

NN31545.0669

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

NOTA 669

april 1972

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

PLANTDICHTHEID EN BOLOPBRENGST VAN TULPEN

G.G.M. VAN DER VALK en M.J.C. TIMMER

309914

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op
een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een con-
cluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste
gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn
omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Insti-
tuut in aanmerking.

12 FEB. 1998

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	1
2. LITERATUUR	1
3. PROEFOPZET EN METHODEN	2
4. INVLOED VAN DE PLANTDICHTHEID	4
4.1. Bovengrondse ontwikkeling	4
4.2. Gewasbedekking, -hoogte en -afsterving	8
4.3. Totaal bolgewicht per geoogste plant en sortering	11
4.4. Drogestofproduktie en -distributie	14
4.5. Warmte - en waterhuishouding van de grond	21
5. DISCUSSIE	23
6. SAMENVATTING	26
LITERATUURLIJST	27

1. INLEIDING

Sinds het begin van de zestiger jaren hebben economische ontwikkelingen (met name een sterke stijging van de loonkosten) de mechanisatie van de teelt van bloembollen sterk gestimuleerd. Vooral door de mechanisatie van planten en rooien waren wijzigingen in het plantsysteem gewenst. De consequenties hiervan worden onderzocht op de proeftuinen te Bovenkarspel, Breezand en Ens en gepubliceerd in de desbetreffende jaarverslagen (1).

Bij deze onderzoeken wordt gestreefd naar snelle informatie over een beperkt onderdeel van de produktie-standruimte verhouding.

Een systematisch onderzoek naar de oorzaken van de waargenomen opbrengstverschillen werd in Nederland nog niet uitgevoerd. In 1968 en 1969 werden op het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek een serie proeven opgezet om:

- . meer inzicht te krijgen in de invloed van de standruimte op de groei en produktie;
- . na te gaan in hoeverre het door DE WIT (1965) en RIJTEMA en ENDRÖDI (1970) ontwikkelde model voor de relatie tussen straling en drogestofproduktie als verklaring zou kunnen dienen voor de opbrengstverschillen;
- . om na te gaan of de door TIMMER (1971) gepubliceerde relatie tussen biologische en economische opbrengst bruikbaar zou zijn voor een economische waardering van de gevonden opbrengstverschillen.

Zij werden in 1968/1969 en in 1969/1970 uitgevoerd op de proeftuin van het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek te Lisse.

2. LITERATUUR

In 1969 publiceerden REES en TURQUAND de resultaten van een serie plantdichtheidsproeven met de cultivars 'Apeldoorn' en 'Rose Copland', waarbij bollen met een omtrek van 10 tot 11 cm als plantgoed werden gebruikt.

In navolging van anderen beschreven zij de relatie tussen de plant-

dichtheid d (in bollen per m^2) en het geproduceerde bolgewicht per geogste plant (w) met de empirisch gevonden relatie

$$W^{-1} = A + B d$$

Hierin fungeren A en B als constanten die in hun proeven voor 'Apeldoorn' respectievelijk 0,0109 en 0,00016 en voor 'Rose Copland' respectievelijk 0,0162 en 0,00013 bedroegen. Deze constanten zijn in grootte afhankelijk van een aantal factoren waaronder de cultivarkeuze, de aard en grootte van het uitgangsmateriaal en de groeiomstandigheden. Bovenstaande formule leent zich uitstekend voor vereffening van gevonden verbanden maar vergroot het inzicht niet. Dit was een reden om de produktieverschillen als gevolg van standruimteverschillen op andere wijze te benaderen. Dit werd gedaan met het door DE WIT (1965) ontwikkelde model.

De door DE WIT ontwikkelde berekening van de drogestofproductie van een standaardgewas (volledige grondbedekking, willekeurige oriëntatie van het blad, geen beperking aan de fotosynthese door suikertransport, temperatuur, water- en mineralenvoorziening) werden door RIJTEMA en ENDRÖDI (1970) op grond van onderzoek bij aardappelen aangevuld. Hierbij werd verondersteld dat de ademhalingsverliezen evenredig zijn met de snelheid van de drogestofproductie en werd een correctie van onvolledige bedekking aangebracht. De formule die voor de berekening van de drogestofproductie werd gebruikt was:

$$P = a \cdot S_c \cdot P_{pot}$$

waarin: a = correctiefactor ademhaling
 S_c = geschatte bedekkingspercentage
 P_{pot} = potentiële produktie standaardgewas (De Wit, 1965)

3. PROEFOPZET EN METHODEN

De proeven werden in 1968 en 1969 aangelegd op een oude humushoudende slibarme duinzandgrond met een ontwateringsdiepte die varieerde tussen 40 en 60 cm diepte. Zij werden uitgevoerd met de cultivar 'Lustige Witwe', waarvan de plantmaat 8/9 werd gekozen, omdat gemiddeld de grootste fractie van het plantgoed in de praktijk tot deze sortering behoort. Bij het planten was het bolgewicht respectievelijk 9,2 en 9,9 gram.

In 1968 werden de bollen begin november na ontsmetting in een kwikpreparaat uitgeplant in vierkantsverband op afstanden van respectievelijk 5, 8, 10 of 16 cm in drie herhalingen per object ter grootte van 1,10 x 3,20 meter. Een van de herhalingen werd gebruikt voor periodieke groeimetingen, terwijl van de beide andere periodiek de bedekking en de gewashoogte, en aan het einde van de groeiperiode de bolopbrengst werd bepaald.

In 1969 werd de proef op hetzelfde perceel met dezelfde cultivar en plantmaat herhaald, waarbij aan de genoemde reeks van vierkants verbanden nog een 24 cm object werd toegevoegd. Bovendien werd ook het effect van niet-vierkante plantverbanden oriënterend bij het onderzoek betrokken door aanleg van veldjes met standruimten van 4 x 8, 6 x 12, 8 x 16 en 12 x 24 cm. Ter vergelijking met het effect van de veel toegepaste regelteelt werden bovendien nog vier veldjes geplant op een regelafstand van 18,5 cm en bollen op 2, 3, 4, 8 of 12 cm afstand van elkaar in de regel. Nu werden de bollen voor het planten ontsmet in 0,1% benomyl gedurende 20 minuten.

Vanaf begin april werden met tussenpozen van 14 dagen telkens 10 planten geoogst uit de objecten met vierkants planting, waarna de drogestofverdeling over de plant, het bladoppervlak en de blad- en stengelafmetingen werden bepaald.

In 1969 werd het bladoppervlak nog gemeten door planimetreren van de bladeren. In 1970 mocht gebruik worden gemaakt van een foto-elektrische bladoppervlaktemeter van het Laboratorium voor Tuinbouwplanteteelt te Wageningen.

De drogestofgewichten werden bepaald na drogen gedurende 48 uur bij 80 °C, gevolgd door 105 °C tot constant gewicht in een geventileerde droogstoof. Op dezelfde data werden van het gewas de bedekking, de hoogte en, na de bloei, de mate van afsterving geschat. Nadat was gebleken dat een visuele schatting van de grondbedekking door het gewas vooral bij geringe bedekking zeer onnauwkeurig was, werd een andere methode toegepast. Vanaf een hoogte van circa 1,00 m boven het gewas werd in verticale richting een foto ervan gemaakt met behulp van een kleinbeeldcamera met een 35 mm lens. Nadat van het negatief een afdruk op formaat 13 x 18 was gemaakt, werd door knippen en wegen de verhouding blad-tot-grondoppervlak bepaald. De gewashoogte was gelijk de afstand tussen het maaiveld en een vlak door de gemiddelde tophoogte van het bovenste blad.

De afsterving van het gewas werd op het oog geschat als het percentage geel en afgestorven bladoppervlak

De bollen werden op 26 juni 1969 en 6 juli 1970 geoogst, tegelijk met de stengels en bladeren van 20 planten waarvan het drogestofgewicht werd gemeten. Het bolgewicht en de grootteverdeling van de bollen werden omstreeks half augustus bepaald.

Alleen in 1969 werden temperatuurmetingen verricht tussen het gewas en op verschillende diepte beneden het maaiveld bij verschillende objecten, omdat het gewas de warmtebalans aan het bodemoppervlak sterk beïnvloedt. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een 12-punts millivolt-schrijver met automatische 0-punts compensatie en koper-constantaan thermokoppels. Ter controle op eventuele vochtverschillen in de bodem van objecten werd iedere 14 dagen het bodemprofiel tot circa 50 cm diepte bemonsterd, waarna het vochtgehalte werd bepaald.

Regenval en straling werden vanaf 1970 gemeten op het meteorologisch waarnemingsstation van het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek.

