

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Aalsmeer
Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer
Tel. 0297-352525, fax 0297-352270

ISSN 1385 - 3015

MOGELIJKHEDEN VOOR ENERGIEBESPARING DOOR TEMPERATUURINTEGRATIE BIJ SIERGEWASSEN

*Effecten van lichtniveau, temperatuurniveau en wachttijd op de
integratiecapaciteit van Ficus, Kalanchoe, Gerbera en roos*

Project 1306 (voorheen 2214)

Fokke Buwalda
Barbara Eveleens
Remco Wertwijn
Aalsmeer, november 1999

Rapport 120
Prijs f 35,00

Rapport 120 wordt u toegestuurd na storting van f 35,00 op banknummer
300 177 976 ten name van Proefstation Aalsmeer onder vermelding van 'Rapport
120, Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij sier-
gewassen'.

ISBN: 973404

INHOUD

VOORWOORD	4
1. INLEIDING	5
2. MATERIAAL EN METHODEN	7
2.1 Kasruimte en teeltsysteem	7
2.2 Proefopzet	9
2.3 Plantmateriaal	12
3. RESULTATEN	13
3.1 Ficus	13
3.2 Kalanchoe	35
3.3 Gerbera	53
3.4 Roos	69
4. DISCUSSIE	98
4.1 Temperatuurrepons bij verschillende lichtniveaus	98
4.2 Integratiecapaciteit	99
4.3 Temperatuurintegratie in de praktijk	101
LITERATUUR	103

VOORWOORD

Dit verslag is geschreven in het kader van PBG-project 004-1306 (voorheen 2214), getiteld: 'Mogelijkheden voor energiebesparing middels temperatuurintegratie bij siergewassen'. Het rapport is het derde deel uit een serie van vier, waarbij de eerste twee delen verschenen als PBG-rapport 118 'Literatuuroverzicht' en 119 'Een inventarisatie van kritische processen bij zes sierteeltgewassen', terwijl het laatste deel, PBG-rapport 176, als titel had: 'Toetsen van een meerdaags integrerende temperatuurregeling onder realistische teeltomstandigheden'.

1. INLEIDING

Van temperatuurintegratie wordt gesproken wanneer planten reageren op de gemiddelde temperatuur in plaats van op het temperatuurverloop gedurende een bepaalde periode. Uit onderzoek blijkt dit bij veel planten het geval te zijn (Buwalda, 1996). Het doel van dit onderzoek is het aangeven van mogelijkheden om door middel van temperatuurintegratie te besparen op stookenergie, zonder vermindering van productie en kwaliteit.

Bij gewassen die in staat zijn tot temperatuurintegratie kan de teler zelf de meest voordelige manier kiezen om een bepaalde gemiddelde temperatuur te bereiken. Warmteverliezen kunnen worden beperkt door de temperatuur in de kas te verlagen bij bijvoorbeeld veel wind of een lage buitentemperatuur. De lage temperaturen kunnen dan op een gunstiger tijdstip worden gecompenseerd, bijvoorbeeld 's nachts onder een energiescherm of overdag bij zonnig weer. Algemeen wordt aangenomen dat effecten van temperatuurafwijkingen een integrerend karakter hebben: ze worden bepaald door de grootte van de afwijking (in °C), vermenigvuldigd met de blootstellingsduur (tijd) en dus uitgedrukt in graaduren of graaddagen. Bij een integrerend effect heeft een afwijking van bijvoorbeeld 4°C gedurende twee dagen dezelfde gevolgen als een afwijking van 2°C gedurende vier dagen.

De mogelijkheden om door toepassing van temperatuurintegratie energie te besparen nemen toe naarmate de integratiecapaciteit van het gewas groter is (Bailey & Seginer, 1989). Hierbij is niet alleen de integratiecapaciteit (in graaduren) bepalend, ook de maximaal toegestane temperatuurafwijking (°C) speelt een rol. Natuurlijk mogen productie en kwaliteit er niet onder lijden; het is dus belangrijk om te onderzoeken waar de grenzen aan de tolerantie voor temperatuurafwijkingen liggen.

In het stookseizoen '94-'95 zijn twee inventariserende proeven uitgevoerd, waarbij verschillende siergewassen (roos, chrysanthe, Gerbera, Ficus, Anthurium en Kalanchoe, geteeld als potplant op eb/vloedtafels) werden blootgesteld aan regelmatige temperatuurwisselingen rond een gemiddelde van 18°C. Uit de resultaten bleek dat de integratiecapaciteit van deze gewassen over het algemeen groot is (Buwalda et al., 1996). Deze oriënterende proeven zijn echter uitgevoerd bij één enkel temperatuurniveau (18°C), terwijl de invloed van het lichtniveau slechts zeer indirect kon worden beoordeeld op grond van verschillen tussen de replicaties (de eind oogst van het eerste experiment en de start van de herhaling vielen in januari). De in dit verslag gerapporteerde proeven waren in de eerste plaats bedoeld om de geldigheid van de eerder behaalde resultaten te verifiëren bij verschillende temperatuur- en lichtniveaus.

Uit literatuuronderzoek (Buwalda, 1996) is gebleken dat de balans tussen de aanmaak en verwerking van koolhydraten een belangrijke rol kan spelen bij het bepalen van de integratiecapaciteit van planten. Hierbij is de aanmaak (in de fotosynthese) vooral afhankelijk van de externe factoren licht en CO₂, terwijl de verwerking vooral temperatuurafhankelijk is. De tijdelijke opslag van assimilaten

vervult hierbij een bufferfunctie. De toestand van deze buffer (koolhydratenspiegel of koolhydratenstatus) is tevens een belangrijk signaal voor de regulatie van tal van fysiologische processen (Thomas & Rodriguez, 1994; Koch, 1996; Jang & Sheen, 1997). Ook ontwikkelingsprocessen, die vaak in belangrijke mate temperatuur-bepaald zijn, kunnen worden beïnvloed door het koolhydraatgehalte (overzicht in Buwalda, 1996).

De invloed van externe factoren op de koolhydratenbalans heeft tot gevolg dat assimilaten over het algemeen zullen accumuleren onder omstandigheden dat de aanmaak de verwerking domineert (lage temperatuur en/of hoog lichtniveau), terwijl het gehalte zal afnemen bij hogere temperatuur en/of laag lichtniveau, wanneer de verwerking van assimilaten de overhand heeft over de aanmaak (Seginer et al. 1994; Seginer et al. 1997).

Het lijkt van belang om extreme toestanden van de assimilatenbuffer te vermijden, omdat een te hoog gehalte aan vrije koolhydraten kan leiden tot productievermindering door feedback-remming van de fotosynthese, terwijl anderzijds uitputting negatieve gevolgen kan hebben voor zowel de productie als de gewaskwaliteit (diktegroei, uitloop van zijscheuten, knopabortie).

Tegen deze achtergrond zijn, als vervolg op de eerste oriënterende serie proeven, experimenten uitgevoerd waarbij planten werden blootgesteld aan regelmatige temperatuurwisselingen bij verschillende temperatuur- en lichtniveaus. Waarschijnlijk ten overvloede wordt hierbij aangetekend dat van deze vaste wisselingen op zich geen energiebesparing valt te verwachten. Wel kan informatie over de tolerantie van de onderzochte gewassen voor temperatuurwisselingen worden gebruikt bij het bepalen van de kritische grenswaarden voor energiebesparende, integrerende klimaatregelingen.

Verder is aandacht besteed aan de vraag, hoe lang een overschot of tekort aan geaccumuleerde graaduren nog kan worden gecompenseerd. Deze kwestie, die aan de orde is gesteld door Hurd & Graves (1984), kan op verschillende manieren worden benaderd:

- verondersteld kan worden dat wachten met compenseren van een temperatuurafwijking meer belastend is voor een plant dan direct compenseren;
- wachten met compenseren zou ook minder effect kunnen hebben omdat de gemiddelde temperatuursfluctuatie per tijdseenheid geringer is dan wanneer een afwijking direct wordt gecompenseerd.

Tevens werd rekening gehouden met de methodologisch belangrijke vraag of het uitmaakt of bij vaste temperatuurwisselingen wordt begonnen met een verlaging of juist met een verhoging. Deze vraag resulteerde in een proefopzet waarbij alle wisselbehandelingen binnen elk blok in duplo werden uitgevoerd, waarbij de wisselpatronen in de eerste replicatie spiegelbeeldig waren aan die in de tweede.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1 KASRUIMTE EN TEELTSYSTEEM

2.1.1 Kasruimte

De proeven zijn uitgevoerd in de 16 afdelingen van het kassencomplex L101-L116. De temperatuur in elk van de afdelingen van 15 m² wordt geregeld door middel van een computergestuurde koel- en verwarmingseenheid met geforceerde luchtbeweging. De afdelingen beschikken niet over luchtramen. Per afdeling kan onafhankelijk CO₂ worden gedoseerd en kan worden belicht met twee 400 W SON-T lampen (Poot-armatuur). De binnen- en buitenschermen voor zonwering kunnen per blok van vier afdelingen onafhankelijk worden bediend.

2.1.2 Teeltsysteem

De planten zijn gekweekt in 12 (Kalanchoe) en 13 cm-potten (Gerbera, Ficus, roos) met eb/vloedgrond (flush fijn) op bevoeiingsmatten (HETO). Irrigatie geschiedde vanuit een centrale tank, waarbij de druppelbeurten zijn geregeld door middel van een schakelklok en een kleppensysteem. De voedingsoplossing kwam via dunne druppelslangetjes van onderaf in de mat. Er is niet gerecirculeerd. Voor de bemesting werden gangbare standaardrecepten gebruikt. Er zijn tijdens de teelt geen gebreks- of overmaatsverschijnselen geconstateerd, behalve tijdelijk een lichte Fe-chlorose bij roos (experiment in het voorjaar). In de tweede en derde proef is geen uitval opgetreden, in het eerste experiment bleek in de eerste weken na aanvang dat 1 - 2% van de Ficusstekken niet goed was beworteld. De uitgevallen planten zijn vervangen door nieuwe, waaraan overigens geen waarnemingen zijn verricht.

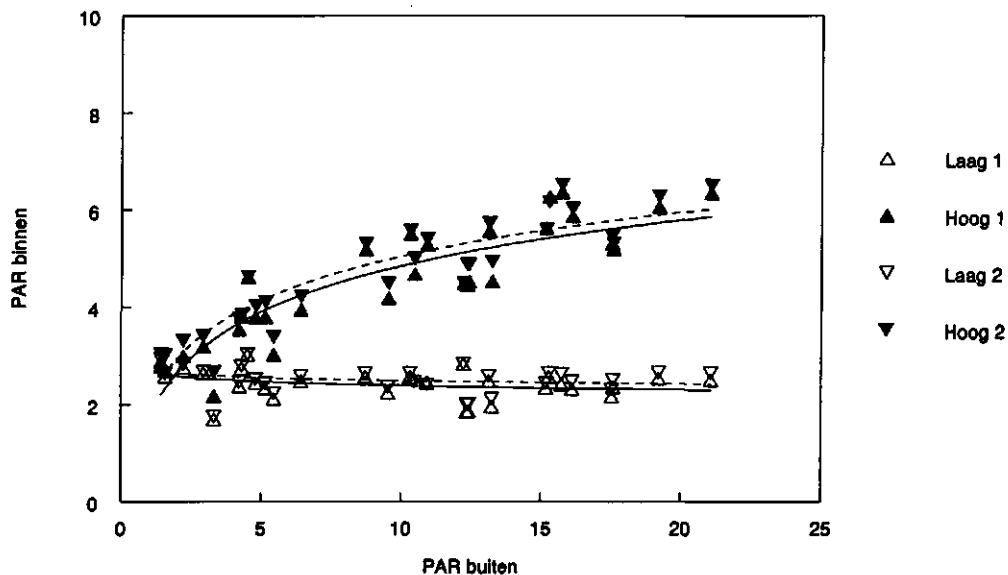
2.1.3 Plaatsing en verplaatsing van planten

Aangepaste potplantenrekjes zijn gebruikt om potten per groepje van vier (Gerbera, roos (exp.2)) of acht (Ficus, Kalanchoe, roos (exp. 1)) te kunnen verplaatsen. In elk rekje stond een steeketiket met daarop de identificatiecode en het verplaatsings-schema. Aan de rekjes was een hengsel bevestigd, zodat ze gemakkelijk konden worden verplaatst van de ene kas naar de andere. Per bevoeiingsmat van ca. 5 m² stonden elf rekjes met planten, omgeven door 56 permanent geplaatste randplanten. Door de wisselbehandelingen varieerde het aantal rekjes met proefplanten per afdeling; dit aantal is steeds aangevuld tot elf doordat er per blok van vier afdelingen ook acht rekjes met 'opvulplanten' waren. Met acht planten per rekje stonden er dus steeds 144 op elke mat; met vier planten per rekje waren dat er 100. De wisselingen zijn elke drie dagen uitgevoerd door per blok van vier afdelingen alle rekjes (inclusief de referentiebehandelingen) naar de corridor te verplaatsen, en ze vervolgens aan de hand van het verplaatsingsschema weer terug te zetten in de afdelingen. Alle proefplanten zijn dus in het totaal 24 maal verplaatst.

2.1.4 Licht

Door verschillende grenswaarden voor bijbelichten en schermen ontstonden twee lichtniveaus. Doel van de gekozen instellingen was om de invloed van het weer buiten op het lichtniveau in de kas te minimaliseren.

Aan de oostzijde van het complex (afdelingen L101-L108) is vrij snel geschermd met het binnenscherm (LS17, 35% transmissie; grenswaarde lichtniveau buiten 75 W m^{-2}), terwijl overdag (van 6.00 - 20.00 u) de twee SON-T (400 W) lampen per afdeling pas beneden een buitenlichtniveau van 50 W m^{-2} zijn ingeschakeld. In het



Figuur 1 - Verband tussen de dagelijkse lichtsom buiten en binnen in de kassen L101-L116 ($\text{mol PAR m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). De legenda bij de grafiek geeft het lichtniveau (laag of hoog) en het bloknummer (blok 1 = L101-L104 en L113 - L116; blok 2 = L105 - L112).

eerste experiment is voor de bloei-inductie van Kalanchoe (korte dag) de belichtingstijd later teruggebracht tot 11 uur per etmaal (7.00 - 18.00 u). Aan de westkant (L109-L116) is pas bij hoge lichtintensiteit (boven 600 W m^{-2}) het binnenscherm dichtgetrokken, terwijl de twee SON-T lampen overdag tot een buitenlichtniveau van 500 W m^{-2} bleven branden. Boven 400 W m^{-2} buitenlichtniveau is boven alle afdelingen een dakscherm gebruikt (LS 17; 35% transmissie). Deze instellingen resulteerden in stralingsommen waarvan het laagste niveau ongeveer vergelijkbaar is met een onbelichte teelt in de winter, het tweede niveau lag ongeveer een factor 2 hoger. In het eerste experiment (winter) bedroegen de gemiddelde lichtniveaus respectievelijk 2 en 4 $\text{mol PAR m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, in het tweede (voorjaar/zomer) 3 en 7, in het derde (zomer/najaar) 2,5 en 5,5 $\text{mol PAR m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Op zeer donkere dagen waren de verschillen tussen de lichtniveaus relatief klein, omdat de bijdrage van het licht buiten minimaal was en de lampen bij beide lichtniveaus het grootste deel van de dag bleven branden (Figuur 1).

2.1.5 CO₂

In het eerste experiment met Ficus en Kalanchoe is het buitenluchtniveau (350 ppm) ingesteld als bovengrens voor CO₂-dosering. In de daarop volgende proeven met Ficus en roos en met Gerbera en roos is overdag gedoseerd tot 600 ppm.

