

Voorbeeld berekening van de effectieve somstraling
door middel van de bedekkingsgraad

J.H.Snijders

Werkelijke straling

Stralingsgegevens in de vorm van somstralingswaarden zijn bij het onderzoek naar de vroegheid van een gewas om verschillende redenen minder bruikbaar. Wanneer ze zijn verkregen door de zogenaamde "dagsom totale globale straling in cal/cm^2 " - zoals die door het laboratorium voor natuur- en weerkunde van de Landbouwhogeschool te Wageningen wordt gemeten - te sommeren over het aantal dagen dat de teelt heeft geduurd, dan moet bedacht worden, dat deze somstraling aanzienlijk kan verschillen vande waarvan de dagsommen elders, in feite in de streek van onderzoek, zijn gemeten. Immers de "dagsom totale globale straling" is een uitermate variabel gegeven, dat niet alleen naar plaats, maar ook van dag op dag sterk uiteenlopende waarden laat zien. In figuur 1 wordt een overzicht gegeven van de dagsommen totale globale straling gemeten in Wageningen van 10 oktober 1959 tot en met 16 maart 1960, een in de praktijk voorkomende teeltperiode van kassla, ras Interrex, van zaaidatum tot oogstdatum. Ondanks de grote spreiding herkent men duidelijk een golfbeweging met een dieptepunt omstreeks eind december.

De somstralingswaarden ondergaan een reductie voor kastransmissie. De transmissiefactor is gebaseerd op lichtdoorlatendheid van de kassen. Wellicht is daarbij ook lengterichting van de kas van belang. Als normaal wordt beschouwd dat de straling in de kas 45 - 60% van de buitenstraling bedraagt, 70% is zeer gunstig.

De somstraling buiten, in de periode 10/10 - 16/3 1959-1960 is berekend op 12.656 cal/cm^2 . Bij het onderzoek bevindt zich een kas waarin in deze periode 6100 cal/cm^2 is gemeten. Deze kas liet dus 48% van de straling door; de vermenigvuldigingsfactor was dus 0.48.

De somstraling wordt automatisch groter naarmate het aantal teelt-dagen toeneemt. Globaal voltrekt zich de hele teelt over de maanden oktober - november tot en met maart - april. Het beloop van de dagsom totale straling in deze periode vertegenwoordigt dat deel van de golfbeweging, waarvan het neergaande traject, waarin zaai- en plantdata liggen kort is



en het opgaande lang. In dit traject liggen de oogstdata. In de periode van oogsten ligt de curve veel hoger dan in de periode van zaaien. Het is verleidelijk te stellen, dat op grond van dit beloop, uitgaande van een constante somstraling nodig voor de totale teelt, de duur (aantal dagen) van de teelt groter is naarmate eerder wordt gezaaid. Bij later zaaien verschuift dan ook de oogstdatum naar een later tijdstip maar bij gelijke intervallen tussen de zaaidata worden dan de intervallen tussen de corresponderende oogstdata steeds kleiner (figuur 2).

Dit zou zo kunnen zijn, indien het hier ging om de straling die door het gewas inderdaad is gebruikt.

Effectieve straling

De straling die werkelijk nodig was om het gewas tot oogstbaarheid te brengen is minder dan de gemeten somstraling. De straling die de groei en daarmee de teeltduur van het gewas bepaalt is dat gedeelte van de beschikbare straling dat het gewas op elk moment van zijn ontwikkeling gedurende de hele teeltperiode daadwerkelijk ontvangt.

Wanneer de planten nog klein zijn zal, zo kan men zich voorstellen, een deel van de totale straling voor het gewas verloren gaan. Naarmate de plant een grotere oppervlakte krijgt wordt meer van de straling geprofi-teerd. Van maximaal profijt kan alleen sprake zijn bij een gesloten gewas.

Men zou dus om de werkelijk ontvangen straling te berekenen voor elke teeltdag de gemeten "dagsom totale globale straling" na verrekening van de kastransmissiefactor moeten vermenigvuldigen met het bedekkingspercentage van het gewas op die dag en deze effectieve dagsommen over de gehele teeltperiode moeten sommeren. Hoewel geenszins is gezegd, dat deze werkelijk ontvangen somstraling constant zou zijn in die zin, dat voor het tot oogstbaarheid komen van een slagewas een bepaalde vaste hoeveelheid effectieve straling nodig is, mag men door met effectieve somstralingswaarden te werken, verwachten een nauwkeuriger inzicht in de betekenis van de straling als groeifactor te krijgen.

Bedekkingsgraad

Men zou de bedekkingsgraad vanaf plantdatum tot oogstdatum kunnen weergeven met een curve die een S-vorm heeft. Bij het planten medio november mag men aannemen dat de bedekkingsgraad ca 5% bedraagt, medio december 15%, medio januari 35%, medio februari 70% en eind februari 100%. (Bierhuizen)

Medio Maart wordt geoogst. De toename geschiedt eerst langzaam (koude donkere periode) en dan steeds sneller. Circa 14 dagen voor het oogsten is reeds de maximale bedekking praktisch bereikt, daarna is alleen sprake van volume-(gewichts)toename door kropvorming (figuur 3, curve a).

