



**PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING**

WAGENINGEN UR

Vergelijking van mobiele en vaste belichting bij tomaat

De invloed van mobiele en vaste belichting op de drogestofproductie en assimilatenverdeling van tomaat.

Ruud Kaarsemaker (PPO)

Bert Houter (PPO)

Leo Marcelis (PRI)

Boris Berkhout (PPO)



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Business Unit Glastuinbouw
November 2004
PPO nr. 41717050

© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, 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: 41717050

PT-nummer: 11711

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

VOORWOORD	4
SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	6
2 METHODE	7
2.1 Teelt.....	7
2.2 Belichting.....	7
2.2.1 Installatie.....	7
2.2.2 Lichtverdeling in de kas.....	7
2.2.3 Belichtingsduur	8
2.3 Planttemperatuur	8
2.4 Gewasbeoordeling	9
2.5 Gewasmetingen.....	9
2.6 Productie	10
3 RESULTATEN	11
3.1 Uitgangssituatie.....	11
3.2 Effect van type belichting op planttemperatuur en dampdrukdeficit	11
3.3 Gewasbeoordeling	13
3.4 Ontwikkeling.....	13
3.5 Drooggewicht blad en bladoppervlak.....	14
3.5.1 Waarnemingen tot 16 februari	14
3.5.2 Waarnemingen op 8 april.....	14
3.6 SLA	15
3.7 Totale plant.....	16
3.8 Vruchten	17
3.8.1 Vruchten aan de plant	17
3.8.2 Ge oogste vruchten	19
4 DISCUSSIE.....	21
5 CONCLUSIES	22
LITERATUUR.....	23
BIJLAGE 1: MEETRESULTATEN LICHTVERDELING IN DE KAS	24
BIJLAGE 2: GEWASBEOORDELING	27
BIJLAGE 3: TABELLEN PER BEHANDELING EN DATUM	31
BIJLAGE 4: TABELLEN PER BEHANDELING EN POSITIE T/M 16 FEBRUARI	33
BIJLAGE 5: TABELLEN PER POSITIE OP 28 APRIL	37
BIJLAGE 6: GROEICURVE GEBRUIKT VOOR CORRECTIE OP TROSNUMMER.....	38

Voorwoord

Om de kosten van dit onderzoek naar de effecten van beweegbare belichting te beheersen is nauw samengewerkt met een aantal bedrijven. Wij zijn daarom zeer dankbaar dat wij de proef in samenwerking met de firma Van der Lans op hun bedrijf mochten uitvoeren. Daarbij is gebruikt gemaakt van de belichtingsinstallatie van Van der Lans, zijn planten verlengd opgekweekt en werden bezoekers gastvrij ontvangen. PPO wil de firma Van der Lans daarom graag bedanken voor het beschikbaar stellen van hun faciliteiten en personeel. Daarnaast hebben de firma's Priva, Van der Arend, Westland Energie, Hortilux en Philips en de heren T. Duijvestijn (Teler) en J. Mulder (Adviseur BCO tomaat) bijgedragen aan het onderzoek door apparatuur of diensten tegen gunstige voorwaarden te leveren. PPO wil ook deze bedrijven en personen bedanken voor hun bijdragen.

Samenvatting

Een beweegbare belichtingsinstallatie is alleen interessant als de extra kosten van de beweegbare installatie worden terugverdiend met een hogere productie. Om na te gaan wat de effecten zijn van het bewegen van belichting is dit op een praktijkbedrijf onderzocht. De paden onder en tussen de lampen zijn afzonderlijk beoordeeld. Indicatief zijn ook enkele waarnemingen verricht aan de onbelichte planten.

De tomaten zijn 22 december 2003 geplant. De belichte planten groeiden veel zwaarder weg dan de onbelichte planten en kwamen eerder in productie. Deze voorsprong van 400 g/m² bleef tot week 16 gehandhaafd, maar nam vanaf week 20 geleidelijk af. In week 32 was de cumulatieve productie nog maar 100 g/m² hoger. Beweegbare en vaste belichting gaven dezelfde productie. De productie van de rijen onder de lampen was gelijk aan de productie van de rijen tussen de lampen.

De beweegbare belichting gaf een iets generatiever gewas ten opzichte van de vaste belichting. Dit kwam tot uiting in een betrouwbaar lager bladgewicht, dunner blad, relatief laag drogestofgehalte in het blad en een relatief hoog drogestofgehalte in de groene vruchten. Bij de visuele plantbeoordeling was de bladkwaliteit met beweegbaar belichten iets beter en had het gewas meer groeikracht ten opzichte van de vaste belichting. Het vruchtgewicht aan de plant onder de beweegbare lampen was vergelijkbaar met de andere behandelingen. De verschillen die gemeten zijn in het gewas kwamen niet terug bij de ge oogste vruchten. Het percentage drogestof in de ge oogste vruchten werd niet beïnvloed door de wijze van belichten.

Het verschil tussen wel of niet belichten was veel groter dan de wijze van belichten. Op 16 februari waren de vegetatieve delen van de belichte planten 28 gram drogestof/m² zwaarder dan de onbelichte planten. De 60% extra gewicht leverde maar 20% meer bladoppervlak op. Het zou meer rendement opleveren als een groter deel van deze drogestof in de vruchten terechtgekomen was. De extra hoeveelheid drogestof ten opzichte van onbelicht komt omgerekend overeen met ongeveer 450 gram oogstbare vruchten per m². De gemiddelde afsplitsingsnelheid van de trossen werd niet beïnvloed door de wijze van belichting. Op 18 januari bloeide de eerste bloem van de eerste tros en 19 maart bloeide gemiddeld de eerste bloem van de 10^e tros. Omdat de afsplitsingsnelheid samenhangt met de gemiddelde etmaaltemperatuur betekent dit dat de gemiddelde temperatuur van het groeipunt niet werd beïnvloed door de wijze van belichting. De beweegbare installatie gaf in dit onderzoek niet meer drogestof en vruchtproductie dan een vaste installatie met hetzelfde belichtingsniveau. Het is voor de tomatenteler, vanwege de meerkosten ten opzichte van een vaste installatie, niet interessant om te investeren in een beweegbare installatie.

1 Inleiding

Met een hoeveelheid extra groeilicht van 2700 lux is het mogelijk om de productie van tomaat iets te vervroegen. In de praktijk worden op verschillende bedrijven beweegbare lampen gebruikt. Een beweegbare belichtingsinstallatie zou meer productie opleveren dan een vaste installatie. In dit onderzoek is nagegaan of de wijze van belichting (vast of mobiel) invloed heeft gehad op de drogestofproductie en drogestofverdeling binnen de plant. Daarnaast is gekeken of de wijze van belichting van invloed is op het bladoppervlak (LAI) en bladdikte (SLA). De stand van het gewas is regelmatig beoordeeld met een beoordelingsformulier volgens de beoordeling van Westland Energie. Indicatief zijn ook enkele waarnemingen verricht aan de planten in de niet belichte teelt.

2 Methode

2.1 Teelt

Het onderzoek is uitgevoerd op het bedrijf van gebr. Van der Lans. Het klimaat, de belichtingsstrategie en de teelthandelingen zijn verzorgd door de medewerkers van gebr. Van der Lans. De waarnemingen in het gewas zijn uitgevoerd door PPO Glastuinbouw. Tomaten van het ras Aranka zijn gezaaid op 10 november 2003. De planten zijn geënt en getopt op de lobbladeren. Het gewas is op 22 december geplant met 1.25 planten en 2.5 stengels per m². In week 15 zijn extra stengels bijgehouden tot een stengeldichtheid van 4.0 stengels/m².

2.2 Belichting

2.2.1 Installatie

Het geïnstalleerde vermogen was voor alle behandelingen gelijk en kwam overeen met 1 lamp van 600 watt per 32 m² en 2700 lux/m². De lampen bij de mobiele belichting hingen in vierkantsverband, de lampen bij de vaste belichting versprongen.

De beweegbare lampen bewogen in één cyclus van 28 minuten (26 minuten heen en 2 minuten terug).

Vaste belichting

afstand tussen de lampen: 10*3.2 meter
aantal rijen totaal: 3*3.20
afstand van de lampen tot goot: 3.5 meter
goothoogte: 70 cm

beweegbaren lampen 4 lampen per unit

afstand tussen de lampen: 6.4 *20 meter
aantal rijen: 3 *6.4 meter
afstand van de lampen tot goot: 3.4 meter
goothoogte: 70 cm

beweegbaren lampen 2 lampen per unit

afstand tussen de lampen: 3.2 *20 meter
aantal rijen: 3 *3.2 meter
afstand van de lampen tot goot: 3.4 meter
goothoogte: 70 cm

2.2.2 Lichtverdeling in de kas

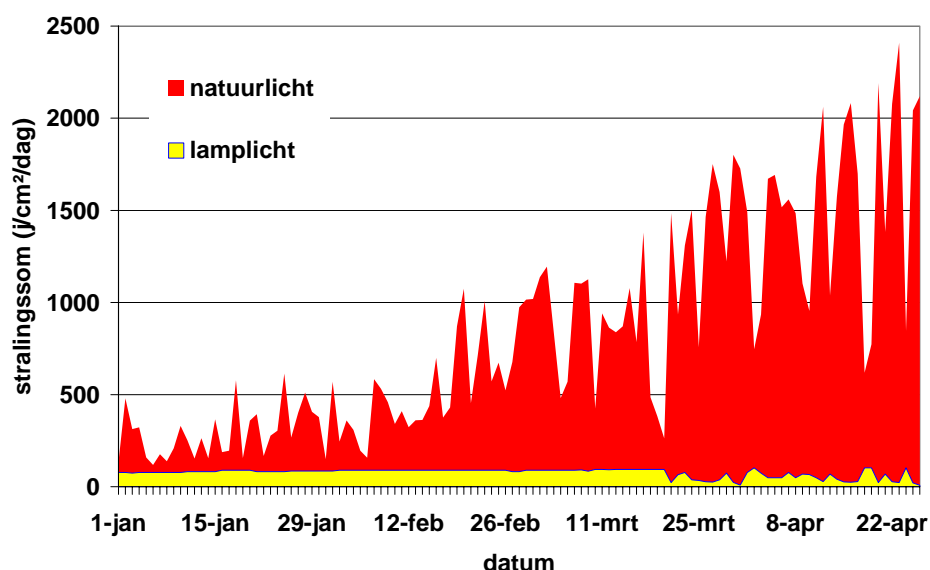
Er zijn geen grote verschillen in gemiddelde lichtintensiteit en lichtverdeling in de kas als gekeken wordt naar gemiddelden over een wat langere periode. Een afzonderlijke plant ontvangt bij vaste belichting constant dezelfde hoeveelheid licht, terwijl dit bij mobiele belichting continu varieert gedurende de cyclus van lampbeweging. Het rapport met gedetailleerde meetresultaten staat in bijlage 1.

2.2.3 Belichtingsduur

Er is belicht van zonop tot zononder. Bij meer dan 400 watt/m² instraling werden de lampen uitgeschakeld. Vanaf 20 maart werd op zonnige dagen slechts een gedeelte van de dag belicht (figuur 1). In januari is het aandeel lamplicht van de totale lichtsom vrij groot. Naarmate het natuurlijke licht toeneemt, neemt het aandeel lamplicht steeds verder af (tabel 1).

Tabel 1: Dagsom natuurlijk licht en hoeveelheid en aandeel lamplicht omgerekend naar buitenlicht

Datum	Natuurlicht (J/dag/cm ²)	Lamplicht (J/dag/cm ²)	Aandeel kunstlicht van totale lichtsom (%)
01/Jan - 28/Jan	203	82	29%
29/Jan - 25/Feb	391	90	19%
26/Feb - 24/Mar	818	86	9%
25/Mar - 21/Apr	1396	52	4%
22/Apr - 26/Apr	1863	36	2%



Figuur 1: Aandeel kunstlicht (omgerekend naar buitenlicht) ten opzichte van natuurlijke dagsom van de globale straling (J/cm²/dag).

2.3 Planttemperatuur

Om inzicht te krijgen in het effect van het type belichting op de planttemperatuur en het effect daarvan op verdamping is zowel bij vaste als bij beweegbare belichting een planttemperatuursensor boven het gewas bevestigd. Op die locaties zijn ook de kasluchttemperatuur en luchtvochtigheid met een aanvullende meetbox gemeten. Uit de planttemperatuur en luchtvochtigheid is de VPD (verdampingsdruk) bepaald. Dit is een maat voor de potentiële gewasverdamping.

