



PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING

WAGENINGEN UR

Assimilatiebelichting in Chrysant

Sturing per teeltfase

Ir. A. de Gelder en ing P. Korsten

© 2005 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit project is gefinancierd door:

Productschap Tuinbouw
Louis Pasteurlaan 6
Postbus 280
2700 AG Zoetermeer



Projectnummer: 41504701
PT-nummer: 11316

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Business Unit Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, 2671 KT Naaldwijk
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. : 0174 - 63 67 00
Fax : 0174 - 63 68 35
E-mail : infoglastuinbouw.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	4
1 INLEIDING EN DOEL	6
2 OPZET EN UITVOERING	7
2.1 Proefopzet	7
2.1.1 Eerste teelt	7
2.1.2 Tweede teelt	7
2.2 Proef- en teeltgegevens.....	8
2.3 Waarnemingen.....	9
2.3.1 Klimaat	9
2.3.2 Plantmetingen.....	9
3 RESULTATEN PLANTMETINGEN.....	10
3.1 Lichtinvloeden	10
3.2 Rasinvoeden	12
3.3 Interactie van belichting met ras	13
3.4 Invloeden plantdichtheden	15
3.5 Interactie belichting en plantdichtheid	17
4 BLOEI	19
4.1.1 Bloei verloop eerste teelt.....	19
4.1.2 Bloei verloop tweede teelt	19
5 KLIMAAT	21
5.1 Licht.....	21
5.1.1 Lichtsom eerste teelt	21
5.1.2 Tweede teelt	22
5.2 Temperatuur	22
5.2.1 Eerste teelt	22
5.2.2 Tweede teelt	22
5.3 Invloed klimaatregeling op planteigenschappen	25
5.4 Effect van assimilatiebelichting en straling op plant en kas temperatuur	26
5.4.1 Temperatuurverloop in de eerste teelt.....	26
5.4.2 Temperatuurverloop in de tweede teelt.....	27
6 ECONOMISCH PERSPECTIEF	29
7 CONCLUSIES	30
BIJLAGE 1 LICHTSOMMEN.....	31

Samenvatting

Momenteel is het areaal belichte teelt in de chrysant ongeveer 50%. De verwachting bestaat dat dit aandeel in de komende drie jaar uit zal breiden. De schattingen lopen uiteen tussen 75 % en 95% van het totale areaal in 2005. Dit zou betekenen dat een groot deel van de bestaande bedrijven en (vrijwel) alle nieuwe bedrijven (250 tot 350 ha) tot de aanschaf en het gebruik van een belichtingsinstallatie zullen besluiten. In 2001 en 2002 is door PPO onderzoek verricht waarbij aangetoond is dat hoge(re) belichtingsniveaus interessant kunnen zijn in de moderne chrysantenteelt. De chrysant blijkt ongevoelig te zijn voor continu belichten in de vegetatieve fase. Gedacht is dat per teeltfase de groei-efficiëntie van de belichting bij de chrysant ligt. Deze gedachte biedt mogelijkheden om strategieën op te stellen waarbij belicht wordt op momenten die het teelttechnisch en bedrijfseconomisch het meest interessant zijn.

Om een antwoord te kunnen geven op de vraag of er verschil in groei per fase - vegetatief, begin generatief of periode voor de bloei- is, zijn in 2002 en 2003 een tweetal proeven uitgevoerd door PPO op de locatie Horst-Meterik. Doelstellingen daarbij waren:

1. Het verbeteren van belichtingsstrategie voor de teelt van chrysant onder assimilatiebelichting (gedurende de generatieve fase).
2. Vaststellen van mogelijkheden voor verhoging van de energiebenutting bij gebruik van assimilatiebelichting.
3. Vaststellen of de groei per teeltfase verschillend is en welke teeltomstandigheden zoals assimilatiebelichting, ras, plantdichtheid en temperatuur dit kunnen beïnvloeden.

Uit het onderzoek blijkt de bladoppervlakte in de laatste 4 weken van de teelt nauwelijks toe te nemen, door afsterving van blad wordt zelfs een afname geconstateerd. Het verlagen van het belichtingsniveau heeft in beide teelten geleid tot meer afsterving van oudere bladeren. Verder blijkt de groeisnelheid in de laatste periode van de teelt af te nemen. Het effect van het verlagen van de lichtintensiteit is zichtbaar. De eerste 2 weken na wijziging van de lichthoeveelheid is dit effect niet meetbaar in het versgewicht, maar wordt het verschil wel al zichtbaar bij de toename van het drooggewicht. Na 2 weken wordt het effect ook duidelijk bij het versgewicht. Dit effect komt voor bij beide teelten, ondanks dat het absolute lichtniveau sterk verschillend is. Concluderend kan gesteld worden dat het lichtniveau in beide teelten nog beperkend is en extra lichthoeveelheid voor een toename in groei zorgt.

Euro vertoonde een geringe afname van groeisnelheid van versgewicht en drooggewicht per lichthoeveelheid in de laatste weken van de teelt in vergelijking met Reagan. Indien Euro continu werd belicht nam in de eerste teelt de groeisnelheid zeer weinig af. De groeisnelheid van de behandelingen met een lager lichtniveau in de laatste teeltfase nam sterker af.

Reagan vertoonde in beide teelten een sterke afname in groeisnelheid van vers- en drooggewicht ongeacht de lichthoeveelheid. Concluderend kan gesteld worden dat de Euro langer gewicht maakt dan de Reagan. De Reagan slaat de energie meer op in de vorm van drogestof. De twee rassen laten een duidelijk ander groeipatroon zien en reageren daardoor afwijkend op het lichtaanbod in de laatste fase van de teelt. Gezien de toename van het drogestofgehalte tijdens de teelt, lijkt er nog perspectief om het toegediende licht beter te benutten tijdens de teelt.

Duidelijke verschillen in afname van groeisnelheid tussen hoge en lage plantdichtheden waren niet waarneembaar. Het groeipatroon van de planten bij de diverse plantdichtheden is gelijk. Blijkbaar speelt totale lichtsom hierin geen bepalende rol.

Energiezuiniger telen onder assimilatiebelichting is mogelijk, door gebruik te maken van de afgegeven warmte van de lampen en door een lagere stooktemperatuur en een hogere luchttemperatuur in te stellen. In de twee teelten waren er geen duidelijke kwaliteit- en kwantiteitverschillen tussen de verschillende klimaatregimes waarneembaar. De energiezuinige aanpak toont een trend tot langere planten, waarschijnlijk als gevolg van de grotere verschillen in minimum- en maximumtemperatuur, waardoor mogelijk meer remstof nodig zal zijn.

Uit de vergelijking tussen kasttemperatuur en planttemperatuur blijkt de belichting de planttemperatuur sterker te beïnvloeden dan de omgevingstemperatuur. Dit verklaart ook de afwezigheid van groeiverschillen tussen de twee behandelingen. Geconcludeerd kan worden dat belichting een andere, energiezuinigere, klimaatregeling mogelijk maakt.

De economische evaluatie laat zien dat de beproefde lichtniveaus gedurende de gehele teelt voldoende extra groei genereren om een economische keuze voor continu belichten te verantwoorden.

1 Inleiding en doel

Uit belichtingsonderzoek bij PPO in 2001/2002 werd als voorlopige conclusie geformuleerd dat de groei per lichteveelheid aan het einde van de teelt sterk afneemt, ongeacht het effect van natuurlijk zonlicht. Deze voorlopige conclusie is gepresenteerd op een bijeenkomst met chrysantentelers op de Floriade 2002. De ontwikkeling van belichte teelt bij Chrysant was toen volop gaande en de vraag was of deze conclusie stand kon houden. Deze vraag werd nog sterker toen in een ander onderzoek (J.H. Lee, E. Heuvelink and H. Challa, Wageningen University, 2002) de conclusie werd getrokken dat de fotosynthese even efficiënt blijft gedurende de gehele teelt.

Bij de ontwikkeling van belichting is efficiëntie van de belichting bedrijfseconomisch van groot belang voor enerzijds kostenbeheersing en anderzijds productieverhoging. Als het gebruik van assimilatielicht in de laatste fase van de teelt inefficiënt is zou bij een gelijke efficiëntie over de gehele teelt dit een potentiële productieverhoging betekenen. Indien het echter niet mogelijk blijkt om de groei te realiseren is er een kostenbesparing op elektriciteitsverbruik te bereiken.

Momenteel is het areaal belichte teelt in de chrysant ongeveer 50%. De verwachting bestaat dat dit aandeel in de komende drie jaar uit zal breiden. De inschattingen lopen uiteen tussen 75 % en 95% van het totale areaal in 2005. Dit zou betekenen dat een groot deel van de bestaande bedrijven en (vrijwel) alle nieuwe bedrijven (250 tot 350 ha) tot de aanschaf en het gebruik van een belichtingsinstallatie zullen besluiten. In 2001 en 2002 is door PPO onderzoek verricht waarbij aangetoond is dat hoge(re) belichtingsniveaus interessant kunnen zijn in de moderne chrysantenteelt. Daarnaast blijkt de chrysant, meer dan andere gewassen, minder gevoelig te zijn voor continu belichten in de vegetatieve fase. Per periode van de teelt kan het extra groei-effect van de belichting op de chrysant anders te liggen. Dit biedt mogelijkheden om strategieën op te stellen waarbij belicht wordt op momenten die het teelttechnisch en bedrijfseconomisch het meest interessant is.

Doelstellingen

1. Het verbeteren van belichtingsstrategie voor de teelt van chrysant onder assimilatiebelichting (gedurende de generatieve fase).
2. Vaststellen van mogelijkheden voor verhoging van de energiebenutting bij gebruik van assimilatiebelichting.
3. Vaststellen of de groei per teeltfase verschillend is en welke teeltomstandigheden zoals assimilatiebelichting, ras, plantdichtheid en temperatuur dit kunnen beïnvloeden.

Hypothesen

1. Gebruik van assimilatiebelichting gedurende de eerste fase van de KD is efficiënter voor de groei dan in de laatste fase van de KD
2. De efficiëntie van belichting voor de groei is afhankelijk van de geteelde cultivar.
3. De efficiëntie van belichting voor de groei is onafhankelijk van de plantdichtheid.
4. Toepassen van energiezuinige klimaatregeling heeft geen negatieve effecten op plantontwikkeling en productie.
5. Bij gebruik van assimilatiebelichting kan een lagere kastemperatuur worden ingesteld bij gelijkblijvende planttemperatuur.

2 Opzet en uitvoering

2.1 Proefopzet

2.1.1 Eerste teelt

Het onderzoek is uitgevoerd in kas 19 en 20 van PPO te Horst van week 40 t/m week 50 2002.

- In de kassen is geteeld met verschillende klimaatregimes, waardoor er een onderscheid werd gemaakt in etmaal temperatuur.
 - Kas 19: stook-luchtingstemperatuur 18-25 is een energiezuinige strategie, waarbij de gemiddelde etmaal temperatuur een halve graad hoger was dan in kas 20. Dit is behandeling 'Energie' (stooktemperaturen 18/19 D/N)
 - Kas 20: stook-luchtingstemperatuur: 19-20,5. Dit is behandeling 'Normaal' (stooktemperaturen 19/20 D/N)
- De belichting vindt plaats volgens twee strategieën. In de LD- periode worden alle behandeling op dezelfde manier belicht; 22 uur per dag, alle lampen aan gedurende 13 dagen. In de KD-periode wordt 11,5 uur belicht.
In elke kas wordt in de KD-periode één deel tot het einde continu belicht met alle lampen aan. Deze behandeling wordt in het vervolg 'continu' genoemd.
In het andere deel van de kas wordt tot ongeveer 4 weken voor de oogst belicht met alle lampen aan, daarna wordt 50% van de lampen uitgedraaid, dit is behandeling '50% uit'.
- Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de rassen Euro en Reagan. Uit onderzoek van 2001/2002 bij PPO bleek namelijk dat het ras Reagan het sterkste effect van groeivertraging liet zien in de laatste fase van de teelt. Het ras Euro leek het langste te blijven doorgroeien.
- Twee plantdichtheden: 44.8 en 59.4 planten /m²

2.1.2 Tweede teelt

Het onderzoek is uitgevoerd in afdelingen 19 en 20 van PPO te Horst van week 51 2002 t/m week 9 2003.