4. INVLOED VAN DE PLANTDICHTHEID

4.1. Bovengrondse ontwikkeling

Een wijziging van de standruimte van een plant veroorzaakt in een gewas veranderingen in een heel complex van milieu-eigenschappen. Hierop reageert de plant vaak met morfologische veranderingen van vooral de bovengrondse plantedelen (DONALD, 1963).

Uit onderzoek met tulpen in Engeland bleek dat het bladoppervlak per plant onafhankelijk was van de plantdichtheid, doch dat de stengel-lengte bij een grotere plantdichtheid toenam (REES en TURQUAND, 1969). Uit bladoppervlaktemetingen in onze proeven bleek dat het bladoppervlak vanaf de opkomst toenam en omstreeks half mei een maximum oppervlak bereikte. De teruggang van het bladoppervlak daarna is afhankelijk van een aantal factoren, maar begon in de proeven eerst na half juni (tabel 1). Overeenkomstig de waarnemingen van REES en TURQUAND kon ook in onze proeven, ofschoon uitgevoerd met een andere cultivar en kleinere plantmaat, ook geen duidelijk effect van de plantdichtheid op het bladoppervlak worden waargenomen. Wel bleek dat het blad bij toenemende plantdichtheid minder stevig werd en dat zowel het vers gewicht als het drogestofgewicht van het blad per eenheid van oppervlak afnam.

Tabel 1 A. Ontwikkeling van bladoppervlak, L.A.I. en bedekkingspercentage in plantafstandenproeven in 1968/1969 met 'Lustige Witwe' z. 8-9

Standruimte in cm ²	cm ² bladopp./plant			'leaf area index'			bedekkingspercentage								
	5 ²	8 ²	10 ²	12 ²	16 ²	5 ²	8 ²	10 ²	12 ²	16 ²					
Datum															
17/4	168	153	138	134	149	6,7	2,4	1,4	0,9	0,6	97	71	60	43	25
1/5	214	199	185	158	203	8,6	3,1	1,9	1,1	0,8	98	87	74	51	34
16/5	259	250	233	209	244	10,3	3,9	2,3	1,5	0,9	100	97	82	65	41
28/5	212	247	228	236	238	8,5	3,9	2,3	1,6	0,9	100	97	79	62	38
12/6	214	242	251	216	206	8,6	3,8	2,5	1,5	0,8	100	94	80	60	35

Tabel 1 B. Ontwikkeling van bladoppervlak, L.A.I. en bedekkingspercentage in plantafstandenproeven in 1969/1970 met 'Lustige Witwe' z. 8-9

Standruimte 2 in cm	cm ² bladopp./plant				'leaf area index'				bedekkingspercentage									
	5 ²	8 ²	10 ²	12 ²	16 ²	24 ²	5 ²	8 ²	10 ²	12 ²	16 ²	24 ²	5 ²	8 ²	10 ²	12 ²	16 ²	24 ²
Datum																		
6/4	60	68	66	67	66	62	2,41	1,06	0,66	0,46	0,26	0,11	53	24	15	10	5	3
20/4	111	117	124	111	107	102	4,43	1,83	1,24	0,77	0,42	0,18	90	61	38	28	17	8
4/5	175	155	158	167	159	144	6,98	2,43	1,58	1,16	0,62	0,25	100	82	64	46	29	13
19/5	192	190	179	196	198	166	7,68	2,97	1,79	1,36	0,77	0,29	100	96	72	50	30	14
1/6	189	191	190	199	190	178	7,56	2,98	1,90	1,38	0,74	0,31	95	90	70	49	29	14
15/6	174	203	183	197	202	186	6,98	3,17	1,83	1,37	0,79	0,32	100	88	66	46	24	11

Tabel 1 C. Ontwikkeling van de L.A.I. en van het bedekkingpercentage van tulpen 'Lustige Witwe' z. 8-9 bij niet-vierkante plantverbanden in 1969/1970

Datum	Bladoppervl. in cm ² /plant	'leaf area index'			bedekkingpercentage				
		4x8	6x12	8x16	12x24	4x8	6x12	8x16	12x24
6/4	65	2,03	0,90	0,51	0,23	42	20	11	6
20/4	112	3,50	1,55	0,88	0,39	81	49	30	14
4/5	160	5,00	2,22	1,25	0,56	100	75	55	22
19/5	187	5,83	2,59	1,46	0,65	100	88	51	26
1/6	189	5,90	2,62	1,48	0,66	93	84	53	26
15/6	191	5,97	2,64	1,49	0,66	100	87	48	25

6/4	65	2,3x18,5	4x18,5	8x18,5	22x18,5	2,3x18,5	4x18,5	8x18,5	22x18,5
20/4	112	1,52	0,88	0,44	0,16	29	22	11	7
4/5	160	2,62	1,52	0,76	0,28	65	50	28	18
19/5	187	3,74	2,17	1,09	0,39	89	81	47	32
1/6	189	4,36	2,53	1,27	0,46	89	76	51	34
15/6	191	4,42	2,56	1,28	0,46	89	83	42	32
		4,47	2,58	1,29	0,47	94	86	41	27

In tabel 2 illustreren de drogestofgewichten voor twee data deze waarneming. Terwijl dus het bladoppervlak niet samenhangt met de plantdichtheid, neemt het bladgewicht duidelijk toe bij afnemende plantdichtheid.

Tabel 2. Drooggewicht van tulpenblad in gram dm^2 omstreeks eind mei

Planten per m^2	1 juni 1969	28 mei 1970
400	0,562	0,657
156	0,701	0,737
100	0,816	0,771
70	0,834	0,806
39	0,899	0,863
17	-	0,891

De bladvorm werd in zoverre gewijzigd dat de lengte-breedte verhouding afnam in het traject van 400 naar 100 planten per m^2 van 2,8 tot 2,3 voor het onderste blad. Dit treedt ook op bij verlaging van de lichtintensiteit (WASSINK, 1965).

Het middelste en vooral het onderste blad hadden op het oog een duidelijk stijlere stand naarmate, vanaf een plantafstand van 24 cm, de standruimte kleiner werd. Hierover werden echter geen gegevens verzameld.

De stengellengte gemeten vanaf de bolbodem tot de onderzijde van de bloem nam met de plantdichtheid toe voorzover deze groter was dan 70 planten per m^2 . Het drooggewicht nam in tegenstelling daarmee juist af. Voor twee data na de bloei zijn deze gemiddelde lengten en gewichten in tabel 3 gegeven.

Tabel 3. Gemiddelde stengellengte en stengelgewicht van tulpen 'Lustige Witwe' z. 8-9 bij verschillende plantdichtheden, voor twee tijdstippen na de bloei

Planten/ m^2	Stengellengte in cm		Stengelgewicht in gram drogestof per plant	
	1969	1970	1969	1970
400	46,1	49,3	1,14	1,08
156	39,9	42,1	1,53	1,36
100	35,7	41,6	1,62	1,38
70	34,8	39,9	1,71	1,56
39	35,2	39,1	1,60	1,60
17		35,8		1,46

Alhoewel de tendens in de standdichtheidsinvloed op blad- en stengelontwikkeling in beide jaren dezelfde waren, valt het op dat er tussen beide jaren duidelijke verschillen zijn in het niveau van bladoppervlak en -gewicht en van stengellengte en -gewicht. In 1970 was het bladoppervlak na de bloei gemiddeld 191 cm^2 per plant of circa 40 cm^2 lager dan in 1969, de stengellengte daarentegen 3 à 5 cm groter. Deze verschillen zijn niet het gevolg van de plantmaat, maar moeten worden geweten aan andere eigenschappen van het plantmateriaal of aan de groei-omstandigheden tussen planten en de bloei.

4.2. Gewasbedekking, -hoogte en -afsterving

De mate van grondbedekking door het gewas nam toe tot omstreeks half mei en toonde daarna een lichte daling. Dit blijkt uit fig. 1, waar de ontwikkeling van het bedekkingspercentage voor beide jaren is gegeven.

