



CO₂-dosering bij roos onder verschillende temperaturen en belichtingniveaus.

Vervolgonderzoek kwantificering van CO₂ effecten op productie en kwaliteit bij roos.

Nieves García.

H.J. van Telgen, T. Kern, N. van Mourik, J. Klap, F. van Leeuwen, F. Akse.



© 2001 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving BV.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd, 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 stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

Sector Glastuinbouw

Adres : Linnaeuslaan 2a
: 1431 JV Aalsmeer
Tel. : 0297 - 35 25 25
Fax : 0297 - 35 22 70
E-mail : info@ppo.dlo.nl
Internet : <http://www.ppo.dlo.nl>

Inhoudsopgave

	pagina
1	SAMENVATTING..... 4
2	INLEIDING 5
3	MATERIAAL EN METHODE 6
3.1	PROEFOPZET 6
3.2	PROEFACTOREN: 6
3.3	KLIMAATREGELING EN REGISTRATIE 6
3.4	TEELTMETHODE 6
3.5	WAARNEMINGEN..... 7
3.5.1	Productie en kwaliteit 7
3.5.2	Houdbaarheid 7
3.5.3	Ontwikkelingsduur, loze takken en zittenblijvers..... 7
3.5.4	Potentiële groei 8
3.5.5	Aanvullende waarnemingen ten behoeve van modelontwikkeling 8
3.5.6	Plant monitor 8
3.6	STATISTIEK 8
3.6.1	Proef onderverdelingen ten behoeve van statistieke toetsen..... 8
3.6.2	Statistische bewerkingen..... 9
4	RESULTATEN EN DISCUSSIE 11
4.1	PRODUCTIE 11
4.1.1	Cumulatieve productie..... 11
4.1.2	Productie (=geogst aantal takken en gewicht) per m ² 12
4.1.3	Het effect van verneveling op productie 14
4.1.4	Relatieve (gewicht)productie per m ² 15
4.1.5	Gemiddeld aantal loos en zittenblijvers 16
4.2	KWALITEIT 16
4.2.1	Gemiddelde lengte en gewicht 16
4.2.2	Houdbaarheid 19
4.3	ONTWIKKELINGSDUUR 21
4.4	POTENTIËLE GROEI..... 24
4.4.1	Ontwikkelingssnelheid 24
4.4.2	Potentiële taklengte en takgewicht 24
4.4.3	Potentiële productie per plant 25
4.5	KLIMAATGEGEVENS 25
4.5.1	Temperatuur 25
4.5.2	CO ₂ concentratie 26
4.5.3	Effect van verneveling op de concentratie CO ₂ 28
4.5.4	Effect van verneveling op de relatieve luchtvochtigheid 29
4.6	WAARNEMINGEN T.B.V. MODELONTWIKKELING 30
4.6.1	Pluisontwikkeling..... 30
4.6.2	Bladval..... 31
4.6.3	Droge stof oogstbare en ingebogen takken 31
4.6.4	Bladoppervlakte ingebogen en rechtopstaand pakket. 31
	ALGEMENE DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN..... 32
	Literatuur..... 33
	Bijlage

1 SAMENVATTING

Via de fotosynthese zetten planten CO₂ uit de lucht om in koolhydraten; hoe meer koolhydraten de planten aanmaken, des te groter de groei. Het doseren van kooldioxide om de productie te stimuleren is in een hedendaagse intensieve rozenteelt onder glas een algemene praktijk. Uitgebreid onderzoek en praktijkervaring ondersteunen deze praktijk.

Om de vraag te beantwoorden hoeveel meer productie is te realiseren bij een bepaalde investering in CO₂ werd in het Proefstation Aalsmeer een teeltproef uitgevoerd waarbij de effecten van CO₂ dosering bij eenzelfde temperatuur van 19°C onder twee belichtingniveaus op de productie en kwaliteit van roos 'Indian Femma' werden onderzocht. Uit dat onderzoek (J. de Hoog, rapport 239, 2000) bleek dat met een hogere CO₂ dosering en meer assimilatiebelichting een hogere productie van een betere kwaliteit kon worden gerealiseerd. De effecten van CO₂ dosering waren het sterkst in het winterhalfjaar, dit omdat door ventilatieverlies in de zomer nauwelijks de hoge concentratie CO₂ werd gerealiseerd. De productie gerealiseerd in dat onderzoek werd gebruikt om een groeimodel voor groente (ECP) te valideren.

Omdat het ECP productiemodel niet geschikt bleek te zijn voor roos, is een vervolgonderzoek gestart waarbij productiegegevens zijn verzameld ten behoeve van de ontwikkeling van een dynamisch productiemodel, specifiek voor roos, wat de teler in staat kan stellen door middel van drie "knoppen": CO₂, licht en temperatuur, zijn productie en kwaliteit te sturen.

Het vervolgonderzoek, dat in dit rapport wordt beschreven, heeft tussen juni 2000 en juni 2001 plaatsgevonden. Twee CO₂ concentraties (700 en 1400 ppm), twee lichtintensiteiten (3750 en 7100 lux), drie teelttemperaturen (17, 20 en 23°C) en twee gewasleeftijden (een jonge aanplant en een twee jaar oud gewas van 'Indian Femma') zijn onderling gecombineerd in 6 verschillende afdelingen. Daarnaast zijn twee extra afdelingen in gebruik genomen, waarin door middel van koelen met behulp van verneveling geprobeerd is CO₂ verlies door ventilatie te verminderen.

Bij het 'Indian Femma' gewas groeiend onder een temperatuur van 20°C heeft in dit vervolgonderzoek het doseren van hoog (1400 ppm) CO₂ gecombineerd met hoog licht (7100 lux) geresulteerd in een hogere productie (stuks en kg), en een iets betere kwaliteit. Hiermee worden de conclusies van het voorafgaande onderzoek (J. de Hoog, 2000) bevestigd.

Uit het in de volgende pagina's beschreven vervolgonderzoek blijkt echter dat de positieve effecten van hoog CO₂ al dan niet in combinatie met een hogere lichtintensiteit niet zonder meer zijn te extrapoleren naar alle geteste omstandigheden. Er blijkt een sterke interactie te bestaan tussen de verschillende onderzoeksfactoren. De sterke invloed van de temperatuur en van de natuurlijke straling (de seizoenen) op het aanbod van CO₂ in de kaslucht en op de efficiëntie waarmee het gewas de aangeboden CO₂ via fotosynthese om kan zetten naar oogstbare, kwalitatief goede takken maken het doseren van hoog CO₂ een ingewikkelde aangelegenheid, wat met name bij hogere teelttemperaturen of géén effect of zelfs averechtse effecten kan hebben.

De pogingen om het hoge CO₂-niveau zoveel mogelijk te handhaven door middel van koelen met een nevelinstallatie hebben niet geleid tot de beoogde verbetering van de productie en kwaliteit. Doordat de zomer van 2000 geen extreem warme zomer was, is niet al te veel verneveld. Desondanks en ondanks wisselende effecten op het oude en het jonge gewas, zijn er in de kassen waar verneveling aanwezig was gemiddeld genomen minder takken en minder gewicht geoogst. Gemiddeld genomen is noch de lengte noch het gemiddelde gewicht door de verneveling beïnvloed.

2 INLEIDING

In de periode september 1998 tot en met september 1999 werd in het Proefstation Aalsmeer een teeltproef uitgevoerd waarbij de effecten van CO₂ dosering onder twee belichtingniveaus op de productie en kwaliteit van roos werden onderzocht. Uit dat onderzoek (J. de Hoog, rapport 239) bleek dat met een hogere CO₂ dosering en meer assimilatiebelichting een hogere productie van een betere kwaliteit kon worden gerealiseerd. Tussen de CO₂ concentratie en het lichtniveau bestond een sterke interactie: bij een hoger lichtniveau was het effect van CO₂ het grootst. De effecten van CO₂ dosering waren het sterkst in het winterhalfjaar, dit omdat door ventilatieverlies nauwelijks de hoge concentratie CO₂ in de zomer werd gerealiseerd.

De verzamelde gegevens werden tevens gebruikt ter validatie van het ECP groeimodel voor roos. Het model, oorspronkelijk voor paprika /tomaat ontwikkeld, bleek de productie tussen week 4 en week 15 te onderschatten, en vanaf week 16 te overschatten. Tevens werden productiefuctuaties (snee-effect) door het model genegeerd.

Vervolgonderzoek bleek noodzakelijk om aanvullende gegevens te verzamelen ten behoeve van de ontwikkeling van een dynamisch productiemodel, specifiek voor roos, waar ook factoren als kwaliteitsbeheersing, energie-efficiëntie, aanvoersvoorspelling en gelijkmatig gasverbruik een belangrijke plaats zouden moeten innemen. Dit zou meer keuze- en sturingsmogelijkheden bieden voor de teler.

De effecten van het doseren van CO₂ bij roos zijn van veel verschillende factoren afhankelijk, die onderling elkaar sterk beïnvloeden. Daarom is in het vervolgonderzoek, dat tussen februari 2000 en juni 2001 heeft plaatsgevonden, aan de onderzoeksfactoren uit het voorgaande onderzoek (CO₂ en licht) de factor temperatuur toegevoegd. Binnen een behandeling zijn de helft van de planten bovendien vervangen door een jonge aanplant, waarmee jonge en oude planten naast elkaar zijn komen te staan. De mogelijk verschillende reactie van de jonge en oude planten op één (combinatie)behandeling kan op deze manier worden beoordeeld.

De belichtingsniveaus in het vervolgonderzoek zijn gelijk gehouden aan die van het onderzoek van Joop de Hoog (3750 en 7100 lux). Het was echter uit het oogpunt van het aantal behandelingen onmogelijk om opnieuw 3 CO₂-niveaus aan te leggen. Doordat uit het eerste onderzoek het effecten tussen géén CO₂ (buitenwaarde = 360 ppm) en 700 ppm groter lijkt dan het effect tussen 700 en 1400 ppm, is in het vervolgonderzoek alléén naar het effect van 700 en 1400 ppm gekeken. Om de ingestelde CO₂ concentraties ook zoveel mogelijk in de zomer te realiseren is er in 2 afdelingen verneveld. Hiermee is geprobeerd het ventilatieverlies te minimaliseren.

Hoewel de waarnemingen in eerste instantie voor de modelstudie bedoeld zijn, zullen veel van de verkregen resultaten ook herkenbaar zijn en nuttige informatie opleveren voor de rozenteler. Met name die resultaten worden in dit rapport beschreven en besproken.

Dit onderzoek is gefinancierd door Productschaptuinbouw en vierwekelijks teeltkundig begeleid door een commissie van deskundige rozentelers (de heren E. Kooy, P. v. d. Broek, W. Boerlage, M.J. v.d. Weijde en M. Sassen).

3 MATERIAAL EN METHODE

3.1 Proefopzet

Het onderzoek heeft plaatsgevonden in acht kassen van het Linnaeuslaan-complex van het Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (voormalig Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente) te Aalsmeer. Iedere kas heeft een oppervlakte van ruim 150 m². In de kassen is een verhoogd teeltsysteem aanwezig met twee rijen per bed.

Het plantmateriaal (Rosa 'Schremoran' Indian Femma!®) heeft uit een gedeeltelijk nieuwe aanplant bestaan. De reeds aanwezige planten waren afkomstig van Piet Schreurs De Kwakel BV en geplant in september 1998. De nieuwe aanplant is op het Proefstation uit deze moerplanten vermeerderd en in maart 2000 gepoot. Het teeltgedeelte van het onderzoek is op 30 juni 2001 afgerond.

3.2 Proeffactoren:

In het onderzoek zijn de volgende (combinaties van) factoren ingesteld:

- CO₂-niveau (700 of 1400 ppm).
- Temperatuur (17, 20 of 23°C).
- lichtniveaus (45 en 85 μmol/m²·s oftewel 3750 en 7100 lux)
- plantleeftijd (oud en jong gewas)
- verneveling (twee kassen ingesteld op 20°C en 23°C met 1400 ppm CO₂)

In elke kas waren beide plantleeftijden en beide lichtniveaus aanwezig zodat er één kashelft met het hoge en één met het lage lichtniveau was, waaronder één bed met jong en één bed met oud gewas naast elkaar. De verdeling van de behandeling over de kassen en van de proefplanten binnen de proefvelden is door middel van een loting bepaald volgens het schema uit bijlage 1.

3.3 Klimaatregeling en registratie

Het klimaat in de verschillende kassen is geregistreerd met behulp van geventileerde psychrometers met pt-100 elementen en capacatieve vochtmetingen (Flucon-Boxen) en een datalogger.

De kasluchttemperatuur is per kas ingesteld op respectievelijk 17, 20 of 23°C. Setpoint voor luchten en ingestelde p-band zijn afhankelijk van de periode van het jaar: in de zomer lager. De in twee kassen aanwezige verneveling is ingesteld om de RV niet onder de 75% te laten dalen.

3.4 Teeltmethode

Van de oude aanplant zijn de planten met een extreme voorgeschiedenis (hoog CO₂) gerooid en de

overblijvende planten zijn verdeeld over de kassen.

De stekken ten behoeve van de nieuwe aanplant zijn begin maart in 3 liter emmers met kokos geplant. Per emmer één stek. Er zijn 6,2 planten per bruto m² kas geplant. Het griffelhout is na vier weken ingebogen om de grondscheutvorming te bevorderen. Na het inbuigen zijn de behandelingen gestart.

Tijdens de teelt zijn loze takken en takken van mindere kwaliteit regelmatig ingebogen.

In het winterhalfjaar (tussen 1 oktober en 7 maart) is 18 uur per etmaal belicht; in het zomerhalfjaar (van 1 april tot 1 oktober) ging de belichting aan als de buitenstraling beneden 150 W/m² daalde.

Er is zuiver CO₂ gedoseerd vanaf het moment dat het licht aan ging totdat de ventilatieramen aan de luwe zijde voor 50% open waren. Op dat moment is de toevoer van CO₂ gestopt.