- In de afdelingen is geteeld met een verschillend klimaatregime.
Afdeling 19: stook-luchtingstemperatuur 19-21°C een normale strategie (stookregime 19/20 D/N)
Afdeling 20: stook-luchtingstemperatuur 18-23°C is een energiezuinige strategie (stookregime 18/19).
- De belichting vindt plaats volgens twee strategieën. In de LD- periode worden alle behandeling op dezelfde manier belicht; 22 uur per dag gedurende 11 dagen. In de KD-periode wordt 11,5 uur belicht gedurende de rest van de teelt.
In elke kas wordt in de KD-periode één deel tot het einde continu belicht met alle lampen aan. Deze behandeling wordt in het vervolg 'continu' genoemd.
In het andere deel van de kas wordt tot ongeveer 4 weken voor de oogst belicht met alle lampen aan, daarna worden alle lampen uitgedraaid, dit is behandeling '100% uit'
- De rassen zijn Euro en Reagan

- Twee plantdichtheden: 59,4 en 67.1 planten /m²

In totaal zijn er per teelt 16 verschillende behandelingen uitgevoerd in enkelvoud. Per behandeling zijn vier meetvelden gebruikt om een vorm van herhaling te verkrijgen. (tabel 2.1).

Tabel 2.1: Overzicht van de verschillende behandelingen

Stookregime praktijk			Stookregime energiezuinig		
Belichting	Ras	Plantdichtheid	Belichting	Ras	Plantdichtheid
Verlaging lichtniveau	Euro	Laag	Verlaging lichtniveau	Euro	Laag
Verlaging lichtniveau	Euro	Hoog	Verlaging lichtniveau	Euro	Hoog
Verlaging lichtniveau	Reagan	Laag	Verlaging lichtniveau	Reagan	Laag
Verlaging lichtniveau	Reagan	Hoog	Verlaging lichtniveau	Reagan	Hoog
continu	Euro	Laag	continu	Euro	Laag
continu	Euro	Hoog	continu	Euro	Hoog
continu	Reagan	Laag	continu	Reagan	Laag
continu	Reagan	Hoog	continu	Reagan	Hoog

2.2 Proef- en teeltgegevens

In tabel 2.2 staan in het kort de belangrijkste teeltgegevens weergegeven.

De plantdichtheid is in de tweede teelt aangepast vanwege de hoge versgewichten tijdens teelt 1.

Tabel 2.1: Teeltgegevens van het belichtingsonderzoek in chrysanten

	Teelt 1	Teelt 2
Teeltperiode	40.2 – 50.1/50.2	51.2 – 8.6/9.1
Teelduur	69-70 dgn	67-69 dgn
Begin korte dag	42.1	52.7
Aantal lange dagen	13 dgn	11 dgn
Aantal korte dagen	56-57 dgn	56-58 dgn
Verlaging 50%uit of 100% uit	46.2	5.2
Remmoment	44.2	3.5
Plantdichtheid	44.8 en 59.4 pl/m ²	59.4 en 67.1 pl/m ²
Veilgewicht	97 +/- 20 gr	64 +/- 19 gr

Het gerealiseerde belichtingsniveau van de belichte proefvelden varieerde tijdens de teelt als gevolg van het uitschakelen van de lampen in een gedeelte van de proef, 4 weken voor het einde van de teelt. Alle combinaties zijn nagemeten en deze waarden zijn gebruikt voor de verwerking van de resultaten (zie tabel 2.3).

Tabel 2.3: gemeten waarden voor de lichthoeveelheid in verschillende combinaties

Belichting	lampen aan	lampen 50% uit	Lampen 100% uit
LD: alle lampen aan	5837 lux		
KD: 1 deel alle lampen aan, 1 deel lampen half uit	6848 lux	3261 lux	
KD: 1 deel alle lampen aan, 1 deel alle lampen uit	7608 lux		707 lux

2.3 Waarnemingen

2.3.1 Klimaat

Continu metingen zijn gedaan aan kasttemperatuur, planttemperatuur, buistemperatuur van onder- en bovennet, raamstanden, en buitenstraling.

Elke 5 minuten werden, door middel van de aanwezige meetboxen, klimaatgegevens in en buiten de kas geregistreerd.

2.3.2 Plantmetingen

Zes maal gedurende de teelt, ongeveer elke 14 dagen, werden uit elk proefveldje 6 planten genomen en beoordeeld op lengte, aantal bladeren, versgewicht, drooggewicht en bladoppervlakte. Aan het einde van de teelt zijn tevens het aantal knoppen per tak en het veilbare gewicht gemeten. Ook is de bloeisnelheid van elke behandeling bepaald.

3 Resultaten plantmetingen

Alle metingen kunnen worden gebruikt in een analyse van de effecten. De proefopzet is complex, waarbij weergave van de resultaten in een keer een onoverzichtelijk resultaat geeft. Daarom is er voor gekozen alle resultaten steeds op een andere wijze te groeperen en interacties tussen bepaalde factoren apart te bespreken. De statistische analyse is uitgevoerd met Genstat. Van elke oogst week is een analyse gemaakt met een "Generalized Linear Mixed Model". Daarbij is de invloed van het teeltregime als random variatie beschouwd.

3.1 Lichtinvloeden

Om het effect van verschil in lichtintensiteit op de groei vast te stellen is elke 2 weken een plantmeting verricht. In tabel 3.1 en 3.2 zijn de resultaten van deze metingen per teelt weergegeven.

Tabel 3.1: Waarden van verschillende planteigenschappen van continu belichte behandelingen en behandelingen waarvan in de laatste vier weken het belichtingsniveau is gehalveerd, gemeten op 6 meetmomenten gedurende de eerste teelt.

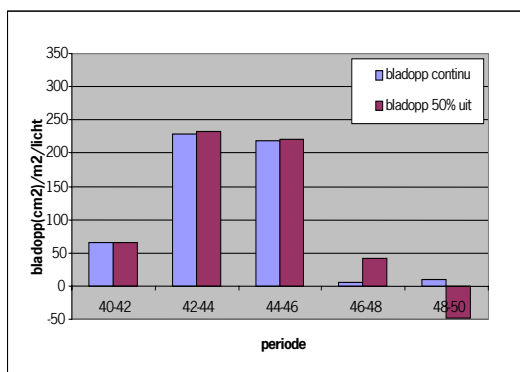
Meetdd:	week.dag	40.2	42.2	44.2	46.4	48.2	50.1
	belichting		s*	s*	s*	s*	s*
Lengte (cm)	continu	12,3	30,7	56,8	72,3	78,2	80,7
	50% uit	12,3	30,5	56,7	72,8	79,0	82,4
Aantal Bladeren	continu	8,3	15,6	24,4	30,4	28,4	28,5
	50% uit	8,3	15,9	23,6	30,6	28,5	28,1
Vers - Gewicht (g)	continu	2,9	17,7	48,9	77,3	92,3	103,0
	50% uit	2,9	16,9	49,0	77,2	88,1	95,3
Droog - Gewicht (g)	continu	0,2	1,9	4,3	7,0	9,2	10,6
	50% uit	0,2	1,8	4,3	7,1	8,4	9,5
Bladopp per plant (cm)	continu	68	310	852	1348	1396	1375
	50% uit	68	307	856	1200	1323	1344
% drogestof	continu		10,6	8,9	9,1	10,0	10,31
	50% uit		10,9	8,7	9,3	9,6 a	10,01

Tabel 3.2: Waarden van verschillende planteigenschappen van continu belichte behandelingen en behandelingen waarvan in de laatste vier weken de belichting is uitgeschakeld, gemeten op 6 meetmomenten gedurende de tweede teelt

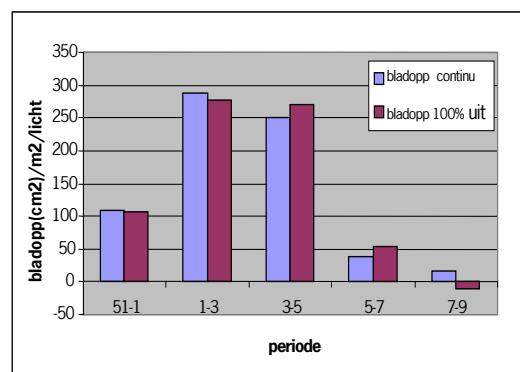
meetdd:	week.dag	51.2	1.1	3.3	5.2	7.2/7.3	8.6/9.1
	belichting		s	s	s*	s*	s*
Lengte (cm)	continu	12,7	26,2	48,2	63,7	73,7	77,0
	100% uit	12,7	26,0	48,1	63,6	72,9	77,1
Aantal Bladeren	continu	7,8	14,8	22,6	28,4	29,4	29,1
	100% uit	7,8	14,8	22,5	28,3	29,2	29,2
Vers- Gewicht (g)	continu	2,9	10,0	27,9	43,8	55,7	68,8
	100% uit	2,9	9,9	26,8	43,2	51,3	59,9
Droog- Gewicht (g)	continu	0,21	1,06	2,52	4,13	5,94	8,04
	100% uit	0,21	1,04	2,47	4,11	5,11	6,70
Bladopp per plant	continu	65	202	572	873	940	947
	100% uit	65	199	536	832	908	916
% drogestof	continu		10,7	9,0	9,4	10,7	11,7
	100% uit		10,5	9,2	9,5	10,0	11,2

Uit de tabellen blijkt dat de verschillen tussen de twee belichtingsregimes gedurende de twee teelten niet significant zijn als alle overige factoren, ras, plantdichtheid en teeltregime, buiten beschouwing worden gelaten.

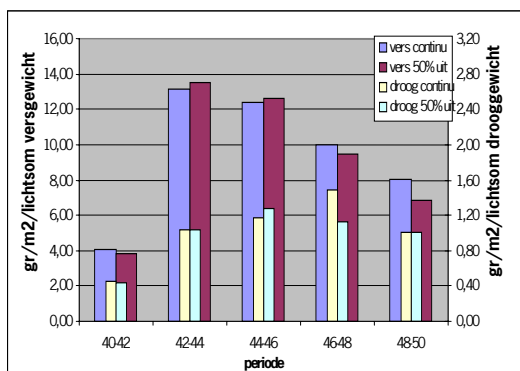
In de grafieken 3.1 t/m 3.4 zijn de gewichten en bladoppervlaktes per lichtevoelheid in de loop van de teelt weergegeven. Uit de meetgegevens blijkt de bladoppervlakte in de laatste 4 weken van de teelt nauwelijks toe te nemen, door afsterving van blad wordt zelfs een afname geconstateerd. Het verlagen van het belichtingsniveau heeft in beide teelten geleid tot meer afsterving van oudere bladeren. Verder blijkt de groeisnelheid voor versgewicht in de laatste periode van de teelt af te nemen, zoals eerder aangetoond. Dit geldt voor beide teelten. De groei, uitgedrukt in drooggewicht neemt minder of niet af, in teelt 1 blijkt deze vrijwel gelijk te blijven. De toename in versgewicht gedraagt zich in de twee teelten anders dan de toename van het droge stofgewicht. Blijkbaar is er verschil in aanmaak en ontwikkeling van organen zoals blad en bloemen aan het einde van de teelt afhankelijk van diverse factoren. De droge stof wordt dan op een andere wijze over de organen verdeeld zodat de versgewichttoename anders is. Dat de droge stof toename redelijk constant blijft komt overeen met het onderzoek van Lee et al (2002).