Berekening effectieve straling bij hypothetisch beloop van straling en bedekking

Om door middel van deze theoretische benadering van de bedekkingsgraad de effectieve straling te berekenen wordt de teeltperiode (we nemen hiervoor plantdatum-oogstdatum) in decaden opgedeeld en de gemiddelde bedekkingsgraad per decade vermenigvuldigd met 10x de gemiddelde dagstraling. De straling is voor elke dag af te lezen uit de figuur van het hypothetisch stralingsbeloop, hoewel de stralingschaal hierin niet bekend is (figuur 2). Deze is te berekenen. De straling is een zeker constant bedrag x + een variabel aantal afleesbare schaal eenheden die met y vermenigvuldigd moeten worden om er cal/cm^2 van te maken. Van elk object zijn de stralingssommen bekend. In het eerder gekozen voorbeeld bedroeg de somstraling over de teeltperiode 10/10-16/3 6100 cal/cm^2 , waarbij de kastransmissie reeds in rekening was gebracht. Daarbij moet even worden onthouden dat 10 oktober de zaaidatum en niet de plantdatum is.

De berekening loopt nu als volgt:

decaden	perioden (vanaf planten)	gemiddelde bedekking	straling per decade	uitkomst
1	10-20 november	7%	$(X + 18,5 Y) \times 10$	$= 0,7 X + 12,95 Y$
2	21-30 "	9,5%	$(X + 12 Y) \times 10$	$= 0,95X + 11,4 Y$
3	1-10 december	12,5%	$(X + 7,5 Y) \times 10$	$= 1,25X + 9,37 Y$
4	11-20 "	16,5%	$(X + 5,5 Y) \times 10$	$= 1,65X + 9,08 Y$
5	21-30 "	21,-%	$(X + 5,5 Y) \times 10$	$= 2,1 X + 11,55 Y$
6	31- 9 januari	27,- %	$(X + 7,5 Y) \times 10$	$= 2,7 X + 20,25 Y$
7	10-19 "	34,- %	$(X + 11,5 Y) \times 10$	$= 3,45X + 39,67 Y$
8	20-29 "	42,5%	$(X + 18,- Y) \times 10$	$= 4,25X + 76,5 Y$
9	30- 8 februari	52,-%	$(X + 26,- Y) \times 10$	$= 5,2 X + 135,2 Y$
10	9-18 "	69,-%	$(X + 36,- Y) \times 10$	$= 6,9 X + 248,4 Y$
11	19-28 "	90,-%	$(X + 47,5 Y) \times 10$	$= 9,- X + 427,5 Y$
12	29- 9 maart	98,-%	$(X + 60,- Y) \times 10$	$= 9,8 X + 588,- Y$
13	10-16 "	100,-%	$(X + 73,- Y) \times 7$	$= 7,- X + 511,- Y$

X = constante cal/cm^2

Y = omrekeningsfactor schaal eh

Totale straling = $127 X + 3066 Y$

Totale effectieve straling = $54,95X +$

$2100,87 Y$

De gogeven somstraling is gemeten vanaf de zaaidatum, deze ligt nog 3 decaden vóór de plantdatum; bedekkingsgraad is hier te verwaarlozen.

$$a. (X + 27,5 Y) \times 10$$

$$b. (X + 37,- Y) \times 10$$

$$c. (X + 55,- Y) \times 10$$

$$\text{Totaal } 30X + 1195Y$$

$$\text{te vermeerderen met } 127X + 3066Y$$

Totale straling teeltperiode $157X + 4261Y$.

Deze som is voor het onderhavige object inclusief kastransmissiefactor opgegeven als 6100 cal/cm^2 . Maakt men $Y = 1$, dan is $X = \frac{6100-4261}{157} = 11.7 \text{ cal/cm}^2$.

Op grond hiervan kan bij de hypothetische curve voor het "dagsom totale globale stralings" beloop een verticale schaalverdeling worden aangebracht (figuur 4). In de "dagsom stralingswaarden" in deze figuur is dus de reductie voor lichtterugkaatsing en -absorptie door het glas verrekend. Vergelijkt men figuur 4 met figuur 1 dan blijkt uit het verschil in metrische eenheden op de verticale schaalverdeling dat deze transmissiefactor over de hele linie ca 50% heeft bedragen; een volkomen aanvaardbaar bedrag waar uit de somstraling aanvankelijk 48% was berekend.

