 dagen na zaai en grafisch in figuur 4 uitgebeeld. Het bleek dat de NAR gedurende de periode 25 to 45 dagen na zaai afnam en dat de NAR bij een dichter plantverband op overeenkomstige tijdstippen lager was dan bij een ruimer plantverband. De afname van de NAR was het grootst bij de grootste plantafstand. Deze afname verminderde met de tijd. Met uitzondering van 20 x 20 bleek de NAR op overeenkomstige tijdstippen bij African Red hoger dan bij Blackeye.

Aan de hand van de berekende regressielijnen voor het verloop van het bladoppervlak werd voor beide cultivars bij elk der plantafstanden bepaald op welk tijdstip de bebladeringsindex de waarden 0,5 en 1,0 bereikte. De bij deze tijdstippen behorende NAR zijn aangegeven in figuur 4. Bij Blackeye was de NAR bij een bepaalde LAI lager naarmate deze LAI later werd bereikt. Dit gold bij African Red slechts bij vergelijking van de grootste met de kleinste plantafstand en bij vergelijking van de grootste twee plantafstanden onderling, maar niet bij vergelijking van de kleinste twee.

6. DISCUSSIE

Volgens TSUNODA (1959) hebben de vorm, de grootte, de oriëntatie en de ordening van de bladeren langs de stengel, grote invloed op de droge-stofproduktie. Hij spreekt in dit verband over "geordende" en "ongeordende" planten. Geordende planten zijn planten met een rechtopgaande habitus, waarbij korte zijstengels regelmatig verdeeld langs de hoofdstengel zijn aangehecht. De bladeren van dergelijke planten blijken zodanig gerangschikt dat ook bij sterke vegetatieve groei, onder in het gewas nog relatief veel licht doordringt. Hiertegenover staan de ongeordende planten met een min of meer liggende habitus, waarbij vele, lange zijstengels over een kort gedeelte van de hoofdstengel zijn aangehecht. Bij zware bemesting ontstaat een dicht bladerdek waarin een sterke lichtdoving optreedt zodat de fotosynthese laag blijft.

Tabel 5. Regressiecoëfficiënten (b) van de lineaire vergelijkingen ter beschrijving van het verloop van het totaal drooggewicht (g/plant) en het peulgewicht (g/plant) bij drie plantverbanden met bijbehorende r^2-waarden, gemeten bij de cultivars Blackeye en African Red

	plantverband (cm)	b	r^2	+)
BLACKEYE				
totaal drooggewicht				
25-52 dagen (n= 9)	20 x 20	0,354 ± 0,023	0,954	* * *
	30 x 30	0,690 ± 0,050	0,965	* * *
	40 x 40	0,998 ± 0,085	0,952	* * *
peulgewicht				
48-74 dagen (n= 5)	20 x 20	0,216 ± 0,024	0,969	*
52-66 dagen (n= 3)	30 x 30	0,823 ± 0,026	0,999	* *
52-74 dagen (n= 4)	40 x 40	0,834 ± 0,126	0,956	*
AFRICAN RED				
totaal drooggewicht				
25-52 dagen (n= 9)	20 x 20	0,316 ± 0,020	0,974	* * *
	30 x 30	0,780 ± 0,056	0,965	* * *
	40 x 40	0,971 ± 0,093	0,940	* * *
peulgewicht				
42-59 dagen (n= 5)	20 x 20	0,246 ± 0,026	0,969	*
45-59 dagen (n= 4)	30 x 30	0,778 ± 0,062	0,987	* *
45-59 dagen (n= 4)	40 x 40	0,896 ± 0,121	0,965	*