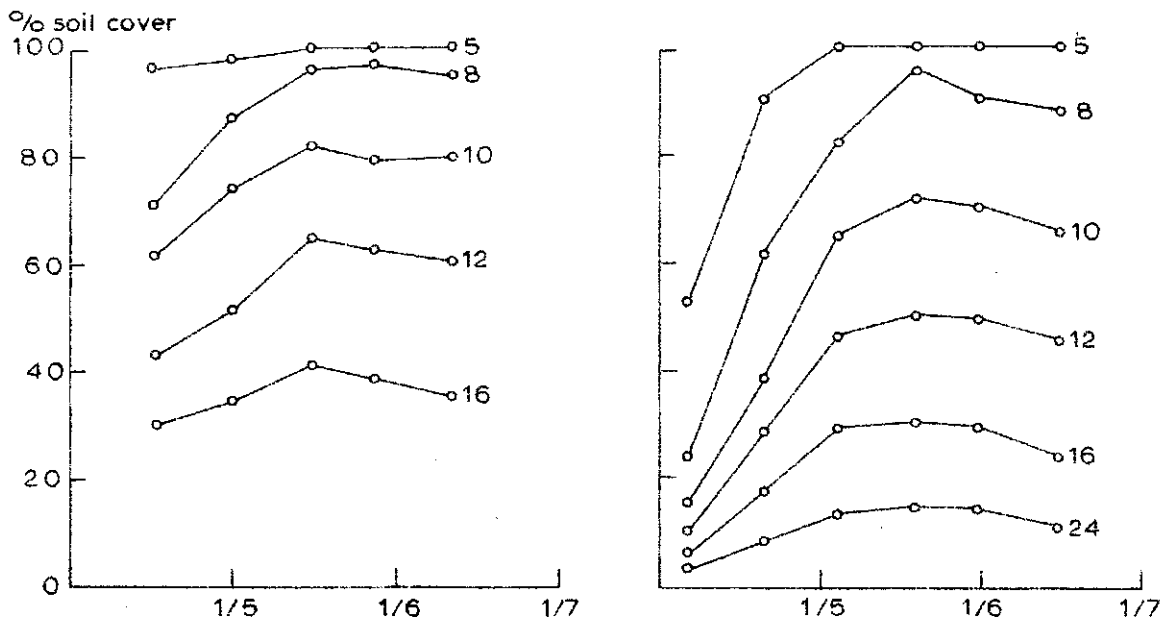


Fig. 1. Ontwikkeling van de bodembedekking door tulpen c.v. 'Lustige Witwe' plantmaat 8-9 cm, bij een aantal plantdichtheden in 1969 (l) en 1970 (r)

Bij vergelijkbare plantdichtheden was de maximaal bereikte bedekking in 1970 kleiner dan in 1969, wat te verwachten was op grond van het kleinere bladoppervlak per plant. Tussen het bladoppervlak per eenheid van grondoppervlak, de zogenaamde Leaf Area Index (L.A.I.) en de gemeten bedekkingspercentages bleek een nauw verband te bestaan (fig. 2).

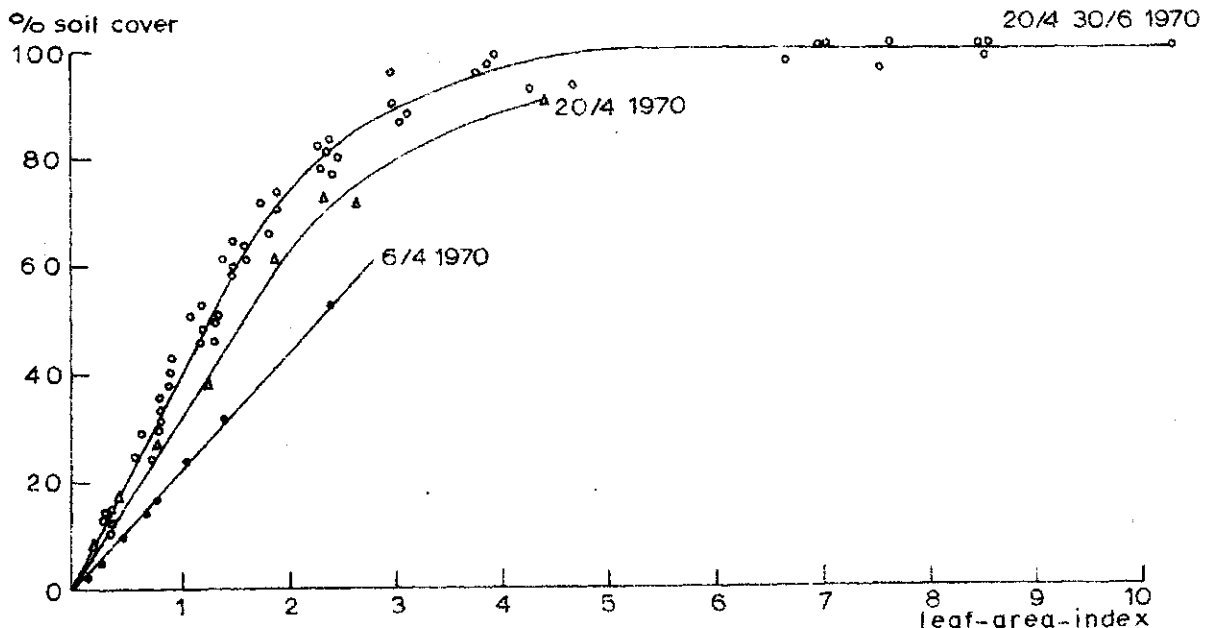


Fig. 2. Betrekking tussen de Leaf Area Index en het percentage bodembedekking van tulpen c.v. 'Lustige Witwe' z. 8-9
a. van opkomst tot ca. 6 april; b. van 6 april tot 20 april; c. van 20 april tot eind juni

De gegevens van beide jaren, verzameld na circa 1 mei, tonen een lineair verband tot een L.A.I. van 2,5. Daarboven neemt de helling af om bij een L.A.I. van 5 een 100% bedekking te bereiken. De gegevens van vóór 1 mei hebben een afwijkende helling omdat in die periode de bladeren zich ontvouwen en een vlakkere positie gaan innemen.

De betrekking tussen plantdichtheid en bedekking is mede afhankelijk van de toegepaste standruimte verhoudingen. Met name

bij hoge plantdichtheden en zeer ongelijke standruimte verhoudingen zal de bedekking bij vergelijkbare plantdichtheden geringer zijn dan bij planting in vierkants verband. In de proeven waren de afwijkingen in bedekking tussen vierkants- en rechthoeksplanting echter gering en circa 5% bij het object 2,3 x 18,5 cm (fig. 3).

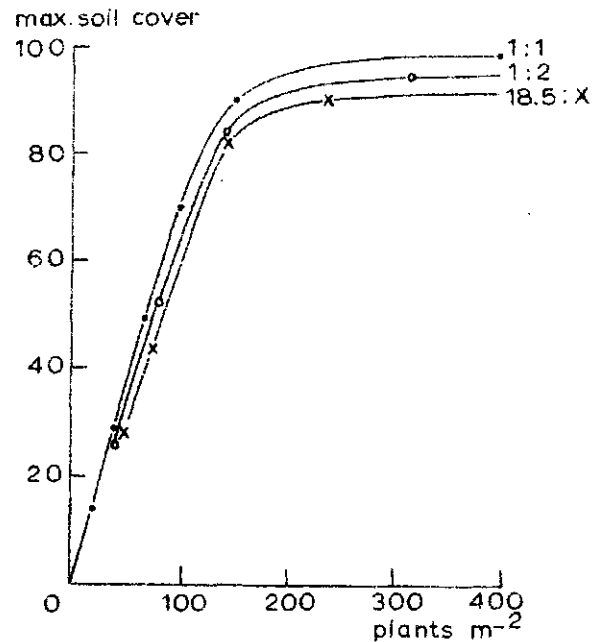


Fig. 3. Invloed van de lengte-breedte verhouding van standruimte op de relatie tussen Leaf Area Index en bodembedekking

De duur van de periode waarin groei plaatsvindt, is afhankelijk van het tijdstip waarop de afsterving begint en vermoedelijk ook van de wijze waarop het afstervingsproces verloopt. In 1969 waren er geen verschillen in dit opzicht tussen de objecten en was op de rooidatum (27 juni) circa 50% van het bladoppervlak geel of afgestorven.

In 1970 daarentegen begon de afsterving vroeger en ontwikkelde zich sneller naarmate een ruimer plantverband was toegepast (fig. 4).

De gewashoogte was afhankelijk van de plantdichtheid. Bij dichtere planting nam de gewashoogte duidelijk toe als gevolg van de sterkere stengelstrekking (tabel 4). Hoogteverschillen waren al kort na opkomst in het begin van april aanwezig.