De stralingssom die nodig was voor het vanaf het planttijdstip tot oogstbaarheid komen van het gewas kan dus als volgt berekend worden:

1e	decade	8,19 + 12,95 = 21,14	uitzetten	2,11	$(\frac{1}{10})$
2e	"	11,12 + 11,4 = 22,52	"	2,25	
3e	"	14,63 + 9,37 = 24,00	"	2,40	
4e	"	19,30 + 9,08 = 28,38	"	2,84	
5e	"	24,57 + 11,05 = 35,62	"	3,56	
6e	"	31,59 + 20,25 = 51,84	"	5,18	
7e	"	40,36 + 39,67 = 80,03	"	8,00	
8e	"	49,73 + 76,50 = 126,23	"	12,62	
9e	"	60,84 + 135,20 = 196,04	"	19,60	
10e	"	80,73 + 248,40 = 329,13	"	32,91	
11e	"	105,30 + 427,50 = 532,80	"	53,28	
12e	"	114,66 + 588,-- = 702,66	"	70,27	
13e	"	81,90 + 511,-- = 592,90	"	84,60	$(\frac{1}{7})$

Totale effectieve straling $2743,29 \text{ cal/cm}^2$ plantoppervlak

Men kan dit beloop door middel van een curve uitbeelden door per decade het daggemiddelde uit te zetten tegen de tijd (figuur 5, curve 10/11 - 16/3).

Berekening effectieve stralingssom bij twee praktijk voorbeelden

We zijn in staat deze cijfers te toetsen aan een aantal waarnemingen aan sla door Bierhuizen en Ploegman. In verschillende stadia van de ontwikkeling zijn loodrecht foto's gemaakt. Van een tweetal partijen, hieronder te noemen A en B, is thans uit de goplanimeetreerde plantoppervlakte de bedekkingsgraad berekend.

A. Interrex (zwarte grond), gepland 5/12, plantverband 20 x 20, kropgewicht 177 gr

	g e m e t e n							geoogst
	11/12	1/2	22/2	29/2	7/3	14/3	21/3	4/4
Op foto gemeten in cm ²	2,81	11,-	18,-	24,-	34,4	42,-	44,-	
Werkelijke cm ² (x 9)	25,29	99,-	162,-	216,-	309,6	378,-	396,-	
In % oppervlakte (x $\frac{1}{25}$)	6,32%	24,75%	40,50%	54,-%	77,4%	94,5%	99,-%	100%
25 planten/m ²								

B. Interrex (zwarte grond), gepland 25/11, plantverb. 20x20, kropgew. 114 gr

Op foto gemeten in cm ²	3,1	8,2	10,7	13,4	21,2	29,8	45,7	
Werkelijke cm ² (x 9)	27,9	73,8	96,3	120,6	190,8	268,2	411,3	
in % oppervlakte (x $\frac{1}{25}$)	6,97%	18,45%	24,07%	30,15%	47,70%	67,05%	100%	100%
25 planten per m ²								

Deze cijfers zijn in figuur 3 uitgezet als curve b: gepland 5/12, geoogst 4/4, kropgewicht 177 gr, en curve c: gepland 25/11, geoogst 4/4, kropgewicht 114 gr. De vorm van deze curven wijkt in principe niet af van die van curve a.

Uit bedekkingsgraad en stralingsbeloop (figuren 3 en 4) kan op de volgende wijze de effectieve straling voor bovengenoemde partijen worden berekend.

A. Interrex, geplant 5/12, geoogst 4/4

(177 gr)

		bedekking	x	straling cal/cm ²	x	dagen	=	effectief cal/cm ²	uitzetten
1e decade	5-15 december	7,-%	x	18	x	10	=	12,4	1,24($\frac{1}{10}$)
2e	" 16-25 "	9,5%	x	17	x	10	=	16,15	1,62
3e	" 26- 4 januari	13,-%	x	18	x	10	=	23,4	2,34
4e	" 5-14 "	16,-%	x	21	x	10	=	33,6	3,36
5e	" 15-24 "	19,5%	x	26	x	10	=	50,7	5,07
6e	" 25- 3 februari	23,5%	x	33	x	10	=	77,55	7,76
7e	" 4-13 "	28,5%	x	42	x	10	=	119,70	11,97
8e	" 14-23 "	36,-%	x	53	x	10	=	190,80	19,08
9e	" 24- 4 maart	53,5%	x	65	x	10	=	347,75	34,78
10e	" 5-14 "	83,-%	x	78	x	10	=	647,40	64,74
11e	" 15-24 "	99,-%	x	90	x	10	=	891,--	89,10
12e	" 25- 4 april	100,-%	x	102	x	11	=	1122,--	102,--($\frac{1}{11}$)
Totale effectieve straling								3532,45 cal/cm ²	plantopp.

B. Interrex, geplant 25/11, geoogst 4/4

(114 gr)

		bedekking	x	straling cal/cm ²	x	dagen	=	effectief cal/cm ²	uitzetten
1e decade	25- 5 december	5,-%	x	22	x	10	=	11,-	1,10
2e	" 6-15 "	7,-%	x	18	x	10	=	12,60	1,26
3e	" 16-25 "	8,-%	x	17	x	10	=	13,60	1,36
4e	" 26- 4 januari	10,5%	x	18	x	10	=	18,90	1,89
5e	" 5-14 "	12,5%	x	21	x	10	=	26,25	2,62
6e	" 15-24 "	14,5%	x	26	x	10	=	37,70	3,77
7e	" 25- 3 februari	17,-%	x	34	x	10	=	57,80	5,78
8e	" 4-13 "	19,-%	x	43	x	10	=	81,70	8,17
9e	" 14-23 "	23,-%	x	53	x	10	=	121,90	12,19
10e	" 24- 5 maart	31,-%	x	65	x	10	=	201,50	20,15
11e	" 6-15 "	51,-%	x	78	x	10	=	397,80	39,78
12e	" 16-25 "	95,-%	x	91	x	10	=	864,50	86,45
13e	" 26- 4 april	100,-%	x	102	x	10	=	1020,--	102,--
Totale effectieve straling								2865,25 cal/cm ²	plantopp.

