

Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

PRODUKTIE EN VERDELING VAN DROGE STOF BIJ
ARACHIS HYPOGAEA L. CV. MATJAN ONDER IN-
VLOED VAN HET PLANTVERBAND
(onderzoekproject 69/31)

J.F. Wienk

januari 1970

I N H O U D

	Blz.
1. <u>Samenvatting</u>	5
2. <u>Inleiding</u>	5
3. <u>Materiaal en methoden</u>	7
3.1. Plantmateriaal	7
3.2. Aanplant	7
3.3. Methodiek	9
4. <u>Resultaten</u>	9
4.1. Verloop van groei en ontwikkeling .	9
4.2. Bloei en opbrengst	13
4.3. Productie en verdeling van droge stof	16
5. <u>Discussie</u>	18
6. <u>Literatuur</u>	22

1. SAMENVATTING

Aan de hand van een aantal op regelmatige tijdstippen genomen monsters uit een plantdichthedenproef, werden produktie en verdeling van droge stof bestudeerd aan *Arachis hypogaea* L. cv. Matjan, een cultivar van het Spanish type. Drie plantverbanden werden vergeleken: 20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm. Het totale drooggewicht in de periode 32-79 dagen na zaai verliep bij elk der plantverbanden vrijwel rechtlijnig. De lineaire functies welke bij dit verloop werden berekend "verklaarden" 97 of 98% van de totale variantie van de afhankelijk variabele (drooggewicht). De groeisnelheden welke uit de regressiecoëfficiënten werden afgeleid bedroegen ongeveer 128, 111 en 95 kg/ha per dag voor respectievelijk de plantverbanden 20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm. Ook het bladgewicht en de bladoppervlakte verliepen in genoemde periode vrijwel rechtlijnig. De hoogste LAI-waarden, welke 79 dagen na zaai werden bereikt, bedroegen met toenemende plantdichtheid 2,26, 3,07 en 4,22+0,08. Het verloop van het peulgewicht in de periode 47-93 dagen na zaai, werd eveneens zeer goed door een lineaire functie benaderd. Wat betreft de droge-stofverdeling bleek dat een groter percentage in de vorm van peulen werd opgeslagen naar mate het plantverband kleiner werd. Het omgekeerde gold voor het blad. De droge-stofproduktie per eenheid bladoppervlak (NAR) berekend aan de hand van de regressielijnen voor het totale drooggewicht en het bladoppervlak, daalde in de periode 35-75 dagen na zaai, aanvankelijk snel later langzamer. De daling was sneller bij wijder plantverband. Verder was de NAR bij wijder plantverband steeds hoger dan bij dichter plantverband. De slechtere koolhydratenvoorziening van de individuele plant bij nauwer plantverband uitte zich in een zwakkere en onregelmatigere bloei, in een groter gewichtspercentage onrijpe peulen en mogelijk ook in een lichter blad. De opbrengsten aan rijpe peulen op basis van hun drooggewicht bedroegen 3,99, 3,21 en 3,09+0,31 ton/ha voor respectievelijk de plantverbanden 20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm. De lagere groeisnelheid van het gewas bij 40 x 40 cm werd voor een aanzienlijk deel gecompenseerd door een langere groei duur.

2. INLEIDING

De opbrengst van een gewas wordt hoofdzakelijk bepaald door haar groeisnelheid en groei duur en door de verdeling van de droge stof tussen economisch belangrijke en niet belangrijke delen van de plant. De groeisnelheid van een gewas is afhankelijk van de netto-fotosynthesesnelheid en van de grootte van het fotosynthetisch systeem als maat waarvoor meestal de bebladeringsindex (LAI) wordt gebruikt - de bladoppervlakte per eenheid grondoppervlak. Alhoewel groei duur en verdeling van droge stof genetisch zijn bepaald, kunnen uitwendige omstandigheden meer of minder

modificerend werken.

De twee componenten waarin de groeisnelheid van een gewas gedacht kan worden uiteen te vallen, zijn niet onafhankelijk van elkaar (WATSON, 1958). Waar het een verhogen van de opbrengst betreft wordt de LAI echter als de meest belangrijke beschouwd (WATSON, 1952). Een snel sluiten van het gewas zodat al het opvallende licht onderschept wordt, is dan ook een eerste vereiste voor het verkrijgen van een hoge opbrengst (zie LOOMIS en WILLIAMS, 1963). Een dergelijke snelle initiële groei zou bij bestaande cultivars bereikt kunnen worden enerzijds door bemesting, anderzijds door een verhoging van het aantal planten per hectare. Niet elke cultivar reageert evenwel gunstig op zulk een maatregel.

De plantdichtheid bij aardnoot wordt op de eerste plaats bepaald door het cultivar type. Voor cultivars van het Spanish of Valencia type, dat wil zeggen de groep van vroegrijpende cultivars, wordt door GILLIER en SILVESTRE (1969) een dichtheid van $16-18 \times 10^4$ planten/ha opgegeven. Voor het Virginia type - de late cultivars - bedraagt deze 11×10^4 planten/ha. Het grotere aantal planten per hectare bij het eerste type zou volgens deze auteurs noodzakelijk zijn vanwege de kortere groeiduur en de kleinere hoeveelheid blad.

Het traditionele plantverband voor aardnoten in Suriname is 30×30 of 20×30 cm (FUNG KON SANG, 1966). Uit een aantal plantdichthedenproeven met de momenteel vrij algemeen verbouwde, vroegrijpende cultivar Matjan, concludeerde TER HORST (1959a) dat boven 10×10^4 planten/ha geen economische meeropbrengst wordt verkregen. Grotere plantdichtheden resulteerden weliswaar in een hogere biologische opbrengst, het gewichtsperscentage aan peulen nam evenwel af (TER HORST, 1959b). Dit perscentage bleek bovendien seizoensafhankelijk te zijn.

Uit een onderzoek met Matjan naar het optimale plantverband voor een gemechaniseerde aardnotencultuur (FUNG KON SANG, l.c.), dat TER HORST's (l.c.) conclusies bevestigde, bleek verder dat de opbrengst per plant meer afhankelijk was van de ruimte in de rij dan van de standruimte. Bij gelijke rijafstand was de opbrengst per plant bij een plantafstand van 5 cm in de rij ongeveer de helft van die bij 10 cm. Het versgewicht van de gehele plant ten tijde van de oogst en het aantal rijpe peulen per plant reageerden vrijwel overeenkomstig.

Uit deze literatuurgegevens blijkt duidelijk dat ook bij aardnoten, althans bij de cultivar Matjan, een grotere plantdichtheid niet noodzakelijkerwijs tot veel hogere opbrengsten leidt doordat ofwel de opbrengsten per plant proportioneel dalen, ofwel de droge-stofverdeling nadelig beïnvloed wordt.

In de literatuur werd verder weinig gevonden betreffende droge-stofproducties bij dit gewas. Zelfs een modern handboek als dat van GILLIER en SILVESTRE (l.c.) vermeldt in dit opzicht hoegenaamd niets.

Ten einde enig inzicht te krijgen in de droge-stofproductie en het tot stand komen van de opbrengst bij aardnoot, werd aan de hand van een plantdichthedenproef het drooggewichtsverloop alsmede de verdeling van het drooggewicht over de voornaamste componenten van dit gewas bestudeerd. Het volgende rapport brengt verslag uit van de verkregen resultaten.

3. MATERIAAL EN METHODEN

3.1. PLANTMATERIAAL

Voor dit onderzoek werd de cultivar Matjan gebruikt, een in 1950 vanuit Indonesië in Suriname geïmporteerde aardnoot. Matjan behoort tot het Spanish type en heeft een groeidiur van ongeveer 100 dagen. De cultivar wordt algemeen aanbevolen, onder meer vanwege het minder snel doorrotten van de gynoforen (TER HORST en MASTENBROEK, 1960).