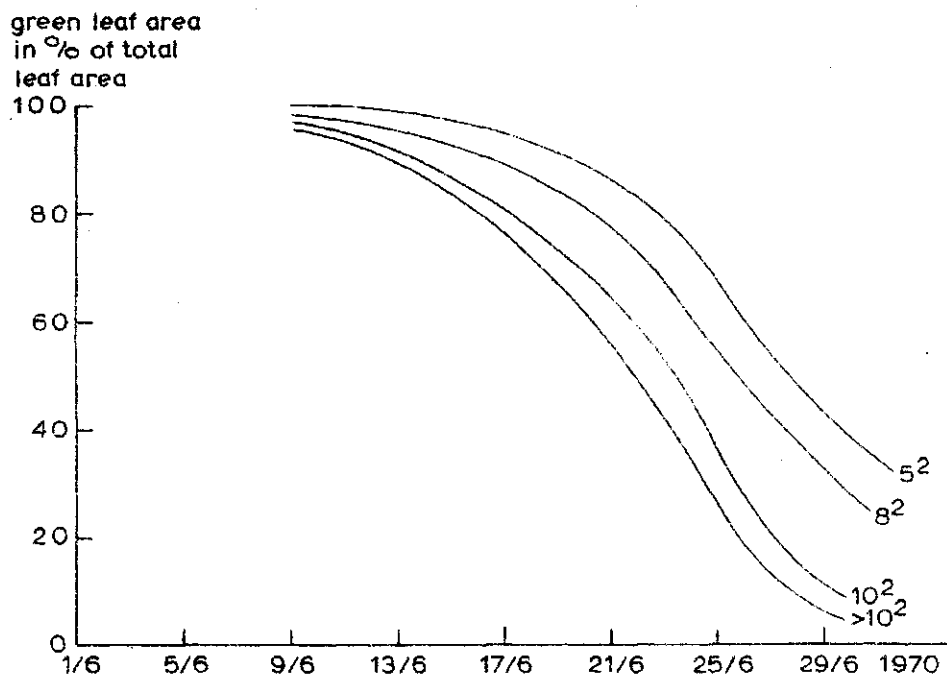


Fig. 4. De vroegheid van bladafsterving van tulpen als gevolg van verschillen in plantdichtheid van tulpen in 1970

Tabel 4. Gewashoogte in cm in een standruimteproef met tulpen c.v. 'Lustige Witwe' z. 8-9

Standplaats	1969		1970				
	17/4	1/5	1/4	27/4	4/5	19/5	1/6
5 x 5	15	28	7	22	30	36	36
8 x 8	10	25	5	15	27	29	30
10 x 10	9	22	5	14	24	28	28
12 x 12	6	20	5	13	22	28	28
16 x 16	6	20	5	12	20	26	26
24 x 24	-	-	-	12	18	25	25

4.3. Totaal bolgewicht per geoogste plant en sortering

Bij de oogst op 6-7-1970 bleek een aantal bollen te zijn aangetast door *Fusarium exysporum* f. *tulipae* ('zuur'). Om verspreiding van de ziekte tijdens de bewaring te voorkomen, werden planten met aangetaste bollen niet meegeogst. Het percentage aangetaste bollen

bij de oogst en de verwerking nam duidelijk toe naarmate de standruimte groter was. Voor een belangrijk deel moet dit worden toegeschreven aan het late oogsttijdstip en aan verschillen in afrijpingsstadium van de bollen op het moment van de oogst. Voor deze verliezen werden de opbrengstcijfers gecorrigeerd. De bolopbrengsten van beide jaren zijn in tabel 5 gegeven.

Tabel 5. Opbrengst bij verschillende standruimte van tulpen 'Lustige Witwe' in 1969 en 1970

Standruimte 1:2	Opbrengst per plant	Regel- afstand 18,5 cm	Opbrengst per plant	Standruimte 1:1	Opbrengst per plant 1969	Opbrengst per plant 1970
312/m ²	18,4 gr	235/m ²	18,8	400/m ²	14,14	14,90
139/m ²	23,7 gr	135/m ²	22,7	156/m ²	25,14	23,30
78/m ²	26,6 gr	68/m ²	29,3	100/m ²	30,15	28,40
35/m ²	33,9 gr	45/m ²	36,5	69/m ²	34,60	30,30
				39/m ²	38,82	36,90
				17/m ²	-	40,80

In fig. 5a is het verband weergegeven tussen plantdichtheid en de oogst per eenheid van bodemoppervlak. In dezelfde figuur is ook de relatie tussen plantdichtheid en opbrengst per plant weergegeven.

Het is bekend dat de relatie tussen het totaalgewicht per geoogste plant en de grootteverdeling van de bollen in de oogst in proeven vrijwel steeds onafhankelijk is van de toegepaste behandelingen. Met name geldt dit voor de plantmaat, de plantdichtheid, de groeiduurtijd en de grondsoort (VAN DER VALK en SCHONEVELD, 1964; TIMMER, 1971).

Dit houdt derhalve in dat het bolgewicht berekend per geoogste plant als criterium voor het effect van de behandeling centraal staat en dat de grootteverdeling hiervan een afgeleide is. De opbrengst- en sorteringgegevens werden verwerkt in figuur 5 b, waarin de lijnen met de hand door de punten werden getrokken. Door combinatie van de figuren 5a en 5b kan de consequentie van de plantdichtheidsverandering via een verandering in het bolgewicht per geoogste plant voor de drie maten van het geoogste aantal leverbaar (>12, 11-12, 10-11 cm) en de geoogste hoeveelheid plantgoed worden berekend. Deze wijze van berekenen heeft als voordeel, dat toevallige afwijkingen, die vooral als gevolg van de bepaling van de grootteverdeling (sortering) zeer groot kunnen

zijn, kunnen worden vereffend. Over 1970 zijn met behulp van de figuren 5a en 5b de opbrengsten aan leverbaar en plantgoed per m² berekend en weergegeven in tabel 6.

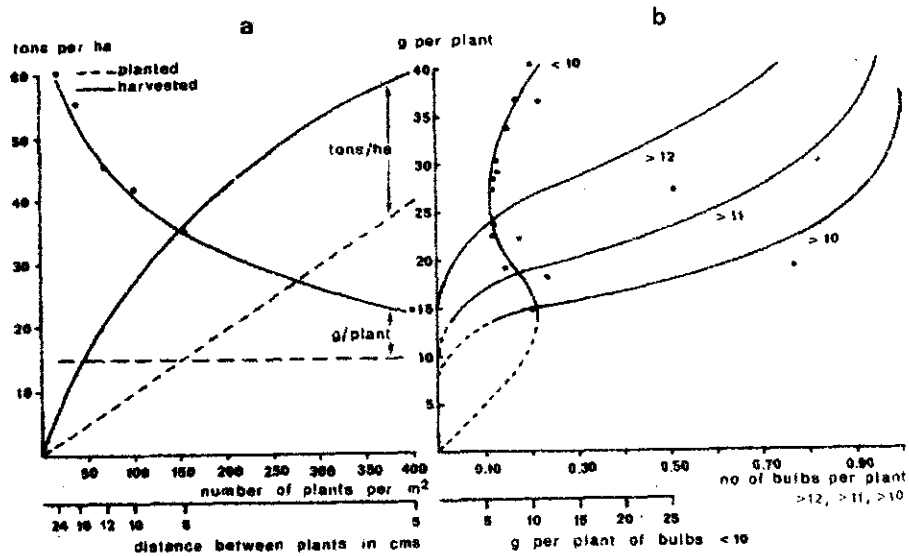


Fig. 5. Reactie van de bolproductie per oppervlakte-eenheid en per plant op de plantdichtheid, alsmede de relatie tussen bolopbrengst per plant en de te verwachten grootteverdeling van leverbare bollen in de oogst

Tabel 6. Opbrengst van tulpen 'Lustige Witwe', plantmaat z. 8-9, bij verschillende plantdichtheden in 1970

Plantdichtheid in planten/m ²	Gewicht < 10 per m ² in gr.	Aantal per m ²		
		10/11	11/12	12/0p
17	190	1	3	13
39	336	3	12	24
69	414	13	28	26
100	570	22	43	30
156	936	50	64	14
200	1440	72	60	10
250	2130	100	42	6
300	2910	103	29	3
400	4200	64	20	0

Uit deze tabel blijkt de grootste maximale produktie van 10-11 cm en groter te worden gevonden bij een plantdichtheid van 250 planten per m², het grootste aantal 12 en groter bij een plant-

dichtheid van 100 planten per m^2 en de grootste hoeveelheid gepogst plantgoed (10) bij een dichtheid van 400 bollen per m^2 . De economisch optimale plantdichtheid wordt mede bepaald door de prijsverhoudingen van de ziftmaten en het plantgoed en van de afhankelijkheid tussen kostenpeil en de plantdichtheid (DE VROOMEN, 1972). Uit fig. 5a blijkt dat de totale opbrengst in kg/ha ook bij de hoogst toegepaste plantdichtheden nog toeneemt. Verlaging van de aanwas (oogstgewicht minus plantgewicht) bij groter wordende dichtheden, als geconstateerd door REES en TURQUAND (1969) kon hier nauwelijks worden waargenomen.

4.4. Drogestofproductie en -distributie

Periodiek werd de drogestofproductie per plant bepaald om daaraan de berekende waarden voor de netto-fotosynthese te kunnen toetsen. Deze metingen werden voor een aantal plantdelen afzonderlijk uitgevoerd om te onderzoeken in hoeverre de standruimte de distributie van drogestof over de plant beïnvloedt. Bij alle metingen bleef het wortelstelsel buiten beschouwing. Daar de wortelontwikkeling omstreeks half april vrijwel voltooid is, mag de invloed hiervan op de drogestofbalans in de beschouwde perioden worden verwaarloosd (VAN DER VALK en DE HAAN, 1969).