+) * * * $P < 0,001$
* * $0,001 < P < 0,01$
* $0,01 < P < 0,05$

In deze gedachtengang zou African Red tot de geordende, en Blackeye tot de ongeordende planten kunnen behoren, gezien vooral het groter aantal en de langere zijassen alsmede het groter aantal bladeren bij Blackeye. De verschillen in vegetatieve ontwikkeling tussen beide cultivars waren vrijwel onafhankelijk van de plantdichtheid. Ondanks de verschillen in habitus bleken zich tussen de twee cultivars toch geen grote verschillen voor te doen in droge-stofproduktie. Het uiteindelijke drooggewicht van Blackeye was weliswaar hoger, maar het gewas bleef ook ruim 14 dagen langer doorgroeien. Daar er zich evenmin grote verschillen in de bebladeringsindex (LAI) voordeden, waren de verschillen in habitus van een fysiologisch standpunt gezien mogelijk te gering om zich duidelijk in de droge-stofproduktie te kunnen openbaren. Zo is bij Blackeye de overlapping van de bladeren waarschijnlijk niet zo groot als op grond van het aantal bladeren verondersteld mag worden. Bij een min of meer gelijke LAI moeten de bladeren van Blackeye namelijk kleiner zijn dan die van African Red hetgeen de onderlinge beschaduwing der bladeren in feite vermindert.

Dat verschillen in habitus bij cowpea invloed zouden kunnen hebben op de droge-stofproduktie, moge blijken uit een onderzoek van EZEDINMA (1965). Uit de resultaten van een vergelijking van cultivars met verschillende habitus blijkt namelijk dat de cultivar met rechtopgaande groei de hoogste droge-stofproduktie haalde, en de meest ongeordende, kruipende cultivar, de laagste. De laatste cultivar bloeide duidelijk later, een verschijnsel dat aan de sterkere vegetatieve ontwikkeling der zijassen werd toegeschreven. Dit verschijnsel deed zich overigens ook bij Blackeye voor, die ruim een week later bloeide dan African Red.

De daling van de NAR met de leeftijd van het gewas wordt onder andere verklaard door een toenemende onderlinge beschaduwing der bladeren. Volgens WATSON (1958) doet zich deze beschaduwing bij een LAI van ca. 2,5 en hoger gevoelen. De gunstiger lichtpositie van de bladeren bij een ruimer plantverband, blijkt uit het hogere niveau van de NAR bij toenemende plantafstand. Bij de daling van de NAR speelt echter ook het verouderen der bladeren en daardoor minder goed fotosynthetiseren, een rol. Dit blijkt uit het feit dat bij een bepaalde LAI de NAR lager is naarmate deze LAI later in de groei bereikt wordt. Bij Blackeye bleek zich dit inderdaad voor te doen. Daarentegen week de NAR van African Red af van het hierboven geschetste beeld. Bij een gelijke LAI werd de hoogste NAR voor African Red gemeten bij het plantverband 30 x 30 cm. Daar er vrijwel geen verschillen bestonden in LAI tussen beide cultivars, werd een zelfde afwijking gevonden in de groeisnelheid (CGR). Deze bleek het hoogst bij het plantverband 30 x 30 cm. De groeisnelheid bij Blackeye nam af met toenemende plantafstand, hetgeen verklaard wordt door de lagere LAI die niet voldoende gecompenseerd werd door een hogere NAR.

Wat betreft de drooggewichtstoename van Blackeye bij de verschillende plantverbanden, valt het op dat de regressiecoëfficiënten van de lineaire vergelijkingen ter beschrijving van het totaal-drooggewichtsverloop, zich met toenemende plantafstand ongeveer verhouden als 1 : 2 : 3. Deze verhouding werd door WIENK (1970) bij dezelfde plantverbanden eveneens voor aardnoot gevonden.

Voor het afwijkend groeipatroon van African Red kan geen verklaring worden gegeven.