3.2. AANPLANT

De aanplant bestond uit een negental vlakke bedden van 14,5 x 4 m, welke gefreesd werden tot een diepte van ongeveer 15 cm. De grondsoort is voornamelijk zeer fijn lemig zand, en kan bij uitdrogen zeer hard worden. Op enkele decimeters diepte zit een kleibank.

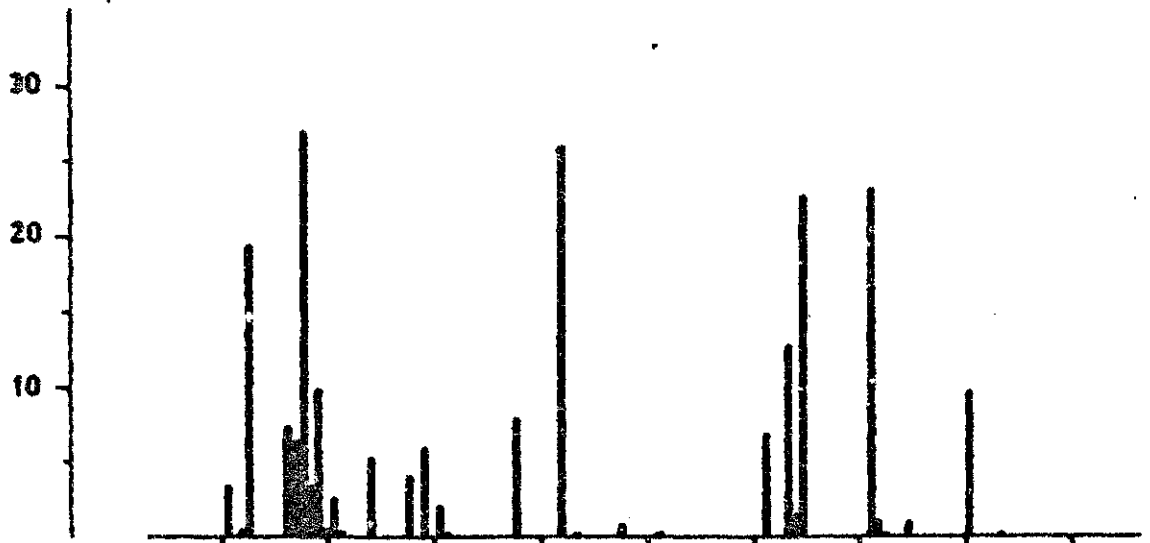
Er werden drie plantverbanden vergeleken: 20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm hetgeen overeenkomt met respectievelijk 250.000, 111.110 en 62.500 planten per ha. Gebrek aan voldoende zaaizaad maakte het opnemen van een nauwer plantverband onmogelijk. De proef was opgezet in de vorm van een geward blokkenschema met drie herhalingen; een vak stond gelijk met een bed.

Op 2 augustus werd geplant in vochtige grond op een diepte van 3-4 cm, twee zaden per plantgat. Het zaad was ontsmet met 3 gram Ceredon (50% TMTD + 5% COBH) per kg zaad. Inboeten gebeurde een week later met voorgeweekt ontsmet zaad. Overeenkomstig TER HORST (1961) werd bemest met 20 kg N (als zwavelzure ammoniak), 40 kg K₂O (als patentkali) en 40 kg P₂O₅ (als dubbelsuperfosfaat) per ha. Deze bemesting werd toegediend in de periode 10-12 dagen na zaai in ondiepe sleufjes naast de plantrijen. Twee dagen later werd uitgedund tot één plant per plantplaats.

De totale hoeveelheid regenval gemeten in de periode van zaai tot oogst op ongeveer 170 m van het proefterrein, bedroeg 213 mm. De verdeling van deze neerslag alsmede het gemiddelde dagelijkse percentage zonneshijn tijdens de groei van het gewas zijn weergegeven in fig. 1.

Twee weken na zaai waren de planten op enkele bedden opvallend geel, waarschijnlijk als gevolg van teveel bodemvocht. Later verdween dit verschijnsel geheel. In de laatste week van september en de tweede week van oktober werd in verband met de toen heersende droogte besproeid, waarbij naar schatting beide keren 10 mm water werd toegediend.

REGENVAL (mm)



ZONNESCHIJN (%)

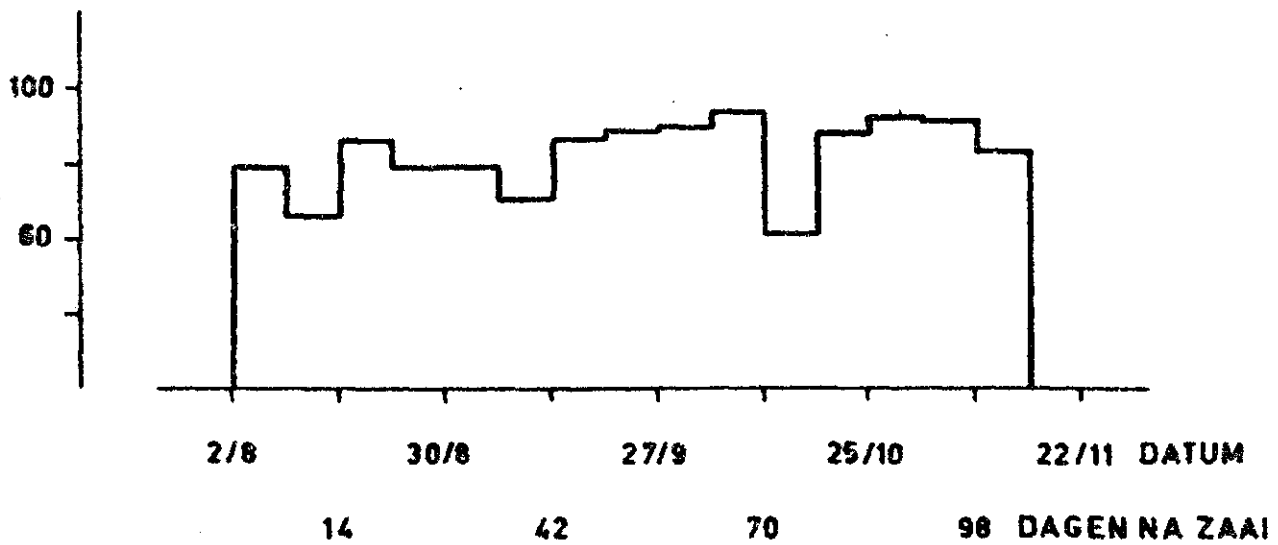


Fig. 1. Dagelijkse regenval en percentage zonneshijn vanaf 2 augustus tot en met 16 november 1969. Zonneshijn berekend als percentage van de uren tussen 0700 en 1700 over perioden van een week.

3.3. METHODIEK

Voor de bepaling van het drooggewichtsverloop werden tijdens de groeiperiode per vak tien monsters genomen, het eerste 32, het laatste 93 dagen na zaai. Het interval tussen twee bemonsteringstijdstippen was niet altijd gelijk maar bedroeg hooguit zeven dagen. Alleen de laatste twee monsters werden met een tussenpoze van twee weken genomen. De oogst vond plaats 107 dagen na zaai.

Een monster bestond bij het 40 x 40 plantverband uit drie submonsters van vier planten waarbij aan alle zijden één randplant in aanmerking werd genomen. Voor het 30 x 30 en het 20 x 20 plantverband bestonden de monsters uit respectievelijk tweemaal zes en tweemaal acht planten. Het aantal randplanten bedroeg hierbij steeds twee. In verband met de beperkte grootte van de aanplant was geen betere ruimtelijke spreiding mogelijk. De volgorde waarin de submonsters werden genomen was voor elk bed afzonderlijk middels warren vastgesteld.

De planten werden met zoveel mogelijk wortels uitgegraven. Per plant werd geteld het aantal ontvouwen bladeren aan hoofd- en aan totaal van zijstengels. Het aantal zijstengels van de eerste orde werd geteld en tevens werd genoteerd of de plant op dat ogenblik één of meer open bloemen droeg.

