



Groen Agro Control

LABORATORIUMONDERZOEK & ADVIES

Jaarrondteelt tomaat

Newlight Growers

Delft, 12-08-2003

Groen Agro Control
Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw

COLOFON:

Groen Agro Control
Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
Telefoon: 015-2572511
Telefax: 015-2572522
E-mail: info@agrocontrol.nl

rapport: 2002032

12 augustus 2003

Jan-Willem Spaargaren, Bert van Tol, Barend Groen

Belichting, tomaat, jaarrondeelt, Newlight

Projectnummer: 2002.032
Titel Rapport: Jaarrondeelt tomaat; Newlight Growers
Opdrachtgever: Newlight Growers

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm, elektronisch of op geluidsband of op welke andere wijze ook en evenmin in een retrieval systeem worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoud

	pagina
Samenvatting	3
1 Inleiding	4
2 Onderzoeksopzet en probleemaanpak	6
2.1 Algemeen	6
2.2 Knelpunten en risico's	7
2.3 Teelt	7
2.4 Techniek	7
2.5 Fasering van het project	8
2.6 Proeflokatie en referentiebedrijf	8
2.7 Metingen	10
2.8 Straling parameters	10
3 Experimentele instellingen belichting	12
3.1 Eerste teelt	12
3.2 Tweede teelt	12
3.3 Derde en vierde teelt	13
4 Resultaten	14
4.1 Productie	14
4.2 Gewas en vruchtkwaliteit	18
4.3 Licht en belichting	19
4.4 Fotosynthese modelgewas	19
4.5 Energie efficiency	23
4.6 Voedingselementen	31
4.7 Wortelpathogenen	32
4.8 Gewasbescherming	33
4.8.1 Biologische gewasbescherming	34
4.8.2 Chemische gewasbescherming	36
4.9 Bestuiving	36
4.10 Klimaatbeheersing	36
4.11 CO ₂ en luchting	36
4.12 Gegevens van Spaanse tomatenbedrijven	37
5 Discussie	38
6 Conclusies	41
Literatuur	43
Bijlagen	
Bijlage 1	Elementenanalyses
Bijlage 2	Teeltinstellingen
Bijlage 3	Geoptimaliseerd belichtingsregime
Bijlage 4	Veel gebruikte eenheden en grootheden

Samenvatting

De doelstelling van het project is als volgt:

Het realiseren van een (teelt-) technisch en economisch levensvatbare jaarrondproductie van kwaliteitstomaten binnen de Nederlandse Glastuinbouw, met jaarrond levering, vermindering energie-input per kilogram product ten opzichte van teelt zonder belichting in Nederland en teelt zonder belichting in Spanje, vermindering bestrijdingen van met name met fungiciden en vermindering ruimtebehoefte doordat productie significant toeneemt.

Het was de bedoeling om alle mogelijkheden tot optimalisatie van de belichting te benutten om tot een gunstig rendement te komen. Dit betekent dat het geheel van klimaatregeling, teeltsysteem en teeltmaatregelen voor de belichting werd getracht te optimaliseren.

Voor de proeven is gebruik gemaakt van een proefkas met 16000 lux geïnstalleerde belichting, waarbij ook 8000 lux intensiteit gebruikt kon worden. De kas was voorzien van alle momenteel toegepaste benodigdheden voor een optimale productie (CO₂ dosering, verwarming, luchting, klimaatregeling.) Het belichtingsregime is tijdens de proeven op basis van de plantparameters bladkleur, stengeldikte en vruchtgroei bijgestuurd. Voor de proef is in twee jaar vier maal een tussenplanting gedaan. Hierbij zijn verschillende cultivars gebruikt.

Uit de resultaten blijkt dat jaarrond productie mogelijk is. De planten produceren tijdens lichtarme perioden gedurende het jaar goed. De resultaten van de eerste planting waren goed en er was sprake van een energetisch hoger rendement (meer kg vruchten per gigajoule toegevoegde energie) gedurende de eerste 20 weken van de teelt vergeleken met een 'normale teelt'. Na de eerste tussenplanting is de productie echter niet op peil gebleven. Dit is waarschijnlijk te wijten aan stress door verwijdering van het oude gewas, een te zacht jong gewas en het overdragen van plagen van het oude gewas aan het jonge gewas.

Geconcludeerd kan worden dat tijdens de proef het belichtingsregime en de teelt zodanig is geoptimaliseerd dat het energetisch gunstig blijkt te zijn om een tomatenteelt te belichten. Hierbij is belangrijk dat de belichtingsinstallatie grote investeringen vergt en het van de prijsvorming van de vruchten afhankelijk is of belichten ook bedrijfseconomisch aantrekkelijk blijft.

1 Inleiding

De projectbegeleider

Groen Agro Control is een laboratorium en adviesbureau voor de agrarische sector. De werkzaamheden bestaan uit routinematige analyses en projectonderzoek. In het laboratorium worden analyses verricht aan voedingselementen, residuen van gewasbeschermingsmiddelen en micro-organismen. Het projectmatige onderzoek betreft onder andere onderzoek van plantaantastingen en pathogene organismen. Het chemisch laboratorium is RvA geaccrediteerd.

Het projectonderzoek wordt gekenmerkt door een integrale aanpak van projecten. Deze integrale aanpak is van zeer groot belang voor het welslagen van dit onderzoek, omdat in dit project het samenspel van chemische, microbiologische en plantfysiologische factoren van belang zijn.

Doelstelling van het project:

Het realiseren van een (teelt-) technisch en economisch levensvatbare jaarrondproductie van kwaliteitstomaten binnen de Nederlandse Glastuinbouw, met:

1. Jaarrond levering
2. Vermindering energie-input per kilogram product ten opzichte van:
 - teelt zonder belichting in Nederland
 - teelt zonder belichting in Spanje
3. Vermindering bestrijdingen van met name met fungiciden
4. Vermindering ruimtebehoefte doordat productie significant toeneemt

Toelichting bij 2:

Uit verkennend literatuuronderzoek blijkt dat onder lichtarme omstandigheden de totale hoeveelheid energie die per kilogram tomaten nodig is, vermindert door het gebruik van kunstmatig licht. Dat wil zeggen dat de totale energiebehoefte voor een bepaalde hoeveelheid vruchten van goede kwaliteit afneemt. De onderhoudsademhaling voor planten kost de plant assimilaten. De assimilaten die overblijven kunnen gebruikt worden voor groei en productie van vruchten. Wanneer er lichtarme condities zijn, blijven er geen, of nauwelijks assimilaten over voor de vruchtproductie, wanneer de plant energie nodig heeft voor de aanleg en het onderhoud van stengel, wortels en bladmassa. Het gewas moet op temperatuur gehouden worden, dit kost in de winter veel energie door de verwarming van het gewas. Deze energie input levert dan zeer weinig op als er niet belicht wordt. (Spaargaren, 2000).

Dit geldt waarschijnlijk niet alleen ten opzichte van de productie in Nederland maar ook ten opzichte van de productie in Spanje. In tegenstelling tot de algemene verwachting is dat tijdens de winterperiode in Almeria, Spanje, waar de betrokken telers momenteel ook tomaten telen, de energiebehoefte vergelijkbaar is met die in

Nederland. De doelstelling is dus om een verlaging te bewerkstelligen ten opzichte van de huidige energiebehoefte.

Toelichting bij 3:

Met name bij wortelpathogenen geldt dat de plant vatbaar is gedurende perioden van minder licht, perioden van overgang van goed naar slecht weer en gedurende perioden waarbij een te natte mat ontstaat. Doordat het klimaat met belichten meer optimaal en constant en het wortelstelsel beter ontwikkeld is door de aanwezigheid van voldoende assimilaten, is de vatbaarheid lager dan bij traditionele teelten. Dit is met name van belang omdat de doelstellingen met betrekking tot de groep fungiciden in het meerjaren plan gewasbescherming niet zijn gehaald. Daarnaast is het duidelijk dat door de klimaatsverschillen de infectiedruk in Nederland lager is dan in Spanje en het aantal bestrijdingen lager is.

Toelichting bij 4:

Door de belichting kan niet alleen in de winter geproduceerd worden maar neemt de productie tevens in de zomer toe. De productie per vierkante meter zal mogelijk met 60 % toenemen. Dit houdt in dat bij een gelijkblijvende productie het benodigde oppervlak nagenoeg gehalveerd wordt.

Naast het directe bedrijfsbelang van dit onderzoek is het bij onderdelen 2, 3 en 4 duidelijk dat het ook om een maatschappelijk belang gaat.

2 Onderzoeksopzet en Probleemaanpak

2.1 Algemeen

In de onderzoeksopzet zijn niet de precieze proeven voor twee jaar vastgelegd, maar zijn de aandachtsgebieden, de wijze waarop de optimalisatie plaatsvindt en de criteria die daarbij gehanteerd worden vastgelegd. De reden hiervoor is dat op basis van de onderzoeksresultaten de precieze instellingen bij de volgende proef bijgestuurd kunnen worden.

De proeven zijn zodanig uitgevoerd dat de resultaten vergeleken konden worden met referenties. De volgende referenties zijn gebruikt:

- gegevens uit de literatuur
- een normale teelt
- de opeenvolgende aanplantcyclus

Gedurende de teelten werden een aantal parameters gewijzigd, terwijl de overige parameters constant gehouden werden. In het bedrijf is voor wat de belichting betreft één afdeling beschikbaar. In totaal worden twee verschillende cultivars gebruikt. De respons van de twee verschillende cultivars op de parameters werden met elkaar vergeleken om na te gaan of het een algemene respons was of dat het een cultivar specifieke respons was.

De totale duur van het project was twee jaar. In deze twee jaar werden in totaal drie plantingen gedaan. De plantdata waren:

- oktober 2000
- april 2001
- september 2001
- maart

Groen Agro Control heeft de projectleiding verzorgd. Daarnaast heeft Groen Agro Control een gedeelte van het onderzoek uitgevoerd, zoals de metingen aan de voedingsstoffen en wortelpathogenen. De gewashandelingen zijn uitgevoerd door de betrokken telers.

Tijdens het onderzoek vond een stapsgewijze optimalisatie plaats, dit houdt in dat het effect van de parameters op onder andere de productie gemeten en geoptimaliseerd werd. De redenen om de proef bij een bedrijf op praktijkschaal uit te voeren waren:

1 De variaties bij verschillende omstandigheden zullen in een aantal gevallen een beperkte grootte hebben (1 – 3 %). Om deze verschillen, die voor de praktijk zeer belangrijk zijn, met een voldoende betrouwbaarheid te meten is een proef op praktijkschaal nodig.

2 Op praktijkschaal zijn een aantal zaken van groot belang, die op kleine proefschalen niet opgemerkt worden. Een voorbeeld daarvan, wat al uit de initiële proeffase is gebleken, is dat vanwege de warmteafgifte van de lampen de verwarming niet of nauwelijks gebruikt wordt. De gevelverwarming wordt ook niet

gebruikt, waardoor er groeivertraging langs de gevels ten gevolgen van koelere omstandigheden optreedt.

2.2 Knelpunten en risico's

Tot de proef werd gestart was nog te weinig bekend over deze materie om een volledige opsomming van de te verwachten knelpunten te kunnen geven. Wel waren op voorhand een aantal kritische resultanten aan te duiden, waar mogelijk problemen konden ontstaan:

- productie (zetting, trosgrootte, vruchtgrootte, groeisnelheid);
- kwaliteit (smaak, structuur, kleur);
- klimaatbeheersing (controle temperatuur, vochtigheid);
- gevoeligheid gewas voor plagen;
- inzet van biologische bestrijders.

2.3 Teelt

De meest bepalende handelingen en instellingen met betrekking tot de teelt zijn:

- raskeuze
- gewasbehandeling;
 - o laten doorgroeien of beperken tot bijvoorbeeld 10 trossen per plant;
 - o mate en frequentie van bladtrekken, dieven;
- de optimale lichtcondities;
 - o intensiteit;
 - o dag/nacht instellingen;
 - o totale dosering
- de invloed van klimaatparameters;
 - o temperatuur
 - o CO₂
 - o luchtvochtigheid
- de gevoeligheid voor gewasplagen;
 - o gevoeligheid plant en
 - o effect (biologische) bestrijdingen
- de water/ nutriëntenbehoefte;
- optimalisering van de energieuishouding

In eerste instantie zijn de algemene teelttechnische parameters constant gehouden, waarbij de experimenten zodanig gevarieerd werden dat de optimale lichtparameters bepaald konden worden.

2.4 Techniek

De meest bepalende onderdelen met betrekking tot de techniek zijn:

- *Lichtinstallatie*; de lampen kunnen in twee intensiteiten ingeschakeld worden; 8.000 en 16.000 lux.
- *Energie-installatie*

De hieronder genoemde aspecten zullen doorgerekend worden indien de teelttechnische parameters bekend zijn. De berekeningen zullen in samenwerking met het installatiebureau uitgevoerd worden gedurende de laatste drie maanden van het project.

- *Verwarmingsinstallatie;*
de noodzakelijk capaciteit voor het primaire net;
het eventueel kan achterwege blijven van een secundair net;
de mate waarin warmte- en lichtvraag samenvallen.
- *Warmte-opslag;*
of buffering mogelijk en zinvol is
- *Scherminstallatie;*
- *CO2-installatie.*

2.5 Fasering van het project

Het primaire onderzoekspunt in het onderzoek is de belichting:

- duur en ritme dag/nacht
- belichtingsintensiteit
- optimale totale lichtdosering

Daarnaast is de bemesting en de watergift een aandachtspunt.

De variaties in de parameters zullen gedurende twee maanden aangehouden worden om het effect daarvan te beoordelen (in dit tijdsbestek is een hele cyclus doorlopen: na 10 dagen bloei nieuwe tros, na 40 dagen oogst, 2 weken oogst). Op deze manier wordt een volledige cyclus van bloemvorming tot productie doorlopen. Gestart wordt met twee gewassen: 'Flavorino' en 'Aranca'.

2.6 Proeflokatie en referentiebedrijf

De locatie van de proefkas is:

's-Gravenzande; Nederland

De locatie van het referentiebedrijf is:

Maasland; Nederland

De proefkas is 5.000 m² groot. Het referentiebedrijf is 80.000 m² groot. Hierdoor is het buitenoppervlak van de proefkas groter en is daardoor het energieverbruik voor verwarming in koude perioden 5% groter. De berekening hiervoor is hieronder weergegeven.

Het referentiebedrijf is een modern bedrijf met een lage energiebehoefte (moderne klimaatcomputer, condensor, etc).

Proefkas

Het glasdek oppervlak van een Venlowarenhuis van 50 x 100 m is als volgt berekend (zie ook figuur 1):

Benutbaar kasoppervlak (grondoppervlak) = 5000 m²

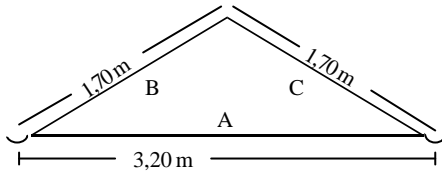
kapbreedte = 3,20 m (zijde A in figuur 1).

glaslengte + goot per kap = 3,40 m (zijde B+C in figuur 1).

dekoppervlak (3,4/3,2) x 5000 = 5312 m²

Het gevel oppervlak van een Venlowarenhuis van 50 x 100 m met een pothoogte van 3 m is als volgt berekend: 100 x 2 + 50 x 2 (lengte + breedte) x 3 (hoogte) = 900 m².

Het totaal oppervlak is 6212 m² / 5000 m² is 1,24 m²/ m².



Figuur 1. Schematische doorsnede Venlo-warenhuiskap.

