Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

EEN VERGELIJKEND GROEI-ANALYTISCH ONDERZOEK VAN DE RIJSTCULTIVARS IR 8 EN ACORNI

(onderzoekproject 71/7)

J.W. Erdman

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

mei 1972

I N H O U D

	blz.
1. Samenvatting	5
2. Voorwoord	5
3. Inleiding	6
4. Materiaal en methoden	7
4.1. Plantmateriaal	7
4.2. Aanplant	8
4.3. Methodiek	10
5. Verloop en resultaten van de potproef . .	13
6. Verloop en resultaten van de veldproef . .	15
6.1. Vegetatieve ontwikkeling	15
6.2. Bloei en opbrengst	18
6.3. Produktie en verdeling van de droge stof	19
6.4. Additionele waarnemingen	22
7. Discussie	25
8. Literatuur	28

1. SAMENVATTING

In een vergelijkend groei-analytisch onderzoek van de rijstcultivars IR 8 en Acorni werden aan de hand van regelmatig getrokken monsters de produktie en de verdeling van de droge stof bestudeerd. De proef bestond uit een potproef, waarin de ontwikkeling van het gewas gedurende de eerste dertig dagen van de groei werd bestudeerd, en uit een veldproef. In de veldproef werden naast drooggewichtsbepalingen wekelijks lichtmetingen in het gewas uitgevoerd.

De resultaten van de potproef waren teleurstellend; bij Acorni stagneerde de groei na ca. 23 dagen na voorweken.

Bij de veldproef was de toename van het totale drooggewicht bij Acorni vanaf het derde monster, 52 dagen na voorweken, tot aan het laatste gemeenschappelijke monster, 122 dagen na voorweken, vrijwel lineair. Bij IR 8 was alleen in de periode 52-87 dagen na voorweken de totale drooggewichtstoename vrijwel rechtlijnig; na deze periode bleef het totale drooggewicht min of meer constant. Alleen bij de laatste twee gezamenlijke monsters was het totale drooggewicht van Acorni hoger dan dat van IR 8; daarvoor deed zich de omgekeerde situatie voor. De groeisnelheid berekend over de periode dat bij beide cultivars de drooggewichtstoename vrijwel rechtlijnig was, bedroeg bij IR 8 en Acorni, resp. 257 en 213 kg/ha per dag.

Vanaf het tweede monster, 45 dagen na voorweken, nam de LAI bij IR 8 sneller toe dan bij Acorni totdat 94 dagen na voorweken bij beide cultivars een maximale LAI werd bereikt, bij IR 8 bedroeg deze 6,52 en bij Acorni 4,36 ± 0,246. Daarna daalde de LAI bij IR 8 sneller dan bij Acorni.

De NAR berekend over de periode 52-87 dagen na voorweken daalde bij toenemende ouderdom van het gewas. Op overeenkomstige tijdstippen was de NAR bij Acorni hoger dan bij IR 8.

Vanaf ca. 74 dagen na voorweken was de lichtuitdoving bij IR 8 aanzienlijk groter dan bij Acorni. In de voorafgaande periode verschilde de lichtuitdoving tussen beide cultivars nauwelijks.

De opbrengst aan paddi bij 12% vocht bedroeg bij Acorni en IR 8 resp. 4,80 en 4,06 ± 0,441 ton/ha.

2. VOORWOORD

Het onderhavige rapport behelst een vergelijkend groei-analytisch onderzoek van twee rijstcultivars, uitgevoerd in de periode maart - augustus 1971 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 ingenieursstudie.

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

3. INLEIDING

De gecultiveerde rijstplant, Oryza sativa (L.), behoort tot de orde der Glumiflorae en tot de familie van de Gramineae of Poaceae. Volgens verscheidene auteurs, zoals GUSTCHIN (1938), is Oryza sativa ontstaan door kruisingen van verschillende wilde soorten en cultuurrassen. Volgens VAVILOV (1930) wordt de grootste rijkdom aan vormen van rijst gevonden in Zuid-West Himalaya, hetgeen hem doet concluderen dat dit gebied het primaire genencentrum van rijst is. Andere auteurs menen dat naast gebieden in Voor- en Achter-Indië, West-Afrika een secundair genencentrum zou kunnen zijn (CHEVALIER & VIGUIER, 1937).

Al honderden jaren voor de Christelijke jaartelling werd rijst verbouwd. Zo werd in China omstreeks 780 v.C. verslag gedaan van geïrrigeerde rijstteelt. Uit het feit dat in sommige oude oosterse talen de begrippen voor landbouw en rijst identiek zijn, blijkt het grote belang van de rijstverbouw.

Ook tegenwoordig is rijst als basisvoedsel zeer belangrijk vooral voor Zuid-Oost Azië, hetgeen o.a. blijkt uit de relatieve hoeveelheid bouwland waarop rijst wordt geteeld (Tabel 1). In 1969 werd in de wereld exclusief Rood-China, Noord-Korea en Noord-Vietnam, bijna 200 miljoen ton paddi geproduceerd (FAO, 1970).

Tabel 1. Het areaal rijst als percentage van het totale areaal bouwland in verscheidene Aziatische landen (FAO, 1957)

Japan	64	Pakistan	38
Thailand	59	Philippijnen	37
Burma	45	China (vaste land)	29
Indonesië	39	India	20

Bedroeg de opbrengst van rijst aan het einde van de vorige eeuw in Japan nog ca. 2 ton per ha, tegenwoordig worden opbrengsten van ca. 7 ton gehaald. Deze spectaculaire toename wordt naast het gebruik van pesticiden en een verbetering van de bodem en de landbouwtechniek vooral toegeschreven aan de introductie van nieuwe cultivars en een toenemend gebruik van kunstmest (ISHIZUKA, 1969).

In tegenstelling tot vroeger staat bij de veredeling van rijst voorop de mogelijkheid van de plant om de aangeboden hoeveelheid zonne-energie maximaal te benutten voor de droge-stofproduktie. Dit is des te belangrijker voor rijst in de tropen, aangezien rijst vaak in de natte tijd wordt gezaaid wanneer de hoeveelheid zonlicht minimaal is (TANAKA et al., 1966). Het is vooral WATSON (1968) geweest die in verband met het streven naar een hoge opbrengst heeft gewezen op het grote belang van het optimaal fotosynthetiseren van de planten. Hij introduceerde als één der eersten

het groei-analytisch onderzoek, waarbij begrippen als bebladeringsindex (LAI) - de hoeveelheid bladoppervlak per eenheid areaal - en de "Net Assimilation Rate" (NAR) - de toename van het drooggewicht van de plant per eenheid van bladoppervlak - centraal staan (WATSON, 1952). Volgens hem is de toename van het drooggewicht van de plant een goede maat voor de netto-fotosynthese (bruto-fotosynthese - ademhaling). Door een analyse van de drooggewichtsverdeling van de verschillende componenten van de planten, zoals wortels, stengels en bloeiwijzen, kan een indruk worden verkregen van de invloed van de zg. "sinks" op de produktie en het transport van assimilaten (HUMPHRIES, 1967).

Worden indica en japonica rijstvariëteiten vergeleken met de moderne rijstcultivars zoals die in de zestiger jaren o.a. op het International Rice Research Institute (IRRI) op de Philippijnen zijn ontwikkeld, dan valt op het verschil in planttype en vooral het verschil in ordening der bladeren. Volgens TSUNDODA (1964) heeft de planthabitus grote invloed op de netto-fotosynthese, hetgeen vooral tot uiting komt bij zware stikstofbemesting. Hierbij vertonen de traditionele rijstcultivars een zeer sterke vegetatieve ontwikkeling, waardoor de bladeren elkaar onderling beschaduwen. Hierdoor wordt vooral onder in het gewas de bruto-fotosynthese van de bladeren aanzienlijk minder, terwijl de respiratie der bladeren gewoon doorgaat, hetgeen een daling van de netto-fotosynthese tot gevolg heeft (TANAKA, 1964). Laatstgenoemde komt dan ook tot de conclusie dat bij de veredeling van rijst o.a. gestreefd moet worden naar planten met rechtopstaande bladeren.

In het volgende rapport wordt verslag gedaan van een vergelijkend groei-analytisch onderzoek van twee moderne rijstcultivars die o.a. verschillen in opbrengst en groeiduur. Het onderzoek bestond uit een potproef en een veldproef. Om een indruk te krijgen van de lichtuitdoving door het gewas werden in de veldproef lichtmetingen gedaan.

4. MATERIAAL EN METHODEN

4.1. PLANTMATERIAAL

Er werd gewerkt met de rijstcultivars IR 8, geselecteerd op het IRRI, en Acorni, een selectie van het veredelingsbedrijf van de Stichting voor de Ontwikkeling van Machinale Landbouw in Suriname (S.M.L.).

IR 8 heeft een vrij kleine korrel, bij direkt zaaien een groeiduur van ca. 125 dagen en kort, stevig stro. De maximale lengte van de plant boven de grond is ca. 75 cm. De opbrengst in Suriname is ca. 7 ton per ha (ANON., 1970).

Acorni heeft een zeer lange korrel ("extra long grain") en een groeiduur van ca. 110 dagen, hetgeen o.a. verkregen is door als geniteur te gebruiken de Amerikaanse cultivar Bluebelle, welke een groeiduur heeft van ca. 90 dagen. Acorni heeft kort stevig stro en een maximale plantlengte boven de grond van ca. 100 cm en een opbrengst in

Suriname van maximaal ca. 5 ton per ha. Beide cultivars zijn van het erectophyl planttype; ook bij hoge stikstofgiften hebben ze geen neiging tot legeren en reageren positief op hoge stikstofbemesting.

Het gebruikte zaad van beide cultivars is afkomstig van het veredelingsbedrijf van de S.M.L. Ter verbreking van de kiemrust werd het gedurende vijf etmalen in een droogstoof bij 50°C geplaatst.

4.2. AANPLANT

A. Potproef

Er werd gebruik gemaakt van een 90-tal 10-liter plastic emmers gevuld met grond afkomstig van het sawah-complex van het CELOS-terrein. De grond werd vooraf gemengd met 30 g ureum per m^3. De emmers werden in een kas met gazen zijwanden geplaatst. In 50 van deze emmers werden twee met genoemde grond gevulde plastic potjes (diameter ca. 10 cm) geplaatst, één voor iedere cultivar. Per potje werden 25 gedurende twee dagen geweekte en voorgekiemde zaden gelegd. In elk der resterende 40 emmers werden op vijf plaatsen aan de periferi telkens drie geweekte en voorgekiemde zaden uitgelegd.

Op 28 mei 1971 werden de voorgekiemde zaden in de emmers uitgelegd. Door een zeer slechte opkomst werd de proef na vijf dagen afgeschreven. Op 7 juni werd opnieuw ingezaaid. Nu was de opkomst redelijk. Na veertien dagen werd in de 40 emmers met op vijf plaatsen een drietal zaden, gedund tot één plant per plantplaats.

B. Veldproef

Er werd gebruik gemaakt van het meest oostelijk gelegen gedeelte van het sawahcomplex op het CELOS-terrein. Voor de bepaling van de produktie en verdeling van het drooggewicht werd een rechthoekig stuk ingeplant met afmetingen van 35 x 22 m. Hierin werden 12 veldjes uitgezet, elk met een brutogrootte van 5,20 x 10 m (Fig. 1, no. 1-12). Tussen deze veldjes werden ca. 0,75 m brede "paden" aangehouden.

Voor lichtmetingen in het gewas werden twee andere stukken van de sawah gebruikt (Fig. 1, nos. 14 en 15), elk met een brutogrootte van 8 x 8 m. De twee overblijvende, driehoekige stukken (Fig. 1, nos. 13 en 16) werden gebruikt voor bladtellingen.

Water werd op de sawah gebracht m.b.v. een pomp die water uit een naburig gelegen kreek oppompt. De afvoer vond plaats via sloten die in verbinding staan met de ringsloot van de CELOS-polder. De grondsoort bestaat uit een zware klei. De grond werd droog geploegd, vervolgens onder water gezet, gemodderd en daarna geëgaliseerd.

Het zaaizaad werd gedurende 24 uur geweekt en vervolgens 24 uur voorgekiemd. Het werd op 28 maart uitgezaaid op een kweekbed gelegen in hetzelfde sawahcomplex (niet te zien op plattegrond van Fig. 1). De opkomst was goed. Op 13 april,

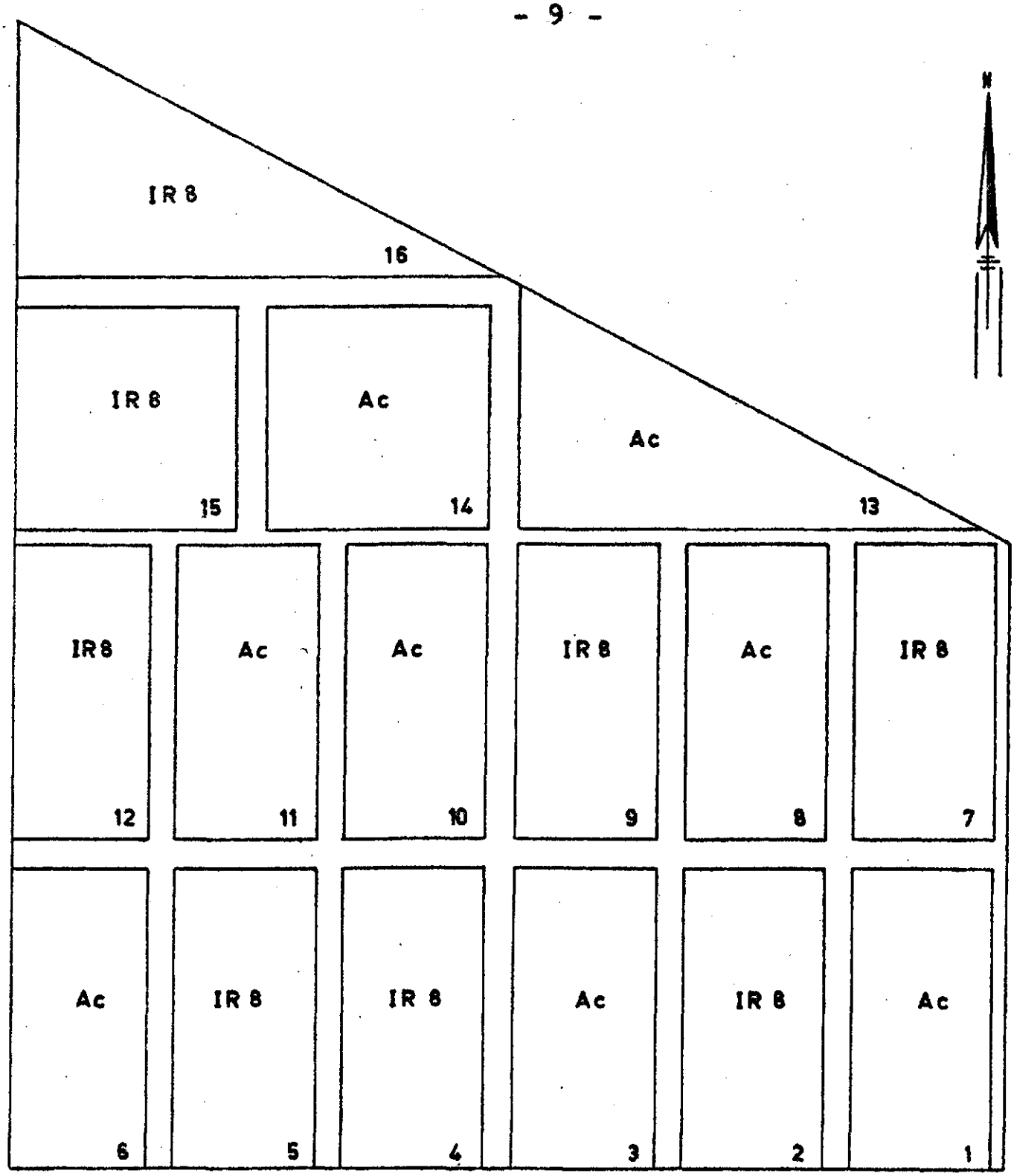

Fig. 1. Plattegrond van de sawah op het CELBS terrein.