Het drooggewicht werd bepaald van wortels, inclusief het hypocotyle stengeldeel, van stengels, bladstelen, blaadjes en van peulen. Indien duidelijk gezwollen, werd de top van een gynofoor als peul aangemerkt; de rest werd bij de stengel gerekend. Droging vond plaats in een geventileerde droogstoof bij 85°C gedurende 24 uur, gevolgd door één uur bij 105°C.

De bladoppervlakte werd per monster geschat uit het drooggewicht van het totaal aan blaadjes en dat van 60 (20 x 20) of 40 (30 x 30 en 40 x 40) bladstukjes van bekend oppervlak. De bladstukjes werden geponst uit het topgedeelte van evenveel volgroeide blaadjes afkomstig van de hoofdstengels van respectievelijk 15 of 10 planten.

Bij de bepaling van de opbrengst moest volstaan worden met dezelfde aantallen planten als tijdens de bemonstering. Alleen bij het nauwste plantverband werd het aantal planten verdubbeld. Bij de oogst werden de peulen gescheiden in volgroeide en onvolgroeide. Verder werden bepaald de uitlevering en het gewicht van 1000 zaden.

4. RESULTATEN

4.1. VERLOOP VAN GROEI EN ONTWIKKELING

Ten tijde van het eerste monster was er volop bloei en waren er reeds gynoforen. Van peulen in de zin sub 3.3 genoemd was daarbij nog geen sprake.

Tabel 1. Verdeling van het drooggewicht (grammen per plant) van aardnootplanten in de periode 32-93 dagen na zaai bij drie plantverbanden. Cijfers zijn gemiddelden van drie herhalingen.

plant- verband (cm)	dagen na zaai										
	32	38	42	47	53	59	66	72	79	93	
20 x 20											
wortels	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,7	0,6	
stengels ¹⁾	2,7	3,2	4,2	5,2	5,9	7,8	7,6	8,2	8,3	7,8	
blad	3,2	3,3	4,0	4,9	5,2	6,9	6,6	7,7	8,0	7,1	
peulen	-	-	0,2	0,7	1,8	4,5	6,6	8,2	11,9	15,0	
totaal	6,3	6,9	8,9	11,4	13,5	19,9	21,6	25,0	28,9	30,5	
30 x 30											
wortels	0,3	0,5	0,5	0,8	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,1	
stengels ¹⁾	2,2	4,4	5,3	7,2	8,6	9,8	13,4	13,5	14,0	16,5	
blad	3,2	5,2	5,7	7,6	8,3	9,8	12,9	13,7	14,7	14,7	
peulen	-	-	0,3	1,1	3,7	6,0	11,7	15,6	21,0	27,7	
totaal	5,7	10,1	11,8	16,7	21,4	26,6	39,2	44,0	50,9	60,0	
40 x 40											
wortels	0,3	0,5	0,5	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,4	1,4	
stengels ¹⁾	2,0	4,6	5,0	8,3	10,7	13,4	15,1	21,2	21,6	24,3	
blad	3,1	6,1	6,1	9,1	11,2	14,4	16,1	20,9	21,8	23,3	
peulen	-	-	0,3	1,5	5,1	10,3	14,4	22,5	29,4	39,8	
totaal	5,4	11,2	11,9	19,7	27,9	39,2	46,9	66,1	74,2	88,8	
s.a. totalen	+0,97	+1,11	+2,00	+2,00	+2,57	+3,26	+2,05	+4,68	+4,85	+5,51	

¹⁾ inclusief bladstelen

De drooggewichten (tabel 1) van de planten in het eerste monster verschilden niet van elkaar. Ook de aantallen bladeren (tabel 2) alsmede hun oppervlak (fig. 2b) waren voor de drie plantverbanden gelijk. De bebladeringsindex voor het nauwste plantverband werd daarbij geschat op $1,49 \pm 0,14$.

Tabel 2. Invloed van plantdichtheid op de bladproduktie, de verdeling van de bladeren over hoofd- en zijstengels, en op het aantal vertakkingen van de eerste orde. Cijfers zijn gemiddeldenvan drie herhalingen

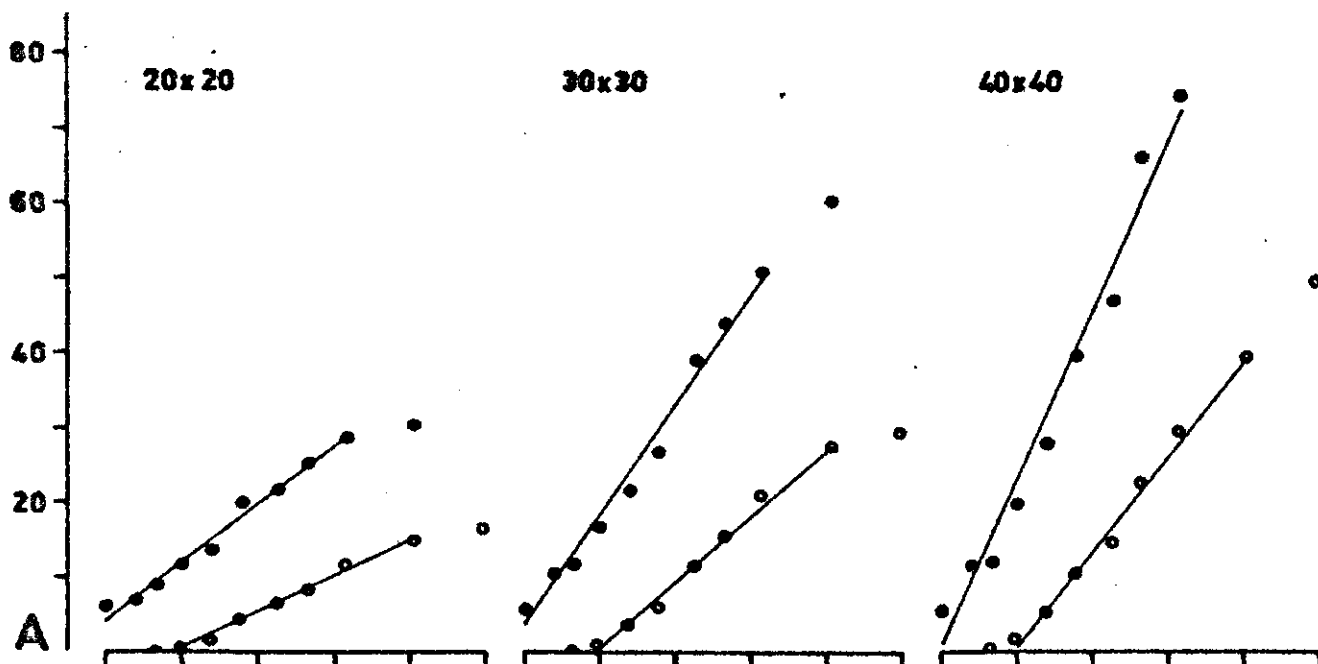
dagen na zaai	plantverband (cm)			s.a.
	20 x 20	30 x 30	40 x 40	
a. bladeren per plant				
32	27,7	28,9	28,7	$\pm 1,96$
38	29,8	38,3	41,7	$\pm 2,11$
53	36,6	47,4	68,1	$\pm 6,63$
79	53,5	75,2	101,6	$\pm 7,36$
b. bladeren per hoofdstengel als % van totaal				
38	20,4	26,0	25,4	$\pm 1,45$
53	24,6	22,3	21,0	$\pm 1,36$
79	23,1	19,6	19,6	$\pm 1,27$
c. zijstengels per plant				
79-93	5,1	6,2	6,8	$\pm 0,35$

Zes dagen na het eerste monster, i.e. 38 dagen na zaai, waren de planten bij 20 x 20 cm lichter en droegen minder bladeren dan die bij de twee andere plantverbanden. Tussen 30 x 30 en 40 x 40 cm was er ten aanzien van aantallen bladeren en drooggewichten geen verschil. De verdeling van het aantal bladeren over hoofd- en zijstengels was voor de drie plantafstanden gelijk. De bebladeringsindex bij het nauwste plantverband bedroeg in dit stadium $1,53 \pm 0,12$.