Irrigatie heeft plaatsgevonden via capillaire druppelaars (één per emmer met een capaciteit van 2 l/uur). De watergift is door middel van een watergiftrekenmodel (De Graaf, PPO Naaldwijk) gestuurd. Het model houdt rekening met gewasverdamping, wateropname door versgewichtgroei en drainwater.

De standaardvoedingsoplossing voor roos op kokos (EC 1.6, pH 5.5) voor een waterschema A.0.0.0 (regenwater als uitgangswater) is toegediend. Het opgevangen drainwater is gerecirculeerd. Aan de hand van regelmatige drainwateranalyses zijn aanpassingen aan de voedingsoplossing afgestemd.

Gewasbescherming heeft zoveel mogelijk geïntegreerd plaatsgevonden. Meeldauw, spint en trips hebben het jaarrond geïntegreerd bestrijden niet mogelijk gemaakt. Gedurende de teelt is maximaal 4 maal per week met zwavelpotten preventief meeldauw bestreden.

3.5 Waarnemingen

3.5.1 Productie en kwaliteit

Gedurende één jaar (vanaf week 27 van 2000 tot week 27 van 2001) zijn de rozen twee tot driemaal per week geoogst. Doordat de oogstfrequentie lager was dan in de praktijk, is de productie mogelijk iets lager dan in een commercieel bedrijf zou zijn geweest.

Van de 32 proefvelden (20 planten) zijn van iedere oogstbeurt de volgende parameters geregistreerd:

- aantal takken,
- taklengte (in klassen van 5 cm),
- geoogst gewicht, (totaal per lengte-eenheid)
- totaal gewicht/ aantal takken

3.5.2 Houdbaarheid

In 2001 is van 4 verschillende oogstdata (28 maart, 8 mei, 18 mei, 01 juni) de houdbaarheid van de bloemen uit de verschillende proefvelden onderzocht. Hiertoe zijn de bloemen na de oogst 24 uur voorbehandeld volgens VBN-aanvoerschriften in een koelcel bij een temperatuur van 5°C. Hierna zijn de stelen wederom aangesneden en in individuele vazen gevuld met schoon water voor uitbloei geplaatst. Uitbloei heeft plaatsgevonden onder geconditioneerde omstandigheden (20°C, 60% RV, 12 uur licht (1000 lux) en 12 uur donker). De bloemknopopening is door middel van een 1-5 schaal beoordeeld, waarbij 1 en 2 zijn de oogststadien en 5 een volledig open bloem (meeldraden zichtbaar). De houdbaarheid is gedefinieerd als “de tijd in dagen vanaf het op de vaas zetten tot het afschrijven van de bloem”. De bloemen zijn afgeschreven als ze uitgebloeid of slap waren.

3.5.3 Ontwikkelingsduur, loze takken en zittenblijvers.

Bij vier planten per behandeling is de ontwikkelingsduur gevolgd.

Hiertoe zijn scheuten gelabeld op de dag van oogsten en de volgende data zijn bijgehouden:

- a) oogstdatum,
- b) nieuwe scheut, 2-3 cm

- c) knop zichtbaar,
- d) knop oogstrijp.

Deze 4 data geven de duur van drie ontwikkelingsperiodes:

- uitloop (a tot b),
- strekking (b tot c) en
- rijping (c tot d).

Uitgelopen takken waar géén zichtbaar knop in kwam werden als loos geregistreerd. Geogste takken waarvan de ogen niet uitliepen werden als “zittenblijvers” beschouwd. Het gemiddeld aantal loze takken en zittenblijvers per plant is uitgerekend.

3.5.4 Potentiële groei

Per proefvak zijn nog eens 4 planten voor het bepalen van de potentiële groei aangewezen. De definitie van *potentiële groei* is: “de maximaal te bereiken groei van één tak zonder concurrentie van andere takken”. Hiertoe worden alle uitlopende ogen uit deze planten verwijderd behalve één. Van deze “ééntakkers” zijn de volgende parameters geregistreerd:

- lengte
- gewicht (bladeren, bloem en steel elk apart)
- knoplengte
- diameter van de steelbasis
- diameter van de steel aan de bloembasis
- aantal bladeren per tak
- ontwikkelingsduur per fase (uitloop-, strekking-, rijpingfase) als onder 3.5.3.

3.5.5 Aanvullende waarnemingen ten behoeve van modelontwikkeling

Ten behoeve van de ontwikkeling van het dynamisch productiemodel zijn naast de onder 2.5.1 genoemde, een aantal extra waarnemingen, ieder met een andere frequentie, uitgevoerd:

- aantal en gewicht pluizen (voor elke oogstbeurt)
- bladval (via opvangbak van 1 m² onder een deel van de planten, eenmalig aan het einde van de teelt)
- gewicht overig snoeiafval en dode takken uit ingebogen bladpakket (eenmalig aan het einde van de teelt)
- droge stof verdeling van de oogsttakken en extra aangewezen sloopplanten (ééns per kwartaal)
- bladoppervlakte ingebogen en rechtopstaand pakket (ééns per kwartaal)

Met bovengenoemde waarnemingen samen met het geogste gewicht kan inzicht worden verkregen in de totaal geproduceerde biomassa en kan de zogenaamde “Harvest Index” (het gedeelte van de totale plantproductie dat geogst wordt) worden berekend.

3.5.6 Plant monitoren

Gedurende vijf maanden (augustus t/m december 2000) hebben in de kassen 203 en 304 plantmonitoren (Growlab) klimaatveranderingen en groei in de plant geregistreerd. Details over het gebruikte apparaat, de geregistreerde parameters en de resultaten van dit onderzoek worden beschreven in een apart rapport. Deze verschijnt onder de publicaties van het Praktijk Onderzoek Plant en Omgeving. Dit rapport heeft als titel “Inzet plantmonitor bij CO₂-proef roos: evaluatie metingen en gebruiksmogelijkheden”, en is geschreven door H.J. van Telgen en R. Baas (zie literatuurlijst).

3.6 Statistiek

3.6.1 Onderverdelingen van de proef ten behoeve van statistische toetsen.

Deze proef beslaat 8 kassen, elk verdeeld in 4 veldjes. Over 6 van deze kassen ligt een proef van 3

temperatuurniveaus x 2 CO₂-niveaus, zodanig dat iedere combinatie één maal voorkomt. Daarnaast zijn er 2 kassen waarin ook nog verneveld wordt, met het hoogste CO₂-niveau en de 2 hoogste temperatuurniveaus. Binnen alle kassen liggen 2 lichtniveaus en 2 leeftijdklassen, zodanig dat iedere combinatie telkens 1 x voorkomt.

Voor de veel gebruikte variantie-analyse (Anova) is het nodig om deze proef in tweeën te delen:

- Alle kassen waarin niet verneveld is (6 kassen, met drie temperatuurniveaus en twee CO₂-niveaus)
- Alle kassen waarin niet het laagste niveau van temperatuur óf CO₂ is toegepast (4 kassen, met het hoogste CO₂-niveau, met de 2 hoogste temperatuurniveaus en wel/niet vernevelen).

Combinatie van de informatie van alle 8 kassen kan wenselijk zijn om het aantal in beschouwing genomen waarnemingen (en daarmee de significantie) te vergroten, maar vereist een veel ingewikkeldere analyse (i.c. REML), omdat niet alle combinaties van behandelingen in gelijke mate voorkomen.

Er zijn serieuze beperkingen t.a.v. het toetsen van interactiefactoren. Wanneer even niet gekeken wordt naar de behandelingen mét vernevelen, zijn er op het hoogste niveau 6 experimentele eenheden, de kassen. Hierover zijn 3 temperaturen en 2 CO₂-niveaus verdeeld, zodanig dat iedere combinatie één keer voorkomt. De CO₂-niveaus komen dus elk 3 maal voor en de temperatuurniveaus elk 2 maal. Dit betekent dat het effect van de beide hoofdfactoren temperatuur en CO₂ statistisch getoetst kan worden (in termen van significantie e.d.). De interactie tussen beide effecten komt echter slechts in enkelvoud voor en kan daarom niet (of slechts via een omweg) getoetst worden.

Dezelfde beperking geldt op het veldniveau, binnen de kassen, waar 4 veldjes (2x2) verdeeld zijn over twee leeftijdklassen en 2 lichtniveaus. Ook hier kunnen alleen de hoofdeffecten getoetst worden en niet de interacties. Door de geneste structuur van de proef (veldjes binnen kassen), geldt dezelfde beperking ook voor de interactiefactoren tussen behandeling op het kas niveau en behandelingen op het veldjesniveau. Alle combinaties van de 4 behandelingen komen slechts één keer voor.

Slechts wanneer uit de resultaten mocht blijken dat één van de behandelingen niet onderscheidend is, zou deze genegeerd kunnen worden, waardoor een herhaling voor de andere behandeling (op hetzelfde niveau) gecreëerd wordt. Op het kasniveau kan nog ruimte voor toetsen gecreëerd worden, door in het later te behandelen REML-techniek de temperatuurbehandeling niet als drie niveaus te beschouwen, maar als een rechtlijnig verband. Op het veldjesniveau zijn geen mogelijkheden voor een dergelijke aanpassing.

3.6.2 Statistische bewerkingen

3.6.2.1 ANOVA (variantie analyse)

Op de gegevens uit de kassen zonder vernevelen zijn variantie-analyses (Anova's) uitgevoerd op de afzonderlijk waarnemingen. De volgende blokstructuur is gehanteerd:

Kas/Veld

Dat wil zeggen dat 'Kas' het hoogste niveau is, en dat 'Veld' binnen de kas varieert. De behandelingen CO₂ en temperatuur variëren op het Kas-niveau en de behandelingen Licht en Leeftijd variëren op het Veld-niveau (dus binnen iedere kas). Zoals hierboven gemeld kunnen de grootte en de significanties van de hoofdeffecten geschat worden, maar niet die van de interactiefactoren. De output-files bevatten de significanties van de proeffactoren (F-probabilities, significant wanneer waarde < 0.05), en de LSD-waarden (het minimale verschil tussen twee niveaus van behandeling om significant te zijn met een betrouwbaarheid van 95%).

Een vergelijkbare Anova is uitgevoerd op de resultaten van de 4 kassen met de twee hoogste temperatuurniveaus en het hoogste CO₂-niveau. Ook hier is weer de volgende blokstructuur gehanteerd:

Kas/Veld

De behandelingen Vernevelen en temperatuur (2 niveaus) variëren op het Kas-niveau en de behandelingen Licht en Leeftijd variëren op het Veld-niveau (dus binnen iedere kas). Ook hier is weer een output gemaakt met F-probabilities en LSD-waarden.

3.6.2.2 ANOVA - drie herhaalde opnames

Voor de drogestof metingen is de informatie van de drie opnames gecombineerd. Hierbij is door de volgende blokstructuur rekening gehouden met het feit dat de drie waarnemingen van hetzelfde veldje afkomstig -en dus gecorreleerd- zijn:

Kas/ Veld/ Opname

Dezelfde twee analyses als voor de afzonderlijk opname zijn ook hier weer uitgevoerd. De proeffactoren variëren op hetzelfde niveau als daar vermeld. De extra opnames variëren op een ander -lager- niveau en kunnen daarom niet als duplo fungeren. Wel kan een tijd-effect geschat worden. Dat is gedaan door een proeffactor 'Meting' te toetsen. Deze varieert op het Opname-niveau. Bovendien is de lineair component van deze factor getest, om te kijken of er een trend in de tijd is.

3.6.2.3 REML - variantiecomponentenanalyse

In een REML- of variantiecomponenten-analyse kunnen we rekening houden met de verschillende niveaus waarop de behandelingen zijn toegepast, net zo als in Anova. REML is echter in staat om te werken met proefopzetten waarin niet alle combinaties van proeffactoren voorkomen of waarin deze niet in gelijke mate voorkomen. Hierdoor kunnen de twee deelproeven gecombineerd worden. Voordeel hiervan is dat er meer waarnemingen beschikbaar zijn, waardoor verschillen eerder significant worden. Bovendien komen sommige combinaties van temperatuur en CO₂ nu in tweevoud voor. Hierdoor zou de significantie van de interactie tussen temperatuur en CO₂ gedeeltelijk geschat worden, gegeven dat er geen interactie van één van deze factoren is met het vernevelen.

De output van de REML-analyse geeft schattingen van de effecten en hun standaardafwijking. Hieruit en uit de de χ^2 -probabilites (vergelijkbaar met F-probabilites) van de zgn. Wald-tests kan de significantie van de proeffactoren en de significantie van paarsgewijze vergelijkingen van de niveaus geschat worden.

4 RESULTATEN EN DISCUSSIE

4.1 Productie

De verzamelde productiegegevens (in takken en in kilogrammen) worden op drie verschillende manieren uitgedrukt:

- als cumulatieve (totale) productie van de 20 proefplanten per proefveld (zie 4.1.1)
- als totale jaarproductie per behandeling per m² (zie 4.1.2)
- als relatieve productie ten opzichte van een als referentie gekozen behandeling (zie 4.1.4)

Hoewel de bloemenopbrengsten per m² per kwartaal zijn geanalyseerd (zie bijlage III), worden ze in 4.1.2 (tabel 1) over de totale teeltperiode (12 maanden) weergegeven, onder meer omdat in veel gevallen de sterke seizoensinvloed de verschillen tussen behandelingen overtreft.

De invloed van licht, temperatuur en CO₂ op de productie was in de maanden oktober tot maart het grootst. Desondanks is in de eerste periode van het onderzoek (juli-augustus-september 2000) in alle behandelingen het grootste gedeelte van de bloemen in deze periode geoogst; in gewicht vertegenwoordigt deze productie voor alle behandelingen 30 tot 40% van de totale jaarproductie.