2.4 Gewasbeoordeling

Het gewas is beoordeeld volgens de methode ontwikkeld door Westland Energie (Bijlage 7) en uitgevoerd door de begeleidingscommissie. In tabel 2 is een samenvatting gegeven van de belangrijkste criteria die gebruikt zijn tijdens dit onderzoek. Het belang van de beoordelingscriteria is afhankelijk van het teeltdoel. In deze proef is deze methode gebruikt om de gewasbeoordeling vast te leggen maar niet om de teeltstrategie aan te passen.

Tabel 2: Criteria gewasbeoordeling

criterium	Toelichting
Internodiumlengte	Lengte van internodium vanaf het 4e grote blad van boven
Groei/bladafsplitsing	De uitgroei van de drie jongste bladeren moet in overeenstemming zijn met de afsplitsingsnelheid, optimaal is dat de 2 jongste bladeren een lengte hebben van 1/3 en 2/3 van het 3 ^e jongste blad.
Bladstand	Horizontale bladstand van het 4 ^e blad van boven is optimaal
Bladkleur	Randen van het blad in de kop moeten donkergroen van kleur zijn en de basis van het blad is lichtgroen van kleur
Troskwaliteit	Bloeiende tros mag niet omhoog steken en veel gerekt zijn.
Gelijkheid bloei	Variatie van de bloei tussen planten, bloeien alle bloemen aan de tros even snel, volgen de bloeiende trossen elkaar goed op
Bladvorm	Ideale vorm is vierkant gerekend vanaf het 1e zijblad tot de punt van het blad en de grootste breedte van het blad

2.5 Gewasmetingen

De metingen aan het gewas zijn uitgevoerd op 23 december 2003, 5 en 19 januari, 16 februari en 8 april 2004. Voor de metingen t/m 16 februari zijn complete planten gebruikt. Versgewichten en bladoppervlaktes zijn per blad bepaald en het drogestofgehalte is per vijf bladeren bepaald. De planten die bemonsterd zijn van 5 tot en met 16 februari zijn allemaal op 5 januari geselecteerd en gelabeld. De planten hadden twee gelijkwaardige stengels en zijn na selectie verdeeld in de drie groepen van de verschillende beoordelingsdata. Bij de laatste waarneming zijn in opeenvolgende planten waarnemingen verricht waarbij per plant steeds drie bladeren en één tros werden verwijderd. Zo werden van de eerste plant bladnummers 1 t/m 3 verwijderd, de tweede plant bladnummers 4 t/m 6 etc. Per drie bladeren is 1 tros bemonsterd. De positie van de tros ten opzichte van de bemonsterde bladeren is steeds waargenomen. De trosgewichten zijn vervolgens gecorrigeerd met behulp van een groeicurve (bijlage 6) naar de bladposities 2, 5, 8, 11 etc. Per behandeling is het aantal bladeren aan de plant geteld en het cumulatieve bladoppervlak per bladlaag berekend. Uit het cumulatieve bladoppervlak en het aantal bladeren per plant is de LAI (bladoppervlak/m² teeltoppervlak) berekend. Van de belichte planten zijn per meetdatum steeds 12 planten in de rij onder de lampen gemeten en 12 planten tussen de rij lampen. Van de niet belichte planten werden 4 planten gemeten.

2.6 Productie

De productiegegevens zijn verzameld per pad van 186 m² en gemiddeld per behandeling. Het aantal paden per behandeling varieerde (tabel 3). In het onderzoek is onderscheid gemaakt tussen de paden die zich onder de lamprijen bevonden en paden die zich tussen de lamprijen bevonden. Bij mobiel 4 werd 1 pad onder de lampen afgewisseld met 3 rijen tussen de lampen.

Tabel 3: Aantal paden gebruikt voor de productiewaarneming per behandeling

Behandeling	rij onder	rij tussen
onbelicht		11
mobiel2	3	3
mobiel4	3	9
Vast	4	3

3 Resultaten

3.1 Uitgangssituatie

De variatie tussen het plantmateriaal was op vijf januari 2004 groter dan verwacht. Het bleek dat de gemiddelde plantgrootte niet hetzelfde was voor de vier behandelingen. Om de groei van de planten goed te kunnen volgen zijn daarom op 5 januari 186 planten gelabeld. Omdat de planten willekeurig zijn gelabeld kan gesteld worden dat het gemiddelde uitgangsgewicht (op labeldatum 5 januari) van de bemonsterde planten op 5 januari, 19 januari en 16 februari vergelijkbaar was. Dit betekent wel dat het verschil in plantgrootte op 5 januari tussen de behandelingen ook gevolgen heeft gehad voor de plantgrootte op 19 januari en 16 februari. Voor de waarneming van 8 april is per behandeling een steekproef genomen.

3.2 Effect van type belichting op planttemperatuur en dampdrukdeficit

In tabel 4 zijn de gemiddelden weergegeven van het lokale klimaat bij de beide belichtingstypen. Uit tabel 4 volgt dat de kasluchttemperatuur en planttemperatuur bij vaste belichting iets lager was dan bij beweegbare belichting. Dit geldt zowel voor de situatie dat de belichting aan staat als uit staat. Omdat de gradiënt niet veranderde heeft de belichtingswijze dus geen invloed gehad op de gemiddelde kastemperatuur. Dit geeft wel aan dat er mogelijk een horizontale temperatuurgradiënt in de kas was. Over het algemeen had de belichte afdeling een iets hogere verwarmingsstreefwaarde en daarmee gerealiseerde kasluchttemperatuur ten opzichte van de overige afdelingen. De meetlocatie van vaste belichting lag dichterbij de onbelichte afdelingen dan beweegbare belichting. Over het algemeen was het verschil tussen vaste en beweegbare belichting in februari en maart groter dan in april. Dit kan verklaard worden doordat er in april meer is geventileerd. Dan worden temperatuurverschillen gemakkelijker genivelleerd.

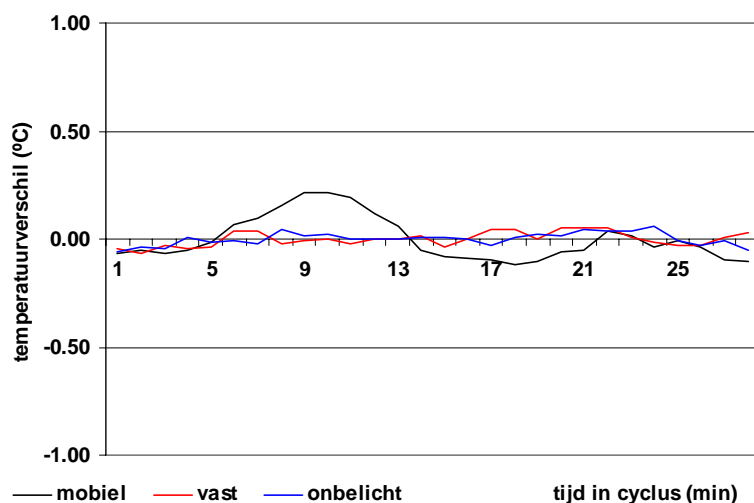
Tabel 4: Gemiddelde kas- en planttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en dampdrukverschil tussen blad en lucht bij vaste en beweegbare belichting over de periode van januari t/m april.

Gedeelte van etmaal	Tkas (°C)		Tplant (°C)		RV-kas (%)		VPD (Pa)	
	vast	beweegb	vast	beweegb	vast	beweegb	Vast	beweegb
Dag	22.0	22.1	21.8	22.0	77.7	76.9	498	530
Nacht	15.7	15.8	15.1	15.3	78.2	77.3	276	301
Belichting aan	20.6	20.7	20.5	20.7	78.2	77.6	432	464

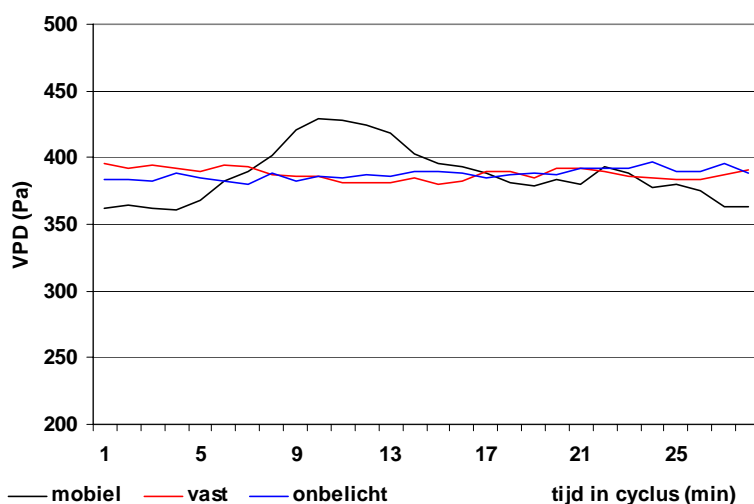
Verder valt op dat het temperatuurverschil bij de planttemperatuur iets groter is dan bij de kastemperatuur. Dit kan komen doordat de lampen bij vaste belichting gelijkmatiger over de kas waren verdeeld, terwijl bij beweegbare belichting in de gewasrij direct naast de belichting is gemeten.

De RV bij vaste belichting is iets hoger dan bij beweegbare belichting. Dit kan verklaard worden door de iets lagere kastemperatuur bij vaste belichting. De VPD (dampdrukdeficit) is het verschil in dampdruk tussen plant en kaslucht. De dampdruk bij de plant is berekend bij 100 % luchtvochtigheid in de huidmondjes en de gemeten planttemperatuur. Daarmee is de VPD een maat voor de verdamping indien de verdamping niet door de huidmondjes wordt belemmerd. De VPD bij vaste belichting is lager dan die bij beweegbare belichting. Dit is voor een groot deel te verklaren door de temperatuurverschillen die geconstateerd zijn. Stel dat we de kastemperatuur van 18 °C met 0.2 °C verlagen en de absolute luchtvochtigheid blijft gelijk, dan stijgt de RV met 1.0 % en de VPD daalt met 25 Pa. In tabel 4 zien we dat het verschil in planttemperatuur op momenten van belichting zelfs nog iets groter was dan 0.2 °C. Dan wordt het verschil in VPD ook groter.

Er is een duidelijk cyclisch effect van de beweegbare belichting op de planttemperatuur en de kasluchttemperatuur. Eerst neemt de planttemperatuur toe (minuut 4) en één à twee minuten later (minuut 5-6) de kastemperatuur. Het verschil tussen plant en kas temperatuur staat in figuur 2. Tussen minuut 6 t/m 14 en 22 t/m 23 is de gewastemperatuur hoger dan de kastemperatuur. Dit zijn de twee perioden in de cyclus dat de lampen zich lang en kort boven het gewas bevinden. Omdat de relatieve luchtvochtigheid ten gevolge van de planttemperatuur en luchttemperatuur verandert wordt ook de VPD beïnvloed (figuur 3). De reactie van VPD heeft hetzelfde patroon als het verschil tussen plant en kastemperatuur.



Figuur 2: Temperatuurverschil tussen plant en kas bij vaste en mobiele belichting en onbelichte tomaten gedurende één cyclus van belichten.



Figuur 3 Invloed van belichtingswijze op de VPD (dampdrukdeficit) gedurende één cyclus van 28 minuten bij vergelijkbare gemiddelde kastemperatuur.

Een uitgebreide analyse van de effecten van mobiele en vaste belichting op het klimaat staat in Houter *et al.* (2004).

3.3 Gewasbeoordeling

Het gewas van beweegbare belichting en vaste belichting werd vrijwel hetzelfde beoordeeld. Gemiddeld kwam het gewas onder beweegbare belichting er iets beter uit dan bij vaste belichting. De gewasbeoordeling van de onbelichte planten was duidelijk minder dan de gewasbeoordeling van de belichte planten (tabel 5).

Tabel 5: Gemiddelde van 10 gewasbeoordelingen tussen 23 december en 26 maart.