2.1.6 Temperatuur

Aan beide zijden van het kassencomplex zijn de acht afdelingen verdeeld in twee aaneengesloten groepen van vier. Binnen elke groep zijn volgens een lotingschema de verschillende vaste temperaturen (14, 18, 22 en 26°C) aan de afdelingen toegewezen. Hierbij gold de beperking dat om koeltechnische redenen de twee extreme temperaturen niet in aangrenzende afdelingen mochten liggen. Gerealiseerde temperaturen vertoonden over het algemeen ten hoogste 0,5°C afwijking van de ingestelde waarde, gemiddeld over een etmaal was de afwijking minder dan 0,1°C. De enige uitzondering was dat op zeer warme en zonnige dagen in de zomer de koelcapaciteit tekort schoot om 14°C te realiseren. Midden op de dag kon de temperatuur dan oplopen tot 15 à 16°C.

2.2 PROEFOPZET

2.2.1 Temperatuurbehandelingen

Door regelmatige verplaatsing van groepen planten tussen vier kassen met constante temperaturen (14, 18, 22, 26°C) zijn verschillende temperatuurregimes samengesteld. Hierdoor ontstonden 2 gemiddelde temperatuurniveaus (18 en 22°C). Tevens zijn wisselingen uitgevoerd tussen de twee extreme temperaturen (14 en 26°C), waarbij de gemiddelde temperatuur 20°C was. Alle wisselbehandelingen duurden totaal 72 dagen. De proefopzet was dus:

Lichtniveau (2) x temperatuurniveau (2) x wisselpatroon (6) x herhaling (2)

voor de wisselbehandelingen rond 18 en 22°C, en

Lichtniveau (2) x wisselpatroon (4) x herhaling (2)

voor de wisselingen tussen 14 en 26°C. Concrete uitwerking (totaal 36 behandelingen):

referenties:

14, 18, 22 en 26°C constant

wisselpatroon 1 - afwijkingen van 3 dagen zonder wachttijd:

14-22-14-22-... en 22-14-22-14-...

18-26-18-26-... en 26-18-26-18-...

wisselpatroon 2 - afwijkingen van 3 dagen met 3 dagen wachttijd:

14-18-22-18-... en 22-18-14-18-...

18-22-26-22-... en 26-22-18-22-...

wisselpatroon 3 - afwijkingen van 3 dagen met 6 dagen wachttijd:

14-18-18-22-14-14-... en 22-18-18-14-22-22-...

18-22-22-26-22-22-... en 26-22-22-18-22-22-...

wisselpatroon 4 - afwijkingen van 6 dagen zonder wachttijd:

14-14-22-22-14-14-22-22-... en 22-22-14-14-22-22-14-14-...

18-18-26-26-18-18-26-26-... en 26-26-18-18-26-26-18-18-...

wisselpatroon 5 - afwijkingen van 6 dagen met 3 dagen wachttijd:

14-14-18-22-22-18-... en 22-22-18-14-14-18-...

18-18-22-26-26-22-... en 26-26-22-18-18-22-...

wisselpatroon 6 - afwijkingen van 6 dagen met 6 dagen wachttijd:

14-14-18-18-22-22-18-18-... en 22-22-18-18-14-14-18-18-...

18-18-22-22-26-26-22-22-... en 26-26-22-22-18-18-22-22-...

blootstelling aan afwisselend 14 en 26°C gedurende 3, 6, 9 of 12 dagen:

14-26-14-26-... en 26-14-26-14-...

14-14-26-26-14-14-26-26-... en 26-26-14-14-26-26-14-14-...

14-14-14-26-26-26-14-14-14-26-26-26-... en

26-26-26-14-14-14-26-26-26-14-14-14-...

14-14-14-14-26-26-26-26-14-14-14-14-26-26-26-26-... en

26-26-26-26-14-14-14-14-26-26-26-26-14-14-14-14-...

de factor wisselpatroon in de variantie-analyse had dus zes niveaus, die onafhankelijk waren van de factoren temperatuurniveau, lichtniveau of beginnen met temperatuurverhoging of -verlaging.

2.2.2 Proefperiode

Ficus:

wk 47 (1995) - wk 5 (1996); herhaling wk 17 (1996) - wk 27 (1996)

Kalanchoe:

wk 47 (1995) - wk 5 (1996)

Roos:

wk 17 (1996) - wk 27 (1996); herhaling wk 34 (1996) - wk 47 (1996)

Gerbera:

wk 34 (1996) - wk 44 (1996)

2.2.3 Waarnemingen

Ficus: Bij aanvang en direct na afloop van de temperatuurbehandelingen zijn de volgende waarnemingen gedaan: versgewicht van de bovengrondse delen, lengte van de hoofdscheut, aantal bladeren aan de hoofdscheut, aantal zijtakken. In het tweede experiment zijn bij de eind oogst de planten per rekje in twee gelijke groepen verdeeld. De ene helft is na een standaard transportsimulatie (9 dagen

droog en donker in een klimaatcel (70% RV, temperatuur 15 °C) in een standaard uitbloeirimte geplaatst om te worden beoordeeld op kwaliteit (met name bladval). Aan de andere helft is een aantal destructieve metingen gedaan, namelijk: diameter van de stambasis en de onderste 8 cm van de stam en tevens het gehalte aan droge stof van de stambasis, de onderste 8 cm van de stam en de bladeren.

Kalanchoe: Bij aanvang en direct na afloop van de temperatuurbehandelingen zijn de volgende waarnemingen gedaan: versgewicht van de bovengrondse delen, lengte van de hoofdscheut, aantal bladeren aan de hoofdscheut, aantal zijscheuten. Verder is bij de eind oogst het bloeistadium vastgesteld. Omdat zowel de temperatuur als het lichtniveau van invloed bleken te zijn geweest op het ontwikkelingsstadium van de planten, en een groot deel van de planten het veilingrijpe stadium nog niet had bereikt, was het niet zinvol om na afloop van de temperatuurbehandelingen gedetailleerde waarnemingen te doen aan de bloemen. In plaats daarvan zijn waarnemingen gedaan aan de helft van de planten uit elk rekje, terwijl de andere helft onder standaardcondities is doorgeteeld in een normale potplantenkas. Zodra de vier planten in een rekje gemiddeld het veilingrijpe stadium hadden bereikt, is een eindwaarneming gedaan, waarbij de bloemkwaliteit is beoordeeld en tevens vegetatieve en generatieve delen apart zijn gewogen.

Gerbera: Bij Gerbera zijn tijdens de proef bloemen geoogst zodra ze rijp genoeg waren. Van deze bloemen zijn lengte, versgewicht en bloemdiameter vastgelegd. Bloemen die in de tweede helft van de proef zijn geoogst zijn tevens beoordeeld op houdbaarheid (in een standaard uitbloeirimte). In de laatste 3 weken is tevens beoordeeld op grond van enkele criteria uit de standaard referentietoets voor Gerbera (doorbuigen en uitval na 48 uur droogstaan en herstel na het op vaas zetten). Na afloop van de proef zijn van de meest relevante behandelingen de planten gewogen, is gekeken naar het aantal knoppen in het hart en is het percentage droge stof bepaald.

Roos: Ook bij roos zijn tijdens de proef bloemen geoogst zodra ze rijp genoeg waren. Loze takken zijn geknipt in het stadium, waarin ze normaal ongeveer een oogstbare bloem zouden hebben opgeleverd. De temperatuurbehandelingen zijn in het tweede experiment met drie weken verlengd om van het merendeel van de planten ook de tweede snede te kunnen oogsten. De takken zijn beoordeeld op houdbaarheid in een standaard uitbloeirimte na 24 uur voorwateren bij 5 °C in het donker. Hierbij zijn meerdere takken in een vaas gezet. Als voorzorg tegen bacteriën en schimmels zijn de vazen gevuld met gedemineraliseerd water, waaraan 1 mg l⁻¹ AgNO₃ was toegevoegd. Na afloop van het eerste experiment is een aantal destructieve metingen gedaan, namelijk: diameter van de stambasis en de onderste 8 cm van de stam, en tevens het gehalte aan droge stof van de stambasis, de onderste 8 cm van de stam en de bladeren.

2.2.4 Statistische analyse

Het was technisch niet mogelijk om de twee niveaus van de proeffactor licht over de blokken te verloten. Door schaduwwerking van de schermen en mogelijke effecten van 'buurmanlicht' tussen blokken met verschillende lichtniveaus zouden aangrenzende afdelingen met verschillend lichtniveau teveel gaan afwijken van de

rest. Besloten is daarom alle blokken met hoog lichtniveau aan de westkant te plaatsen waardoor, gescheiden door een corridor, de blokken met het lage lichtniveau aan de oostzijde kwamen te liggen. De onderlinge lichtinvloed was hierdoor verwaarloosbaar. Statistisch gezien was hierdoor de factor licht verweven met de indeling in blokken. Verder zijn enkele hulpfactoren gedefinieerd om de resultaten van de wisselbehandelingen te kunnen toetsen tegen de referenties bij constante temperatuur. De variantieanalyses zijn daarom voor de wisselingen rond 18 en 22°C uitgevoerd volgens het model:

block	blok/licht
treatments	licht * (a/(b + (c/(d + tnivo * beghl * wpatroon))))

De wisselingen tussen 14 en 26°C konden niet direct met een referentie worden vergeleken (er waren geen proefplanten bij 20°C constant):

block	blok/licht
treatments	licht * exptijd * beghl

waarbij

licht	lichtniveau (afd. L101-L108 en L109-L116)
tnivo	(gemiddeld) temperatuurniveau
beghl	wisselingen beginnen met een temperatuurverhoging of -verlaging
wpatroon	wisselpatroon (zie 2.7)
exptijd	wisselingen tussen 14 en 26°C om de 3, 6, 9 of 12 dagen
a, b, c en d	hulpfactoren

2.3 PLANTMATERIAAL

Ficus benamina 'Exotica' is geleverd door Fa. De Ridder te Aalsmeer en was afkomstig van moederplanten uit weefselkweek (zelfde kloon, zelfde pluksel). *Kalanchoe blofeldiana* 'Tenorio' is als beworteld stek geleverd door kwekerij 'Triade' te Rijssenhout.

Gerbera 'Illusion' is geleverd door de Fa. Schreurs (De Kwakel). In afwijking van de eerste serie proeven, waarbij het ras 'Beauty' werd gebruikt, is gekozen voor deze kleinblijvende cultivar om de verplaatsing in rekjes te vergemakkelijken.

Roos cv. 'Frisco' is op het proefstation vermeerderd uit éénogig stek (vijfblad) in kokospeat pluggen (4 cm hoog, 4 cm doorsnede). Evenals in de voorgaande experimenten binnen dit project (Buwalda et al. 1996) zijn de rozen als mini-struikje met één scheut geteeld, waarbij grond- en zijscheuten zijn weggebroken. Er zijn dus ook geen takken uitgebogen. Bloeiende takken zijn zo geknipt dat boven de vorige snoeiplek nog één volledig ontwikkeld blad bleef staan. In het eerste experiment met roos zijn de struikjes voorgekweekt bij 20°C op eb/vloedtafels in afdeling L122, waar zij twee maal zijn teruggeknipt voor de aanvang van het experiment. In het tweede experiment begonnen de temperatuurbehandelingen na de eerste keer terugknippen. Na het terugknippen mocht alleen de scheut uit de bovenste bladoksel uitgroeien, eventuele andere scheuten zijn weggebroken. In beide experimenten zijn de verschillende temperatuur- en lichtbehandelingen pas ingesteld nadat de scheut een lengte van 4 cm had bereikt, tot die tijd is in alle afdelingen een temperatuur van 20°C aangehouden. De achterliggende gedachte was dat in een uitgroeiende scheut van 4 cm de knop waarschijnlijk al was gevormd (Van den Berg, 1987), waardoor de behandelingseffecten onderling goed vergelijkbaar zijn.

3. RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de resultaten weergegeven van experimenten met Ficus, Kalanchoe, Gerbera en roos. De proeven zijn uitgevoerd in de periode eind 1995 - eind 1996.

3.1 FICUS

De in deze experimenten toegepaste teeltwijze, met de planten in 13 cm-potten op bevoeiingsmatten, is in de potplantenteelt een redelijk gangbare methode. Qua groei en ontwikkeling waren de planten goed vergelijkbaar met die in de eerste, oriënterende experimenten (Buwalda et al., 1996). Als beperking gold dat de planten met acht bij elkaar in verplaatsbare rekjes gekweekt moesten worden. Met name in de laatste fase van het tweede experiment was hierdoor de plantdichtheid hoger dan in de praktijk gebruikelijk is.

De twee experimenten met Ficus zijn niet helemaal als herhalingen te beschouwen. Hoewel de proeven verder in alle opzichten overeenkwamen, waren er enkele belangrijke verschillen. In het eerste experiment stonden de planten bij 350-400 ppm CO₂, in de tweede proef bij 600 ppm. Verder was er door het verschil in seizoen (winter in experiment 1, laat voorjaar in experiment 2) een verschil in dagelijkse lichtsom (zie 2.1.4).

Tabel 1 - Enkele eigenschappen van het uitgangsmateriaal, gebruikt in de twee experimenten met Ficus. De getallen geven het gemiddelde weer van 20 willekeurig gekozen planten.

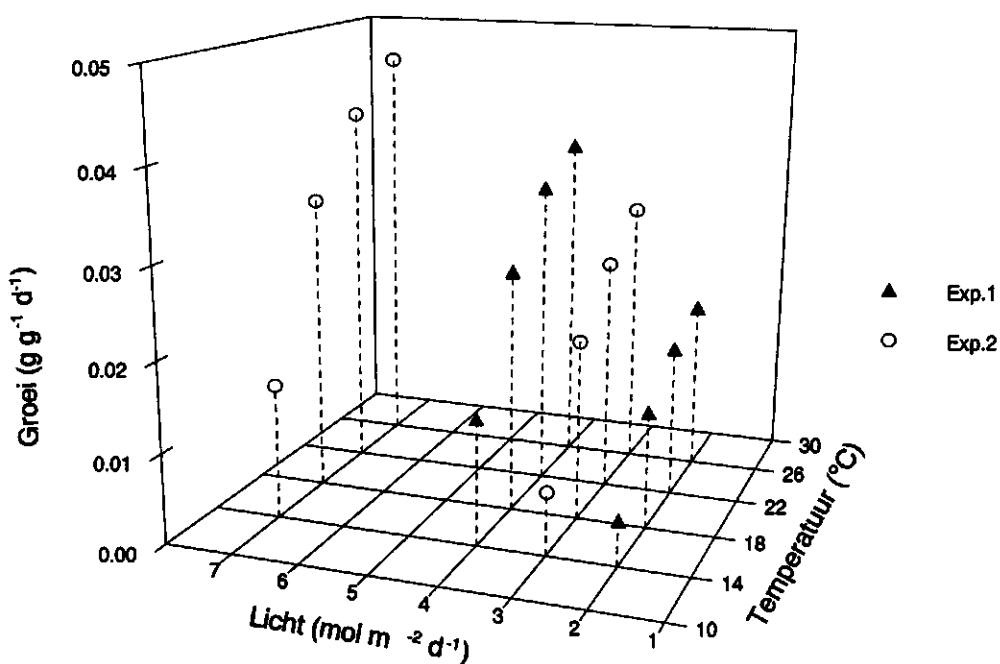
Experiment	Lengte (cm)	Aantal zij scheuten	Aantal bladeren	Gewicht (g vers)
1	8.3	1.8	5.7	0.92
2	10.2	4.3	8.0	1.83

3.1.1 Vergewicht

Bij de eind oogst van het tweede experiment bleek dat de planten in elke behandeling ongeveer zes maal zwaarder waren geworden dan die aan het eind van het eerste experiment (vergelijk Figuur 3C, eerste en tweede pagina). De verschillen zijn gedeeltelijk te verklaren uit een verschil in begingewicht, in de eerste proef 0,92 g en in de tweede 1,83 g (Tabel 1). Wordt aangenomen dat de groei gedurende het hele experiment exponentieel is geweest (dit is voor de grootste planten wat minder waarschijnlijk), dan zou de RGR in het tweede experiment bij laag lichtniveau 2,2 maal zo hoog zijn geweest als in het eerste, bij hoog lichtniveau 1,7 maal. Wordt de RGR per temperatuur geplot tegen de dagelijkse lichtsom (Figuur 2), dan blijkt dat lichthoeveelheid de belangrijkste verklarende factor is: de groeicijfers van het lage lichtniveau in exp. 2 (gemiddeld 3 mol m⁻² d⁻¹) liggen op een lijn tussen die van het lage en het hoge lichtniveau in experiment 1 (respectievelijk 2 en 4 mol m⁻² d⁻¹). Ook de groei van planten bij het hoge lichtniveau in exp. 2 ligt op een goed niveau, omdat de gecombineerde

dataset zowel naar lichtniveau als temperatuur een verzadigingskarakteristiek laat zien. Dit type karakteristiek wordt vaak gevonden voor de relatie tussen groei of fotosynthese en een beperkende omgevingsfactor. Als deze interpretatie correct is, dan is de consequentie dat CO₂ onder de omstandigheden in deze proeven weinig invloed had.