In figuur 5 is deze berekende effectieve straling voor beide partijen uitgezet als curve 5/12 - 4/4 en 25/11 - 4/4.

Overwegingen:

Gaat men er van uit dat voor het tot leverbaarheid komen van het gewas een bepaalde effectieve stralingssom nodig is:

$$\sum r_E = r_1 \cdot p_1 + r_2 \cdot p_2 + \dots + r_n \cdot p_n$$

waarin r_E = effectieve straling; r = dagsom totale globale straling; p = bedekkingsgraad in procenten beteelde oppervlakte en n = aantal dagen tussen planten en oogsten, dan zal bij gelijke plantdatum onder ook overigens dezelfde omstandigheden (bodem, vocht, temperatuur) het aantal dagen tussen plant- en oogstdatum groter zijn naarmate de dagelijks gemeten straling (dagsommen) kleiner was. Dit kan dan alleen een kwestie zijn van verschillen in lichtdoorlatendheid van de kas onder invloed van glaskwaliteit, helling, enz. (kastransmissiefactor). (Dat men de teeltduur door middel van lichtafscherming kan beïnvloeden is met proeven aangetoond).

Men moet het nu zo zien, dat het dan om twee redenen langer duurt voor de vereiste effectieve stralingssom is bereikt: 1^o minder straling per tijdseenheid en 2^o een geringere bedekkingsgraad (plantoppervlak) van het onder minder licht geteelde gewas op vergelijkbare data.

Uit figuur 3 voor bedekkingsgraad blijkt, dat het beloop en de steilheid van de lijnen sterk afhankelijk is van het tijdstip, waarop geplant wordt. Vóór december geplant betekent in het begin nog vrij veel licht, dus een wat snellere plantoppervlak-toename dan indien later, in december, geplant is. Maar de vertraging in de eerste groei bij verschuiving van plantdata van november tot in december gaat later, dat wil zeggen in januari en februari over in een versnelling omdat de plantjes dan meteen meer van de lichttoename profiteren. *(overweging op verharings)*

Niet zozeer de plantdatum is (bij een zelfde kastype) van belang om op een bepaalde datum te kunnen oogsten maar vooral ook de omvang die de planten op de plantdatum bezitten. Het is mogelijk dat een gewas, al wordt het later geplant, wanneer het dan een grotere oppervlakte per plant heeft, zijn voorsprong nog vergroot op een gewas dat, zij het eerder geplant, op dat moment kleiner was. Vooral vroeg geplante teelten maken hun eerste ontwikkeling door in een periode van afnemende straling. Deze periode is langer, naarmate men vroeger plant.

Het verschijnsel dat bij teelten die op uiteenlopende tijdstippen aanvangen de oogstdata toch ongeveer samenvallen komt hierop neer dat de

ontwikkeling sneller verloopt naarmate alle omstandigheden dichterbij het optimum liggen.

Een effectieve straling van bijv. 30 cal/cm^2 treedt in ons voorbeeld voor 3 teelten van Interrex sla op

1° op 11 februari

2° op 26 februari

3° op 3 maart

Op 11 februari is er weliswaar een gemiddelde dagsom totale globale straling gemeten van $\pm 45 \text{ cal/cm}^2$ tegen 62 cal/cm^2 op 26/2 en 74 cal/cm^2 op 6 maart, maar de bedekkingsgraad bedroeg respectievelijk 66%, 48% en 41 $\frac{1}{2}$ %.

De oogstdata vallen bij dit soort winter-kasteelten in een traject dat veel korter is dan het traject van de plantdata. Binnen dat korte traject is een zo vroeg mogelijke oogst gewenst. Men kan oogsten zodra het gewas het minimum toelaatbare kropgewicht voor eerste soort heeft bereikt. De vroegste partijen zijn het laagst in gewicht. De duur van de laatste fase van de teelt is in mindere mate van de stralingstoename afhankelijk dan de voorgaande. Weliswaar is de effectieve dagstraling (dagsom totale globale effectieve straling) op de oogstdatum het grootst en is dit maximum groter naarmate de oogst later valt, maar het gewas heeft op de oogstdatum al circa 14 dagen 100% bedekkingsgraad, zodat gedurende deze periode de effectieve dagstraling = werkelijke dagstraling. De toename is in deze periode alleen een kwestie van grotere daglengte en niet van bedekking.