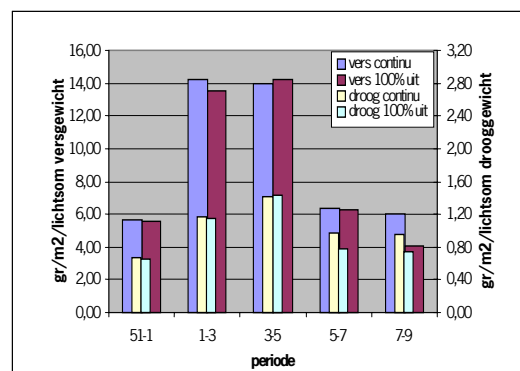
Grafiek 3.1: groei bladoppervlakte per m2 per lichtevoelheid in de eerste teelt



Grafiek 3.2: groei bladoppervlakte per m2 per lichtevoelheid in de tweede teelt



Grafiek 3.3: groei van vers en drooggewicht per lichtevoelheid onder continue hoge belichting en onder hoge belichting gevolgd door 4 weken lampen voor de helft uit in de eerste teelt



Grafiek 3.4: groei van vers- en drooggewicht/m2 per lichtevoelheid onder continue belichting of belichting 4 weken voor oogst uit in de tweede teelt

3.2 Rasinvloeden

In 2001/2002 zijn duidelijke verschillen geconstateerd tussen rassen. Deze effecten leken voor een gedeelte toe te schrijven aan het groeipatroon van het ras. Vandaar dat verondersteld wordt dat de groei van de diverse rassen onder assimilatiebelichting verschillend is. De proeven zijn daarom uitgevoerd met 2 rassen.

In tabel 3.3 en 3.4 zijn de resultaten weergegeven van de rassen, Reagan en Euro, per teelt. Hieruit blijkt dat Euro de langste en de zwaarste takken opleverde, ondanks het lagere startgewicht. Reagan gaf de meeste bladeren en het hoogste bladoppervlakte, als gevolg van een geringere afsterfing van de oudere bladeren. Ongeveer 4 weken voor einde teelt zijn alle bladeren ontvouwd. Het verschil in aantal bladeren in de eerste teelt is veroorzaakt door het verschil in bladaantal bij aanvang van de teelt. Opvallend zijn de grote verschillen in gewicht tussen Reagan en Euro. In beide teelten is het eindgewicht van de Euro 14% hoger dan Reagan. Dit verschil wordt voornamelijk gerealiseerd in de laatste 4 weken van de teelt. Opvallend is de sterke toename van het drogestofgehalte van het ras Reagan, zowel in absolute zin als in vergelijking met Euro. Concluderend kan gesteld worden dat de Euro langer versgewicht maakt dan de Reagan. De Reagan slaat meer energie op in de vorm van drogestof.

Tabel 3.3: Waarden van verschillende planteigenschappen van de twee rassen, gemeten op 6 meetmomenten gedurende de eerste teelt

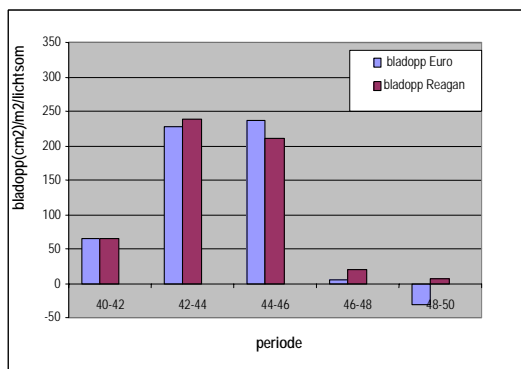
Meetdd:		40.2	42.2	44.2	46.4	48.2	50.1
	Ras		s*	s*	s*	s*	s*
Lengte (cm)	Euro	11,8	28,3 a	56,7 a	74,0 b	80,8 b	83,9 b
	Reagan	14,2	33,1 b	57,6 b	72,3 a	77,6 a	80,5 a
Bladopp. (cm ² /m ²)	Euro	3726	16082 a	44250 a	72271 a	72610 a	70734 a
	Reagan	3888	16220 a	45605 a	70387 a	71776 a	72211 a
Aantal bladeren	Euro	8,1	14,9 a	24,3 a	29,3 a	27,8 a	27,7 a
	Reagan	8,7	16,6 b	23,9 a	31,8 b	29,3 b	29,2 b
versgewicht (g)	Euro	2,8	15,8 a	48,5 a	79,1 b	93,7 b	107,7 b
	Reagan	3,5	19,3 b	50,7 b	77,4 b	88,7 a	94,6 a
Droog - Gewicht (g)	Euro	0,2	1,8 a	4,2 a	6,9 a	8,9 a	10,3 a
	Reagan	0,2	2,0 b	4,5 b	7,4 a	9,0 a	10,1 a
% Ds	Euro		11,3 b	8,7 a	9,6 a	9,5 a	9,6 a
	Reagan		10,2 a	8,9 a	9,2 b	10,1 b	10,7 b

Tabel 3.4: Waarden van verschillende planteigenschappen van de twee rassen, gemeten op 6 meetmomenten gedurende de tweede teelt

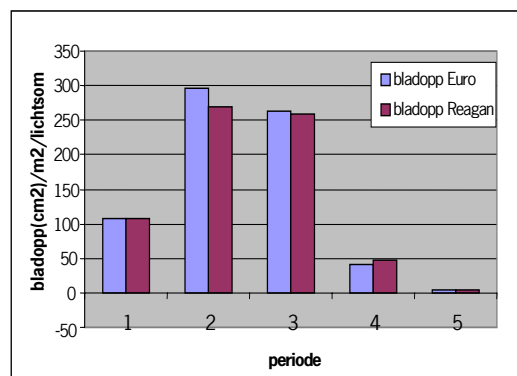
Meetdd:	week.dag	51.2	1.1	3.3	5.2	7.2/7.3	8.6/9.1
	Ras	s*	s*	s*	s*	s*	s*
Lengte (cm)	Euro	11,8 a	28,3 a	56,7 a	63,4 a	73,2 a	76,6 a
	Reagan	14,2 a	33,1 b	57,6 b	63,9 a	73,5 a	77,4 b
Bladopp. (cm ² /m ²)	Euro	4248 b	12804 a	36200 b	55238 a	59434 a	59919 a
	Reagan	3894 a	12557 a	33902 a	52624 a	57431 a	57916 a
Aantal bladeren	Euro	7,8 a	14,4 a	22,5 a	28,4 a	29,3 a	29,0 a
	Reagan	7,9 a	15,2 b	22,7 a	28,4 a	29,4 a	29,3 a
Versgewicht (g)	Euro	2,6 a	9,1 a	26,7 a	43,4 a	54,2 a	68,5 b
	Reagan	3,1 a	10,8 b	28,0 b	43,6 a	52,8 a	60,3 a
Droog - Gewicht (cm)	Euro	0,19 a	0,98 a	2,39 a	4,04 a	5,46 a	7,40 a
	Reagan	0,24 a	1,12 b	2,60 b	4,21 a	5,59 a	7,33 a
% drogestof	Euro		10,9 b	8,9 a	9,3 a	10,1 a	10,8 a
	Reagan		10,3 a	9,3 b	9,6 b	10,6 b	12,1 b

In grafiek 3.5 t/m 3.8 zijn de resultaten weergegeven als toename per lichtevoelheid (mol/m²). Uit deze resultaten blijkt de afname van de groei in de laatste fase van de teelt groter te zijn bij Reagan dan bij Euro. In teelt 1 blijft de groei van de Euro ongeveer gelijk gedurende de gehele teelt. Dit verschil is in de voorjaarsteelt niet aanwezig.

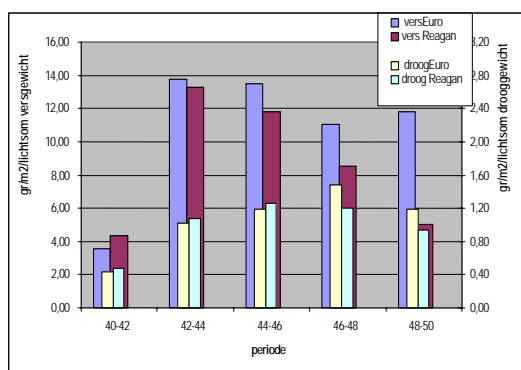
Concluderend kan gesteld worden dat de twee rassen een duidelijk ander groeipatroon laten zien.



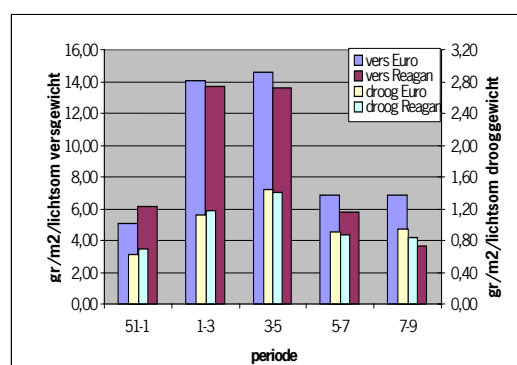
Grafiek 3.5: Groei bladoppervlakte per m² per lichtevoelheid van de drie verschillende rassen gedurende de eerste teelt



Grafiek 3.6: Groei bladoppervlakte per m² per lichtevoelheid van de rassen Euro en Reagan gedurende de tweede teelt



Grafiek 3.7: groei van vers en drooggewicht per lichtevoelheid van de drie rassen gedurende de eerste teelt



Grafiek 3.8: groei vers- en drooggewicht per lichtevoelheid van de rassen Euro en Reagan gedurende de tweede teelt

3.3 Interactie van belichting met ras

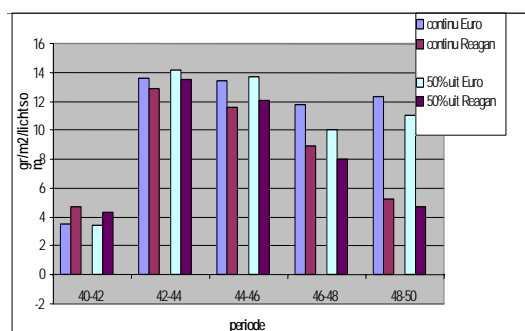
In tabellen 3.5 en 3.6 zijn de planteigenschappen van de twee rassen weergegeven bij de belichtingsbehandelingen. Hieruit blijkt een betrouwbaar verschil in toename van versgewicht van drooggewicht per ras. De behandelingen met continue belichting zijn bij Euro 10% en 13% zwaarder, bij Reagan 6% en 17%. De verschillen in toename van het drooggewicht zijn nog groter. Bij Euro is het drooggewicht onder continue belichting 12% en 18% hoger, bij Reagan 10% en 28%. Dit betekent dat van het extra toegediende licht niet alle extra opgebouwde energie ten goede komt aan het veiligewicht. Uit deze resultaten kan geconcludeerd worden dat de lichtefficiëntie van Reagan lager is dan Euro. Een tweede conclusie is dat de effecten van belichting op de groei anders worden aan het einde van de teelt tussen de twee rassen.