18 dagen na weken werden de zaailingen in het kweekbed bemest met naar rata 40 kg ureum per hectare. Twee dagen later bleek het gewas aangetast te zijn door het bibitvliegje (Atherigona exigua). Het werd hierop gespoten met Sevin 85 (1,5 g/liter; werkzaam bestanddeel: 1 naphthyl-N-methylcarbamaat).

Op 22 april, 27 dagen na weken, werden de eerste zes veldjes overgeplant, plantverband 20 x 20 cm, per plantplaats één plant. De rest van de sawah werd de volgende dag overgeplant. Eén dag voor het overplanten werd de sawah bemest met naar rata 120 kg NPK (15+15+15) per hectare. Op 15 mei, 50 dagen na weken, werd met ureum bemest, 30 kg per hectare. In verband met een dijkdoorbraak als gevolg van zeer zware regen in de hieropvolgende nacht, werd deze bemesting 3 dagen later herhaald. In tegenstelling tot de bemesting van 15 mei werd de sawah vooraf drooggezet. Op 26 mei werd alleen Acorni bemest, met naar rata 60 kg ureum per hectare, op 2 juni kreeg IR 8 dezelfde mestgift. Vanaf het overplanten tot half juli, ca. 110 dagen na weken werd ernaar gestreefd ca. 10 cm water op de sawah te houden. Daarna werd geen water meer toegevoerd en werden de dijken doorgestoken zodat de sawah droog kwam te staan.

Tijdens de groei werd het gewas aangetast door verscheidene insekten, zoals Laphigma sp., stengelboorders, sprinkhanen en wantsen. Alleen tegen de eerstgenoemde werd eenmaal gespoten met Sevin 85 (2 g/liter).

Vanaf half juni was er een aanzienlijke aantasting van ratten. In sommige gevallen bleken zelfs meer dan 50% van de planten die bemonsterd werden door ratten aangevreten te zijn. Ter voorkoming van vogelvraat werd over de sawah een net gespannen. Kleine vogels konden echter toch door de mazen van het net glippen, zodat er enige schade t.g.v. vogelvraat was.

De dagelijkse regenval en het percentage zonneschijn tijdens de proef zijn in Fig. 2 weergegeven.

4.3. METHODIEK

A. Potproef

Ter bestudering van de ontwikkeling van de zaailingen tot 17 dagen na weken werden om de drie dagen tien emmers bemonsterd van de groep van 50 die elk twee plastic potjes bevatten; het eerste monster werd vijf dagen na weken genomen. De plantjes werden met zoveel mogelijk wortels uit de grond gehaald, schoongespoeld en verdeeld in wortels, bovengrondse delen en het restant van het zaad. De lengte van het bovengrondse deel werd gemeten. Daarna werden de drie componenten apart gedroogd in een geventileerde droogstoof bij ca. 85°C. Bij het eerste monster werd alleen het totale drooggewicht bepaald.

In de periode 18-30 dagen na weken werden om de drie dagen tien emmers geoogst van de resterende groep van 40 emmers, met uitzondering van het achtste monster dat vier dagen na het voorgaande monster werd genomen. Deze planten

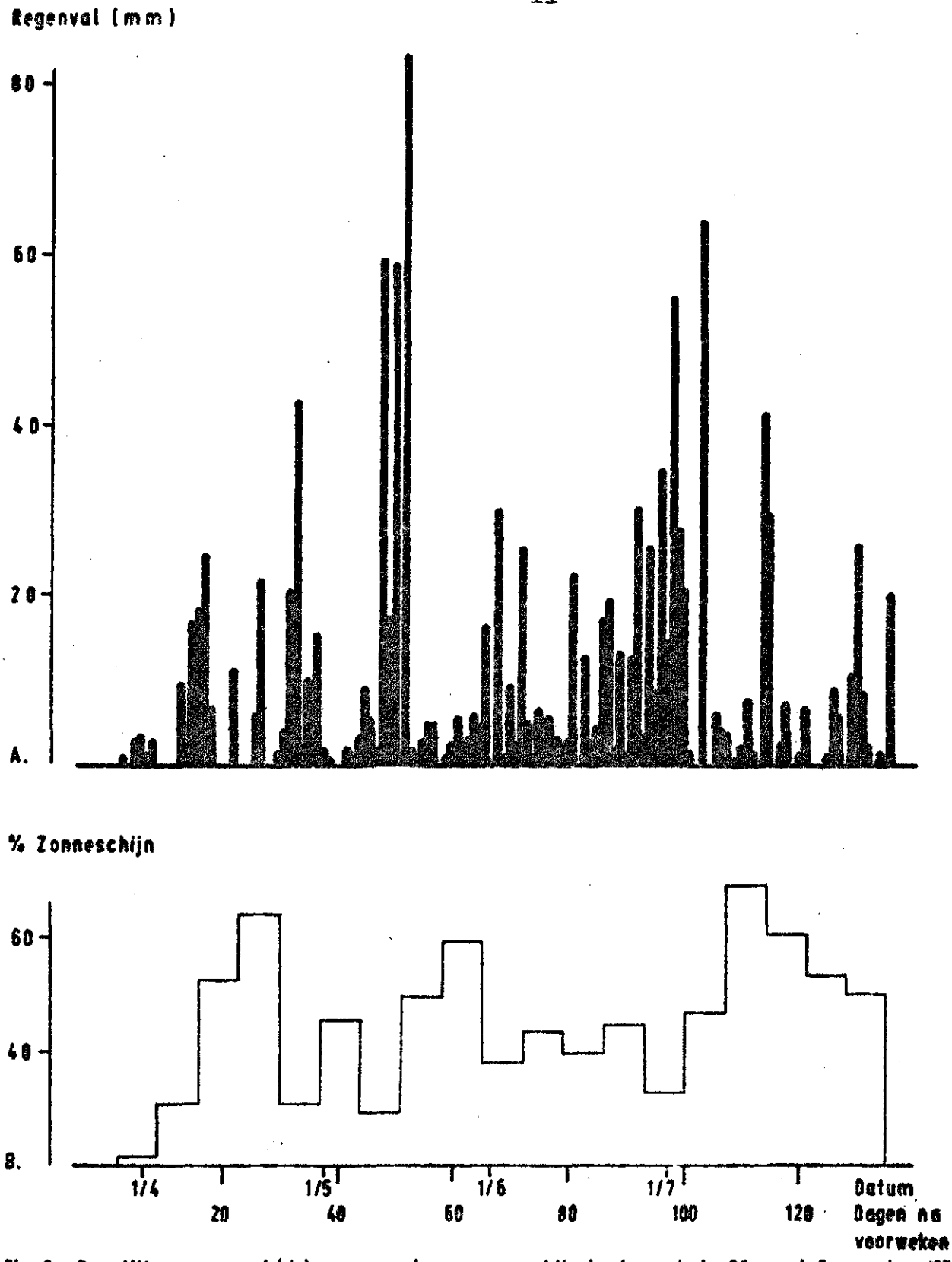

Fig. 2. Dagelijkse regenval (A) en percentage zonneschijn in de periode 28maart-8 augustus 1971. Zonneschijn is berekend als percentage van de uren 07.00 -17.00 over perioden van een week.

werden verdeeld in wortels, bladschijven en de rest, waarna werd gedroogd op bovengenoemde wijze. Bovendien werd het aantal bladeren en stengels geteld en de lengte van het bovengrondse deel gemeten.

B. Veldproef

De proef ter bepaling van het drooggewichtsverloop werd opgezet als een gewarde blokkenproef met zes herhalingen. Eén herhaling bevatte twee met de lange zijde aan elkaar grenzende veldjes. Op ieder veldje werd één cultivar ingeplant (Fig. 1).
Bemonstering. Na het overplanten van de zaailingen werd wekelijks per cultivar een monster getrokken van totaal 6 x 18 planten. Voor bemonstering kwam van de plantrijen in oost-west richting iedere derde plantrij in aanmerking. Per keer werden twee halve plantrijen geoogst. Buiten beschouwing werden gelaten aan de buitenkant van het veldje drie randplanten tussen twee halve plantrijen twee planten. Door middel van loting werd de volgorde van oogsten van de halve plantrijen bepaald. Het eerste monster werd 3 mei, 38 dagen na weken, getrokken. Van Acorni werden 13 monsters genomen, het laatste 122 dagen na weken; van IR 8 15 monsters, het laatste 136 dagen na weken. Bovendien werd een extra monster getrokken ter bepaling van de opbrengst waarbij alleen de pluimen van de te bemonsteren planten werden geoogst, bij Acorni 124 dagen en bij IR 8 132 dagen na weken.
Verwerking van het monster. De bemonsterde planten werden met zoveel mogelijk wortels uit de grond gehaald, schoongespoeld en opgesplitst in wortels, bladschijven, pluimen, en de rest. De pluim werd gerekend te beginnen bij de eerste vertakking. De verschillende componenten werden per veldje gedroogd in een geventileerde droogstoof gedurende 24 tot 36 uur bij 85°C, gevolgd door één uur bij 105°C. Het aantal en de lengte der stengels tot aan de gewrichtsdriehoek van het laatste ontvouwen blad werden bepaald (planten waarvan de stengels aangetast waren door stengelboorders werden buiten beschouwing gelaten), het aantal ontvouwen bladeren werd geteld en de oppervlakte der groene bladschijven werd geschat. Bij deze schatting werd gebruik gemaakt van de formule lengte x grootste breedte x constante. Deze constante werd voor beide cultivars door WIENK & ERDMAN (1972) geschat op 0,796.

Verder werd genoteerd wanneer bij de monsterplanten de pluim zichtbaar werd en de meeldraden te zien waren (bloei). Bij rijpheid werden het 1000-korrelgewicht en het uitleveringspercentage bepaald en werd een schatting gemaakt van het aantal korrels per plant.

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

$$CGR = \frac{1}{A} \times \frac{dW}{dt}, \quad \text{en } NAR = \frac{1}{LA} \times \frac{dW}{dt},$$

waarbij A = grondoppervlak, W = drooggewicht, t = tijd en LA = bladoppervlak (GREGORY, 1917).

Lichtmeting. Wekelijks, daags na de bemonstering voor de bepaling van het drooggewichtsverloop, werd per cultivar op telkens eenzelfde vijftal plaatsen de lichtintensiteit gemeten boven en onderin het gewas. Hiertoe was op iedere meetplaats een ca. 1,5 m lange stok geplaatst waaraan zowel vlak boven de waterspiegel als ruim boven het gewas horizontaal een plaatje was bevestigd. Op dit plaatje werd tijdens de meting m.b.v. een lange stok een vlakke lichtmeter geplaatst. De uitslag van de lichtmeter werd door een micro-ampèremeter geregistreerd. De metingen werden rond het middaguur, bij voorkeur bij een bewolkte hemel, uitgevoerd. De laatste meting werd 27 juli, 123 dagen na weken gedaan. Bij de verwerking van de resultaten der lichtmetingen werd het begrip "Light Transmission Ratio" (LTR) gehanteerd, de lichtintensiteit onderin het gewas als percentage van de lichtintensiteit boven het gewas (MONSI & SAEKI, 1953).
Bladtelling. Per cultivar werd wekelijks van eenzelfde vijftal planten het aantal bladeren geteld en gemerkt.

5. VERLOOP EN RESULTATEN VAN DE POTPROEF

Het totale drooggewicht der zaailingen van Acorni was vanaf het eerste monster tot en met het vijfde monster, 17 dagen na voorweken, groter dan dat van IR 8 (Tabel 2). Het verschil in het totale drooggewicht wordt voornamelijk veroorzaakt door de verschillen in drooggewichten van de zaadresten, welke vooral tijdens de eerste ontwikkelingsfase aanzienlijk bijdroegen tot het totale drooggewicht; bij het tweede monster was dit ca. 87% en bij het vijfde monster ca. 35% van het totaal gewicht. De drooggewichten van wortels en bovengrondse delen van beide cultivars waren nauwelijks verschillend.

Tabel 2. Verdeling van het drooggewicht (mg/plant) in de periode 5-17 dagen na voorweken, bij IR 8 (= IR) en Acorni (= AC). De cijfers zijn gemiddelden van tien herhalingen

dagen na voorweken	totaal		wortels		bovengr.delen		zaadrest	
	IR	AC	IR	AC	IR	AC	IR	AC
0	30	40	-	-	-	-	30	40
5	27	36	-	-	-	-	27	36
8	24	32	1	1	2	2	21	29
11	21	29	2	2	6	6	14	22
14	28	36	5	5	13	12	10	20
17	33	39	4	7	20	17	10	16

Vanaf het begin tot 11 dagen na voorweken daalde bij beide cultivars het totale drooggewicht, daarna begon het te stijgen (Tabel 2), hetgeen veroorzaakt wordt door een aanzienlijk energieverbruik voor de aanleg van nieuwe plantendelen waar geen produktie van assimilaten tegenover staat door het nog ontbreken van bladeren.

Het totale drooggewicht van IR 8 nam vanaf 20 dagen na voorweken aanzienlijk toe en bedroeg 10 dagen later 553 mg (Tabel 3). De ontwikkeling van Acorni bleef sterk ten achter bij die van IR 8, hetgeen blijkt uit het totaal drooggewicht 30 dagen na voorweken, nl. 255 mg. In de periode 20-30 dagen na voorweken was de uitstoeling bij IR 8 aanzienlijk groter dan bij Acorni (Tabel 3).