Referentiekas

Het glasdek oppervlak van een Venlowarenhuis van 200 x 200 m is als volgt berekend (zie ook figuur 1):

Benutbaar kasoppervlak (grondoppervlak) = $4 \times 20000 \text{ m}^2$ (vier delen van 20000 m^2)

De energetisch geoptimaliseerde oppervlakte is 20000 m^2 .

kapbreedte = 3,20 m (zijde A in figuur 1).

glaslengte + goot per kap = 3,40 m (zijde B+C in figuur 1).

dekoppervlak $(3,4/3,2) \times 20000 = 21250 \text{ m}^2$

Het gevel oppervlak van een Venlowarenhuis van 200 x 200 m met een poothoogte van 3 m is als volgt berekend: 200×4 (lengte + breedte) $\times 3$ (hoogte) = 2400 m^2 .

Het totaal oppervlak is $23650 \text{ m}^2 / 20000 \text{ m}^2$ is $1,18 \text{ m}^2 / \text{m}^2$.

2.7 Metingen

De parameters die tijdens de experimenten gemeten en vastgelegd worden zijn hieronder weergegeven:

Algemene gewasstand

Productiegegevens:

pad- registratie (bladlengte, lengtegroei (per week en cumulatief)stamdiameter bij hoogst bloeiende tros, bloeisnelheid, gezette vruchten (per week), vruchtgrootte, trosgewicht, oogstsnelheid)

Fotosynthetische activiteit

Smaak (suikergehalte)

Watergehalten mat, draingehalten, voedingssamenstelling

Plagen:

De plagen worden geregistreerd in samenwerking met Koppert door middel van vangplaten die iedere 14 dagen geteld worden. De gegevens worden vergeleken met de waarden van reguliere bedrijven in Nederland en Spanje.

Pathogene schimmels:

De pathogene schimmels worden geregistreerd door middel van microbiologische meting die iedere 14 dagen uitgevoerd wordt.

Bestrijdingen:

De middelen en hun concentratie worden geregistreerd en vergeleken met waarden uit reguliere bedrijven in Nederland en Spanje.

Klimaatregistratie

Daarnaast wordt uitgebreid de energie van afgenomen warmte, opstookmomenten, verlichtingsintervallen, etc. geregistreerd. Voorts wordt een logboek bijgehouden per dag door de bedrijfsleider waarin overige van belang zijnde informatie wordt vastgelegd.

De verdeling van de meet-werkzaamheden is als volgt:

NewLight Growers:

algemene gewasstand, productiegegevens, smaak (suikergehalte), watergehalten mat, draingehalten, bestrijdingen, klimaatregistratie

Groen Agro Control:

fotosynthetische activiteit, voedingssamenstelling, pathogene schimmels

Koppert:

plagen

2.8 Straling parameters

Voor straling- en lichtmetingen worden veel verschillende grootheden gebruikt. In tabel 1 zijn een aantal belangrijke radiometrische grootheden en eenheden weergegeven. In tabel 2 zijn een aantal belangrijke fotometrische eenheden weergegeven. Licht is het zichtbare gedeelte van straling (380-700 nm).

Voor metingen voor de fotosynthese van planten is de PPFD (Photosynthetic Photon Flux Density) de meest geschikte grootheid. Deze grootheid geeft het aantal mol

stralingsdeeltjes weer tussen 400-700nm. Dit is het gebied waarbij elk lichtdeeltje ongeveer even efficiënt is te benutten door planten voor de fotosynthese.

Tabel 1. Radiometrische grootheden en eenheden.

Stralingsenergie	J
Stralingsstroom	$J.s^{-1} = W$
Stralingssterkte	$W.m^{-2}$
Stralingsom	$J.m^{-2}$

Tabel 2. Fotometrische grootheden en eenheden (lm = lumen).

Lichthoeveelheid	lm.s
Lichtstroom	lm
Verlichtingssterkte	$Lm.m^{-2}$ (lux)

Een oude waarde voor metingen van straling is foot candles. Het Meetgebied ligt hierbij tussen 300-3000 nm => 1 foot candle = $0,19 \mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ (400-700 nm) voor groeilicht.

1 mol lichtdeeltjes = $6.023 * 10^{23}$ deeltjes

Energiewaarde: $1 \text{ mol lichtdeeltjes}.m^{-2}.s^{-1} = 1.2*10^8 / \text{golflengte (nm)}$, in $J.m^{-2}.s^{-1}$

In tabel 3 is een omreken tabel voor verschillende lichtbronnen weergegeven.

Tabel 3. Omreken tabel voor verschillende lichtbronnen.

a.	$1 \mu mol.m^{-2}.s^{-1}$	=	$...W.m^{-2}$ (400-700 nm).
b.	$1 \mu mol.m^{-2}.s^{-1}$	=	$...lux$ (400-700 nm).
c.	$1 \mu mol.m^{-2}.s^{-1}$	=	$...lux$ (400-850 nm).
d.	1000 lux	=	$...W.m^{-2}$ (400-700 nm).

Lichtbron	a	b	c	d
Daglicht, helder met directe zon	0,219	54	36	4,05
Daglicht, helder zonder zon	0,236	52	41	4,54
SON-T lamp	0,201	82	54	2,45
HPI lamp	0,218	71	61	3,07
Kwiklamp	0,221	84	77	2,63
Warme TL lamp	0,214	76	74	2,82
Koude TL lamp	0,218	74	72	2,94
Gloeilamp	0,200	50	20	4,00
SOX lamp	0,203	106	89	1,92

3 Experimentele instellingen belichting

De intensiteit van de belichting van 16.000 lux is in donkere perioden in het jaar nodig om voldoende te kunnen bijbelichten. De minimale benodigde dagsom om een kwalitatief goede vruchten te kunnen produceren is ongeveer 12 Mol/m²/dag PPFD (Photosynthetic Photon Flux Density). Deze dagsom moet ongeveer gehaald worden binnen de toelaatbare grenzen van de daglengte.

Let op!

De waarde in W/m² is en de waarde in J/cm²/dag is globale straling; deze waarde moet gehalveerd worden voor de waarde in PAR.

3.1 Eerste teelt

De eerste planting heeft plaatsgevonden met 1 afdeling 'Flavorino' en 1 afdeling 'Aranca'. In deze periode wordt het systeem gecontroleerd en wordt nagegaan of de afdelingen twee aan twee hetzelfde zijn voor wat betreft de te registreren parameters (waaronder productie).

De lichtinstellingen waren van oktober 2000 tot eind januari 2001 als volgt:

Instraling	< 200 W/m ²	16.000 lux
	200 - 300 W/m ²	8.000 lux
	> 300 W/m ²	geen belichting
Totale lichtsom	> 500 J/cm ² /dag	geen belichting

Daglengte: 0:00 h tot 17:00 h.

3.2 Tweede teelt

Omdat de planten donker stonden en hierdoor een slechtere groei vertoonden, wat veroorzaakt werd als neveneffect van het afwijkende spectrum van de belichting, is besloten om de daglengte te verkorten.

De lichtinstellingen waren van 1 februari 2001 tot eind augustus 2001 als volgt:

Instraling	< 250 W/m ²	16.000 lux
	250 - 350 W/m ²	8.000 lux
	> 350 W/m ²	geen belichting
Totale lichtsom	> 500 J/cm ² /dag	8.000 lux
Totale lichtsom	> 700 J/cm ² /dag	geen belichting

Daglengte: 6:00 h tot 17:00 h.

3.3 Derde teelt

Vanaf 1 oktober zijn de oude planten verwijderd en kon het nieuwe gewas (4 weken oud) groeien.

Instellingen vanaf 1 september 2001 tot 1 augustus 2002:

Instraling	< 300 W/m ²	16.000 lux
	300 - 550 W/m ²	8.000 lux
	> 550 W/m ²	geen belichting
Totale lichtsom	> 550 J/cm ² /dag	8.000 lux
Totale lichtsom	> 1000 J/cm ² /dag	geen belichting

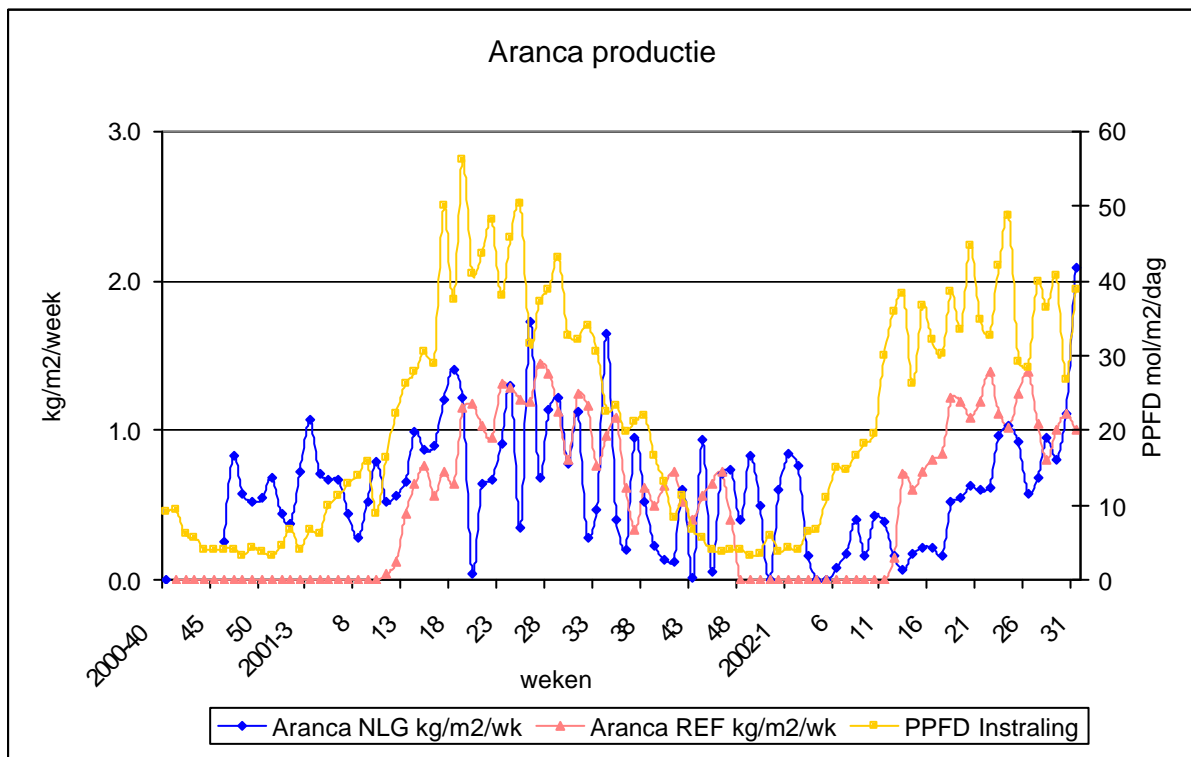
Daglengte: 7:00h – 18:30h

4 Resultaten

Op elke grafiek in dit hoofdstuk is de tijdschaal in weken weergegeven. Wanneer in de berekening een getal per m^2 is weergegeven, is dit berekend over het kasoppervlak van de hoeveelheid bruto m^2 . Dit betekent dat de oppervlakte van de gehele teelkas is meegewogen in de berekening, inclusief hoofd- en zijpaden. De fotosynthese activiteit is voor de resultaten direct gerelateerd aan de vruchtopbrengst. De belangrijkste parameter van dit onderzoek wat betreft de fotosynthese was de vruchtproductie. Om deze reden is niet de totale fotosynthese berekend of gemeten. De totale fotosynthese activiteit kan berekend worden door middel van de vruchtopbrengst en de harvest index. Door tussenplanten zijn er geen perioden zonder productie. De plantdata van de vier plantingen zijn weergegeven in bijlage 2. De derde planting is zonder 'Aranca' geweest. In plaats van 'Aranca' is de productie weergegeven van de cultivar 'Lycopen'. De vierde planting is zonder 'Flavorino' geweest. In plaats van 'Flavorino' is de productie weergegeven van de cultivar 'Jet stream'.

4.1 Productie

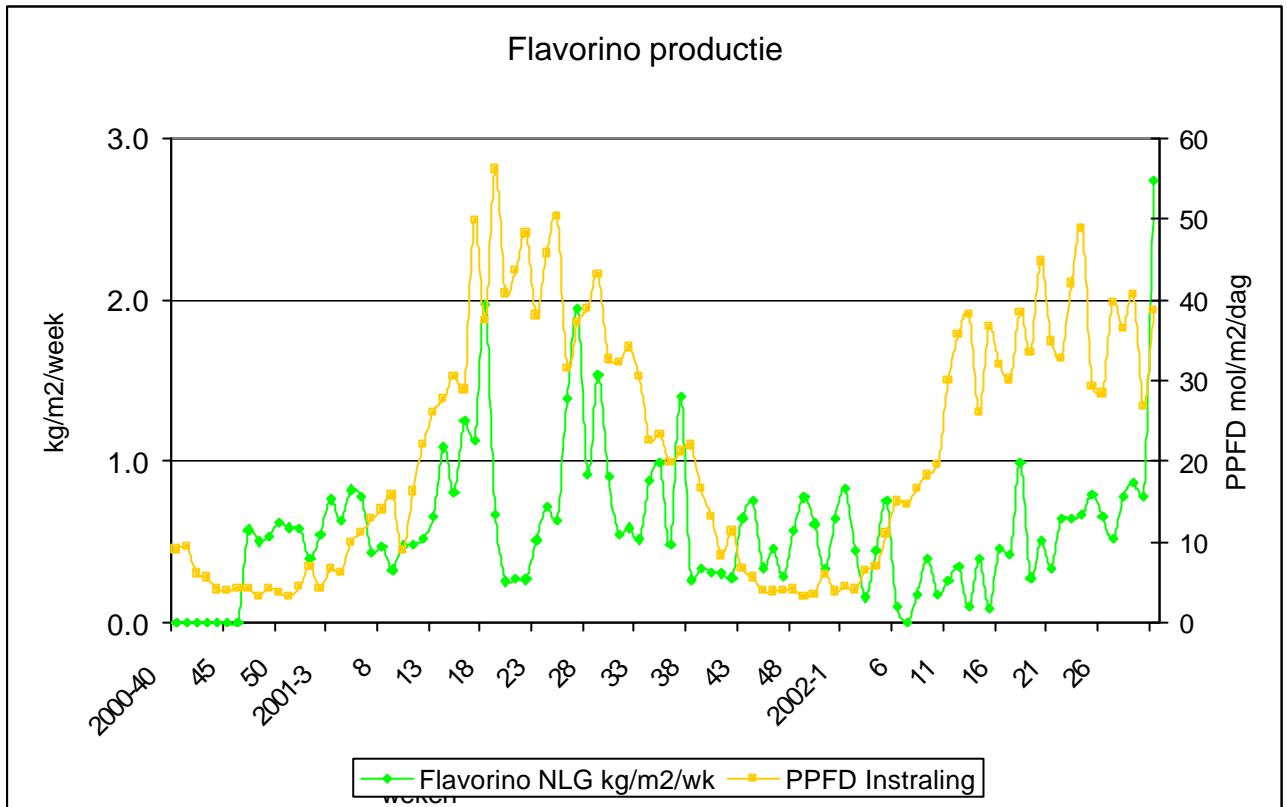
De productie is voor cultivars 'Aranca' (3^e periode 'Lycopen') en 'Flavorino' (4^e periode 'Jet stream') weergegeven in respectievelijk figuren 2 en 3 in $kg/m^2/week$. Hierbij is ook de totale hoeveelheid straling in PPFD weergegeven.



Figuur 2. Productie van 'Aranca' (3^e periode 'Lycopen') in de New Light proefkas en het referentiebedrijf. PPFD instraling is de gemeten lichtsom van natuurlijke straling gemeten door het weerstation van het proefbedrijf.

De productie van 'Aranca' (figuur 2) is de eerste weken goed, ongeveer tot week 18 in 2001. Daarna wordt de productie onstabiel vergeleken met de productie van het

referentiebedrijf, terwijl de hoeveelheid straling hoog blijft. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door de nieuwe planting (tussenplanting) die vanaf week 20 - 2001 produceert. De productie in de weken 6-20 van 2002 is laag. Daarna neemt de productie weer iets toe, maar volgt de trend van de straling (PPFD) met een grote achterstand. Aan de dagsom is te zien dat de 12 Mol/m²/dag in de donkerste periode van het jaar zonder belichting gedurende vele weken tijdens de winterperiode niet gehaald wordt.