Uit de tabellen 7 en 8 en uit fig. 6 blijkt dat het drooggewicht van de oude bol omstreeks half april reeds tot een kwart van haar begingewicht was verminderd en na half mei vrijwel niet meer afnam. In het algemeen was er geen verband tussen de gewichtsafname en de plantdichtheid, met uitzondering van de kleinst toegepaste standruimte (25 cm^2) waar de gewichtsafname vanaf begin mei duidelijk sterker was in beide jaren.

Het drooggewicht van bladeren en stengel nam in de periode half mei - begin juni toe, om vervolgens geleidelijk te dalen. In 1969 was er tot half mei geen invloed van de plantdichtheid op het drooggewicht, maar na half mei stopte de gewichtstoename bij standruimten kleiner dan 100 cm^2 , doch ging tot eind mei door in de wijder beplante objecten (fig. 6)

Tabel 7. Drogestofgewichten van tulpen cv. 'Lustige Witwe' z. 8-9
in een standruimteproef in 1968/1969. Drooggewichten in
gram per plant

Plantverband		Oude bol	Nieuwe bol	Blad+ stengel+ bloem	Totaal	Totaal ² per m ² in gram	Berekende opbrengst in gr/m ²
Plantgewicht 5x5 (400 st/m ²)	15/11	4,01	-	-	4,01	1604	
	17/4	1,06	0,44	1,81	3,31	1324	1324*
	1/5	0,51	0,54	3,06	4,11	1644	1627
	16/5	0,36	1,21	3,12	4,69	1876	1977
	28/5	0,26	2,15	2,71	5,12	2048	2282
	12/6	0,26	5,40?	2,53	8,19	3276	2726
	27/6	0,23	5,73	2,17	8,13	3252	3124
8x8 (156 st/m ²)	15/11	4,01	-	-	4,01	625	
	17/4	0,95	0,49	1,62	3,06	477	477
	1/5	0,67	0,84	2,69	4,20	655	724
	16/5	0,38	2,53	4,45	7,36	1148	1049
	28/5	0,34	4,06	3,66	8,06	1257	1345
	12/6	0,33	6,27	3,55	10,15	1583	1763
	27/6	0,30	9,40	2,72	12,42	1938	2161
10x10 (100 st/m ²)	15/11	4,01	-	-	4,01	401	
	17/4	1,02	0,48	1,49	2,99	299	299*
	1/5	0,62	1,16	2,78	4,56	456	511
	16/5	0,48	3,59	3,83	7,90	790	787
	28/5	0,33	6,43	4,02	10,78	1078	1031
	12/6	0,34	9,19	3,81	13,34	1334	1376
	27/6	0,29	12,57	2,78	15,64	1564	1704
12x12 (70 st/m ²)	15/11	4,01	-	-	4,01	281	
	17/4	1,18	0,48	1,54	3,20	224	224*
	1/5	0,81	1,36	2,90	5,07	355	371
	16/5	0,45	3,52	3,29	7,26	508	576
	28/5	0,36	7,59	4,07	12,02	841	765
	12/6	0,32	11,03	2,94	14,29	1000	1032
	27/6	0,29	13,62	2,71	16,62	1163	1287
16x16 (39 st/m ²)	15/11	4,01	-	-	4,01	157	
	17/4	1,22	0,65	1,62	3,49	136	136*
	1/5	0,84	2,02	3,18	6,04	236	272
	16/5	0,44	5,19	4,11	9,74	380	406
	28/5	0,50	8,82	4,46	13,78	537	522
	12/6	0,28	11,66	3,45	15,39	600	686
	27/6	0,29	15,70	3,23	19,52	750	842

Tabel 8. Drooggewichten van tulpen cv. 'Lustige Witwe' z. 8-9 met vierkantsplanting in een standruimteproef in 1969/1970. Drooggewicht in gram per plant

Plantverband		Oude bol	Nieuwe bol	Blad + stengel + bloem	Totaal	Totaal per m ² in gram	Berekende opbrengst in gr/m ²
5x 5	15/11	-	-	-	3,86	1540	-
	6/4	1,37	0,13	0,73	2,24	896	896*
	20/4	0,91	0,29	1,21	2,41	964	1093
	4/5	0,37	0,37	2,06	2,81	1124	1392
	19/5	0,38	1,30	2,94	4,62	1848	1787
	1/6	0,32	2,39	2,36	5,97	2028	2118
	15/6	0,26	4,29	2,32	6,87	2748	2539
	6/7	0,22	6,28	1,50	8,00	3024	2905
8x8	15/11	-	-	-	3,86	602	-
	6/4	1,38	0,13	0,81	2,32	362	362*
	20/4	0,96	0,44	1,28	2,68	418	479
	4/5	0,63	0,96	2,29	3,88	605	706
	19/5	0,47	2,70	3,48	6,65	1037	1058
	1/6	0,40	3,67	2,97	7,04	1098	1370
	15/6	0,34	8,20	2,99	11,53	1799	1752
	6/7	0,30	9,82	2,02	12,14	1894	2045
10x10	15/11	-	-	-	3,86	386	-
	6/4	1,30	0,13	0,65	2,09	209	209*
	20/4	0,96	0,45	1,30	2,70	270	298
	4/5	0,68	1,18	2,46	4,32	432	459
	19/5	0,46	3,27	3,37	7,10	710	728
	1/6	0,41	6,45	3,28	10,14	1014	968
	15/6	0,39	9,36	2,86	12,61	1261	1260
	6/7	0,35	11,98	2,35	14,68	1468	1451
12x12	15/11	-	-	-	3,86	269	-
	6/4	1,30	0,10	0,74	2,14	149	149*
	20/4	0,89	0,34	1,19	2,43	170	201
	4/5	0,68	1,38	2,78	4,83	337	318
	19/5	0,52	4,05	4,01	8,58	600	508
	1/6	0,47	7,64	3,65	11,76	823	677
	15/6	0,44	11,28	3,38	15,10	1057	883
	6/7	0,40	12,78	2,53	15,71	1099	1004
16x16	15/11	-	-	-	3,86	151	-
	6/4	1,32	0,13	0,74	2,18	84	84
	20/4	0,96	0,34	1,32	2,62	101	114
	4/5	0,54	1,37	2,48	4,38	171	186
	19/5	0,47	4,59	4,04	9,10	355	305
	1/6	0,46	7,13	3,56	12,15	474	406
	15/6	0,41	13,52	3,53	17,46	681	522
	6/7	0,37	15,59	2,33	18,29	713	597
24x24	15/11	-	-	-	3,86	66	-
	6/4	1,44	0,12	0,67	2,23	39	39
	20/4	1,05	0,46	1,06	2,57	45	55
	4/5	0,62	1,44	2,23	4,28	74	90
	19/5	0,48	4,55	3,35	8,38	142	145
	1/6	0,48	9,41	3,45	13,34	227	192
	15/6	0,41	13,69	3,26	17,36	290	248
	6/7	0,37	17,20	2,52	20,09	342	294

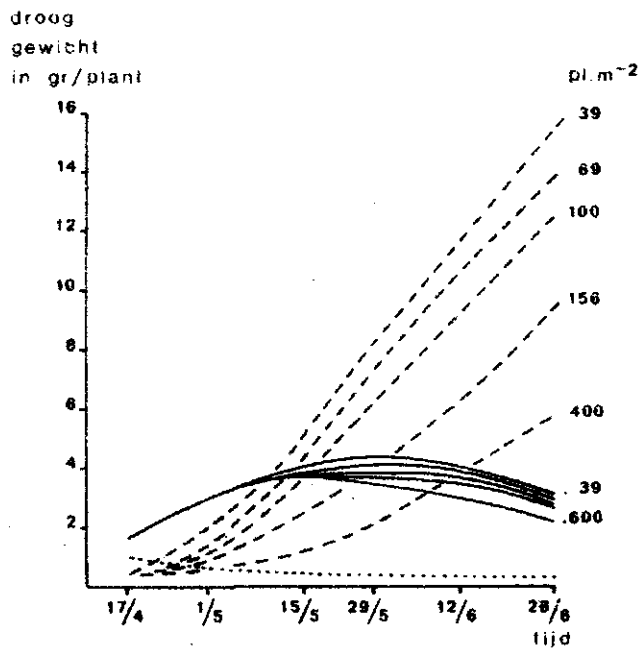


Fig. 6. Verdeling van de drogestof in tulpen over bladeren en stengel (—), de moederbol (---) en de nieuwe bollen (....) voor een reeks plantdichtheden tussen 39 en 400 planten per m².