Gewaskenmerk	Beweegbare belichting	Vaste belichting	Niet belicht
Bladkleur	6.9	6.1	5.8
Bladvorm	6.4	6.0	4.9
Bladstand	6.5	5.9	5.7
Gelijkheid bloei	6.8	7.1	5.8
Groeikracht/bladafsplitsing	5.5	4.8	4.5
Internodiumlengte	5.4	5.3	5.0
Troskwaliteit	6.8	6.8	5.4

3.4 Ontwikkeling

Ondanks de verschillen in plantgrootte was het ontwikkelingsstadium van de planten vergelijkbaar. Op 19 januari bloeide gemiddeld de 1^e bloem van de 1^e tros (tabel 6). De bloeisnelheid van de beweegbare belichting was tot 16 februari betrouwbaar lager (tabel 7), maar werd van 16 februari tot 18 maart weer volledig gecompenseerd tot hetzelfde niveau als de vaste belichting op 18 maart (tabel 6). Omdat de oudere trossen niet meer werden gesnoeid en er een behoorlijke variatie ontstond in aantal vruchten per tros zijn de trossen 4 t/m 7 geteld. De 6^e tros van de planten bij de vaste belichting was betrouwbaar groter dan dezelfde tros bij de beweegbare belichting (tabel 9). De grootte van de andere trossen was vergelijkbaar. De uitgroeiduur werd niet beïnvloed door de wijze van belichting (tabel 9).

Tabel 6: Trosnummer en bloemnummer (decimaal) van de bloeiende tros op 4 data bij beweegbare en vaste belichting

Behandeling	19-jan	02-feb	16-feb	18-mrt
Beweegbaar	1.2	2.8	4.6	9.8
Vast	1.2	2.9	4.8	9.8

Tabel 7: Invloed van beweegbare en vaste belichting op ontwikkelingssnelheid (tros/week) in twee perioden

Datum	Beweegbaar	Vast
19 jan t/m 16-feb	0.85 (a)	0.88 (b)
17-feb t/m 18-mrt	1.17(d)	1.13 (c)

Tabel 8: Aantal vruchten per tros bij beweegbare belichting ($l_{sd} = 0.9$)

Tros	Beweegbaar	Vast
4	10.2	9.8
5	10.3	10.3
6	10.3	12.5
7	12.2	11.6

Tabel 9: Invloed van de belichtsduur op de uitgroeiduur (diameter 4mm tot oogst in dagen)

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen
02/02/2004	44	43	44	43
16/02/2004	43	42	42	43
19/03/2004	43	42	42	41

3.5 Drooggewicht blad en bladoppervlak

3.5.1 Waarnemingen tot 16 februari

Voldoende bladoppervlak is belangrijk om de maximale drogestofproductie te bereiken. Op 5 januari 2004 hebben de planten direct onder de beweegbare lampen betrouwbaar minder bladoppervlak en drogestof dan de andere behandelingen. De achterstand in bladoppervlak wordt daarna ingelopen en vanaf 16 februari is er geen verschil meer met de andere behandelingen (tabel 10).

3.5.2 Waarnemingen op 8 april

Op 8 april is het drooggewicht blad van de planten in de rij onder de beweegbare lampen planten kleiner dan de andere planten (tabel 19). Het bladoppervlak is even groot omdat het blad dunner is (tabel 11) en een lager drogestofgehalte heeft dan de overige behandelingen (tussen de beweegbare lampen en onder en tussen de vaste lampen). Planten tussen de beweegbare lampen en direct onder de vaste lampen hebben een hoger drogestofgehalte in het blad en dikker blad dan de planten tussen de vaste lampen en onder de beweegbare lampen.

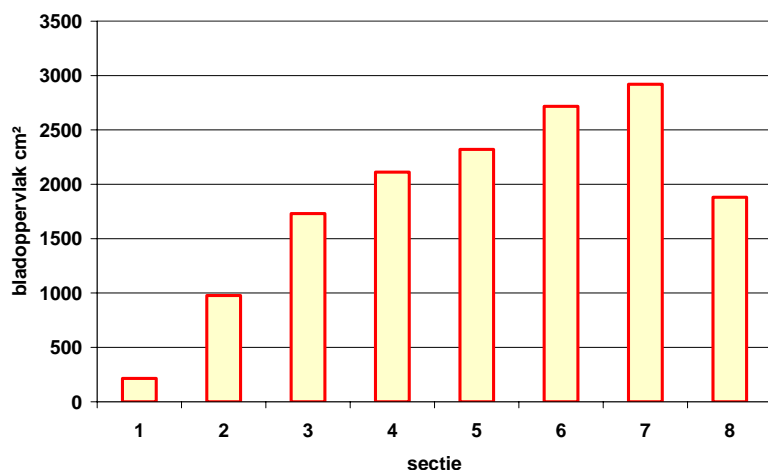
De verdeling van het bladoppervlak over de verschillende bladposities is gelijk voor alle behandelingen en is weergegeven in figuur 4. De oriënterende metingen in de onbelichte teelt laten zien dat het bladoppervlak in de onbelichte teelt niet veel achterblijft op de belichte teelt.

Tabel 10: Bladoppervlak gemeten op vier data in cm² per stengel.
(13000 komt overeen met een LAI van 3.25)

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Onbelicht
05/01/2004	376	468	473	479	
19/01/2004	1278	1399	1354	1369	910
16/02/2004	6773	6465	6877	7019	5751
08/04/2004	12735	13170	13170	13740	12293

Tabel 11: SLA (Bladdikte) gemeten op vier data in cm² per g drogestof.
(een kleiner getal betekend dikker blad)

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Lsd	Onbelicht
05/01/2004	473	481	459	426	19	
19/01/2004	335	324	304	303	19	340
16/02/2004	238	218	233	239	19	267
08/04/2004	212	194	182	213	18	198

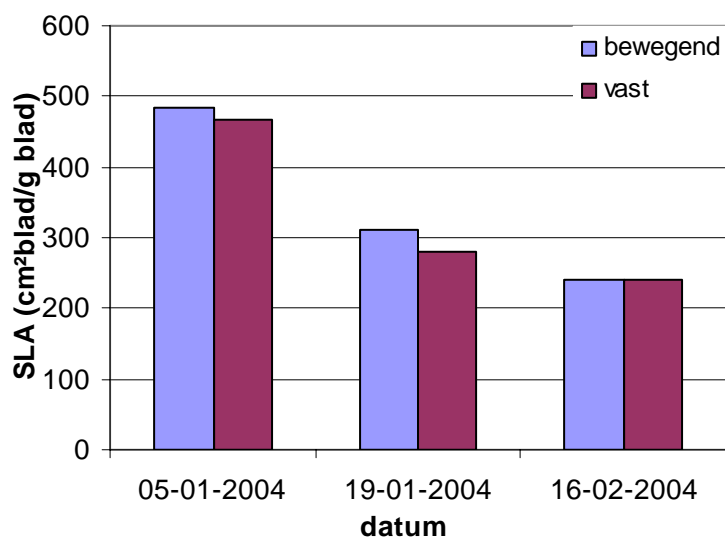


Figuur 4: De verdeling van het bladoppervlak over de verschillende posities van de plant op 8 april.

3.6 Specific Leaf Area

De Specific Leaf Area (SLA) is een maat voor de bladdikte. De SLA wordt beïnvloed door het plantgewicht, datum en het % drogestof van het blad. Een grotere plant en hoger drogestofgehalte geeft dikker blad en dus een kleinere SLA. Daarnaast zijn de behandelingen van invloed op de SLA. Bij vergelijkbare plantgrootte en % drogestof geeft beweegbaar licht op 5 en 19 januari een hogere SLA (=dunner blad) dan vast licht (figuur 5). De SLA onder de lampen is hoger (341) dan tussen de lampen (334).

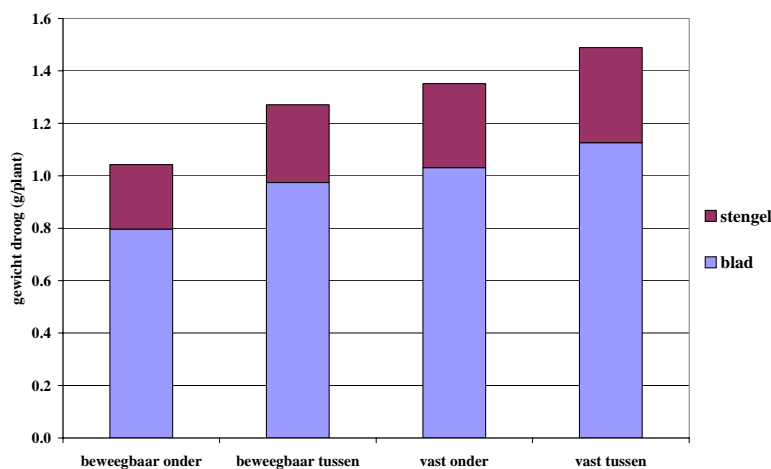
Op 8 april is de SLA van de planten in de rij onder de beweegbare lampen en de planten tussen de vaste lampen hoger dan de ander behandelingen. Het drogestofgehalte van deze twee behandelingen is lager.



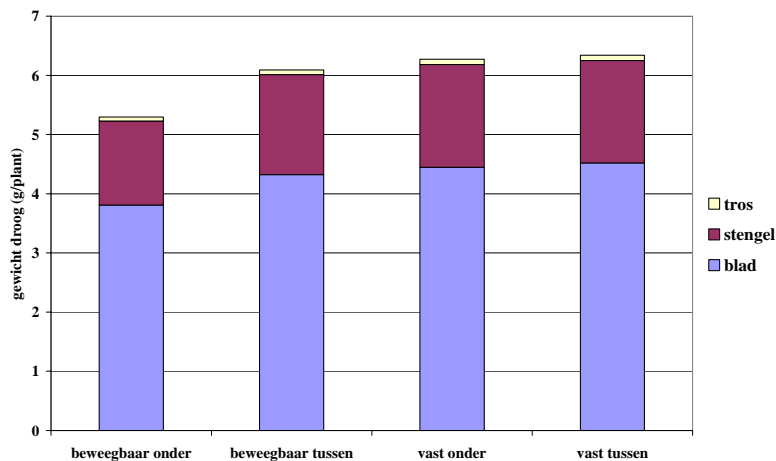
Figuur 5: SLA (cm²blad/g blad) bij bewegend en vast licht

3.7 Totale plant

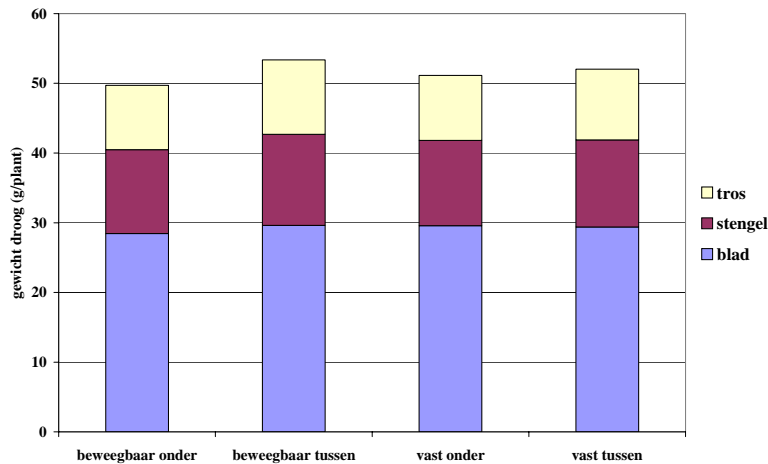
De planten onder de beweegbare lampen zijn bij aanvang 30% kleiner (figuur 6). De verschillen in de hoeveelheid drogestof per plant worden tot 16 februari relatief gezien steeds kleiner (figuren 6-8). De totale hoeveelheid drogestof van de plant direct onder de beweegbare lampen ligt op 8 april lager dan de overige behandelingen (figuur 9). Dit is toe te schrijven aan iets minder vruchtgewicht aan de plant (niet betrouwbaar) en iets lichter blad (betrouwbaar). Het aantal bladeren en trossen is niet beïnvloed door de behandelingen. Verschillen zijn veroorzaakt door veranderingen van het gemiddelde gewicht van de bladeren en vruchten. De drogestofverdeling over de verschillende secties van de plant is voor alle behandelingen hetzelfde (Bijlage 4).