Het eerste verschil in drooggewicht tussen de plantverbanden 30 x 30 en 40 x 40 cm werd 53 dagen na zaai waargenomen; de planten bij 30 x 30 cm bleken toen lichter dan die bij 40 x 40 cm. Ook in aantallen bladeren waren de eerste minder dan de tweede. De bebladeringsindex voor het plantverband 30 x 30 cm nam in de periode 47-53 dagen na zaai toe van $1,46 \pm 0,20$ tot $1,66 \pm 0,19$.

Het aantal bladeren aan de hoofdstengel bleek in dit stadium voor alle drie plantverbanden relatief te zijn afgenomen. De daling was echter sterker naarmate het plantverband ruimer was; alleen het nauwste en het wijdst plantverband verschilden hierbij echter duidelijk van elkaar.

DROOGGEWICHT (g/plant)



BLADOPPERVLAK (dm^2/plant)

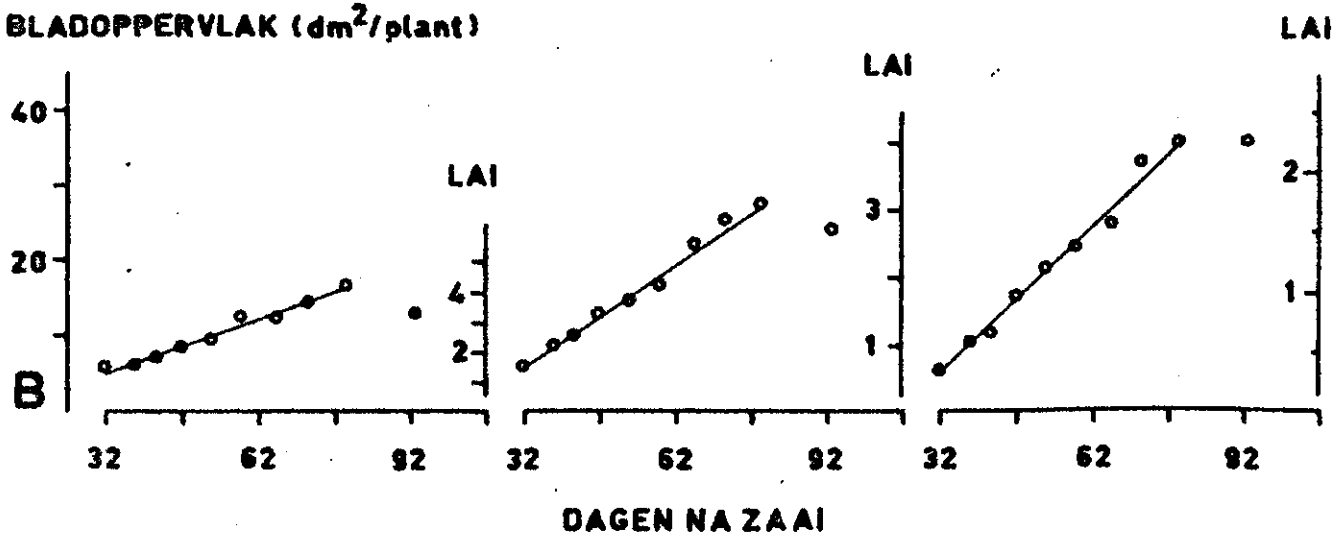


Fig. 2. Invloed van plantverband (20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm) op: (A) totaal drooggewicht (dichte cirkels) in de periode 32-93 en peulgewicht (open cirkels) in de periode 42-107 dagen na zaai; (B) bladoppervlak in de periode 32-93 dagen na zaai. Voor de regressiecoëfficiënten behorende bij de rechte lijnen wordt verwezen naar tabel 5.

Het drooggewicht per plant nam tot 79 dagen na zaai voor elk der drie plantverbanden regelmatig toe (fig. 2a). Gedurende de twee weken daarop was er bij het nauwste plantverband sprake van een verminderde toename. Bij 30 x 30 en 40 x 40 cm nam het drooggewicht over die periode ongeveer in dezelfde mate toe als daarvoor.

Ook de verschillende componenten (tabel 1) vertoonden eenzelfde regelmatige toename in drooggewicht. Voor de peulen duurde deze periode van regelmatige gewichtstoename voor alle drie plantverbanden tot 93 dagen na zaai. Daarna werden verschillen geconstateerd welke overeenkomst vertoonden met die in het totale drooggewichtsverloop in de periode 79-93 dagen na zaai (fig. 2a).

Het bladoppervlak nam eveneens tot 79 dagen na zaai regelmatig toe (fig. 2b). De hoogste bebladeringsindices bedroegen 4,22, 3,07 en 2,26 \pm 0,08 voor respectievelijk de plantverbanden 20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm. In de periode 79-93 dagen na zaai trad duidelijk bladval op. Bij 20 x 20 cm daalden toen zowel bladgewicht als oppervlak, bij 30 x 30 cm daarentegen bleef het bladgewicht gelijk maar daalde het oppervlak, terwijl bij 40 x 40 cm het gewicht nog enigszins was toegenomen en het oppervlak gelijk bleef. Dit verschil in verloop wordt verklaard door de verschillende mate waarin het specifiek bladoppervlak gedurende deze periode daalde, ofte wel de bladeren zwaarder werden (tabel 3).

Tabel 3. Invloed van plantdichtheid op het specifieke bladoppervlak (cm²/g) in de periode 66-93 dagen na zaai. Cijfers zijn gemiddelden van drie herhalingen

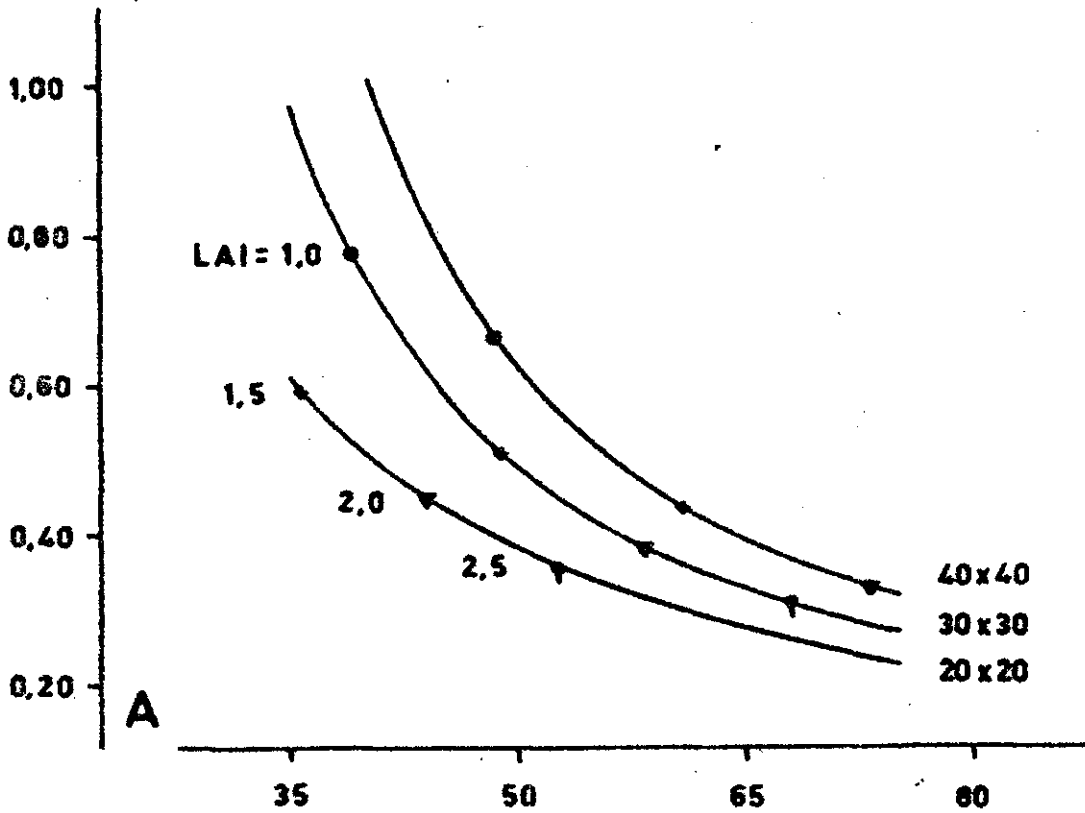
dagen na zaai	plantverband (cm)			s.a.
	20 x 20	30 x 30	40 x 40	
66	185	170	156	\pm 5,8
79	210	187	155	\pm 6,1
93	184	164	155	\pm 6,5

Tweeënveertig dagen na zaai was de eerste meetbare hoeveelheid peulen aanwezig (tabel 1). Hun drooggewicht steeg daarna regelmatig, zelfs tot na het bereiken van de maximale bebladeringsindex (fig. 2).