De gemeten en berekende drogestofproduktie op verschillende tijdstippen bij verschillende standdichtheden in 1969 en 1970 is in de figuren 8a en 8b weergegeven.

In 1969 werd gebruik gemaakt van door het K.N.M.I. op de waarnemingsstations te Vlissingen en Den Helder verzamelde stralingsgegevens. In 1970 werd de globale straling H_{sh} te Lisse gemeten met behulp van een Kipp's solarimeter en integrerende mV-meter (tabel 9).

Tabel 9. Gemiddelde dagelijkse straling in cal. cm⁻² dag⁻¹

Meetplaats	Periode 1969					
	1/4-17/4	17/4-1/5	1/5-16/5	16/5-28/5	28/5-12/6	12/6-27/6
Vlissingen-Den Helder	362	372	385	427	534	473
	Periode 1970					
	6/4-20/4	20/4-4/5	4/5-19/5	19/5-1/6	1/6-15/6	15/6-29/6
Lisse	302	377	483	448	602	510

DE WIT berekende voor zijn standaardgewas de drogestofproductie voor heldere dagen (P_{cl}) en voor bewolkte dagen (P_o), aannemende dat de luchtintensiteit op bewolkte dagen slechts 20% zou bedragen van die op heldere dagen (H_{cl}) (1965). Deze straling op heldere dagen en de bijbehorende produkties zijn in figuur 7 weergegeven voor 52^0 NB. Met de gemeten straling waarvan wordt aangenomen dat 50% fotosynthetisch actief is, werden over 14-daagse balansperioden nu de fracties aan heldere dagen (F) en bewolkte dagen (1-F) berekend met de formule

$$F = \frac{H_{cl} - H_a}{0,8 H_{cl}} \quad (H_a = 0,5 H_{sh})$$

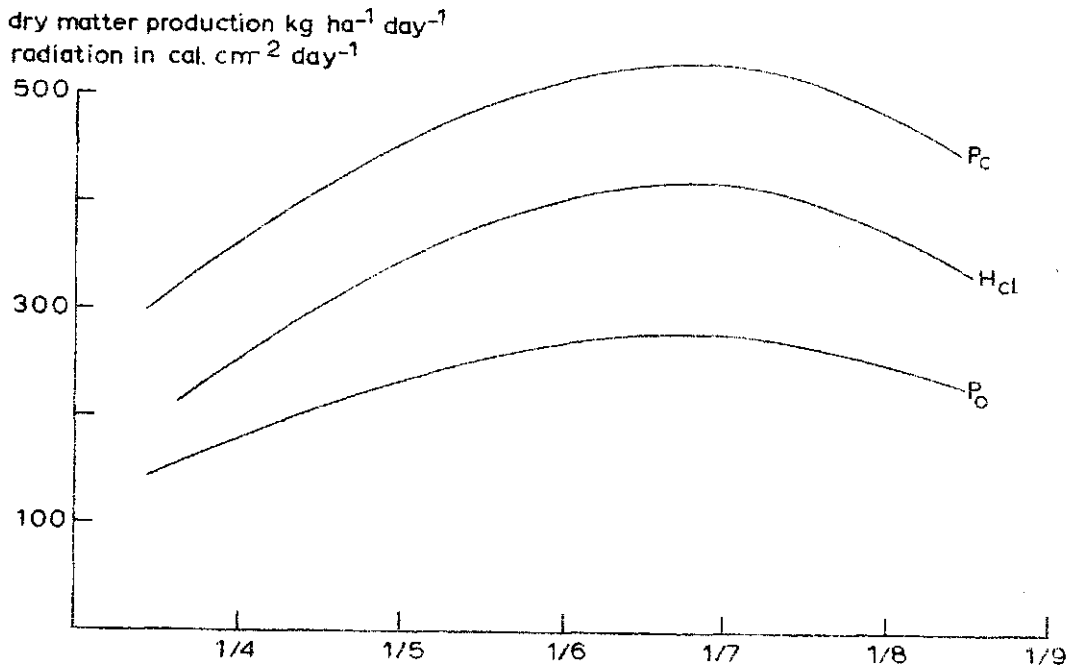


Fig. 7. Dagsom van de fotosynthetisch actieve straling (400 - 700 mm) op zeer heldere dagen (H_{cl}) en de fotosynthese snelheid op zeer heldere en op bewolkte dagen voor een standaardgewas (DE WIT, 1965)

De gemiddelde potentiële dagproductie aan drogestof kan dan worden berekend als

$$P_{pot} = F \cdot P_c + (1 - F) P_o$$

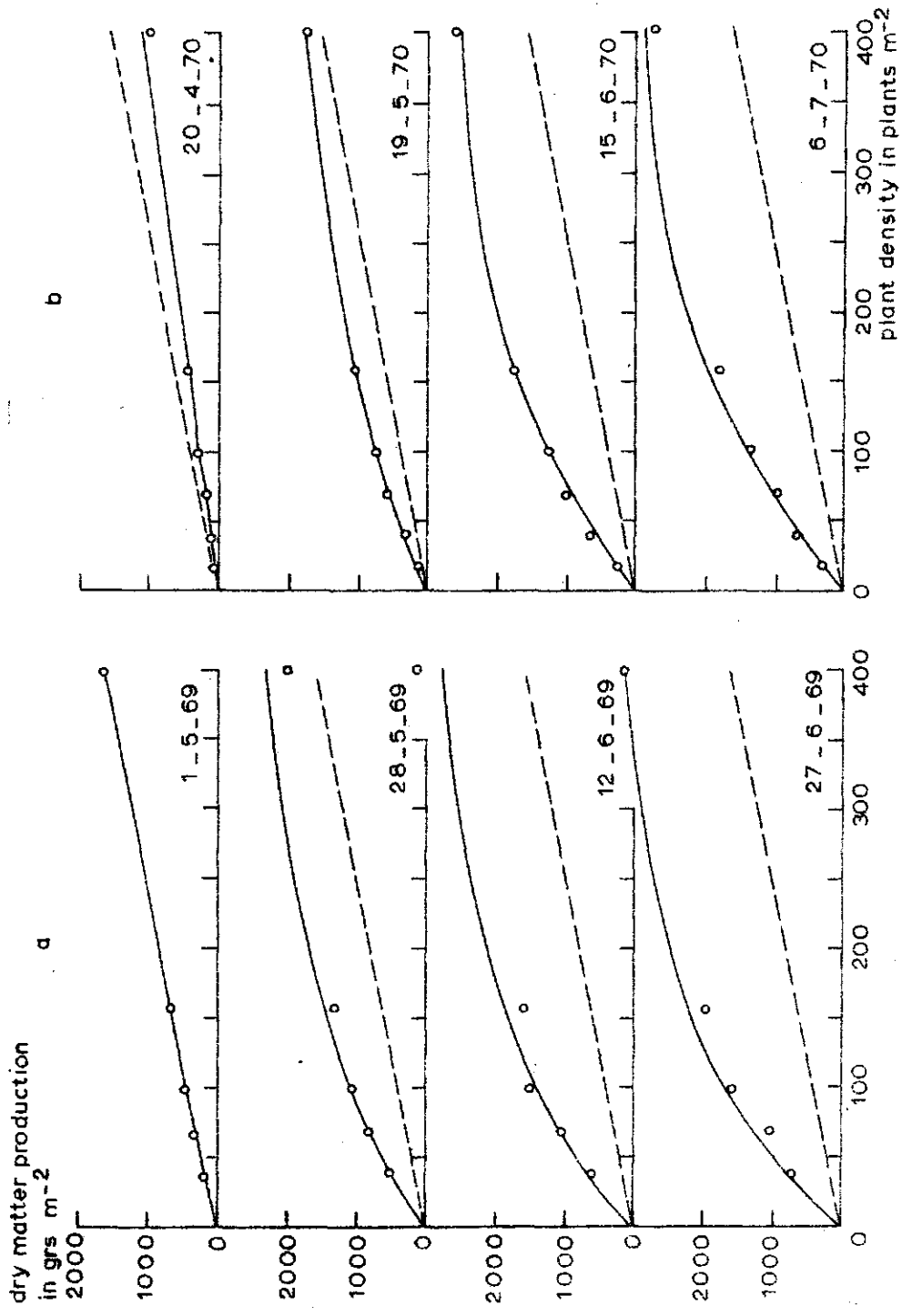


Fig. 8. Invloed van de plantdichtheid op de drogestofproductie van tulpen voor proeven in 1969 (a) en 1970 (b). De getrokken lijnen geven de berekende en de punten de gemeten opbrengst. Drooggewicht bij het planten is gegeven in de onderbroken lijn

Per balansperiode van 2 weken werd met formule $P = a \cdot S_a \cdot P_{pot}$ de werkelijke produktie berekend, waarbij als parameter voor de bedekking (S_a) het gemiddelde bedekkingspercentage over die periode werd gebruikt en de efficiëncy van de fotosynthese (a) werd geschat op 70%. Als einde van de groeiperiode werd het tijdstip aangemerkt waarop 50% van het blad was afgestorven. In 1969 viel dit tijdstip voor alle objecten samen met de oogst, maar in 1970 werd het voor ieder object grafisch bepaald uit het afstervingsverloop (fig. 4).