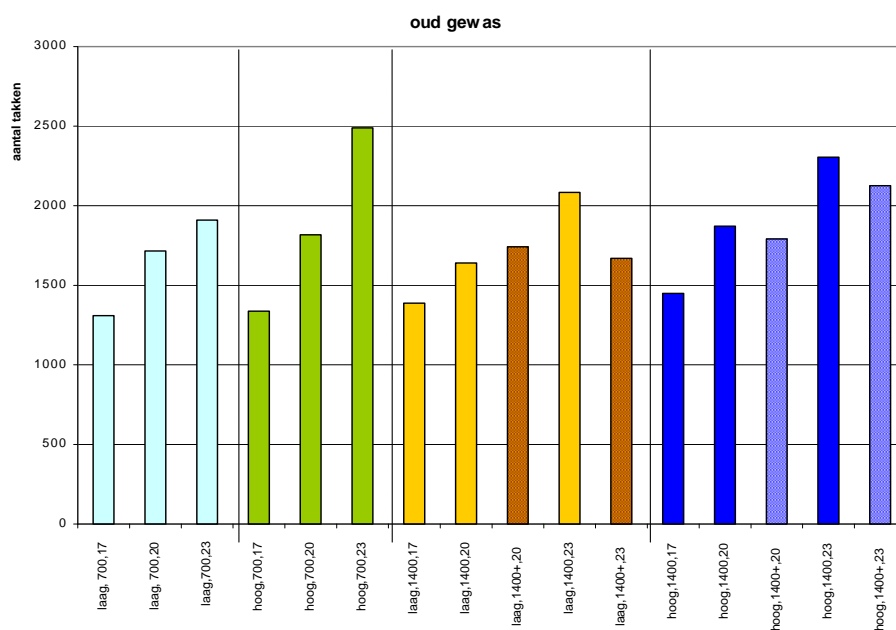
4.1.1 Cumulatieve productie

Het totaal aantal geoogste takken per behandeling (20 planten) is in **grafiek 1** geïllustreerd voor het oude gewas.

Het jonge gewas vertoont eenzelfde verloop, met als enig verschil dat het absolute aantal geoogste takken lager is dan bij het oude gewas.

Balken van dezelfde kleur geven de temperatuur verschillen binnen één CO₂ concentratie of licht-intensiteit weer (licht blauw is laag licht, laag CO₂; groen is hoog licht maar laag CO₂; geel is laag licht met hoog CO₂ en donker blauw is de combinatiebehandeling hoog licht /hoog CO₂). De vernevelde velden zijn met de + teken en de gearceerde balken aangeduid.

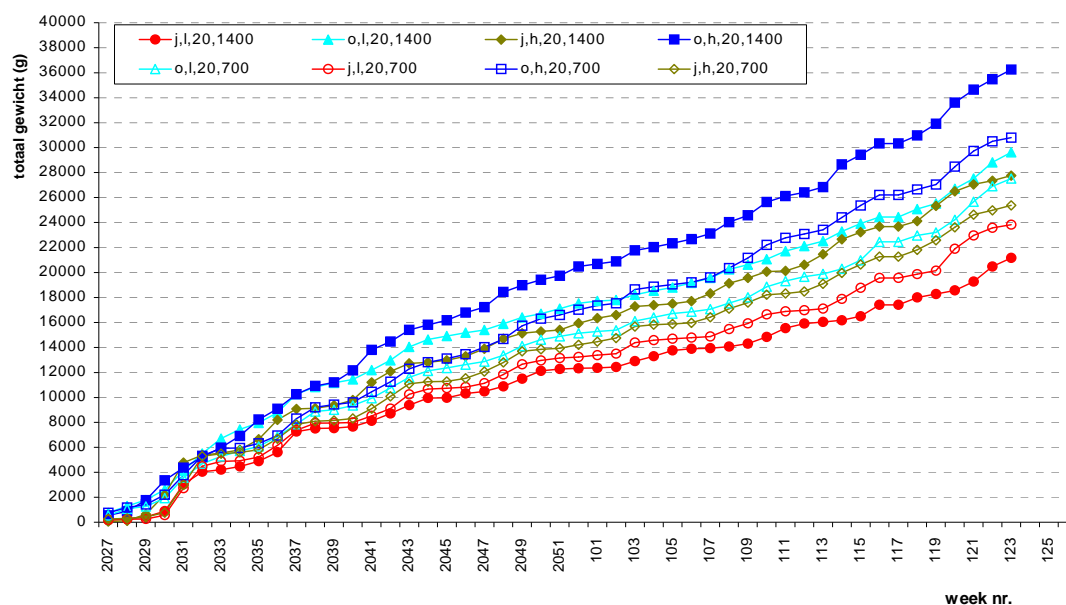
Grafiek 1: totaal aantal takken oud gewas



Het verloop van de cumulatieve productie in weken is in grafiek 2 weergegeven voor de verschillende behandelingen met een temperatuur van 20°C. De “golven” in de productielijnen zijn te weten aan het snee-effect.

Grafiek 2: cumulatieve gewichtsproductie bij 20°C

(Afkortingen op de legende: J= jong gewas; o= oud gewas; l= laag licht; h= hoog licht; 20= temperatuur; 700 en 1400= concentratie CO₂ in ppm.)



4.1.2 Productie (=geogst aantal takken en gewicht) per m²

Tabel 1 geeft voor het oude (en tussen haakjes het jonge) gewas zowel aantal takken als het geogst gewicht per m² over de gehele proefperiode en per behandeling weer.

Tabel 1: productie/m², oud gewas (jong gewas)

Temperatuur (°C)	CO ₂ (ppm)	Licht (μmol/m ² s)	Stuks/ m ²		Gewicht(kg)/m ²	
			Normaal	Verneveld	Normaal	Verneveld
17	700	45	406 (223)	—	9.1 (6.0)	—
		80	415 (276)	—	9.1 (7.8)	—
	1400	45	430 (228)	—	9.4 (6.5)	—
		80	449 (257)	—	10.2 (7.3)	—
20.5	700	45	532 (337)	—	8.5 (7.4)	—
		80	563 (350)	—	9.5 (7.8)	—
	1400	45	509 (274)	540 (349)	9.2 (6.6)	9.2 (7.7)
		80	580 (367)	558 (336)	11.2 (8.6)	9.6 (8.0)
23.5	700	45	592 (379)	—	7.7 (7.2)	—
		80	772 (446)	—	10.2 (8.1)	—
	1400	45	646 (346)	518 (376)	8.2 (5.9)	6.6 (6.4)
		80	714 (453)	659 (386)	9.2 (8.5)	8.8 (7.0)

4.1.2.1 Invloed van de proeffactoren op het aantal takken / m²

Uit de getallen blijkt dat in dit onderzoek het aantal takken / m² het sterkst door gewasleeftijd en temperatuur is beïnvloed.

Het effect van hoog licht op het aantal takken is groter bij een teelttemperatuur van 17 en 23°C dan bij 20°C, maar is in alle behandelingen positief en statistisch significant (LSD 6.5).

Hoog CO₂ alléén heeft in dit onderzoek geen significant effect op het aantal takken.

De invloed van temperatuur en licht op het aantal takken blijkt ook uit het feit dat bij 17°C in de periode januari tot maart (wanneer de ingestelde temperatuur bereikt wordt en een lage buitenstraling heerst) de minste takken worden geoogst, terwijl in juli tot september (periode met een hoge buitenstraling en waarin de ingestelde temperatuur bijna nooit wordt gerealiseerd) de meeste, ongeacht de behandeling (zie bijlage III.a voor de seizoensplitsing van de gegevens van tabel 1 aangaande aantal takken per m²).

Het geoogst gewicht per m² vertoont eveneens een sterke seizoensinvloed (zie bijlage III.b voor de seizoensplitsing van de gegevens van tabel 1 aangaande oogstgewicht per m²). In alle behandelingen is in de donkere periode van het jaar (januari, februari, maart) de laagste kg / m² productie gerealiseerd (tussen 15 en 20% van de totale gewichtsproductie). De periode met het meeste licht en hoogste temperaturen (juli, augustus, september) is in alle behandelingen verantwoordelijk van 30 tot 40% voor de totale gewichtsproductie.

4.1.2.2 Invloed van de proeffactoren op het aantal kilo's / m²

Volgens de uitkomsten van de statistische bewerkingen van de productieresultaten is het productiegewicht:

- significant afhankelijk van gewasleeftijd
- niet afhankelijk van de temperatuur
- niet afhankelijk van de onderzochte CO₂ niveaus
- niet beïnvloed door verneveling.

De interacties tussen de proeffactoren temperatuur, licht en CO₂ kunnen statistisch niet worden getoetst wegens gebrek aan herhalingen. Een visuele beoordeling van de resultaten laat echter zien dat er een interactie bestaat, waardoor het effect van de onderzochte CO₂ niveaus en belichtintensiteiten op het productiegewicht sterk afhankelijk lijkt van de temperatuur, en dat deze interactie anders is voor het jonge en het oude gewas.

Oud gewas:

Bij 17°C wordt het geoogst gewicht niet door het extra licht of door extra CO₂ afzonderlijk beïnvloed. De combinatie behandeling met meer licht en meer CO₂ verhoogt de oogst met 1 kg per m².

Bij 20°C zien wij dat meer CO₂ of meer licht afzonderlijk het productiegewicht ieder met ±10% doen toenemen ten opzichte van laag licht en laag CO₂ en samen met 24%! De effecten van hoog licht en hoog CO₂ zijn bij deze temperatuur en gewasleeftijd niet alléén cumulatief: ze lijken elkaar te versterken.

Bij 23°C geeft dubbel CO₂ nauwelijks extra kg, maar alléén dubbel licht wel 24% verhoging. Gecombineerd meer licht en meer CO₂ verlagen de opbrengst ten opzichte van alléén meer licht.

Jong gewas:

Bij 17°C heeft hoog licht meer effect op het oogstgewicht dan hoog CO₂. Hoog CO₂ gecombineerd met hoog licht heeft minder effect dan alléén hoog licht. Hoog CO₂ draagt bij deze temperatuur niets bij aan het productiegewicht.

Bij 20°C en 23°C doet extra CO₂ zonder extra licht het productiegewicht afnemen, maar gecombineerd met extra licht levert het 1,2 kg extra oogst op.

Deze resultaten bevestigen gedeeltelijk de resultaten van het voorgaand onderzoek van Joop de Hoog (2000) (uitgevoerd met een jong gewas bij een vaste temperatuur van 17 graden 's nachts en 19 overdag), waaruit geconcludeerd werd dat een "keuze" gemaakt kan worden tussen licht of CO₂. De effecten van licht en CO₂

zijn ook in het huidig onderzoek bij 17°C niet cumulatief, echter wel bij de 20°C. De fotosynthese neemt toe met het stijgen van de temperatuur, maar het temperatuuroptimum verschuift met de lichtintensiteit (bij veel licht is dit optimum hoger dan bij laag licht), waardoor het gewas waarschijnlijk beter in staat is het aangeboden hoog CO₂ vast te leggen. Ook zou het kunnen zijn dat bij 17°C de verwerking van het vastgelegde CO₂ minder goed verloopt.

Kennelijk heeft hoog CO₂ een negatief effect op de productie van het jong gewas als licht of temperatuur limiterend zijn.

Het jonge en het oude gewas, zo blijkt uit deze resultaten, gaan op een andere manier om met het aangeboden CO₂. Een verklaring hiervoor is niet eenvoudig te geven. Mogelijk zijn meerdere factoren hierbij betrokken:

- 1- *Een verschil in CO₂-compensatiepunt bij het oude en het jonge gewas.* Bij jonge gewassen neemt de fotosynthese toe met het stijgen van de temperatuur, tot een optimum waarboven de netto-fotosynthese afneemt door o.a. toegenomen ademhaling. De CO₂-concentratie waarbij de opgenomen hoeveelheid CO₂ gelijk is aan de door ademhaling afgestane hoeveelheid, CO₂-compensatiepunt genoemd, wordt lager bij hogere lichtniveaus. Met het toenemen van het bladpakket (dus met de veroudering) zou steeds meer CO₂ verbruikt worden voor de ademhaling.
- 2- *Een verschil in verzadigingsniveau.* In principe neemt de fotosynthese toe met een oplopende CO₂ concentratie, totdat het verzadigingsniveau wordt bereikt. Mogelijk verzadigt het jonge gewas eerder dan het oud gewas.
- 3- *Een verlaagde fotosynthetische efficiëntie bij de oudere planten.* Nederhoff (1994) constateerde bij komkommer en tomaat dat naarmate het gewas ouder wordt, het effect van CO₂ op de groei afneemt. Zij vond aanwijzingen dat dit te maken had met morfologische aanpassingen (kleinere bladeren bij oudere gewassen), gecombineerd met fysiologische aanpassingen die een verlaagde fotosynthetische efficiëntie in de hand werken. Dit is door ons ook waargenomen onder de hoogste temperatuur.
- 4- *Verminderde opname van voedingselementen bij het oude gewas:* hoog CO₂ zou onder de hoogste geteste temperatuur, door een directe invloed op de verdamping (sluiting huidmondjes) de bladtemperatuur te veel doen stijgen bij de hoge omgevingstemperatuur. Dit zou de opname van voldoende voedingselementen kunnen belemmeren, onvoldoende om gebreksverschijnselen te laten ontstaan, maar voldoende voor de waargenomen productiederving.

4.1.3 Het effect van verneveling op productie

Het effect van verneveling op de productie is in tabel 1 middels een aparte kolom uitgedrukt.

Met uitzondering van de velden met jong gewas onder het lage lichtniveau (waar een positief resultaat is geboekt) is in de kassen waar verneveling werd toegepast een duidelijke productieafname geconstateerd, zowel in stuks als in kg, ten opzichte van de kassen met gelijke behandelingen zonder verneveling. Hiervoor zijn verschillende verklaringen te bedenken:

- 1- De hoge CO₂-waarde wordt langer in de kas vastgehouden (zie grafiek 12). Uitgaande van een direct negatief effect van CO₂ op de opening van de huidmondjes (3-4% sluiting met elke 100 ppm, Nederhoff, 1994) zou 1400 ppm een te hoge sluiting van de huidmondjes tot gevolg hebben, waardoor de CO₂ niet voldoende kan worden opgenomen. In dit opzicht zou 1400 ppm de optimale CO₂-waarde overschrijden.
- 2- Bij hoge instraling (zoals in de zomermaanden in Nederland) is het effect van hoog CO₂ op de verdamping (en dus op de huidmondjes) bij roos groter dan bij lage instraling (R. de Graaf, 1994, ongepubliceerd).
- 3- De luchtvochtigheid loopt te hoog op in de kassen met verneveling (zie grafiek 15), wat een vergelijkbaar effect op de huidmondjes heeft (sluiting), met een minder efficiënte omgaan van de plant met de aangeboden CO₂ tot gevolg; bovendien zou dit een direct effect op de opname van nutriënten kunnen hebben.
- 4- Gezien het sterke effect van temperatuur op de groei (en met name op het aantal takken), is het niet ondenkbaar dat de verminderde productie direct gerelateerd is aan het koelende effect van de verneveling.