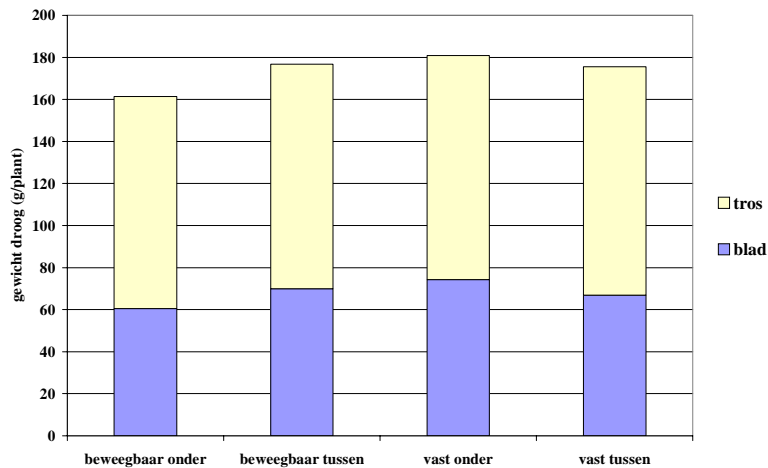
Figuur 6: Gewichten van bladeren, trossen en stengel aan de plant (g/plant) op 5 januari 2004 (n=12)



Figuur 7: Gewichten van bladeren, trossen en stengel aan de plant (g/plant) op 19 januari 2004 (n=12)



Figuur 8: Gewichten van bladeren, trossen en stengel aan de plant (g/plant) op 16 februari 2004 (n=12)



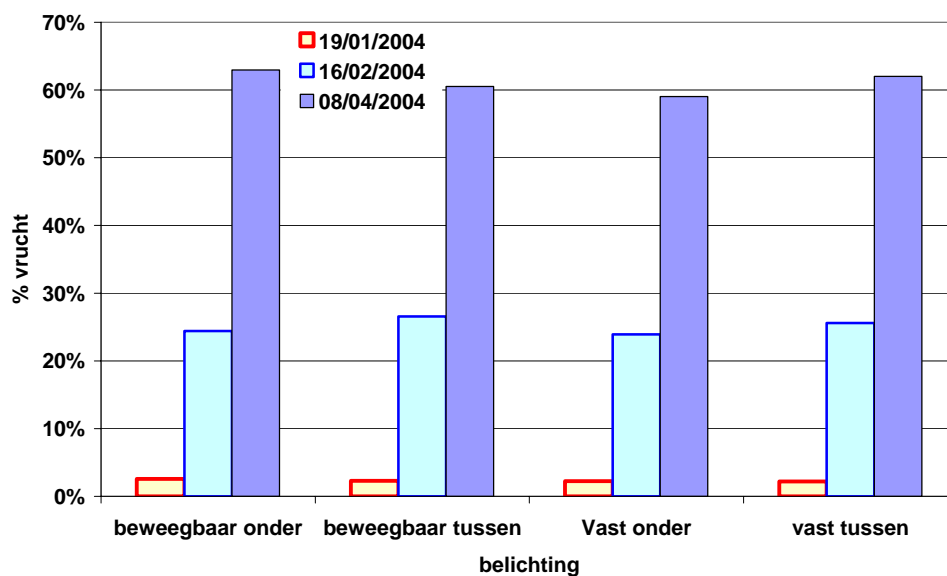
Figuur 9: Gewichten van bladeren en trossen aan de plant (g/plant) op 8 april (n=12)

3.8 Vruchten

3.8.1 Vruchten aan de plant

De belichtingswijze is van invloed op de verdeling van drogestof naar blad en vruchten. Bij de planten onder de beweegbare lampen en tussen de vaste lampen gaat een groter gedeelte van de drogestof naar de vruchten (figuur 10, $P=0.013$). Op 19 januari is het percentage drogestof van de vruchten onder de lampen hoger dan tussen de lampen (bijlage 3). Op 16 februari is het drogestofgehalte van de vruchten direct onder de beweegbare lampen hoger en het versgewicht lager dan de andere behandelingen (tabel 12). Op 8 april verschilt de totale hoeveelheid drogestof van de vruchten niet betrouwbaar. Er is wel een duidelijke aanwijzing dat het percentage drogestof in de vrucht direct onder de vaste lampen 0.3% hoger is dan de andere behandelingen ($p = 0.06$).

De planten in de rij onder de beweegbare lampen hebben een relatief laag drogestofgehalte in het blad en een relatief hoog drogestofgehalte in de vruchten. De planten in de rij tussen de beweegbare lampen hebben juist een relatief hoog drogestofgehalte in het blad en een relatief laag drogestofgehalte in de vruchten (figuur 11).



Figuur 10: Aandeel vrucht (in procent van de totale drogestof) op 19 januari, 16 februari en 8 april 2004



Figuur 11: Het gemiddelde percentage drogestof in februari en april in blad en de tros vrucht bij vier methodes van belichting

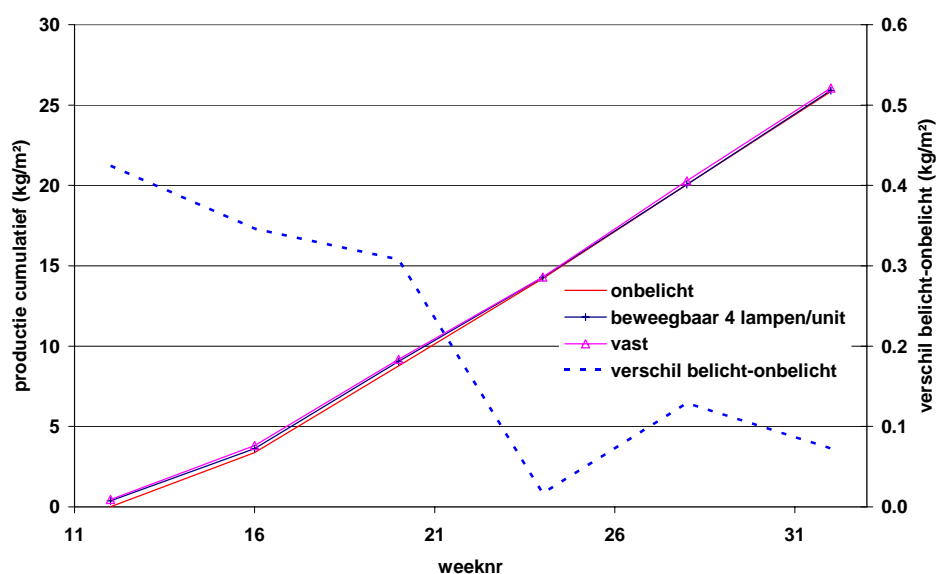
Tabel 12: Versgewicht van de vruchten aan de plant (g/plant)

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Lsd
19/01/2004	1	1	1	1	19
16/02/2004	119	148	130	143	19
08/04/2004	1442	1539	1463	1566	Ns

3.8.2 Geogste vruchten

De geogste vruchten werden niet beïnvloed door de belichtingswijze (figuur 13 en 14). De belichte teelt kwam sneller in productie en bouwde cumulatief een productievoorsprong op ten opzichte van onbelicht van 400 g/m² (figuur 12). Doordat de productie in de belichte teelt vanaf week 20 iets lager uitpakte slonk het cumulatieve verschil tot 100 g/m².

Omdat de trossen niet werden gesnoeid was het aantal vruchten per tros wisselend en bestond er veel variatie in trosgewichten ongeacht de wijze van belichting. Het percentage drogestof en het gemiddelde trosgewicht van de oogstbare trossen werd niet beïnvloed door de wijze van belichting (tabellen 13 en 14).



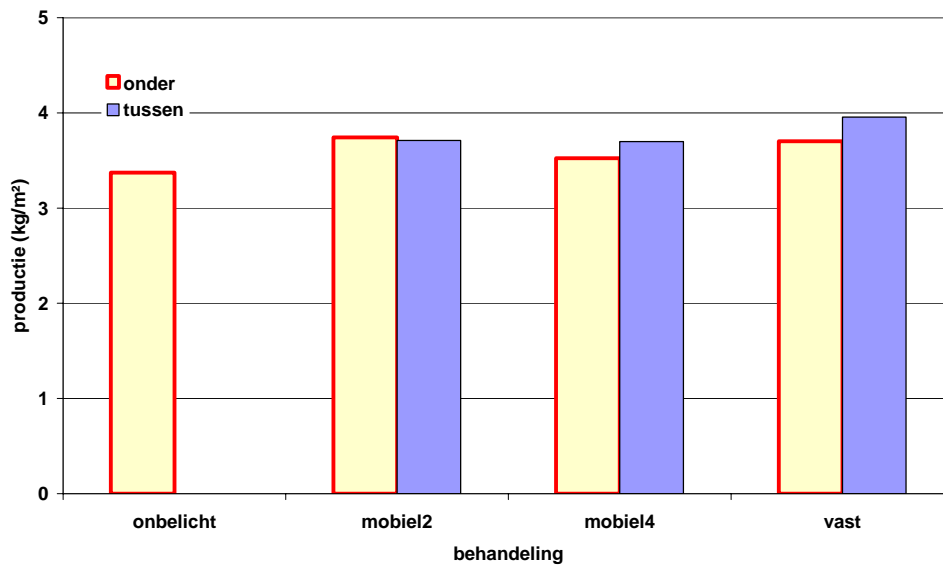
Tabel 13: % drogestof oogstbare trossen

Behandeling	19-mrt	07-apr	22-apr
Beweegbaar	6.2%	6.7%	7.1%
Vast	6.3%	6.7%	7.0%

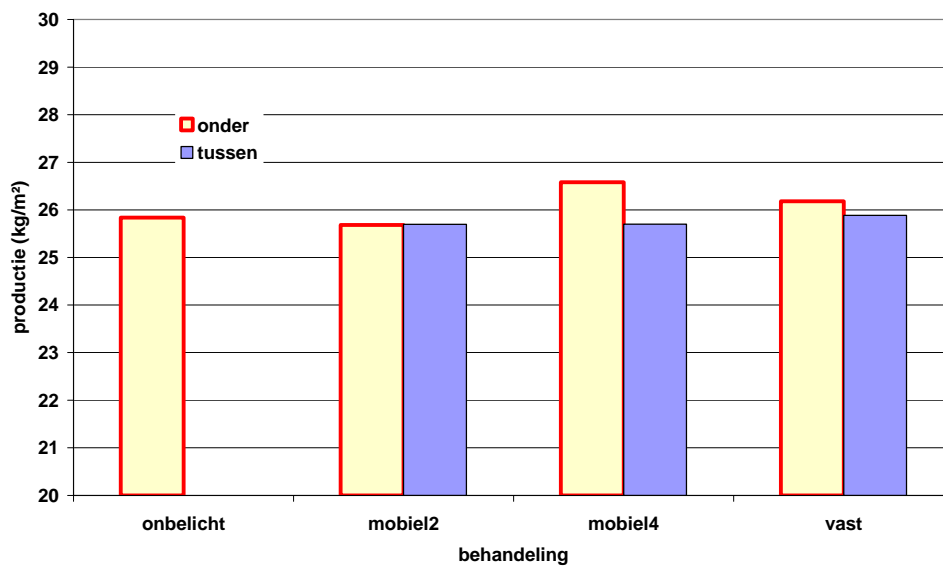
Tabel 14: Gemiddeld trosgewicht, vruchtgewicht en aantal vruchten per tros op 27 april

Behandeling	Gemiddelde van trosgewicht	Gemiddelde van vruchtgewicht	Gemiddelde van tros lengte
Beweegbaar	424	42	10.2
Vast	432	44	9.9

Figuur 12: Cumulatieve productie (kg/m²) bij vaste, beweegbare en zonder belichting en verschil van de cumulatieve productie tussen wel en niet belichten (stippellijn).



Figuur 13: De productie tot en met week 16 zonder belichting bij verschillende belichtingswijzen in de rijen onder de lampen en tussen de lampen.