Figuur 3. Productie 'Flavorino' (4^e periode 'Jet stream'). De PPFD instraling is de gemeten lichtsom van natuurlijke straling gemeten door het weerstation van het proefbedrijf.

De productie van 'Flavorino' (4^e periode 'Jet stream') volgt van week 50 in 2000 tot week 18 de instraling (PPFD). Van week 19 tot week 43 in 2001 ontstaat echter een onstabielere productie. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door de nieuwe planting (tussenplanting) die vanaf week 20 - 2001 produceert. Vanaf week 45 2001 tot aan week 6 in 2002 blijft de productie op pijl voor winterse omstandigheden.

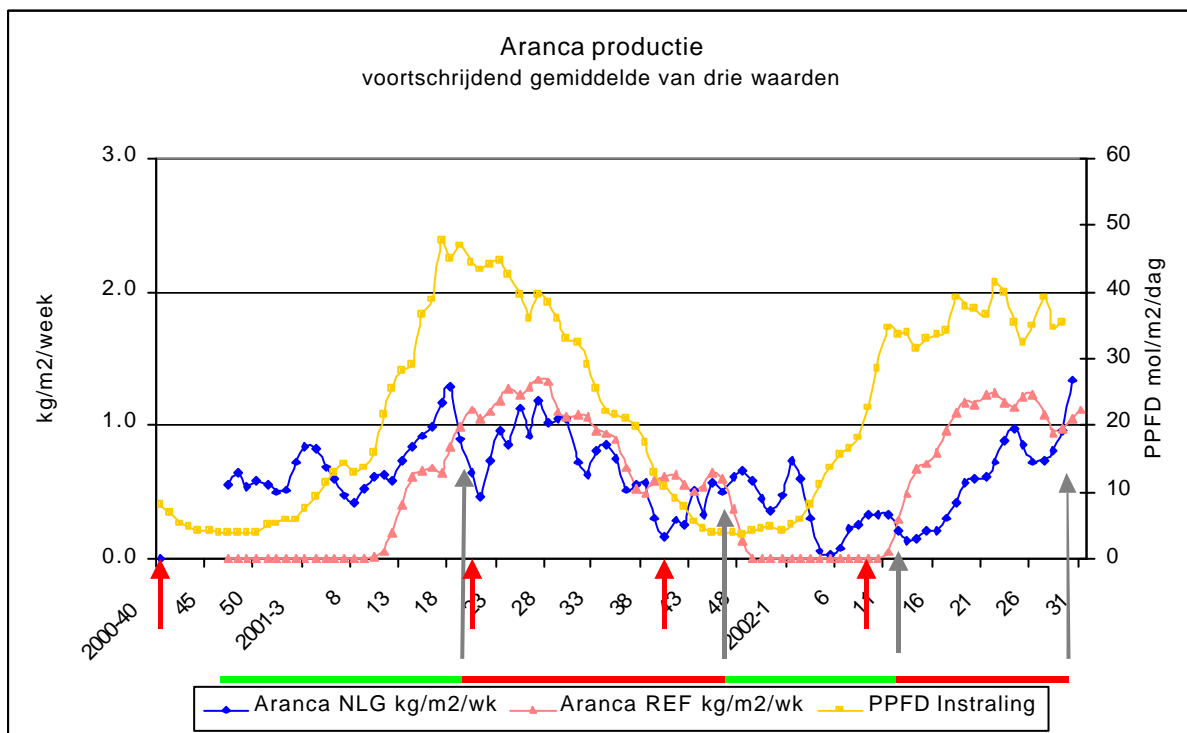
De productie van 'Aranca' gedurende 2001 is voor de proefkas en het referentiebedrijf weergegeven in tabel 4.

Tabel 4. Vruchtproductie van de proefkas (New Light) gedurende 2001 en het gemiddelde van de normale teelt 'Aranca' van het referentiebedrijf. De productie is weergegeven in kg/m²/week. Het betreft hier de productie per bruto m² kasoppervlak, inclusief de weken leegstand gedurende de teeltwisselingen. In de tweede rij is de productie in % weergegeven. Hierbij is de productie van het referentiebedrijf op 100% gesteld.

	New Light	Referentie
'Aranca'	0.688	0.576
%	119	100

Uit tabel 4 blijkt dat de productie van de proefkas 19% hoger is dan het referentiebedrijf. Verwacht mocht worden dat de jaarlijkse productie van een belichte teelt hoger moest zijn dan de jaarlijkse productie van een onbelichte teelt. Mede omdat de energie input hoger is in een belichte teelt.

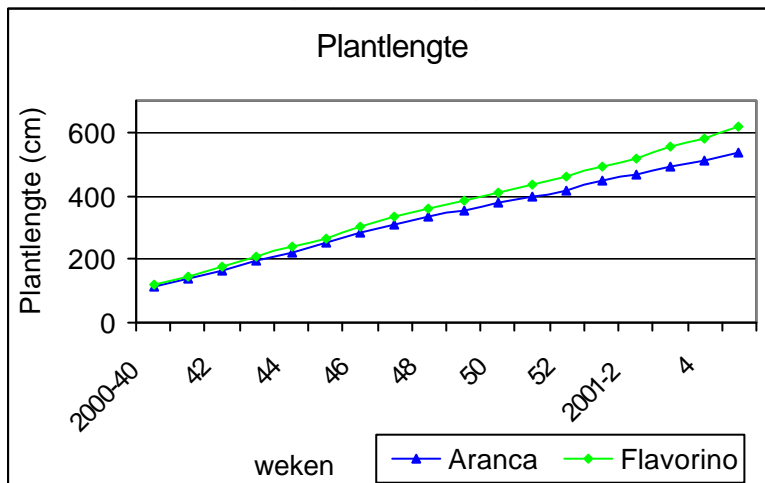
In figuur 4 zijn de waarden van licht en productie van figuur 2 gedempt weergegeven. Van drie opeenvolgende waarden is steeds het gemiddelde berekend.



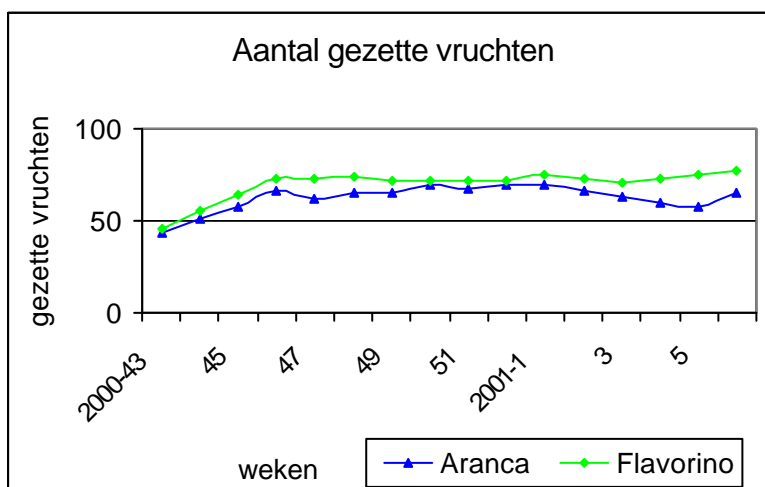
Figuur 4. Productie 'Aranca' (3^e periode 'Lycopen') van het proefbedrijf en referentiebedrijf. Van de waarden van figuur 2 is het voortschrijdend gemiddelde van drie waarden berekend. De afwisselend groene en rode balk onder de x-as geeft het verschil weer in productie. Wanneer de balk groen is, produceert de proefkas meer, wanneer de balk rood is, produceert het referentiebedrijf meer. Omslagpunten zijn met een grijze pijl weergegeven. Planttijdstippen van het gewas zijn met een rode pijl weergegeven.

Uit figuur 4 blijkt dat op het referentiebedrijf een hogere productie gehaald wordt in de zomer. Dit kan gedeeltelijk verklaard worden door de lichtonderschepping van de lampen, het verschil in ouderdom van de opstanden en het tussenplanten. De opstand van het proefbedrijf is ouder dan het referentiebedrijf. Naarmate glas ouder wordt, neemt de lichtdoorlatendheid af. Ook is door het tussenplanten (2^e rode pijl) het nieuwe gewas beschadigd door het verwijderen van het oude gewas. De productie in de proefkas is vanaf het begin van 2002 te laag, de productie ligt gedurende lange tijd rond de 0,3 kg/m²/week. Het gewas had in deze periode last van Pepino mozaïek virus. Ook stond er in deze periode een andere cultivar in de proefkas ('Lycopen'). Vanaf de tweede planting bleven er problemen optreden en werd de productie zoals die gehaald wordt op een bedrijf waar 1 maal per jaar geplant wordt niet gehaald.

De plantlengte en het totaal aantal gezette vruchten gedurende de eerste 20 weken van de proef is weergegeven in figuren 5 en 6.



Figuur 5. Plantlengte van 'Aranca' en 'Flavorino' gedurende de eerste 20 weken in de New Light proefkas.



Figuur 6. Aantal gezette vruchten van 'Aranca' en 'Flavorino' gedurende de eerste 20 weken in de New Light proefkas.

Uit figuren 5 en 6 blijkt dat in de New Light proefkas 'Flavorino' sneller groeit en meer vruchten zet dan 'Aranca'. Dit is een cultivareffect.

4.2 Gewas en vruchtkwaliteit

Het gewas werd tijdens het eerste belichtingsregime te vegetatief. Om deze reden is de daglengte korter gemaakt. De gewaskwaliteit tijdens het tweede en derde belichtingsregime was goed. De kleur van het blad, stengeldikte en verhouding tussen vegetatieve en generatieve groei was goed. Ten opzicht van een normale teelt was er bij de belichte teelt geen sprake van meer vruchtafwijkingen zoals neusrot, scheuren, waterziek of rammelaars. De vruchtkwaliteit van de vruchten uit de proefkas was goed. Het gemiddelde van de metingen van het % Brix gedurende de proefperiode is weergegeven in tabel 5.

Tabel 5. Metingen % Brix. Proefkas en referentiebedrijf. De gemiddeld laagste en hoogste waarde gedurende de proefperiode is weergegeven.

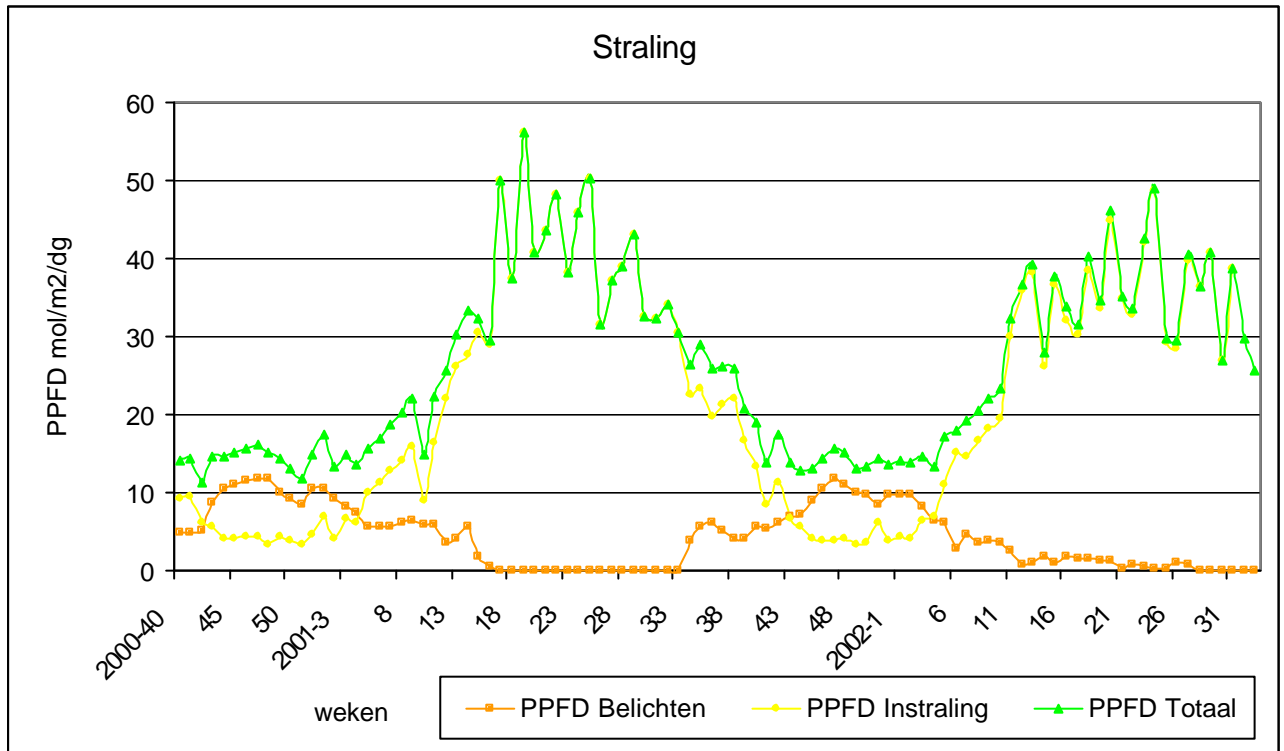
Locatie	Cultivar	% Brix
Referentiebedrijf	'Aranca'	6,2 - 7,0
New Light Growers	'Aranca'	7,1 - 7,2

Uit tabel 5 blijkt dat het % Brix hoger ligt van de vruchten van het proefbedrijf vergeleken met de vruchten van het referentiebedrijf. Dit is positief voor de kwaliteit van de vruchten. Het verschil in hoogste en laagste gemeten waarden van het % Brix gedurende de proefperiode voor het proefbedrijf is veel kleiner vergeleken met het referentiebedrijf. Dit betekent dat de kwaliteit van de vruchten van het proefbedrijf stabiel en beter is vergeleken met het referentiebedrijf.

Het vruchtgewicht en de kleuring van de vruchten was gedurende de gehele proefperiode goed. Data over deze parameters is beschikbaar op aanvraag.

4.3 Licht en belichting

De hoeveelheid licht die voor de proefkas is gemeten gedurende de proefperiode is weergegeven in figuur 7. De toegevoegde belichting door middel van assimilatiebelichting is berekend door de tijdsduur dat de lampen zijn ingeschakeld geweest per week te vermenigvuldigen met de intensiteit van de geïnstalleerde belichting. Het weerstation bij de proeflocatie heeft iedere dag de stralingsom gemeten. Hiervan is een weekgemiddelde berekend.



Figuur 7. In de figuur zijn drie stralingswaarden weergegeven. Steeds is de som per week berekend.