De bladtemperatuurmetingen die verricht zijn met behulp van de Growlab plantmonitor (Telgen en Baas, 2001) ondersteunen de verklaringen 3 en 4: de verschillen tussen bladtemperatuur en omgevingstemperatuur in een kas met verneveling zijn veel kleiner dan in kassen zonder verneveling. Dit duidt op een lager verdampingsniveau, mogelijk als gevolg van een verminderde activiteit van de huidmondjes.

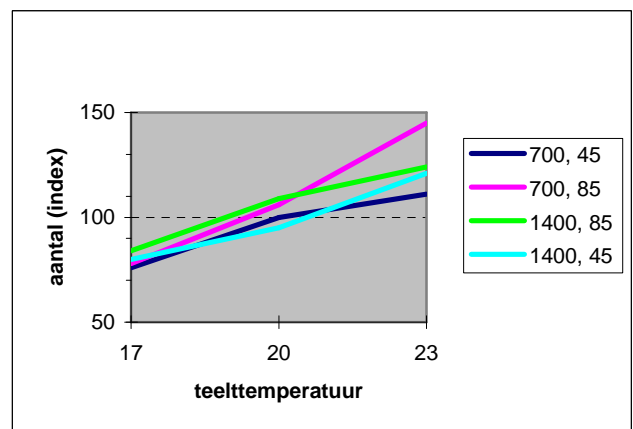
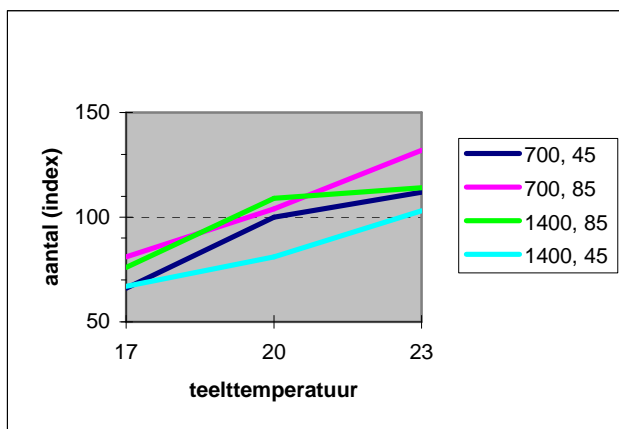
Een interactie tussen de genoemde factoren is ook denkbaar

4.1.4 Relatieve (gewichts)productie per m²

De reeksen getallen uit tabel 1 zijn vrij moeilijk te interpreteren. Vooral omdat de temperatuur een grote invloed lijkt te hebben op het effect van hoog CO₂ en hoog licht op de productie. De beperkingen om het statistisch te toetsen maken de interpretatie niet eenvoudiger. Hierom is er een referentiebehandeling gekozen: de planten die bij een temperatuur van 20°C groeiden, onder de lage CO₂-concentratie en lichtintensiteit (700, 45). De productie (in stuks en kg) die deze behandeling oplevert is voor het oude en het jonge gewas apart op 100 gesteld. De productie van alle andere behandelingen is hieraan gerelateerd. Vervolgens zijn deze getallen in grafieken 3 t/m 6 uitgezet ten opzichte van de teelttemperatuur. Op deze manier wordt het "rendement" van hoog CO₂ en hoog licht bij de verschillende temperaturen zichtbaar.

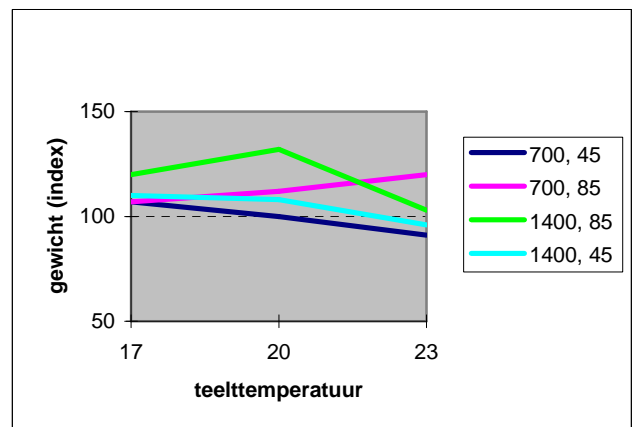
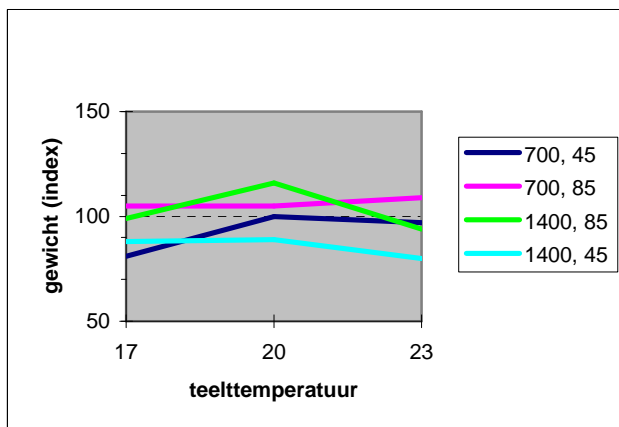
Grafiek 3: relatief aantal stelen /m² (jong gewas)

Grafiek 4: relatief aantal stelen/ m² (oud gewas)



Grafiek 5: relatief aantal kg/m² (jong gewas)

Grafiek 6: relatief aantal kg/m²(oud gewas)



Deze grafieken laten zien dat CO₂ hoog alléén (de lichtblauwe lijn) niet voldoende is om bij het jonge gewas

een verbetering van de oogst ten opzichte van de referentiebehandeling (de donkerblauwe lijn) te bereiken, niet voor de aantallen en ook niet voor de kilo's (het is in beide de laagste lijn). Het effect van hoog licht alléén (de roze lijn) is in alle gevallen groter dan het effect van hoog CO₂ alléén.

Het gecombineerde effect van hoog CO₂ én hoog licht (de groene lijn) is in alle gevallen bij 20°C het grootst, maar bij hogere temperatuur wordt het al gauw lager dan hoog licht alléén.

De keuze tussen hoog licht, hoog CO₂ of beide moet aan de hand van temperatuur en gewasleeftijd worden gemaakt.

4.1.5 Gemiddeld aantal loos en zittenblijvers

Hand en Cockshull, (1975) en later Mortensen en Moe, (1982) vonden een verklaring voor de positieve effecten op de productie van hoog CO₂ in een vermindering van het aantal loze takken. In dit onderzoek lijkt dit alléén bij 17°C op te gaan (Tabel 2). Tussen de overige behandelingen is het verschil in loos en zittenblijvers, met uitzondering van de *cursief* gedrukte getallen in de tabel, te verwaarlozen.

Tabel 2: gemiddeld aantal loos en zittenblijvers oud gewas (jong gewas)

Temperatuur (°C)	CO ₂ (ppm)	Licht (μmol/m ² s)	Loos / plant		Zittenblijvers/plant	
			Normaal	Verneveld	Normaal	Verneveld
17	700	45	4.0 (4.5)	—	1.2 (2.0)	—
		80	4.0 (3.7)	—	1.3 (1.0)	—
	1400	45	1.2 (1.7)	—	1.5 (0.0)	—
		80	2.2 (4.0)	—	1.2 (1.2)	—
20	700	45	2.5 (3.0)	—	1.7 (1.2)	—
		80	3.0 (3.7)	—	1.5 (1.5)	—
	1400	45	2.0 (4.5)	1.3 (3.2)	3.5 (1.7)	2.2 (2.7)
		80	1.0 (1.7)	2.0 (4.5)	2.7 (0.7)	1.7 (1.7)
23	700	45	3.2 (2.5)	—	1.2 (1.2)	—
		80	1.2 (3.0)	—	2.7 (2.0)	—
	1400	45	2.0 (2.0)	1.2 (2.5)	2.0 (3.0)	1.0 (1.0)
		80	1.7 (2.7)	<i>5.0(3.2)</i>	1.7 (1.0)	<i>6.0(2.0)</i>

Opvallend is het groot verschil in aantal loos en zittenblijvers tussen het veld met oud gewas, hoog licht, hoog CO₂ en een temperatuur van 23°C, en hetzelfde veld onder verneveling: Onder verneveling zijn per plant drie keer zoveel loos en 3,5 keer meer zittenblijvers waargenomen als zonder verneveling. Dit verklaart voor een deel de verminderde productie van dit veld in stuks en kilo's (zie tabel 1).

4.2 Kwaliteit

4.2.1 Gemiddelde lengte en gewicht

Alle geoogste takken zijn gedurende de onderzoeksperiode gemeten en gewogen. Het gemiddeld gewicht per tak is het resultaat van de deling van het totaal geoogst gewicht van iedere behandeling door het aantal geoogste takken.

De gemiddelde taklengte, het gemiddeld gewicht per tak per behandeling en per gewasleeftijd over de gehele testperiode (1 jaar), zijn in tabel 3 weergegeven.

Een uitsplitsing in seizoenen is te vinden in bijlage III.c en III.d. De lengteklassen over de gehele proef, per

periode en per behandeling zijn volgens een normale distributie verdeeld. Een grafisch overzicht van de lengteklassen per behandeling is te zien in bijlage IV.

Tabel 3: kwaliteit (gewicht en lengte), oud gewas (jong gewas). De gegevens zijn gemiddeld over de gehele testperiode (1 jaar).

			Gemiddeld gewicht (g)		Gemiddelde lengte (cm)	
Temperatuur (°C)	CO ₂ (ppm)	Licht (μmol/m ² s)	Normaal	Verneveld	Normaal	Verneveld
17	700	45	21 (26)	—	56 (61)	—
		80	22 (28)	—	57 (64)	—
	1400	45	22 (29)	—	60 (63)	—
		80	23 (29)	—	57 (61)	—
20.5	700	45	17 (22)	—	52 (60)	—
		80	18 (24)	—	53 (61)	—
	1400	45	17 (24)	17 (23)	53 (63)	53 (62)
		80	19 (23)	18 (26)	55 (61)	54 (64)
23.5	700	45	13 (18)	—	48 (56)	—
		80	14 (18)	—	49 (54)	—
	1400	45	13 (18)	13 (17)	49 (59)	47 (56)
		80	13 (19)	13 (20)	50 (59)	49 (60)

Het seizoen en het leeftijdseffect op de kwaliteit van de oogst is opvallend: het jonge gewas was in dit onderzoek gemiddeld over alle behandelingen genomen bijna 6 gram zwaarder dan het oude gewas; Dit is ten dele een gevolg van de lengteverschillen, daar het jonge gewas gemiddeld 8 cm langer is dan het oude gewas.

Zowel het oude als het jonge gewas produceerden zwaardere en langere takken in het eerste seizoen van het onderzoek (juli, augustus, september); het verschil met de periode januari, februari, maart (de periode waarin alle takken het lichtst zijn) kon oplopen tot wel 15 gram (bijlage III.c). Niet verwonderlijk is het dat in deze periode ook de kortste takken zijn geproduceerd door het oude gewas in de 23°C kas.

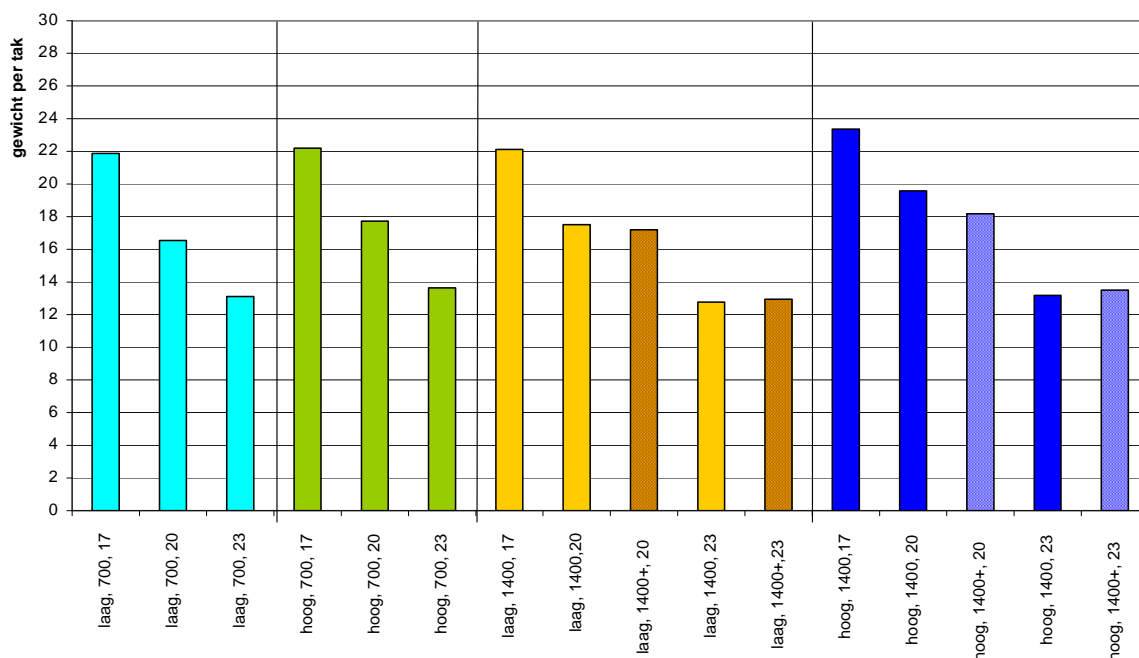
In tegenstelling tot de verwachting, heeft vernevelling in de zomer niet bijgedragen aan een verbetering van de gemiddelde lengte. Mogelijk is er niet extreem veel verneveld omdat de zomer van 2000 geen extreem warme dagen kende. Verneveld is bovendien alléén in combinatie met hoog CO₂, wat ook de resultaten kan hebben beïnvloed. (zie pag. 14(4.1.3.))