De tropische oorsprong van Ficus blijkt duidelijk uit de algemene temperatuurrespons: hoe hoger de temperatuur, hoe meer groei. Bij 14°C vond zeer weinig groei plaats. Bij het hoge lichtniveau werden de planten zwaarder dan bij weinig licht. De verschillen in eindgewicht tussen de twee lichtniveaus waren in het eerste experiment groter dan in de tweede.



Figuur 2 - Relatieve groeisnelheid van Ficus in relatie tot het temperatuurniveau en de gemiddelde dagelijkse lichtsom. Weergegeven zijn de resultaten van de referentiebehandelingen (constante temperatuur).

De symbolen die de resultaten van de behandelingen met temperaturen, afwisselend 4°C boven en onder het gemiddelde weergegeven bevonden zich over het algemeen dicht bij de doorgetrokken lijnen voor constante temperatuur (Figuur 3A, B). Slechts twee punten bleken statistisch betrouwbaar af te wijken van de referentiebehandelingen: wisselingen rond 18°C bij laag lichtniveau, wachttijd drie dagen in experiment 1 (lager) en wisselingen rond 18°C bij laag lichtniveau, wachttijd zes dagen in experiment 2 (hoger). Deze afwijkingen maakten geen deel uit van een algemeen patroon, en moeten waarschijnlijk aan toeval worden

toegeschreven.

Bij temperatuurwisselingen tussen 14 en 26°C vertoonde geen van de individuele punten een significante afwijking van de verwachte waarde (de doorgetrokken lijn). Wel bleek in het tweede experiment de groep van punten bij het hoge lichtniveau als geheel significant lager te liggen (24,2 g) dan de verwachte waarde (27,7 g). Er was bij deze extreme behandelingen dus sprake van een gewichtsvermindering van 12,5% ten opzichte van de verwachte waarde.

3.1.2 Lengtegroei

Met betrekking tot de lengtegroei van *Ficus* vertoonde de temperatuurrepons, met name in het eerste experiment, een interactie met het lichtniveau (Figuur 4, eerste pagina). Bij het hoge lichtniveau gold dat de planten langer werden naarmate de temperatuur hoger was, bij minder licht bleek een temperatuur van 26°C boven het optimum te liggen. Uit de resultaten van het tweede experiment komt dit effect veel minder duidelijk naar voren (Figuur 4 rechts). Verder bleken de planten bij het hoge lichtniveau langer te zijn geworden dan bij het lage. Evenals gold voor het versgewicht, bleken deze verschillen in het eerste experiment groter te zijn dan in het tweede, en waren de planten bij afloop van het tweede experiment ook aanzienlijk langer dan in het eerste.

De symbolen die de resultaten van de behandelingen met temperaturen, afwisselend 4°C boven en onder het gemiddelde weergeven, bevonden zich over het algemeen dicht bij de doorgetrokken lijnen voor constante temperatuur (Figuur 4A, B). Bij wisselingen rond een gemiddelde van 18°C bij laag lichtniveau in experiment 1 lagen alle punten iets onder de doorgetrokken lijn (Figuur 4A, B, eerste pagina), terwijl in experiment 2 bij 22°C bij hoog lichtniveau alle punten iets hoger te lagen dan de lijn (Figuur 4A, B, rechts). Van de individuele punten lag alleen het punt voor 22°C hoog lichtniveau, afwijkingen drie dagen, wachttijd zes dagen) significant boven de lijn.

Temperatuurwisselingen tussen 14 en 26°C resulteerden in relatief korte planten (significant in exp. 1; zelfde trend in exp. 2; Figuur 4C).

3.1.3 Aantal bladeren aan de hoofdstam

Bij *Ficus* werden aan de hoofdas meer bladeren gevormd naarmate de temperatuur hoger was (Figuur 5A, B, C). Behalve bij 14°C werden meer bladeren gevormd bij het hoge dan bij het lage lichtniveau. Er was in dit opzicht in beide experimenten een interactie met het effect van licht: bij het lage lichtniveau werden bij 26°C niet meer bladeren gevormd dan bij 22°C; bij hoog licht was dat wel het geval. In het algemeen hadden de planten in het tweede experiment meer bladeren dan in het eerste. Dit is gedeeltelijk terug te voeren op het uitgangsmateriaal; het gemiddeld aantal bladeren aan het stek in experiment 1 en 2 bedroeg respectievelijk 5,7 en 8,0 (Tabel 3). Slechts een individueel punt week significant af van de doorgetrokken lijn: temperatuurafwijkingen van zes dagen bij 22°C en hoog lichtniveau in experiment 1. In experiment 2 werd dit verschil niet gevonden.

Afwijkingen van groepen punten bleken wat betreft het aantal bladeren in geen geval significant.

3.1.4 Lengte internodiën

De grafieken met betrekking tot internodiënlengte laten enkele duidelijke verschillen zien tussen de beide experimenten. In experiment 1 werden de internodiën langer bij het hoge lichtniveau, in het tweede experiment was er geen effect van licht. Verder bleken de planten in experiment 2 over het algemeen aanzienlijk langere internodiën te hebben gevormd dan in experiment 1 (Figuur 6, eerste en tweede pagina). De gegevens met betrekking tot 14°C zijn in dit geval niet erg informatief, omdat bij die temperatuur slechts weinig groei plaatsvond. Hierdoor wordt de waarde sterk beïnvloed door de internodiën, die al in het plantmateriaal aanwezig waren. Het is niet zinvol gebleken om alleen internodiënlengte over de nieuw gegroeide plantendelen te berekenen door de beginwaarden in mindering te brengen op de eindwaarden; de geringe groei resulteerde bij 14°C in een enorme spreiding. Bij het verschil in internodiënlengte tussen experiment 1 en 2 kan worden opgemerkt dat bij normale groei de eerste tien internodiën een oplopende lengte vertonen (Dijkshoorn, 1995). Hierdoor bestaat er dus bij normaal groeiende jonge planten een verband tussen de absolute plantgrootte en de (gemiddelde) internodiënlengte.

De resultaten van de wisselbehandelingen kwamen over het algemeen overeen met die van planten opgekweekt bij vaste temperaturen. Het verschil in internodiënlengte tussen 22°C continu bij hoog lichtniveau in experiment 1 en de resultaten van alle wisselbehandelingen samen (systematisch korter) is niet statistisch betrouwbaar. Ook bleek het effect in het tweede experiment niet op te treden. Enkele individuele punten bij hoog lichtniveau en 22°C blijken wel significant af te wijken; de afwijking in experiment 1 was naar beneden, in experiment 2 lagen daarentegen twee punten betrouwbaar boven de lijn. Wisselingen tussen 14 en 26°C bleken over het algemeen te resulteren in iets kortere internodiën.

3.1.5 Bladafplitsing

De gemiddelde bladafplitsingssnelheid van de hoofdgroep punt bleek toe te nemen met stijging van temperatuur (Figuur 7). In beide experimenten werd bij hoog lichtniveau een vrijwel lineair verband gevonden, met een basistemperatuur van 12°C. Bij het lage lichtniveau had het verband tussen bladafplitsing meer het karakter van een verzadigingskromme (of meer waarschijnlijk het lage traject van een optimumkromme). In dit geval was bij 26°C het tempo van bladafplitsing niet significant hoger dan bij 22°C. Behalve bij 14°C was de bladafplitsing bij het hoge lichtniveau steeds sneller dan bij het lage. Opvallend was dat de bladafplitsings-snelheid in experiment 2 bijna tweemaal zo hoog lag als in experiment 1. De resultaten van de wisselbehandelingen kwamen over het algemeen goed overeen met die van de behandelingen met constante temperatuur. Slechts één statistisch betrouwbare afwijking werd geconstateerd: afwisselend 18 en 26°C zonder wachttijd bij hoog lichtniveau in experiment 1 (Figuur 7B eerste

pagina). Omdat deze afwijking niet herhaalbaar is gebleken (Figuur 7B tweede pagina) en ook geen onderdeel uitmaakt van een meer algemene trend, is deze afwijking waarschijnlijk door toeval ontstaan. Ook wisselingen tussen 14 en 26°C hadden geen duidelijk effect op de bladafsplitsing (Figuur 7C).

3.1.6 Aantal primaire zij scheuten

Ficus vertoonde wat betreft vertakking een positieve temperatuurreactie: hoe hoger de temperatuur, hoe meer zij scheuten tot ontwikkeling kwamen (Figuur 8). Tevens had een hoger lichtniveau een stimulerend effect; dit effect was in het eerste experiment aanzienlijk sterker dan in het tweede. Over het algemeen lagen de uitkomsten in het tweede experiment ongeveer een factor 2 hoger dan in het eerste.

Wisselende temperaturen hadden over het algemeen weinig invloed op de uitloop van zij scheuten. In het eerste experiment is een lichte trend te ontdekken bij het lage lichtniveau, waarbij vrijwel alle losse punten iets boven de doorgetrokken lijn liggen (8A, B, C, eerste pagina); in het tweede experiment kwam dit effect niet naar voren.

3.1.7 Eerste zij scheut vanaf het groeipunt

Een andere maat voor de uitloop van zij scheuten is te tellen, hoeveel bladeren er zijn afgesplitst na het jongste blad, waarvan de okselknop is uitgelopen (criterium: eerste blad aan de zij scheut is bezig te ontrollen en is meer dan 0,5 cm breed). Bij het hoge lichtniveau liepen de zij scheuten in alle gevallen sneller uit dan bij het lage. Een systematisch, algemeen verband tussen deze parameter en de temperatuur bleek niet aanwezig te zijn; in het tweede experiment verliep de uitloop van zij scheuten bij 18°C het snelst, in het eerste experiment was dat niet het geval (Figuur 9).

Temperatuurwisselingen hadden bij het lage lichtniveau een stimulerend effect op de uitloop van zij scheuten; bij hoog lichtniveau was dat niet het geval (Figuur 9A, B, C). Daarentegen hadden bij hoog lichtniveau wisselingen rond een gemiddelde van 18°C een vertragend effect op de uitloop van zij scheuten (significant in experiment 2, in experiment 1 $p=0,06$).

3.1.8 Gehalte droge stof

Het gehalte aan droge stof in verschillende plantendelen was bij Ficus over het algemeen hoger bij het hoge dan bij het lage lichtniveau (Figuur 10). Uitzondering waren planten geteeld bij 14°C continu, waarbij het drogestofgehalte bij beide lichtniveaus hoog was. Er was geen verschil in gehalte tussen planten bij 18, 22 of 26°C.

Wisselende temperaturen hadden weinig invloed op droge stof, behalve een tendens in de richting van iets lagere gehalten bij wisselingen rond 22°C (in blad en stam).

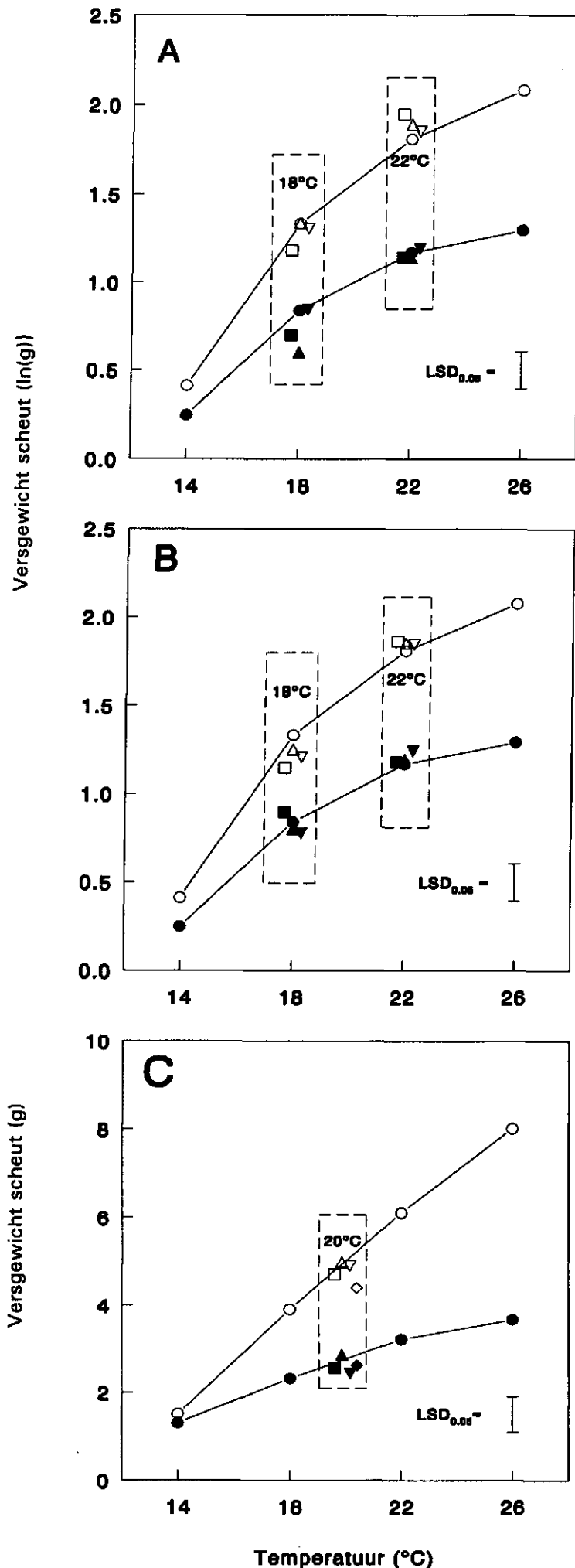
3.1.9 Dikte van de stam(basis)

De dikte van de stam ondervond weinig invloed van de temperatuur (Figuur 11A). Wel bleek de stam bij het hoge lichtniveau iets dikker te worden dan bij het lage. Aangetekend moet worden dat het hier een absolute diktemaat betreft. In verhouding tot de lengte, die sterk positief gecorreleerd was met de temperatuur, is de indruk dat de planten bij een lage teelttemperatuur een relatief dikke stam hadden.

Omdat de voet van de stam zich bij Ficus extra kan verdikken, is de diameter van dit deel apart bepaald. Inderdaad vertoonde de dikte van de stambasis een heel andere temperatuurkarakteristiek dan de rest van de stam: hoe hoger de temperatuur, hoe dikker (Figuur 11B). Mogelijk hangt de verdikking samen met het ontwikkelingsstadium: alleen bij planten geteeld bij hogere temperaturen, die al meer graaduren hadden geaccumuleerd, was het proces van verdikking begonnen. Wisselende temperaturen hadden in een aantal gevallen een significant remmend effect op de diktegroei.