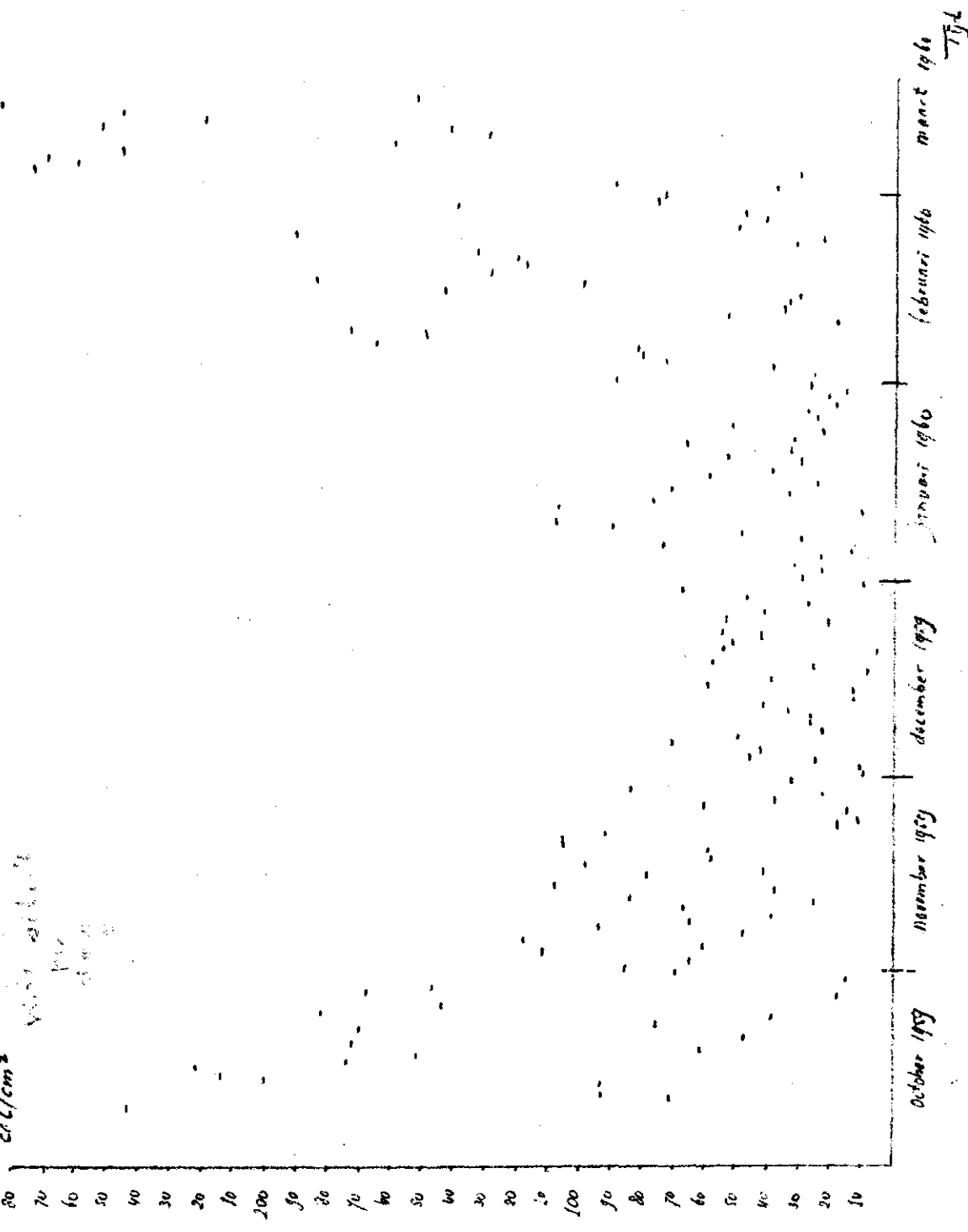
De proef op de som

Wat bij de 3 curven van figuur 5 opvalt, is dat de continuïteit in opvolging geen verband lijkt te houden met plant- of oogstdatum van de partijen. De partij, die op 5 december is geplant ligt hier tussen de partijen in die geplant zijn op 10 en 25 november. Omdat de curve 10/11-16/3 gebaseerd is op een hypothetisch beloop van de bedekkingsgraad mag aan de onderlinge ligging van deze curven geen al te grote quantitative betekenis worden gehecht. Maar duidelijk is toch wel, dat de ontwikkeling van de planten op elk moment van het teeltbeloop van bijzondere betekenis kan zijn voor de duur van het proces van tot leverbaarheid komen:

De partijen geplant op 25/11 en 5/12 zijn beide geoogst op 4/4, maar de laatst geplante partij had een aanmerkelijk groter kropgewicht dan de eerstgeplante, ondanks de veel kortere teeltduur, waardoor dus ook de somstraling geringer was. Het kan niet anders of de ontwikkeling van dit gewas is gunstiger geweest en dit blijkt ook wel uit de effectieve straling. Deze was namelijk wél hoger dan van de vroegst geplante partij, te weten 3532,45 tegen 2865,25 cal. per cm² bladoppervlak.

Men mag van het hanteren van effectieve stralingswaarden goede resultaten verwachten bij het vroegheidsonderzoek.