Tabel 3.5: Meetwaarden van de verschillende planteigenschappen van de twee rassen onder twee verschillende belichtingsstrategieën op het einde van de eerste teelt

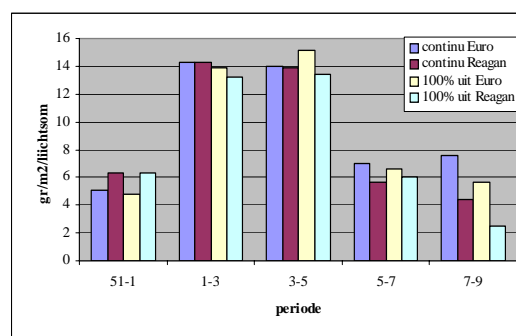
Week 50		Lengte (cm)	Bladopp (cm ²)	N blad	Versgew (g)	Droog-gew (g)	% DS
Eindbelichting	Ras	s*	s*	s*	s*	s*	s*
continu	Euro	83,0 bc	72749 a	28.2 a	112,9 c	10,9 a	9.67 a
continu	Reagan	79,6 a	72454 a	29.2 a	97,3 b	10,6 a	10.92 b
50% uit	Euro	84,9 c	68703 A	27.2 a	102,6 b	9,7 a	9.48 a
50% uit	Reagan	81,4 ab	71950 a	29.1 a	92,0 a	9,6 a	10.43 b

Tabel 3.6: Meetwaarden van de verschillende planteigenschappen van de twee rassen onder twee verschillende belichtingsstrategieën op het einde van de tweede teelt

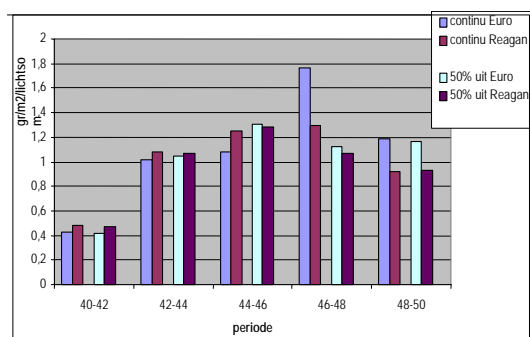
Week 8/9		Lengte (cm)	Bladopp (cm ²)	# Blad	Versgew (g)	Droog-gew (g)	% DS
Eindbelichting	Ras	s*	s*	s*	s*	s*	s*
continu	Euro	76,5 a	61163 a	29.1 a	72.8 c	8.02 b	11,0 a
continu	Reagan	77,4 a	60341 a	29.2 a	64.9 b	8.04 b	12,4 b
100% uit	Euro	76,8 a	58633 a	29.0 a	64.2 b	6.78 a	10,6 a
100% uit	Reagan	77,4 a	55470 a	29.9 a	55.7 a	6.62 a	11,9 b



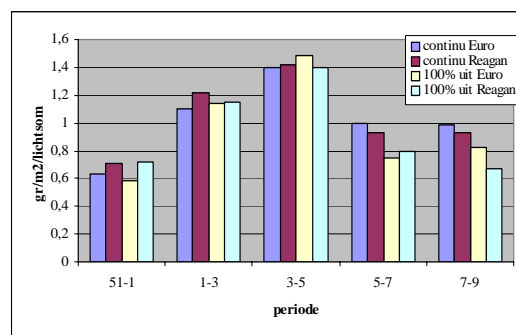
Grafiek 3.9: groei van versgewicht per lichteveelheid van de twee rassen onder twee verschillende belichtingsregimes in de eerste teelt



Grafiek 3.10: groei van het versgewicht per lichteveelheid van de twee rassen onder twee verschillende belichtingsregimes in de tweede teelt



Grafiek 3.11: groei van drooggewicht per lichteveelheid van de twee rassen onder twee verschillende belichtingsregimes in de eerste teelt



Grafiek 3.12: groei van het drooggewicht per lichteveelheid van de twee rassen onder twee verschillende belichtingsregimes in de tweede teelt

Grafieken 3.9 t/m 3.12 laten de ontwikkeling van het vers en drooggewicht zien gedurende de twee teelten. Opvallend zijn de verschillen in groeipatroon tussen de twee teelten en de verschillen in de relatie tussen drogestofopbouw en versgewichtproductie. Bij de rassen kan geconstateerd worden dat de lichtefficiëntie van de Reagan in de LD-periode hoger is dan bij Euro. Dit zal voornamelijk een gevolg zijn weggroei in combinatie met de verdeling van assimilaten naar de ondergrondse delen. Ondanks het hogere plantgewicht heeft de Reagan geen groter bladoppervlakte, waardoor de lichtonderschepping niet sterk zal verschillen. Opvallend gedurende de eerste teelt is de hoge efficiëntie van Euro in de lichtarme laatste 4 weken. Hieruit blijkt het grote verschil tussen de najaarsperiode met afnemend licht en de winterperiode met toenemend licht.

3.4 Invloeden plantdichtheden

Het is mogelijk dat de plantdichtheid invloed heeft op de efficiëntie van assimilatiebelichting. Planten in lage plantdichtheden ontvangen immers meer licht per plant dan planten in hoge plantdichtheden. De invloed van plantdichtheden op de verschillende planteigenschappen is in de volgende tabellen terug te vinden.

In tabel 3.7 t/m 3.10 zijn de resultaten weergegeven van de uitgevoerde metingen, uitgedrukt in meting per plant en per m². In teelt 1 zijn plantdichtheden aangehouden van 44,8 planten/m² en 59,4 planten/m². In teelt 2 was dit 59,4 en 67,1 pl/m². Uit de metingen van teelt 1 blijkt een duidelijk effect zichtbaar op het blad. Het aantal bladeren bij de hogere plantdichtheid neemt af in de laatste periode van de teelt. Dit wordt veroorzaakt door afsterving en is betrouwbaar meer bij de hoge plantdichtheden. In de tweede teelt is dit verschil minder aanwezig. Uit de metingen blijkt verder dat de drogestofgehalten van de planten niet beïnvloedt worden door de plantdichtheden. Er is dus geen aanwijsbaar effect van de plantdichtheid op de verdeling van assimilaten in de plant. Daaruit zou ook geconcludeerd kunnen worden dat de totale lichtsom per plant niet bepalend is voor de verdeling van de assimilaten, maar dat andere factoren een belangrijkere rol spelen.

Als gekeken wordt naar de productie in versgewicht per m² kan geconcludeerd worden dat de hogere plantdichtheid, zoals te verwachten was, ook voor een grotere eindproductie heeft gezorgd, wel bij een lager gemiddeld takgewicht.

Tabel 3.7: Meetwaarden van verschillende planteigenschappen van de behandelingen hoge en lage plantdichtheid, gemeten op 6 meetmomenten gedurende de eerste teelt. De meetgegevens zijn weergegeven per plant

Meetdd:		40.2	42.2	44.2	46.4	48.2	50.1
	plant - dichtheid		s*	s*	s*	s*	s*
Lengte	Laag	12,3	30,9 a	56,2 a	71,8 a	77,4 a	80,4 a
	Hoog	12,3	30,2 b	57,3 a	73,2 b	79,7 b	82,7 b
Blad- oppervlakte	Laag	68	320 b	927 b	1483 b	1499 b	1488 b
	Hoog	68	296 a	780 a	1213 a	1258 a	1231 a
Aantal bladeren	Laag	8,3	15,9 a	24,8 a	30,8 a	28,7 a	28,9 b
	Hoog	8,3	15,6 a	23,3 a	30,2 a	28,2 a	27,7 a
Vers - gewicht	Laag	2,9	17,9 b	53,2 b	86,1 b	99,8 b	111,2 b
	Hoog	2,9	16,9 a	44,8 a	68,4 a	80,6 a	87,1 a
Droog - gewicht	Laag	0,2	1,9 b	4,7 b	8,0 b	9,8 b	11,2 b
	Hoog	0,2	1,8 a	3,9 a	6,2 a	7,8 a	8,9 a
% droge stof	Laag		10,8 a	8,8 a	9,2 a	9,8 a	10,1 a
	Hoog		10,7 a	8,7 a	9,1 a	9,7 a	10,2 a

Tabel 3.8: Meetwaarden van verschillende planteigenschappen van de behandelingen hoge en lage plantdichtheid, gemeten op 6 meetmomenten gedurende de eerste teelt. De meetgegevens zijn weergegeven per m².

Meetdd:		40.2	42.2	44.2	46.4	48.2	50.1
	plant - dichtheid		s*	s*	s*	s*	s*
Blad- oppervlakte	Laag	3028	14329 b	41545 b	66438 b	67155 b	66677 b
	Hoog	4014	17592 a	46352 a	72042 a	74745 a	73102 a
Aantal bladeren	Laag	371	712 a	1110 a	1378 a	1284 a	1293 b
	Hoog	491	924 a	1383 a	1794 a	1675 a	1646 a
Vers - gewicht	Laag	132	802 b	2381 b	3857 b	4469 b	4983 b
	Hoog	174	1001 a	2658 a	4062 a	4789 a	5176 a
Droog - gewicht	Laag	10.8	85.9 b	211.4 b	356.3 b	439.0 b	499.6 b
	Hoog	14.4	105.9 a	230.7 a	367.3 a	466.2 a	528.1 a
% droge stof	Laag		10.8 a	8.8 a	9.2 a	9.8 a	10.1 a
	Hoog		10.7 a	8.7 a	9.1 a	9.7 a	10.2 a

Tabel 3.9: Meetwaarden van verschillende planteigenschappen van de behandelingen hoge en lage plantdichtheid, gemeten op 6 meetmomenten gedurende de tweede teelt. De meetgegevens zijn weergegeven per plant

meetdd:	week.dag	51.2	1.1	3.3	5.2	7.2/7. 3	8.6/9. 1
	Plantdicht heid	s*	s*	s*	s*	s*	s*
Lengte	Laag	12,3	30,9 a	56,2 a	63,6 a	73,0 a	76,7 a
	Hoog	12,3	30,2 b	57,3 a	63,8 a	73,7 a	77,4 a
Blad- oppervlakte	Laag	64.4	202 a	565 a	889 b	972 b	955 b
	Hoog	64.4	199 a	543 a	816 a	876 a	908 a
Aantal bladeren	Laag	7,8	14,8 a	22,6 a	28,6 b	29,4 a	29,3 a
	Hoog	7,8	14,9 a	22,5 a	28,1 a	29,3 a	29,0 a
Vers- gewicht	Laag	2,9	9,9 a	28,2 b	45,4 b	56,1 b	66,2 b
	Hoog	2,9	9,9 a	26,5 a	41,6 a	50,8 a	62,6 a
Droog- gewicht	Laag	0,21	1,04 a	2,56 b	4,32 b	5,80 b	7,60 b
	Hoog	0,21	1,06 a	2,42 a	3,93 a	5,25 a	7,14 a
% drogestof	Laag		10,5 a	9,1 a	9,5 a	10,3 a	11,5 a
	Hoog		10,7 a	9,1 a	9,4 a	10,3 a	11,5 a

Tabel 3.10: Meetwaarden van verschillende planteigenschappen van de behandelingen hoge en lage plantdichtheid, gemeten op 6 meetmomenten gedurende de tweede teelt. De meetgegevens zijn weergegeven per m²

meetdd:	week.dag	51.2	1.1	3.3	5.2	7.2/7. 3	8.6/9. 1
	Plantdicht heid	s*	s*	s*	s*	s*	s*
Lengte	Laag	731	1835 a	3338 a	3778 a	4336 a	4556 a
	Hoog	825	2026 b	3845 a	4281 a	4945 a	5194 a
Blad- oppervlakte	Laag	3823	11995 a	33581 a	52826 b	57717 b	56707 b
	Hoog	4319	13353 a	36435 a	54754 a	58780 a	60927 a
Aantal bladeren	Laag	463	879 a	1342 a	1699 b	1746 a	1740 a
	Hoog	523	1000 a	1510 a	1886 a	1966 a	1946 a
Vers- gewicht	Laag	172	588 a	1675 b	2697 b	3332 b	3932 b
	Hoog	195	664 a	1778 a	2791 a	3409 a	4200 a
Droog- gewicht	Laag	12,5	61,8 a	152,1 b	256,6 b	344,5 b	451,4 b
	Hoog	14,1	71,1 a	162,4 a	263,7 a	352,3 a	479,1 a

3.5 Interactie belichting en plantdichtheid

In tabel 3.11 t/m 3.14 zijn de resultaten weergegeven van de belichtingsbehandelingen in combinatie met de plantdichthedenproef. Hieruit blijkt eenzelfde effect als in paragraaf 3.4 beschreven.