Tabel 3. Het totale drooggewicht (mg/plant), het aantal bladeren en het aantal stengels per plant in de periode 20-30 dagen na voorweken voor IR 8 (= IR) en Acorni (= AC). De cijfers zijn gemiddelden van vijf herhalingen

dagen na voorweken	drooggew.		blad./plant		steng./plant	
	IR	AC	IR	AC	IR	AC
20	134	88	5,9	4,0	1,8	1,0
23	201	168	8,2	5,4	2,5	1,6
27	327	176	11,5	5,7	2,9	1,5
30	553	255	12,6	5,6	3,4	1,5

Het verschil in groei tussen beide cultivars bleek ook uit de drooggewichten van wortels, bladschijven en de "rest". Over het algemeen was er geen groot verschil tussen beide cultivars in de percentuele bijdrage die de resp. componenten leverden tot het totale drooggewicht. Het drooggewicht van de bladschijf bedroeg gedurende de periode 20-30 dagen na voorweken ruwweg de helft van het totale gewicht (Tabel 4).

Tabel 4. Verdeling van het drooggewicht (mg/plant) in de periode 20-30 dagen na voorweken voor IR 8 (= IR) en Acorni (= AC). De cijfers zijn gemiddelden van vijf herhalingen

dagen na voorweken	totaal		wortels		bladschijf		rest	
	IR	AC	IR	AC	IR	AC	IR	AC
20	134	88	32	27	62	36	40	25
23	206	168	30	34	106	80	70	54
27	326	176	61	41	159	79	107	56
30	553	255	113	65	256	110	184	81

In de periode 5-30 dagen na voorweken nam de lengte van de planten voortdurend toe en bedroeg bij het laatste monster voor IR 8 en Acorni resp. 42 en 39 cm. Over het algemeen waren de verschillen in lengte tussen beide cultivars zeer gering.

Voor de stagnerende groei na ca. 23 dagen bij Acorni werd geen verklaring gevonden. Aan de bovengrondse delen werden afgezien van het achterblijven in groei geen afwijkende symptomen waargenomen; wellicht ontwikkelde het wortelstelsel zich niet voldoende door het optreden van wortelconcurrentie ten gevolge van te kleine plastic emmers.

6. VERLOOP EN RESULTATEN VAN DE VELDPROEF

6.1. VEGETATIEVE ONTWIKKELING

Vanaf het eerste monster, 38 dagen na weken, nam bij IR 8 het aantal groene bladeren per plant regelmatig toe tot een maximum, 88 dagen na voorweken, waarna het geleidelijk afnam. Bij Acorni was geen sprake van een duidelijk maximum in het aantal groene bladeren per plant. Na een aanvankelijke stijging veranderde het aantal bladeren per plant in de periode 66-94 dagen na voorweken nauwelijks. Na 94 dagen nam het geleidelijk af. Gedurende de gehele bemonsteringsperiode was het aantal bladeren per plant bij IR 8 aanzienlijk groter dan bij Acorni (Tabel 5), hetgeen verklaard wordt door een grotere uitstoeling bij IR 8, d.w.z. een groter aantal stengels per plant (Tabel 5). Bij zeven monsters was het aantal bladeren per stengel bij IR 8 significant groter dan bij Acorni, bij de resterende zes monsters was geen duidelijk verschil tussen beide cultivars te constateren.

Tabel 5. Het aantal groene bladeren per plant en per stengel en het aantal stengels per plant, met standaardafwijkingen (s.a.), in de periode 38-122 dagen na voorweken voor IR 8 (= IR) en Acorni (= AC). De cijfers zijn gemiddelden van zes herhalingen

dagen na voorweken	blad./plant			blad./stengel			stengels/plant		
	IR	AC	s.a.	IR	AC	s.a.	IR	AC	s.a.
38	14,5	8,7	1,18	4,2	3,9	0,05	3,4	2,3	0,30
52	51,8	25,6	2,97	4,3	3,4	0,20	12,4	7,5	0,67
66	63,0	49,3	8,01	5,1	4,4	0,29	12,3	10,9	1,12
80	77,3	49,4	2,69	5,5	4,9	0,33	14,1	10,2	0,45
94	66,6	50,8	2,17	5,6	5,3	0,11	11,9	9,7	0,26
108	50,3	34,4	0,98	4,6	3,6	0,10	11,0	9,5	0,28
122	38,4	33,1	1,54	3,5	3,4	0,08	10,8	9,9	0,33

Vanaf de eerste monstername nam het bladschijfoppervlak van beide cultivars vrijwel rechtlijnig toe totdat 94 dagen na voorweken een maximale bebladeringsindex (LAI) werd bereikt (Tabel 6). Bij IR 8 bedroeg dit maximum 6,52, bij Acorni 4,36 ± 0,246. Hierna nam de LAI voor beide cultivars snel af (Fig. 3). Naast het normale proces van afsterven van oudere bladeren werd de snelle afname van de LAI-waarden ondermeer veroorzaakt door een aanzienlijke rattenaantasting gedurende de laatste drie weken van de groei van het gewas, hetgeen voortijdig afsterven van stengels en bladeren tot gevolg had. Op het laatste gemeenschappelijke monster na was de LAI op overeenkomstige tijdstippen bij IR 8 significant hoger dan bij Acorni.

Tabel 6. Regressiecoëfficiënten (b) en intercepten (a) van de lineaire vergelijkingen ter beschrijving van het verloop van het bladoppervlak (dm^2/plant) bij IR 8 en Acorni met bijbehorende r^2-waarden

periode (dagen na voorweken)	cultivar	b	a	r^2
45 - 94	IR 8	0,4787 ± 0,0348	-16,73	0,9692 ***+)
45 - 94	Acorni	0,3344 ± 0,0239	-13,91	0,9702 ***
(n = 8)				

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

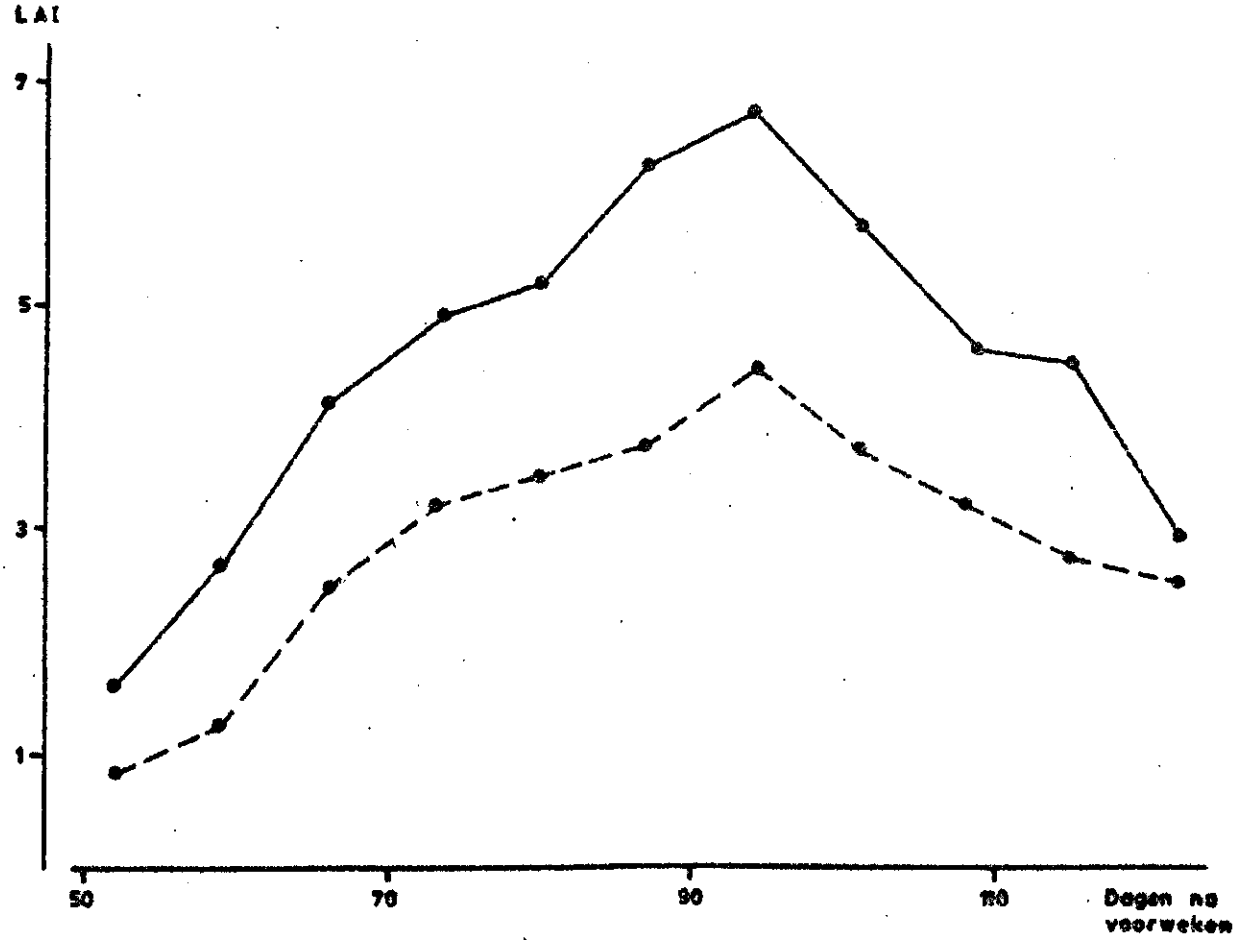

Fig. 3. De LAI in de periode 52-123 dagen na voorweken bij Acorni (---) en IR 8 (——).

Tot 59 dagen na voorweken verschilde de lengte van de bovengrondse delen van beide cultivars nauwelijks, daarna was de toename van de lengte bij Acorni groter dan bij IR 8. Toen het gewas uitgebloeid was, i.e. ca. 100 dagen na voorweken, werd de lengtegroei aanzienlijk minder en hield bij IR 8 geheel op (Tabel 7).

Tabel 7. De lengte van de stengel (cm) bij IR 8 (= IR) en Acorni (= AC). De cijfers zijn gemiddelden van zes herhalingen

dagen na voorweken	IR	AC	s.a.
45	44	47	1,2
59	70	69	1,2
73	83	92	0,9
87	92	105	1,7
101	97	114	2,1
115	96	116	1,6

Bij Acorni was gedurende de gehele ontwikkeling van het gewas tot aan de oogst de bladstand opvallend erectophyl. De bladstand van IR 8 was vergeleken met die van Acorni minder vertikaal, hetgeen vooral de laatste paar weken van de groei duidelijk tot uiting kwam.

Op het oog waren de bladschijven bij IR 8 vooral na ca. 60 dagen na voorweken aanzienlijk lichter van kleur dan die bij Acorni. Later toegediende stikstof bracht hierin geen verandering.

Vooral bij IR 8 werden gedurende de laatste twee weken van de groei de punten en soms grote delen van de bladschijf geel en later bruin.

6.2. BLOEI EN OPBRENGST

Op 25 mei, 60 dagen na voorweken, werden met behulp van chloraalhydraat enige vegetatiepunten van beide cultivars bekeken op het stadium waarin ze verkeerden (KEULEMANS, 1959). Die van IR 8 bevonden zich op dat tijdstip ca. één dag in het generatieve stadium die van Acorni leken ca. 3 à 4 dagen verder te zijn in ontwikkeling dan eerstgenoemde. Twee weken later werden in het veld bij Acorni de eerste pluimen waargenomen. Bij IR 8 was dit een week later, 81 dagen na voorweken. Over het algemeen begon een plant 3 à 4 dagen nadat de pluim zichtbaar was te bloeien. In het veld was Acorni op het oog 88 dagen na ~~bloei~~* nagenoeg volledig in bloei, IR 8 een week later. De bovengenoemde resultaten werden niet teruggevonden bij de waarnemingen aan de monsterplanten. Bij het negende monster, 94 dagen na voorweken, was bij 87% der IR-8-planten en bij 74% der Acorni-planten de pluim zichtbaar en bedroegen de percentages bloeiende planten resp. 47 en 36. Voor deze afwijkende waarnemingen werd geen verklaring gevonden.

* voorweken

Bij de opbrengstbepaling waren de pluimgewichten van beide cultivars niet significant verschillend, bij IR 8 16,7 en bij Acorni 19,9 ± 1,68 gram/plant. Hetzelfde gold voor de opbrengstcijfers van de paddi bij 12% vocht. Deze bedroegen resp. 4,06 en 4,80 ± 0,441 ton/ha. De uitleveringspercentages waren resp. 87 en 83. Het 1000-k-gewicht was bij Acorni hoger dan bij IR 8: resp. 33,9 en 28,7 gram. Dit verschil tussen beide cultivars was echter minder dan bij een 1000-k-gewichtsbepaling aan het begin van de proef, de gewichten bedroegen toen resp. 40,0 en 29,5 gram. Het aantal volle korrels per plant was bij beide cultivars hetzelfde, en bedroeg 565.

6.3. PRODUKTIE EN VERDELING VAN DE DROGE STOF

In Tabel 8 worden de drooggewichten van de verschillende plantendelen van beide cultivars gegeven.

Het totale drooggewicht van de planten van Acorni nam vanaf het eerste tot aan het laatste monster voortdurend toe; in de periode 52-122 dagen na voorweken was de toename zelfs vrijwel lineair. Bij het laatste monster van Acorni bedroeg het totale drooggewicht per plant ca. 46,6 gram.

Voor IR 8 was het groeiverloop geheel anders. Tot 87 dagen na voorweken nam het totale drooggewicht wel vrijwel rechtlijnig toe (Tabel 9), maar na dat tijdstip bleef het totale drooggewicht rond een waarde van ca. 38 gram per plant schommelen (Fig. 4). Tot 115 dagen na voorweken bedroeg het totale drooggewicht van IR 8 meer dan dat van Acorni, hoewel de verschillen niet altijd significant waren. Bij de laatste twee gezamenlijke monsters was het totale drooggewicht voor Acorni het grootste.

Bij het eerste monster was het drooggewicht van de wortels bij beide cultivars ca. 23% van het totale drooggewicht. Dit percentage daalde gestaag tijdens de ontwikkeling van het gewas en bedroeg bij het laatste gezamenlijke monster nog slechts ca. 5%. Over het algemeen waren de drooggewichten van de wortels van IR 8 hoger dan die van Acorni.