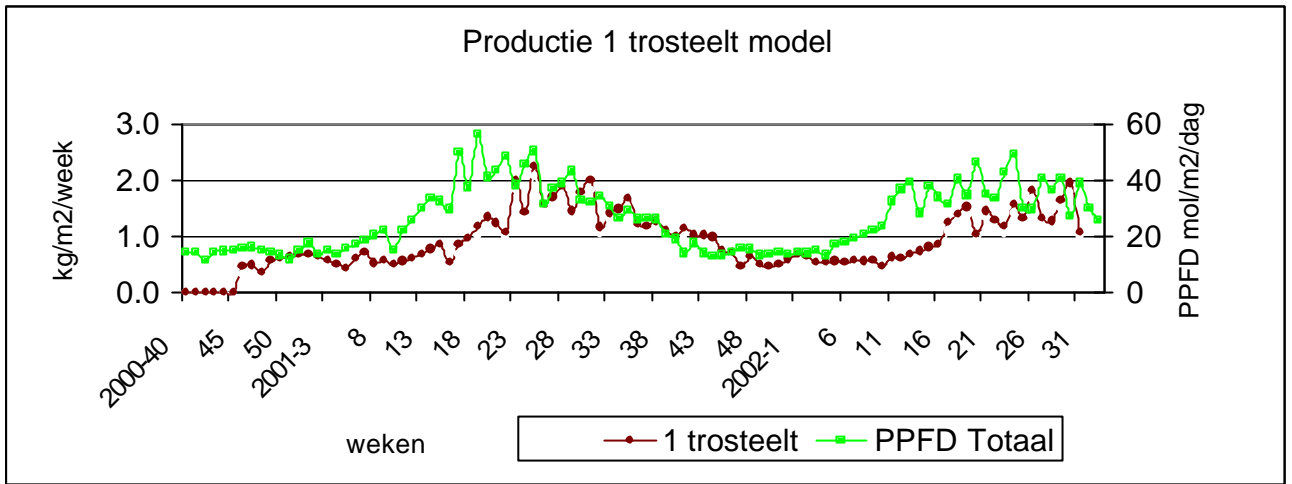
- PPFD Belichten: De toegevoegde belichting door middel van assimilatiebelichting (berekende waarde).
- PPFD Instraling: De hoeveelheid instraling van het buitenlicht gemeten door het weerstation bij het proefbedrijf.
- PPFD Totaal: Totale hoeveelheid ontvangen straling door het gewas.

4.4 Fotosynthese modelgewas

Voor onderhoudsademhaling en vegetatieve groei is ongeveer 4 mol/m²/dag nodig. Het resterende deel kan omgezet worden in productie. Boven de 4 mol/m²/dag is de vruchtproductie potentieel 9,1 gram versgewicht per mol/m²/dag.

(Spaargaren, 2000). Bovenstaande geldt voor een teelt waarbij slechts 1 tros geoogst wordt. Hiervoor kan bij de gemeten lichtwaarden een productie van het 1 trosteelt modelgewas worden berekend. Deze is weergegeven in figuur 8 (1 trosteelt). Bij dit modelgewas is een vertraging van zes weken ingebouwd tussen veranderingen in de straling en de respons van de oogst. Dit in verband met de buffering van assimilaten door de plant.

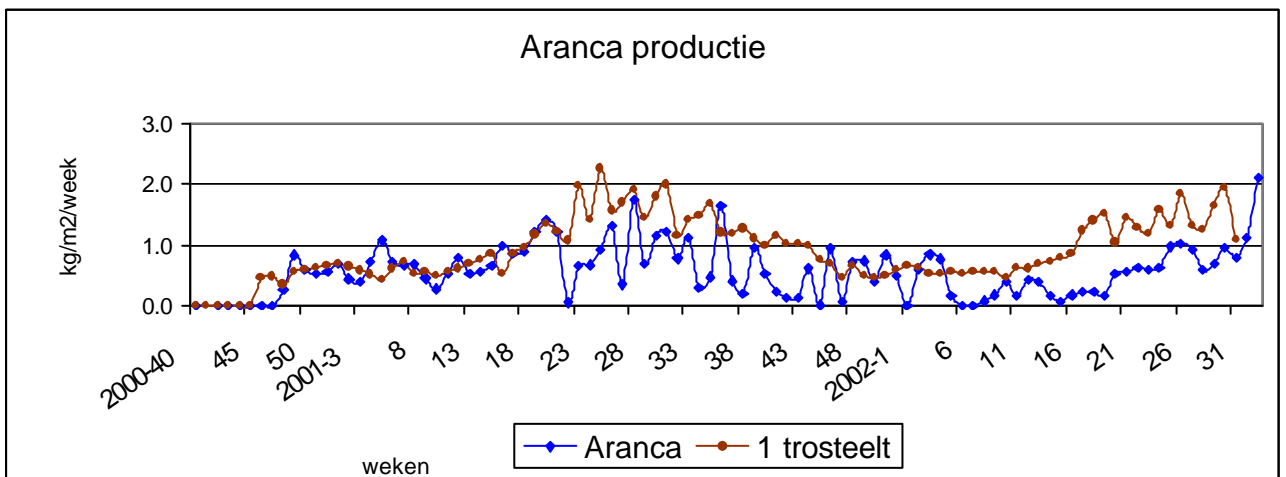
Het 1 trosteelt algemeen model volgt redelijk goed de productie van het referentiebedrijf met de cultivar 'Aranca' (figuur 11). 'Aranca' is een cultivar die niet erg veel produceert op jaarbasis. De kwaliteit van de vruchten is beter, wat productie kost.



Figuur 8. Productie van het modelgewas tomaat; 1 trosteelt met belichting volgens New Light regime en de som van de belichting en de door het weerstation gemeten straling.

Uit figuur 8 blijkt dat het modelgewas een hogere productie heeft in de zomer. In de zomer is ook te zien dat er meer onregelmatigheid optreedt in de productie tussen de opeenvolgende weken.

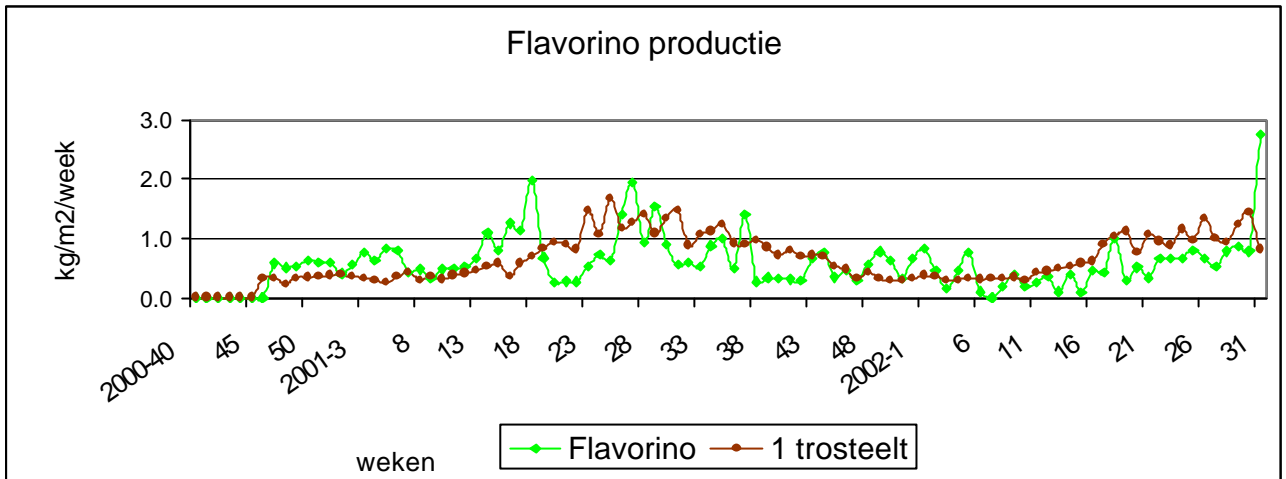
De gemeten productie kan nu vergeleken worden met de productie van het modelgewas. Dit is weergegeven in figuren 9 ('Aranca') en 10 ('Flavorino').



Figuur 9. Productie van 'Aranca' in de belichte proefkas (3^e periode 'Lycopen') en de productie van het modelgewas (1 trosteelt).

Wanneer de productie van het modelgewas wordt vergeleken met de productie van 'Aranca' is het duidelijk dat aanvankelijk de productie op een hoog niveau ligt, dit geldt van week 48 in 2000 tot week 20 in 2001. Daarna neemt de productie van 'Aranca' niet verder toe, terwijl er wel meer instraling is. Het modelgewas produceert

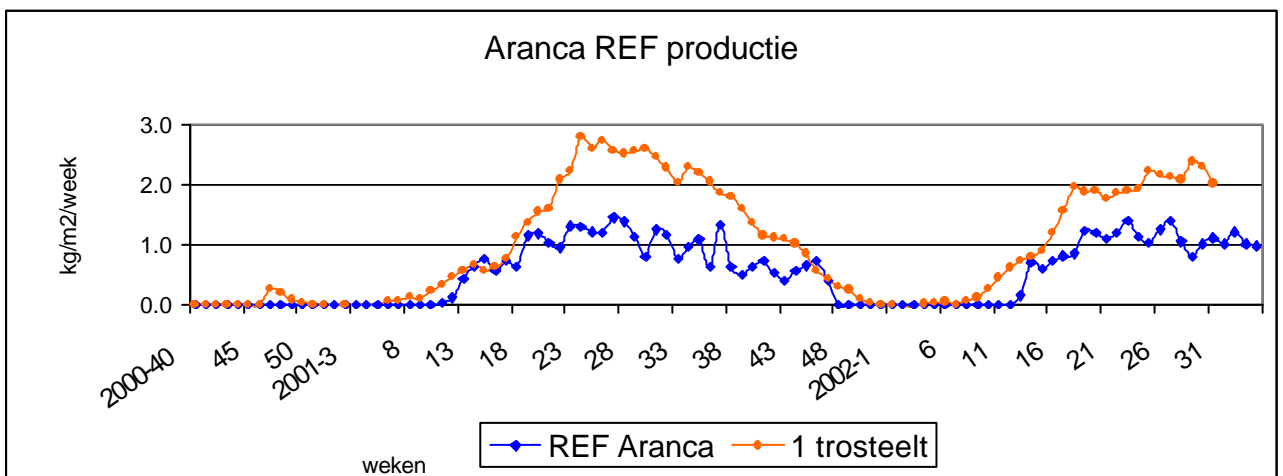
na week 20 wel meer vruchten door de hogere instraling. Pas in week 48 in 2001 is de productie van 'Aranca' weer ongeveer gelijk aan de productie van het modelgewas. Vanaf week 3 in 2002 gaat de productie van het proefbedrijf weer achterlopen op het modelgewas.



Figuur 10. Productie van 'Flavorino' (4^e periode 'Jet stream') in de belichte proefkas en productie van het modelgewas (1 trosteelt).

De eerste planting (tot week 20 in 2001) volgt 'Flavorino' in de grafiek redelijk het verloop van het modelgewas. Daarna blijft de werkelijke productie tot week 48 in 2001 duidelijk achter op de productie van het modelgewas. Daarna wordt de lijn van de productie van het modelgewas weer gevolgd tot week 14 in 2002. Na week 14 in 2002 blijft de productie van het proefgewas weer achter op de productie van het modelgewas. Voor zowel 'Aranca' als 'Flavorino' geldt dat in de maanden met veel instraling de werkelijke productie achterblijft vergeleken met het modelgewas. De straling is dan blijkbaar niet de belangrijkste limiterende factor voor de productie.

In Figuur 11 is de productie van het referentiebedrijf met 'Aranca' vergeleken met het model gewas.



Figuur 11. Productie van 'Aranca' van het referentiebedrijf en productie van het modelgewas (1 trosteelt).

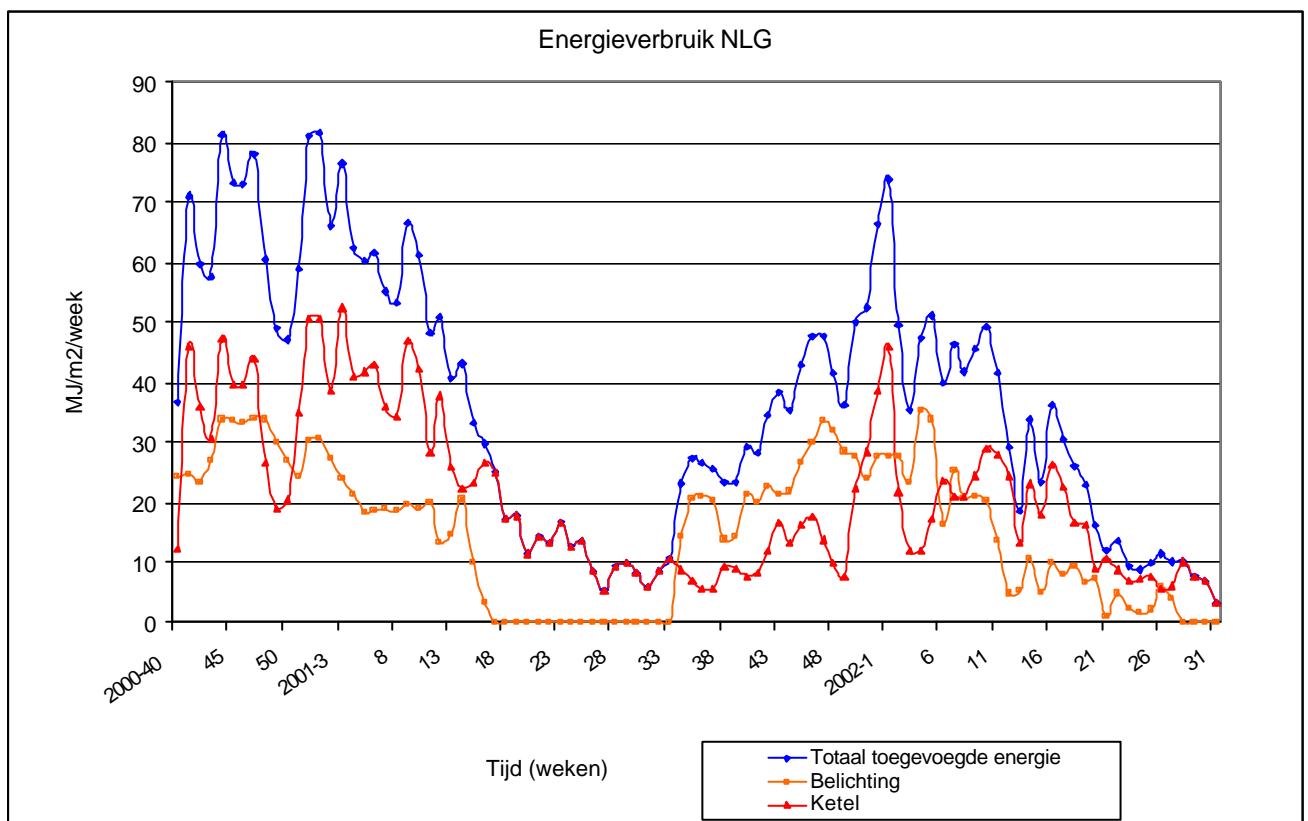
In figuur 11 is zichtbaar dat de productie van het referentiegewas redelijk de productie van het modelgewas volgt. In de zomermaanden blijft de werkelijke productie achter. Dit kan veroorzaakt worden omdat door sterker luchten de CO₂ concentratie daalt, wat ten koste gaat van de productie. De productie in de winter is volgens het model gedurende de lichtarmste periode 0 kg/m²/week.

4.5 Energie efficiency

Input van extra energie is rendabel als er meerproductie ontstaat. Wanneer er bijvoorbeeld 10% meer energie toegevoegd wordt in een teelt is de efficiency positief als de productie met meer dan 10% stijgt.

De totale energie input die is toegevoegd bestaat uit de belichting, de warmte van de belichting en de warmte van de ketel. De warmte-input van de lampen is berekend. De tijdsduur dat de lampen zijn ingeschakeld is vermenigvuldigd met de warmteafgifte van de lampen. De toegepaste SON-T belichting heeft 75% warmte afgifte en 25% afgifte van PPF (Spaargaren, 2000). Het grootste deel van de PPF (95%) wordt ook omgezet in warmte, de overige 5% is fotosynthese.