3.1.10 Vergelijking met voorafgaande proeven

De hier gepresenteerde resultaten zijn goed in overeenstemming met die van de voorafgaande proeven (Buwalda et al. 1996). Evenals eerder gerapporteerd is Ficus zeer tolerant gebleken voor temperatuurwisselingen, waarbij weinig effect te zien was van het licht- en temperatuurniveau.



Figuur 3 - Versgewicht van de scheut van *Ficus* na afloop van de temperatuurbehandelingen, uitgedrukt als logaritme van het gewicht (ln(gram), grafiek A en B) of absolute waarde (gram, grafiek C).

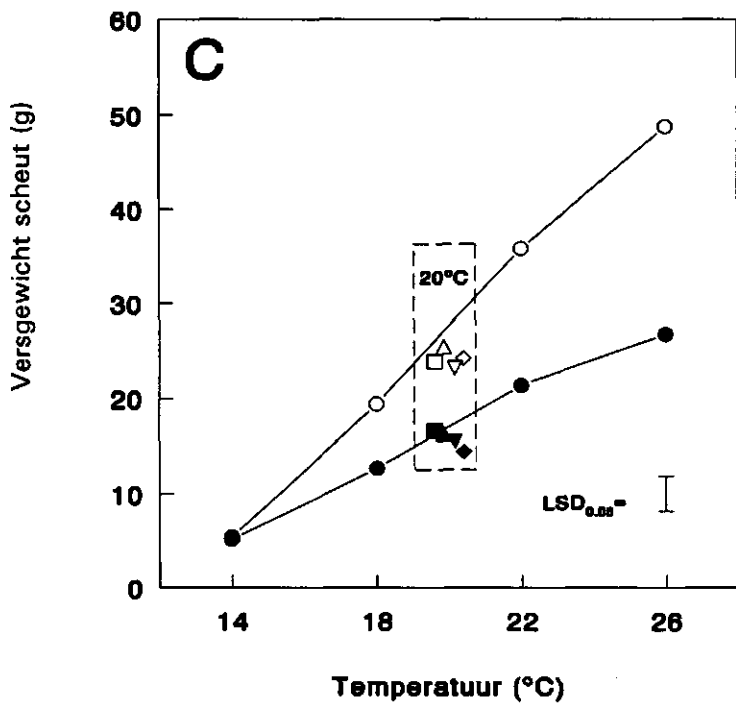
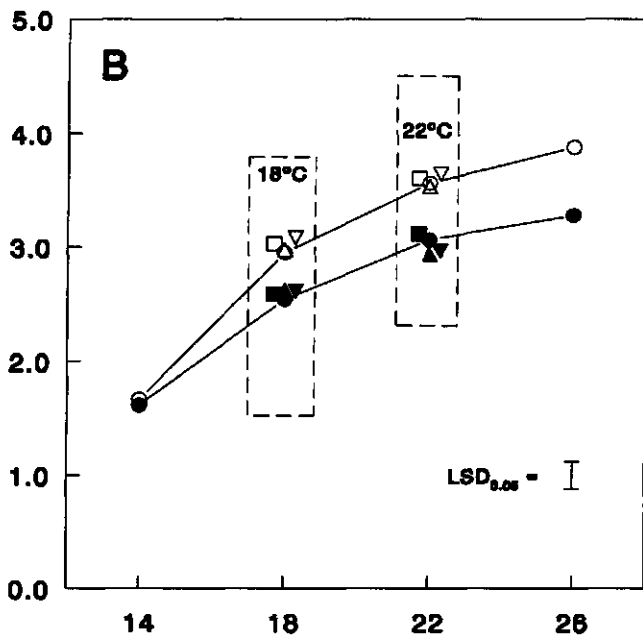
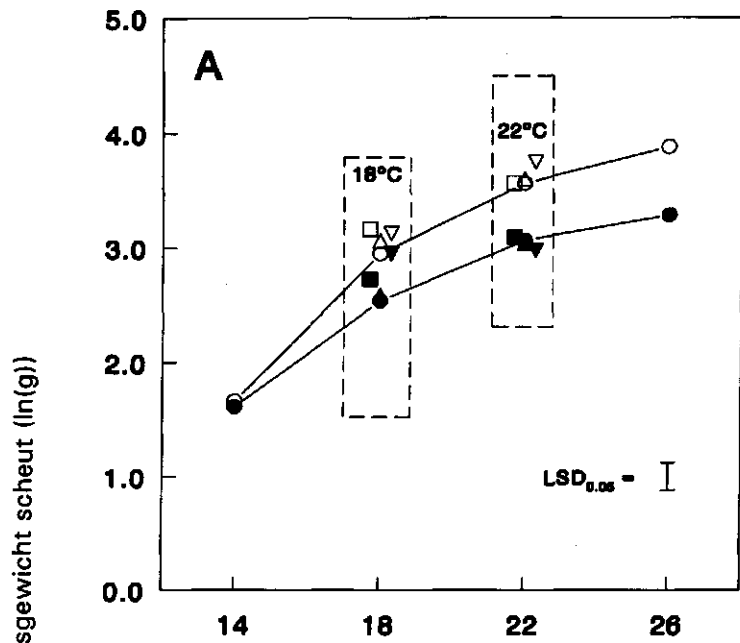
Links van deze kolom: experiment 1; volgende pagina: experiment 2

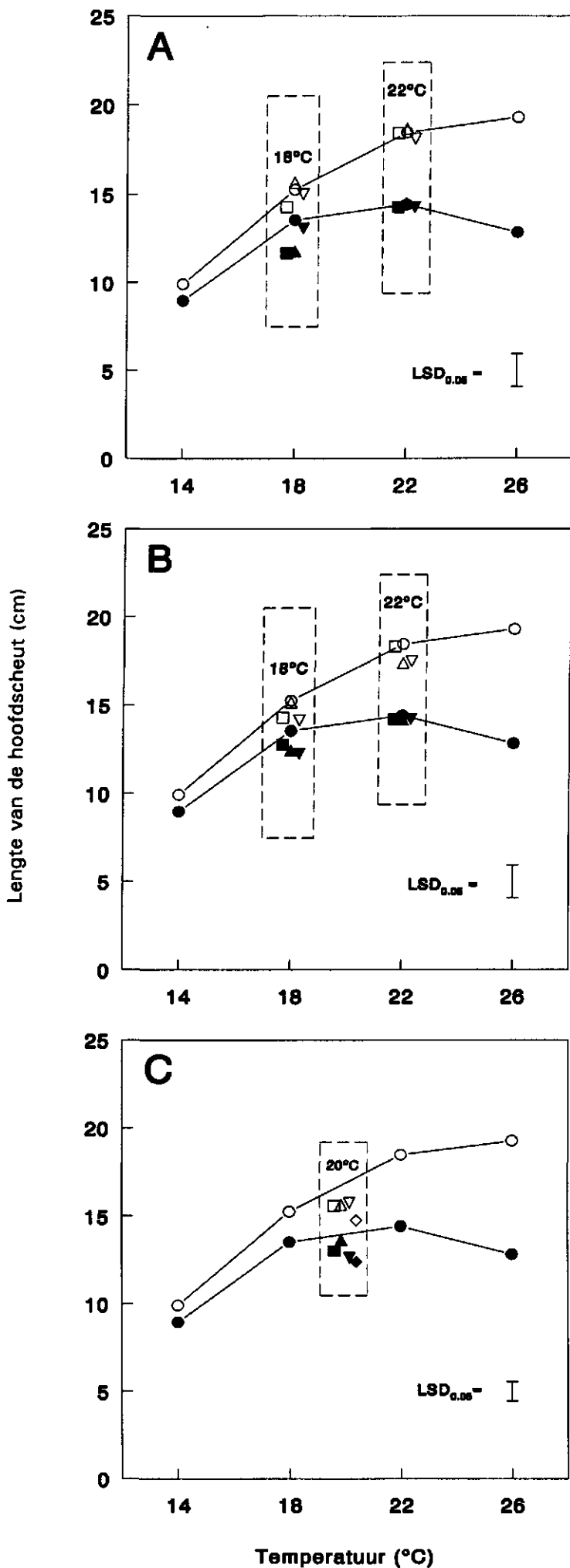
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.





Figuur 4 - Lengte van de hoofdscheut (cm) bij *Ficus* na afloop van de temperatuurbehandelingen.

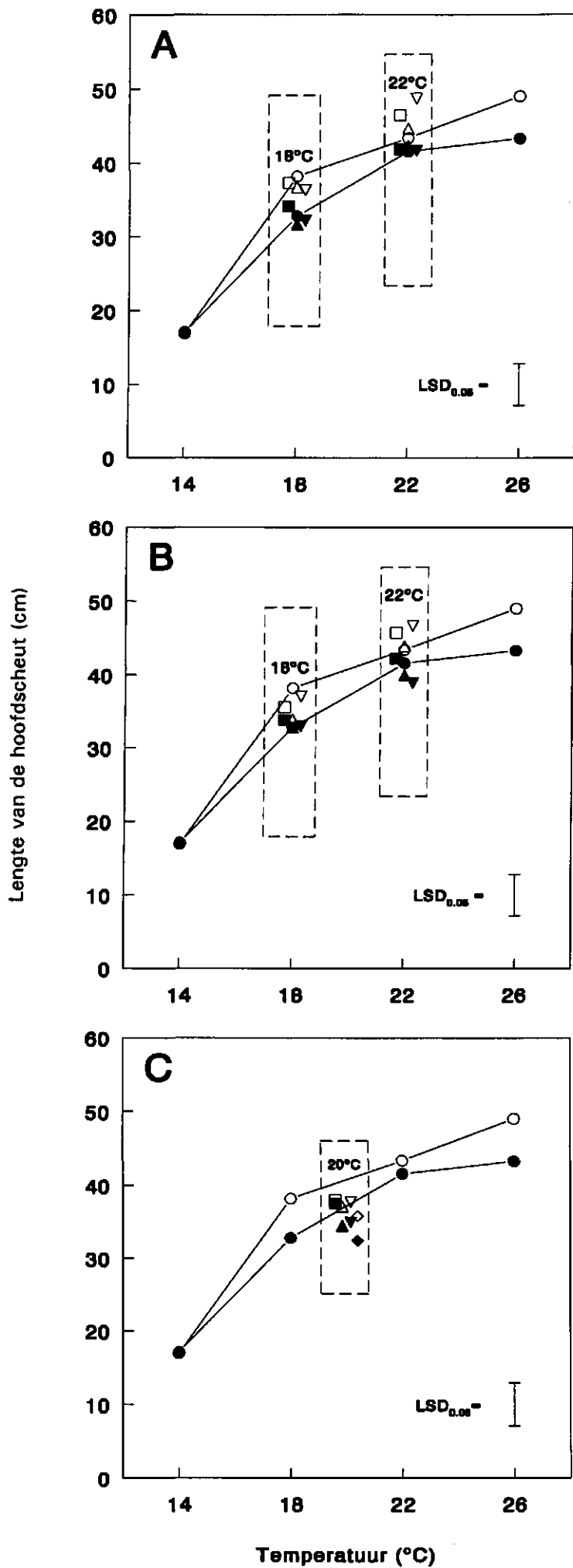
Links van deze kolom: experiment 1; volgende pagina: experiment 2

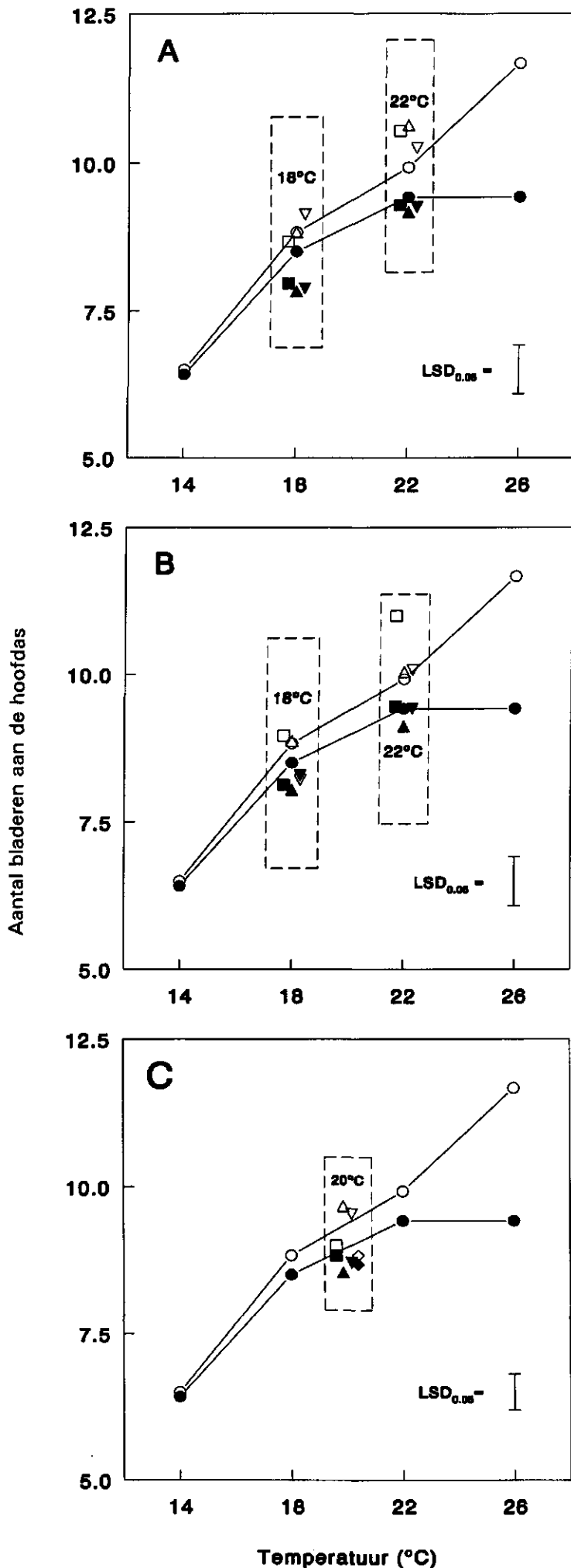
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuur-afwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.





Figuur 5 - Aantal bladeren aan de hoofdas bij *Ficus* na afloop van de temperatuur-behandelingen.