Tabel 9. Regressiecoëfficiënten (b) van de lineaire vergelijkingen ter beschrijving van het verloop van het totale drooggewicht (g/plant), met bijbehorende r^2-waarden, gemeten bij IR 8 en Acorni in de periode 52-87 dagen na voorweken

periode (dagen na voorweken)	cultivar	b	r^2
52 - 87	IR 8	1,0272 ± 0,0916	0,9691*** +
52 - 87	Acorni	0,8528 ± 0,0735	0,9696***
(n = 6)			

+) *** P < 0,001

Tabel 8. Verdeling van het drooggewicht (g/plant) in de periode 38-136 dagen na voorweken voor de cultivars IR 8 (= IR) en Acorni (= AC). De cijfers zijn gemiddelden van zes herhalingen

dagen na voorweken	wortels		rest		bladschijf		pluim		totaal		s.a. van totaal
	IR	AC	IR	AC	IR	AC	IR	AC	IR	AC	
38	0,15	0,11	0,24	0,19	0,26	0,18	-	-	0,65	0,49	0,05
45	0,29	0,18	0,84	0,61	0,94	0,60	-	-	2,07	1,39	0,15
52	0,34	0,20	2,23	1,46	2,19	1,36	-	-	4,75	3,02	0,27
59	0,81	0,68	4,48	3,19	3,98	2,36	-	-	9,27	6,23	0,37
66	1,93	1,03	9,37	8,58	6,06	4,42	-	-	17,36	14,03	1,88
73	2,81	1,92	12,76	11,61	7,82	6,25	-	-	23,39	19,67	1,34
80	2,53	1,61	21,46	18,08	9,76	7,53	-	-	33,74	27,21	7,71
87	2,72	1,61	26,83	22,44	10,77	7,99	-	-	40,32	32,04	0,84
94	3,36	2,32	19,05	17,86	11,85	9,24	2,43	1,59	36,68	31,01	1,08
101	3,37	2,61	16,53	17,20	9,11	7,72	5,39	4,77	34,40	32,28	1,26
108	2,40	2,73	19,91	19,68	8,38	6,98	10,55	8,55	41,24	37,94	1,65
115	2,41	1,51	16,32	21,25	8,01	5,97	11,05	13,57	37,80	42,30	1,56
122	2,52	2,23	16,88	19,14	6,04	6,04	14,29	19,21	39,72	46,64	1,32
129	2,41	-	14,65	-	4,10	-	14,01	-	35,17	-	-
136	4,13	-	15,88	-	3,21	-	14,56	-	37,78	-	-

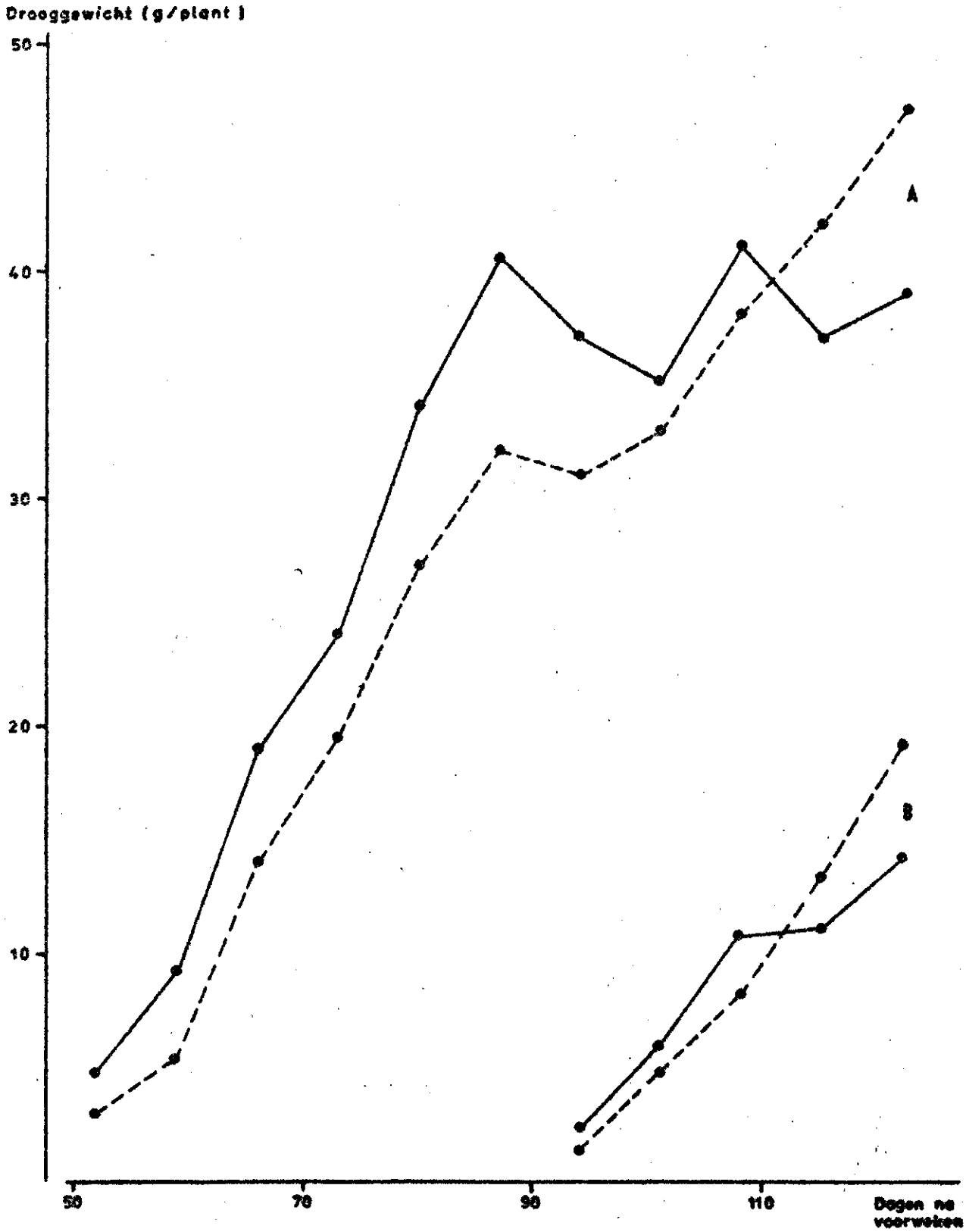

Fig. 4. Verloop van totaal drooggewicht (A) en pleingewicht (B) bij Acersi (----) en IR 8 (——).

Bij beide cultivars nam vanaf de eerste monstername het drooggewicht van de bladschijf toe totdat een maximum werd bereikt op 94 dagen na voorweken, hetgeen samenviel met de maximale LAI's. Het aandeel van het drooggewicht van de bladschijf in het totale drooggewicht nam tijdens de groei af. Bedroeg het bij de eerste drie monsters nog ca. 40-45%, bij de maximale LAI was het al gedaald tot ca. 30% en bij het laatste gezamenlijke monster bedroeg het nog maar ca. 15%.

Het drooggewicht van de "rest" nam van het eerste monster voortdurend toe tot 87 dagen na voorweken, toen het ca. 68% van het totale drooggewicht bedroeg. Bij het volgende monster, een week later, was het drooggewicht aanzienlijk lager, hetgeen het gevolg was van het afzonderlijk wegen van de pluimen.

Bij Acorni nam het pluimgewicht in de periode 94-122 dagen na voorweken vrijwel rechtlijnig toe en bedroeg bij het laatste monster 19,21 ± 0,863 gram per plant, hetgeen ca. 41% van het totale drooggewicht was. Bij IR 8 nam in de periode 94-106 dagen na voorweken het pluimgewicht in dezelfde mate toe als bij Acorni, daarna werd de toename steeds minder en was deze bij het laatste monster, 136 dagen na voorweken vrijwel nihil. Het pluimgewicht bedroeg toen 14,56 gram per plant, i.e. ca. 39% van het totale drooggewicht. Bij de laatste twee gezamenlijke monsters was het pluimgewicht van Acorni hoger dan dat van IR 8 (Fig. 4).

Om beide cultivars met elkaar te kunnen vergelijken werden de CGR en de NAR alleen berekend over de periode gedurende welke bij beide cultivars de toename van het totaal drooggewicht vrijwel lineair was (52-87 dagen na voorweken). In deze periode bedroeg de CGR bij IR 8 en Acorni resp. 257 en 213 kg/ha per dag. Bij beide cultivars daalde de NAR bij toenemende leeftijd van het gewas (Fig. 5). De afname van de NAR was bij Acorni het grootst. Gedurende de gehele bovengenoemde periode was de NAR op overeenkomstige tijdstippen bij Acorni hoger dan bij IR 8.

6.4. ADDITIONELE WAARNEMINGEN

Lichtmetingen

Het al dan niet bewolkt zijn van de hemel beïnvloedde de resultaten der lichtmetingen aanzienlijk. Bij zonneschijn werd onder in het gewas relatief meer licht gemeten dan bij een bewolkte hemel. Met de ontwikkeling van het gewas, i.e. bij toenemende LAI, nam de "Light Transmission Ratio" (LTR) af. Tot 67 dagen na voorweken verschilde de LTR tussen beide cultivars nauwelijks, daarna was deze bij IR 8 aanzienlijk ~~groter~~* dan bij Acorni (Tabel 10). Bij de laatste meting, 123 dagen na voorweken, steeg de LTR ten gevolge van het afsterven van oude bladeren.

* kleiner

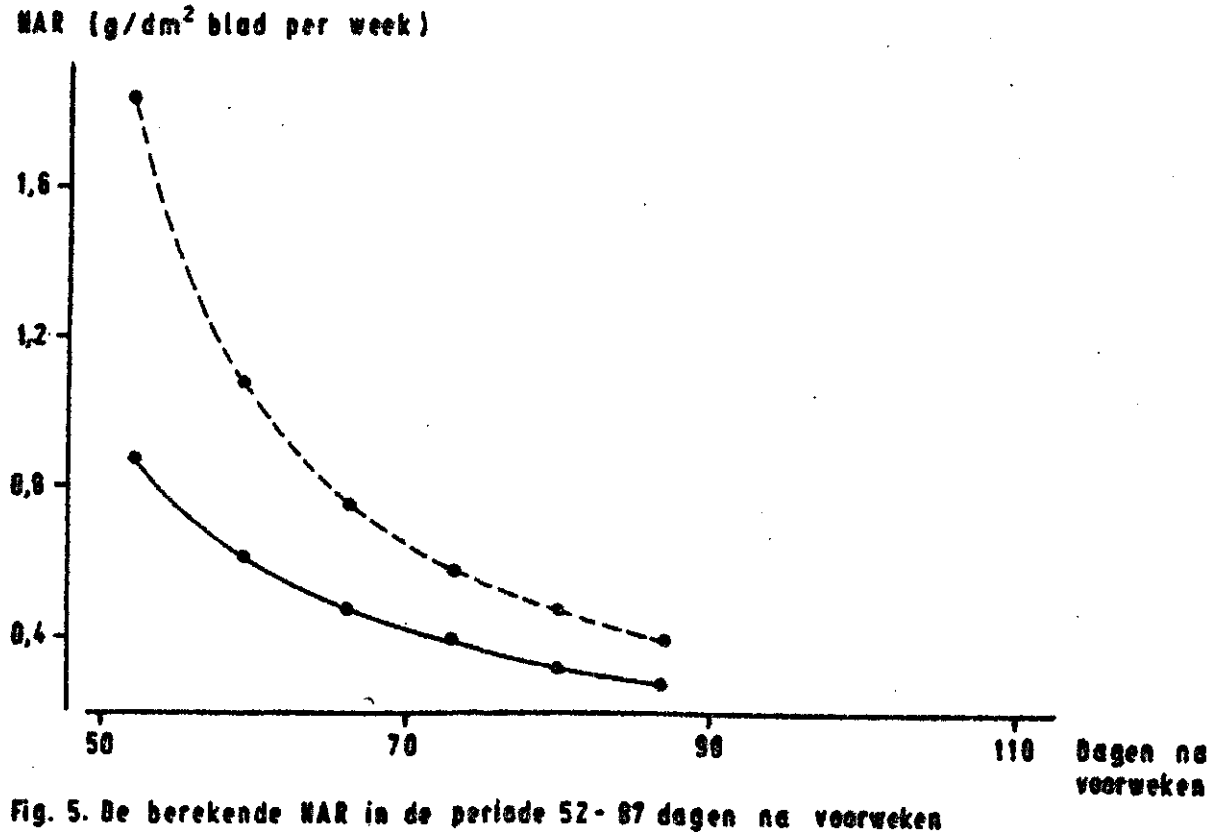

Fig. 5. De berekende NAR in de periode 52 - 87 dagen na voorweken bij Acorni (- - -) en IR 8 (———).

Bladtellingen

Bij de eerste bladtelling, 46 dagen na voorweken, bedroeg het aantal aanwezige bladeren bij IR 8 en Acorni resp. 12 en 20 per plant. Alleen gedurende de eerste week hierna lag de bladproduktie van IR 8 enigszins onder die van Acorni. Daarna produceerden de planten van de laatstgenoemde cultivar duidelijk minder bladeren dan die van IR 8 (Tabel 11). Vanaf de tweede bladtelling werden door beide cultivars steeds minder bladeren geproduceerd. Het tijdstip waarop de planten nagenoeg geen nieuwe bladeren meer produceerden, viel samen met het bereiken van de maximale LAI. Bij de laatste bladtelling, 109 dagen na voorweken, bedroeg het aantal aanwezige bladeren bij IR 8 en Acorni resp. 95 en 92.

Tabel 10. De "Light Transmission Ratio" (LTR) in de periode 39-123 dagen na voorweken bij de rijstcultivars IR 8 (= IR) en Acorni (= AC) en het weertype ten tijde van de lichtmeting. De cijfers zijn gemiddelden van vijf waarnemingen

dagen na voorweken	LTR		weertype
	IR	AC	
39	89,6	90,2	bewolkt + zon
46	83,6	84,1	zwaar bewolkt
53	64,4	72,8	bewolkt
60	70,4	68,8	bewolkt + zon
67	30,4	36,7	bewolkt + zon
74	16,8	40,6	zonnig
81	10,2	18,2	zwaar bewolkt
88	14,7	27,1	bewolkt
95	6,0	17,0	bewolkt
102	13,2	24,8	zonnig
109	15,4	30,4	zonnig
116	6,2	15,2	bewolkt
123	23,7	35,3	zonnig

Tabel 11. De wekelijkse toename van het aantal aanwezige bladeren per plant bij de rijstcultivars IR 8 (= IR) en Acorni (= AC) in de periode 46-109 dagen na voorweken. De cijfers zijn gemiddelden van vijf herhalingen

dagen na voorweken	IR	AC
53	24	28
60	17	12
67	13	10
74	11	8
81	9	6
88	7	5
95	1	3
102	1	0
109	0	0

7. DISCUSSIE

De drooggewichtstoename van de gehele plant is in sterke mate afhankelijk van de grootte van het fotosynthetisch apparaat, terwijl de laatste weer voornamelijk wordt bepaald door de mate van fotosynthetiseren en door de verdeling van de assimilaten over de delen van de plant. Uit onderzoek van MONSI & MURATA (1970) blijkt dat het assimilerend oppervlak de eerste prioriteit heeft bij de verdeling van de assimilaten voor zijn eigen instandhouding; daarna volgt het gebruik van assimilaten voor de instandhouding van de rest van de plant. Het surplus aan assimilaten kan gebruikt worden voor de aanleg van nieuwe delen van de plant. Bij het laatste speelt de zg. "distribution factor" een rol, i.e. het aandeel aan assimilaten dat een nieuw aan te leggen deel van een plant tot zijn beschikking heeft t.o.v. het totale surplus aan assimilaten. Verschillen in het totale surplus en in de distribution factor leiden niet alleen tot verschillen in totale opbrengst maar ook tot verschillen in planttypen.