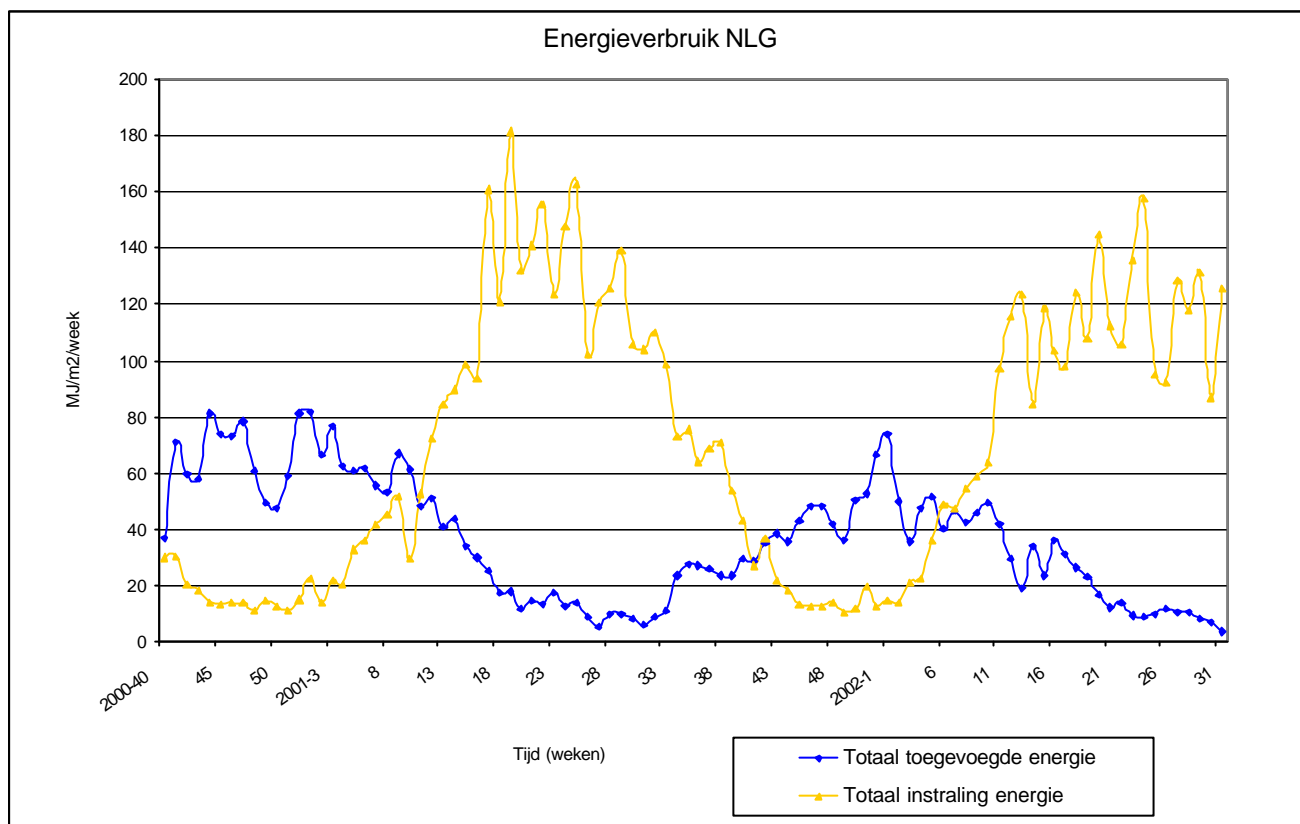
Het energieverbruik van de New Light proefkas (NLG) is weergegeven in figuur 12.



Figuur 12. Warmteverbruik van belichting en ketel van de proefkas (NLG) gedurende de proef. Bij de berekening is de energetische waarde van 1 m³ gas ingesteld op 3,25 MJ (Boorsma, 1980; Voss, 2000).

In figuur 12 is duidelijk het grotere energieverbruik rondom de wintermaanden zichtbaar. Het gaat hier om de perioden van week 40 in 2000 tot week 20 in 2001 en week 35 in 2001 tot week 21 in 2002. De hoogste piek ligt ongeveer bij 80 MJ/m²/week. De fluctuaties in de belichting in de winter ontstaan doordat tijdens zonnige weken er minder belicht wordt dan in weken met veel bewolking.

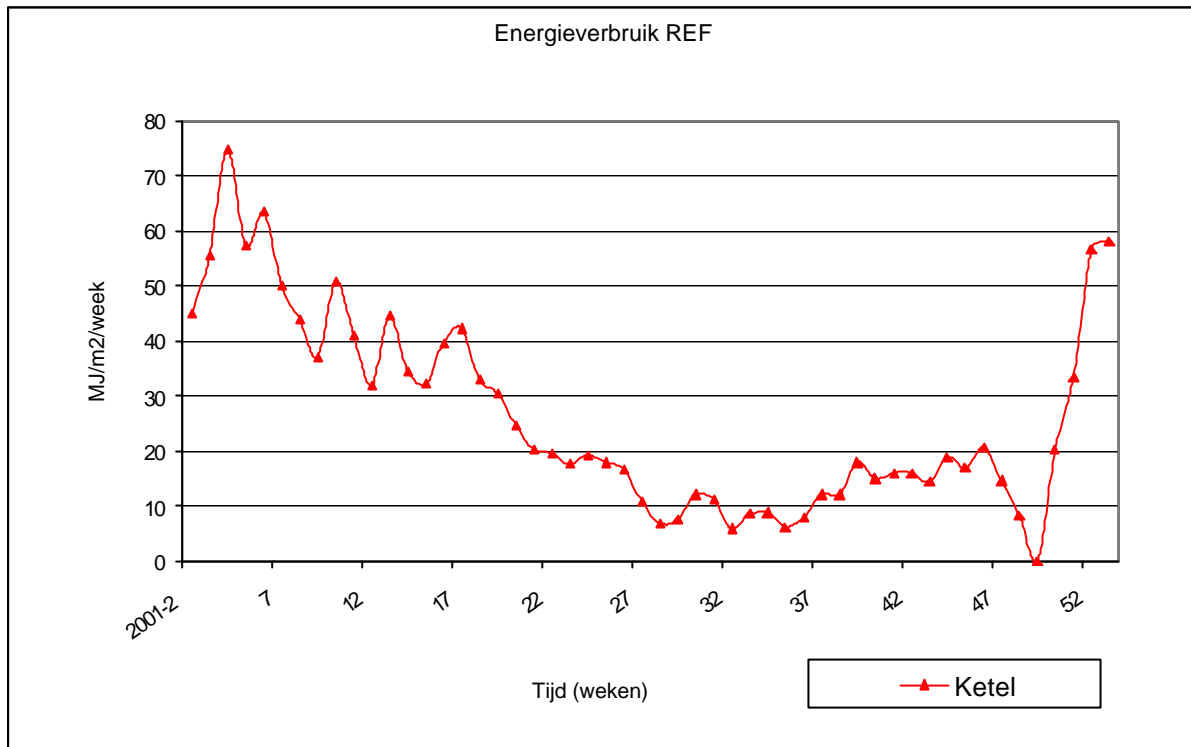
De instraling van de zon zorgt voor een grote energie input. Deze input is weergegeven in figuur 13.



Figuur 13. Energieverbruik van de proefkas gedurende de proef. Bij de berekening is de energetische waarde van 1 m^3 gas ingesteld op 3,25 MJ (Boorsma, 1980; Voss, 2000). De totaal instraling energie is de totale zonne-energie die door de kas ontvangen wordt. De totaal toegevoegde energie is de energie van de belichting en de verwarmingsketel bij elkaar opgeteld.

In figuur 13 is zichtbaar dat de instraling in de winter zeer laag is ten opzichte van de zomer. De totaal toegevoegde energie is hoog als de instraling laag is en is het laagst als de instraling hoog is.

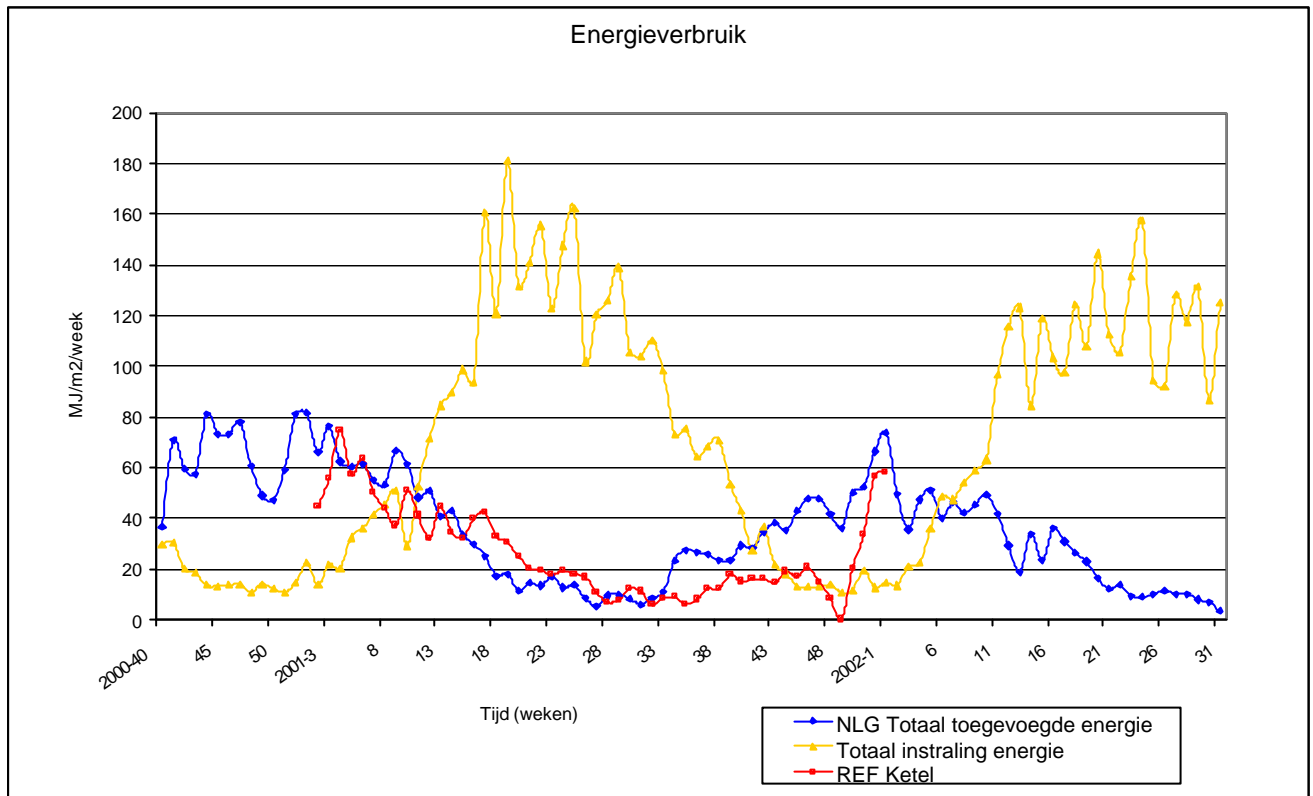
In figuur 14 is het energieverbruik van een normale teelt in Nederland met de cultivar 'Aranca' in het jaar 2001 weergegeven.



Figuur 14. Energieverbruik van een normale teelt in Nederland met de cultivar 'Aranca' in het jaar 2001. Bij de berekening is de energetische waarde van 1 m³ gas ingesteld op 3,25 MJ (Boorsma, 1980; Voss, 2000).

Uit figuur 14 blijkt dat het piekverbruik van de ketel bij de aanvang van de teelt boven de 70 MJ/m²/week ligt. Bij de New Light proefkas ligt het hoogste verbruik net boven de 80 MJ/m²/week. Voor de berekening van de gasprijs per m³ is het piekverbruik een belangrijke factor.

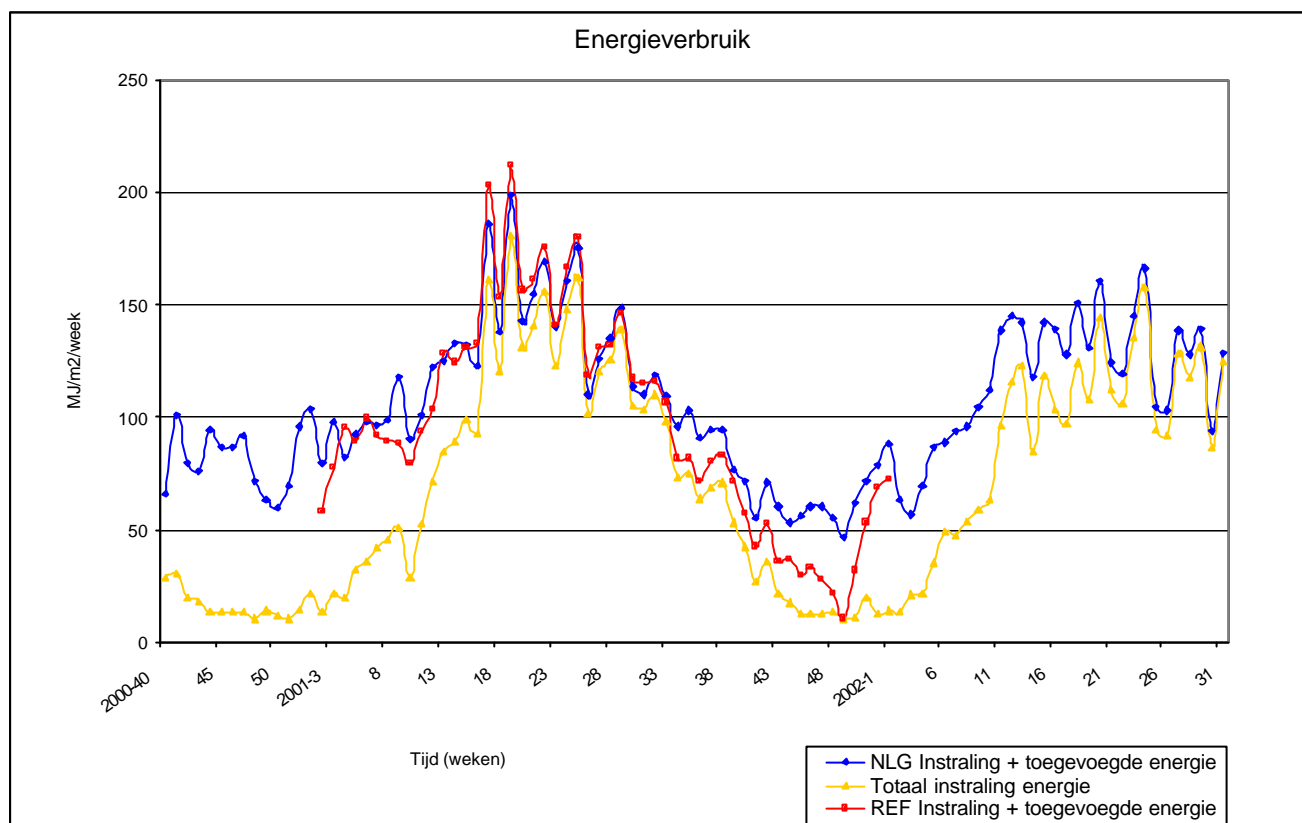
Om de totale hoeveelheid toegevoegde energie die in de teelten zijn gebruikt met elkaar te vergelijken zijn de waarden van de proefkas en de het referentiegewas in figuur 15 weergegeven. In deze figuur is ook de energie van de instraling van buitenlicht weergegeven.



Figuur 15. Totale hoeveelheid toegevoegde energie die in de teelten van de proefkas (NLG; Totaal toegevoegde energie) en het referentiebedrijf (REF; ketel) zijn gebruikt. Ook is de energie van de instraling (zonne-energie) weergegeven (totaal instraling energie).

In figuur 15 is zichtbaar dat de lijnen van de proefkas (NLG) en het referentiegewas (REF) tussen week 5-2001 en week 33-2001 niet zover uit elkaar liggen. Van week 34-2001 tot week 52-2001 is de energie input van de proefkas duidelijk groter dan het referentiebedrijf. Het relatief grote aandeel van de input aan totale instraling in de zomer is in de grafiek duidelijk zichtbaar. In de zomer is de hoeveelheid toegevoegde energie van de proefkas en het referentiebedrijf ongeveer even groot.