Figuur 14: De productie zonder belichting tot en met week 32 bij verschillende belichtingswijzen in de rijen onder de lampen en tussen de lampen

4 Discussie

Het beweegbaar maken van belichting heeft enig generatief effect maar geen gevolgen voor de productie. Het beweegbare systeem hing bij aanvang van de teelt 3 meter boven het gewas. Op de laatste meetdatum was de afstand tussen de lampen en gewas kleiner en kwamen bij de beweegbare belichting relatief veel assimilaten in de vruchten terecht. Omdat de totale hoeveelheid drogestof in de vruchten niet toenam maar alleen minder blad werd aangemaakt, zal een lagere positie van de lampen bij de start van de teelt naar verwachting niet positief zijn. Juist in het begin van de teelt is de snelle opbouw van een gewas belangrijk om een productief gewas neer te zetten. De gevonden effecten van beweegbare belichting in tomaat komen overeen met de effecten van beweegbare belichting in Roos en Paprika. Bij roos en paprika gaf beweegbare belichting geen meerproductie in vergelijking met vaste belichting met dezelfde lichtsom. De effecten van de belichting ten opzichte van onbelicht komen vooral tot uiting in een snelle ontwikkeling in de eerste weken van de teelt. Omdat de plantbelasting toen laag was, kwamen veel assimilaten in het gewas terecht en werden zware trossen met veel bloemen aangelegd. De zetting van de eerste tros is beter en daardoor is de vroege productie beter. Het verloop van de plantbelasting is niet optimaal geweest. Het klimaat is afgestemd op de onbelichte teelt. De trossen 3, 4 en 5 waren relatief groot ten opzichte van de niet belichte planten en dat veroorzaakt een (te) snelle toename van de plantbelasting in relatie tot de totale lichthoeveelheid. De plantbelasting rond week tien was relatief hoog en daardoor zijn vanaf tros 11 waarschijnlijk minder bloemen aangelegd. Dit is hoogstwaarschijnlijk de reden dat de cumulatieve productievoorsprong ten opzichte van niet belicht vanaf week 20 afneemt. Bij belichting van de gehele afdeling zou het klimaat beter op de plantbelasting zijn afgestemd. Een hogere temperatuur vroeg in de teelt zou een minder zwaar gewas hebben opgeleverd met een hoger aandeel van vruchten. Het is aannemelijk dat de trossen 3, 4 en 5 daardoor kleiner gebleven zouden zijn en de plantbelasting de rest van de teelt minder geschommeld zou hebben. De productievoorsprong zou in dat geval mogelijk wel kunnen worden vastgehouden.

5 Conclusies

- Investeren in een beweegbare installatie voor tomaat is niet zinvol.
- Beweegbare belichting beïnvloedt de gewasgroei aantoonbaar en geeft in de rijen onder de lampen een generatiever gewas.
- Beweegbaar licht had geen invloed op de gemiddelde planttemperatuur of dampdruk.
- Planttemperatuur, kasttemperatuur en dampdrukdeficit namen duidelijk toe op de momenten dat de lampen boven het gewas hingen.
- Bij beoordeling van planttemperatuur moet de kasttemperatuur altijd op dezelfde plaats gemeten worden.
- De productie bij vaste en beweegbare belichting was hetzelfde.
- Ten opzichte van niet belicht zijn bij belichting te veel assimilaten in het gewas terecht gekomen en niet omgezet in productie.

Literatuur

- Houter, B., P. Lagas, A. de Gelder & E. Rijpsma (2004). Effecten van mobiele en vaste belichting op tomatenteelt en kasklimaat. Intern verslag PPO Glastuinbouw.
- Nollie Marissen, Anne Elings, Jan Snel, Mary Warmenhoven, Esther Meinen, Paul Dijkhuis, Dave Kouwenhoven, Peter Schrama, Dik Uenk, 2004. Energiebesparing mobiele belichting roos, Vergelijking van de productie, fotosynthese en modelmatige groeianalyse van roos onder lange slag mobiel licht en onder vast licht. PPO-rapport.
- Leonie Hogendonk, Dave Kouwenhoven, Marcel Raaphorst, 2004, Praktijkonderzoek naar perspectieven van drie belichtingssystemen voor de paprikateelt tot een lichtniveau van 5.000 lux. PPO rapport.

Bijlage 1: Meetresultaten lichtverdeling in de kas

De lichtverdeling in de kas is zowel bij mobiele (4 lampen per unit) en vaste belichting gemeten. Om zo min mogelijk verstoring van de metingen te hebben is de lichtverdeling gemeten op tijdstippen dat het buiten donker was (avond). De metingen zijn uitgevoerd toen de kas ingericht was, maar nog net voordat geplant is. Tijdens de metingen is de beweging van de mobiele lampen stopgezet. Licht is gemeten als PAR licht (het fotosynthetisch actieve licht: 400-700 nm) met behulp van SunScan apparatuur (lichtstok). Om de lichtverdeling in kaart te brengen is onder de lichtrails of lamprij gemeten en er precies tussenin. Licht is gemeten op 80, 160, 240, 320 en 400 cm hoogte vanaf de grond. 80 cm is net op het substraat en 400 cm is de draadhoogte (net onder de lampen). Zowel tussen de 2 rijen als onder de lamprij werd op verschillende afstanden van een lamp gemeten.

De lichtintensiteit wordt weergegeven in ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Globaal genomen komt voor dat voor de gebruikte SON lampen bij $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ overeen met circa 20 W m^{-2} zichtbaar licht, wat overeenkomt met circa 44 W m^{-2} globale straling en 8100 lux in de kas. Bij 75% transmissie door het kasdek komt dat overeen met 59 W m^{-2} globale straling buiten de kas.

In de figuren 13 en 14 is de gemeten lichtintensiteit op de verschillende hoogten uitgezet tegen de afstand in de rij, gemeten vanaf de lamp. Deze is uitgezet zowel voor metingen recht onder de lamprijen als er precies tussenin.

Recht onder de lamp is de lichtintensiteit zeer hoog, vooral bovenin de kas. De intensiteit neemt snel af met afstand in de rij. Terwijl bovenin de kas (3-4m hoogte) de lichtintensiteit recht onder de lamp extreem hoog is, is op 2 meter afstand de lichtintensiteit vrijwel nul op deze hoogte. Onder in de kas (op substraathoogte) is deze afname minder sterk. Bij mobiel licht is onder in de kas op 6 meter afstand van de lampen geen lamplicht meer, terwijl bij vast licht de lichtverdeling onder in de kas vrij gelijkmatig was. Over het algemeen geldt dat recht onder de mobiele lampen de lichtintensiteit hoger was dan bij vaste belichting, maar dat bij mobiel licht de intensiteit sterker afnam met afstand tot de lamp.

Midden tussen 2 lamprijen in was het bovenin de kas (4m hoogte) vrijwel donker. Onderin het gewas was de lichtintensiteit tussen 2 lamprijen vergelijkbaar met die recht onder de lamprij.

Recht onder de lamprij nam dus de lichtintensiteit sterk af van boven naar beneden in de kas, terwijl dat midden tussen de lamprijen juist andersom was (de lichtintensiteit nam toe van boven naar beneden in de kas) (Figuur 15).

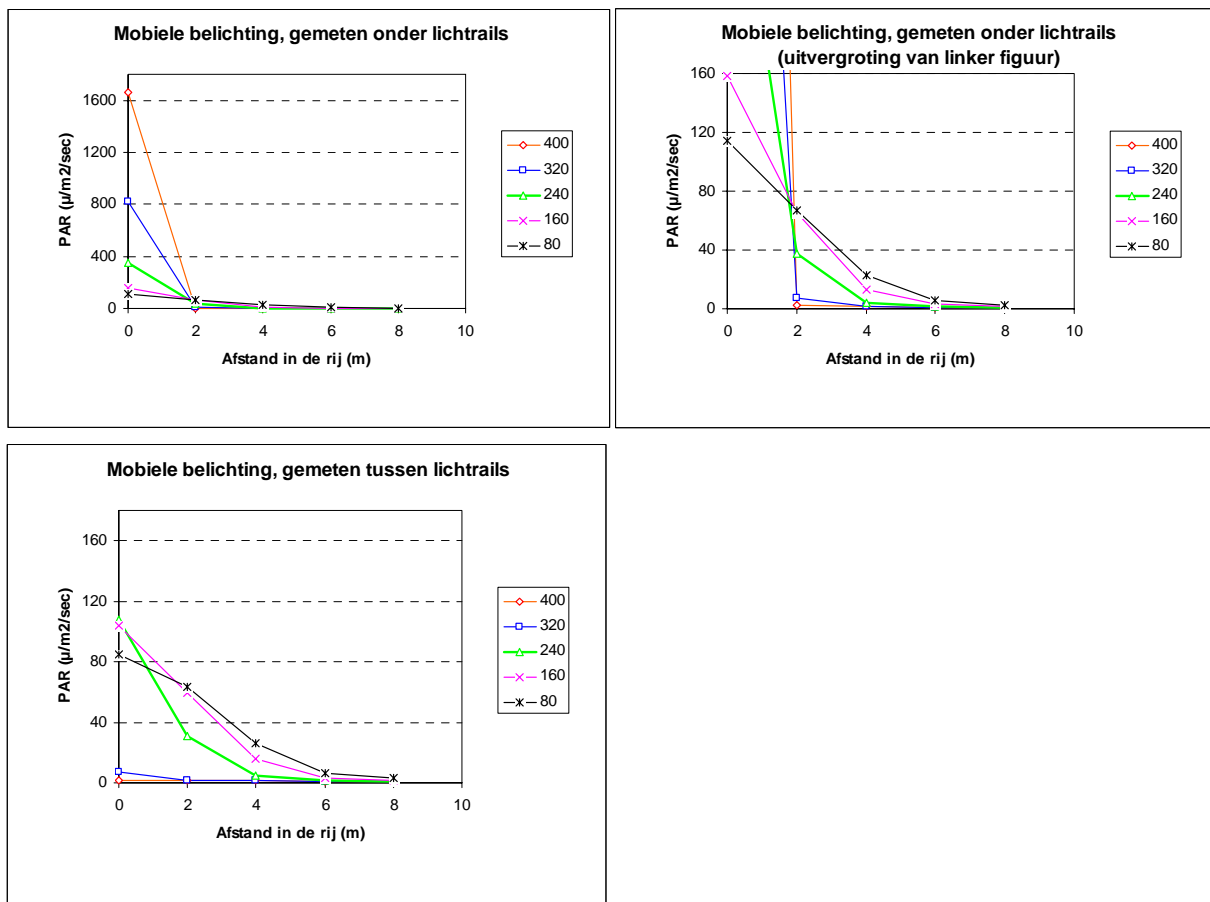
De overall gemiddelde lichtintensiteiten voor mobiele en vaste belichting waren niet duidelijk verschillend; tussen 80 en 320 cm hoogte was de gemiddelde intensiteit voor beide typen belichting circa $38 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Er was ook geen groot verschil in de verdeling van lichtniveau over de hoogte in de kas. Er was uiteraard wel een verschil in de manier van belichten. Bij mobiele belichting ontvingen de planten kortdurend een zeer hoge intensiteit gevolgd door een lage intensiteit, terwijl bij vaste belichting de planten een meer constante lichtintensiteit ontvingen.

Lichtdoorlatendheid kas

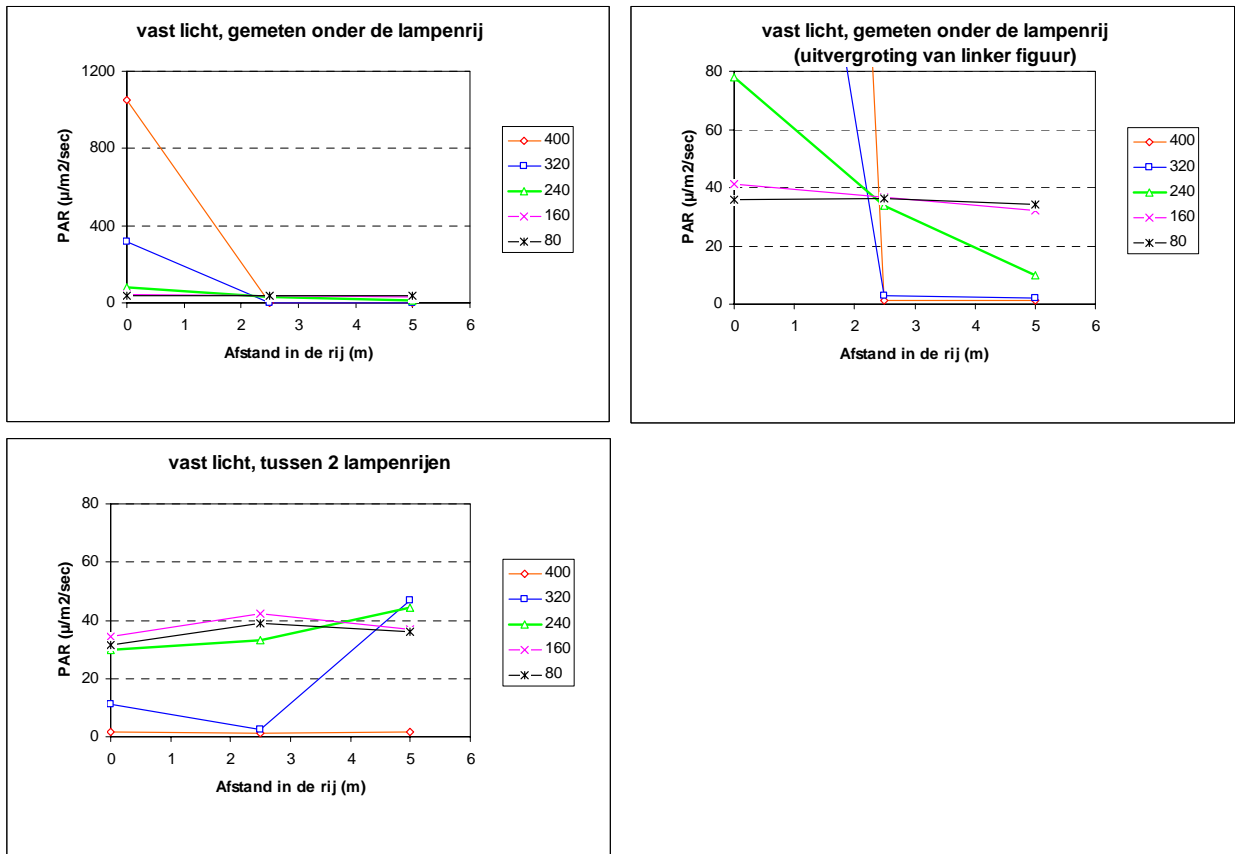
Naast metingen van lamplicht is de lichtdoorlatendheid van de kas gemeten, door gelijktijdig het PAR licht buiten de kas als in de kas te meten. Gemeten is op bewolkte dagen (diffuus weerbeeld).