DE WIT (1965) deelt planten in naar de hoek a die de bladschijven met het horizontale vlak maken. Hij introduceerde o.a. de begrippen planophyl en erectophyl planttype, waarmee hij resp. planten met een a van nagenoeg 0° en 90° bedoelde. Volgens hem kan een goede indruk van de lichtverdeling in het gewas verkregen worden door de verdeling van de bladstanden in een gewas te bepalen.

Volgens KUROIWA (1970) wordt een optimale fotosynthese bereikt bij een planttype, waar boven in het gewas de bladstand nagenoeg vertikaal en onderin vrijwel horizontaal is. Het bereiken van een hoge fotosynthese hangt af van de hoogte van de LAI en de hoek die de bladschijven met het horizontale vlak maken (DUNCAN, 1969). Uit simulatie-modellen van MONTEITH (1969) blijkt echter dat bij een LAI tussen de 4 en 8 de grootte van de fotosynthese niet sterk afhankelijk is van a, maar bij hogere LAI's wel.

Door TSUNODA (1964) zijn verschillen in planttypen bij soja, bataat en rijst nader geanalyseerd bij verschillende stikstofniveaus. Hij maakte een onderscheid tussen cultivars die resp. aangepast waren aan lichte en zware stikstofbemesting. Eerstgenoemde cultivars bleken over het algemeen dunne, grote bladeren te bezitten met horizontale bladstand en een zg. "dispersing" verdeling van de bladeren over de stengel. De cultivars aangepast aan zware stikstofbemesting hadden dikke, smalle bladeren, een vertikale bladstand en een zg. "gathering" verdeling van de bladeren over de stengel. Door aanpassing van de resp. planttypen aan het specifieke bemestingsniveau werd een goede lichtverdeling in het gewas verkregen. Ontvingen cultivars aangepast aan een laag stikstof bemestingsniveau echter een zware stikstofbemesting, dan vertoonden de planten een explosieve bladgroei met ernstige onderlinge beschaduwing, terwijl planten van cultivars aangepast aan een hoog stikstofbemestingsniveau bij lichte stikstofbemesting geen gesloten bladerdek vormden, zodat licht door het gewas op de grond viel.

In de gedachtengang van de laatstgenoemde auteur zijn de beide rijstcultivars die in de bovenstaande proef zijn gebruikt van het tweede type, d.w.z. aangepast aan zware stikstofbemesting. Er zijn echter wel verschillen in plant-type aan te wijzen tussen beide cultivars. Acorni had tot aan de oogst nagenoeg een vertikale bladstand, terwijl IR 8 naast een overvloediger bladgroei vergeleken met Acorni een meer horizontale bladstand had.

In Fig. 4 is te zien dat bij IR 8 na een aanvankelijke gelijkmatige toename van het totale drooggewicht de groei na ca. 87 dagen na voorweken stagneerde. Deze stagnatie zou veroorzaakt kunnen zijn door een te grote onderlinge beschaduwing bij toenemende LAI, hetgeen resulteerde in een sub-optimale groei. Ook het plotselinge afnemen van het aantal stengels per plant bij IR 8 na 80 dagen na voorweken (Tabel 5) wijst op een sub-optimale groei, welke waarschijnlijk tot gevolg had dat bij enkele stengels per plant geen pluimen konden worden gevormd. Volgens MATSUSHIMA (1967) sterven uitlopers gevormd na het bereiken van het maximale aantal stengels voortijdig af zonder pluimen te vormen ten gevolge van tekorten aan voedingsstoffen. Bij Acorni bleef de LAI zo laag dat er geen sprake was van ernstige onderlinge beschaduwing en de toename van het totale drooggewicht was dan ook tot het eind min of meer lineair. Daarentegen wijst bij deze cultivar het grote verschil in 1000-k-gewicht tussen uitgangs- en geoogst materiaal op een onvoldoende vulling van de vruchten. Waren deze gewichten gelijk geweest dan had Acorni een ruim 17% hogere opbrengst te zien gegeven.

Opvallend was het verschil in bladkleur tussen beide cultivars. De bladeren van Acorni waren veel meer dieper groen dan die van IR 8. Volgens TSUNODA (1960) wijst een diep groene kleur vooral bij zware stikstofbemesting op grote absorptie van licht. Bij geringe lichtintensiteit (zoals in de tropen in de regentijd) zijn bladeren met een donkergroene kleur in het voordeel boven minder donker gekleurde bladeren. Wellicht heeft ook het bovengenoemde bijgedragen tot de gelijkmatige toename van het totale drooggewicht bij Acorni.

Om een maximale opbrengst te verkrijgen dient het gewas pas tijdens het bloeistadium een optimale LAI te bereiken en deze dient zolang mogelijk in stand te worden gehouden. Volgens TANAKA (1964) is het niet gunstig als een gewas al in een vroeg groeistadium een maximale LAI bereikt. Een grote vegetatieve ontwikkeling in de beginfase leidt later tot grote onderlinge beschaduwing der bladeren en tot een zwakke generatieve ontwikkeling. Uit de onderhavige proef blijkt dat IR 8 zich in de beginfase veel sneller ontwikkelde dan Acorni, hetgeen o.a. bleek uit de grotere CGR en uit de grotere uitstoeling bij de eerstgenoemde. Echter terwijl Acorni na de maximale LAI gelijkmatig doorgroeide, stagneerde de ontwikkeling van IR 8 en nam het totale bladoppervlak zeer snel af. Uit de opbrengstcijfers blijkt dat IR 8 het groter fotosynthetisch oppervlak niet heeft benut voor een grotere graanproduktie. Volgens gegevens van het IRRI wordt IR 8 echter gekenmerkt door een goede groei ook tijdens de afrij-

pingsperiode (CHANDLER, 1969). De slechte groei van IR 8 gedurende de laatste vijftig dagen werd wellicht veroorzaakt door een aantasting van verschillende bacterieziekten die vooral tijdens het natte seizoen de groei van IR 8 kunnen belemmeren (CHANDLER, l.c.). Het vroegtijdig vergelen en afstervan der bladeren wijst in die richting.

Bij een LAI-waarde lager dan ca. 2 is de groeisnelheid min of meer evenredig met de bebladeringsindex. Bij toenemende LAI gaat de onderlinge beschaduwing een steeds belangrijker rol spelen bij de toename van de bruto-fotosynthese totdat de LAI een waarde bereikt waarbij al het opvallend licht wordt onderschept. Neemt de LAI nog meer toe dan blijkt de groeisnelheid in sommige gevallen te dalen en in andere gevallen blijft de groeisnelheid constant (zie WIENK, 1970). De daling van de groeisnelheid wordt door sommige auteurs (o.a. TANAKA et al., 1966) verklaard door het feit dat bij gelijke bruto-drogestofproduktie de ademhaling toeneemt, hetgeen resulteert in een daling van de netto-drogestofproduktie. Volgens deze auteurs bestaat er een optimale LAI, een LAI-waarde waarbij de groeisnelheid maximaal is. Het bovenstaande wordt door andere auteurs bestreden. Zij menen dat de ademhalingsverliezen van blad in het donker vrij gering zijn, en komen dan ook tot de conclusie dat wanneer de LAI een bepaalde waarde bereikt de ademhalingsverliezen nagenoeg constant blijven, hetgeen leidt tot een constante netto-drogestofproduktie (McCREE & TROUGHTON, 1966).

Uit de proef bleek dat in ieder geval bij Acorni geen sprake was van een optimale LAI. Van 45 tot 122 dagen na voorweken was bij zeer variërende LAI-waarden de groeisnelheid constant. Bij IR 8 leek er ook geen duidelijke optimale LAI aanwezig te zijn; over een LAI-traject van ca. 1 tot ruim 6 was de groeisnelheid constant. Bij Acorni is het moeilijk uit te zoeken of de theorie van "de optimale LAI" niet klopt of dat een eventuele optimale LAI-waarde nog niet bereikt was, omdat de maximale LAI bij Acorni laag lag.

Uit Fig. 5 blijkt dat bij toenemende ouderdom van het gewas de NAR afneemt. Dit wordt verklaard door een toenemende onderlinge beschaduwing der bladeren en door toenemende ouderdom van het blad waardoor het minder goed fotosynthetiseert. Vanaf een LAI-waarde van ca. 2,5 gaat deze beschaduwing een rol spelen (WATSON, 1958). Opvallend is dat op overeenkomstige tijdstippen de NAR bij Acorni hoger was dan bij IR 8. Een verklaring hiervoor moet gezocht worden in het verschil in LAI, hoewel het verschil in planttype waarschijnlijk ook een rol speelt. Volgens WATSON en WITTS (1959) heeft een goed-georganiseerde plant met een rechtopstaande bladstand een hogere NAR dan een plant van een minder goed georganiseerd type. Bovendien hebben planten met een donkergroen blad een hogere NAR dan planten met lichtgroen blad, omdat donkergroene bladeren een hoger N-niveau hebben, hetgeen resulteert in een betere fotosynthese (TANAKA et al., 1966).

Om een indruk te verkrijgen van verschillen in lichtdoorval bij gewassen hebben MONSI en SAEKI (1953) het meten van de lichtintensiteit in verscheidene horizontale lagen

in het gewas geïntroduceerd. Hierbij gebruikten ze de formule

$$K = \frac{-\ln I/Io}{LAI}$$

waarbij I en I_o de lichtintensiteit en resp. onderin en boven het gewas zijn. K, de zg. uitdovingscoëfficiënt of extinction coefficient, is een ras- of cultivar-eigenschap en wordt o.a. bepaald door de hoek van het bladoppervlak met het horizontale vlak. Volgens TANAKA et al. (1966) heeft bovendien de vorm van het blad invloed op de grootte van de K: lange slappe bladschijven onderscheppen meer licht waardoor de K groter wordt. Uit een vergelijkend onderzoek tussen raaigras en Trifolium subterraneum bleek de invloed van bladstand en bladvorm: bij dezelfde LAI was de K-waarde bij het eerstgenoemde gewas lager dan bij het laatstgenoemde (STERN & DONALD, 1962).

De gegevens van Tabel 10 wekken de indruk dat de lichtuitdoving vooral na ca. 60 dagen bij IR 8 veel groter is dan bij Acorni. Bij een vergelijking van de LTR-waarden moet er echter wel rekening mee worden gehouden dat de LAI's van beide cultivars op het moment van lichtmeten aanzienlijk verschilden. Worden de LTR's vergeleken bij dezelfde LAI dan ontstaat een heel ander beeld. Hoewel het cijfermateriaal te ruw is voor een exacte K-bepaling bestaat de indruk dat de uitdovingscoëfficiënt bij IR 8 lager is dan bij Acorni. De veel grotere lichtuitdoving bij IR 8 ten tijde van de wekelijkse metingen wordt waarschijnlijk grotendeels veroorzaakt door de veel hogere LAI, hetgeen resulteert in een grotere onderlinge beschaduwing der bladeren met alle mogelijke gevolgen van dien.

8. LITERATUUR

ANONYMUS, 1970. Verslag tweede kwartaal 1960 (augustus, september, oktober). Veredelingsbedrijf in de Prins Bernhard Polder. Suriname.

CHANDLER Jr., R.F., 1969. Plant morphology and stand geometry in relation to nitrogen. In: J.D. EASTIN et al. (Eds.). Physiological aspects of crop yield. ASA en CSSA, Wisconsin. pp. 265-285.

CHEVALIER, A. & VIGUIER, P., 1937. Sur l'origine botanique des riz cultivés. In: GRIST, D.H., 1958. p. 3.

DUNCAN, W.G., 1969. Cultural manipulation for higher yields. In: J.D. EASTIN et al. (Eds.). Physiological aspects of crop yield. ASA en CSSA, Wisconsin. pp. 327-339.

FAO, 1957. Production yearbook. Rome.

FAO, 1970. Rice report. Rome.

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

GRIST, D.H., 1958. Rice. Longmans, London.

GUSTCHIN, G.G., 1938. Le riz, origine et histoire de sa culture. In: GRIST, D.H., 1958. p. 3.

HUMPHRIES, E.C., 1967. The dependence of photosynthesis on carbohydrate sinks. In: Proc. of Symp. on Tropical Root Crops. 2-8 april 1967, U.W.I., Trinidad.

ISHIZUKA, Y., 1969. Engineering for higher yields. In: J.D. EASTIN et al. (Eds.). Physiological aspects of crop yield. ASA en CSSA, Wisconsin. pp. 15-25.

KEULEMANS, N.C., 1959. Photoperiodiciteit bij Sorghum vulgare Pers. Diss. Wageningen.

KUROIWA, S., 1970. Total photosynthesis of a foliage to inclination of leaves. In: Prediction and measurement in relation of photosynthetic productivity. Pudoc, Wageningen. pp. 79-89.

MATSUSHIMA, S., 1967. Crop science in rice. Fuji, Tokyo.

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.

MONSI, M. & T. SAEKI, 1953. Ueber den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. J. Bot., 14: 22-52.

MONSI, M. & Y. MURATA, 1970. Development of photosynthetic systems as influenced by distribution of matter. In: Prediction and measurement of photosynthetic productivity. Pudoc, Wageningen. pp. 115-129.

MONTEITH, J.L., 1969. Light interception and radiative exchange in crop stands. In: J.D. EASTIN et al. (Eds.). Physiological aspects of crop yield. ASA en CSSA, Wisconsin. pp. 89-111.

STERN, W.R. & C.M. DONALD, 1962. The influence of leaf area and radiation on the growth of clover in swards. Aust. J. agric. Res., 13: 615-623.

TANAKA, A., 1964. Plant characters related to nitrogen response in rice. In: The mineral nutrition of the rice plant. Hopkins, Baltimore. pp. 419-435.

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

TSUNODA, S., 1960. A developmental analysis of yielding ability in varieties of field crops. III. Jap. J. Breeding, 10 (2): 107-111.

TSUNODA, S., 1964. Leaf characters and nitrogen response. In: The mineral nutrition of the rice plant. Hopkins, Baltimore. pp. 401-418.

VAVILOV, N.I., 1930. The problems of the origin of cultivated plants and domestic animals as conceived at the present time. In: GRIST, D.H., 1958. p. 4.

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 areas index. Ann. Bot., 22: 37-55.

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

WATSON, D.J. & K.J. WITTS, 1959. The net assimilation rates of wild and cultivated beets. Ann. Bot. 23: 431-439.