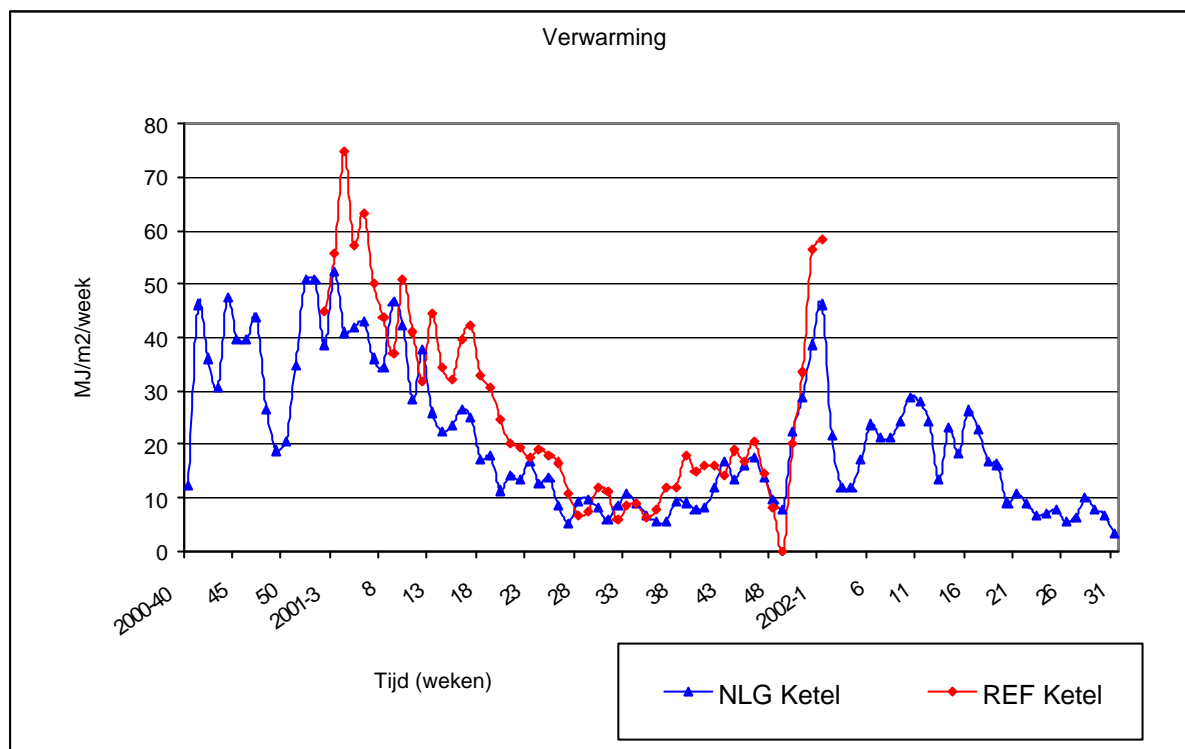
De som van de instraling en de toegevoegde energie is weergegeven in figuur 16.



Figuur 16. De som van de instraling (zonne-energie) en de toegevoegde energie bij de proefkas (NLG) en het referentiebedrijf (REF).

Uit figuur 16 blijkt dat van week 5-2001 tot week 33-2001 de totale input van de hoeveelheid energie van de proefkas en het referentiebedrijf ongeveer even groot is. Van week 34-2001 tot week 52-2001 is deze groter bij de proefkas (NLG) vergeleken met het referentiebedrijf (REF).

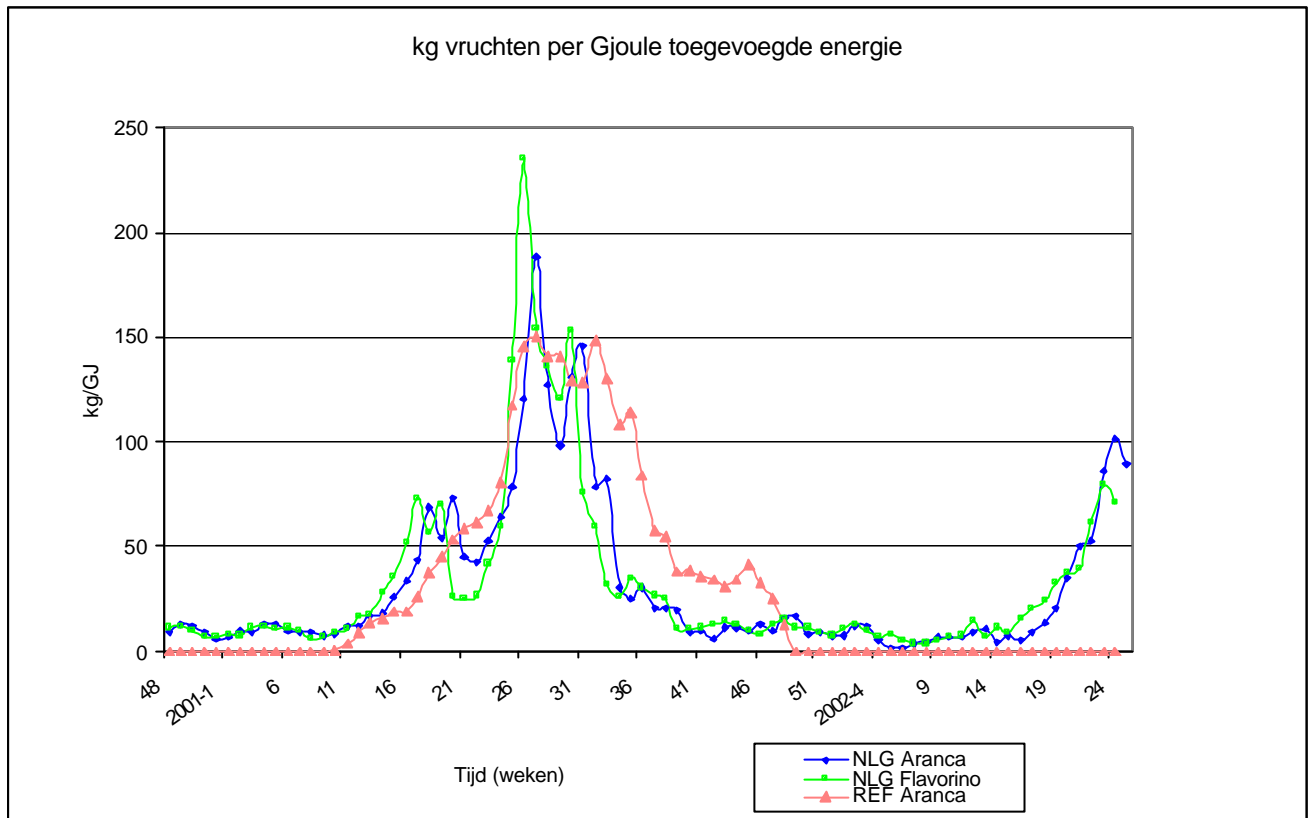
In figuur 17 is de verwarming van de proefkas en het referentiebedrijf weergegeven.



Figuur 17. De energie input van de verwarmingsketel van de proefkas (NLG) en het referentiebedrijf (REF). De energiewaarde in MJ/m²/week is weergegeven.

Uit figuur 17 blijkt dat voor beide gewassen de verwarmingsketel ongeveer even veel energie heeft gebruikt. Het energieverbruik van het referentiebedrijf is iets hoger. De invloed van de lampen op de totale warmte input is blijkbaar niet zo groot.

Het totaal energieverbruik is berekend en kan vergeleken worden met de productie van tomaten. Het energieverbruik per kg vruchten per week is weergegeven in figuur 18.



Figuur 18. kg vruchten per gigajoule toegevoegde energie van de cultivars 'Aranca' (3^e periode 'Lycopen') en 'Flavorino' (4^e periode 'Jet stream'), van het proefbedrijf en het referentiebedrijf. Hierbij is de toegevoegde energie van belichting en ketel berekend. Om de uitschieters in de productie te dempen is steeds het voortschrijdend gemiddelde van vier weken weergegeven.

In figuur 18 zijn voor de proefkas twee perioden zichtbaar bij beide cultivars waarbij de opbrengst in kg vruchten per GJ toegevoegde energie (efficiency) groter is dan de referentiekas. Dit is de periode van week 15 tot en met week 20 in 2001 en week 29 in 2001. Vooral de periode van week 15 tot en met week 20 is belangrijk. Het gaat hier om de eerste planting. Hierbij staat er in de proefkas een ouder gewas dan in de referentiekas. Beide gewassen zijn echter al enkele weken aan het produceren en zijn wat betreft potentiële productie goed vergelijkbaar. Het verschil in efficiency in week 29 tussen de proefkas en de referentiekas is minder belangrijk. Omdat het midden in het jaar plaatsvindt is het effect van belichting in deze periode waarschijnlijk erg klein. De belichting is gestopt in week 17 -2001. Na week 33-2001 is de productie van de referentiekas per GJ toegevoegde energie duidelijk hoger. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de nadelige invloed van het tussenplanten.

Het gemiddelde energieverbruik per kg vruchten van 2001 is weergegeven in tabel 6. Hierbij is de energie input van de verwarming en de belichting per kg vruchten berekend. De energie input van de zon is buiten beschouwing gelaten.

Tabel 6. Productie en gemiddeld energieverbruik per kg vruchten. Proefperiode New Light van de productie oktober 2000 tot en met oktober 2001 (NLG). 'Aranca' referentie (REF) is het energieverbruik en productie van 2001.

Cultivar	kg/jaar	kg/GJ	Belicht
'Aranca' REF	30,97	22,47	-
'Aranca' NLG	33,63	16,21	+
'Flavorino' NLG	32,76	15,79	+

Uit tabel 6 blijkt dat per kg vruchten de energie input van de belichte teelt veel groter is. Dit verschil kan op de volgende manieren verklaard worden:

- De schaduwwerking van de lampen en armaturen
- De energetisch ongunstige vorm en grootte van de proefkas
- De hogere leeftijd van de proefkas ten opzichte van de referentiekas, dit zorgt voor lichtarmere omstandigheden in de proefkas en meer verwarming door warmtelekkage.
- Het tussenplanten, dit zorgt voor een lagere productie door stress in het jonge gewas en de overdracht van plagen en ziekten

Het energieverbruik over een jaar per bruto m² kasoppervlak is van de proefkas en het referentiebedrijf weergegeven in tabel 7.

Tabel 7. Energieverbruik (belichting en verwarming) in gigajoules per m² in 2001. Proefperiode New Light van de productie 2001 (NLG). 'Aranca' referentie (REF) is het gasverbruik en productie van 2001. In de laatste kolom is het energieverbruik in % weergegeven. Hierbij is de normale teelt 'Aranca' REF op 100% gesteld.

Cultivar	GJ/ m ² / jaar	Belicht	%
'Aranca' REF	1,38	-	100
'Aranca' NLG	1,80	+	130
'Flavorino' NLG	1,80	+	130

Uit tabel 7 blijkt dat het energieverbruik van de proefkas 30 % hoger ligt vergeleken met het referentiebedrijf.

In tabel 8 is de energie van de instraling van de zon meegerekend in de totale energie input.

Tabel 8. Energie input (belichting, verwarming en instraling van de zon) in gigajoules per m² in 2001. Proefperiode New Light van de productie 2001 (NLG). 'Aranca' referentie (REF) is het gasverbruik en productie van 2001. In de laatste kolom is het energieverbruik in % weergegeven. Hierbij is de normale teelt 'Aranca' REF op 100% gesteld.

Cultivar	GJ/ m ² / jaar	Belicht	%
'Aranca' REF	5,06	-	100
'Aranca' NLG	5,47	+	108
'Flavorino' NLG	5,47	+	108

Uit tabel 8 blijkt dat de totale energie input van de proefkas 8 % hoger ligt vergeleken met het referentiebedrijf. Uit hoofdstuk 4.1 (tabel 4) blijkt dat de proefkas in 2001 -

19% meer productie had vergeleken met het referentiebedrijf. De hogere productie van de proefkas kan gedeeltelijk verklaard worden door het tussenplanten, in de kas is altijd een producerend gewas aanwezig geweest. Door het tussenplanten is er echter ook meer stress in het nieuwe gewas, wat weer productievermindering tot gevolg heeft. Wanneer door een teeltwisseling een afdeling twee weken leeg staat, daalt de productie met 4% door de leegstand. De productie van de proefkas is dan altijd nog 15 % hoger dan de referentiekas.

Wanneer naar de efficiency van de eerste 20 weken van de proefkas wordt gekeken, is het rendement van de belichting zeer goed vergeleken met de eerste 20 weken teelt van het referentiebedrijf. De extra toegevoegde energie uit zich in meer productie ten opzichte van het referentiebedrijf. Dit is weergegeven in tabel 9. Bij een extra energie input van 51% energie, is de productie 100% hoger. Het werkelijke rendement ligt nog hoger, in de referentiekas is namelijk later geplant en de planten hebben daardoor meer zonne-energie ontvangen dan de proefkas. Dit is zichtbaar in tabel 9 (zonne-energie + toegevoegde energie van REF is hoger dan NLG). De tegenvallende productie van de eerste 20 weken van de referentie teelt wordt veroorzaakt door de lichtarme omstandigheden. Door het gebrek aan licht is er weinig groei en vruchtzetting van het gewas, toch is het nodig om het gewas op temperatuur te houden in een periode van het jaar dat er buiten lage temperaturen heersen. Hierdoor is het moeilijk om een goed rendement uit de energie input te halen.

Tabel 9. Productie, energiebalans en efficiency gedurende de eerste 20 weken van de teelt. NLG = Newlight Growers, REF = referentiebedrijf, % = percentage verschil tussen het referentiebedrijf en de proefkas; 100% = waarde van het referentiebedrijf.

	NLG	REF	% NLG
Toegevoegde energie (MJ/m ² /week)	64,47	42,58	151
zonne-energie + toegevoegde energie (MJ/m ² /week)	84,59	118,40	71
Gemiddelde productie (kg/m ² /week)	0,62	0,31	200
Efficiency (kg vruchten per GJoule toegevoegde energie)	9,62	7,28	132

4.6 Voedingselementen

In de proefkas werd al het water gerecirculeerd. Het gemiddelde verbruik van meststoffen in twee perioden per week is weergegeven in tabel 10. In tabel 10 is eveneens het meststoffenverbruik van het referentiegewas 'Aranca' weergegeven.

Tabel 10. Gemiddeld meststoffenverbruik in twee perioden voor de proefkas (NLG) en 2001 voor het referentiegewas 'Aranca' (REF), weergegeven in verbruik per m² per week. Voor het referentiegewas werd kalksalpeter in oplossing gebruikt (geconcentreerde vloeibare meststof). Dit is omgerekend naar dezelfde hoeveelheid vaste kalksalpeter.

Soort meststof	eenheid	NLG	NLG	REF
		gem/m ² per week 2000/2001	gem/m ² per week 2001/2002	gem/m ² per week 2001
Kalksalpeter	g	17.91	13.83	9.72
Kalialpeter	g	10.81	7.81	12.35
IJzer (3%)	ml	0.85	0.66	0.64
Kalichloride	g	1.73	0.00	0.00
Bitterzout	g	8.91	4.79	6.75
Monokalifosfaat	g	3.98	7.53	2.75
Salpeterzuur	ml	0.87	0.00	0.00
Borax	mg	48.89	24.33	55.02
Mangaansulfaat	mg	29.24	11.94	49.71
zinksulfaat	mg	26.47	6.68	20.80
Kopersulfaat	mg	5.71	5.15	5.37
Natriummolybdaat	mg	2.84	4.22	3.86

In het proefgewas is minder kali en meer calcium en fosfaat meststof gebruikt vergeleken met het referentiegewas. De resultaten van de hoofd- en spoorelementen analyses zijn weergegeven in bijlage 1. Het kaligehalte in de mat was op sommige momenten erg laag, terwijl er voldoende werd toegediend. Hierbij was dus geen sprake van een moeilijker opnamen van kali en een grotere behoefte van het gewas aan kali. De hoeveelheid calcium was in het eerste proefjaar in de mat iets te hoog en later normaal. Dit komt overeen met de hoeveelheid calcium die is toegediend. Voor het element calcium gold dat de opname iets groter was en ongeveer even gemakkelijk verliep als een normale teelt. De fosfaat concentratie in de mat was in het eerste proefjaar laag, terwijl er wel veel gedoseerd werd. In het tweede proefjaar werd er nog meer gedoseerd en was de concentratie in de mat ook hoog. De opname van element fosfaat is dus groter bij belichting.