4.2. BLOEI EN OPBRENGST

Te beginnen 38 dagen na zaai werd in elk monster het aantal bloeiende planten geteld (fig. 3b). Bij 20 x 20 cm was bloei in de periode 38-47 dagen na zaai zwak en onregelmatig waardoor de planten nimmer tegelijk bloeiden. Het grootste aantal bloeiende planten in een monster werd 47 dagen na zaai waargenomen. Daarna stopte de bloei bij dit plantverband met uitzondering van 72 dagen na zaai, toen op een totaal van 48 planten één bloeiend exemplaar voorkwam.

NAR (g/dm² blad per week)



% BLOEIENDE PLANTEN

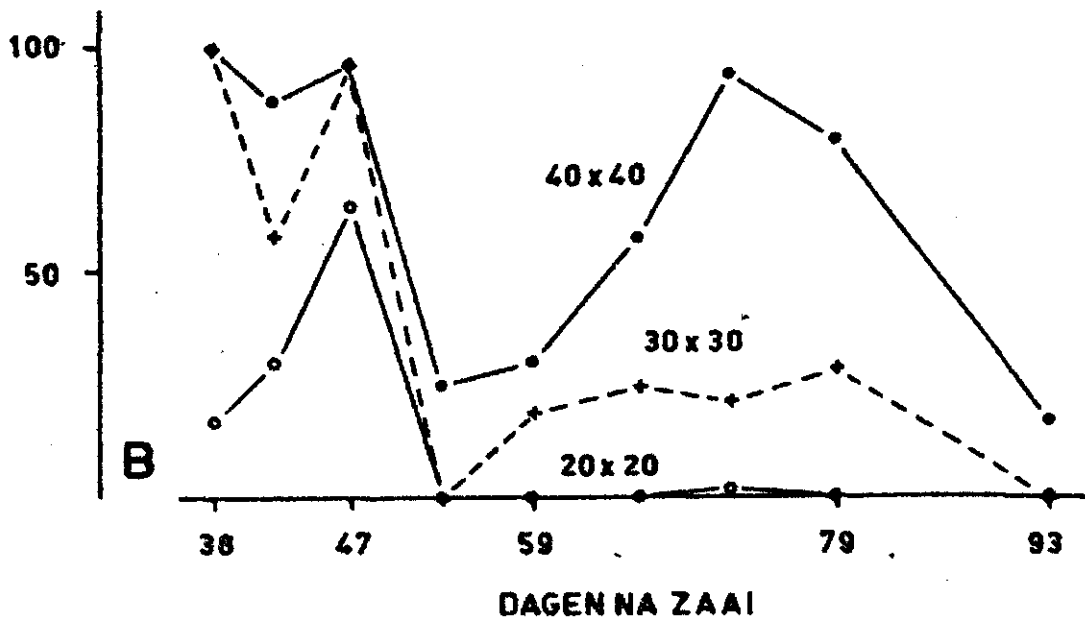


Fig. 3. Invloed van plantverband (20 x 20 , 30 x 30 en 40 x 40 cm) op: (A) NAR in de periode 35-75 dagen na zaai, berekend met behulp van de regressielijnen voor drooggewicht en bladoppervlak (zie tekst); (B) aantal bloeiende planten als percentage van het aantal planten in de monsters, in de periode 38-93 dagen na zaai.

Het aantal bloeiende planten bij de twee andere plantverbanden was aanvankelijk zeer hoog; 38 dagen na zaai bloeiden zelfs alle planten in de monsters. Het aantal bloeiers daalde 53 dagen na zaai ook hier zeer sterk. Op dat ogenblik was er bij 30 x 30 cm zelfs in het geheel geen bloei. Vanaf dit tijdstip nam het aantal bloeiende planten in het monster weer toe zodat er sprake was van een tweede periode van bloei. In deze periode bloeiden de planten echter onregelmatig. De bloei was daarbij zwakker voor het plantverband 30 x 30 dan voor 40 x 40 cm.

De bovengenoemde verschillen in bloei waren terug te vinden in de aantallen gynoforen aan de zijstengels. Met uitzondering van randplanten kwamen er bij het nauwste plantverband op grotere hoogte aan de zijstengels geen gynoforen voor. De planten opgegroeid bij 40 x 40 cm droegen daarentegen over de gehele lengte van de zijstengels gynoforen welke in de meeste gevallen de grond niet bereikten en daardoor weinig tot de opbrengst bijdroegen. Het aantal gynoforen op grotere hoogte aan de zijstengels van planten bij 30 x 30 cm was aanzienlijk lager dan dat bij 40 x 40 cm.

Bij de oogst, 107 dagen na zaai, hadden de planten bij 20 x 20 cm vrijwel al hun blad verloren, terwijl die bij 40 x 40 cm nog niet geheel waren afgestorven. De planten bij 30 x 30 cm namen een tussenpositie in.

Het percentage onrijpe peulen op basis van hun drooggewicht was kleiner naarmate het plantverband ruimer was: het was bij 20 x 20 cm ruim driemaal zo groot als bij 40 x 40 cm (tabel 4).

Tabel 4. Invloed van plantdichtheid op grootte en samenstelling van de opbrengst. Cijfers zijn gemiddelden van drie herhalingen en zijn gebaseerd op drooggewichten

	plantverband (cm)			s.a.
	20 x 20	30 x 30	40 x 40	
<u>rijpe peulen</u>				
g/plant	16,0	28,9	49,4	±4,01
ton/ha	3,99	3,21	3,09	±0,31
<u>zaad</u>				
g/plant	11,8	20,7	36,2	±3,13
ton/ha	2,96	2,30	2,26	±0,25
% onrijpe peulen	2,67	1,90	0,82	±0,37
% uitlevering	74,1	71,6	73,2	±0,82
1000-k gewicht	470	450	501	±11,7

De opbrengst aan rijpe peulen per hectare was voor het nauwste plantverband het grootst; die bij de beide andere plantverbanden verschilden niet van elkaar. De lage opbrengst per plant bij 20 x 20 cm werd dus ruimschoots gecompenseerd door het grotere aantal planten per hectare. Daar de verschillen in uitleveringspercentage klein waren, geeft de zaadopbrengst hetzelfde beeld te zien als de opbrengst aan peulen. Het zwaardere zaad bij 40 x 40 cm betekent een kleiner aantal zaden per hectare bij dit plantverband dan bij 30 x 30 cm.

4.3. PRODUKTIE EN VERDELING VAN DROGE STOF

De groeisnelheid van een gewas wordt gedefinieerd als de snelheid waarmee het drooggewicht per eenheid areaal toeneemt. In formule wordt dit

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{dW}{dt} \quad (1)$$

waarin A het areaal, W het drooggewicht en t de tijd. In plaats van per eenheid areaal kan de drooggewichtsverandering ook per plant berekend worden. Aan het wezen van formule (1) verandert dit niets.