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

WIENK, J.F. & J.W. ERDMAN, 1972. Schatten van het bladschijfoppervlak uit lengte en grootste breedte bij twee rijstcultivars. CELOS rapporten, 64.

WIT, C.T., DE, 1965. Photosynthesis of leaf canopies. Agr. Res. Reports, 663. Pudoc, Wageningen.

Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

LICHTKONKURRENTIE BIJ VIGNA UNGUICULATA (L.) WALP. CV. AFRICAN RED

(onderzoekproject 72/4)

H. Schouten

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

november 1972

I N H O U D

Blz.

1. Samenvatting 5
2. Voorwoord 5
3. Inleiding 5
4. Uitvoering 7
   4.1. Materiaal 7
   4.2. Methodiek 8
   4.3. Verloop 10
5. Resultaten en konklusies 11
   5.1. Waarnemingen 11
   5.2. Verloop drooggewichten 12
   5.3. Bladoppervlak 16
   5.4. Overige informatie 16
6. Literatuur 18

1. SAMENVATTING

Aan de hand van een vergelijkende groei-analyse van een cowpea-ras bij twee plantdichtheden werd gedurende het begin van de groeiperiode het verloop vastgelegd van het totale drooggewicht van de plant en de verdeling hiervan over wortels, stengels (inklusief bladstelen en -steeltjes) en bladschijven. Eveneens werd bij iedere bemonstering het bladoppervlak per plant bepaald.

Op verschillende wijze is getracht een interpretatie te geven aan het zeer heterogene cijfermateriaal der waarnemingen doch wiskundige toetsing van effekten leverde, mogelijk als gevolg van een te geringe steekproefomvang, niets op.

Er is volstaan met het geven van de waarnemingen in tabel- of grafiekvorm zonder verstrekkend kommentaar. Waar nodig, is met betrekking tot eventueel volgend onderzoek aangegeven op welke wijze diverse groei-analytische grootheden tot elkaar in relatie staan.

Voor de zwakke punten in de proefopzet die mogelijk geleid hebben tot het betrekkelijk waardeloze cijfermateriaal wordt verwezen naar de tekst.

2. VOORWOORD

Dit rapport betreft een groeianalytisch onderzoek aan cowpea, uitgevoerd aan het Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek in Suriname door H. Schouten, student in de Tropische Plantenteelt aan de Landbouwhogeschool te Wageningen, gedurende zijn praktijktijd die hij van 1 november 1971 tot 1 mei 1972 daar doorbracht. Het onderzoek werd geleid door Dr. Ir. J.F. Wienk.

3. INLEIDING

Een hoge opbrengst aan nuttige plantedelen wordt, afgezien van het vochtgehalte, bepaald door het totale drooggewicht. Het totale drooggewicht van een plant of van een gewas is een afspiegeling van de aktiviteit en de efficiëntie van het fotosyntese-apparaat. De verdeling ervan over de nuttige en de onbruikbare plantedelen is hoofdzakelijk een genetische kwestie.

Een veelbelovende manier om opbrengstverhoging per eenheid van grondoppervlakte te bereiken, is een volkomen integratie van gewas en teeltsysteem. Om dit te kunnen realizeren is kennis vereist van de processen die tijdens de groei van het gewas de ekonomische opbrengst bepalen.

De drogestofproduktie van een gewas als gevolg van koolzuurassimilatie wordt o.a. beperkt door de grootte van het assimilerend oppervlak, de aktiviteit en de efficiëntie van het fotosynthese-apparaat, de mate van uitdoving van het invallende licht in het gewas afhankelijk van de ordening der bladeren en van de plantdichtheid, de lengte van de groei-

periode en de ademhaling. Behalve bij wijze van bodembeschermende maatregel is het, om per eenheid van oppervlak een zo hoog mogelijke drogestofproduktie te krijgen, van belang dat het gewas zich zo snel mogelijk sluit, zodat zo min mogelijk zonne-energie ongebruikt blijft (LOOMIS & WILLIAMS, 1963).

In een gesloten gewas zou een geleidelijke uitdoving van het invallende licht moeten optreden zodanig, dat voor de onderste bladeren het kompensatiepunt nog net niet bereikt wordt. Het bladoppervlak, de bladstand, de groeiduur en de aktiviteit en de efficientie van het fotosynthese-apparaat zijn alle grotendeels genetisch bepaald doch vooral de groeiduur van een plant en de lichtbenutting kunnen in belangrijke mate mede door het milieu beinvloed worden. Derhalve moet worden gestreefd naar integratie van planttype en teeltsysteem op zodanige wijze dat een optimale benutting van het zonlicht wordt verkregen.

Bij de bestudering van het groeiproces bedient men zich veelal van de volgende grootheden die bij voorkeur op basis van één plant of van één hektare worden uitgedrukt:

a. De verhouding van de grootte van het bladoppervlak van een gewas en het oppervlak waarop dit gewas staat wordt aangeduid met de engelse term "leaf area index" (LAI) of bebladeringsindex.

b. De toename van het totaal drooggewicht per tijdseenheid in verhouding tot de grootte van het bladoppervlak is de netto fotosynthesesnelheid, aangeduid met "net assimilation rate" (NAR).

c. De toename van het totaal drooggewicht van een plant of van een gewas per tijdseenheid in verhouding tot de grootte van het oppervlak waarop deze plant of dit gewas staat heet "crop growth rate", (CGR).

Dit rapport betreft een onderzoek waarbij getracht is in een potproef na te gaan bij welke LAI er reeds sprake kan zijn van een daling van de NAR als gevolg van lichtkonkurrentie binnen het gewas. De proef is een vergelijkende groeianalyse van Vigna unguiculata (L.) Walp. cv. African Red (een cowpea-ras), bij twee plantdichtheden. De LAI en het drooggewicht worden dagelijks aan het gewas gemeten; met behulp van deze gegevens kunnen de NAR en de CGR worden berekend (GREGORY, 1917).

Reeds eerder werd op het CELOS cowpea aan een groeianalytisch onderzoek onderworpen (ZOEBL, 1969; ANON., 1970; ERDMAN, 1971). Hierbij stonden de planten echter in de volle grond.

Bij een potproef met sorghum (ANON.,1972) bleek dat er reeds zeer vroeg sprake was van onderlinge beïnvloeding van de planten. Deze proef werd, in principe met ongewijzigde proefopzet, nu met cowpea, herhaald.

4. UITVOERING

4.1. MATERIAAL

Het zaaizaad was afkomstig van eigen nateelt van materiaal van het Landbouwproefstation van het Ministerie van Landbouw, Veeteelt en Visserij te Paramaribo.

Het gewas heeft een beperkte vegetatieve ontwikkeling en geeft na ca. 60 dagen een uniforme afrijping (ERDMAN, 1971).

Het gewas werd geteeld in een kas op het CELOS-terrein, waarvan de overkoepeling bestaat uit een glazen dak en die vertikale wanden van muskietengaas heeft. De binnenmaten van de kas zijn ca. 6 x 12 m.

Op 20 maart 1972 werd gezaaid. Om konkurrentie anders dan om licht uit te schakelen werden de planten nu onder beide plantdichtheden in even grote, zwarte plastiek plantzakken geplaatst. Deze hadden een diameter van 15 cm en een hoogte van ca. 25 cm en waren van onder voorzien van drainage-openingen. Alle zakken werden gevuld met ca. 5,75 kg grondmengsel bestaande uit één deel kompost, één deel humeuze zandgrond en één deel klei. Per plantzak werden met het oog op eventuele uitvallers 5 zaden uitgelegd; 10 dagen na zaai werd op een homogeen bestand uitgedund tot één plant per plantzak.

Uit opgedane ervaringen was gebleken dat bij het gebruik van plantzakken bewatering van onderaf de beste resultaten gaf. Gedurende de periode dat verwacht mocht worden dat de planten elkaar onderling niet beïnvloedden, werden de plantzakken daarom herhalingsgewijs in vier bassins geplaatst die indien nodig gevuld werden met water. Toen de jonge planten hun tweede drietallige blad gingen vormen (17 dagen na zaaien) werden de plantzakken in de plantverbanden 15 x 15 en 30 x 30 cm geplaatst. Door de aanwezigheid van steunpalen en schoorkabels in de kas kon het genoemde bewateringssysteem vanaf dat moment niet meer gehandhaafd worden, en moest voortaan in iedere plantzak van bovenaf om de vier à vijf dagen een bepaalde hoeveelheid water worden gegoten.

Toen de begingroei iets traag leek, i.e. zeven dagen na zaaien, werd per plantzak 1 gram ureum in 35 ml water toegediend.

Acht dagen na zaaien werd tegen rupsen gespoten met 6 gram Dipterex in 2 liter water.

Daar de groei van het gewas, anders dan door behandelingsverschillen, beïnvloed scheen te worden door de mate van uitdroging der plantzakken zijn enige meteorologische waarnemingen weergegeven in fig. 1. Deze gegevens werden echter op het CELOS in het veld verzameld.

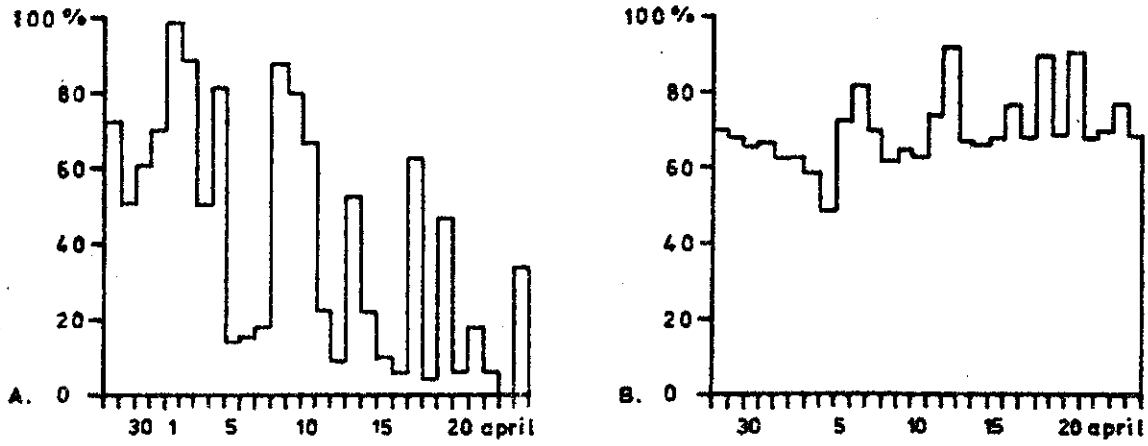

Fig. 1. Meteorologische waarnemingen. A zonneschijnschatting. B relatieve luchtvochtigheid 1400 hr.

4.2. METHODIEK

Het onderzoek werd verricht in de vorm van een blokkenproef waarbij in vier herhalingen twee plantdichtheden met elkaar werden vergeleken.

Gezien de te verwachten gradiënten in de kas en gezien het kleine aantal behandelingen werden deze systematisch over de kas verdeeld volgens fig. 2.

De proefomvang was van dien aard dat ten hoogste twintig monsters genomen konden worden. Om een nauwkeurige bepaling mogelijk te maken van het tijdstip waarop de planten om licht beginnen te konkurreren werden per vak, te beginnen 17 dagen na zaaien, dagelijks drie plantzakken volgens toeval aangewezen en verwijderd. De zo ontstane leemten werden door opschuiving der omgevende planten opgevuld waarbij erop werd gelet dat ieder vak een kompakt geheel bleef vormen. De randplanten waren gemerkt en kwamen niet voor bemonstering in aanmerking.

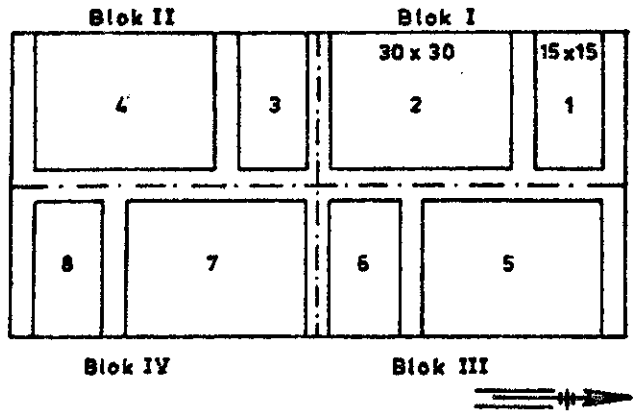

Fig. 2. Indeling van de kas.

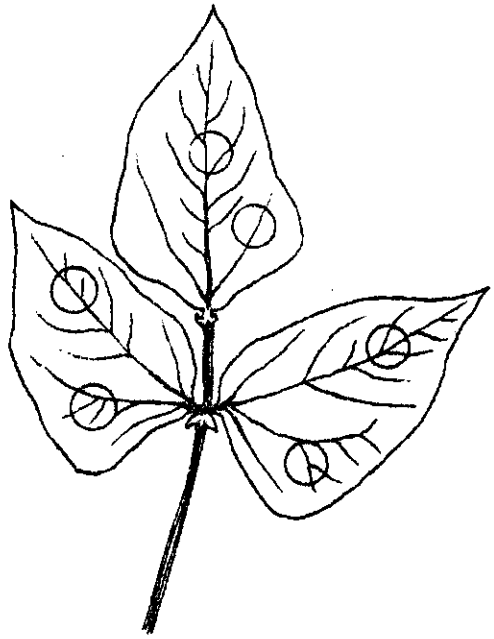

Fig. 3. Schema van bladponsing; het oppervlak van een ponsje bedraagt 2.0298 cm^2

De verwijderde planten werden van grondresten ontdaan waarbij zo min mogelijk wortels in de grond werden achtergelaten. De planten werden verdeeld in wortels, stengels (inklusief bladstelen en bladsteeltjes) en bladschijven. Per plant werden twee representatieve verse bladeren volgens fig. 3 geponst; deze ponsmethode dient om een schatting te kunnen maken van het bladoppervlak. De plantedelen werden gescheiden gedroogd in een geventileerde droogstoof bij 85°C gedurende 48 uur en vervolgens gewogen. Uit het totale gewicht der bladschijven, het drooggewicht der bladponsen en het oppervlak hiervan kan een schatting worden gemaakt van het bladoppervlak. Het monsterbladoppervlak in verhouding tot de oppervlakte waarop de bemonsterde planten stonden levert de bebladeringsindex op.

De totale drooggewichten der monsters herleid op plant- of hektarebasis, kunnen worden gebruikt voor het schatten van de dagelijkse groei. De gemiddelde groeisnelheid kan alsvolgt worden berekend:

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

waarin $W_2 - W_1$ de toename van het drooggewicht tussen de tijdstippen t_1 en t_2 is en A het grondoppervlak onder de bemonsterde planten.