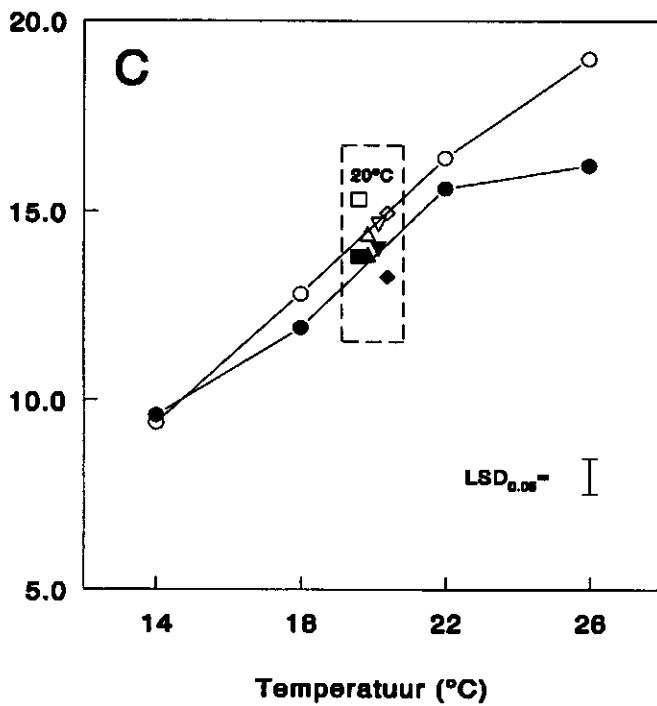
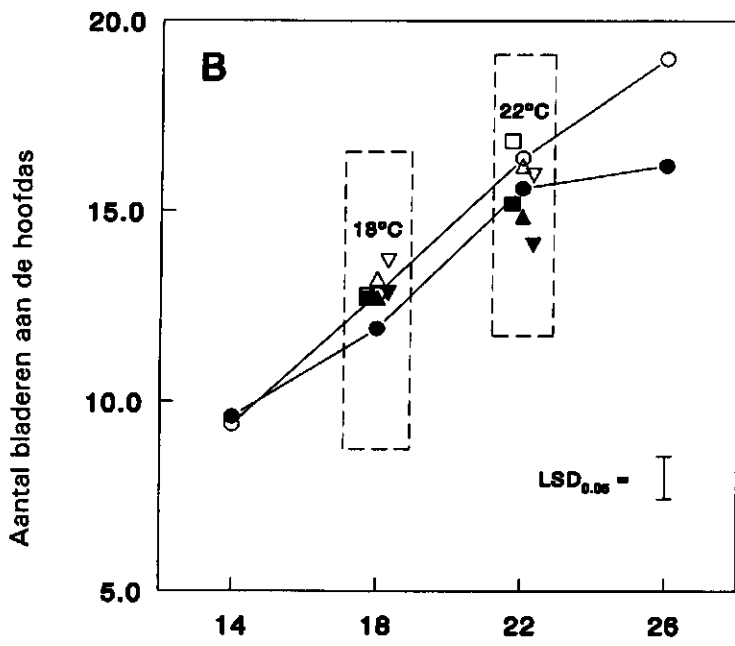
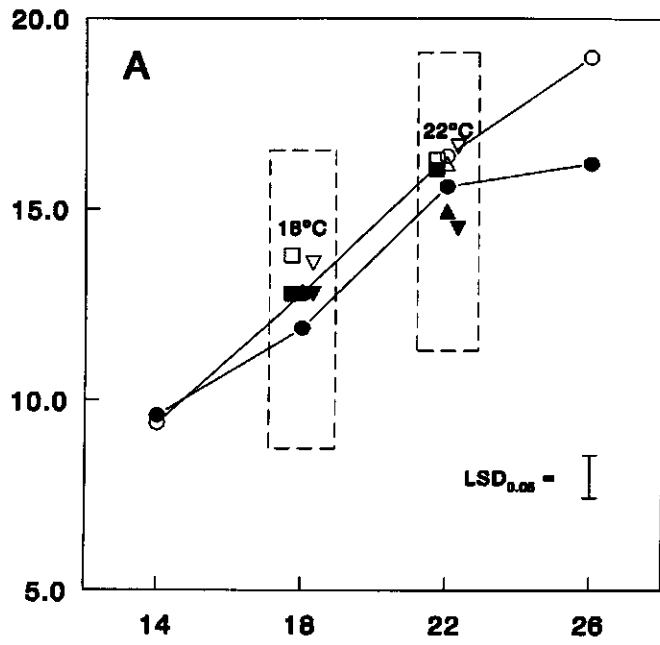
Links van deze kolom: experiment 1; volgende pagina: experiment 2

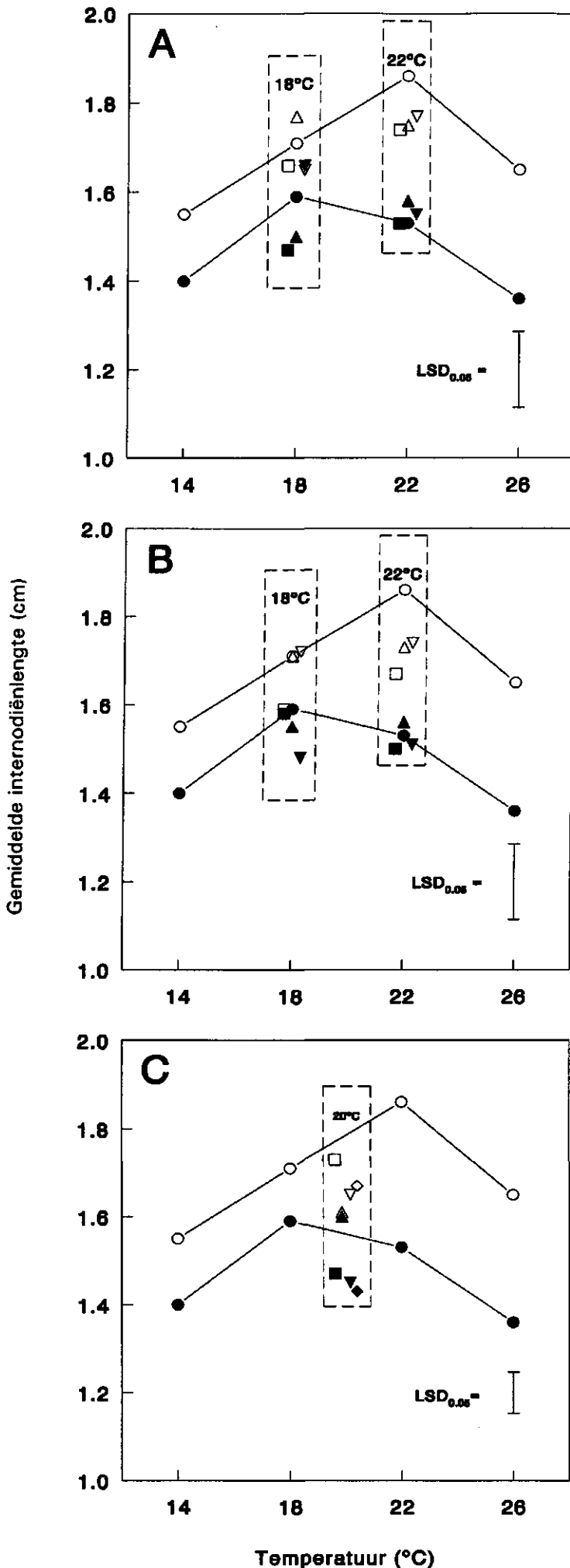
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.





Figuur 6 - Gemiddelde lengte van de internodiën (cm) aan de hoofdas bij *Ficus* na afloop van de temperatuurbehandelingen.

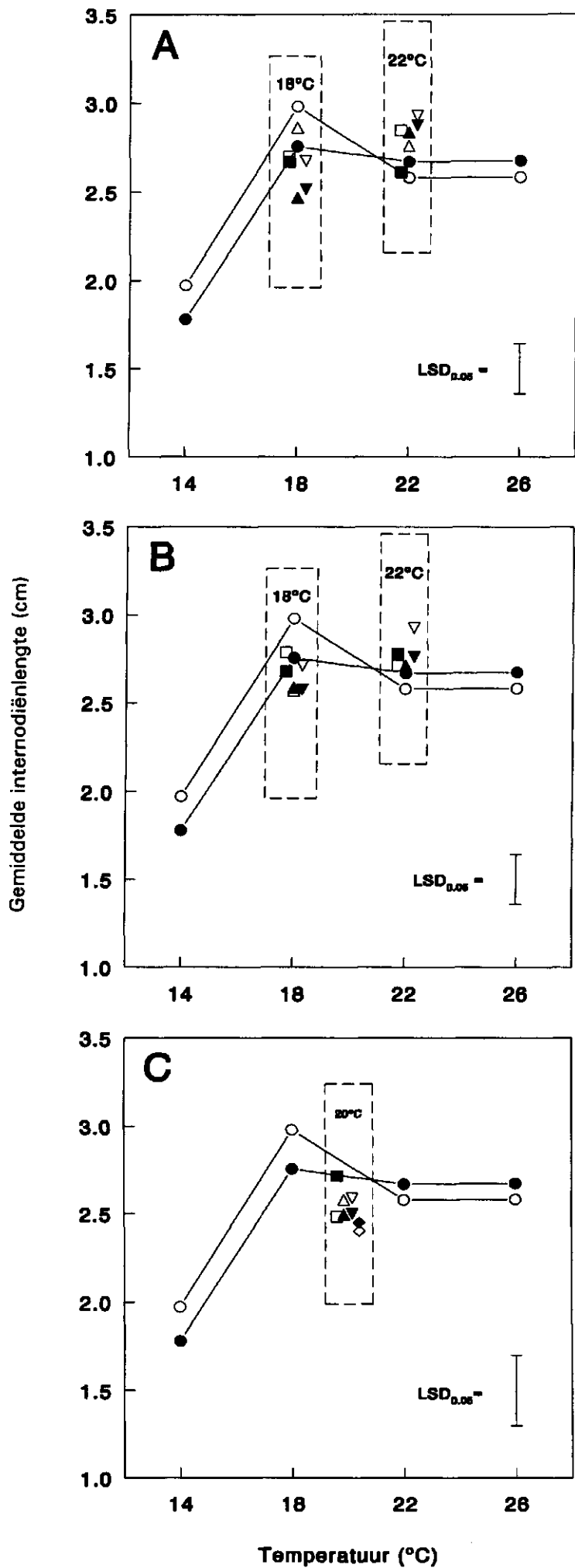
Links van deze kolom: experiment 1; volgende pagina: experiment 2

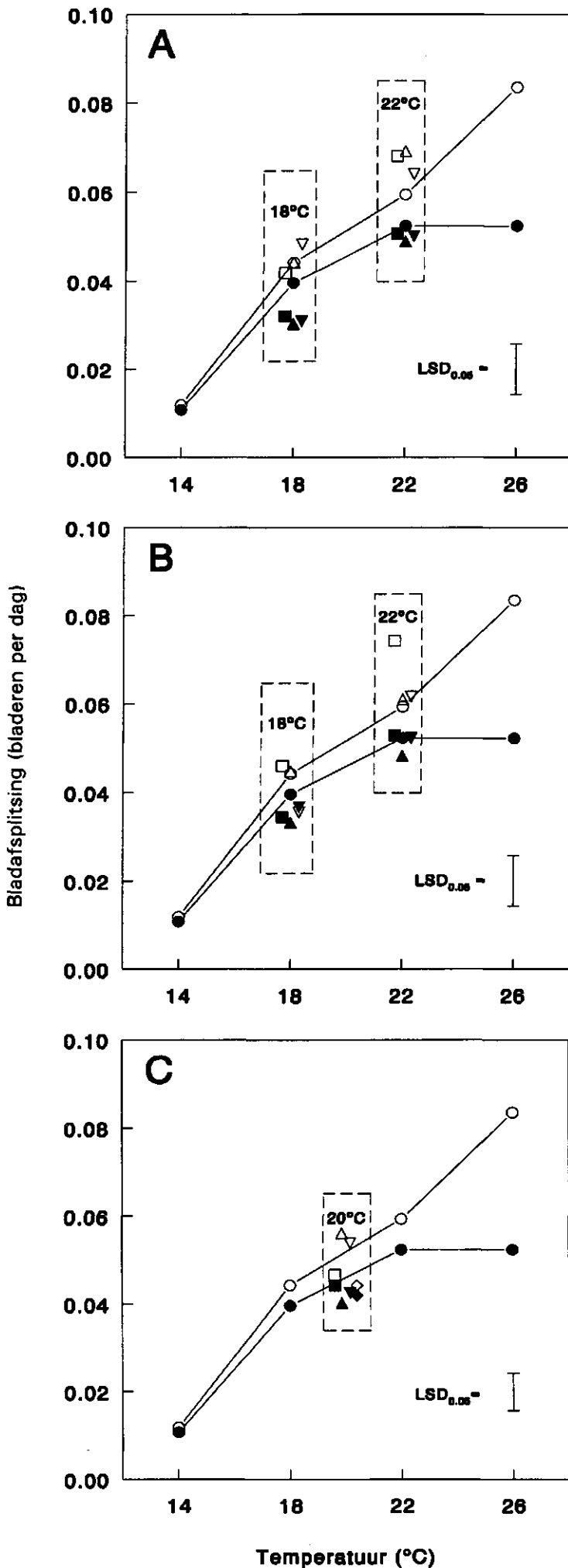
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.





Figuur 7 - Gemiddelde bladafplitsingsnelheid van het hoofdgroei-punt (bladeren per dag) bij *Ficus* tijdens de temperatuurbehandelingen.

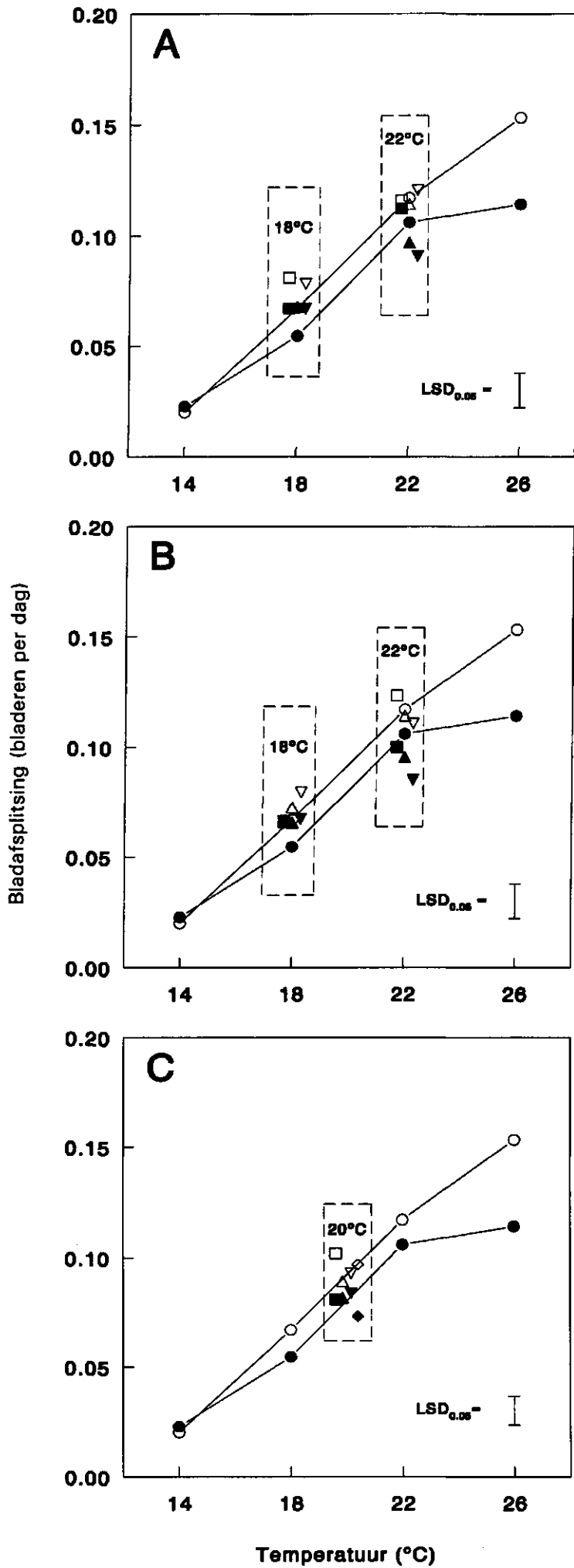
Links van deze kolom: experiment 1; volgende pagina: experiment 2

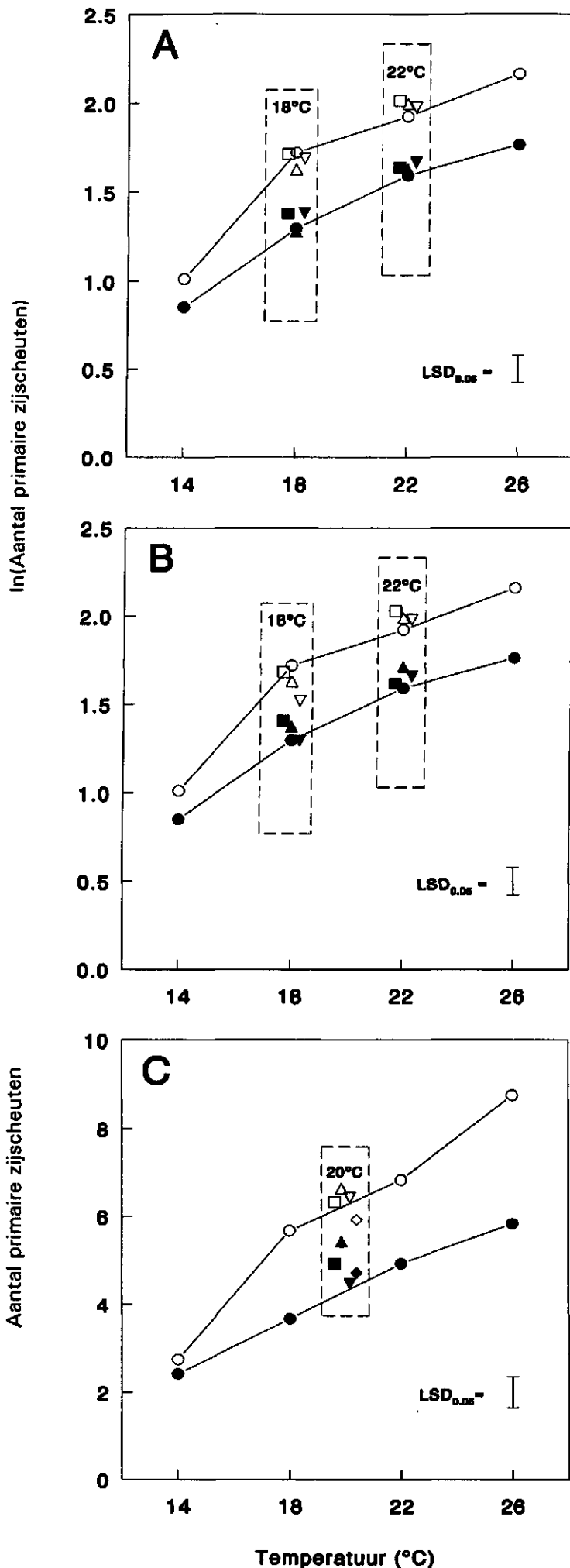
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.