In december toen het folie nog aanwezig was, was de lichtdoorlatendheid 76%, wanneer gemeten werd op een hoogte van 400 cm. Deze metingen zijn tevens op een hoogte van 80 en en 240 cm uitgevoerd. Bij metingen op 240 cm hoogte werd een lichtdoorlatendheid van 73% gevonden en op een hoogte van 80 cm (net boven de substraatmatten) was dit 70%. Per meter hoogte in de kas gaat dus circa 2 procent van het buitenlicht verloren (als gevolg van schaduwwerking van constructiedelen en gewasdraden).

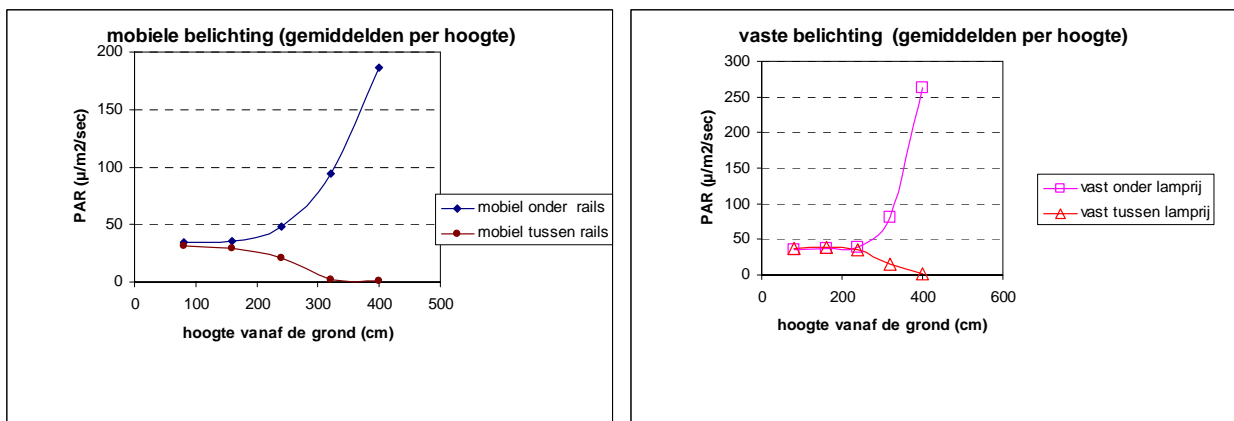
Nadat het folie verwijderd was, is de lichtdoorlatendheid op 400 cm hoogte 85-87% (gemeten op 2 verschillende dagen in maart en april). Op een meetdag in februari, toen condens op het kasdek aanwezig was, was de gemeten lichtdoorlatendheid gedaald tot 75%.



Figuur 15: De gemeten lichtintensiteit op de verschillende hoogten uitgezet tegen de afstand in de rij, gemeten vanaf de lamp voor mobiele belichting. De gemeten hoogten zijn 80 cm (net boven het substraat), 160, 240, 320 en 400 cm (bij de gewasdraden). Metingen zijn uitgevoerd net onder een lamprij of tussen twee lamprijen in.



Figuur 16: De gemeten lichtintensiteit op de verschillende hoogten uitgezet tegen de afstand in de rij, gemeten vanaf de lamp voor vaste belichting. De gemeten hoogten zijn 80 cm (net boven het substraat), 160, 240, 320 en 400 cm (bij de gewasdraden). Metingen zijn uitgevoerd net onder een lamprij of tussen twee lamprijen in.



Figuur 17.: De gemiddelde gemeten lichtintensiteit op de verschillende hoogten voor mobiele en vaste belichting. De gemiddelden gelden voor een hele rij, net onder de lamprij of tussen twee lamprijen in.

Bijlage 2: Gewasbeoordeling

Tabel 15: Beoordeling gewaskenmerken volgens de methodiek van Westland Energie

	Behandeling	23-12-03	29-12-03	08-01-04	15-01-04	23-01-04	30-01-04	06-02-04	20-02-04	05-03-04	26-03-04	Gemiddeld
Bladkleur	beweegbare belichting				7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.5	7.0	6.9
	vaste belichting				4.0	5.0	7.0	7.0	7.0	6.5	6.0	6.1
	niet belicht				4.5	4.0	5.0	6.0	7.0	7.0	7.0	5.8
Bladvorm	beweegbare belichting	6.0	5.0	5.0	7.0	8.0	5.0	7.5	7.5	6.5	6.0	6.4
	vaste belichting	6.0	5.0	4.5	7.0	8.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
	niet belicht	3.0	4.0	3.0	6.0	6.0	5.0	5.0	6.0	4.5	6.0	4.9
Bladstand	beweegbare belichting				7.0	7.0	6.0	7.0	6.5	6.0	6.0	6.5
	vaste belichting				5.0	6.0	6.0	7.0	5.0	6.0	6.0	5.9
	niet belicht				5.0	5.0	5.0	6.0	7.0	6.0	6.0	5.7
Gelijkheid bloei	beweegbare belichting					6.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.5	6.8
	vaste belichting					7.5	6.5	7.0	7.0	7.0	7.5	7.1
	niet belicht					4.0	4.0	6.0	6.0	7.0	7.5	5.8
Groei­kracht/bl adafsplit-sing	beweegbare belichting		5.0	4.5	8.0	7.0	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.5
	vaste belichting		4.5	4.5	4.0	4.5	4.0	5.0	6.0	5.5	5.0	4.8
	niet belicht	3.0	4.5	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	7.0	4.5	4.5	4.5
Internodium-lengte	beweegbare belichting		4.0	4.5	6.0	7.0	5.0	7.0	5.0	5.0	5.0	5.4
	vaste belichting		4.5	4.0		6.0	5.0	6.0	6.0	5.0	6.0	5.3
	niet belicht	4.5	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	6.0	5.0	6.0	5.0
Troskwaliteit	beweegbare belichting			6.0	6.0	6.5	6.5	7.0	7.0	7.5	7.5	6.8
	vaste belichting			6.0	7.0	7.0	6.5	7.0	6.5	6.5	7.5	6.8
	niet belicht			4.0	5.0	4.0	4.0	6.0	6.0	7.0	7.5	5.4

Tabel 16: Opmerkingen gemaakt tijdens de gewasbeoordeling (methodiek Westland Energie)

Datum	Behandeling	Criterium	Beoordeling
15-01-2004	beweegbare belichting	bladkleur	donkere rand en lichter van kleur in basis
15-01-2004	niet belicht	bladkleur	goed donker, kern mag lichter
05-03-2004	niet belicht	bladkleur	donker en met vlekken pep MV
15-01-2004	vaste belichting	bladkleur	donkere rand en lichter vrij donker van kleur in basis (te hard)
23-12-2003	beweegbare belichting	bladkwaliteit	actief, randen van blaadjes donkerder van kleur
29-12-2003	beweegbare belichting	bladkwaliteit	mooi van kleur, donkere randen en lichte basis, nerf is recht
08-01-2004	beweegbare belichting	bladkwaliteit	randen zijn mooi van kleur, nerf mag iets lichter
23-12-2003	niet belicht	bladkwaliteit	donker, niet actief, egale bladkleur, te laag in temperatuur
29-12-2003	niet belicht	bladkwaliteit	beter van kleur, donkere randen en lichte basis, nerf is recht
08-01-2004	niet belicht	bladkwaliteit	bladstand te veel omoog, bladranden zijn donker maar de nerf mag lichter. Vierde blad onder tros is vierkant.
23-12-2003	vaste belichting	bladkwaliteit	actief, randen van blaadjes donkerder van kleur
29-12-2003	vaste belichting	bladkwaliteit	mooi van kleur, donkere randen en lichte basis, nerf is recht
08-01-2004	vaste belichting	bladkwaliteit	randen zijn mooi van kleur, nerf mag iets lichter, blaadjes groeien goed uit
15-01-2004	beweegbare belichting	bladstand	staat mooi horizontaal
15-01-2004	niet belicht	bladstand	horizontaal, de punten mogen afhangen
15-01-2004	vaste belichting	bladstand	staat mooi horizontaal
15-01-2004	beweegbare belichting	bladvorm	vierkant 27*30 cm
23-01-2004	beweegbare belichting	bladvorm	37*37 cm
05-03-2004	beweegbare belichting	bladvorm	smal blad door virus
15-01-2004	niet belicht	bladvorm	18*19 cm
23-01-2004	niet belicht	bladvorm	25*30 cm
05-03-2004	niet belicht	bladvorm	smal blad
15-01-2004	vaste belichting	bladvorm	vierkant 30*30 cm
23-01-2004	vaste belichting	bladvorm	35*35
29-12-2003	beweegbare belichting	groeikracht/bladafplitsing	meer gestrekt, ongelijkheid blijft
15-01-2004	beweegbare belichting	groeikracht/bladafplitsing	is beter dan de andere behandelingen, 1/3,2/3 en 3/3
26-03-2004	beweegbare belichting	groeikracht/bladafplitsing	3.5 vingers
23-12-2003	niet belicht	groeikracht/bladafplitsing	planten gedrongen, stengels ongelijk
29-12-2003	niet belicht	groeikracht/bladafplitsing	meer gestrekt, ongelijkheid blijft
15-01-2004	niet belicht	groeikracht/bladafplitsing	1, 1/3 en 1/6. De twee jongste bladeren blijven achter
26-03-2004	niet belicht	groeikracht/bladafplitsing	4 vingers

29-12-2003	vaste belichting	groei­kracht/bladafsplitsing	meer gestrekt, on­gelijk­heid blijft
15-01-2004	vaste belichting	groei­kracht/bladafsplitsing	1/6, 1/3 en 1, jongste twee bladeren tenopzichte van elkaar goed te klein ten opzichte van blad 3
23-01-2004	vaste belichting	groei­kracht/bladafsplitsing	zelfde
29-12-2003	beweegbare belichting	internodium­lengte	tussen blad 3 en 4 kort daarna weer iets langer
08-01-2004	beweegbare belichting	internodium­lengte	1 1/2 tot twee vingers
15-01-2004	beweegbare belichting	internodium­lengte	5.5 cm
23-01-2004	beweegbare belichting	internodium­lengte	7.5 cm
30-01-2004	beweegbare belichting	internodium­lengte	5.5 cm
23-12-2003	niet belicht	internodium­lengte	2 vingers, 2.5 cm. Verschil D-N = 0.5 tot 1.0°C
29-12-2003	niet belicht	internodium­lengte	tussen blad 3 en 4 kort daarna weer langer
08-01-2004	niet belicht	internodium­lengte	2 vingers
15-01-2004	niet belicht	internodium­lengte	4.5 cm
23-01-2004	niet belicht	internodium­lengte	3 vingers
30-01-2004	niet belicht	internodium­lengte	5 cm
29-12-2003	vaste belichting	internodium­lengte	tussen blad 3 en 4 kort daarna weer iets langer
08-01-2004	vaste belichting	internodium­lengte	1 1/2 vinger
15-01-2004	vaste belichting	internodium­lengte	4.5 cm
23-01-2004	vaste belichting	internodium­lengte	4 vingers
30-01-2004	vaste belichting	internodium­lengte	5.5 cm
26-03-2004	vaste belichting	internodium­lengte	4 vingers
29-12-2003	beweegbare belichting	kopkwaliteit	krachtig, snellere ontwikkeling
29-12-2003	beweegbare belichting	kopkwaliteit	krachtig, snellere ontwikkeling
08-01-2004	beweegbare belichting	kopkwaliteit	afsplitsing is onregelmatig, 1e blad de helft van 2e blad, moet 2/3 zijn dus 1/6 achter
29-12-2003	niet belicht	kopkwaliteit	niet sterk, rustige ontwikkeling
08-01-2004	niet belicht	kopkwaliteit	afsplitsing is onregelmatig, 1e blad is minder dan de helft van 2e blad, moet 2/3 zijn dus meer dan 1/6 achter
29-12-2003	vaste belichting	kopkwaliteit	krachtig, snellere ontwikkeling
08-01-2004	vaste belichting	kopkwaliteit	afsplitsing is onregelmatig, 1e blad de helft van 2e blad, moet 2/3 zijn dus 1/6 achter
08-01-2004	beweegbare belichting	troskwaliteit	redelijk
15-01-2004	beweegbare belichting	troskwaliteit	tros wat meer gerekt dan bij vaste belichting
08-01-2004	niet belicht	troskwaliteit	tros is erg zwak, sommige trossen verstenen
15-01-2004	niet belicht	troskwaliteit	gaat meestal goed door generatieve sturing
23-01-2004	niet belicht	troskwaliteit	trossen zijn zwak