De totaal berekende produktie, zoals vermeld in de tabellen 6 en 7 en de figuren 8a en 8b, werd verkregen door de berekende produkties van de balansperioden op te tellen bij de gemeten drogestofhoeveelheid aan het begin van de groeiperiode.

De overeenstemming tussen de gemeten en berekende opbrengsten was goed, mede gezien het geringe aantal planten dat bij de periodieke rooiingen werd gebruikt. Voor de eindoogst van de vierkante en niet-vierkante plantverbanden, van beide jaren, kon de relatie tussen gemeten en berekende drogestofopbrengst worden weergegeven door de vergelijking $Y = 1,01 X$ (fig. 9).

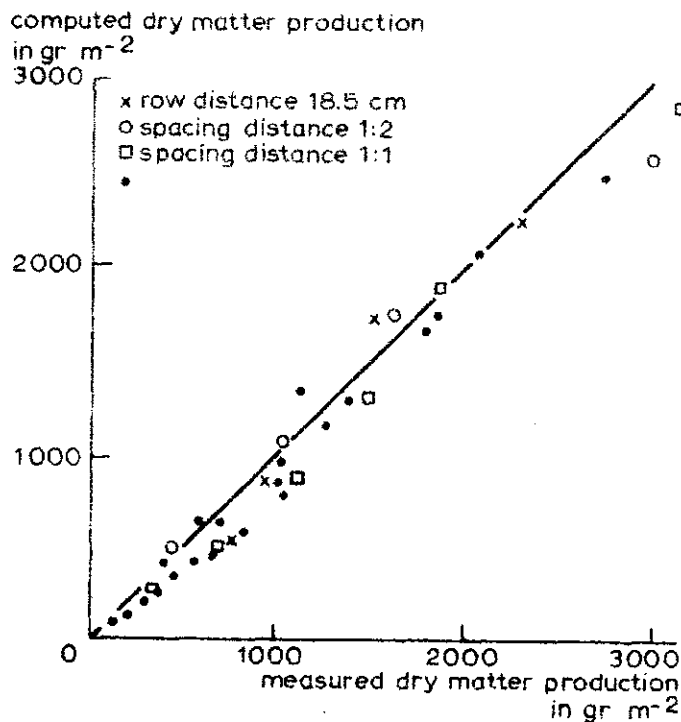


Fig. 9. Relatie tussen gemeten en berekende drogestof opbrengst voor verschillende plantdichtheden bij tulpen c.v. 'Lustige Witwe'

4.5. Warmte - en waterhuishouding van de grond

De mate van grondbedekking door een gewas heeft grote invloed op het microklimaat tussen het gewas en op de bodemtemperaturen (COLVILLE, 1968). Bij toenemende grondbedekking zal een toenemende hoeveelheid energie als verdampingswarmte worden afgevoerd en minder straling aan het bodemoppervlak in warmte worden omgezet. Daardoor zullen de dagelijkse temperatuurvariatiën kleiner zijn dan bij lage bedekkingspercentages. Om een indruk te krijgen van de grootte van deze verschillen, werd in 1969 een serie metingen uitgevoerd in vier plantdichtheidsobjecten op 5 cm boven de grond, op 1 en op 10 cm diepte in de grond. Voor een aantal perioden zijn in tabel 10 de temperaturen gegeven als gemiddelden van 4-uurlijkse waarnemingen.

Tabel 10. Gemiddelde temperaturen onder - en bovengronds in een gewas tulpen in verschillende perioden tijdens de groei in 1969 bij enkele plantdichtheden en bedekkingspercentages

Periode	18-21/4	28-30/4	28-30/5	6- 9/6	13-16/6	20-23/6
5x5						
Bedekkings %	97%	98%	100%	100%	100%	100%
luchttemp. + 5cm	5,0	8,3	15,0	14,3	19,5	16,2
bodemtemp. -1cm	6,0	8,4	14,2	13,5	19,2	16,1
idem -10cm	5,8	8,5	13,8	13,0	18,0	16,0
8x8						
bedekkings %	71%	87%	97%	97%	95%	95%
luchttemp. + 5 cm	5,3	8,5	15,3	14,9	19,4	16,0
bodemtemp. -1cm	6,0	9,4	15,3	14,8	20,1	16,8
idem -10cm	6,2	9,5	14,5	14,5	18,6	16,1
12x12						
bedekkings %	43%	51%	62%	62%	60%	60%
luchttemp. +5cm	6,0	9,5	16,3	16,5	21,2	17,0
luchttemp. -1cm	6,9	10,7	16,5	15,5	20,7	17,4
idem -10cm	6,6	10,2	15,8	15,7	19,2	16,9
16x16						
bedekkings %	25%	34%	38%	38%	35%	35%
luchttemp. +5cm	5,8	9,0	16,3	16,4	20,1	16,2
bodemtemp. -1cm	6,6	10,9	17,5	16,4	21,8	17,2
idem -10cm	6,8	10,7	16,7	15,5	20,2	17,0

Daaruit blijkt dat de gemiddelde temperaturen bij dicht planten duidelijk lager blijven. Duidelijker dan in de gemiddelde temperaturen vindt men de bedekkingsinvloed terug in de dagelijkse fluctuaties voor enkele zonnige dagen in juni (fig. 10). Deze hogere bodem- en luchttemperaturen hebben ongetwijfeld invloed gehad op de gemeten opbrengstverschillen en op de verschillen in bolaantasting door *Fusarium*, doch hun aandeel kon niet worden vastgesteld.

Daar de verdamping van het gewas in het algemeen zal toenemen bij dichtere planting, kunnen de als gevolg hiervan aanwezige verschillen in vochthuishouding van de grond een belangrijke invloed hebben op de plantdichtheid-opbrengst relatie (SALTER, 1961). Deze verschillen in bedekking bleken echter in de besproken proeven geen verschillen in vochtgehalte en vochtspanning in de grond te hebben veroorzaakt. De ontwateringsdiepte van 55 à 65 cm was kennelijk voldoende voor een optimale vochtvoorziening. De invloed van de vochthuishouding van de grond op de standdichtheid-opbrengst relatie wordt nog onderzocht op een lysimeter-installatie te Lisse.

5. DISCUSSIE

Uit het voorgaande is gebleken dat het effect van de plantdichtheid op de produktie in sterke mate verband hield met de grondbedekking en de groeiduur. Deze grondbedekking is behalve uiteraard van de grootte en de verhouding lengte-breedte van de standruimte afhankelijk van het bladoppervlak per plant en de bladstand. De belangrijkste factor is echter het bladoppervlak van de plant. De grootte hiervan is van een aantal factoren afhankelijk. Er is in dit opzicht een duidelijk cultivarverschil. REES (1966) geeft voor één plantmaat (zift 11 cm) van de cultivars 'Golden Harvast', 'Rose Copland' en 'William Pitt' maximaal bereikte bladoppervlakten van respectievelijk 473, 209 en 401 cm² per plant. In een andere publikatie (REES, 1969) vermeldt deze auteur gegevens over de relatie tussen de plantmaat en het bladoppervlak. Bollen van 'Rose Copland' van respectievelijk zift 6, zift 8, zift 10 en zift 12 leverden planten met een bladoppervlak van respectievelijk 95, 123, 145

en 225 cm^2 . Naast deze factoren zijn ook de plantgoedbehandeling (TIMMER, 1970), de herkomst van het plantgoed en vermoedelijk ook de omstandigheden tussen planten en bloei van invloed op de realisatie van de bladstrekking. De vraag kan worden gesteld in hoeverre produktieverschillen tussen cultivars en tussen diverse plantmaten van één cultivar het gevolg zijn van een verschil in het maximaal te bereiken bladoppervlak. Een poging om de invloed van het bladoppervlak in het kader van de standruimte-opbrengst relatie te benaderen is gedaan in figuur 11, waar in vier quadranten de relatie tussen standruimte-bladoppervlak per plant en L.A.I. -bedekkingspercentage en snelheid van de drogestofproduktie zijn gegeven.