Volgens GREGORY (1917) kan de NAR worden berekend uit de CGR en de LAI volgens:

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

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

waarin LA het bladoppervlak is en, in dit geval, dW/dt de dagelijkse toename van het totale drooggewicht.

RADFORD (1967) werkte echter een analoog geval uit voor de betrekking LAR x NAR = RGR. Hierin is LAR de afkorting van "leaf area ratio", gelijk aan LA/W en RGR die van "relative growth rate" gelijk aan 1/W x dW/dt. Hieruit bleek dat de betrekking wel gold voor de grootheden zelf of voor hun wiskundige benaderingen, doch zeker niet voor de uit waarnemingen berekende gemiddelden. Dit is slechts dan het geval als voldaan is aan de volgende voorwaarden:

$$LA = b' \cdot e^{r't}$$

$$W = b \cdot e^{rt}$$

$$r = r'$$

Bij het bespreken van de resultaten wordt een betere schatter voor de NAR besproken aan de hand van de te stellen voorwaarde omtrent het verband tussen LA en W (p. 16).

4.3. VERLOOP

Volgens het oorspronkelijke proefschema zou het opkweken van plantmateriaal teneinde een homogeen bestand te verkrijgen, als volgt geschieden:

"De zaadhuid wordt aangekrast. Vervolgens laat men de zaden gedurende 24 uur bij ca. 13°C in vochtige grond imbiberen. Als gevolg van de lage temperatuur groeit het embryo niet uit en wordt door het zaadweefsel slechts water opgenomen. Hierna wordt de kieming geforceerd door de zaden gedurende 24 uur in een stoof bij 28°C te plaatsen. Beide behandelingen vinden plaats in zaaipannen met een luchtig zand-grondmengsel dat op veldcapaciteit gebracht is. De zaden worden uitgelegd met de kiemwortel naar beneden en

bedekt met ongeveer 0,5 cm grondmengsel. De zaaipannen met grond en zaad bevinden zich in een gesloten plastiek zak. Na 24 uur bij 28°C worden de gekiemde zaden in een dieper medium geplaatst. Zodra de zaadlobben boven de grond komen worden de kiemplanten in de plantzakjes overgeplant nadat eerst de resten van de zaadhuid zijn verwijderd."

De gegeven omstandigheden waren echter niet van dien aard dat verwacht mocht worden dat een dergelijk systeem veel kans van slagen had. Allereerst waren er te weinig zaaipannen zodat de zaden de omringende grond volkomen uitdroogden. Bij de tweede poging die werd ondernomen werd het aankrassen van de zaadhuid achterwege gelaten en geschiedde het imbiberen in een bak met water; uiteindelijk werden ca. 2000 zaden in twee bakken met ieder ca. 16 kg grond te kiemen gelegd. Mochten de hier gedane concessies geen grote invloed hebben gehad op de homogeniteit van het uiteindelijke bestand, dan was het nu de uitermate slechte kwaliteit van de gebruikte partij zaaizaad die ons parten speelde.

Besloten werd tot direkte inzaai met, ditmaal, de cultivar "Blackeye" waarvan zeer goed zaad ruimschoots voorrradig was. In een zeer jong stadium reeds vertoonden vele planten echter een ziektebeeld waarbij een uitdroging van de wortelhals optrad die afsterving van de bovengrondse plantedelen ten gevolge had. Het betrof hier vermoedelijk een aantasting van Pythium die de "omvalziekte" teweeg brengt.

Nogmaals werd er ingezaaid. Nu weer met de cultivar "African Red" vanwege de geringere gevoeligheid voor Pythium. Een eerder genomen kiemproefje wees uit dat de onderhavige partij zaaizaad een kiemingspercentage te zien gaf van ca. 50%. Hoewel hiermee rekening was gehouden hadden we toch een slechte opkomst en de optredende onregelmatigheden in de aanplant liepen parallel aan de behandelingen. Dit werd geweten aan het feit dat aeratie-openingen waren aangebracht aan de zijkant van de plantzakken, waardoor zakken bij 30 x 30 cm sneller uit zouden drogen dan bij 15 x 15 cm. Dit effekt werd nog versterkt doordat in verband met de besmetting van de grond met Pythium slechts weinig water werd toegediend.

De vijfde poging om een gewas aan de gang te krijgen is hier beschreven en leverde de volgende proefresultaten op.

5. RESULTATEN EN KONKLUSIES

5.1. WAARNEMINGEN

De diverse waarnemingen zijn in tabellen 1 en 2 samengebracht (p. 15 en 18).

5.2. VERLOOP DROOGGEWICHTEN

Het uiteenlopen der totale drooggewichten bij verschillende plantdichtheden is aan de hand van de verzamelde gegevens waarneembaar (fig. 4) hoewel dagelijkse toetsing van het verschil van de waarnemingen aan de beide plantdichtheden ver uiteenlopende overschreidingskansen opleverde die nu eens wel en dan weer niet op signifikantie duidden. Het is niet uitgesloten dat het tijdstip van uiteenlopen niet het begin van het daadwerkelijke optreden van lichtkonkurrentie aangeeft. Het tijdstip waarop de waargenomen drooggewichten voor het eerst verschilden volgt namelijk zo spoedig op het overbrengen der planten naar hun uiteindelijke plantverband, dat het waarschijnlijk is dat ook reeds in het oorspronkelijke verband lichtkonkurrentie optrad. M.a.w. het kan zijn dat de planten te laat in het uiteindelijke plantverband werden geplaatst om het tijdstip vast te kunnen stellen waarop in een verband van 15 x 15 cm lichtkonkurrentie begon.

Teneinde onder meer de betrekkingen tussen de verschillende groei-analytische grootheden te kunnen onderzoeken (RADFORD, 1967) werd gezocht naar een geschikte benadering ervan in de tijd. De heterogeniteit van het waarnemingsmateriaal, in het bijzonder van de totaal drooggewichten, is hoogstwaarschijnlijk terug te voeren tot een te kleine steekproefomvang. Deze heterogeniteit maakt het onmogelijk om zondermeer de juiste wiskundige betrekking tussen beide grootheden vast te stellen.

De benadering door rechte lijnen leverde regressiecoëfficiënten 0,313 respektievelijk 0,357 gram per dag voor 15 x 15 en 30 x 30 cm. Vergelijking van de gevonden regressielijnen volgens SNEDECOR en COCHRAN (1967) gaf te zien dat de residuen gelijkelijk verdeeld zijn:
$P(F^{14}_{14} > 4,19) = 0,005$, $F = 1,90$, en dat de hellingshoeken signifikant verschillen:
$P(F^{1}_{28} > 9,30) = 0,005$, $F = 30,52$. De residuen uitgezet tegen de tijd gaven geen bepaald niet-lineair verloop te zien zodat deze benadering over een groot deel van de bemonsteringsperiode gerechtvaardigd lijkt.

Overigens is de lineaire benadering, vooral aan het begin van de bemonsteringsperiode, zeer onwaarschijnlijk. De drooggewichten geven nl. vooral gedurende de eerste bemonsteringen een lichtgebogen lijn te zien (fig. 4).

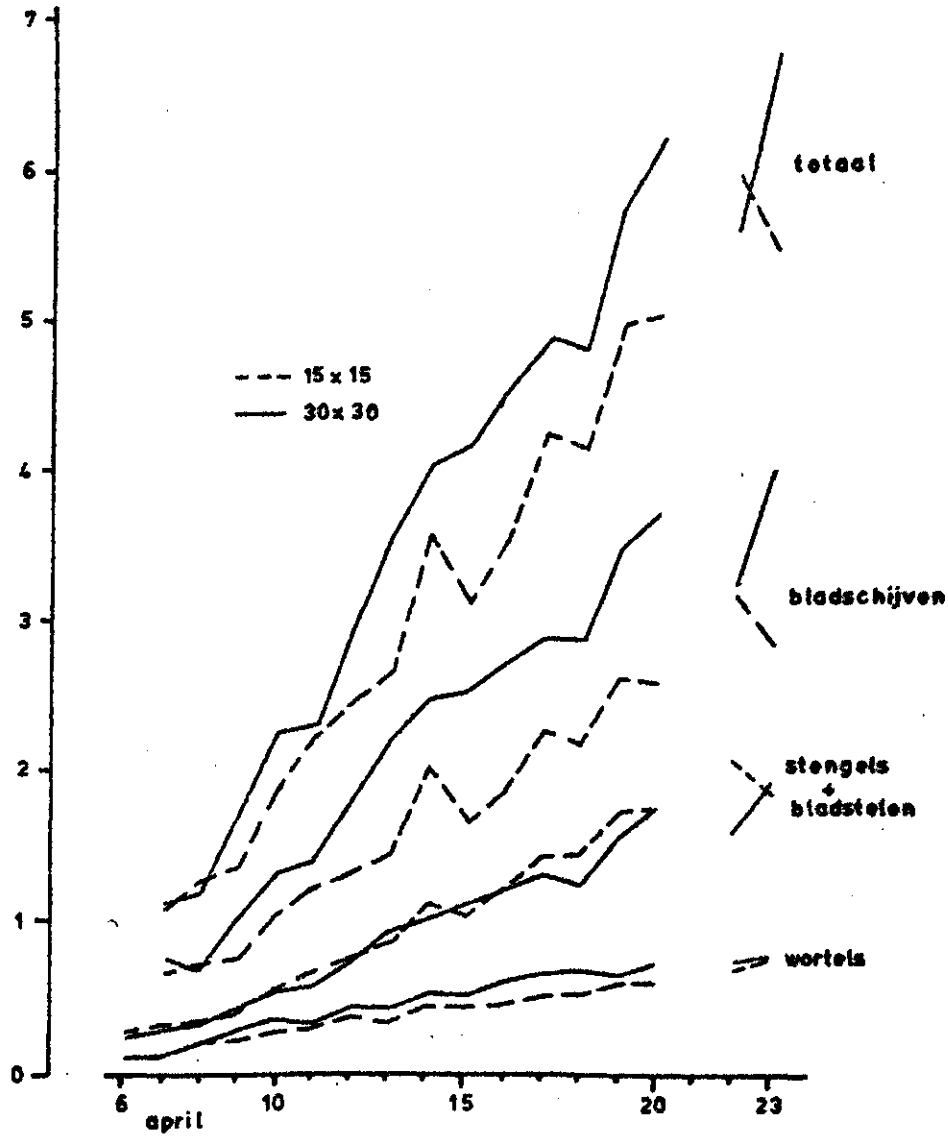

Fig. 4. Drogestofgewichten per plant (in g.)

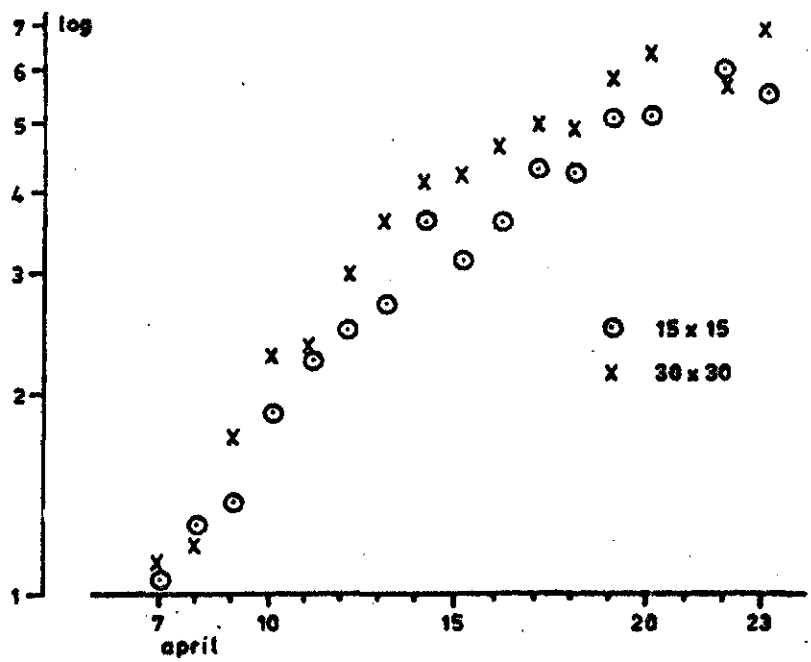

Fig. 5. Logarithmen der totale drogestofgewichten

Daar theoreties een exponentiële begingroei mag worden verwacht werd de logaritme der drooggewichten uitgezet tegen de dagen van bemonstering (fig. 5). Het verloop hiervan tussen 7 en 11 april bleek goed te worden benaderd door een stel rechten:

$$^{10}\log W_{(15 \times 15)} = -0{,}5464 + 0{,}0804\ t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$^{10}\log W_{(30 \times 30)} = -0{,}6082 + 0{,}09140\ t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

dus gelden ook de betrekkingen:

$$W_{(15 \times 15)} = 0{,}294\ e^{0{,}1851\ t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

$$W_{(30 \times 30)} = 0{,}246\ e^{0{,}2105\ t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

waarin de W 's de drooggewichten bij de plantverbanden 15 x 15 en 30 x 30 cm en t de dag van bemonstering (1 april = 1, 2 april = 2, enz.) voorstelt. Het getal e bedraagt 2,7183. De konstanten in de exponent van e zijn schattingen van de relatieve groeisnelheid (RGR);

$$RGR = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} \quad ;$$

indien W een kontinu verloop in t heeft geldt:

$$\overline{RGR} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int \frac{dW}{dt} \cdot \frac{1}{W} \cdot dt = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

Een antwoord op een deel van de vraagstelling van deze proef - namelijk hoeveel dagen na zaai lichtkonkurrentie begint - wordt gevonden door gelijkstelling van (1) en (2); dit geeft t = 5,6 hetgeen overeenstemt met 16 à 17 dagen na zaai; om eerdergenoemde redenen mag echter niet veel waarde aan dit cijfer worden toegekend. Niettemin is geen wiskunde nodig om in te kunnen zien dat het tijdstip waarop verschillen in drooggewicht zichtbaar worden tussen 15 en 20 dagen na zaaien moet liggen en dat, indien waarde wordt gehecht aan de gevonden benadering, de bemonstering te laat is ingezet om dit tijdstip exakt te kunnen bepalen. Exakte toetsing in wiskundige zin is zeer moeilijk vanwege de moeilijk hanteerbare vergelijkingen en de abnormale verdeling van de residuen en wordt in verband hiermee achterwege gelaten.

Het verdere verloop der waarnemingen tussen 11 en 23 april wordt goed weergegeven door lineaire vergelijkingen met regressiekoëfficiënten 0,312 ± 0,002 voor $W_{(15 \times 15)}$ en 0,307 ± 0,002 voor $W_{(30 \times 30)}$ (onbetrouwbaarheid 5%).