In Hoogenveen gemeten
 tussamen totale globale straling
 cal/cm²



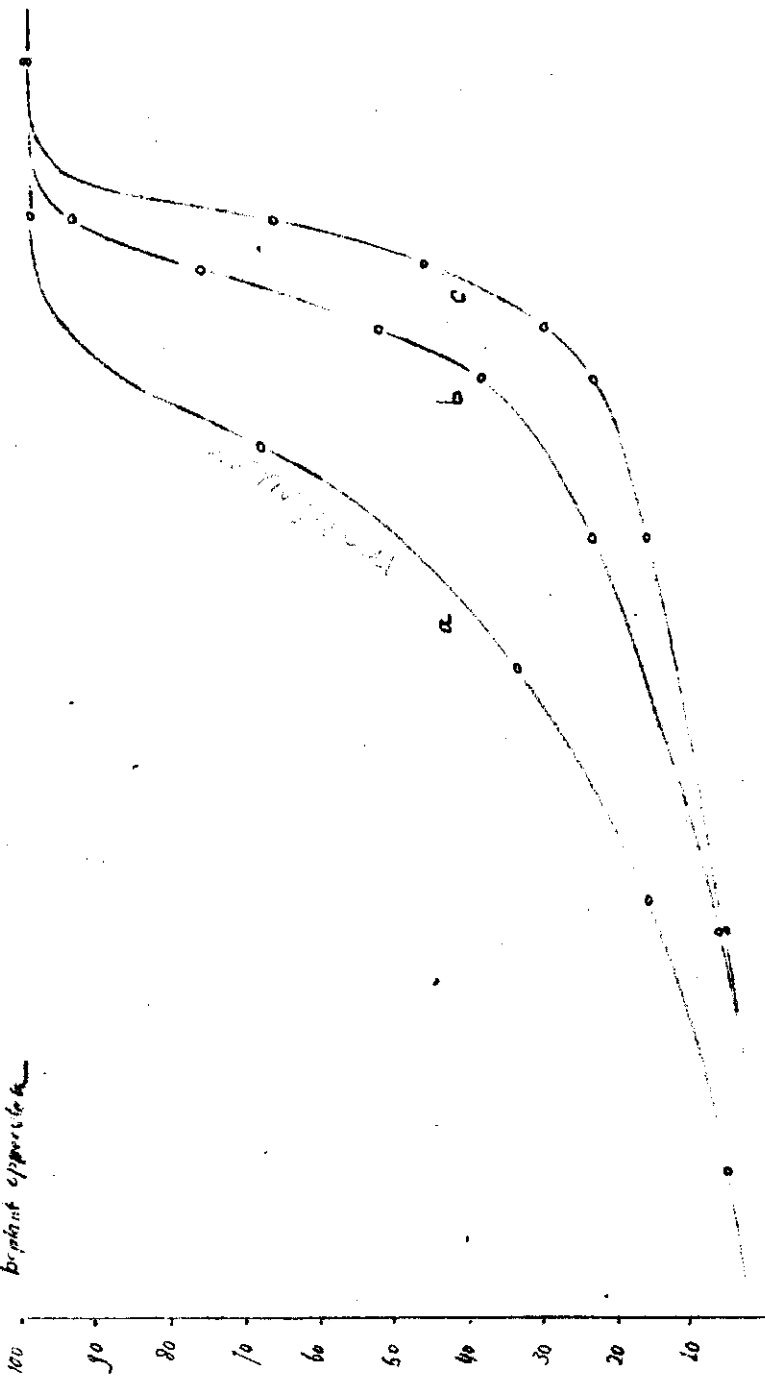
Figuur 1.

Opgevangen totale globale straling
 gemeten door het Laboratorium
 voor Natuur- en Weerkindele
 Waarnemingen in de periode oktober
 1959 - maart 1960.

Ondanks de grote spreiding is
 de golfbeweging duidelijk te her-
 kennen.

ras: *Intervex kasela*

Bedekingsgraad in % van
brilplant oppervlakte



plant gewest gewicht

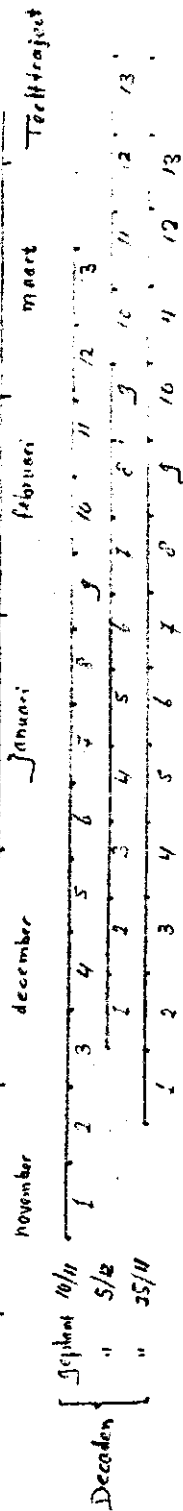
theoretische opbouw	14/4	16/3	17/0
a	5/12	4/4	1/1
b	25/11	24	11/4
c			

Figura 3

Het belang van de bedekingsgraad van kaszie bij plantverbod 20 x 20 cm

Achttien maanden langzame toename, daarna een versnelde, die 14 dagen voor het begin oergeeft in een horizontaal beloop, omdat de omplant dan te dicht vasten is.