08-01-2004	vaste belichting	troskwaliteit	redelijk
15-01-2004	vaste belichting	troskwaliteit	sterke gedrongen tros
05-03-2004	vaste belichting	troskwaliteit	meer kniktrossen dan bij beweegbaar licht
29-12-2003	beweegbare belichting	verwachting	3 dagen licht weer gevolgd door somber geeft geen verbetering van gewaskwaliteit
08-01-2004	beweegbare belichting	verwachting	er zal niets veranderen bij deze weersverwachting
15-01-2004	beweegbare belichting	verwachting	zal beter in balans blijven dan vaste belichting
23-01-2004	beweegbare belichting	verwachting	iets betere verwachting dan vast
29-12-2003	niet belicht	verwachting	3 dagen licht weer gevolgd door somber geeft geen verbetering van gewaskwaliteit
08-01-2004	niet belicht	verwachting	er zal niets veranderen bij deze weersverwachting
15-01-2004	niet belicht	verwachting	planten zullen beter komen te staan naarmate het licht toeneemt
23-01-2004	niet belicht	verwachting	zal minder worden bij verwachte weer
29-12-2003	vaste belichting	verwachting	3 dagen licht weer gevolgd door somber geeft geen verbetering van gewaskwaliteit
08-01-2004	vaste belichting	verwachting	er zal niets veranderen bij deze weersverwachting
15-01-2004	vaste belichting	verwachting	zal stug worden en grote, sterke trossen aanmaken
23-01-2004	vaste belichting	verwachting	zelfde weer gelijk bij meer licht positief
23-12-2003	verwachting		te sterk afhankelijk van buitenomstandigheden

Bijlage 3: Tabellen per behandeling en datum

Tabel 17: Drogestof per plant (g/plant) op 4 data en bij vier belichtingsmethoden

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Onbelicht
05/01/2004	1.0	1.3	1.4	1.5	
19/01/2004	5	6	6	6	4
16/02/2004	50	53	51	52	34
08/04/2004	161	177	181	176	179

Tabel 18: Drogestof in de vruchten per plant (g/plant) op 4 data en bij vier belichtingsmethoden

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Onbelicht
05/01/2004	0.0	0.0	0.0	0.0	
19/01/2004	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
16/02/2004	9.2	10.7	9.3	10.1	2.6
08/04/2004	101	107	107	109	117

Tabel 19: Drogestof in het blad per plant (g/plant) op 4 data en bij vier belichtingsmethoden

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Onbelicht
05/01/2004	0.8	1.0	1.0	1.1	
19/01/2004	3.8	4.3	4.4	4.5	2.7
16/02/2004	29	30	30	29	22
08/04/2004	60	70	74	67	62

Tabel 20: Drogestof van de stengel per plant (g/plant) op 3 data en bij vier belichtingsmethoden

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Onbelicht
05/01/2004	0.2	0.3	0.3	0.4	
19/01/2004	1.4	1.7	1.7	1.7	0.9
16/02/2004	12.0	13.1	12.2	12.5	9.6

Tabel 21: Percentage drogestof in het blad op 4 data en bij vier belichtingsmethoden

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Lsd
05/01/2004	8.8%	8.4%	8.8%	9.4%	
19/01/2004	8.0%	7.9%	7.9%	7.6%	
16/02/2004	8.2%	8.5%	8.1%	8.2%	
08/04/2004	10.6%	11.6%	11.5%	10.3%	0.9%

Tabel 22: Percentage drogestof in de vruchten op 3 data en bij vier belichtingsmethoden

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Lsd
19/01/2004	10.2%	8.1%	9.9%	9.5%	0.14%
16/02/2004	7.7%	7.2%	7.2%	7.1%	0.14%
08/04/2004	7.0%	7.0%	7.3%	7.0%	0.4%

Tabel 23: Aandeel van de vruchten in procent van de totale hoeveelheid drogestof aan de plant

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Onbelicht
19/01/2004	2%	2%	2%	2%	
16/02/2004	18%	20%	18%	19%	8%
08/04/2004	63%	60%	59%	62%	65%

Tabel 24: Totaal versgewicht aan de plant (g/plant)

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Onbelicht
05/01/2004	14	18	18	19	
19/01/2004	71	84	86	90	47
16/02/2004	630	668	660	668	425
08/04/2004 ¹	2355	2370	2562	2660	2666

¹stengelgewicht is geschat.

Tabel 25: Versgewicht van het blad aan de plant (g/plant)

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Onbelicht
05/01/2004	9	12	12	12	
19/01/2004	48	55	56	59	30
16/02/2004	346	348	364	357	261
08/04/2004	578	601	648	646	570

Tabel 26: Versgewicht van de stengel(g/plant)

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Onbelicht
05/01/2004	5	6	6	7	
19/01/2004	23	28	29	29	17
16/02/2004	165	172	166	169	131
08/04/2004 ¹	405	421	453	452	399

¹stengelgewicht is geschat.

Tabel 27: Aandeel van de vruchten in procent van het totale versgewicht van de plant

Datum	Beweegbaar onder	Beweegbaar tussen	Vast onder	Vast tussen	Onbelicht
05/01/2004	0%	0%	0%	0%	
19/01/2004	1%	1%	1%	1%	0%
16/02/2004	19%	22%	20%	21%	8%
08/04/2004	58%	57%	57%	59%	64%

Bijlage 4: Tabellen per behandeling en positie t/m 16 februari

Tabel 28: Gemiddeld bladoppervlak per behandeling en sectie (cm² per plant) tot en met 16 februari

Datum	Behandeling	blad 1-3	blad 4-6	blad 7-9	blad 10-12	blad 13-15	blad 16-18	blad 19-21	Totaal
23/12/2003	nulmeting	41	42						83
05/01/2004	beweegbaar onder	74	231	71					376
	beweegbaar tussen	97	276	95					468
	vast onder	72	283	118					473
	vast tussen	83	266	131					479
19/01/2004	beweegbaar onder	133	545	455	144				1278
	beweegbaar tussen	177	549	510	164				1399
	vast onder	172	553	464	165				1354
	vast tussen	281	620	340	129				1369
	onbelicht	157	400	307	45				910
16/02/2004	beweegbaar onder			1361	2032	1896	1069	416	6773
	beweegbaar tussen			1292	1913	1621	1115	524	6465
	vast onder			1311	1959	1799	1171	637	6877
	vast tussen			1251	1819	1927	1373	649	7019
	onbelicht			1081	1605	1646	948	471	5751

Tabel 29: Gemiddeld drooggewicht van het blad per behandeling en sectie (g per plant) tot en met 16 februari

Datum	Behandeling	blad 1-3	blad 4-6	blad 7-9	blad 10-12	blad 13-15	blad 16-18	blad 19-21	Totaal
23/12/2003	nulmeting	0.07	0.06						0.1
05/01/2004	beweegbaar onder	0.16	0.46	0.17					0.8
	beweegbaar tussen	0.19	0.57	0.21					1.0
	vast onder	0.15	0.61	0.27					1.0
	vast tussen	0.20	0.60	0.33					1.1
19/01/2004	beweegbaar onder	0.33	1.55	1.39	0.54				3.8
	beweegbaar tussen	0.56	1.53	1.65	0.58				4.3
	vast onder	0.53	1.83	1.71	0.37				4.5
	vast tussen	0.80	2.18	1.30	0.24				4.5
	onbelicht	0.27	1.37	0.93	0.11				2.7
16/02/2004	beweegbaar onder			5.59	8.00	8.16	4.82	1.88	28.5
	beweegbaar tussen			5.38	7.59	7.98	6.08	2.58	29.6
	vast onder			5.27	7.93	8.13	5.40	2.85	29.6
	vast tussen			4.97	7.23	8.15	5.93	3.12	29.4
	onbelicht			3.63	6.13	5.98	3.80	1.99	21.5

Tabel 30: Gemiddeld versgewicht van het blad per behandeling en sectie (g per plant) tot en met 16 februari

Datum	Behandeling	blad 1-3	blad 4-6	blad 7-9	blad 10-12	blad 13-15	blad 16-18	blad 19-21	Totaal
23/12/2003	nulmeting	1.0	0.8						1.9
05/01/2004	beweegbaar onder	1.9	5.5	1.7					9.1
	beweegbaar tussen	2.6	6.7	2.4					11.6
	vast onder	1.9	6.9	2.9					11.7
	vast tussen	2.2	6.5	3.2					12.0
19/01/2004	beweegbaar onder	4.0	20.1	17.7	6.0				47.7
	beweegbaar tussen	5.8	21.5	21.0	6.2				54.6
	vast onder	6.1	23.4	21.3	5.6				56.4
	vast tussen	9.2	29.1	17.6	3.4				59.3
	onbelicht	3.6	14.5	10.5	1.5				30.1
16/02/2004	beweegbaar onder			67.8	97.5	97.9	60.7	22.2	346.1
	beweegbaar tussen			64.2	89.3	92.3	71.8	30.3	348.0
	vast onder			65.3	96.1	99.6	67.8	35.1	364.0
	vast tussen			60.3	86.3	97.9	76.0	36.5	357.0
	onbelicht			42.5	71.5	74.4	47.0	25.8	261.3

Tabel 31: Gemiddeld percentage drogestof van het blad per behandeling en sectie tot en met 16 februari

Datum	Behandeling	blad 1-3	blad 4-6	blad 7-9	blad 10-12	blad 13-15	blad 16-18	blad 19-21	Totaal
23/12/2003	Nulmeting	6.7%	8.3%						7.5%
05/01/2004	beweegbaar onder	8.4%	8.4%	10.2%					9.0%
	beweegbaar tussen	7.6%	8.5%	9.1%					8.4%
	vast onder	7.6%	8.8%	9.5%					8.6%
	vast tussen	8.8%	9.1%	10.2%					9.4%
19/01/2004	beweegbaar onder	8.1%	7.7%	7.8%	10.0%				8.4%
	beweegbaar tussen	9.7%	7.1%	7.8%	9.7%				8.6%
	vast onder	8.7%	7.8%	8.1%	6.8%				7.8%
	vast tussen	8.8%	7.5%	7.4%	7.1%				7.7%
	onbelicht	7.4%	9.5%	8.8%	7.5%				8.3%
16/02/2004	beweegbaar onder			8.2%	8.2%	8.4%	7.9%	8.5%	0.41
	beweegbaar tussen			8.4%	8.5%	8.6%	8.5%	8.5%	0.42
	vast onder			8.1%	8.2%	8.1%	7.9%	8.0%	0.40
	vast tussen			8.2%	8.4%	8.3%	7.8%	8.5%	0.41
	onbelicht			8.5%	8.6%	8.0%	8.1%	7.7%	0.41

Tabel 32: Specifiek bladoppervlak per behandeling en sectie (cm²/g blad) tot en met 16 februari