4.7 Wortelpathogenen

In de periode tussen 28-03-2001 en 12-07-2002 zijn elke vier weken wortels bemonsterd uit de steenwolmatten van het gewas. Hierop is de aanwezigheid van schadelijke en onschadelijke bodem- en wortelschimmels bepaald. Dit is uitgevoerd bij zowel de proefkas als een referentie tomatengewas ('Aranca'). De resultaten zijn weergegeven in figuur 19.

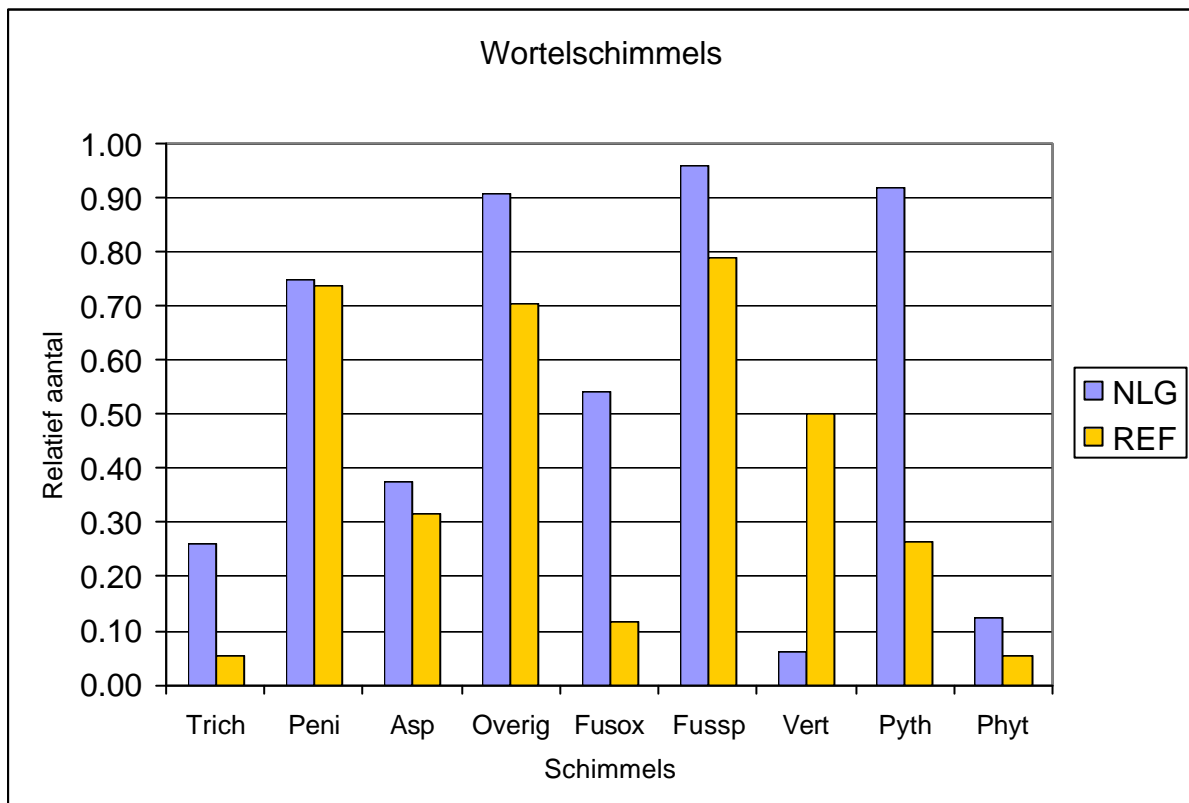
Onschadelijke schimmels in deze teelten zijn:

- *Trichoderma sp.*
- *Penicillium sp.*
- *Aspergillus sp.*
- Overige schimmels
- *Fusarium oxysporum*
- *Fusarium sp.*

Schadelijke schimmels in deze teelten zijn:

- *Verticillium sp.*
- *Pythium sp.*
- *Phytophthora sp.*

Tijdens de meetperiode geldt dat er in de proefkas meer wortelschimmels zijn gemeten vergeleken met de referentiekas. Dit geldt voor onschadelijke schimmels, maar ook voor de schadelijke schimmels, vooral *Pythium sp.* Tegen de schimmels is niet bestreden. Uitval door *Pythium sp.* is niet voorgekomen.



Figuur 19. Relatief aantal keren dat schimmels aangetoond zijn in de periode 28-03-01 t/m 12-07-02. Totaal zijn er 24 maal wortelmonsters gemeten bij de proefkas en 19 wortelmonsters bij de referentiekas. De schimmels zijn kwalitatief gemeten. Wanneer de betreffende schimmel in ieder geanalyseerd monster aanwezig was, is het relatieve aantal ingesteld op 1. Wanneer de betreffend schimmel niet werd waargenomen gedurende de gehele periode is het relatieve aantal ingesteld op 0. Trich = *Trichoderma sp.*, Peni = *Penicillium sp.*, Asp = *Aspergillus sp.* Overig = overige schimmels, Fusox = *Fusarium oxysporum*, Fussp = *Fusarium sp.*, Vert = *Verticillium sp.*, Pyth = *Pythium sp.*, Phyt = *Phytophthora sp.*

4.8 Gewasbescherming

Het gewas is in het voorjaar van 2001 aangetast door het Pepino mozaïekvirus. Hierdoor is de productie in de zomer achtergebleven. Andere plagen hebben niet in ernstige mate de productie verstoord.

4.8.1 Biologische gewasbescherming

Door Koppert B.V. in Berkel en Rodenrijs is de biologische bestrijding van de schadelijke insecten begeleid bij zowel het proefbedrijf als het referentiebedrijf. Wekelijks is de insectendruk beoordeeld. Op basis van de insectendruk en de aanwezigheid van biologische bestrijders werden extra, of andere soorten biologische bestrijders ingezet. Dit werd niet heel precies geteld en vastgelegd. Hierover is geen schriftelijke data beschikbaar.

Het schema van het inzetten van biologische bestrijders is weergegeven in tabel 11.

Tabel 11. toepassing biologische gewasbescherming. Aantallen organismen die in de gehele proefkas zijn uitgezet.

Ener = Enermix; 50% Encarsia formosa en 50% Eretmocerus eremicus

Miric = Mirical; Macrolophus calginosus

Ercal = Eretmocerus eremicus

Aphi = Aphidend; Aphidoletes aphidimyza

Dimi = Diminex; 50% Dacnusa sibirica en 50% Diglyphus isaea

Erv = Ervipar; Aphidius ervi

En-st = En-strip; Encarsia formosa

Migly = Miglyphus; Diglyphus isaea

Datum	Ener	Miric	Ercal	Aphi	Dimi	Erv	En-st	Migly
13-10-00	3000	2500						
20-10-00	3000	2500						
26-10-00		3000						
02-11-00	3000							
10-11-00	3000							
16-11-00	3000							
24-11-00	3000		15000					
26-11-00		3000						
01-12-00	3000							
14-12-00				1000				
19-12-00	3000							
28-12-00	3000							
04-01-01	3000			2000	250			
08-01-01					750			
11-01-01	1500							
18-01-01	1500							
24-01-01	1500							
31-01-01	1500							
06-02-01	1500			3000				
07-02-01								
05-04-01			15000					
12-04-01			15000					
19-11-01						3000	3000	
03-12-01		2000						
17-12-01							6000	
24-12-01			3000				1500	
31-12-01			3000				6000	
10-01-02			3000				6000	
15-01-02			3000				6000	
22-01-02			3000				6000	
04-02-02	6000	2000						1500
18-02-02	6000	2500						
25-02-02	6000							
26-02-02								1500
04-03-02	9000							750
12-03-02							15000	
19-03-02							15000	1000
26-03-02							15000	
09-04-02							750	
16-04-02							15000	750
23-04-02							15000	
07-05-02							15000	
14-05-02							15000	
15-05-02		2500						
21-05-02							15000	
28-05-02							15000	
06-06-02	45000							
Totaal	109500	20000	60000	6000	1000	3000	170250	5500

In de proefkas zijn in dezelfde hoeveelheid biologische bestrijders uitgezet vergeleken met een conventionele tomatenteelt. De infectiedruk van insectenplagen was ook niet duidelijk minder.

4.8.2 Chemische gewasbescherming

De chemische gewasbescherming is uitgevoerd door personeel van de New Light Growers. In tabel 12 is de bovengrondse chemische gewasbescherming weergegeven van de gehele proefkas (5.000 m²) weergegeven.

Tabel 12. Chemische gewasbehandelingen voor gewasbescherming. De hoeveelheden van de commercieel toegepaste formuleringen zijn weergegeven in g of ml en zijn toegepast in de gehele proefkas (5.000 m²).

Week/jaar	Turex (g)	Admiral (ml)	Applaud (ml)	Pirimor (g)
01-44/01	2000	380		
45-48/01	1500			
49-52/01	3000	400		
09-12/02	1250	300		
17-20/02	1500	600		
21-24/02			1280	
25-28/02	1250	350		750
Totaal	10500	2030	1280	750

Op het referentiebedrijf zijn per m² overeenkomstige hoeveelheden chemische gewasbeschermingsmiddelen gebruikt.

Wortelbehandelingen zijn tijdens de proeven niet uitgevoerd. Op het referentiebedrijf is tweemaal een bestrijding met Previcure uitgevoerd.

4.9 Bestuiving

Wanneer er lang wordt doorbelicht en de lampen worden uitgeschakeld kunnen hommels niet terugkeren naar de hommelmasten. Dit probleem is opgetreden bij belichten na zonsondergang. Doordat vanaf het tweede belichtingsregime een kortere dag werd aangehouden, konden de hommels wel terugkeren naar de kasten. De bestuiving van de bloemen bleef vanaf dat moment goed.

4.10 Klimaatbeheersing

Met de toegepaste belichtingsregimes is het door de warmteafgifte van de lampen niet of nauwelijks nodig dat het verwarmingsstelsel minder de kas verwarmt. Aparte sturing voor de gevelverwarming wanneer de belichting is ingeschakeld is niet nodig.

4.11 CO₂ en luchting

Wanneer onder omstandigheden met helder weer nog wordt belicht, kan dit een negatief effect hebben. De temperatuur kan onder deze omstandigheden stijgen, waarna door de klimaatregeling de luchtramen open gaan. Hierdoor daalt de CO₂ concentratie in het gewas en gaat de productie omlaag. Onder deze omstandigheden

is het beter om de belichting uit te schakelen zodat de CO₂ concentratie in de kas op een hoog niveau gehouden kan worden.

4.12 Gegevens van Spaanse tomatenbedrijven

Gegevens over Spaanse bedrijven zijn niet vrijgegeven in verband met de vertrouwelijkheid van de gegevens.

5 Discussie

Productie

De productie in de winter van de geteste cultivars 'Aranca' en 'Flavorino' was zodanig, dat de productie van het modelgewas van een 1 trosteelt uit de literatuur in de eerste wintermaanden gelijk was. De benutting van de belichting is in deze periode dus optimaal geweest. De kwaliteit van de vruchten was hierbij goed. De zetting, trosgrootte, vruchtgrootte, groeisnelheid was tijdens de proef goed. Na de eerste maal tussenplanten is de productie van het proefgewas niet meer goed op peil gekomen. Wanneer het eerste deel van de proef in acht wordt genomen is de energie-input zodanig dat de opbrengst per GJoule toegevoegde hoeveelheid energie hetzelfde of groter is vergeleken met het referentiebedrijf. Het referentiebedrijf is een bedrijf dat een zeer goede efficiency heeft, op dit bedrijf wordt met relatief weinig energie veel geproduceerd.

Driemaal planten in een jaar blijkt bedrijfseconomisch niet aantrekkelijk.

- Er zijn hogere kosten door het plantmateriaal en arbeid gedurende het planten.
- Omdat de jonge planten tussen de oude planten geplaatst worden is de overdracht van plaagorganismen gemakkelijk.
- De kasopstand komt geen moment meer leeg, hierdoor is bestrijding van een aantal plaagorganismen (schimmels, insecten) niet volledig mogelijk.
- De biologische bestrijding van insecten is na het verwijderen van het oude gewas niet goed in stand te houden met de reeds aanwezige populatie van biologische bestrijders.

Uit het bovenstaande blijkt dat éénmaal planten per jaar bedrijfseconomisch en gewastechnisch het meest aantrekkelijk is. Wanneer gewisseld wordt van gewas kan dit het beste plaatsvinden in een periode dat het aanbod van de 'normale' teelt hoog is. Dit in verband met de prijsvorming.

Gewas en vruchtkwaliteit

De gewaskwaliteit was bij het eerste belichtingsregime minder goed volgens Dhr. v.d. Lans. Het gewas stond donker en was vegetatief. Door het invoeren van een kortere daglengte was de gewaskwaliteit bij het tweede en derde belichtingsregime goed. Bij teveel belichten, zowel in uren als met intensiteit worden de planten vegetatiever en daalt de productie. Het afwijkende spectrum van de lampen moet dus voldoende worden gecompenseerd met natuurlijk licht, of in ieder geval straling met een compenserend spectrum (Spaargaren, 2000). De toegepaste intensiteiten en de laatste toegepaste instellingen voldoen in grote lijnen. In langdurig donkere perioden ontstaan er mogelijk kritieke situaties. De belichting moet dan zo lang mogelijk ingeschakeld worden. De afwijkingen van de planten door het spectrum van de lampen nemen dan toe.

De kwaliteitsparameters voor de vruchten; smaak, structuur, kleur waren allen ruim voldoende. Vruchtafwijkingen zijn niet in extra mate opgetreden.

Fotosynthese modelgewas

De productiecijfers volgens het modelgewas uit de literatuur werd in de zomer niet gehaald. Dit kan gedeeltelijk worden verklaard door de lichtonderschepping van de geïnstalleerde lampen. De lampen zijn gemonteerd in reflectoren en zijn bevestigd

aan armaturen met voorschakelapparatuur. Dit hangt in zijn geheel boven het gewas, wat daardoor licht onderschept. Ook is de proefkas al ouder, de lichtdoorlatendheid van het kasdek is daardoor minder. Door teeltwisseling met tussenplanten ontstond er stress bij het jonge gewas door verwijdering van het oude gewas. Ook kunnen er gemakkelijk infecties overgebracht worden van het oude naar het nieuwe gewas.

Energie input

Het verbruik van gas en elektriciteit (toegevoegde energie) van de teelt in de winter is hoger omdat er minder zonne-energie beschikbaar is. Omdat in de winter zowel het licht als de warmte van de lampen optimaal benut kunnen worden is het rendement van de toegevoegde energie zeer hoog. Ten eerste komt de 75% warmte van de lampen vrij in de teeltruimte en ten tweede kan de restwarmte van een warmtekrachtinstallatie benut worden. De restwarmte van den warmtekrachtinstallatie is de warmte die bij opwekking van de elektriciteit vrijkomt en kan in de teeltruimte gebruikt kan worden. Een bijkomend voordeel is dat op het bedrijf een kleine verwarmingsinstallatie voldoet om aan de warmtevraag in de koudste periode van het jaar te voldoen.