Het beloop van curven b & c is geschikt voor oppervlakte-metingen van Berchusen en Ploegman-



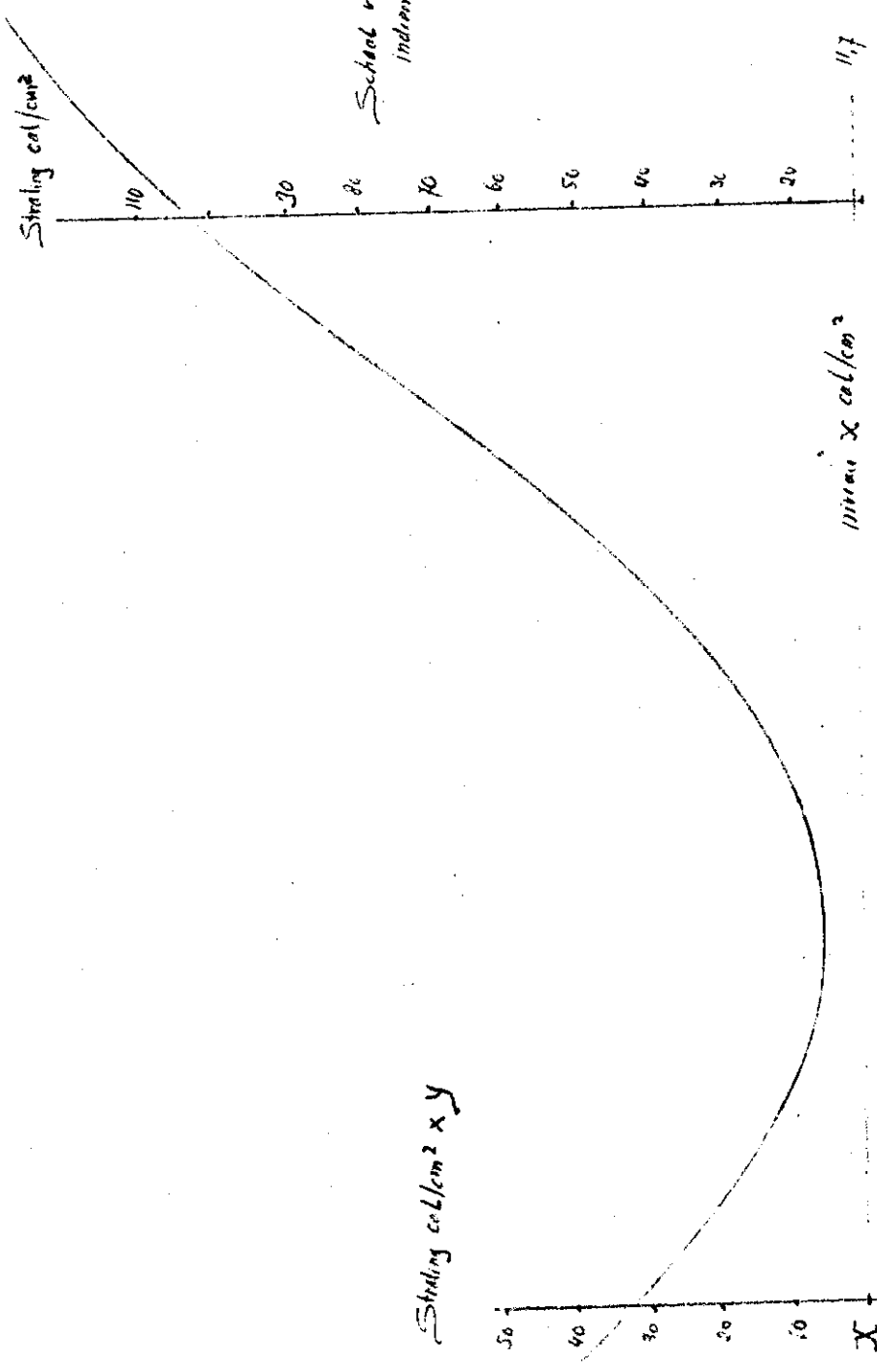
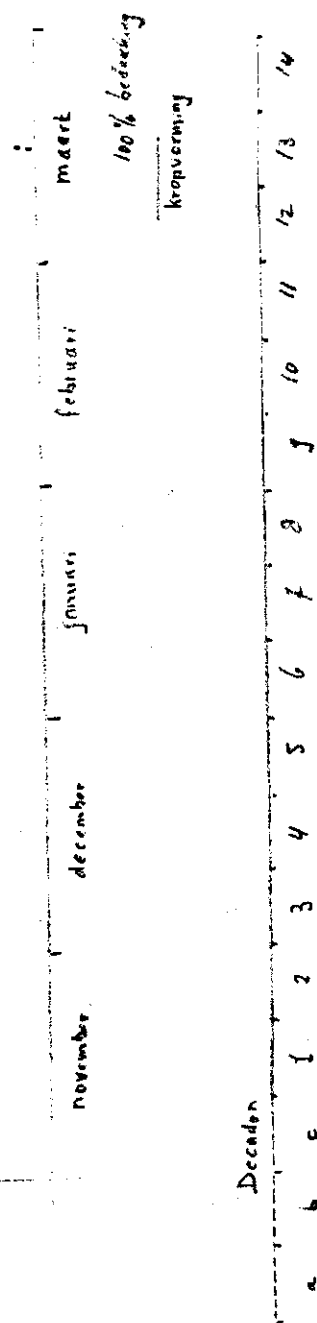