Tabel 3.11: Eindresultaten van de behandelingen met verschillende plantdichtheden en assimilatiebelichtingen teelt 1. Resultaten zijn per plant weergegeven

week 50		Lengte		Bladopp		# blad		Versgew		Drooggew		% DS	
belichting	Plantdichtheid	s		s		s		s		s		s	
continu	Laag	79,7	a	1507	b	29,2	a	116,5	c	11,8	c	10.22	a
continu	Hoog	81,7	bc	1243	a	27,9	a	89,5	a	9,3	a	10.40	a
50% uit	Laag	81,2	ab	1470	b	28,6	a	106,0	b	10,5	b	9.93	a
50% uit	Hoog	83,6	c	1219	a	27,5	a	84,7	a	8,5	a	10.08	a

Tabel 3.12: Eindresultaten van de behandelingen met verschillende plantdichtheden en assimilatiebelichtingen teelt 1. Resultaten zijn per m² weergegeven.

week 50		Lengte		Bladopp		# blad		Versgew		Drooggew	
belichting	Plantdichtheid	s		s		s		s		s	
continu	Laag	3571	a	67514	b	1308	a	5219	c	529	c
continu	Hoog	4853	bc	73834	a	1657	a	5032	a	552	a
50% uit	Laag	3638	ab	65856	b	1281	a	4749	b	470	b
50% uit	Hoog	4966	c	72409	a	1635	a	5031	a	505	a

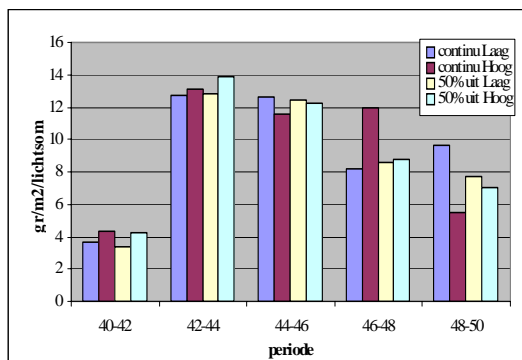
Tabel 3.13: Eindresultaten van de behandelingen met verschillende plantdichtheden en assimilatiebelichtingen teelt 2. Resultaten zijn weergegeven per plant

week 8/9		Lengte		Bladopp		# Blad		Versgew		Drooggew		% DS	
Belichting	Plantdichtheid	s		s		s		s		s		s	
continu	Laag	76.6	a	960	b	29.4	a	69.4	c	8.21	c	11,8	a
continu	Hoog	77.3	a	962	b	28.9	a	67.8	c	7.86	bc	11,6	a
100% uit	Laag	76.7	a	950	b	29.3	a	62.9	b	6.98	b	11,1	a
100% uit	Hoog	77.5	a	854	a	29.1	a	56.9	a	6.41	a	11,3	a

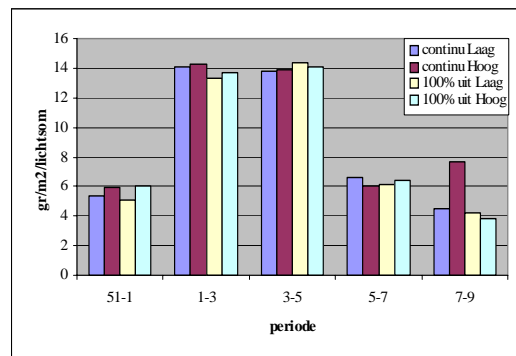
Tabel 3.14: Eindresultaten van de behandelingen met verschillende plantdichtheden en assimilatiebelichtingen teelt 2. Resultaten zijn weergegeven per m²

week 8/9		Lengte		Bladopp		# Blad		Versgew		Drooggew		% DS	
Belichting	Plantdichtheid	s		s		s		s		s		s	
continu	Laag	4551	a	57024	b	1746	a	4122	c	488	c	11,8	a
continu	Hoog	5185	a	64528	b	1939	a	4549	c	527	bc	11,6	a
100% uit	Laag	4557	a	56410	b	1740	a	3736	b	415	b	11,1	a
100% uit	Hoog	5198	a	57326	a	1953	a	3818	a	430	a	11,3	a

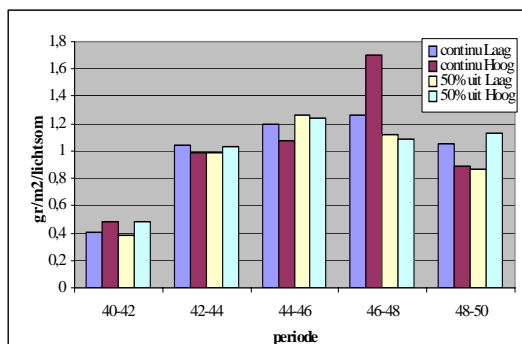
In grafiek 3.13 t/m 3.16 worden de resultaten weergegeven na correctie voor de lichtsom. Hieruit blijkt het groeipatroon van de planten bij de diverse plantdichtheden gelijk te zijn. Geconstateerd kan worden dat de totale lichtsom hierin geen bepalende rol speelt.



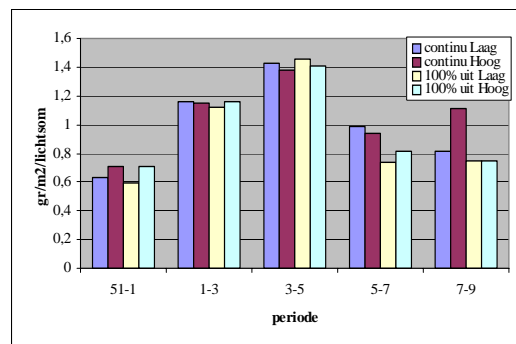
Grafiek 3.13: groei van versgewicht per lichthoeveelheid van planten geteeld onder twee verschillende belichtingsregimes in combinatie met hoge en lage plantdichtheden (resp. 59 en 44 planten per m²)



Grafiek 3.14: groei van het drooggewicht per lichthoeveelheid van planten in hoge en lage plantdichtheden (resp. 67 en 59 planten per m²) onder twee belichtingsstrategieën



Grafiek 3.15: groei van drooggewicht per lichthoeveelheid van planten geteeld onder twee verschillende belichtingsregimes in combinatie met hoge en lage plantdichtheden (resp. 59 en 44 planten per m²)



Grafiek 3.16: groei van het versgewicht per lichthoeveelheid van planten in hoge en lage plantdichtheden (resp. 67 en 59 planten per m²) onder twee belichtingsstrategieën

4 Bloei

Het tot bloei komen van de planten is onder andere afhankelijk van de hoeveelheid ontvangen licht per plant. In de onderstaande grafieken en tabellen zijn de gegevens van het verloop van de bloei verwerkt.

4.1.1 Bloei verloop eerste teelt

In de laatste week van de eerste teelt zijn per proefveld het aantal takken met 3 of meer open bloemen geteld. In de velden met hoge plantdichtheden zijn 35 takken beoordeeld in velden met lage plantdichtheden zijn 24 takken beoordeeld.

Tabel 4.1: Percentage takken met 3 of meer open bloemen in de eerste teelt.

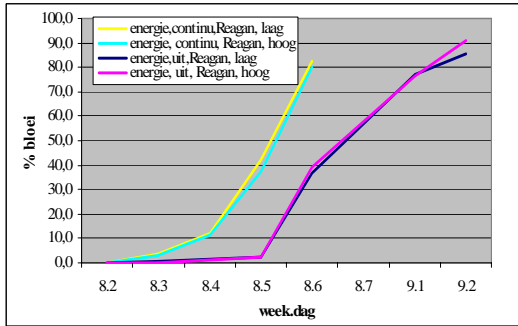
			dag >	1	2	3	4	5	6	7	
Klimaat	Belichting	Ras	week.dag >	49.3	49.4	49.5	49.6	49.7	50.1	50.2	
Normaal	Continu	Reagan	Laag	0.0	1.0	5.2			83.3		
			Hoog	0.0	0.0	2.1			82.1		
		Euro	Laag	5.2	21.9	47.9			100		
			Hoog	2.9	8.6	27.9			90.0		
	50%	Reagan	Laag	0	0	2.1			61.5	77.8	
			Hoog	0	0	0.7			50.7	71.4	
		Euro	Laag	0	3.1	26.0			83.3	95.8	
			Hoog	2.1	5.0	18.6			70.7	85.7	
	Energie	Continu	Reagan	Laag	1.0	4.2	7.3			94.8	
				Hoog	0	1.4	3.6			89.3	
Euro			Laag	0	17.7	36.5			99.0		
			Hoog	5.0	12.1	17.1			88.6		
50%		Reagan	Laag	0	0	0			70.8	85.4	
			Hoog	0	0	0			63.6	81.4	
		Euro	Laag	4.2	6.3	25.0			88.5	95.8	
			Hoog	0	1.4	7.9			80.0	92.9	

Uit de resultaten blijkt dat bij Reagan en Euro de reactietijd korter is indien continu belicht wordt. Bij de Euro is de hogere plantdichtheid 1 dag later. Bij Reagan is de reactietijd tussen deze behandelingen gelijk. Er is geen verschil geconstateerd tussen de energiezuinige en praktijkgestuurde teelt. Euro is iets sneller in bloei dan Reagan.

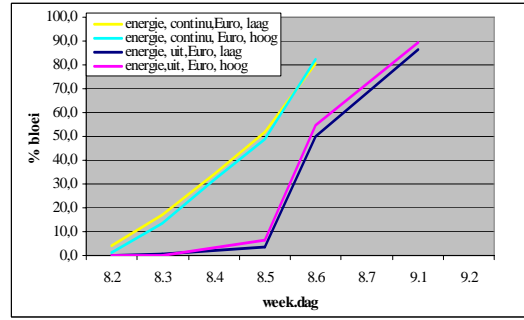
4.1.2 Bloei verloop tweede teelt

In de laatste week van de tweede teelt zijn per proefveld het aantal takken met 3 of meer open bloemen geteld. In de proefvelden met lage plantdichtheden waren dit 40 planten, bij hoge plantdichtheden waren dit 45 planten.

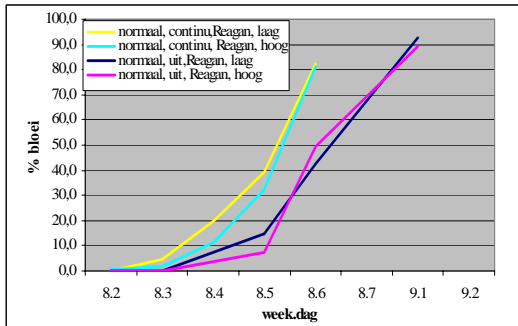
In de grafieken 4.1 t/m 4.4 staan de resultaten van het bloeiverloop van de tweede teelt weergegeven. Uit de grafieken blijkt dat tussen de behandelingen in plantdichtheid geen verschillen waarneembaar zijn, evenals tussen de energiezuinige behandeling t.o.v. de praktijkbehandeling. De behandeling waarbij gedurende de gehele teelt met hetzelfde niveau belicht is, is ook in de tweede teelt een dag sneller in bloei.



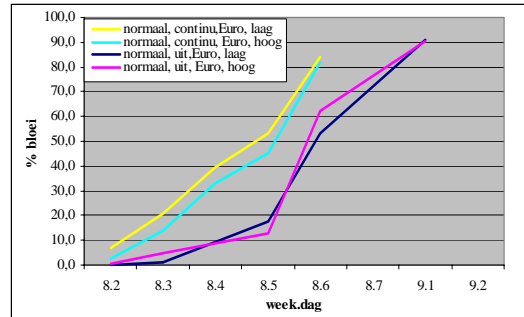
Grafiek 4.1: Bloeiverloop Reagan bij de tweede teelt bij de energiezuinige behandelingen.



Grafiek 4.2: Bloeiverloop Euro bij de tweede teelt bij de energiezuinige behandelingen.



Grafiek 4.3: Bloeiverloop Reagan bij de tweede teelt onder praktijkomstandigheden.

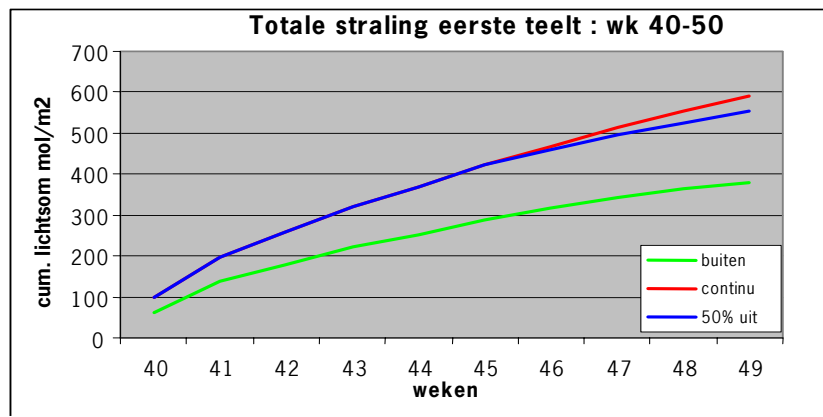


Grafiek 4.4: Bloeiverloop Euro bij de tweede teelt onder praktijkomstandigheden.