Figuur 8 - Aantal primaire zij scheuten bij *Ficus* na afloop van de temperatuurbehandelingen. In grafiek A en B zij de gegevens logaritmisches getransformeerd; in grafiek C staan de absolute waarden.

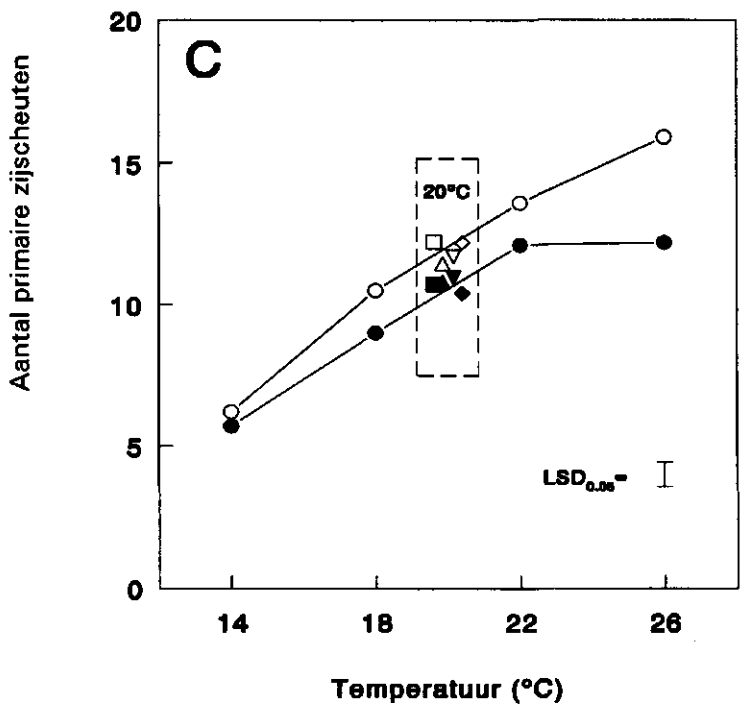
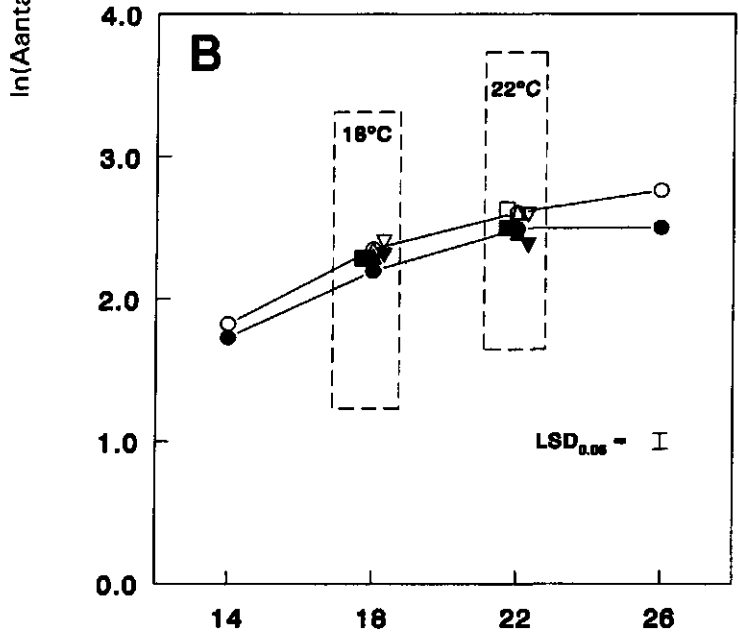
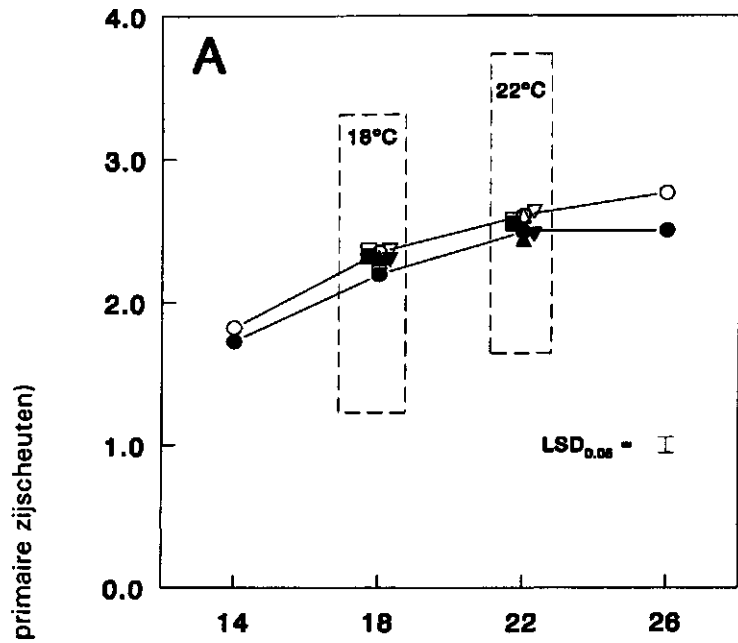
Links van deze kolom: experiment 1; volgende pagina: experiment 2

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

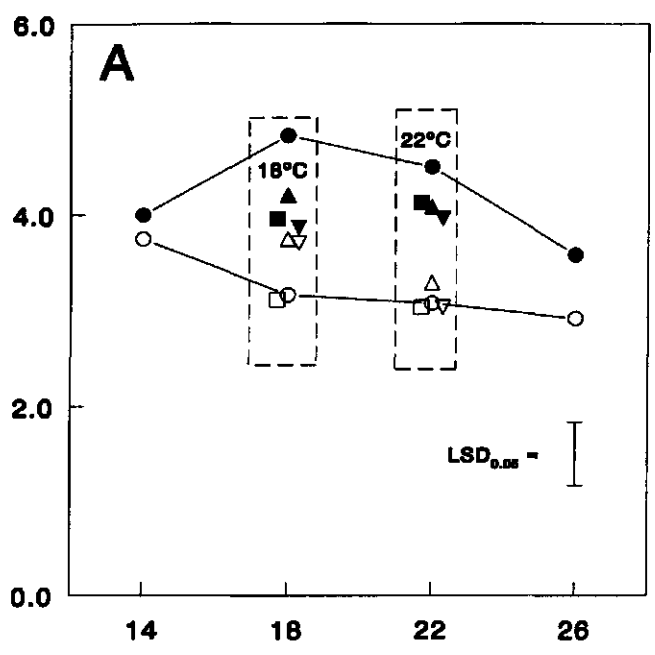
Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.



Eerste zijscheut (gerekend vanaf het groeipunt)



Figuur 9 - Jongste zijscheut (gerekend vanaf het groeipunt) bij *Ficus* na afloop van de temperatuurbehandelingen.

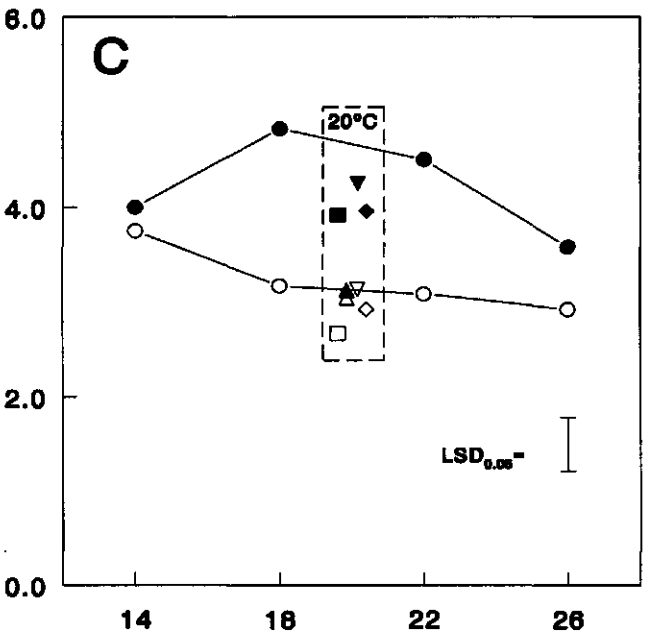
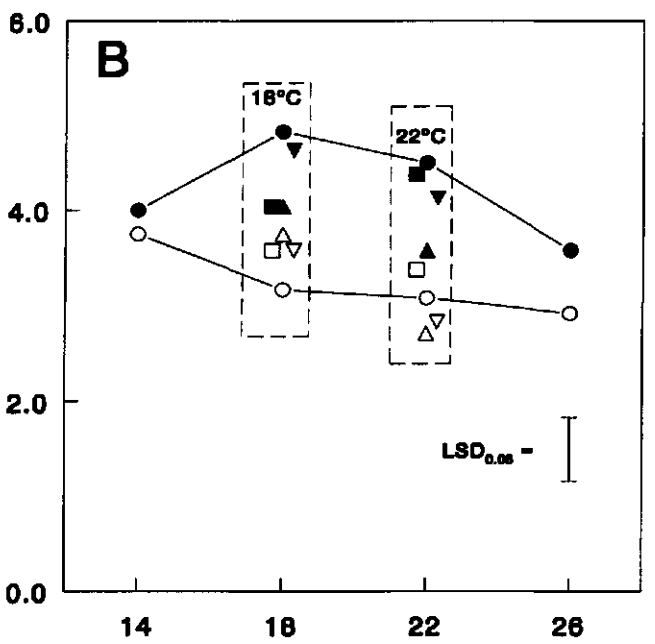
Links van deze kolom: experiment 1; volgende pagina: experiment 2

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

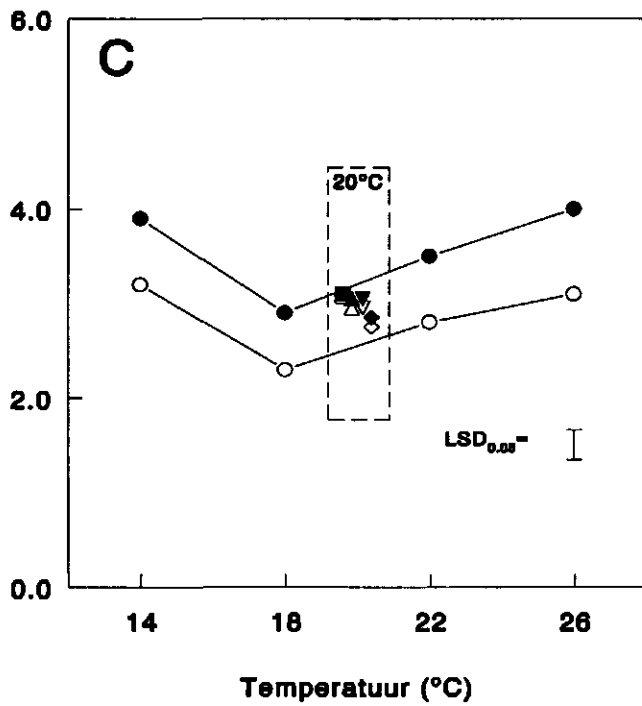
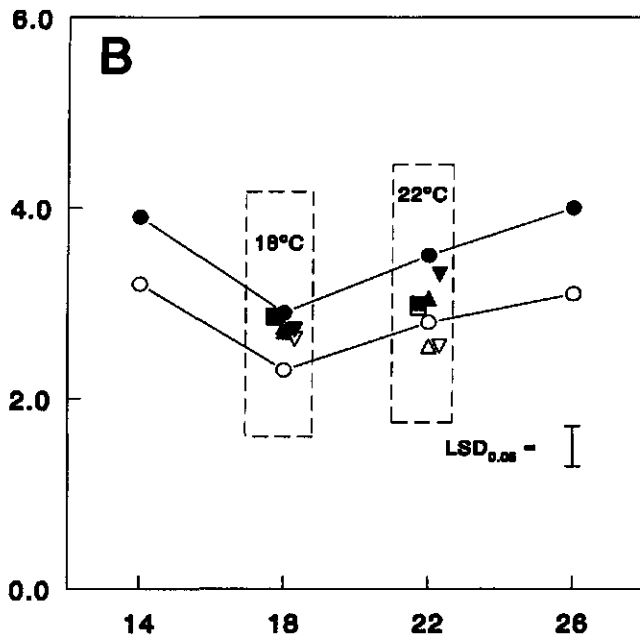
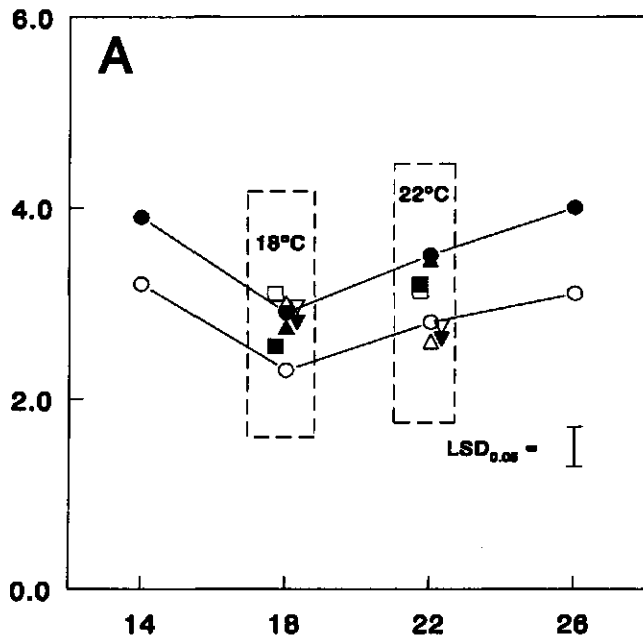
Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

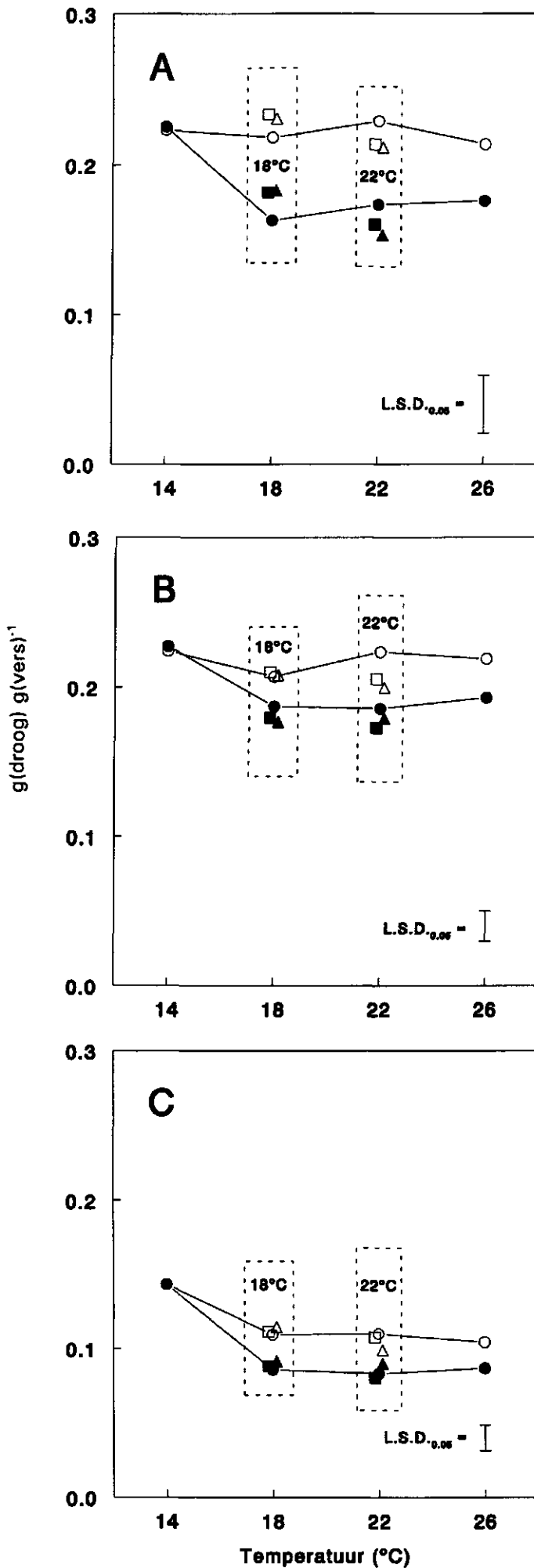
Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.