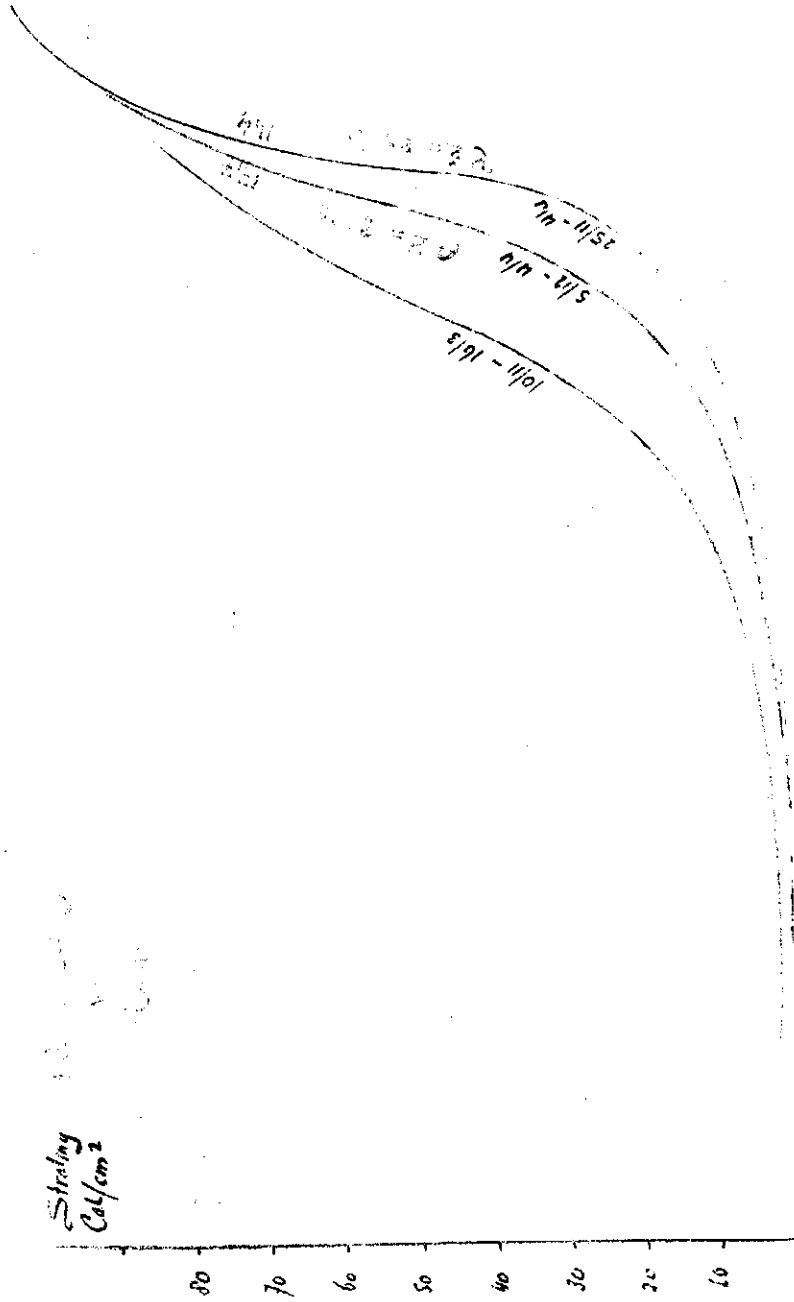
Figure 4

De verticale schaalverdeling (dag gemiddelen straling) kan niet de semperiode bij verschillende fases in opgedaen bevestigd worden.
In die doogrammen is de kastransmissiefactor verrekend.

In de grafiek wordt een 50% van de buitenstraling door het glas onderscheidt (absorptie, langzaamheid, glasdikte, de dichtheid, de schaalverdeling in langzaamheid)



Mrs. Inoué Kasita



Figuur 5-

Behoop effectieve straling bij uiteenlopende
tact trajecten.

De ritde effectieve straling bijdrage:

registratie op:
- hyspa
A inahing
B inahing

10/11-16/13 : 2743,29 cal/cm² planten op
5/12-11/14 : 3532,45 " " "
25/11-11/14 : 2865,25 " " "

ke twee punten bij gemeten resp.

17.7 en 11.4 kg p 100 st

Onderwijs de kortere tact duur (later
planten bij gelijk opgeten) van proef

A een veel lagere opbrengst
(ruim 6 kg p 100 st meter) dan
chouere effectieve stralingsscom

Tacttraject

november december januari februari maart

decaden 1/11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
" " 5/12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
" " 25/11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

1. vooraf meten met
2. meten