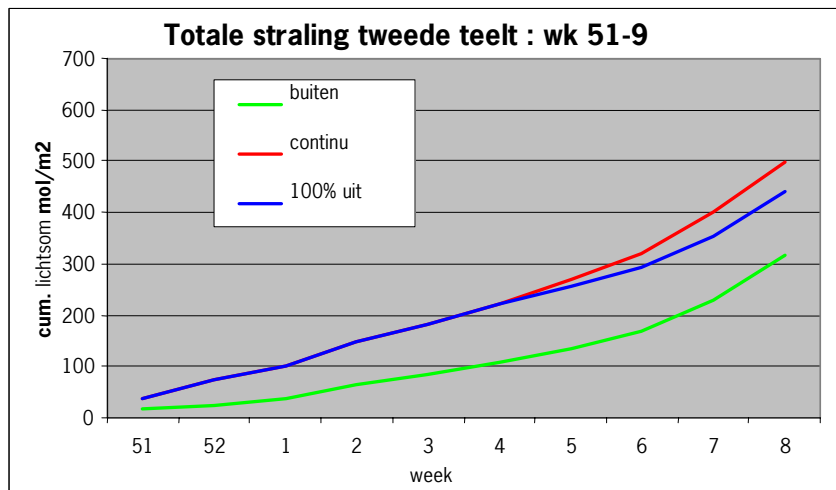
5 Klimaat

5.1 Licht

Gedurende de teelten is de buitenstraling per vijf minuten gemeten, tevens is aan het begin en aan het einde van de teelten de hoeveelheid straling van de assimilatiebelichting gemeten. Deze totale lichtsommen zijn verwerkt in grafieken 5.1 en 5.2.



Grafiek 5.1: totale stralingssom van buitenlicht en assimilatiebelichting indien continu belicht tot het einde van de teelt of vier weken voor het einde van de teelt de lampen half uit schakelen.



Grafiek 5.2: Totale stralingssom van buitenlicht en assimilatiebelichting indien continu belicht tot het einde van de teelt of vier weken voor het einde van de teelt de lampen uit

5.1.1 Lichtsom eerste teelt

Van de behandelingen met continu belichting was tijdens de periode week 40-50 36% van het groeilicht afkomstig van assimilatiebelichting. Van de behandelingen '50% uit' was 32% afkomstig van assimilatiebelichting. Het verschil in lichtsom tussen de twee belichtingsbehandelingen is 7% van de hoogste intensiteit.

5.1.2 Tweede teelt

Van de behandelingen met continu belichting was tijdens de periode week 51-9 35% van het groeilicht afkomstig van assimilatiebelichting. Van de behandelingen '100% uit' was 27% afkomstig van assimilatiebelichting.

Het verschil in lichtsom tussen de twee belichtingsbehandelingen is 11% van de hoogste intensiteit.

5.2 Temperatuur

Door verschillen in klimaatinstellingen zijn per klimaatregime verschillende temperaturen gerealiseerd. Hieronder volgt een overzicht van de gemiddelde temperaturen en straling per week.

5.2.1 Eerste teelt

- Energiezuinige klimaatstrategie: stook-luchtingstemperatuur van 18-25°C
- Normale klimaat strategie: stook-luchtingstemperatuur van 19-20,5.

Tabel 5.1: Overzicht van gemiddelde waarden per week van bovennet-, ondernet-, plant- en kasttemperatuur en straling.

week -->	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	gem.
bovennet energie	0,8	0,2	1,4	0,1	0,1	3,4	1,1	5,2	2,5	15,6	3,0
bovennet normaal	0,2	0,0	11,3	10,1	13,9	28,0	22,4	16,1	22,0	37,7	16,2
ondernet energie	33,0	33,0	34,5	31,1	28,2	26,5	28,9	28,7	30,2	32,3	30,6
ondernet normaal	0,0	0,1	27,3	31,1	28,3	26,5	29,6	28,7	30,3	32,9	23,5
planttemp energie	24,0	24,0	21,0	21,5	21,7	20,7	19,9	19,7	20,3	19,5	21,2
planttemp normaal	22,8	23,0	21,0	20,4	20,5	20,3	20,2	20,3	20,2	20,1	20,9
kastemp energie	24,2	23,9	21,2	21,4	21,5	20,6	20,6	19,5	19,9	20,0	21,3
kastemp normaal	22,7	22,6	20,8	20,6	20,5	20,2	20,2	20,3	20,0	19,7	20,7
Straling	93,2	98,5	60,5	57,0	38,8	49,8	34,9	35,3	29,3	20,0	51,7

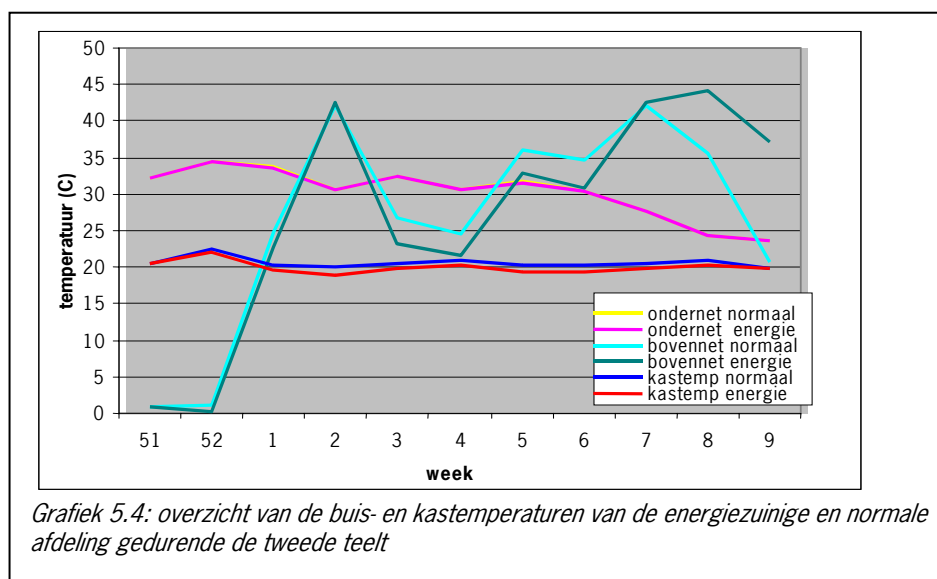
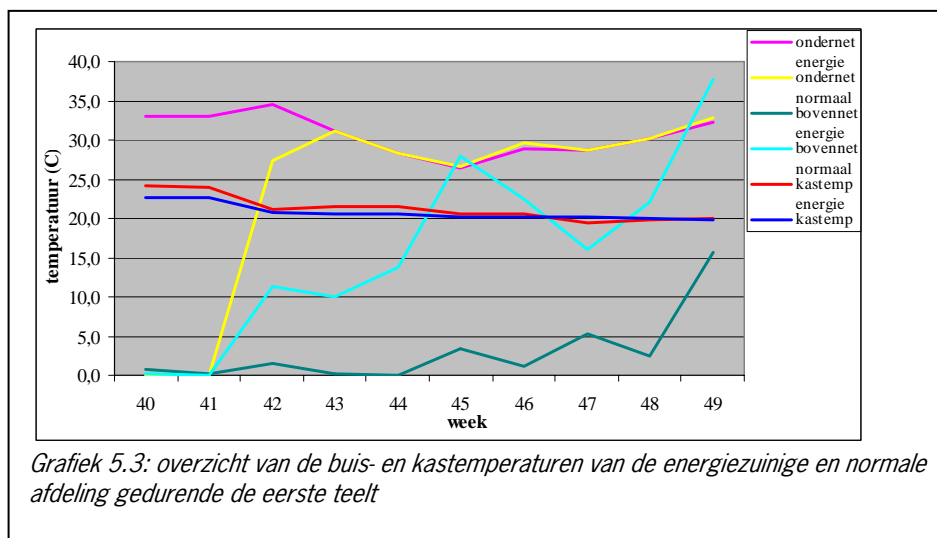
5.2.2 Tweede teelt

- Energiezuinige klimaatstrategie: stook-luchtingstemperatuur van 18-23°C
- Normale klimaat strategie: stookluchtingstemperatuur van 19-21°C

Tabel 5.2: Overzicht van gemiddelde waarden per week van bovennet-, ondernet-, plant- en kasttemperatuur en straling.

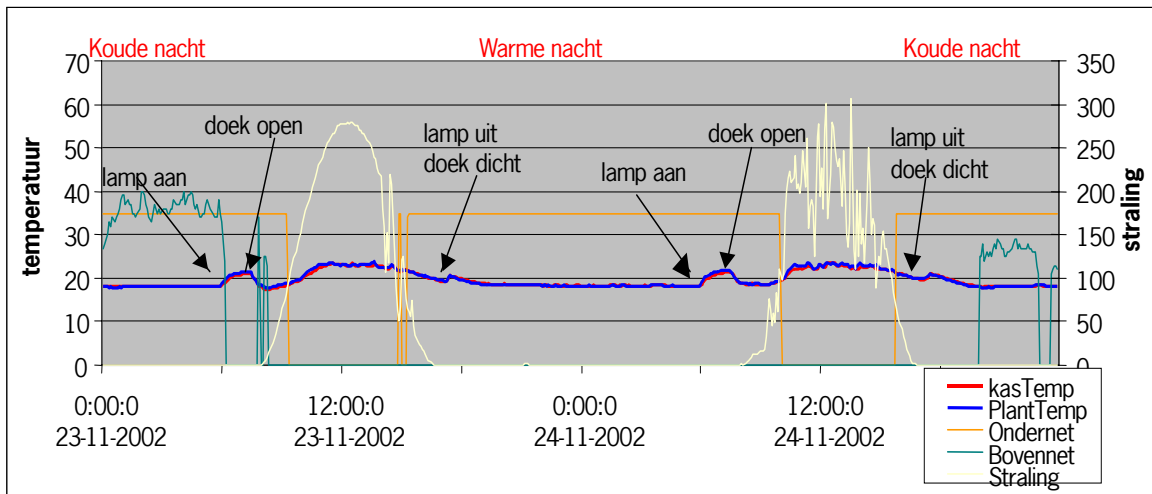
week -->	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	Gem
bovennet normaal	0,79	1,2	24,7	42,0	26,8	24,7	36,0	34,7	42,1	35,5	26,3
bovennet energie	0,92	0,3	22,6	42,6	23,1	21,6	33,0	31,0	42,6	44,1	27,2
ondernet normaal	32,1	34,5	33,7	30,7	32,5	30,6	31,8	30,5	27,7	24,4	30,2
ondernet energie	32,2	34,5	33,5	30,6	32,5	30,6	31,6	30,4	27,6	24,3	30,1
planttemp normaal	18,1	23,0	20,9	19,8	20,4	20,9	20,2	20,4	20,5	20,6	20,4
planttemp energie	20,6	22,5	19,7	19,4	20,2	20,6	19,8	20,0	20,4	20,5	20,4
kastemp normaal	20,6	22,4	20,4	20,0	20,5	20,9	20,2	20,3	20,6	20,9	20,6
kastemp energie	20,6	22,0	19,5	19,0	19,8	20,3	19,4	19,5	19,8	20,4	20,0
Straling	20,6	10,6	15,3	39,9	23,5	34,3	35,0	44,7	79,5	116,4	48,7

In de eerste teelt (tabel 5.1) is de kasttemperatuur van de energiezuinige kas gemiddeld 0,6°C hoger geweest dan in de normale kas. De gemiddelde planttemperatuur was ook iets hoger. Terwijl in de energiezuinige kas minder hoge bovennet- en ondernettemperaturen zijn gerealiseerd dan in de normale kas. In de tweede teelt (tabel 5.2) is de energiezuinige kas gemiddeld 0,6°C lager geweest dan in de normale kas.