Door de snelheid van drooggewichtstoename uit te drukken per eenheid bladoppervlak krijgen we een maat voor de netto-fotosynthesesnelheid, ook wel net assimilation rate (NAR) genoemd. In formule wordt dit

$$\frac{1}{L} \cdot \frac{dW}{dt} \quad (\text{GREGORY, 1917}) \quad (2)$$

waarin L dan het bladoppervlak is.

De veranderingen in drooggewicht worden meestal bepaald aan de hand van op regelmatige tijdstippen genomen monsters planten. De groeisnelheid en de NAR worden vervolgens berekend als gemiddelden over het tijdsinterval tussen twee bemonsteringstijdstippen. Laat deze tijdstippen t_1 en t_2 en de drooggewichten op deze tijdstippen respectievelijk W_1 en W_2 zijn. De grootheid dW/dt als gemiddelde over het tijdsinterval $t_2 - t_1$ kan dan geschreven

worden als $\frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$. Formule (2) kan echter alleen geïnte-

greerd worden indien het verband tussen L en t bekend is. Ter berekening van de gemiddelde NAR over het interval $t_2 - t_1$ wordt naar WATSON (1952) gewoonlijk de formule

$$\overline{\text{NAR}} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \times \frac{\ln L_2 - \ln L_1}{L_2 - L_1} \quad \text{gebruikt, welke}$$

afgeleid kan worden uit formule (2) onder aanname van een lineair verband tussen W en L (RADFORD, 1967). Het bezwaar van deze berekeningswijze is dat ze gebaseerd is op grootheden (W en L) die aan de hand van een monster worden bepaald respectievelijk geschat, en daardoor onderhevig zijn aan de onnauwkeurigheid van de bemonstering. Aan dit bezwaar kan tegemoet worden gekomen indien zowel W als L als functies van de tijd (t) worden geschreven (BLACK, 1963; RADFORD, l.c.), zodat groeisnelheid en NAR op elk gewenst moment berekend kunnen worden.

Daar in de onderhavige proef het gemiddelde totale drooggewicht, het gemiddelde peulgewicht, het gemiddelde bladgewicht en de gemiddelde bladoppervlakte tijdens een groot deel van de groei een vrijwel rechtlijnig verloop te zien gaven, werd met behulp van de methode der kleinste kwadraten berekend in hoeverre de gevonden resultaten een rechte lijn benaderen. Wat betreft het totale drooggewicht, het bladgewicht en de bladoppervlakte werd alleen de periode 32-79 dagen na zaai in beschouwing genomen; voor het peulgewicht was dit de periode 47-93 dagen na zaai.

Uit de resultaten van de regressie-analyses (tabel 5)

Tabel 5. Regressiecoëfficiënten (b) van de lineaire vergelijkingen ter beschrijving van het verloop van het totale drooggewicht (g/plant), het bladgewicht (g/plant), het peulgewicht (g/plant) en de bladoppervlakte (dm²/plant) bij drie plantafstanden, met bijbehorende R²-waarden

	plantverband (cm)	b	R ²
totaal drooggewicht (32-79 dagen na zaai) n=9	20 x 20	0,5124±0,02718	0,9807***+)
	30 x 30	1,0000±0,05131	0,9819***
	40 x 40	1,5257±0,09604	0,9730***
bladgewicht (32-79 dagen na zaai) n=9	20 x 20	0,1129±0,00906	0,9568**
	30 x 30	0,2524±0,01196	0,9845***
	40 x 40	0,4136±0,01864	0,9860***
peulgewicht (47-93 dagen na zaai) n=7	20 x 20	0,3269±0,01571	0,9886***
	30 x 30	0,6092±0,02562	0,9912***
	40 x 40	0,8639±0,03604	0,9914***
bladoppervlak (32-79 dagen na zaai) n=9	20 x 20	0,2381±0,01549	0,9712***
	30 x 30	0,4668±0,01682	0,9909***
	40 x 40	0,6523±0,03043	0,9850***

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

*** P < 0,001

blijkt dat voor wat betreft de vorengenoemde componenten, in de meeste gevallen slechts een klein deel van de variantie, i.e. $1-R^2$, niet "verklaard" wordt door een lineaire functie. De verschillende verlopen in de aangegeven tijdsintervallen worden dan ook zeer goed benaderd door rechte lijnen.

De grootheid dW/dt in de formules (1) en (2) is gelijk aan de regressiecoëfficiënt en dus constant over het gekozen tijdsinterval. Omgerekend per hectare betekent dit voor de plantverbanden 20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm groeisnelheden van respectievelijk ongeveer 128, 111 en 95 kg/ha per dag.

Het verloop van het bladoppervlak (L ; $dm^2/plant$) in de periode 32-79 dagen na zaai wordt voor de plantverbanden 20 x 20, 30 x 30 en 40 x 40 cm beschreven door respectievelijk de functies

$$L_{20} = 0,2381 t - 2,4739,$$

$$L_{30} = 0,4668 t - 9,1706,$$

$L_{40} = 0,6523 t - 15,5325$, waarin t het aantal dagen na zaai. Met deze vergelijkingen kan de bladoppervlakte op elk tijdstip in genoemde periode berekend worden.

Met behulp van formule (2) en gebruik makend van bovenvermelde regressiecoëfficiënten en functies is de NAR berekend voor de periode 35-75 dagen na zaai (fig. 3a). Over het gehele tijdsinterval blijkt de NAR lager naarmate het plantverband dichter is. De NAR daalde over de gehele periode, een daling die echter sterker was bij wijder plantverband zodat de verschillen tussen de plantverbanden kleiner werden bij hogere leeftijd, i.e. naarmate het gewas dichter werd. De mate waarin de NAR daalde nam af met de tijd.

Worden het verloop van het totale drooggewicht en dat van het peulgewicht via de regressiecoëfficiënten met elkaar vergeleken dan blijkt het percentage van de gevormde droge stof dat in de vorm van peulen werd vastgelegd, kleiner te worden met toenemende plantafstand. Het omgekeerde geldt voor het blad.

5. DISCUSSIE

De groeisnelheid ofte wel de snelheid van droge-stofproduktie van een gewas is afhankelijk van (i) de fotosynthesesnelheid van de individuele bladeren en van andere plantedelen welke in staat zijn te assimileren, (ii) de grootte van het fotosynthetisch systeem, en (iii) het verlies aan koolhydraten als gevolg van ademhaling. Met andere woorden de groeisnelheid wordt bepaald door het verschil tussen bruto fotosynthese en ademhaling van het gewas.