4.2.1.1 Invloed van de proeffactoren op de gemiddelde lengte

De gemiddelde lengte over de gehele periode genomen is niet significant door het hoog licht verbeterd. Hoog CO₂ verbetert de gemiddelde lengte met 1 cm. Deze stijging is wel statistisch, maar niet praktisch significant.

Gewasleeftijd en teelttemperatuur beïnvloeden de taklengte, zowel statistisch en praktisch significant. Hoe jonger het gewas en hoe lager de temperaturen de teelt, hoe langer de steel. Het maximale gemiddelde lengteverschil tussen de koudste (17°C) en de warmste (23,5°C) behandelingen bedraagt 12 cm voor het oude gewas.

Grafiek 7: Gemiddeld gewicht per tak (g), oud gewas.



4.2.1.2 Invloed van de proeffactoren op het gemiddeld gewicht

Het gemiddeld gewicht neemt sterk af met het stijgen van de temperatuur. Onafhankelijk van het seizoen zat al gauw een verschil van 10 gram tussen de hoogste (23,5°C) en de laagste (17°C) ingestelde temperatuur. Grafiek 7 toont dit verloop voor het oude gewas (balken van dezelfde kleur geven voor éénzelfde lichtniveau en CO₂ concentratie het verloop bij toenemende temperatuur aan).

Uit een vergelijking van grafiek 7 met grafiek 1 (aantal takken) wordt duidelijk dat naarmate de temperatuur stijgt, meer takken worden geoogst van een lichtere kwaliteit. Het aantal takken stijgt evenredig en het gemiddeld gewicht omgekeerd evenredig met de temperatuur. Opvallend is dat het totaal gewicht niet significant afhankelijk is van de temperatuur. Dat wil zeggen: de maximaal te halen kiloproductie van de plant wordt bij een hogere temperatuur gewoon verdeeld over meer takken van een lichtere kwaliteit.

Het gemiddeld gewicht per steel is alléén significant afhankelijk van de leeftijd van het gewas. Een niet statistisch maar wel praktisch positief effect op het takgewicht is bereikt met hoger licht en hogere CO₂ bij het oude gewas gegroeid bij 17°C en 20°C.

4.2.2 Houdbaarheid

In alle herhalingen kwamen de bloemen altijd goed open en de reden van afschrijven was altijd puur veroudering. Er deden zich geen gevallen van bent-neck of vroegtijdige verwelking voor. Tijdens de uitbloei verkleurden de bloemen sterk van oranje naar roze; dit is duidelijk te zien in de onderstaande foto.

Een overzicht van de potentiële houdbaarheid (in dagen) van de bloemen afkomstig uit de verschillende behandelingen op de verschillende herhalingen is in tabel 4 weergegeven.

In de eerste herhaling (inzetdatum 28 maart) is een belangrijk "houdbaarheidsdip" geconstateerd: de gemiddelde houdbaarheid van alle bloemen afkomstig van kas L203 (teelttemperatuur 20,5°C, 1400 ppm CO₂, met verneveling) varieerde tussen de 12 en de 16 dagen, en was hiermee de laagste van de gehele proefperiode.



De gemiddelde houdbaarheid over de 4 herhalingen (28 maart tot en met 30 juni) varieerde, uitschieters buiten beschouwing gelaten, tussen 18 en 24 dagen. Er waren geen grote verschillen tussen herhalingen, al stond de tweede herhaling (inzetdatum 8 mei 2001) gemiddeld iets korter (16 tot 23 dagen).

Tabel 4: Gemiddelde houdbaarheid in dagen (standaardafwijking van het gemiddelde)

	Temperatuur (°C)	Licht ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$)	CO ₂ (ppm)	1 ^e herhaling 28-03-01	2 ^e herhaling 08-05-01	3 ^e herhaling 18-05-01	4 ^e herhaling 01-06-01	
	oud gewas	17	45	700	24 (2,4)	18 (4,4)	20 (2,5)	23 (2,5)
1400				21 (4,4)	18 (5,0)	19 (2,1)	22 (1,4)	
80			700	23 (2,5)	22 (1,6)	24 (1,0)	20 (2,3)	
			1400	23 (2,2)	18 (1,6)	21 (1,2)	21 (1,8)	
20.5			45	700	22 (4,8)	18 (2,6)	25 (4,0)	19 (3,0)
				1400	21 (2,9)	19 (3,7)	20 (2,6)	22 (2,2)
		1400 nevel		16 (1,3)	20 (1,3)	19 (2,6)	18 (4,5)	
		80	700	24 (4,2)	19 (2,9)	23 (2,0)	21 (2,1)	
			1400	21 (1,3)	19 (2,2)	20 (3,3)	23 (3,6)	
			1400 nevel	15 (1,8)	20 (2,6)	24 (2,6)	23 (1,0)	
23.5		45	700	19 (3,7)	22 (4,5)	20 (4,3)	22 (3,1)	
			1400	26 (2,9)	17 (3,7)	22 (2,9)	24 (2,9)	
			1400 nevel	27 (3,3)	19 (4,1)	22 (2,7)	20 (3,6)	
		80	700	20 (4,9)	20 (3,5)	23 (3,2)	22 (2,5)	
			1400	22 (2,9)	19 (3,4)	23 (2,6)	20 (4,2)	
			1400 nevel	25 (4,3)	23 (3,3)	24 (2,1)	21 (1,9)	
jong gewas		17	45	700	21 (1,9)	17 (5,8)	20 (5,6)	23 (1,2)
				1400	22 (1,6)	19 (2,8)	20 (1,3)	22 (2,6)
	80		700	24 (2,0)	19 (4,8)	23 (1,3)	21 (5,3)	
			1400	23 (2,5)	17 (4,7)	21 (1,9)	23 (2,1)	
	20.5		45	700	22 (4,3)	21 (3,0)	24 (2,8)	20 (2,5)
				1400	24 (2,9)	20 (1,6)	21 (2,6)	23 (2,1)
		1400 nevel		12 (2,1)	19 (2,5)	23 (3,2)	19 (2,0)	
		80	700	25 (2,5)	20 (2,4)	25 (3,6)	22 (3,1)	
			1400	21 (2,5)	18 (1,7)	20 (2,4)	21 (5,7)	
			1400 nevel	13 (2,6)	20 (2,6)	21 (5,8)	21 (1,2)	
	23.5	45	700	23 (3,8)	20 (2,6)	25 (2,4)	24 (1,3)	
			1400	26 (5,1)	20 (4,3)	21 (4,1)	22 (3,4)	
			1400 nevel	23 (3,5)	16 (3,3)	20 (4,5)	22 (3,7)	
		80	700	24 (4,5)	22 (4,1)	26 (3,0)	23 (1,6)	
			1400	25 (3,0)	20 (1,1)	23 (4,2)	23 (3,4)	
			1400 nevel	25 (3,1)	20 (6,1)	20 (2,6)	20 (5,5)	

Tegen alle verwachtingen in, zijn de bloemen die geteeld zijn bij extreme temperaturen net zo goed houdbaar als de bloemen die geteeld zijn onder “normalere” temperatuur. Mogelijk zouden verschillen in houdbaarheid door teelttemperatuur wel zijn opgetreden indien de bloemen voor de uitbloei een droge transportsimulatie hadden ondergaan.

Tussen de CO₂ en lichtbehandelingen onderling zijn, evenals in het vorige CO₂ onderzoek (De Hoog, 2000), en in het bedrijfsvergelijkend onderzoek roos (Marissen en Benninga, 1999) geen noemenswaardige verschillen waargenomen.

Bijzondere aandacht verdient de waargenomen vermindering van de houdbaarheid in de eerste herhaling in de kas met 23°C en verneveling. Ook bij deze bloemen was er sprake van afschrijving door veroudering, niet door verstoorde waterhuishouding (normaal gesproken geuit als “bent-neck”, slap gaan of slechte knopopening).

Het is verleidelijk om de verneveling hiervan de schuld te geven; uit diverse onderzoeken is gebleken dat een verhoogde relatieve luchtvochtigheid tijdens de 2 weken voorafgaand aan de oogst (Marissen en Benninga, 1999; Mortensen en Fjeld, 1995) een slechtere houdbaarheid veroorzaakt.

De relatieve luchtvochtigheid van deze kas was inderdaad in de betreffende periode gemiddeld een paar procenten hoger dan van de overige kassen.

Dat in de andere kas waar verneveld werd geen vermindering van de houdbaarheid is waargenomen in dezelfde periode zou door de ingestelde temperatuur verklaard kunnen worden. In die kas werd namelijk een hogere temperatuur toegelaten, waardoor het bevochtigingssysteem veel minder aanging.

Dit resultaat is niet in de latere inzetdata gezien, ondanks dat er met het verschuiven naar de warmere periode van het jaar, steeds meer is verneveld. Dit komt ook overeen met de resultaten van Marissen en Benninga (1999): ze vonden dat het negatief effect van de hoge RV op de houdbaarheid veel sterker is in de donkere periode van het jaar, waar een RV-stijging van 1%, een vaaslevenvermindering van 0.24 dag tot gevolg had bij de cultivar ‘First Red’.

4.3 Ontwikkelingsduur

De ontwikkelingsduur van de bloemen is in tabel 5 per fase weergegeven en in grafiek 8 afgebeeld. Zoals verwacht is de ontwikkelingsduur in sterke mate afhankelijk van de etmaaltemperatuur. Hoe hoger de temperatuur hoe sneller de nieuwe scheuten uitlopen en ontwikkelen. Van den Berg (1997) vond tussen etmaaltemperatuur en ontwikkelingsduur een exponentiële relatie, bijna lineair in het door ons onderzochte temperatuursgebied. De leeftijd van het gewas schijnt hierbij geen rol te spelen.

Bij een omgevingstemperatuur van 17°C is een cyclus van oogst tot oogst na maximaal 48 dagen voltooid; de cyclusduur wordt teruggebracht naar gemiddeld 41 dagen bij 20,5°C en naar een minimum van 36 dagen bij 23.5°C.

De uitlooffase (van oogst tot 5 cm scheutlengte) duurde 10 tot 13 dagen. De knop was vervolgens na minimaal 10 (bij 23°C) en maximaal 15 dagen (bij 17°C) zichtbaar. Gemiddeld 15 tot 21 dagen later was de knop oogstrijp.

Opmerkelijk is hierbij dat in tegenstelling tot de praktijkervaring niet de uitlooffase het meest wordt versneld door een hogere temperatuur maar de knoprijping. Terwijl bij een verhoging van 17°C naar 23°C slechts één tot twee dagen kunnen worden bespaard in de uitloop, kan bij dezelfde temperatuurverhoging de knoprijping met vijf tot zes dagen worden verkort.

Diverse auteurs hebben bij verschillende siergewassen een positief effect van CO₂ op de teeltsnelheid beschreven. Bij de roos ‘Mercedes’ vonden Hendriks en Hackbarth in 1982 een versnelling van de teelt van 4-6 dagen bij doseringen tot 600 ppm.

Om de invloed van de temperatuur zoveel mogelijk buiten beschouwing te laten en zo de mogelijke invloed van CO₂, licht en verneveling beter te kunnen beoordelen, is de ontwikkelingsduur ook in “graaddagen” uitgedrukt. Dit is het product van ontwikkelingsduur in dagen maal de temperatuur.

Ook dan lijken de door ons geteste CO₂ concentraties de ontwikkelingsduur niet te beïnvloeden. Dit was ook de bevinding van Mortensen en Moe in 1992 bij ‘Frisco’ met doseringen tot 600 ppm.

Gewasleeftijd of de aanwezigheid van verneveling (zie grafiek 9) hebben in ons onderzoek ook geen invloed op de cyclusduur. Één en ander is overeenkomstig met de bevindingen van Van den Berg (1987) en Buwalda, (persoonlijke communicatie) dat voor de ontwikkeling alléén het aantal graaddagen van belang zijn.

In tegenstelling tot de resultaten van Bredmose (1996) zijn tussen de twee onderzochte intensiteiten van assimilatiebelichting geen significante verschillen gevonden in ontwikkelingsduur; mogelijk heeft dit te maken met de niveau-verschillen (Bredmose werkte bij waardes die 200 µmol/m².s hoger liggen dan de door ons

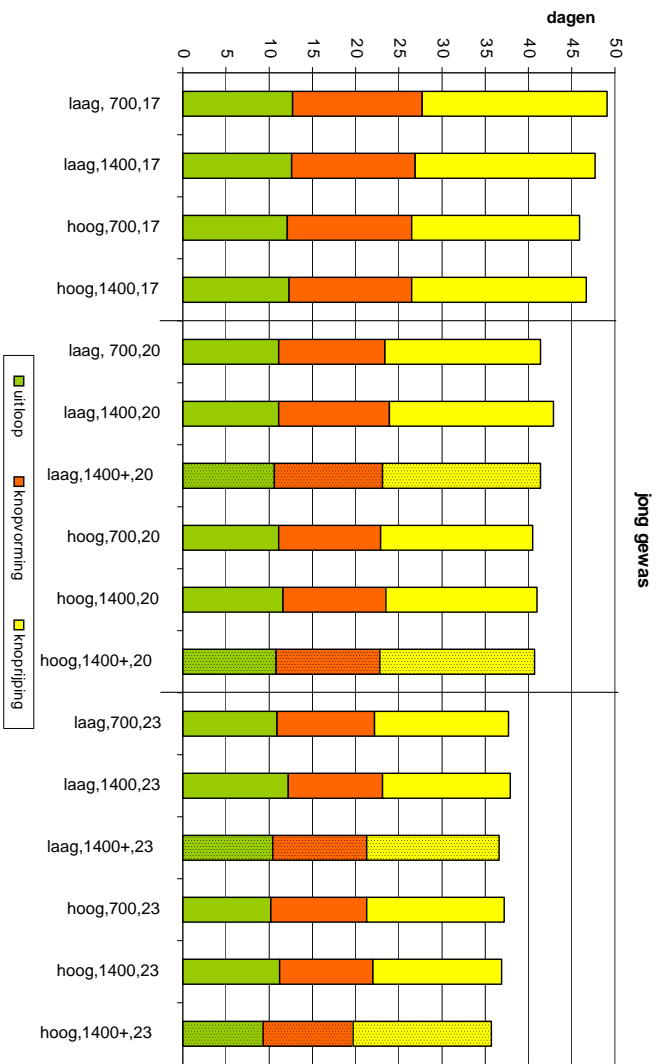
gebruikte belichtingsniveaus).