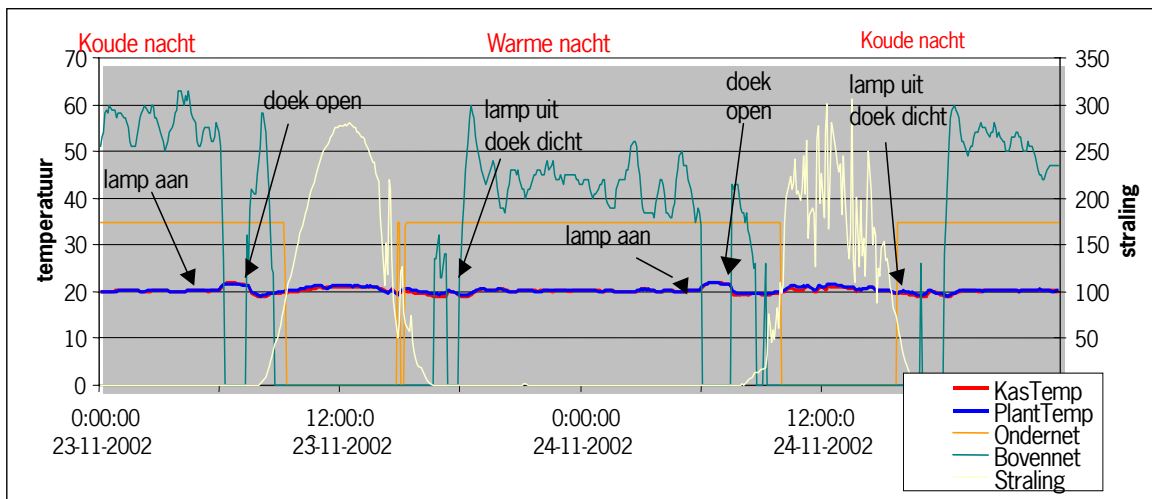


In de energiezuinige kas is minder gestookt en later en minder gelucht, zodat de warmte van de assimilatie belichting beter benut werd. Door dit klimaatregime is de etmaaltemperatuur van de energiezuinige kas voornamelijk in het begin van de eerste teelt (grafiek 5.3) hoger. In de tweede teelt (grafiek 5.4) was de buitentemperatuur lager, waardoor het vanaf het begin nodig was om ook in de energiezuinige afdeling meer te stoken om de temperatuur te handhaven.

Om aan te geven wat de verschillen tussen de twee klimaatregimes waren, zijn er in de onderstaande grafieken de buistemperaturen kas- en planttemperaturen en de straling weergegeven in een koude en een warme nacht per afdeling.



Grafiek 5.5: Klimaatoverzicht van de energiezuinige afdeling. In de grafiek zijn weergegeven de straling en ondernet, bovennet, kas-, en planttemperatuur.



Grafiek 5.6: Klimaatoverzicht van de normale afdeling. In de grafiek zijn weergegeven de straling en ondernet, bovennet, kas- en planttemperatuur.

Bovenstaande grafieken 5.5 en 5.6 geven het klimaat aan van de afdeling met een normaal klimaat (5.5) en de afdeling met energiezuinig klimaat (5.6), tijdens een koude nacht en tijdens een warme nacht. In de normale afdeling was er een stook-luchtingstemperatuur ingesteld van 19-20,5°C. In de energiezuinige afdeling was een stook-luchtingsstemperatuur ingesteld van 18-25°C, dit resulteerde in een hogere dagtemperatuur en een lagere nachttemperatuur dan 'normaal'. In een warme nacht was het in de energiezuinige afdeling niet nodig om te stoken, aangezien de kastemperatuur niet onder de 18°C zakte. In de normale afdeling was het wel nodig om het bovennet erin te houden om de 19°C te bereiken. In koudere nachten was het in beide afdelingen nodig om te stoken met het bovennet. In de energiezuinige afdeling was een bovennet temperatuur van maximaal 40°C voldoende om de juiste temperatuur te behouden. In de normale afdeling werd de buistemperatuur zelfs 75°C om een temperatuur van minimaal 19°C te behouden tijdens een koude nachtperiode.

5.3 Invloed klimaatregeling op planteigenschappen

Klimaatregeling kan invloed hebben op de kwaliteit van de planten. In de teelten is gekozen voor een redelijk normaal klimaatregime, waarbij met een stook-luchtingstemperatuur van 19-20,5°C of 19-21°C het temperatuurverloop redelijk vlak was. Terwijl bij het energiezuinige regime met een stook-luchtingstemperatuur van 18-25°C of 18-23 °C de temperatuur meer varieerde. Door deze grotere variatie in temperatuur is het mogelijk dat de plantkwaliteit anders wordt dan wanneer er een normaal klimaatregime met minder temperatuurschommelingen wordt toegepast. In de volgende tabellen zijn de waarden van verschillende planteigenschappen voor de twee klimaatregimes weergegeven.

In tabel 5.3 en 5.4 zijn de resultaten weergegeven van de plantmetingen uitgesplitst naar klimaatregime. De regimes zijn in enkelvoud opgezet, waardoor een statistische toetsing niet mogelijk is. Uit de resultaten blijkt dat verschillen tussen de afdelingen, ondanks de grote verschillen in stookregime, afwezig zijn. In teelt 1 is er een verschil in bladkwaliteit zichtbaar geweest, dat tot een hoger bladaantal geleid heeft in de energiezuinige afdeling. In de energiezuinige afdeling lijkt wel een trend zichtbaar tot langere planten, wellicht als gevolg van de grotere verschillen in minimum- en maximumtemperatuur, waardoor mogelijk meer geremd zal moeten worden.

Tabel 5.3: Meetwaarden van verschillende planteigenschappen van de behandelingen in de energiezuinige en normale afdeling; gemeten op 6 meetmomenten gedurende de eerste teelt. De meetgegevens zijn weergegeven per plant

meetdd:	week.dag	40.2	42.2	44.2	46.4	48.2	50.1
	klimaat						
Lengte	normaal	12,3	30,0	55,1	70,2	76,0	78,7
	energie	12,3	31,1	58,4	74,9	81,2	84,4
Blad-oppervlakte	normaal	68	294	830	1351	1361	1349
	energie	68	323	878	1349	1397	1370
Aantal bladeren	normaal	8,3	15,6	22,8	30,7	28,0	27,7
	energie	8,3	15,8	25,2	30,3	28,9	28,9
Versgewicht	normaal	2,9	17,1	47,9	75,9	88,0	97,1
	energie	2,9	17,5	50,0	78,6	92,4	101,3
Drooggewicht	normaal	0,24	1,76	4,23	6,79	8,59	9,80
	energie	0,24	1,94	4,37	7,34	9,06	10,25
%drogestof	normaal	0,0	10,4	8,8	8,9	9,8	10,2
	energie	0,0	11,2	8,7	9,4	9,8	10,2

Tabel 5.4: Meetwaarden van verschillende planteigenschappen van de behandelingen in de energiezuinige en normale afdeling; gemeten op 6 meetmomenten gedurende de tweede teelt. De meetgegevens zijn weergegeven per plant

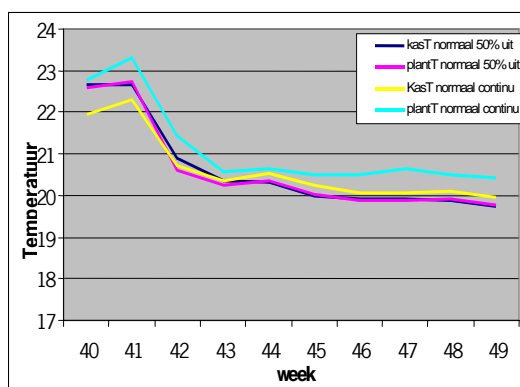
meetdd:	week.dag	40.2	42.2	44.2	46.4	48.2	50.1
	klimaat						
Lengte	normaal	12,3	31,1	58,4	63,9	73,4	76,6
	energie	12,7	25,6	47,1	63,4	73,3	77,4
Blad-oppervlakte	normaal	64	203	574	857	948	939
	energie	64	198	535	848	900	923
Aantal bladeren	normaal	7,8	14,9	22,9	28,4	29,2	29,2
	energie	7,8	14,7	22,3	28,4	29,5	29,1
Versgewicht	normaal	2,9	10,2	28,1	43,7	54,0	63,4
	energie	2,9	9,7	26,6	43,2	53,0	65,3
Drooggewicht	normaal	0,21	1,08	2,58	4,15	5,59	7,26
	energie	0,21	1,02	2,41	4,10	5,46	7,48
%drogestof	normaal		10,6	9,2	9,5	10,4	11,5
	energie		10,5	9,0	9,5	10,3	11,4

5.4 Effect van assimilatiebelichting en straling op plant en kas temperatuur

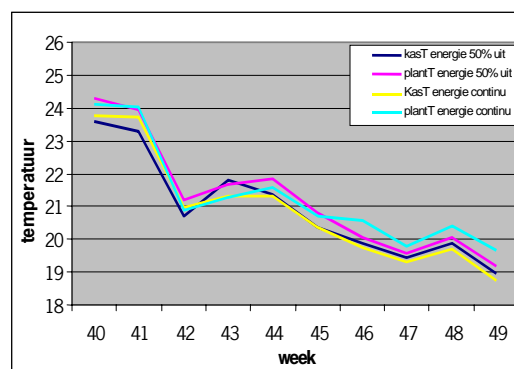
Assimilatiebelichting produceert warmte, welke van invloed kan zijn op de kas- en planttemperaturen. Om dit effect te toetsen is in elke kas naast de kastemperatuur ook de planttemperatuur tijdens de teelt gemeten.

5.4.1 Temperatuurverloop in de eerste teelt

Tot en met week 46 van de eerste teelt waren alle proefvelden volledig belicht met alle lampen aan, na week 46 was per afdeling de helft van alle behandelingen nog steeds volledig belicht, boven de andere helft waren de lampen voor de helft uitgedraaid.



Grafiek 5.7: Het verloop van de kas- en planttemperatuur onder twee belichtingsregimes in de normale kas in de eerste teelt



Grafiek 5.8: Het verloop van de plant- en kas temperatuur onder twee belichtingsregimes in de energiezuinige kas in de eerste teelt

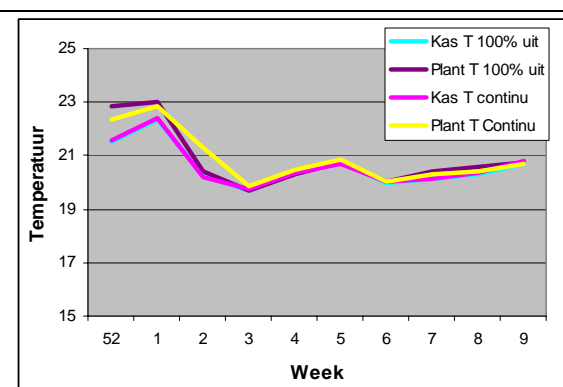
Uit grafieken 5.7 en 5.8 blijkt dat in de kas, met een energiezuinig klimaat de gemiddelde planttemperatuur per week over het algemeen hoger was dan de kastemperatuur. Bij de behandelingen continu belicht met een hoog niveau assimilatiebelichting na week 46, was de planttemperatuur minimaal 0,5 °C hoger dan de kastemperatuur.

5.4.2 Temperatuurverloop in de tweede teelt

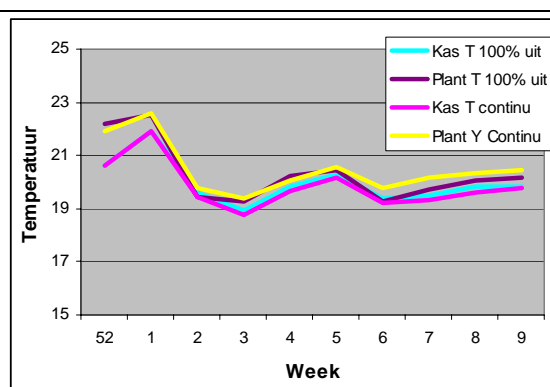
In de grafieken 5.9 en 5.10 is te zien dat in de afdeling met een normaal klimaatregime er weinig verschillen waren tussen planttemperatuur en kastemperatuur. Vanaf week 5 zijn er verschillen ingesteld in belichtingsregime; of nog volledige belichting of alle lampen uitgedraaid.