Temperatuur (°C)

Eerste zijscheut (gerekend vanaf het groeipunt)





Figuur 10 - Effect van de temperatuurbehandelingen op het drogestofgehalte van Ficus.

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

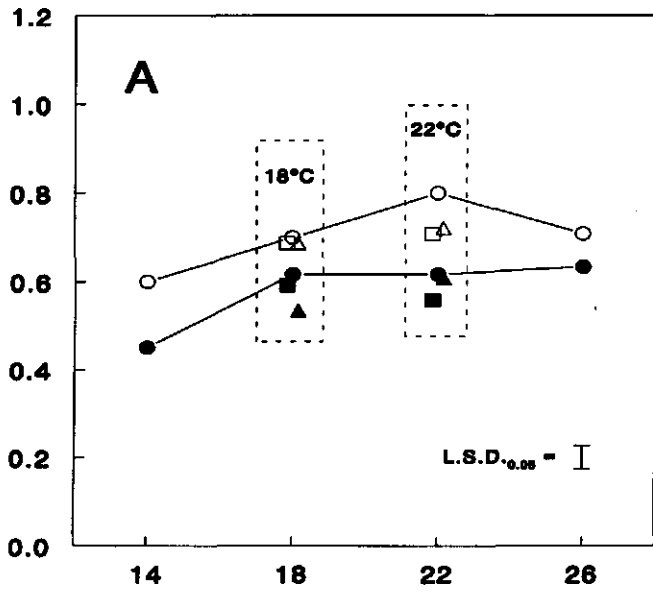
Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (■) en 6 (▲) dagen.

Grafiek A: bladeren

Grafiek B: stam (onderste 10 cm)

Grafiek C: stambasis



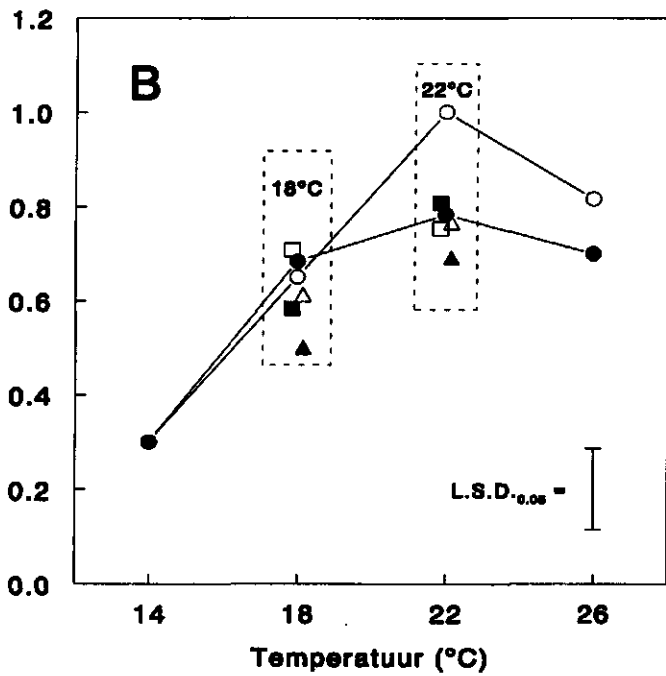
Figuur 11 - Effect van de temperatuurbehandelingen op de diameter van de stam.

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (■) en 6 (▲) dagen.

Diameter (cm)



Grafiek A: diameter van de stam op 5 cm hoogte.

Grafiek B: diameter van de stambasis.

3.2 KALANCHOE

Planten van Kalanchoe (cv. 'Tenorio') zijn gedurende 72 dagen blootgesteld aan wisselende temperaturen. Door de effecten van licht en temperatuur op de vegetatieve en generatieve ontwikkeling van de plant bevonden de planten zich aan het einde van de temperatuurproef in verschillende ontwikkelingsstadia. Het is niet eenvoudig om op grond van een momentopname aan het eind van de temperatuurproef een compleet beeld te krijgen van de behandelingseffecten. Een verschil in ontwikkeling van slechts enkele dagen kan bijvoorbeeld in het stadium waarin de bloemstelen gaan strekken tijdelijk een groot contrast in plantlengte opleveren. Om deze reden is aan het eind van de temperatuurproef uit elk rekje slechts de helft van de planten (vier van de acht) gebruikt voor destructieve waarneming; de overige vier werden overgeplaatst naar een potplantenkas, waar ze onder standaardcondities zijn doorgeteeld. Zodra de vier planten in een rekje gemiddeld het veilingrijpe stadium hadden bereikt, werd een tweede waarneming gedaan.

Tabel 2 - Enkele eigenschappen van het uitgangsmateriaal, gebruikt in de twee experimenten met Kalanchoe. De getallen geven het gemiddelde weer van 20 willekeurig gekozen planten.

Lengte (cm)	Aantal zijscheuten	Aantal bladeren	Gewicht (g vers)
6.1	4.6	7.3	23.0

3.2.1 Groei tijdens de temperatuurproef

De gewichtstoename van Kalanchoe tijdens de temperatuurproef vertoonde slechts een geringe temperatuurrespons (Figuur 12). Aanzienlijk sterker was het effect van licht: bij het hoge lichtniveau vond bijna tweemaal zoveel groei plaats als bij het lage. Het lichtniveau had enige invloed op de temperatuurreactie: groeiden de planten bij het lage lichtniveau minder naarmate de temperatuur hoger was, bij het hoge lichtniveau was er sprake van een optimumkromme met een maximum rond 18°C.

De resultaten van de behandelingen met wisselende temperaturen weken niet af van die bij constante temperatuur, met één uitzondering: wisselingen rond 18°C bij hoog lichtniveau (Figuur 12A, B). Zowel enkele individuele punten als ook de gehele groep punten bleken in dit geval significant lager te liggen dan het punt bij 18°C op de doorgetrokken lijn. Dit kan betekenen dat onder deze combinatie van omstandigheden wisselende temperaturen ca. 10% groeiremming veroorzaakten (en onder andere omstandigheden niet); het is echter niet uit te sluiten dat de relatief hoge ligging van het punt bij constante temperatuur op toeval berust. De resultaten van wisselingen tussen 14 en 26°C bleken precies overeen te komen met de waarde, verwacht op grond van de doorgetrokken lijnen in de grafiek (Figuur 12C).

3.2.2 Lengte van de plant na afloop van de temperatuurproef

De lengte van Kalanchoe aan het eind van de temperatuurproef werd sterk beïnvloed door de temperatuur: hoe hoger de temperatuur, hoe langer de planten waren (Figuur 13). Eveneens was een sterk effect van het lichtniveau te zien: de planten waren bij het hoge lichtniveau duidelijk langer geworden dan bij het lage. Deze twee effecten waren niet geheel onafhankelijk: bij het hoge lichtniveau werden de planten bij 26°C langer dan bij 22°C; bij het lage lichtniveau was dat niet het geval. Overigens moet worden opgemerkt dat de verschillen in lengte sterk met het ontwikkelingsstadium samenhangen (Figuur 17); met name de strekking van de stelen onder de bloeiwijze was van grote invloed. Lengtemeting bij planten die na de temperatuurproeven werden doorgeteeld tot het veilingrijpe stadium leverde aanzienlijk minder grote verschillen op (Figuur 20).

De behandelingen met wisselende temperaturen leverden in vrijwel alle gevallen langere planten op dan teeltomstandigheden met constante temperaturen. Hierbij hadden wisselende temperaturen zonder wachttijd het grootste effect. De enige uitzonderingen waren: 22°C bij laag lichtniveau en 3 of 6 dagen wachttijd (Figuur 13B) en afwisselend 12 dagen 14°C en 12 dagen 26°C (Figuur 13C). Bij deze extreme temperaturen kwam een interessant verschil in effect van de temperatuurbehandelingen tussen de twee lichtniveaus naar voren: bij hoog lichtniveau was de extra strekking bij wisselende temperaturen onafhankelijk van de blootstellingsduur; bij laag lichtniveau bleek de strekking minder gestimuleerd te worden bij toename van de blootstellingsduur (Figuur 13C).

3.2.3 Aantal bladeren aan de hoofdscheut na afloop van de temperatuurproef

Het aantal vegetatieve (gekartelde) bladeren dat aan de hoofdscheut te zien was bleek toe te nemen met het temperatuurniveau (Figuur 14). Verder bleek dat de planten bij het hoge lichtniveau minder bladeren hadden gevormd dan bij het lage, onafhankelijk van het temperatuurniveau. Deze effecten zijn ofwel toe te schrijven aan een effect op de bladafsplittingsnelheid (aannemelijk voor temperatuur) of aan beïnvloeding van de bloei-inductie (waarschijnlijk sneller bij hoog lichtniveau).

Behandelingen met wisselende temperaturen leverden een bijzonder effect op: een toename van het aantal vegetatieve bladeren bij hoog lichtniveau, maar juist minder bladeren bij laag lichtniveau (Figuur 14A, B, C). Evenals voor de plantlengte het geval was, bleken temperatuurbehandelingen zonder wachttijd het sterkste effect te hebben (fig 14A, B). Door de tegengestelde reactie afhankelijk van het lichtniveau was het behandelingseffect in dit geval spiegelbeeldig. Dat gold niet voor de effecten van temperatuurwisselingen tussen 14 en 26°C, waar onafhankelijk van het lichtniveau het aantal getelde bladeren toenam met de blootstellingsduur (ondanks de vermindering van het aantal bladeren bij laag lichtniveau).

3.2.4 Aantal zijscheuten aan het einde van de temperatuurproef

Het aantal primaire zijscheuten dat uitliep tijdens de temperatuurproef bleek te

verminderen bij toenemend temperatuurniveau (Figuur 15). Bij het hoge lichtniveau kwamen meer zij scheuten tot ontwikkeling dan bij het lage. De effecten van licht en temperatuur waren in dit opzicht onafhankelijk.

Blootstelling van planten aan wisselende temperaturen veroorzaakten geen significante afwijkingen van de lijnen voor constante temperaturen.

3.2.5 Aantal scheuten per 100 g versgewicht na afloop van de temperatuurproef

Het lichtniveau tijdens de temperatuurproef bleek een sterke invloed te hebben op zowel het versgewicht van de planten (Figuur 12) als op het aantal zij scheuten (Figuur 14). Door deze twee grootheden op elkaar te betrekken kunnen behandelingseffecten op de verhoudingen van de plant worden beoordeeld. Wordt gekeken naar het aantal zij scheuten per 100 gram versgewicht, dan blijkt dat het temperatuurniveau slechts een geringe invloed had op deze verhouding, terwijl het lichtniveau nauwelijks effect had (Figuur 16). Het significante verschil tussen hoog- en laag lichtniveau bij 18°C komt overeen met de 'uitschieter' in versgewicht bij 18°C en hoog lichtniveau (Figuur 12) en maakt geen deel uit van een algemene tendens.

Wisselende temperaturen blijken bij 18°C en laag lichtniveau te leiden tot een kleine maar significante vermindering van het aantal zij scheuten per 100 g versgewicht ten opzichte van planten, geteeld bij constante temperatuur (Figuur 16A, B). Dit is echter geen algemene trend; bij 18°C en laag lichtniveau en bij 22°C en hoog lichtniveau is eerder sprake van een (niet significant) verhoogd aantal zij scheuten per 100 g plant. Wisselingen tussen 14 en 26°C hadden geen invloed op deze verhouding (Figuur 16C).

3.2.6 Bloeistadium na afloop van de temperatuurbehandelingen

Uit de proef met Kalanchoe kwamen aanmerkelijke effecten in bloeistadium naar voren. Na afloop van de temperatuurbehandelingen bleken de planten verder gevorderd in generatieve ontwikkeling naarmate het temperatuurniveau hoger was (Figuur 17). Tevens bleken planten geteeld bij het hoge lichtniveau verder te zijn in bloeistadium dan bij het lage. De temperatuurreactie was enigszins lichtafhankelijk: bij het hoge lichtniveau waren de planten bij 26°C verder in bloei dan bij 22°C; bij het lage lichtniveau juist minder ver.

Planten blootgesteld aan temperatuurwisselingen van 4°C rond een gemiddeld niveau van 18 of 22 °C waren verder in hun generatieve ontwikkeling dan planten geteeld bij constante temperaturen (fig 17A, B). Dit effect was sterker bij laag dan bij hoog lichtniveau. Ook bleken behandelingen met wisselende temperaturen zonder wachttijd tot meer bloeivervroeging te leiden dan wanneer zich tussen twee temperatuurafwijkingen een periode bij de gemiddelde temperatuur bevond. Bij temperatuurwisselingen tussen 14 en 26°C nam het bloeivervroegend effect af naarmate de blootstellingsduur langer was (Figuur 17C). Bij een blootstellingsduur van 12 dagen was er zelfs eerder sprake van een (niet significante) bloeivertraging.

3.2.7 Tijdsverloop tussen het einde van de temperatuurproef en het veilingrijpe stadium

De verschillen in generatieve ontwikkeling bij afloop van de temperatuurbehandelingen vertaalden zich in de tijd die het onder standaardcondities na afloop van de temperatuurproef duurde voordat het veilingrijpe stadium (4 bloemetjes open) werd bereikt. Planten die tijdens de proef bij hoog lichtniveau stonden, waren eerder veilingrijp dan planten afkomstig van het lage lichtniveau (Figuur 18). De temperatuurreactie was afhankelijk van het lichtniveau: planten afkomstig van het hoge lichtniveau waren het snelst veilingrijp wanneer ze waren geteeld bij 22 en 26°C. Planten van het lage lichtniveau bleken het snelst wanneer ze bij 18 of 22°C hadden gestaan; in dit geval leverde 26°C juist een latere bloei op.