Voordat de bladeren elkaar beginnen te beschaduen is de groeisnelheid vrijwel evenredig met de bebladeringsindex (LAI). Daarna neemt de bruto-fotosynthesesnelheid van het gewas minder snel toe dan de LAI om tenslotte een maximum te bereiken zodra het bladoppervlak groot genoeg is om al het opvallende licht te onderscheppen. Bij verdere stijging van de LAI blijft de bruto droge-stofproduktie gelijk. Neemt daarbij de ademhaling toe met het totale drooggewicht dan betekent dit een daling van de netto droge-stofproduktie en dus van de groeisnelheid. In een dergelijk geval is er sprake van een optimale LAI. Alhoewel voor een aantal gewassen melding wordt gemaakt van een dergelijke optimum (mais - ALLISON, 1969; *Trifolium subterraneum* - DAVIDSON en DONALD, 1958; aardappel - HARPER, 1963; oliepalm - REES, 1963; rijst - TANAKA et al., 1966; *Phaseolus vulgaris* - WALLACE en MUNGER, 1965), zijn er ook gevallen bekend waarbij de groeisnelheid na het bereiken van een hoogste waarde niet of nauwelijks daalde bij verdere stijging van de LAI (raaigras - witte klaver weide - BROUGHAM, 1956; katoen - LUDWIG et al., 1965; witte klaver - McCREE en TROUGHTON, 1966; tarwe - PUCKRIDGE en DONALD, 1967; soja - SHIBLES en WEBER, 1966; mais - WILLIAMS et al., 1965). Een dergelijke constante groeisnelheid kan het gevolg zijn van een toename in de dagelijkse hoeveelheid zonnestraling waardoor de geleidelijk toenemende ademhalingsverliezen gecompenseerd worden. In gebieden dicht bij de evenaar, waar de jaarlijkse variatie in de daglengte gering is, kan dit echter nauwelijks een rol spelen. Een tweede, meer voor de hand liggende verklaring, is dat nadat de bruto droge-stofproduktie zijn maximum heeft bereikt, de ademhalingsverliezen vrijwel constant blijven. LUDWIG et al. (l.c.) toonden bij katoen aan dat de ademhaling van het blad zich aanpaste aan de lichtintensiteit. De ademhaling van bladeren in het donker daalde zeer sterk. Verder bleek de donker-ademhaling van de jongste en bovenste bladeren veel groter te zijn dan van lager en ouder blad. Dergelijke verschillen in ademhaling voor jong en oud blad werden reeds eerder waargenomen door HOGETSU et al. (1960) voor *Helianthus tuberosus*, die bovendien vonden dat jong blad aan oude planten een lagere respiratiesnelheid had dan jong blad aan jonge planten. Een aanpassing van de ademhaling aan de fotosynthese werd eveneens gedemonstreerd voor witte klaver door McCREE en TROUGHTON (l.c.). Het vinden van een optimale LAI zou volgens deze onderzoekers het gevolg kunnen zijn van verlies aan afgestorven plantedelen, sub-optimale voedingstoestand bij het ouder worden van het gewas, of van een verlaagde temperatuur aan het einde van het groeiseizoen.

Vergelijken we de gevonden resultaten met het hiervoor geschetste algemene groeipatroon dan valt allereerst op de constante groeisnelheid over een breed traject van LAI-waarden. Onderlinge beïnvloeding trad vermoedelijk op bij een LAI van ongeveer 1,5; toen bij 20 x 20 cm deze waarde bereikt werd bleven de planten vergeleken bij de andere

plantverbanden achter. Later gebeurde hetzelfde bij het plantverband 30 x 30 ten opzichte van 40 x 40 cm. Van een maximale lichtbenutting kan op dat ogenblik echter nog geen sprake zijn geweest. Evenwel was de groeisnelheid bij de wijdere plantverbanden reeds constant voordat de LAI de waarde 1,5 bereikte en bleef dit nog geruime tijd daarna.

Bij aardnoot is een constante groeisnelheid gedurende enige tijd na de bloei waarschijnlijk niet ongewoon (zie GILLIER en SILVESTRE, 1969, p. 38). Ook bij soja is de drooggewichtstoename vanaf bloei tot enkele weken voor rijpheid vrijwel rechtlijnig zoals gesuggereerd door de algemene groeicurve voor dit gewas (ANDERSON et al., 1965).

Zoals reeds gezegd is de drooggewichtstoename gelijk aan het verschil bruto fotosynthese - ademhaling. Aangezien het zeer onwaarschijnlijk is dat in het geval van de aardnoten - althans bij de wijdere plantverbanden - de bruto-fotosynthesesnelheid reeds bij de bloei een maximum bereikt zou hebben, kan de constante groeisnelheid slechts verklaard worden door een geleidelijk toenemende ademhaling. Het is zeer kenmerkend voor aardnoot dat bloei en vruchtzetting reeds zeer vroeg tijdens de groei van dit gewas beginnen. Toen het eerste monster werd genomen, i.e. ruim een maand na zaai, bloeiden de planten volop en waren er reeds gynoforen. Bloeiende en vrucht dragende planten hebben een aanzienlijk hogere respiratie dan niet bloeiende (GAASTRA, 1963). Aangenomen dat de ademhaling toeneemt met het drooggewicht der vruchten, dan zou dit een verklaring kunnen zijn voor de constante groeisnelheden gevonden vanaf de eerste bemonstering. Van bladval van enige betekenis was in de periode tot 79 dagen na zaai geen sprake.

De groeisnelheid van een gewas of de crop growth rate (CGR) bestaat uit de componenten bebladeringsindex (LAI) en netto-fotosynthesesnelheid per eenheid van bladoppervlak (NAR):

$$CGR = LAI \times NAR, \text{ of}$$

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{dW}{dt} = \frac{L}{A} \times \frac{1}{L} \cdot \frac{dW}{dt}$$

Een constante drooggewichtstoename per eenheid areaal bij toenemende bebladeringsindex betekent dat de NAR moet dalen. Dat de NAR daalt met de leeftijd van het gewas en naarmate de LAI toeneemt, is een reeds lang bekend verschijnsel (THORNE, 1960; WATSON, 1958) dat voor een deel verklaard wordt door de toenemende mate van onderlinge beschaduwing (WATSON, l.c.) en mogelijk deels door een daling van de fotosynthesesnelheid der individuele bladeren (WATSON et al., 1966).

De verschillen in NAR tussen de plantverbanden zijn op de eerste plaats een gevolg van de verschillen in onderlinge beschaduwing: door de lagere bebladeringsindex bij het wijdere plantverband kregen de individuele bladeren

gemiddeld meer licht zodat een hogere fotosynthesesnelheid werd bereikt. Bij een vergelijking van de curven in fig. 3a moet echter bedacht worden dat een bepaalde LAI bij de verschillende plantverbanden op ongelijke tijdstippen werd bereikt. Een leeftijdseffect speelt hierbij dan ook een rol, hetgeen blijkt uit het feit dat de NAR bij een bepaalde LAI lager was naarmate deze LAI later werd bereikt. De verschillen werden echter kleiner bij het ouder worden van de planten. Vermoedelijk speelt het beschaduwings-effect dan ook een belangrijker rol dan het leeftijdseffect.

Aangezien bij de twee ruimste plantverbanden de planten elkaar aan het begin van de periode van onderzoek nog niet beïnvloedden, zou toen voor deze twee dichtheden een ongeveer gelijke NAR te verwachten zijn geweest. Het grote verschil in afgeleide NAR echter kan waarschijnlijk verklaard worden door de onderschatting van het totale drooggewicht bij 40 x 40 cm. Volgens de regressielijnen is de drooggewichtstoename aan het begin van de periode van onderzoek groter dan in werkelijkheid het geval was (fig. 2a) zodat de afgeleide NAR groter wordt dan de werkelijke.

Het sneller dalen van de NAR bij wijder plantverband over eenzelfde LAI-traject moet geheel als een leeftijds-effect worden gezien. Bij ruimer plantverband duurt het namelijk langer voor de bebladeringsindex om met één eenheid te stijgen, dan bij dichter plantverband. Aangenomen dat de mate van onderlinge beschaduwing afhankelijk is van de bebladeringsindex dan moet een verschil in afname van NAR over hetzelfde LAI-traject toegeschreven worden aan een verschil in ouderdom.

De gevonden daling van de NAR in de periode 35-75 dagen na zaai werd geheel gecompenseerd door de regelmatig stijgende bebladeringsindex. De verschillen in LAI waren echter veel groter dan die in NAR zodat bij het nauwste plantverband de grootste groeisnelheid werd verkregen ondanks de laagste NAR. De hoogste waarde in deze proef bereikt, i.e. 128 kg/ha per dag, is echter nog ver beneden de maximale droge-stofproduktie van 250 kg/ha per dag welke MONTGOMERY (1965) voor de tropen opgeeft. Gezien het vrij zonnige weer tijdens het grootste deel van het groeiseizoen (fig. 1) lijkt een tekort aan zonnestraling niet de oorzaak van dit verschil te zijn geweest.