Tabel 1. Drogestofgewichten per plant; gemiddelden van twaalf planten (in grammen)

Datum		Wortels		Stengels		Bladschijven		Tot. drooggew.	
		15x15	30x30	15x15	30x30	15x15	30x30	15x15	30x30
april	6	,08	,09	,27	,25	,66	,76	1,07	1,11
1972	7	,09	,10	,32	,29	,66	,76	1,07	1,11
	8	,18	,18	,36	,32	,72	,69	1,27	1,19
	9	,22	,28	,38	,42	,76	1,02	1,36	1,72
	10	,26	,36	,56	,55	1,06	1,03	1,88	2,25
	11	,30	,33	,67	,58	1,25	1,40	2,22	2,31
	12	,37	,43	,79	,75	1,33	1,81	2,48	2,99
	13	,34	,43	,88	,94	1,46	2,22	2,68	3,59
	14	,45	,53	1,14	1,04	2,03	2,49	3,57	4,06
	15	,43	,53	1,05	1,12	1,65	2,54	3,13	4,18
	16	,46	,62	1,23	1,24	1,90	2,72	3,58	4,57
	17	,52	,67	1,45	1,34	2,28	2,91	4,26	4,93
	18	,53	,70	1,45	1,27	2,20	2,89	4,19	4,84
	19	,61	,66	1,73	1,60	2,66	3,51	5,01	5,77
	20	,62	,75	1,76	1,76	2,61	3,74	5,06	6,24
	22	,70	,76	2,08	1,61	3,20	3,27	5,98	5,63
	23	,77	,79	1,89	1,96	2,85	4,04	5,51	6,79

Tabel 2. Bepaling van het bladoppervlak per plant en van de LAI, gewichten in grammen, oppervlakten in cm^2

		Bladschijven		Bladponsen		Bladoppervlak		LAI	
		15x15	30x30	15x15	30x30	15x15	30x30	15x15	30x30
april	7	,66	,76	,0617	,0638	261	290	1,16	,32
1972	8	,72	,69	.0541	,0575	324	292	1,44	,32
	9	,76	1,02	,0589	,0693	314	358	1,40	,40
	10	1,06	1,33	,0688	,0847	375	382	1,67	,42
	11	1,25	1,40	,0645	,0788	472	433	2,10	,48
	12	1,33	1,81	,0617	,0823	525	536	2,33	,59
	13	1,46	2,22	,0629	,0866	565	624	2,51	,69
	14	2,03	2,49	,0711	,0871	695	696	3,09	,77
	15	1,65	2,54	,0613	,0767	655	807	2,91	,90
	16	1,90	2,72	,0592	,0799	782	829	3,47	,92
	17	2,28	2,91	,0618	,0780	899	909	3,99	1,01
	18	2,20	2,89	,0572	,0754	937	934	4,16	1,04
	19	2,66	3,51	,0743	,0928	872	921	3,88	1,02
	20	2,61	3,74	,0686	,0875	972	1041	4,12	1,16
	22	3,20	3,27	,0709	,0899	1099	886	4,89	,98
	23	2,85	4,04	,0712	,0911	975	1080	4,33	1,20

Met behulp van vergelijking van regressielijnen volgens SNEDECOR en COCHRAN (1967) kan worden aangetoond dat de residuen gelijkelijk zijn verdeeld; $P\ (F^{10}_{10} > 2,98) = 0,05$, $F = 1,14$ en dat de regressiekoëfficiënten signifikant verschillen; $P\ (F^{1}_{20} > 9,94) = 0,005$, $F = 31,04$, doch deze verschillen zijn gezien de aard der vraagstelling volslagen onbelangrijk (deviatie 0,050 gram over 10 dagen).

5.3. BLADOPPERVLAK

Gezien de onbetrouwbaarheid van de waarnemingen biedt het weinig perspektief om een schatting van het verloop van het bladoppervlak in de tijd te maken door middel van een regressie-analyse, om hiermee verder te kunnen rekenen naar de NAR. Er wordt daarom volstaan met enige opmerkingen omtrent de vorm die de te schatten kurven moeten hebben in verband met het feit dat er een duidelijk lineair verband tussen LA en W uit het cijfermateriaal naar voren is gekomen (fig. 6). Het bestaan van een lineair verband tussen LA en W betekent dat een exponentieel beginverloop van W (wat in het voorgaande werd verondersteld) moet samengaan met eenzelfde verloop van LA. Als in de beginperiode $W = b\ e^{r\ t}$ en $LA = b'e^{r't}$ geldt $r = r'$ daar anders LA/W (leaf area ratio, LAR) niet konstant is. De formule voor de berekening van de gemiddelde NAR is in dit geval (lineair verband tussen LA en W):

$$\overline{NAR} = \frac{W_2 - W_1}{LA_2 - LA_1} + \frac{\ln LA_2 - \ln LA_1}{t_2 - t_1} \qquad \text{(RADFORD, 1967)}$$

Weliswaar is het waargenomen verloop der bladoppervlakken in de tijd (fig. 7) voor beide plantdichtheden nagenoeg gelijk doch het wordt reeds op de helft van de bemonsteringsperiode zeer onregelmatig. Daarom is, mede gezien de eveneens grote variatie in de drooggewichten, afgezien van toepassing van deze formule.

5.4. OVERIGE INFORMATIE

De gewichtsverdeling van de drogestof over wortels, stengels (inklusief bladstelen en bladsteeljes) en bladschijven is voor beide plantdichtheden weergegeven in t tabel 3.

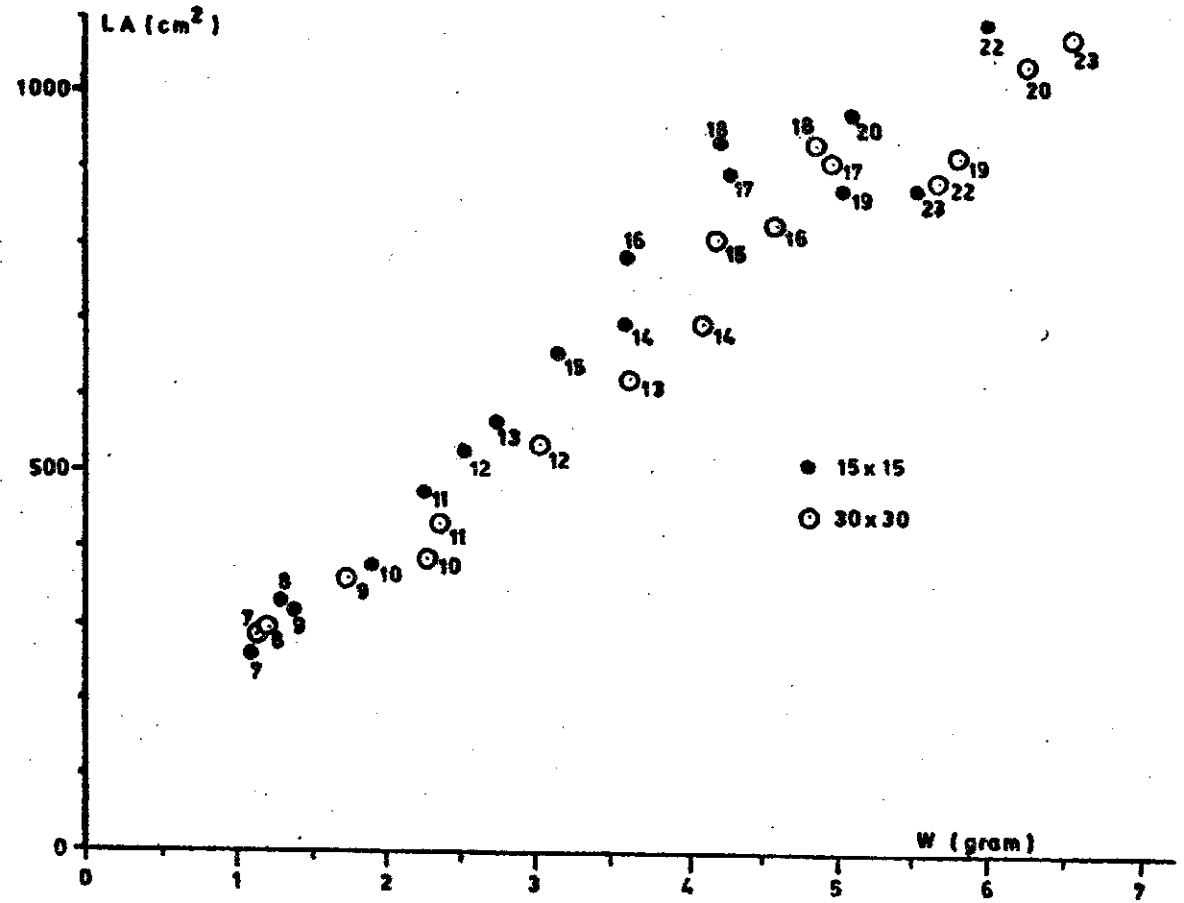

Fig. 6. Verband tussen LA en W. De cijfers bij de meetpunten geven de datum van waarneming weer.

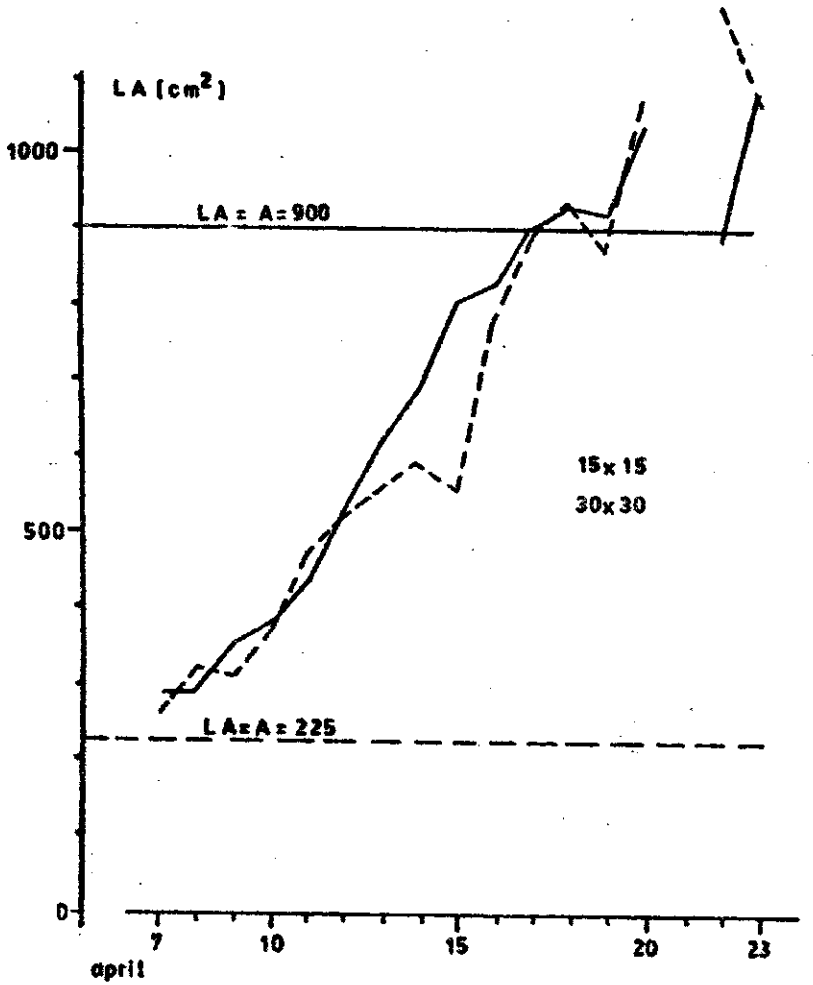

Fig. 7. Bladoppervlak (LA) per plant.

Tabel 3. Procentuele verdeling van het totale drooggewicht

april	wortels		stengels		bladeren	
	15 x 15	30 x 30	15 x 15	30 x 30	15 x 15	30 x 30
7	8,4	9,0	29,9	26,1	61,7	68,5
8	14,2	15,1	28,3	26,9	56,7	57,9
9	16,2	16,3	27,9	24,4	55,9	59,3
10	13,8	16,0	29,8	24,4	56,4	59,1
11	13,5	14,3	30,2	25,1	56,3	60,6
12	14,9	14,4	31,8	25,1	53,6	60,5
13	12,7	12,0	32,8	26,2	54,5	61,8
14	12,6	13,0	31,8	25,6	56,9	61,3
15	13,7	12,6	33,5	26,7	52,7	60,7
16	12,8	13,6	34,4	27,1	53,1	59,4
17	12,2	13,6	34,0	27,2	53,5	59,2
18	12,6	14,4	34,6	26,1	52,5	59,3
19	12,2	11,4	34,5	27,7	53,1	60,8
20	12,2	12,0	34,8	28,2	51,6	59,9
22	11,7	13,5	34,8	28,6	53,5	58,1
23	13,9	11,6	34,3	28,9	51,7	59,5

De sterke stijging van het worteldrooggewicht tussen de zevende en de achtste april berust vermoedelijk op een verschil in nauwkeurigheid bij de bepaling hiervan. Gedurende de periode 8 t/m 11 april gaven de wortels en van 12 t/m 16 april de stengels en de bladstelen en -steeltjes de grootste relatieve groei te zien; daarna bleef de verhouding van de fraktionele drooggewichten vrijwel konstant, te weten:

15 x 15: L : S : R = 53 : 34 : 13

30 x 30: L : S : R = 59 : 28 : 13

waarin L, S en R het drooggewicht aanduiden van resp. de bladeren, stengels (inklusief bladstelen en -steeltjes) en wortels.

Deze uiteenlopende verhoudingen houden vermoedelijk verband met het verschil in habitus tussen de planten bij verschillende plantdichtheden. De planten uit het plantverband 15 x 15 cm waren hoogopgaand en hadden weinig vertakkingen. De planten uit het plantverband 30 x 30 cm bleven laag en vertakten eerder en sterker. M.a.w. bij een grote plantdichtheid kwam relatief veel van het drooggewicht in de stengels terecht.

6. LITERATUUR

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

ERDMAN, J.W., 1971. Productie en verdeling van drogestof bij de cowpea-cultivars Blackeye en African Red onder invloed van de plantdichtheid. CELOS rapporten, 58.

GREGORY, F.G., 1917. Physiological conditions in cucumberhouses. Third Ann. Rep. Exp. Res. Sta. Cheshunt, pp. 19-20.

LOOMIS, R.S. & W.A. WILLIAMS, 1963. Maximum crop productivity: An estimate; Crop Sci., 3: 67-72.

RADFORD, P.J., 1967. Growth analyses formule - Their use and abuse. Crop Sci., 7: 171-175.

SNEDECOR, C.W. & W.G. COCHRAN, 1967. Statistical methods. 6th ed. Iowa State University Press, Ames.

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

ANONYMUS, 1972. Inflorescence initiation, inflorescence differentiation and panicle size in Sorghum bicolor (L.) Moench cv. Martin as affected by spacing (71/6). CELOS bulletins, 16: 9-10.