Tussen de totale lichtsom en de ontwikkelingsduur bestaat wel een duidelijk verband. In dit onderzoek was de cyclus voor alle temperaturen inderdaad korter in het zomerhalfjaar.

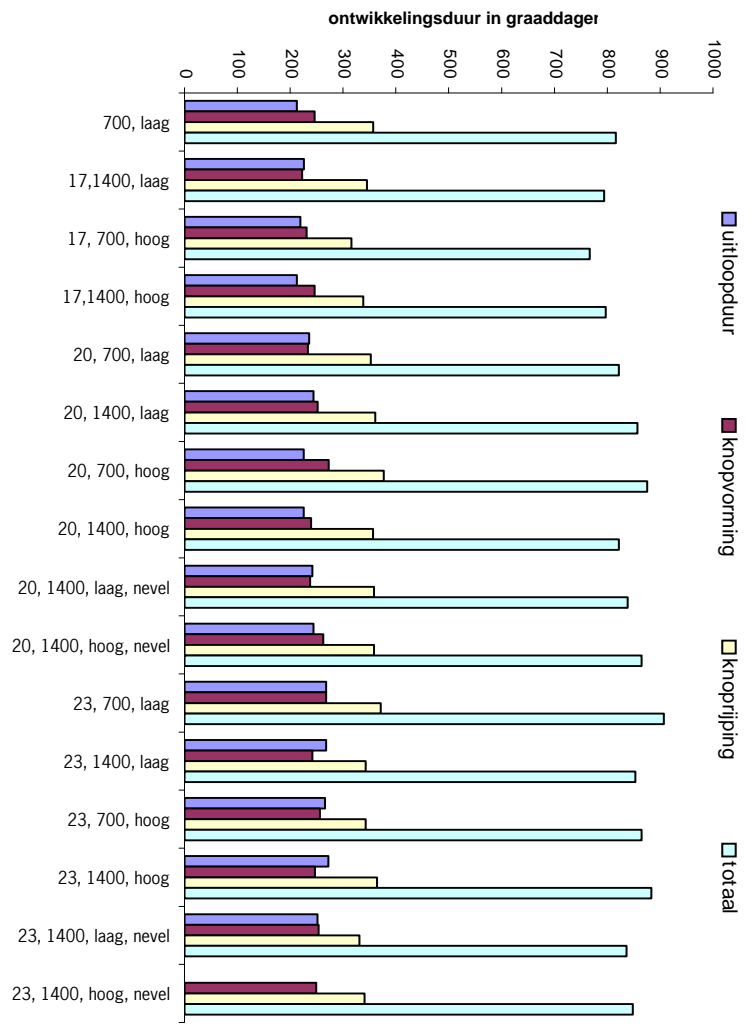
Tabel 5: ontwikkelingsduur in kalenderdagen oud gewas (jong gewas)

Temperatuur (°C)	Licht ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$ s)	CO ₂ (dpm)	uitloop	knopvorming	Knoprijping	Totale ontwikkelingsduur	
17	45	700	12.5 (12.7)	14.5 (15.0)	21.0 (21.4)	48.0 (49.1)	
		1400	13.3 (12.6)	13.1 (14.3)	20.3 (20.8)	46.7 (47.7)	
	80	700	12.9 (12.1)	13.6 (14.4)	18.6 (19.4)	45.1 (45.9)	
		1400	12.5 (12.3)	14.5 (14.2)	19.9 (20.2)	46.9 (46.7)	
20.5	45	700	11.5 (11.1)	11.4 (12.3)	17.2 (18.0)	40.1 (41.4)	
		1400	11.9 (11.1)	12.3 (12.8)	17.6 (19.0)	41.8 (42.9)	
	80	700	11.0 (10.6)	13.3 (12.5)	18.4 (18.3)	42.7 (41.4)	
		1400	11.0 (11.1)	11.7 (11.8)	17.4 (17.6)	40.1 (40.5)	
	verveling	45	1400	11.8 (11.6)	11.6 (11.9)	17.5 (17.5)	40.9 (41.0)
		80	1400	11.9 (10.8)	12.8 (12.0)	17.5 (17.9)	42.2 (40.7)
23.5	45	700	11.4 (10.9)	11.4 (11.3)	15.8 (15.5)	38.6 (37.7)	
		1400	11.4 (12.2)	10.3 (10.9)	14.6 (14.8)	36.3 (37.9)	
	80	700	11.3 (10.4)	10.9 (10.9)	14.6 (15.3)	36.8 (36.6)	
		1400	11.6 (10.2)	10.5 (11.1)	15.5 (15.9)	37.6 (37.2)	
	verveling	45	1400	10.7 (11.2)	10.8 (10.8)	14.1 (14.9)	35.6 (36.9)
		80	1400	11.0 (9.3)	10.6 (10.4)	14.5 (16.0)	36.1 (35.7)

Grafiek 8: ontwikkelingsduur in kalenderdagen



Grafiek 9: Ontwikkelingsduur, uitgedrukt in graaddagen



4.4 Potentiële groei

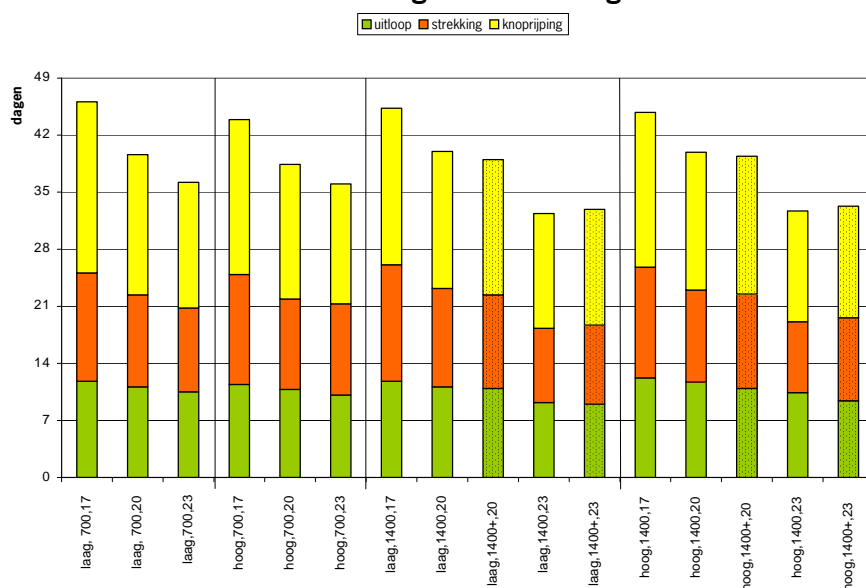
4.4.1 Ontwikkelingssnelheid

De afwezigheid van concurrerende stelen lijkt weinig invloed op de ontwikkelingsnelheid van het dan enige uitgelopen oog te hebben. De potentiële ontwikkeling blijft het sterkst afhankelijk van temperatuur en verloopt grotendeels onafhankelijk van de factoren licht, CO₂, gewasleeftijd en verneveling. De kortst gemeten ontwikkeling bij de ééntakkers is gemiddeld 33 dagen, drie dagen korter dan bij de “normale” planten; de langste 47 dagen of 2 dagen korter dan de “meertakkers”. Ook bij deze planten was de fase die het sterkst afhankelijk was van de temperatuur de knoprijingsfase. De resultaten zijn grafisch afgebeeld voor het oude gewas in grafiek 10.

Als de waargenomen getallen uitgedrukt worden in “graaddagen” (zie 4.3) zien wij een vergelijkbaar beeld met de planten waarbij de oogstbare takken zich in aanwezigheid van concurrentie ontwikkelen, wel is het grootst gemeten graaddagenverschil kleiner bij de ééntakkers (99 graaddagen verschil tegen 140 graaddagen verschil bij de takken met concurrentie).

Dat de verschillen zo klein zijn geeft aan dat de ontwikkelingsduur niet afhankelijk is van de beschikbaarheid van assimilaten in de plant.

Grafiek 10: Potentiële ontwikkelingsnelheid oud gewas



4.4.2 Potentiële taklengte en –gewicht

Het gemiddeld gewicht per tak van de ééntakkers wordt zeer significant beïnvloed door de temperatuur (hoe warmer hoe lichter; ANOVA, LSD=0.57) en de leeftijd van de planten (hoe jonger des te zwaarder). Het effect van CO₂, licht en nevel op takgewicht is klein en slechts statistisch significant met behulp van de geavanceerde RML techniek, maar niet significant met de ANOVA-toets.

Bij planten waarbij slechts één tak tot ontwikkeling kwam, blijkt dat de afwezigheid van concurrerende takken de ontwikkeling van de enige tak (de “supertak”) ten goede komt. De “ééntakkers” produceerden voor alle

behandelingen een tak die gemiddeld aanzienlijk langer en zwaarder was dan de “meertakkers”. Bij het jonge gewas was deze “supertak” tweemaal zo zwaar als de “gewone”; bij het oude gewas anderhalve keer zo zwaar.

Het gewicht werd sterker beïnvloed dan de lengte.

Ook knoplengte en bloemdiameter van deze bloemen werden meetbaar en zichtbaar groter dan bij takken met concurrentie. De knoplengte van de jonge “supertakken” was significant groter dan van de “supertakken” van een oud gewas.

4.4.3 Potentiële productie per plant

Centraal stond bij dit onderdeel de vraag: stopt de plant al haar beschikbare energie in die ene tak? Al gauw blijkt dat de plant met ongestoorde uitloop niet alléén uiteraard meer takken, maar ook een hoger totale oogsgewicht produceert.

Interessant zijn de uitkomsten van de verhouding in gewichtsproductie tussen de “ééntakkers” en de “meertakkers”. Uit deze vergelijking blijkt dat de jonge plant slechts in staat is om 1/3 van de gewichtsproductie van “normale” takken in “supertakken” om te zetten. Bij de oudere planten is deze uitkomst wel lager: een magere 1/7 deel van de totale gewichtsproductie gaat naar de “supertak”.

Waarom produceert een plant waar in het aantal uitlopende scheuten beperkt wordt, minder oogstbare biomassa dan een plant waar deze handeling niet gebeurt?

Waarschijnlijk gebeurt dat door de eigen bijdrage van de groeiende takken aan de biomassaproductie. De groeiende takken bestaan uit de bloemknop, die aan de assimilaten trekt (de “sink”) en een rechtopstaande bladpakket, die aan de assimilatenproductie bijdraagt (“source”). Van uitloop tot oogst verandert de groeiende scheut van meer “sink” in meer “source” naarmate nieuwe bladeren ontstaan. De bovenste bladeren aan de tak hebben het hoogste fotosynthetiserende vermogen en zijn efficiënter in het onderscheppen van licht dan het ingebogen bladpakket (Kool, 1996). Hoe meer opgroeiende takken aan de plant groeien, hoe belangrijker de bijdrage van deze takken aan de totale productie van de plant.

Waarom wordt dit verschil groter voor de oudere plant?

Mogelijk is de jonge plant beter in staat om meer energie in een tak te stoppen, of is de concurrentie tussen uitlopende scheuten om de assimilaten bij een jongere plant groter dan in een oudere plant. Wellicht is dat puur een kwestie van “aantallen”: doordat de oudere plant over meer knip- en uitlooppunten beschikt dan de jongere plant, werkt steeds een groter aantal takken aan het aanmaken van assimilaten, waardoor het verschil tussen “supertakken” productie en “normale takken” productie alléén maar groter wordt.

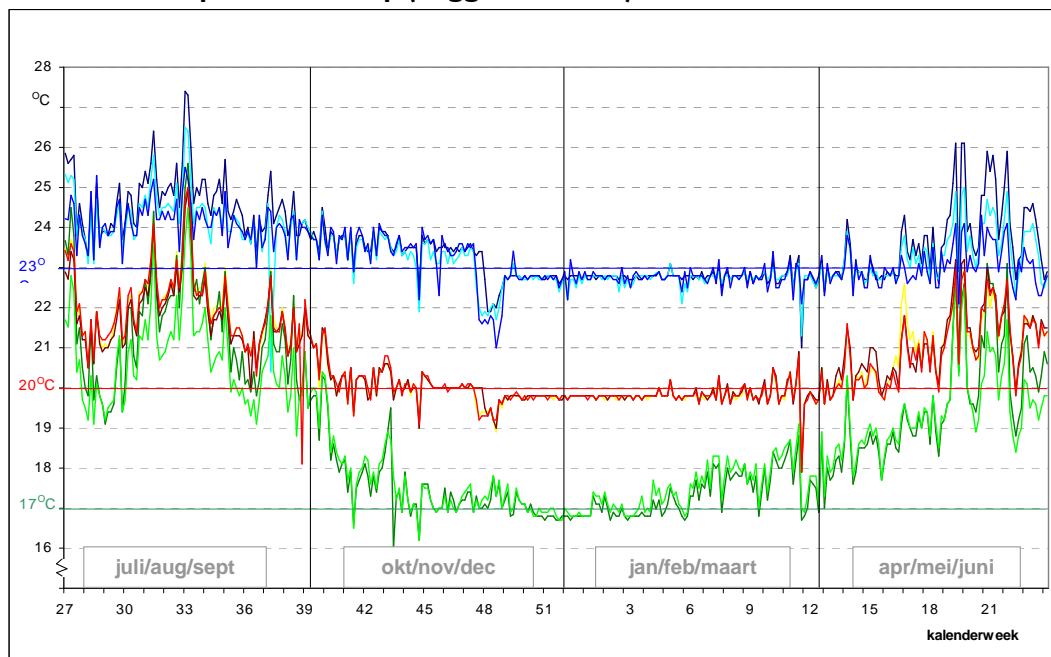
4.5 Klimaatgegevens

Hieronder worden daggemiddelden voor temperatuur, CO₂, en relatieve luchtvochtigheid toegelicht en grafisch weergegeven.