In de grafiek van de energiezuinige afdeling is duidelijk te zien dat de gemiddelde planttemperatuur hoger was dan kastemperatuur. Vanaf week 5 is te zien dat de gemiddelde planttemperatuur van de belichte behandelingen hoger opliep dan de planttemperatuur van de onbelichte behandelingen.

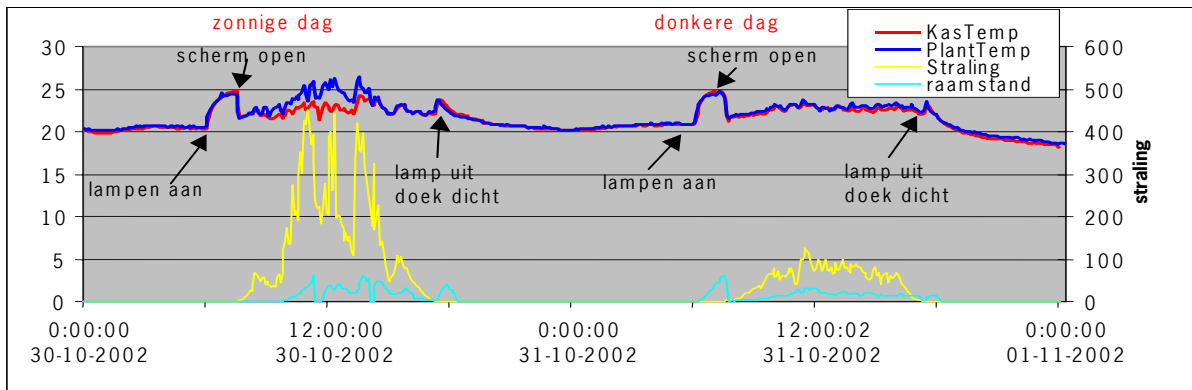
Om weer te geven hoe het temperatuurverloop was op een dag met veel en weinig buitenstraling staan in de volgende grafieken het verloop van de kastemperatuur, planttemperatuur, straling en raamstand weergegeven per afdeling apart.



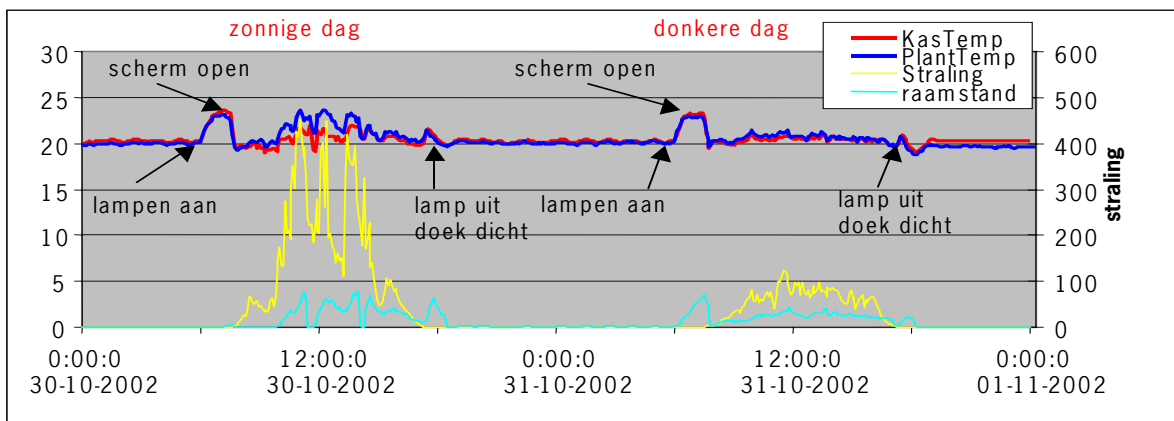
Grafiek 5.9: Het verloop van de kas- en planttemperatuur onder twee belichtingsregimes in de normale kas in de tweede teelt



Grafiek 5.10: Het verloop van de plant- en kas temperatuur onder twee belichtingsregimes in de energiezuinige kas in de tweede teelt



Grafiek 5.11: Klimaatverloop in de energiezuinige kas op een zonnige en op een donkere dag.



Grafiek 5.12: Klimaatverloop in de normale kas op een zonnige en een zonnige donkere dag.

De grafieken 5.11 en 5.12 geven de kastemperatuur, planttemperatuur, raamstand windzijde en de buitenstraling weer op een zonnige dag en een donkere dag in respectievelijk de energiezuinige en normale kas. Er is te zien dat op een zonnige dag de planttemperatuur boven de kastemperatuur steeg. In de energiezuinige afdeling fluctueerde de kas temperatuur veel meer; overdag stegen de temperaturen veel meer, ook als het een donkere dag was, terwijl de temperatuur 's nacht meer daalde. In de normale kas waren de temperatuurschommelingen kleiner, vooral op een donkere dag, terwijl op een zonnige dag de temperaturen ook hoger opliepen dan ingesteld. Op een donkere dag was er bijna geen verschil tussen kastemperatuur en planttemperatuur te zien, terwijl op een zonnige dag de planttemperatuur soms wel 2°C boven de kastemperatuur uitsteeg. In de energiezuinige afdeling werd er even vaak gelucht als in de normale afdeling, maar de ramen stonden minder ver open.

6 Economisch perspectief

Om de teeltgegevens financieel door te rekenen zijn een aantal aannames gedaan. Uitgaande van twee teeltronden met assimilatiebelichting zijn de verschillende belichtingsstrategieën doorgerekend. De vaste installatie had een belichtingsniveau van ongeveer 6000 lux. Deze installatie is de gehele teelt maximaal gebruikt in de behandeling 'continu belichting'. Of deze installatie heeft tot vier weken voor het einde van de teelt continu aangestaan, waarna de lampen geheel of half zijn uitgeschakeld. Dit zijn de behandelingen 50% of 100% lampen uit.

De takgewichten van de twee belichtingregimes zijn teruggerekend naar 70 gram, met een gemiddelde verkoopprijs in de eerste teelt, periode 13, van € 0,31 en een verkoopprijs in de tweede teelt, periode 3, van € 0,24. In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 6.1 Overzicht van de kosten voor de verschillende belichtingsstrategieën

	behandeling	# extra takken 70 gr.	Verlenging teeltduur	* opbrengst- variabele kosten / €m ²
Teelt 1	continu belichting	5	0	6,75
	50% lampen uit	0	1 dag	6,24
Teelt 2	continu belichting	8	0	0,20
	100% lampen uit	0	1 dag	0,05

* Dit resultaat exclusief de afschrijving op duurzame productiemiddelen

Uit de tabel blijkt dat voor beide teelten, het teeltresultaat positiever is bij de belichting gedurende de gehele teelt.

De oorzaak ligt voor een groot deel in het feit dat het aandeel in de kostprijs van de vaste lasten van een vaste installatie erg hoog zijn bij een vermindering van het aantal branduren. Vanuit groeioogpunt zijn deze resultaten ook logisch verklaarbaar uit het gegeven dat de groei in de totale proefperiode toeneemt met de lichthoeveelheid, gedurende de gehele teeltperiode.

7 Conclusies

Uit het onderzoek blijkt de bladoppervlakte in de laatste 4 weken van de teelt nauwelijks toe te nemen, door afsterving van blad wordt zelfs een afname geconstateerd. Het verlagen van het belichtingsniveau heeft in beide teelten geleid tot meer afsterving van oudere bladeren. Verder blijkt de groeisnelheid in de laatste periode van de teelt af te nemen. Het effect van het verlagen van de lichtintensiteit is zichtbaar. De eerste 2 weken na wijziging van de lichthoeveelheid is dit effect niet meetbaar in het versgewicht, maar wordt het verschil wel al zichtbaar bij de toename van het drooggewicht. Na 2 weken wordt het effect ook duidelijk bij het versgewicht. Dit effect komt voor bij beide teelten, ondanks dat het absolute lichtniveau sterk verschillend is. Concluderend kan gesteld worden dat het lichtniveau in beide teelten nog beperkend is en extra lichthoeveelheid voor een toename in groei zorgt.

Het blijkt dat de lichtbenutting voor drogestof productie in het begin van de teelt sterkt toeneemt en naar het einde van de teelt iets lijkt te dalen. Dit kan verschillende oorzaken hebben, onder andere een hoger respiratie van het grotere en dichtere gewas. De toename in versgewicht vertoont een duidelijk ander patroon en neemt naar het einde van de teelt af. De afname is afhankelijk van de cultivar.

Euro vertoonde een geringe afname van groeisnelheid van versgewicht en drooggewicht per lichthoeveelheid in de laatste weken van de teelt in vergelijking met Reagan. Indien Euro continu werd belicht nam in de eerste teelt de groeisnelheid zeer weinig af. De groeisnelheid van de behandelingen met een lager lichtniveau in de laatste teeltfase nam sterker af.

Reagan vertoonde in beide teelten een sterke afname in groeisnelheid van vers- en drooggewicht ongeacht de lichthoeveelheid. Concluderend kan gesteld worden dat de Euro langer gewicht maakt dan de Reagan. De Reagan slaat de energie meer op in de vorm van drogestof. De twee rassen laten een duidelijk ander groeipatroon zien en reageren daardoor afwijkend op het lichtaanbod in de laatste fase van de teelt. Gezien de toename van het drogestofgehalte tijdens de teelt, lijkt er nog perspectief om het toegediende licht beter te benutten tijdens de teelt.

Duidelijke verschillen in afname van groeisnelheid tussen hoge en lage plantdichtheden waren niet waarneembaar. Het groeipatroon van de planten bij de diverse plantdichtheden is gelijk. Blijkbaar speelt totale lichtsom hierin geen bepalende rol.

Energiezuiniger telen onder assimilatiebelichting is mogelijk, door gebruik te maken van de afgegeven warmte van de lampen en door een lagere stooktemperatuur en een hogere luchttemperatuur in te stellen. In de twee teelten waren er geen duidelijke kwaliteit- en kwantiteitverschillen tussen de verschillende klimaatregimes waarneembaar. De energiezuinige aanpak toont een trend tot langere planten, waarschijnlijk als gevolg van de grotere verschillen in minimum- en maximumtemperatuur, waardoor mogelijk meer remstof nodig zal zijn.

Uit de vergelijking tussen kasttemperatuur en planttemperatuur blijkt de belichting de planttemperatuur sterker te beïnvloeden dan de omgevingstemperatuur. Dit verklaart ook de afwezigheid van groeiverschillen tussen de twee behandelingen. Geconcludeerd kan worden dat belichting een andere, energiezuinigere, klimaatregeling mogelijk maakt.

De economische evaluatie laat zien dat de beproefde lichtniveaus gedurende de gehele teelt voldoende extra groei genereren om een economische keuze voor continu belichten te verantwoorden.

Bijlage 1 Lichtsommen

teelt 1

week	straling	belichting	belichting	totaal		cumulatief	lichtsom	
	straling buiten	continu	halvering	lichtsom	halvering		buiten	continu
40	63	34	34	97	97	63	97	97
41	74	27	27	101	101	137	198	198
42	43	18	18	61	61	180	259	259
43	43	18	18	61	61	223	320	320
44	29	18	18	47	47	252	368	368
45	37	18	18	56	56	290	423	423
46	26	18	10	44	36	316	468	460
47	27	18	9	45	35	342	512	495
48	22	18	10	40	32	364	553	527
49	15	23	11	38	26	379	591	553
50,1	2	5	2	7	5	381	598	557

teelt 2

week	straling	belichting	belichting	totaal		cumulatief	lichtsom	
	straling buiten	continu	uitschakeling	lichtsom	uitschakeling		buiten	continu
51	17	21	21	38	38	17	38	38
52	8	30	30	38	38	24	76	76
1	11	16	16	27	27	36	102	102
2	30	16	16	46	46	66	148	148
3	18	16	16	33	33	83	181	181
4	26	16	16	41	41	109	222	222
5	27	19	7	46	34	136	268	256
6	33	20	2	54	36	169	321	292
7	60	18	2	78	62	229	399	353
8	87	13	1	100	89	316	499	442
9	24		0	24	25	340	524	467