Een lagere NAR betekent een slechtere koolhydraatvoorziening per plant. Dit uitte zich niet alleen in een langzamere drooggewichtstoename per plant, ook het aantal bloeiende planten in de monsters was kleiner. Verder kan het van invloed zijn geweest op het specifieke bladoppervlak, alhoewel dit eveneens gecorreleerd is met de bladgrootte (WATSON, 1937). De slechtere koolhydraatvoorziening kwam echter zeer goed tot uiting in het gewichtspercentage onrijpe peulen. Een groot aantal peulen, gezet over een lange periode, maar waarvan een deel niet gevuld werd, is gezien de korte en zwakke bloei bij 20 x 20 cm erg onwaarschijnlijk; het zou eerder te verwachten zijn geweest bij 40 x 40 cm.

Ondanks de minder goede koolhydraatvoorziening per plant wijzen de resultaten erop dat bij nauwer plantverband een enigszins groter percentage van de totale hoeveelheid geproduceerde droge stof in de vorm van peulen werd vastgelegd dan bij ruimer plantverband. Het is mogelijk dat de peulen een betere "sink" voor assimilaten zijn dan de groeiende vegetatieve delen zodat bij een tekort aan koolhydraten de laatste relatief minder in drooggewicht toenemen dan de eerste. Bij een ruime koolhydraatvoorziening zou deze concurrentie dan minder opvallend zijn, en de vegetatieve delen zouden er relatief beter vanaf komen. Dit verklaart mogelijk ook de rechtlijnige toename van het peulgewicht in de periode 79-93 dagen na zaai toen het bladoppervlak bij de nauwste twee plantverbanden reeds daalde.

De opbrengst per hectare aan economisch belangrijk produkt is afhankelijk van (i) de groeisnelheid (ii) de groeiduur, en (iii) het percentage van de totale droge stof dat in dit produkt wordt vastgesteld (= oogstindex). De groeisnelheid was gemiddeld groter bij nauwer plantverband. Bij het wijdste plantverband bleven de planten echter langer groen zodat ook de groeiduur hier langer was. Ondanks een lagere oogstindex en groeisnelheid resulteerde dit in een opbrengst die slechts weinig verschilde van die bij 30 x 30 cm. Ze was echter niet voldoende om de veel hogere opbrengst bij 20 x 20 cm te kunnen evenaren.

De opbrengsten zijn vergeleken met proefopbrengsten van deze cultivar elders in Suriname verkregen vrij hoog (TER HORST, 1959a), zeker als men in aanmerking neemt dat het hier drooggewichten betreft. De hoeveelheid geregistreerde regen (213 mm) gesupplementeerd met wat irrigatiewater (ca. 20 mm) is vergeleken met de gemiddelde hoeveelheden neerslag van aardnootarealen in andere delen van de wereld (zie GILLIER en SILVESTRE, 1969) zeker niet hoog te noemen. Er traden tijdens de periode eind september - begin oktober dan ook regelmatige verwelkingsverschijnselen op. Ook de groeisnelheden waren beslist niet hoog. De hoge opbrengsten zouden dan toegeschreven moeten worden aan hoge oogstindices, die mogelijk een gevolg zijn van de vrij droge weersomstandigheden. Deze veronderstelling vindt enige steun bij TER HORST (1959b) die waarnam dat het peulgewicht als percentage van het totale plantgewicht aanzienlijk lager lag wanneer de aardnoten tijdens het natte seizoen werden verbouwd.

6. LITERATUUR

- ALLISON, J.C.S., 1969. Effect of plant population on the production and distribution of dry matter in maize. *Ann. appl. Biol.*, 63: 135-144.
- ANDERSON, I.C. et al., 1965. Response of soybeans to triiodobenzoic acid. In: F.A. GREER & T.J. ARMY (Eds). *Genes to genus. A biochemical basis for tomorrow's agriculture.* Int. Minerals & Chemical Corp., Illinois. pp. 103-115.

- BLACK, J.N., 1963. The interrelationship of solar radiation and leaf area index in determining the rate of dry matter production of swards of subterranean clover. *Aust. J. agric. Res.*, 14: 20-38.
- BROUGHAM, R.W., 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Aust. J. agric. Res.*, 7: 377-387.
- DAVIDSON, J.L. & C.M. DONALD, 1958. The growth of swards of subterranean clover with particular reference to leaf area. *Aust. J. agric. Res.*, 9: 53-72.
- FUNG KOW SANG, E., 1966. Het optimale plantverband bij gemechaniseerde pinda-cultuur. Landbouwproefstation Suriname. Praktijkverslag.
- GAASTRA, P., 1963. Climatic control of photosynthesis and respiration. In: L.T. EVANS (Ed.). *Environmental control of plant growth*. Acad. Press, New York, pp. 113-140.
- GILLIER, P. & P. SILVESTRE, 1969. *L'arachide*. Maisonneuve & Larose, Paris.
- GREGORY, F.G., 1917. Physiological conditions in cucumber houses. *Third Ann. Rep. Exp. Res. Sta. Cheshunt*. pp. 19-28.
- HARPER, P., 1963. Optimum leaf area index in the potato crop. *Nature, Lond.*, 197: 917-918.
- HOGETSU, K. et al., 1960. Growth analytical studies on the artificial communities of *Helianthus tuberosus* with different densities. *Jap. J. Bot.*, 17: 278-305.
- HORST, K. TER, 1959a. Het optimale plantverband voor pinda van het ras Matjan. *Surin. Landb.*, 7: 121-128.
- HORST, K. TER, 1959b. Peulvruchten. In: J.H. VAN EMDEN (Red.). *Jaarverslag 1958. Meded. LandbProefstn Suriname*, 21: 32-40.
- HORST, K. TER, 1961. Onderzoek naar de bemesting van pinda in Suriname. *Meded. LandbProefstn Suriname*, 27.
- HORST, K. TER & J.J. MASTENBROEK, 1960. Selectie van peulvruchten in Suriname. II. *Arachis hypogaea* L., pinda. *Surin. Landb.*, 8: 134-150.
- LOOMIS, R.S. & W.A. WILLIAMS, 1963. Maximum crop productivity: an estimate. *Crop Sci.*, 3: 67-72.
- LUDWIG, L.J. et al., 1965. Photosynthesis in artificial communities of cotton plants in relation to leaf area. I. Experiments with progressive defoliation of mature plants. *Aust. J. biol. Sci.*, 18: 1103-1118.

- McCREE, K.J. & J.H. TROUGHTON, 1966. Non-existence of an optimum leaf area index for the production rate of white clover grown under constant conditions. *Pl. Physiol.*, 41: 1615-1622.
- MONTEITH, J.L., 1965. Light and crop production. *Fld Crop Abstr.*, 18: 213-219.
- PUCKRIDGE, D.W. & C.M. DONALD, 1967. Competition among wheat plants sown at a wide range of densities. *Aust. J. agric. Sci.*, 18: 193-211.
- RADFORD, P.J., 1967. Growth analysis formulae - their use and abuse. *Crop Sci.*, 7: 171-175.
- REES, A.R., 1963. Relationship between crop growth rate and leaf area index in the oil palm. *Nature, Lond.*, 197: 63-64.
- SHIBLES, R.M. & C.R. WEBER, 1966. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Sci.*, 6: 55-60.
- 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., 1960. Variations with age in net assimilation rate and other growth attributes of sugar beet, potato, and barley in a controlled environment. *Ann. Bot.*, 24: 356-371.
- WALLACE, D.H. & H.M. MUNGER, 1965. Studies of the physiological basis for yield differences. I. Growth analysis of six dry bean varieties. *Crop Sci.*, 5: 343-348.
- WATSON, D.J., 1937. The estimation of leaf area in field crops. *J. agric. Sci., Camb.*, 27: 474-483.
- WATSON, D.J., 1952. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.*, 4: 101-145.
- WATSON, D.J., 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. *Ann. Bot.*, 22: 37-55.
- WATSON, D.J. et al., 1966. Changes with age in the photosynthetic and respiratory components of the net assimilation rates of sugar beet and wheat. *New Phytol.*, 65: 500-508.
- WILLIAMS, W.A. et al., 1965. Vegetative growth of corn as affected by population density. II. Components of growth, net assimilation rate and leaf area index. *Crop Sci.*, 5: 215-219.