4.5.1 Temperatuur

Grafiek 11 toont het verloop van de gemiddelde dagtemperatuur in de verschillende kassen. Met name in de warme periodes van het jaar (zomer en voorjaar) worden de ingestelde temperatuurverschillen nauwelijks gerealiseerd (Als gevolg daarvan in deze periodes is het verschil in aantal takken tussen temperaturen ook het kleinst). In deze periodes zijn de kassen ingesteld op 17 en 20°C praktisch gelijk; terwijl de 23°C kassen over het algemeen iets verder opwarmen. Gedurende de wintermaanden worden de ingestelde waarden wel gerealiseerd.

Grafiek 11: temperatuurverloop (daggemiddelden) van de verschillende kassen.



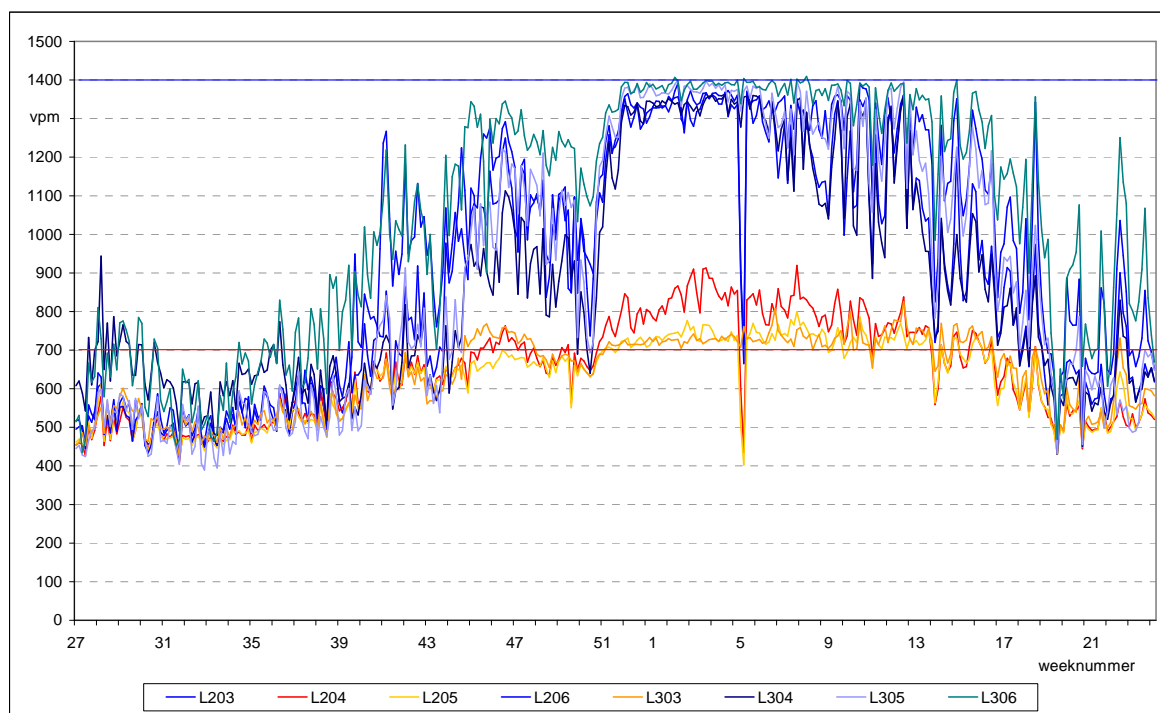
4.5.2 CO₂-concentratie

In grafiek 12 is de CO₂-concentratie van de verschillende kassen als daggemiddelde weergegeven. Uit metingen voorafgaande aan dit onderzoek was gebleken dat bij een luchting van 30% aan de luwe zijde al binnen 1 uur 98% van de toegediende CO₂ was verdwenen (v. Telgen 2000, ongepubliceerd). Met de ramen voor 50% open aan de luwe zijde werd daarvoor geen CO₂ meer gedoseerd. Om de temperatuur zoveel mogelijk op de ingestelde waarde te houden moet belucht worden, en dit heeft direct consequenties voor de concentratie CO₂ in de kas, doordat het direct uit de kas verdwijnt (bij raamstanden kleiner dan 50%) of doordat niet gedoseerd wordt.

In de grafiek is goed te zien hoe alléén in de wintermaanden een constant verschil tussen de 700 en de 1400 ppm kassen is gerealiseerd. In de warmere jaargetijden worden de nagestreefde CO₂-waarden nauwelijks bereikt. Dit is de oorzaak van de lagere daggemiddelden in de zomer, de herfst en het voorjaar in vergelijking met de winterperiode.

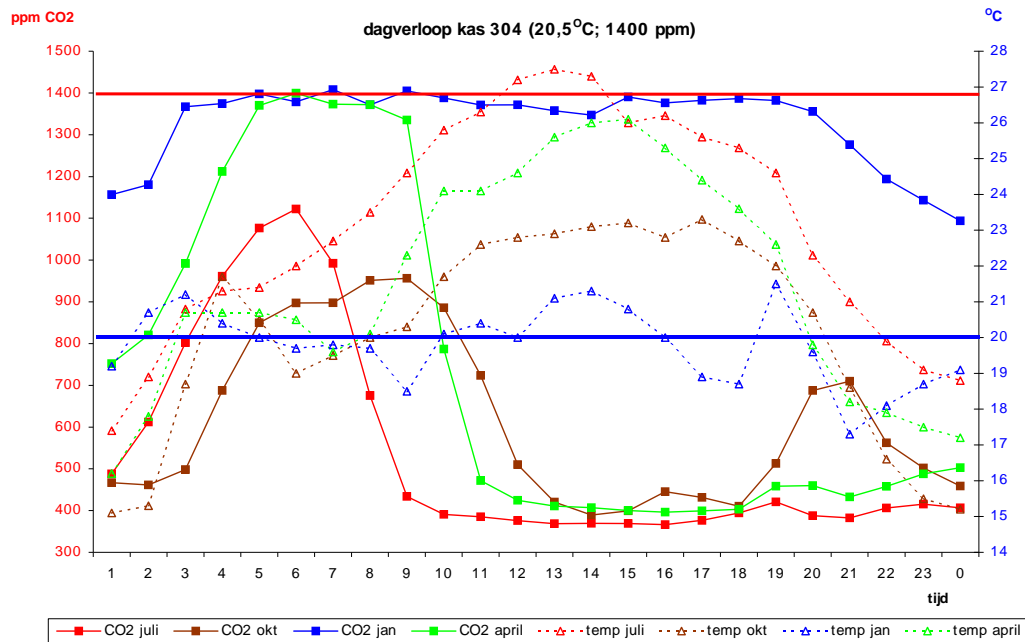
Echter, doordat een aantal uur per dag (in de nacht, tussen vier en negen uur 's ochtends) de gedoseerde CO₂ binnen de kas wordt gehouden zijn wél tijdelijk de ingestelde waarden bereikt; dit draagt bij aan een verschil in daggemiddelde tussen de kassen met beide instellingen.

Grafiek 12: Verloop van de CO₂ concentratie (daggemiddelden) van de verschillende kassen.



De relatie tussen temperatuur en CO₂ concentratie is in grafiek 13 goed te zien. Voor één kas (kas 304, ingesteld op 20.5°C en 1400 ppm) is per seizoen één dag uitgekozen om het temperatuur en CO₂ verloop gedurende die dag te illustreren, representatief voor de meeste dagen in dat seizoen. Alléén in januari is gelukt om het CO₂ niveau rondom de ingestelde waarde te houden gedurende de uren waarin het gedoseerd wordt. In april en oktober lukt dit slechts gedurende de vroege ochtend, tussen 4:30 en 9:30. In juli wordt de streefwaarde (1400 ppm) niet bereikt.

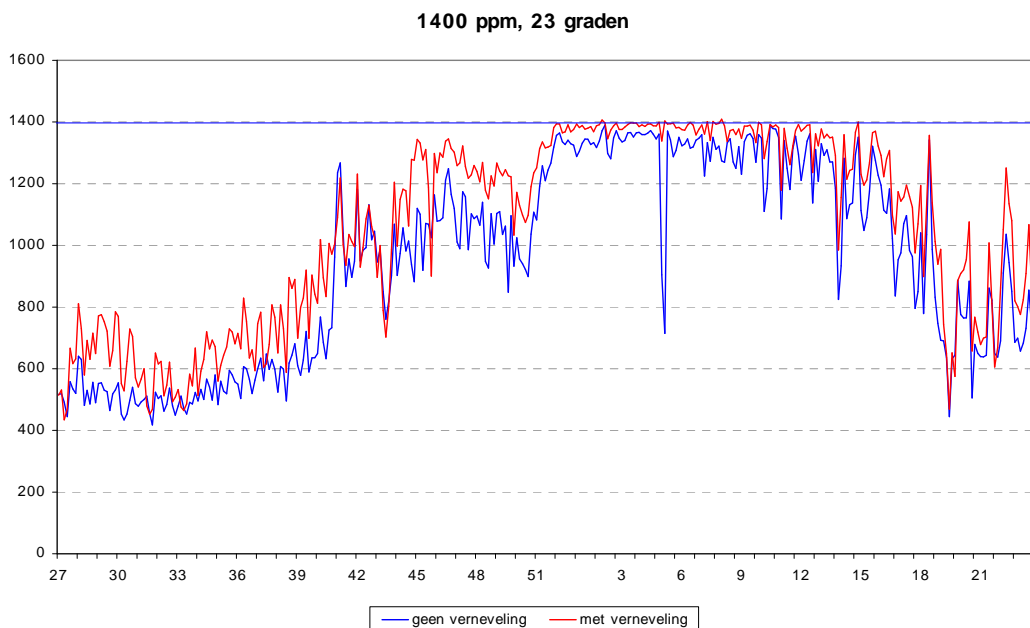
Grafiek 13: CO₂ concentratie en temperatuur, dagverloop



4.5.3 Effect van verneveling op de concentratie CO₂

Grafiek 14 toont het verloop van de CO₂ (daggemiddeld) in de twee kassen ingesteld op 23°C. Het verschil tussen de kassen is de aanwezigheid van verneveling in een kas. Door het koelende effect van de verneveling kunnen de ramen iets langer dicht blijven, waardoor de concentratie CO₂ gemiddeld iets hoger kan zijn. Dit verschil is klein (50 ppm) in de koudere maanden, en groter in de warmere periodes (er wordt eerder verneveld), wanneer het verschil tot 400 ppm kan oplopen. Deze verschillen zijn kleiner tussen de twee kassen met ingestelde temperatuur 20°C, vermoedelijk doordat de ventilatietemperatuur eerder en vaker wordt bereikt.

Grafiek 14: Effect van verneveling op de concentratie CO₂ in de kas

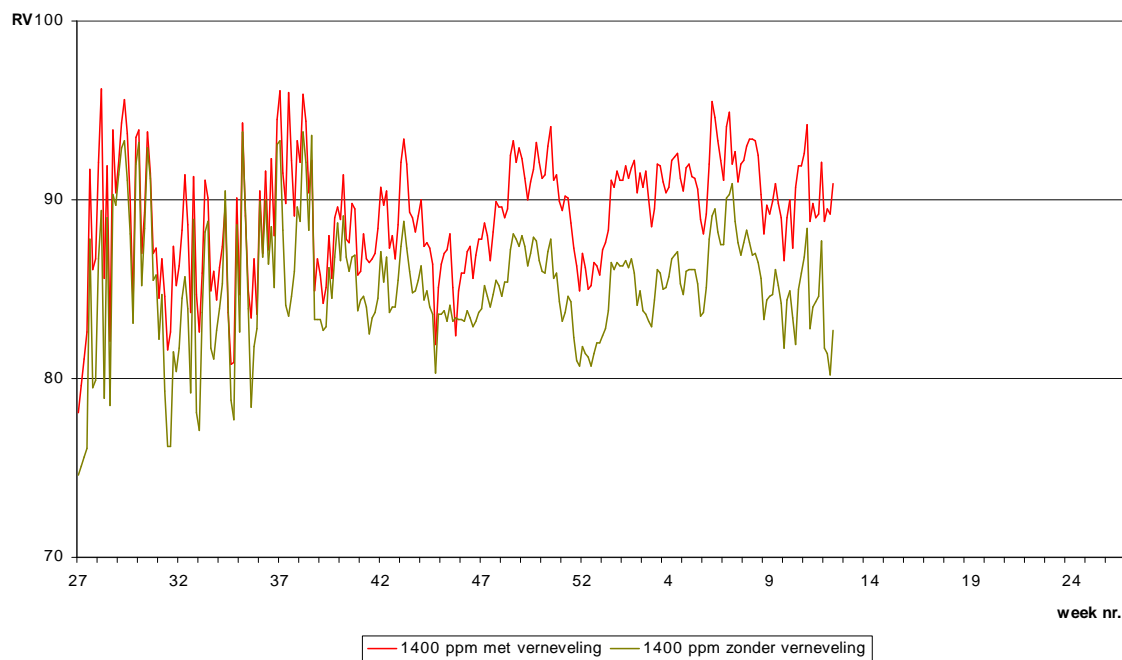


4.5.4 Effect van verneveling op de relatieve luchtvochtigheid

Grafiek 15 toont de gemiddelde dagluchtvochtigheid voor de twee kassen ingesteld op 23°C. Tot en met week 40 van 2000 (van het begin van het onderzoek tot oktober) is de luchtvochtigheid in beide kassen het sterkst wisselend. De lijnen lopen behoorlijk parallel, waarbij in de kas waar verneveld wordt, continu een iets hogere luchtvochtigheid wordt gerealiseerd. Mogelijk heeft dit verschil in luchtvochtigheid, samen met de verhoogde CO₂-concentratie direct effect op de huidmondjesopening en dus op de verdamping. Een vermindering van de opname van voedingsstoffen is het gevolg van de verminderde verdamping en vermoedelijk de oorzaak van de in deze kas waargenomen achterblijvende productie en de kwaliteit (minder stuks, minder gewicht, minder lengte, minder houdbaar)..