Wanneer met warmtekracht (installatie die zowel elektriciteit als warmte opwekt) wordt gewerkt zal in sommige perioden van het jaar er een warmte overschot ontstaan. Wanneer aan het warmtesysteem een ander bedrijf wordt gekoppeld met een warmtevraag wordt dit probleem opgelost zonder dat deze energie verloren gaat. Wanneer met warmtekracht wordt gewerkt, is er in de zomer overcapaciteit. In die periode is er geen extra licht nodig, maar wel een kleine hoeveelheid warmte. Het overschot aan elektriciteit zou aan het energiebedrijf kunnen worden geleverd. Een warmtevraag is er voor het gewas in de ochtend. Dit valt samen met een afnamepiek van elektriciteit in het landelijke elektriciteitsnet. De installatie zou op andere perioden op de dag op afstand ingeschakeld kunnen worden als de elektriciteitsvraag groot is (back-up installatie).

Efficiency

Wanneer naar de efficiency van de eerste 20 weken van de proefkas wordt gekeken, is het rendement van de belichting zeer goed vergeleken met de eerste 20 weken teelt van het referentiebedrijf. De extra toegevoegde energie uit zich in meer productie ten opzichte van het referentiebedrijf. Bij een extra energie input van 51% energie, is de productie 100% hoger. Het werkelijke rendement ligt nog hoger, in de referentiekas is namelijk later geplant en de planten hebben daardoor meer zonne-energie ontvangen dan de proefkas. Het blijkt dat er een goed rendement uit de energie input is te halen. Waarschijnlijk is er te vroeg begonnen met belichten en is te lang doorgegaan met belichten. Vooral de instellingen van de 8000 lux belichting zijn zodanig dat deze laat werden uitgeschakeld. In bijlage 3 is een geoptimaliseerd belichtingsregime weergegeven waarmee mogelijk de bovenstaande efficiency gehaald wordt.

Elementenopname

Het meststoffenverbruik van een belichte teelt ligt op een ander niveau dan een normale teelt. De opname van calcium, kali en fosfaat is in de belichte teelt groter. De concentratie in de mat van fosfaat en calcium moet iets hoger gehouden worden voor een goede opname van deze elementen. De kaligift moet verhoogd worden, maar houd dan een normale streefwaarde in de mat. Voor groei en ontwikkeling van het gewas kan wel of geen belichting mogelijk invloed hebben op het

elementengebruik. Voor de celopbouw en het goed functioneren van cellen in de plant is misschien een andere concentratie van elementen nodig.

Gewasbescherming bovengronds

Het bestrijdingsmiddelengebruik van zowel insecticiden als fungiciden bovengronds is vergelijkbaar met een normale teelt. Door het gebruik van biologische bestrijders kunnen insectenplagen onder controle gehouden worden. Schimmelinfecties treden niet in een andere mate op vergeleken met een normale teelt. Omdat de hoeveelheid licht controleerbaar is te doseren kan het gewas niet verzwakken door lichtgebrek tijdens lichtarme omstandigheden. Hierdoor kunnen infecties door zwakteparasieten (vooral schimmels, *Botrytis*, meeldauw) in een belichte teelt verminderen. Wel zorgt tussenplanten voor extra infectiedruk. Het 'oude' gewas kan het 'nieuwe' gewas besmetten. Het is met betrekking tot de gewasbescherming dus verstandig om in een korte periode eerst het oude gewas te verwijderen en dan pas het nieuwe gewas te planten.

Wortelpathogenen

Aantasting van de wortels trad bij de proefkas niet in mindere mate op. Uit de gegevens blijkt dat met het tussenplanten ook sneller infecties van het 'oude' gewas op het 'nieuwe' gewas terechtkomen. In het proefgewas is echter niet bestreden en er trad geen uitval op. Door de belichting is het gewas mogelijk toch weerbaarder tegen schadelijke organismen. De plant heeft meer assimilaten tot zijn beschikking en heeft een stabiel aanbod van assimilaten. De afweer tegen plagen, wat voor soort dan ook, is dan beter. In de referentiekas is tweemaal een behandeling met Previcure uitgevoerd om wortelaantasting door *Pythium* tegen te gaan.

Klimaatbeheersing

Voor een goede klimaatbeheersing is het met het tweede en derde toegepaste belichtingsregime niet nodig dat de gevelverwarming apart aangestuurd kan worden voor een goede beheersing van de temperatuur bij de gevels. Met de sturing van de luchtvochtigheid zijn eveneens geen problemen opgetreden.

Landelijk beleid

Het landelijke politieke beleid is erop gericht om de energie input van land- en tuinbouw producten te verkleinen de komende decennia. In gebieden waar in de winter lichtrijkere omstandigheden heersen is de input van energie in de winter per kg product kleiner. De transportketen wordt echter groter. Voor versproducten is een korte transportketen belangrijk voor het behoud van de kwaliteit. Bovendien zorgt een langere transportketen voor toenemend energieverbruik en milieubelasting.

6 Conclusies

Doelstellingen

De doelstellingen bij de aanvang van het project zijn hieronder nogmaals weergegeven:

Het realiseren van een (teelt-) technisch en economisch levensvatbare jaarrond productie van kwaliteitstomaten binnen de Nederlandse Glastuinbouw, met:

1. Jaarrond levering: Levering in de lichtarme periode van het seizoen is mogelijk. In combinatie met een normaal bedrijf kan dan jaarrond geleverd worden. Aan deze doelstelling is voldaan, mits de bedrijfsopzet zodanig is dat er twee afdelingen zijn, waarbij één afdeling belicht wordt. In de andere afdeling kan de restwarmte gebruikt worden en de productiestops tijdens de teeltwisselingen gebufferd worden.
2. Vermindering energie-input per kilogram product ten opzichte van:
 - teelt zonder belichting in Nederland: De vermindering van de hoeveelheid toegevoegde energie ten opzichte van een normale teelt is over een teeltjaar wel gerealiseerd voor het eerste deel van de proef tot aan de eerste tussenplanting. Voor de hoeveelheid toegevoegde energie over de gehele proef is dit niet gelukt en het realiseren hiervan is waarschijnlijk mogelijk wanneer in de lichtrijkere perioden minder belicht wordt. Het lichtregime zou dusdanig veranderd moeten worden dat dit optreedt.
 - teelt zonder belichting in Spanje : Gegevens van teelten in Spanje zijn niet beschikbaar voor publicatie.
3. Vermindering bestrijdingen van met name met fungiciden bij de wortels: In de teelt zijn geen fungiciden bij de wortels gebruikt. Aan deze doelstelling is voldaan.
4. Vermindering ruimtebehoefte doordat productie significant toeneemt: De productie neemt significant toe met 19%, maar niet met 60%. Aan deze doelstelling is gedeeltelijk voldaan.

De productie van het modelgewas uit de literatuur wordt onder lichtarme omstandigheden met een belichte teelt gehaald. Het rendement van de toegevoegde energie is hiermee goed.

Bedrijfseconomisch rendement

In bedrijfseconomisch opzicht is het rendement minder gemakkelijk te beoordelen. De benodigde hoeveelheid toegevoegde energie per kilo vruchten is in de proef 81 % groter dan bij een normale teelt. Bij een geoptimaliseerd belichtingsregime (zie bijlage 3) zal de hoeveelheid toegevoegde energie waarschijnlijk dalen, terwijl de productie op peil blijft. Wanneer de restwarmte van een belichte teelt gebruikt kan worden neemt het rendement nogmaals toe. De invloed van de gasprijs en de kosten van de belichting is echter groot. Aanvoer van tomaten van zeer hoge kwaliteit gedurende de winter is echter een sterk uitgangspunt om een goede prijs per kilo te

bedingen. De kwaliteit van vruchten rondom de Middellandse zee in de winterperiode laat vaak te wensen over. Wanneer dit gecombineerd kan worden met een 'normale' teelt, kan er jaarrond geleverd worden. Omschakeling naar een bedrijf op een ver weg gelegen locatie is duur om de volgende redenen:

- Het opzetten van een productiebedrijf buiten Nederland vergt veel organisatie.
- Het controleren van de processen in een buitenlands productiebedrijf is moeilijk. Het kost veel reistijd en extern management.
- Omschakeling van goederenstromen gedurende een aantal maanden per jaar.
- Door onbekendheid met de gang van zaken in het buitenland is het nodig om kennis te vergaren of experts in te huren.

Een productie met belichting in Nederland door het gehele jaar betekent een stabiele situatie. Zowel gewaskundig, arbeidstechnisch als met de logistiek en afzet geeft dit kosten- en kwaliteitsvoordeel.

Wanneer een bedrijf integraal wordt opgezet kunnen er meerdere onderdelen geoptimaliseerd worden:

Een nieuwe opstand kan zodanig worden opgezet dat er geen overcapaciteit is van de verwarming en de restwarmte van een warmtekrachtinstallatie benut kan worden.

Met de gasleverancier kan mogelijk een gunstig contract worden afgesloten.

Aan het elektriciteitsbedrijf kan gedurende enkele perioden in het jaar stroom geleverd worden.

Aan een inkooporganisatie kan een verzekering worden gedaan van levering van tomaten met hoge kwaliteit gedurende de maanden dat er geen levering is van de 'normale' teelt.

Literatuur

Boorsma, Ir. K., Energiebewuste materiaalkeuze, RVH, Amsterdam, juni 1980

Dorais, M. Gosselin, A., Trudel, M.J., 1991. Annual greenhouse tomato production under a sequential intercropping system using supplemental light. *Sci. hort.* 45: 3-4, 225-234.

Spaargaren, J.J., 2000. Belichting van tuinbouwgewassen. Hortilux Schreder, Monster Nederland.

Voss, Dr. A., Hout voor opwekking van duurzame energie, TNO Afdeling Houttoepassingen, Houtwereld 53 (15) pp 26-27, 29 augustus 2000.

Bijlagen

Bijlage 1 Elementenanalyses

Powerpointfile: bijlage 1 elementenanalyses.ppt

Bijlage 2 Teeltinstellingen

Plantdata

Jaar	Week	Cultivars
2000	40	'Aranca' en 'Flavorino'
2001	20	'Aranca' en 'Flavorino'
2001	40	'Lycopeen' en 'Flavorino'
2002	10	'Aranca' en 'Jet stream'

Temperatuurinstellingen:

De temperatuur en CO₂ instellingen zijn tijdens de teelt aangepast naar de behoefte van het gewas, hieronder zijn de grove instellingen weergegeven.

Etmaaltemperatuur: 18 °C

Dagtemperatuur: 20 °C

Nachttemperatuur: 16 °C

CO₂: 700 ppm

Bijlage 3 Geoptimaliseerd belichtingsregime

Let op!

De waarde in W/m^2 en de waarde in $J/cm^2/dag$ is in bijlage 3 weergegeven in globale straling; deze waarde moet vermenigvuldigd worden met 0,45 voor de waarde in PAR.

Voor de berekening van de intensiteit van de instraling waarbij de belichting wordt ingeschakeld in het onderstaande belichtingsregime is een model gebruikt. In het model zijn een aantal parameters ingesteld. Wanneer andere parameters worden ingevoerd, kan er andere waarde voor de intensiteit uitkomen. De lichtsom is berekend met de ingestelde waarde $12 \text{ mol}/m^2/dag$ en de lichtonderschepping van de kasconstructie. De daglengte is overgenomen op basis van de New Light plantproeven.

Geoptimaliseerde belichtingsregime

Instraling	< $230 \text{ W}/m^2$	16.000 lux
	$230 - 280 \text{ W}/m^2$	8.000 lux
	> $280 \text{ W}/m^2$	geen belichting
Totale lichtsom	> $835 \text{ J}/cm^2/dag$	8.000 lux
Totale lichtsom	> $860 \text{ J}/cm^2/dag$	geen belichting

Daglengte: 7:00h – 18:30h

Voor bovenstaande instellingen zijn de volgende parameters gebruikt:

Gewenste lichtsom <u>in de kas</u>	$12 \text{ mol}/m^2/dag$ PPFD
Lichtdoorlatendheid kasconstructie	70%
Omrekeningsfactor globale straling $W/m^2 \rightarrow PAR \text{ W}/m^2$	0,45
De lichtmeter van het weerstation is <u>buiten de kas</u> gemonteerd	
Lichtsom van donkerste dag van het jaar	$1,5 \text{ mol}/m^2/dag$
Daglengte natuurlijk licht	8 uur
Daglengte belichting	11,5 uur

Wanneer de belichting is ingeschakeld wordt de lichtsom met de standaard buiten gemonteerde weerstations niet gecorrigeerd met de belichting. Wanneer met hoge lichtintensiteiten wordt gewerkt en er niet gecorrigeerd wordt met de belichting zal de lichtsom tijdens dagen waarop veel belicht wordt gaan afwijken. Dit kan verholpen worden door een correctie op de lichtsom via de belichting uit te voeren, of met lichtmeters in de kas onder de lampen. Het gemakkelijkste is waarschijnlijk de correctie op de lichtsom via de belichting. De klimaatcomputer zal dit dan moeten corrigeren op basis van de inschakeltijd van de lampen.

Met 1 uur belichting door 8000 lux SON-T lampen wordt er $15,7 \text{ J}/cm^2 \times 1 \text{ uur} \times 1/0,7$ (correctie lichtonderschepping kasconstructie) = $22,4 \text{ J}/cm^2$ globale straling toegediend aan de lichtsom. Wanneer 8 uur is belicht met 16000 lux is er $31,4 \text{ J}/cm^2$

$x 8 \text{ uur} \times 1/0,7 = 359 \text{ J/cm}^2$ aan de buitenlichtsom toegediend met belichting. Het is duidelijk dat de invloed van deze correctie op de totale lichtsom groot kan zijn.

De betrouwbaarste lichtmeting voor de planten is in de kas, onder de lampen. Hierbij zijn er echter meerdere lichtmeters nodig, de constructie van de kas kan namelijk de meters beschaduwen, vooral met direct zonlicht. Ook is de lichtverdeling van belichtingsarmaturen ongelijk. Voor een betrouwbare meting zijn er dus meerdere lichtmeters nodig die op verschillende plaatsen en oriëntaties ten opzichte van de kasconstructie geplaatst moeten worden.

Bijlage 4 Veel gebruikte eenheden en grootheden

Meetwaarden voor toepassing en optimalisatie

Gewas: Tomaat

De lichtsom die per dag voor een tomaat nodig is om kwalitatief goed te kunnen produceren is 12 Mol/m²/dag. Dit is een waarde die uit onderzoek is gebleken. Het is mogelijk dat in de praktijk een andere waarde een beter rendement heeft (Spaargaren, 2000).

Deze 12 Mol/m²/dag kan bereikt worden door het buitenlicht van de zon, wanneer dit in de winter te weinig is, kan worden bijbelicht.

PAR = Photosynthetic Active Radiation = licht dat voor de plant beschikbaar is voor fotosynthese (weergave in energie per oppervlakte-eenheid per tijdseenheid).

PPFD = Photosynthetic Photon Flux Density = licht dat voor de plant beschikbaar is voor fotosynthese (weergave in deeltjes per oppervlakte-eenheid per tijdseenheid).

Voor buitenlicht geldt dat ongeveer 45% van de globale straling PAR is.

De lichtdoorlatendheid van het kasdek is op 70% ingesteld.

Berekening met lichtsom van buitenlicht

Soort licht	Globale straling (J/cm ² /dag) buiten	PAR (J/cm ² /dag) buiten	PPFD (Mol/m ² /dag) in de kas
Buitenlicht	835	375	12,0
Buitenlicht	69,6	31,3	1,00

Berekeningen met vaste intensiteit van buitenlicht

Soort licht	Intensiteit globale straling (W/m ²) buiten	Duur van de intensiteit (uren)	PPFD (Mol/m ²) in de kas
Buitenlicht	200	11,9	12,0
Buitenlicht	100	23,8	12,0
Buitenlicht	100	1,98	1,00
Buitenlicht	100	1,00	0,51

Berekeningen met vaste intensiteit van belichting

Soort licht	Intensiteit (lux) in de kas	Duur van de belichting (uren)	PPFD (Mol/m ²) in de kas
Belichting	16000	17,1	12,0
Belichting	8000	34,2	12,0
Belichting	8000	2,85	1,00
Belichting	8000	1,00	0,35