OJEAGA OJEHOMON (1969) vond bij een cowpea-onderzoek waarbij de LAI zo laag werd gehouden dat de planten elkaar onderling niet beïnvloeden, dat de cultivar met de grootste vegetatieve ontwikkeling wel een iets hogere zaadopbrengst per plant had, maar niet in dezelfde mate als de overmaat aan totaal drooggewicht en bladoppervlak zou doen denken. Dit zou verklaard worden door een relatief groot transport van assimilaten naar de actief groeiende vegetatieve delen tijdens de vorming van bloemknoppen, waardoor deze te weinig koolhydraten ontvangen om goede peulen te vormen. Bovendien gaan er volgens EZEDINMA (1966) in verhouding meer assimilaten naar de zijassen dan naar de hoofdstengel. Het zijn vooral de zich net ontwikkelende bloemknoppen die in een dergelijke situatie de concurrentie-strijd niet kunnen volhouden, en aborteren (LOOMIS, 1953). Volgens OJEAGA OJEHOMON (l.c.) zou de zaadopbrengst per plant verhoogd worden door een vernauwing van het plantverband, waarbij de ontwikkeling van zijassen wordt tegengegaan.

Wordt de peulopbrengst van beide cultivars vergeleken dan blijkt juist Blackeye de hoogste opbrengst te hebben, ondanks de sterkere vegetatieve ontwikkeling dan die van African Red. Dit wordt mogelijk verklaard door het langer doorgroeien van de eerste. De verlaging van de opbrengst per oppervlakte-eenheid bij toenemende plantafstand is vrij gering; wellicht waren de plantverbanden niet extreem genoeg om grote verschillen te doen uitkomen.

Bij een vorige proef op het CELOS met African Red bleek de opbrengst aan peulen per ha duidelijk af te nemen met toenemende plantafstand (ANON, 1970). Voor het afwijken van dit patroon wat betreft de opbrengsten van African Red kan geen verklaring worden gegeven. Vergeleken met opbrengsten van vorige proeven met cowpea zijn de resultaten vooral van Blackeye redelijk (ANON.,1970), hoewel er ook aanzienlijk hogere opbrengsten behaald zijn (ZOEBL, 1969).

7. LITERATUUR

ANONYMUS, 1970. Cowpeas (Vigna unguiculata (L.) Walp.). Production and distribution of dry matter as affected by nitrogen and spacing (69/21). In: CELOS bulletins, 9, pp. 11-12.

EZEDINMA, F.O.C., 1965. Some studies on the vegetative and reproductive patterns in cowpeas (Vigna unguiculata (L.) Walp.) in Southern Nigeria. Niger agr. J., 2 : 32-34.

EZEDINMA, F.O.C., 1966. The distribution of dry weight changes among shoot components of semi-upright cowpeas (Vigna unguiculata (L.) Walp.) during vegetative development. Hort. Res., 6 : 91-99.

GREGORY, F.G., 1917. Physiological conditions in cucumber houses. Third Ann. Rep. Exp. Res. Sta. Cheshunt, pp. 19-28.

LOOMIS, W.E., 1953. Growth correlations. In: W.F. LOOMIS (Red.). Growth and differentiation in plants. Iowa State College Press. pp. 197-217. (Ref.: EZEDINMA, 1966).

OJEAGA OJEHOMON, O., 1970. A comparison of the vegetative growth, development and seed yield of three varieties of cowpea, Vigna unguiculata (L.) Walp. J. agric. Sci., 74 : 363-374.

TSUNODA, S., 1965. Leaf characters and nitrogen response. In: The mineral nutrition of the rice plant. Hopkins, Baltimore. pp. 401-418.

WATSON, D.J., 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. Ann. Bot., 22 : 37-55.

WATSON, D.J., 1968. A prospect of crop physiology. Ann. appl. Biol., 68 : 1-9.

WIENK, J.F., 1970. Produktie en verdeling van droge stof bij Arachis hypogaea L. cv. Matjan onder invloed van het plantverband. CELOS rapporten, 32.

ZOEBL, D., 1969. Een groei-analyse van Vigna unguiculata (L.) Walp. CELOS rapporten, 22.