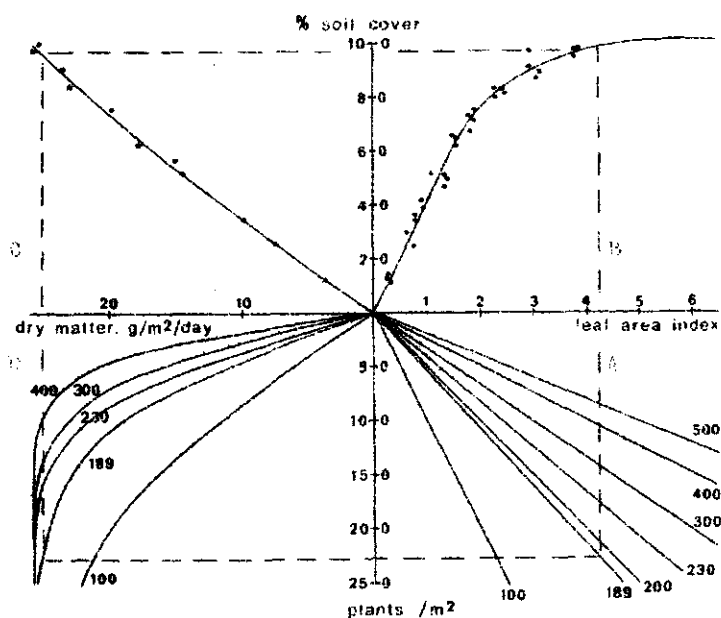


Fig. 11. Schematische weergaven van de invloed van het bladoppervlak per plant op de relatie tussen de plantdichtheid en de fotosynthese snelheid per eenheid van grondoppervlak. De cijfers in 11a en 11d hebben betrekking op het bladoppervlak per plant.

Daarbij is uitgegaan van de veronderstelling dat de relatie tussen L.A.I. en bedekkingspercentage alleen afhankelijk is van het bladoppervlak van de plant (en niet van de ruimtelijke structuur) en dat de relatie tussen bedekking en drogestofproduktie steeds gelijk is aan het in deze figuur gegeven verband dat tussen half april en eind juni in het beschreven onderzoek werd waargenomen.

Het bedrag voor de gemiddelde dagelijkse drogestofproductie bij 100% bedekking, 256 kg/ha, komt zeer goed overeen met voor landbouwgewassen vermelde gegevens (SIBMA, 1970). Ook uit Engelse proefresultaten met tulpen kan bij benadering dezelfde drogestofproductie per dag per ha worden berekend. Met gegevens over de drogestofproductie van drie cultivars kon tussen 21 april en 26 mei na correctie met behulp van fig. 2 voor onvolledige bedekking respectievelijk 264, 250 en 241 kg/dag/ha worden berekend van 'Golden Harvest', 'Rose Copland' en 'William Pitt'.

Met behulp van fig. 11 en met bladoppervlaktegegevens van een onderzoek met verschillende plantmaten (REES, 1969) werd de door ons berekende drogestofproductie tussen 20 april en eind mei vergeleken met de gemeten drogestoftoename. De correlatie tussen beide resultaten was zeer goed. Helaas konden gegevens van dezelfde auteur (REES en TURQUAND, 1969) in plantafstandenproeven niet worden getoetst, daar drogestofgegevens ontbraken. Ofschoon het in figuur 11 ontwikkelde model nog verder moet worden getoetst, biedt het in beginsel de mogelijkheid, mits de bladoppervlakten per plant bekend zijn, de snelheid van de drogestofproductie te vergelijken van verschillende plantmaten, cultivars onder verschillende omstandigheden. De totale drogestofproductie is echter mede afhankelijk van de groeiduur. De maximale lengte-groeiduur is endogeen bepaald, mogelijk via een door de hoofdbol uitgeoefende invloed. Ze kan echter door de uitwendige omstandigheden worden bekort. Uit eerder onderzoek is gebleken dat met name vochttekorten gedurende het groeiseizoen kunnen leiden tot een vervroegde afsterving van het gewas (TOUSSAINT, 1964; VAN DER VALK, 1964). Uit de praktijk van de bloembollenteelt is bekend dat hoge lucht- en/of bodemtemperaturen aan het eind van het groeiseizoen de afsterving van het gewas kunnen inleiden en bevorderen. Dit aspect werd in phytotronproeven nader onderzocht door RIJTEMA en BROERTJES (1970) voor gelijke lucht en bodemtemperaturen. Zij constateerden dat de gevoeligheid van tulpen c.v. Apeldoorn voor hoge temperaturen vanaf de bloei toenam. Op grond van een verouderingstheorie kon het afstervingsverloop in proeven onder niet-stationaire temperatuur-omstandigheden worden berekend. Verder onderzoek is noodzakelijk om de relatie tussen afstervingsstadium en netto-fotosynthese vast te stellen.

De totale drogestofproduktie van de plant en daarmee ook de verse-stof-produktie en bolgrootteverdeling zou dan in principe kunnen worden benaderd bij aanname van een arbitrair afstervings-tijdstip, van de bladontwikkeling en de straling en van de gewichtstoenname van de nieuwe bol in de periode dat er geen fotosynthese plaatsvindt. Ten aanzien van dit laatste punt moet nog verdere informatie worden verzameld.

6. SAMENVATTING

In veldproeven met tulpen c. v. 'Lustige Witwe' zift 8-9 werd de invloed van de plantdichtheid onderzocht op bolproduktie, sortering en drogestofproduktie. Het bladoppervlak per plant bleek onafhankelijk van de plantdichtheid, het bladgewicht was echter kleiner bij toenemende plantdichtheid. De L.A.I. had voor beide jaren eenzelfde verband met het gemeten bedekkingspercentage. Het bedekkingspercentage was vrijwel rechtlijnig gerelateerd aan de snelheid van drogestofproduktie. Bij volledige bedekking was deze produktie 256 kg drogestof per dag per ha. Het is waarschijnlijk mogelijk om voor verschillende cultivars, plantmaten en dergelijke de drogestofproduktie te berekenen in afhankelijkheid van de standruimte, mits gegevens over de bladontwikkeling, de groeiduurtijd en de straling beschikbaar zijn.

LITERATUUR

- ANON Jaarverslagen Stichting Proeftuinen - Bovenkarspel
1964 t/m 1969
Jaarverslagen Stichting Proeftuinen - Breezand 1964
t/m 1969
Jaarverslagen Stichting Proeftuinen - Ens 1966 en 1967.
- COLVILLE, W.L., 1968. Influence of plant and population on aspects
of the microclimats. *Agron. Journ.* 60. pp 65-67.
- DONALD, C.M. 1963. Competition amount crop and pasture plants.
Adv. in Agron. 15. pp 1-118.
- REES, A.R., 1966. Dry matter production by field grown tulips.
J. Hort. Sci. 41. pp. 19-30.
- , 1969. Effect of bulb size on the growth of tulips. *An.
Bot.* 33. pp. 133-142.
- REES, A.R. en E. TURQUAND, 1969. Effects of planting density on
the bulb yield in the tulpis. *J. Appl. Ecol.* 6. pp. 349-358.
- RIJTEMA, P.E. en G. ENDRÖDI, 1970. Calculation of production of
potatoes. *Neth. J. Agric.Sci.* 18. pp. 26-36.
- RIJTEMA, P.E. en N. BROERTJES, 1971. Jaarverslag 1970. Inst.
voor Cultuurt. en Waterhuish. pp. 44-45.
- SALTER, P.J., 1964. The irrigation of early summer cauliflower in
relation to stage of growth, plant spacing and nitrogen-level.
J. Hort. Sci. 36. pp. 241-253.
- SIBMA, L., 1970. Relation between total radiation and yield of some
field crops in the Netherlands. *Neth. J. Agr. Sci.* 18 pp.
125-131.
- TIMMER, M.J.G., 1970. The effect of storage temperature on the pro-
duction of tulip bulbs. *Proc. 18th. Intern. Hort. Congr. Vol. 1*
pp. 144.
- , 1971. Some aspects of the relationship between the bio-
logical and the economic yield of tulip bulbs. *Techn. comm.
ISHS* 23. pp. 137-141.
- TOUSSAINT, C.G., 1964. Berekening bij tulpen op zandgrond. *Meded.
Inst.v.Cultuurt. en Waterhuish. Wageningen* no. 112.
- VALK, G.G.M. VAN DER en F.A.M. DE HAAN, 1969. Gevolgen van
bodemverdichting voor de produktie van bloembolgewassen.
Inst. v. Cultuurtechn. en Waterhuish. Wageningen nota 498.

VALK, G.G.M. VAN DER en J.A. SCHONEVELD, 1964. De reactie van tulpen op grondwaterdiepte en profielopbouw. Meded. Dir. Tuinb. 27. pp. 631-639.

WASSINK, E.C. Light intensity effects in growth and development of tulips, in comparison with those in gladiolus. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 65 no. 15.

WIT, C.T. DE, 1965. Photosynthesis of leaf canopies. Agric.Res. Rep. 663. Pudoc. Wageningen.