Bij de 20°C kassen is de relatieve luchtvochtigheid in de kas met verneveling alléén in de zomer hoger geweest dan in de kas zonder verneveling. De waargenomen verminderde productie in de 20°C kas met verneveling (L203) ten opzichte van de 20°C kas zonder verneveling (L304) lijkt dus niet toe te schrijven te zijn aan de continu verhoogde luchtvochtigheid, maar eerder een gevolg van het koelende effect van de verneveling en het daaraan gepaard gaande verhoogd CO₂-niveau in de kas met verneveling.

Grafiek 15: relatieve luchtvochtigheid van de 23°C kassen zoals beïnvloed door de verneveling



4.6 Waarnemingen t.b.v. modelontwikkeling

4.6.1 Pluisontwikkeling

In tabel 6 zijn de resultaten van de pluisontwikkeling per behandeling op dezelfde wijze als de resultaten van de oogstproductie weergegeven.

Een analyse van de weergegeven resultaten laat zien dat de pluisontwikkeling vrij precies de trends van de productieresultaten in stuks volgt:

- hoe warmer, hoe meer pluis
- met het dubbele licht neemt de pluisproductie toe
- bij de hoge CO₂-concentratie ontwikkelt het oud gewas meer pluis
- bij hoog licht wordt meer pluis geproduceerd onder invloed van hoog CO₂
- de invloed van verneveling op de pluisontwikkeling is wisselend

Het geproduceerde pluis lijkt dus niet afhankelijk van de teeltomstandigheden, maar direct gerelateerd aan het aantal takken. Dit is ook echt zo: als het pluisgewicht uitgedrukt wordt als een percentage van de per behandeling geogst gewicht blijkt het een vrij constante waarde te zijn van rond de 0.03 % voor met de behandelingen van 17 en 20°C en rond de 0.06 % voor de 23°C behandelingen.

Tabel 6: geproduceerde pluis (in grammen) per behandeling.

Temperatuur (°C)	CO ₂ (ppm)	Licht (μmol/m ² s)	Pluis gewicht (g) per behandeling, oud gewas		Pluis gewicht (g) per behandeling, jong gewas	
			normaal	verneveld	normaal	verneveld
17	700	45	8.6	—	5.2	—
		80	8.5	—	9.9	—
	1400	45	8.7	—	7.9	—
		80	9.8	—	8.1	—
20.5	700	45	8	—	9.8	—
		80	11.2	—	12.7	—
	1400	45	11.1	10.2	9.5	11.0
		80	17.7	14.2	14.9	12.5
23.5	700	45	10.4	—	14.9	—
		80	14.7	—	16.8	—
	1400	45	13.6	13.2	13.7	17.5
		80	18.9	18.4	20.9	17.4

4.6.2 Bladval

Onder een groep planten binnen een veld is bij ieder behandeling een opvangbak van precies 1m² geplaatst voor het opvangen van de afgevallen bladeren.

Na afloop van het onderzoek is dit droge blad afgewogen.

Het gewicht van het afgevallen blad bleek heel weinig te variëren: tussen 350 en 519 gram per m², met iets meer voor het oude gewas en de warmere kassen.

Uitgedrukt als percentage van het totaal geproduceerd oogstbaar gewicht blijkt het een vrij constant getal te zijn, gemiddeld 1.58 % met een standaardafwijking van het gemiddelde van slechts 0.2.

4.6.3 Droge stof oogstbare en ingebogen takken

Het percentage droge stof van de oogstbare en van de ingebogen takken (blad en steel apart) is op 5 verschillende tijdstippen bepaald. Ook het % droge stof van wortels is bepaald.

De grootste verschillen tussen behandelingen onderling vinden wij in de oogstbare stelen. Desondanks zijn de verschillen niet significant toe te schrijven aan CO₂, noch aan licht of temperatuur.

Opvallend is het verschil in droge stof tussen de oogstbare stelen (variërend tussen 13 en 29%) en de ingebogen stelen (variërend tussen 27 en 43%), duidelijk verder verhoudt. Deze verschillen komen niet voor in het droge stof gehalte van het blad (oogstbare of ingebogen stelen beide 18 tot 38%).

4.6.4 Bladoppervlakte ingebogen en rechtopstaand pakket.

Op 5 verschillende tijdstippen zijn van alle behandelingen planten “gesloopt” voor het bepalen van de geproduceerde biomassa die niet in oogstbare takken maar in de eigen plantgroei wordt geïnvesteerd. Deze gegevens worden gebruikt voor de modelwerkzaamheden en zijn niet in dit rapport opgenomen.

ALGEMENE DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De resultaten van dit onderzoek bevestigen gedeeltelijk de conclusies van het voorafgaande onderzoek (J. de Hoog, 2000):

Bij een jong 'Indian Femma' gewas groeiend onder een temperatuur van 20°C resulteert het doseren van hoog (1400 ppm) CO₂ in een hogere productie (stuks en kg).

Uit de voorgaande resultaten bleek echter ook dat een sterke interactie bestaat tussen de klimaatfactoren. De positieve effecten van hoog CO₂ al dan niet in combinatie met een hogere lichtintensiteit zijn niet zonder meer te extrapoleren naar alle gewasleeftijden. De sterke invloed van de temperatuur en van de natuurlijke straling (de seizoenen) op het aanbod van CO₂ in de kaslucht en op de efficiëntie waarmee het gewas de aangeboden CO₂ via fotosynthese om kan zetten naar oogstbare, kwalitatief goede takken maken het doseren van hoog CO₂ een ingewikkelde aangelegenheid, die ook averechtse effecten kan hebben.

De pogingen om het hoge CO₂ niveau zoveel mogelijk te handhaven door middel van koelen met een nevelinstallatie hebben niet geleid tot de beoogde verbetering van de productie en kwaliteit, maar eerder tot een verslechtering.

In het onderzoek van Joop de Hoog zijn drie CO₂ concentraties getest bij één zelfde temperatuur. De productie en kwaliteitsparameters uitgezet tegen de geteste concentraties lieten toen al zien dat de relatie niet lineair was, maar dat het resultaatverschil tussen de eerste twee concentraties (350 en 700 ppm) veel groter was dan tussen de twee hoogste concentraties (700 en 1400 ppm). Met andere woorden: het effect van 700 ppm was relatief groter dan het effect van 1400 ppm. De verkregen curven leken rond de 950 ppm te gaan buigen.

Door het ontbreken van meetpunten tussen 700 en 1400 ppm is het niet duidelijk of het optimum voor CO₂ dosering nog niet is bereikt of dat deze is overschreden.

De resultaten van dit vervolgonderzoek geven evenmin antwoord op deze vraag. Het feit dat de response op de geteste CO₂-concentratie zo sterk van de overige variabelen (licht, temperatuur, gewasleeftijd, verneveling) afhangt doet ons vermoeden dat een dosering van 1400 ppm heel goed het optimum zou kunnen hebben overschreden. Een uitgebreid literatuuronderzoek naar het gebruik van CO₂ bij verschillende siergewassen uitgevoerd door Blacquièrre en Stapel, (1996) bevestigt deze vermoedens: voor roos bleken verschillende auteurs optimale CO₂-waardes te vermelden van tussen de 900 en de 1200 ppm.

De effecten van CO₂ en licht zouden het sterkst moeten zijn in de wintermaanden. Dit is ook het geval, zij het met een niet zo spectaculair voordeel als verondersteld zou mogen worden. Van de totale productiewinst in kg (2.7 kg) bij de beste behandeling (20°C, 1400 ppm CO₂, en 84 μmol/m²·s,) is 52% behaald in de wintermaanden (oktober t/m maart). Dit kan een effect zijn van de lagere buitenstraling in de winter in vergelijking met de zomermaanden, die wel eens limiterend voor de groei zou kunnen zijn. Uit de resultaten die in hoofdstuk 4 zijn beschreven kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het aantal stelen wordt het sterkst beïnvloed door de temperatuur: hoe warmer, hoe meer stelen er worden geproduceerd.
- Binnen de onderzochte niveaus hebben CO₂ en licht een zeer gering effect op het aantal takken. Het positief effect van hoog licht op het aantal takken kan waarschijnlijk ook voor een deel worden toegeschreven aan de verhoogde temperatuur.
- Het gemiddeld gewicht per steel neemt af met het stijgen van de temperatuur.
- De gemiddelde steellengte is afhankelijk van het seizoen (korter in de winter), de temperatuur (hoe kouder hoe langer) en de leeftijd van het gewas (het jonge gewas is langer), maar wordt nauwelijks beïnvloed door de CO₂-concentratie (binnen het onderzochte traject) of de gebruikte belichting.

- Bij iedere behandeling produceert het jonge gewas minder takken dan het oude gewas, maar deze zijn zwaarder en langer.
- In de zomer worden veel meer stelen geproduceerd dan in de rest van het jaar; in gewicht vertegenwoordigt deze zomerproductie wel 30 tot 40% van de totale jaarproductie.
- De productie uitgedrukt in kg wordt positief beïnvloed door de combinatie van hoog licht en hoog CO₂. bij 20°C, voorzover een dergelijke uitspraak zonder een statistische onderbouwing gedaan kan worden. Echter met de temperatuur lijken, licht en CO₂-compensatiepunten te verschuiven, mogelijk in verschillende richtingen afhankelijk van de leeftijd van het gewas.
- Daardoor is het rendement van hoog CO₂ sterk afhankelijk van de temperatuur, het belichtingsniveau en de leeftijd van het gewas.
- Bij 17 graden verlaagt hoog CO₂ de hoeveelheid loos bij het oud gewas. Bij de overige factorencombinaties is geen verschil in loos geconstateerd tussen de gebruikte CO₂-concentraties.
- De houdbaarheid, voorzover het mogelijk is om een uitspraak erover te doen door het ontbreken van waarnemingen in het eerste seizoen, wordt niet beïnvloed door de gebruikte CO₂ of lichtintensiteit.
- De verneveling, in dit onderzoek alléén toegepast in combinatie met hoog CO₂, heeft in de meeste gevallen de productie verlaagd (stuks en kg); bovendien lijkt het de productie van loos te stimuleren. Daarnaast had het in één herhaling een negatieve invloed op de houdbaarheid. Verneveling in combinatie met hoog CO₂ heeft géén invloed gehad op de takkwaliteit (lengte en gewicht).

Aan de hand van de resultaten uit dit onderzoek kunnen wij het volgende aanbevelen ten aanzien van het gebruik van hoog CO₂:

- Bij een jong gewas is het beter om te investeren in hoog licht dan in hoog CO₂.
- Hoog CO₂ dient alléén toegepast te worden en bij een oud gewas, bij voldoende belichting, anders heeft het nauwelijks effect.
- Hoog CO₂ alléén toepassen indien de teelttemperatuur om en nabij de 20°C ligt.
- Doorgaan met doseren van CO₂ met raamstanden boven 30% heeft weinig zin, daar de CO₂ direct uit de kas verdwijnt. Het is vergelijkbaar met "dweilen met de kraan open".

LITERATUUR

- Berg, G.A.vd, 1999. CO₂ in de glastuinbouw. Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente, 126 p
- Blacquièrè, T, en Stapel-Cuijpers, L.H.M. 1996. Invloed van CO₂ op de productie en kwaliteit van potplanten en snijbloemen. Literatuurstudie. Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente, rapport 47.
- Bredmose, N. 1996. Intensified Photosynthetic active radiation affects the rates of three physiological development phases in single-stem rose plants raised from single node cuttings. *Acta Horticulturae* 435:201-208.
- Hand, D.W. and K.E. Cockshull, 1975. The effect of CO₂ concentration on the canopy photosynthesis and winterbloom production of the glasshouse rose 'Sonia', *Acta Hort.*, 51:243-252
- Hendrik, L., H.J. Hackbarth, 1985. CO₂-Düngung von Rosen, Mehrerlös durch Qualitätssteigerung, *Deutscher Gartenbau* 5: 272-276
- Hoog, J. de jr. et al, 1998, Teelt van kasrozen, Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente, 218 p.
- Hoog, J. de jr. et al, 2000. CO₂ bij roos. Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente, rapport 239.
- Kool, M.T.N., 1996. System development of Glasshouse roses. Thesis, Wageningen, 143 p.
- Kriedemann, P.E., and Wong, S.C., 1984. Growth response and photosynthetic acclimation to CO₂ : comparative behaviour in two C₃ crop species. *Acta Hort.* 162:113-120.
- Lieth J.H. and Pasion, C.C., 1990. A model for net photosynthesis of rose leaves as a function of PAR, leaf temperature and leaf age. *J.Am.Soc.Hort.Sci.* 115:486-491
- Marissen, N. en Benninga, J., 1999. Bedrijfsvergelijkend onderzoek houdbaarheid roos, Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente, rapport 193
- Mortensen, L.M. en R. Moe, 1992, Effects of CO₂ enrichment and Different day/night temperature combinations on growth, morphogenesis and flowering of Rosa L. and Kalanchoe blossfeldiana V. Poelln., *Sc. Hort.*, 51:145-153
- Nederhoff, E.M., 1994, Effects of CO₂ concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops. Thesis, Wageningen, 213 p.
- Telgen, H.J. en Baas, R. 2001. Inzet plantmonitor in CO₂ onderzoek. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving. Rapport 534
- Urban, L., et al., 1992, Effect of high pressure mist and daytime continuous CO₂ supplement on plantstatus and quality of 'Sonia'rose plants grown on rockwool, *Adv. In Hort.Sc.*, 2:77-81
- Urban, L., 1994. Effect of high pressure mist and daytime continuous CO₂ enrichment on leaf diffusive conductance, CO₂ fixation and production of Rosa hybrida plants grown on rockwool. *Acta Hort.* 361:317-324