Datum	Behandeling	blad 1-3	blad 4-6	blad 7-9	blad 10-12	blad 13-15	blad 16-18	blad 19-21	Totaal
23/12/2003	nulmeting	624	655						640
05/01/2004	beweegbaar onder	465	501	409					458
	beweegbaar tussen	503	487	441					477
	vast onder	504	465	436					468
	vast tussen	425	446	396					422
19/01/2004	beweegbaar onder	412	352	328	247				335
	beweegbaar tussen	323	363	314	278				319
	vast onder	324	298	265	456				336
	vast tussen	357	289	269	522				359
	onbelicht	583	292	332	409				404
16/02/2004	beweegbaar onder			243	254	232	223	223	235
	beweegbaar tussen			240	252	205	183	206	217
	vast onder			248	247	222	218	226	232
	vast tussen			253	253	237	232	209	237
	onbelicht			298	262	276	249	237	264

Tabel 33: Verdeling van het drooggewicht over de trossen aan de plant per behandeling t/m 16 februari

Datum	Behandeling	Tros 1	Tros 2	Tros 3	Tros 4
19-01-2004	beweegbaar onder	0.06			
	beweegbaar tussen	0.08			
	vast onder	0.09			
	vast tussen	0.09			
16-02-2004	beweegbaar onder	6.01	2.46	0.59	0.19
	beweegbaar tussen	5.45	4.04	0.90	0.30
	onbelicht	1.78	0.60	0.20	
	vast onder	5.18	3.22	0.74	0.19
	vast tussen	5.65	3.43	0.78	0.27

Tabel 34: Verdeling van het versgewicht over de trossen aan de plant per behandeling t/m 16 februari

Datum	Behandeling	Tros 1	Tros 2	Tros 3	Tros 4
19-01-2004	beweegbaar onder	0.6			
	beweegbaar tussen	1.0			
	vast onder	0.9			
	vast tussen	1.0			
16-02-2004	beweegbaar onder	76.7	33.1	7.6	1.9
	beweegbaar tussen	82.0	52.1	11.3	3.1
	onbelicht	22.9	7.7	2.3	
	vast onder	75.5	41.9	9.9	2.7
	vast tussen	85.9	43.2	10.5	3.0

Tabel 35: Drooggewicht per tros aan de plant per behandeling t/m 16 februari

Datum	Behandeling	Tros 1	Tros 2	Tros 3	Tros 4
19-01-2004	beweegbaar onder	10.2%			
	beweegbaar tussen	8.1%			
	vast onder	9.9%			
	vast tussen	9.4%			
16-02-2004	beweegbaar onder	7.8%	7.5%	7.8%	9.7%
	beweegbaar tussen	6.6%	7.8%	8.0%	9.5%
	onbelicht	7.8%	7.8%	8.6%	
	vast onder	6.9%	7.7%	7.4%	7.2%
	vast tussen	6.6%	7.9%	7.5%	8.7%

Bijlage 5: Tabellen per positie op 28 april

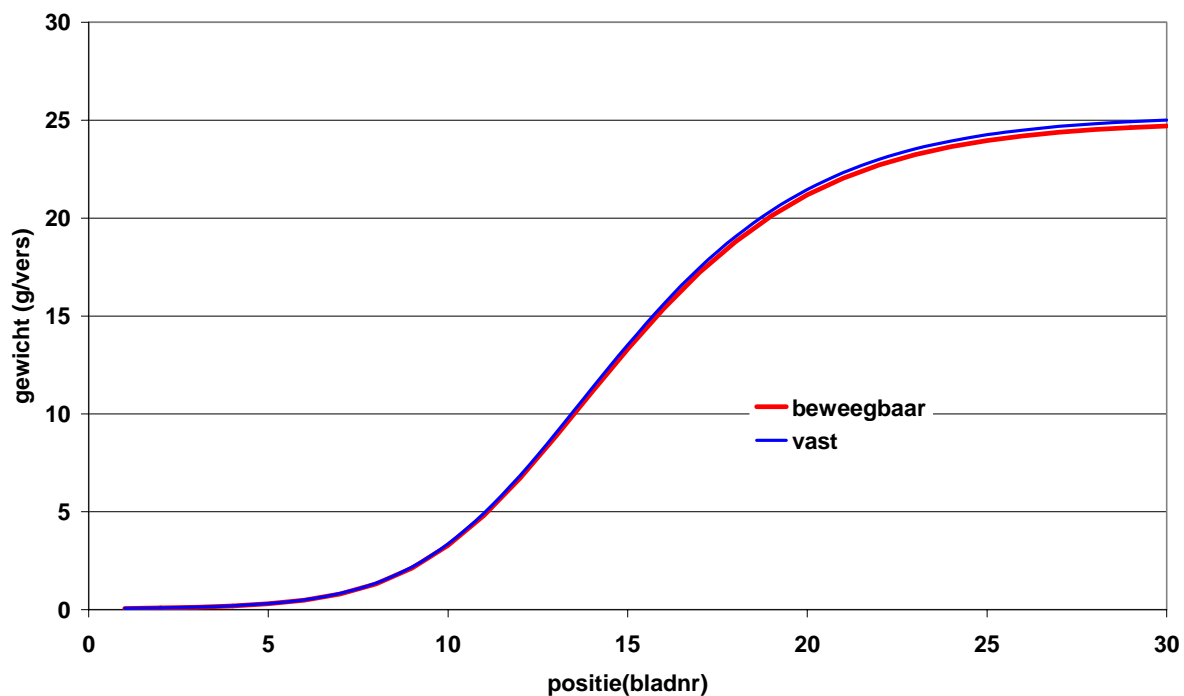
Tabel 36: Gewichtsverdeling per sectie, drogestofgehalte van de vruchten en aandeel van de vruchten per sectie op 28 april 2004 (gemiddelde van 4 belichtingsmethoden)

Positie	Gewicht droog (g)	Gewicht vers (g)	% drogestof	%vrucht
1-3	1.9	17	11.5%	9.8%
4	6.0	75	8.1%	31.1%
5	11.1	147	7.6%	47.0%
6	16.2	228	7.1%	56.4%
7	21.6	302	7.2%	62.8%
8	23.2	349	6.7%	
9	26.0	386	6.7%	
Lsd	3.0	45	0.6%	4.9%

Tabel 37: Gewichtsverdeling per sectie van het blad, drogestofgehalte, oppervlak en bladdikte per sectie op 28 april 2004 (gemiddelde van 4 belichtingsmethoden)

Positie	Gewicht droog (g)	Gewicht vers (g)	% Drogestof	Oppervlak (cm ²)	Bladdikte (SLA in cm ² /gram)
1-3	17.1	144	12.0%	999	177
4	13.0	105	12.4%	730	174
5	12.4	109	11.4%	788	194
6	12.7	124	10.1%	907	223
7	12.8	139	9.2%	977	234
Lsd	2.1	19	1.0%	125	20

Bijlage 6: Groeicurve gebruikt voor correctie op trosnummer



Figuur 18: Gefitte curves vruchtgroei per trospositie bij beweegbare en vaste belichting gebruikt voor correctie naar vaste trosposities.

Bijlage 7 : Beschrijving gewasbeoordeling. (methode Westland Energie)

Beoordeling gewasgroei.

Ter beoordeling van de groei dienen de volgende punten te worden beoordeeld:

- Bladafsplitsingsnelheid
- Stand bladpunt
- Kleur rand van het blad
- Hoek bladeren t.o.v. elkaar

Bladafsplitsingsnelheid

Bij een juiste afsplitsingsnelheid, aanleggsnelheid van nieuwe bladeren, dienen de drie laatst gevormde bladeren qua omvang (bladoppervlakte) in een vaste verhouding tot elkaar te staan (Tabel).

Tabel. Verhouding laatst gevormde bladeren bij een juiste bladafsplitsingsnelheid.

	t.o.v. 1 na laatst gevormde blad	t.o.v. 2 na laatst gevormde blad
Laatst gevormde blad	2/3	1/3
1 na laatst gevormde blad		2/3

Is het jongste blad qua omvang de helft van het daar voor gevormde blad, dan kan dit twee dingen betekenen:

1. Te snelle bladafsplitsing, de bladeren zijn in dit geval licht van kleur.
2. Afgelopen twee dagen is er groeiremming opgetreden, de bladeren zijn in dit geval donker van kleur.

Het jongste blad kan ook vrijwel even groot zijn als het daaropvolgende blad. Dit duidt op remming van de groei vier tot 5 dagen geleden.

Stand bladpunt

Aan de stand van het bladpunt kan de kracht van een plant worden afgelezen. Is de stand van het bladpunt omhoog gericht dan duidt dit op kracht. Buigt het bladpunt echter naar beneden dan duidt dit op een afname van de kracht.

Kleur rand van het blad

De kleur van de rand van het blad, levert ook informatie op over de kracht van de plant. Heeft de rand van het blad een donker groene kleur, dan bezit de plant over voldoende kracht. Indien de bladranden geel van kleur worden, duidt dit op afname van kracht.

De donkere kleur van de rand van het blad wordt veroorzaakt door mogelijk ophoping van ds.

Hoek van de bladeren t.o.v. elkaar

Voor een zo optimaal mogelijke lichtonderschepping, dienen de bladeren in een krans t.o.v. van elkaar te staan. Bladeren mogen niet recht tegenover staan. Anders is er een groei afwijking tijdens de afsplitsing van de bladeren.

Beoordeling gewas ontwikkeling

Ter beoordeling van de ontwikkeling van het gewas dienen de volgende punten te worden beoordeeld:

- Stengelkwaliteit
- Bladkwaliteit

Stengelkwaliteit

Om een uitspraak te kunnen doen over de stengelkwaliteit dienen de opéénvolgende internodiën te worden beoordeeld. Zijn de opéénvolgende internodiën gelijk aan elkaar in lengte of variëren ze van lengte. Een tweede kwaliteitsaspect van de stengel is de stevigheid van de stengel. De stevigheid van een stengel is echter in tegenstelling tot de internodiën strekking, nog te beïnvloeden in een later stadium. Dit door de etmaaltemperatuur te verlagen.

Bladkwaliteit

Volgorde optreden afwijkingen in bladkwaliteit:

1. Bladpunt naar beneden
2. Gele kleur rand van het blad
3. Golven rand van het blad
4. Afhangen van het blad
5. Geel kleuren van het blad

Bladpunt naar beneden

Zie groei

Gele kleur rand van het blad

De kleur van de rand van het blad wordt bepaald door de hoeveelheid chlorofyl dat zich aan de randen van het blad bevindt. Is de rand van het blad donker groen van kleur dan duidt dit op een hoge mate van chlorofyl ophoping. Neemt de groene kleur af en worden de randen van het blad zelfs geel, dan duidt dit op een afname van chlorofyl (in het chlorofyl vindt het fotosynthese proces plaats).

Golven rand van het blad

Wanneer gedurende de ontwikkeling van het blad schommelingen in groei optreden, kan dit zichtbaar worden door het golven van de randen van het blad. Groeistoornissen worden veelal veroorzaakt door grote schommelingen in temperatuur.

Afhangen van het blad

Als het blad gaat afhangen duidt dit op slijtage, snelle veroudering van het blad.

Geel kleuren van het blad

Wanneer de randen van het blad geel kleuren, moet er gekeken worden naar nerven van het blad. Zijn de nerven van het blad nog groen van kleur, dan kan het blad nog herstellen in een voor het blad gunstige periode. Voor de bladschijven geldt eigenlijk hetzelfde. Indien de nerven echter geel worden van kleur dan zal het blad niet meer herstellen.

Overige afwijkingen bladkwaliteit

Naast de bovengenoemde afwijkingen van de bladkwaliteit kunnen nog een aantal afwijkingen optreden.

Afwijkingen in bladvorm

De bladvorm geeft informatie over de gerealiseerde temperatuurstrategie. Het streven is naar een constante lengte / breedte verhouding van alle bladeren.

De totale bladoppervlakte wordt bepaald door de etmaaltemperatuur. Etmaaltemperatuur is negatief gecorreleerd met het bladoppervlak. De lengte / breedte verhouding van het blad wordt beïnvloedt door DIF. Verhouding lengte / breedte van het blad is positief gecorreleerd met DIF.

Scheve bladeren

Beide bladhelften dienen gelijk aan elkaar te zijn, symmetrisch van elkaar te zijn. Indien beide bladhelften niet gelijk aan elkaar zijn, dan is er een groeistoring opgetreden. Een snelle fluctuatie in het temperatuursverloop kan aanleiding zijn voor het niet symmetrisch uitgroeien van de bladhelften.

Wegdraaien van de bladeren

Het uiteinde van het blad kan wegdraaien als gevolg van een te snelle temperatuurstijging.

Omkrullen van het blad

Omkrullen van het blad kan optreden, wanneer de temperatuur te snel stijgt.

5.1