Temperatuurwisselingen rond 18°C hadden geen effect op het tijdstip van in bloei komen (fig 18A, B). Dit betekent, dat de bij 3.2.6 beschreven effecten op generatieve ontwikkeling naderhand weer moet zijn gecompenseerd. De verschillen in bloeistadium na afloop van de temperatuurproef als gevolg van wisselingen rond een gemiddelde van 22°C kwamen wel tot uiting in een tendens van vervroegd in bloei komen. Met name bij temperatuurafwijkingen van 3 dagen rond 22°C zonder wachttijd leverde dit significante effecten op (Figuur 18A).

Temperatuurafwijkingen van 14/26°C gedurende 3 dagen resulteerden in het vervroegd bereiken van het veilingrijpe stadium (Figuur 18C); langere blootstellingsperioden veroorzaakten een vertraging (significant bij 9 en 12 dagen).

3.2.8 Vergewicht bij het bereiken van het veilingrijpe stadium

Planten afkomstig van het hoge lichtniveau waren bij het bereiken van het veilingrijpe stadium aanzienlijk zwaarder dan planten die tijdens de temperatuurbehandelingen bij het lage lichtniveau hadden gestaan (Figuur 19). Het relatief hoge gewicht bij planten afkomstig van het lage lichtniveau bij 14 en 26°C werd veroorzaakt door de relatief lange teeltperiode, samenhangend met de vertraagde generatieve ontwikkeling (fig 17 en 18). Blootstelling aan temperatuurwisselingen leverde een iets hoger eindgewicht op voor planten afkomstig van het lage lichtniveau bij afwijkingen van 6 dagen rond 18°C; de oorzaak van dit effect is niet geheel duidelijk (fig 19B). De verhoging van het eindgewicht bij planten blootgesteld aan afwisselend 14 en 26°C bij een duur van de afwijkingen van 6, 9 of 12 dagen is te verklaren uit de langere teeltduur, samenhangend met de geconstateerde bloeivertraging (Figuur 17 en 18).

3.2.9 Plantlengte bij het bereiken van het veilingrijpe stadium

Planten afkomstig van het hoge lichtniveau waren bij het bereiken van het veilingrijpe stadium over het algemeen langer dan planten die bij het lage lichtniveau hadden gestaan, met uitzondering van 26°C (Figuur 20) in dit laatste geval kan de grotere lengte van planten afkomstig van het lage lichtniveau waarschijnlijk worden verklaard door de langere teeltduur, samenhangend met de

vertraagde generatieve ontwikkeling (Figuur 17, 23). Behalve bij dit enkele punt werd de uiteindelijke plantlengte niet door het temperatuurniveau beïnvloed. Wisselende temperaturen resulteerden in een geringe (maar statistisch betrouwbaar) toename van de lengtegroei bij planten die tijdens de temperatuurproef waren blootgesteld aan wisselingen rond 18°C bij laag lichtniveau (Figuur 20A, B). Ook planten afkomstig van het hoge lichtniveau en blootgesteld aan wisselingen van 3 dagen rond een niveau van 22° zonder wachttijd waren bij het bereiken van het veilingrijpe stadium betrouwbaar langer (Figuur 20A). Dit zelfde gold ook voor planten die waren blootgesteld aan temperatuurwisselingen tussen 14 en 26°C: ongeacht de blootstellingsduur werden de planten 9 en 13% langer bij respectievelijk hoog en laag lichtniveau (Figuur 20C).

3.2.10 Compactheid in het veilingrijpe stadium

Wordt het versgewicht van de plant gedeeld door de hoogte, dan ontstaat een maat voor de compactheid van de plant (g vers per cm). Opvallend is dat deze grootte nauwelijks werd beïnvloed door de temperatuur tijdens de experimentele behandelingen (fig 21). Wel was een consequent effect van het lichtniveau te zien: planten afkomstig van het hoge lichtniveau waren relatief zwaar voor hun lengte. Blootstelling aan temperatuurafwijkingen van 4°C had geen invloed op de compactheid in het veilingrijpe stadium (Figuur 21A, B). Ook effecten van temperatuurafwijkingen van 6°C waren klein (Figuur 21C). Wel is opvallend dat voor beide lichtniveaus gold dat de planten compacter waren naarmate de periode van de temperatuurafwijkingen langer was geweest: afwijkingen van 12 dagen resulteerden in beide gevallen in significant compactere planten dan afwijkingen van 3 dagen.

3.2.11 Gewichtsandaal van de generatieve delen in het veilingrijpe stadium

Een andere indicatie voor de uitwendige kwaliteit van de plant is het gewichtsandaal van de generatieve delen (bloemen en bloemstelen). Bij planten die tijdens de temperatuurproef waren opgekweekt bij 14 of 18°C bleek de bloeiwijze 9% van het versgewicht van de bovengrondse delen uit te maken, onafhankelijk van de lichtcondities (Figuur 22). Bij hogere opkweektemperaturen werden relatief minder generatieve delen gevormd.

Temperatuurwisselingen rond 18°C hadden geen effect op de gewichtsverdeling generatief/vegetatief (Figuur 22A, B). Wisselingen rond 22°C leken over het algemeen de relatieve hoeveelheid generatieve delen enigszins negatief te beïnvloeden; in de meeste gevallen lagen in Figuur 22 A en B de symbolen voor de wisselbehandelingen onder de doorgetrokken lijnen. Statistisch zijn de verschillen per groep punten echter niet betrouwbaar; alleen het punt behorend bij wisselingen van 3 dagen rond 22°C, zonder wachttijd en bij laag lichtniveau ligt betrouwbaar lager (Figuur 22A). Bij wisselingen tussen 14 en 26°C bleken met name de snelste wisselingen (om de 3 dagen) tot relatief minder zware generatieve delen te leiden (Figuur 22C). Dit effect vertoont overeenkomst met te vermindering die optrad bij wisselingen elke 3 dagen rond 22°C (Figuur 22A), maar niet bij wisselingen elke 6

dagen (Figuur 22B). Dit suggereert dat in dit geval niet de grootte van de temperatuurafwijking (in graaddagen) bepalend is, maar eerder zoiets als de mate van temperatuurverandering per tijdseenheid (graden per dag).

3.2.12 Aantal generatieve bladparen onder de bloemen

Tijdens de temperatuurproef werd duidelijk dat de experimentele behandelingen effect hadden op het aantal gaafrandige, schubvormige blaadjes dat werd gevormd onder de bloemknoppen. Normaal bevinden zich 2-3 generatieve bladparen onder de bloemen, een groter aantal kan wijzen op een verstoring van de generatieve ontwikkeling. Bij planten die tijdens de temperatuurproef waren opgekweekt bij 14 of 18°C werden onder de bloemen inderdaad twee bladparen geteld, onafhankelijk van het oorspronkelijke lichtniveau (Figuur 23). Bij hogere temperaturen tijdens de wisselproef bleek het aantal gaafrandige bladparen toe te nemen tot 3 bij 22°C en, afhankelijk van het lichtniveau, tot 4 of meer bij 26°C.

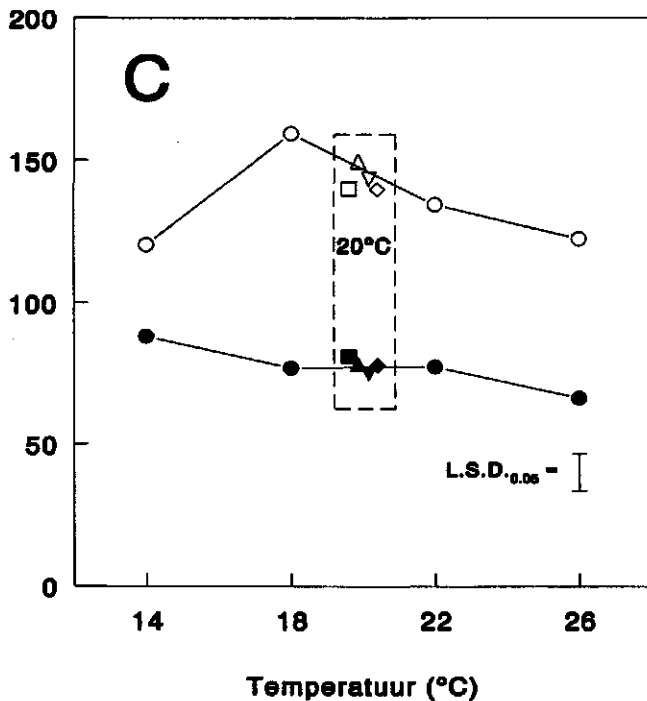
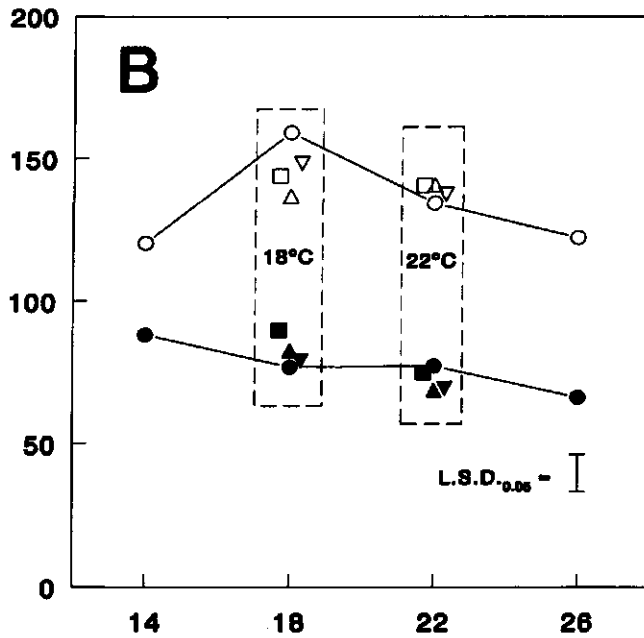
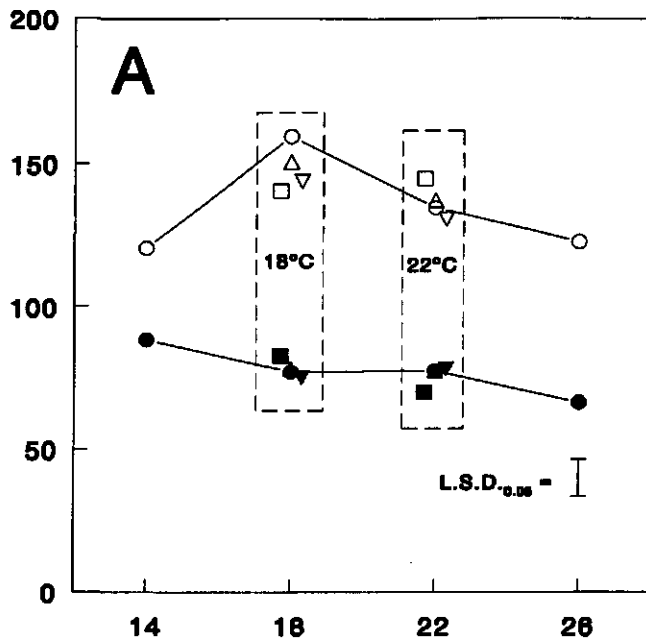
Temperatuurwisselingen rond 18°C bleken geen invloed te hebben op het aantal gaafrandige blaadjes (Figuur 23A, B). Bij temperatuurwisselingen rond 22°C bleek het aantal gaafrandige blaadjes in alle gevallen lager te zijn dan bij planten die oorspronkelijk bij constante temperaturen hadden gestaan. In het geval van wisselingen rond 22°C om de 3 dagen zonder wachttijd was de vermindering statistisch betrouwbaar (Figuur 23A). Ook wisselingen tussen 14 en 26°C om de 3 dagen resulteerden in een vermindering van het aantal generatieve blaadjes (Figuur 23C). Bij langere blootstellingsduur nam het aantal generatieve blaadjes echter juist toe (betrouwbaar bij een blootstellingsduur van 12 dagen).

Het lijkt er dus op dat het versneld in bloei komen als gevolg van temperatuurwisselingen samengaat met een vermindering van het aantal generatieve blaadjes (geen bloeiuitstel), maar wel ten koste gaat van het gewichtsaandeel van de generatieve delen.

3.2.13 Vergelijking met voorafgaande proeven

De hier gerapporteerde resultaten komen goed overeen met die van eerdere experimenten (Buwalda et al., 1996). Extra informatie is het negatieve effect van combinaties van hoge temperatuur en laag lichtniveau op de generatieve ontwikkeling. Hoewel planten blootgesteld aan wisselende temperaturen minder bloei-uitstel te zien gaven dan die bij constante temperatuur, wijzen deze gegevens er toch op dat bij toepassing van temperatuurintegratie in de praktijk het compenseren van temperatuurtekorten op donkere dagen wellicht niet onbeperkt mogelijk is.

Toename versgewicht scheut (g per 72 dagen)



Figuur 12 - Toename van het versgewicht van de scheut tijdens de temperatuurproef met Kalanchoe (g).

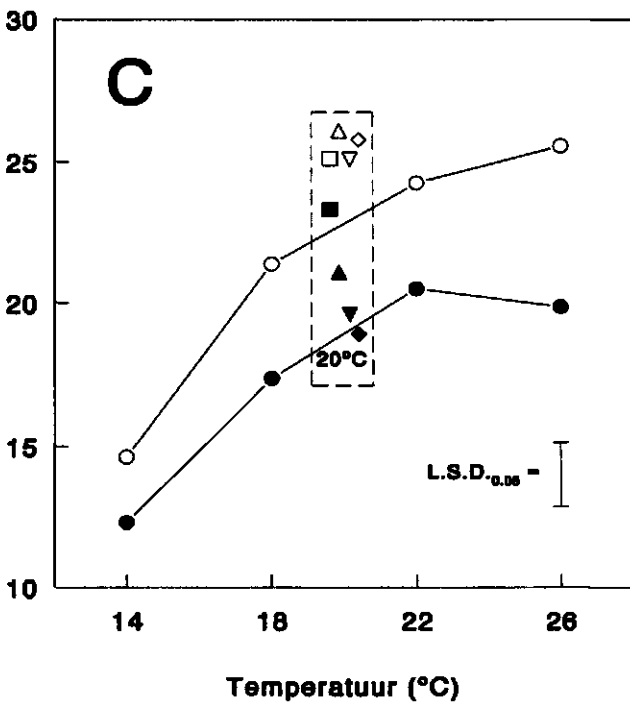
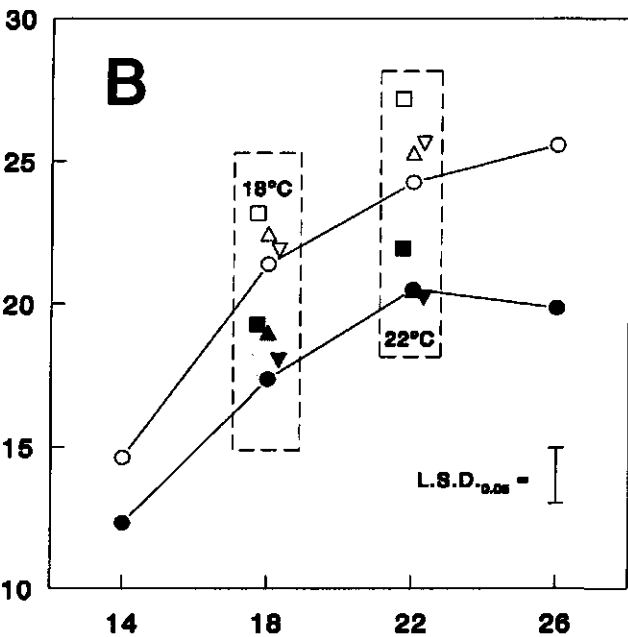
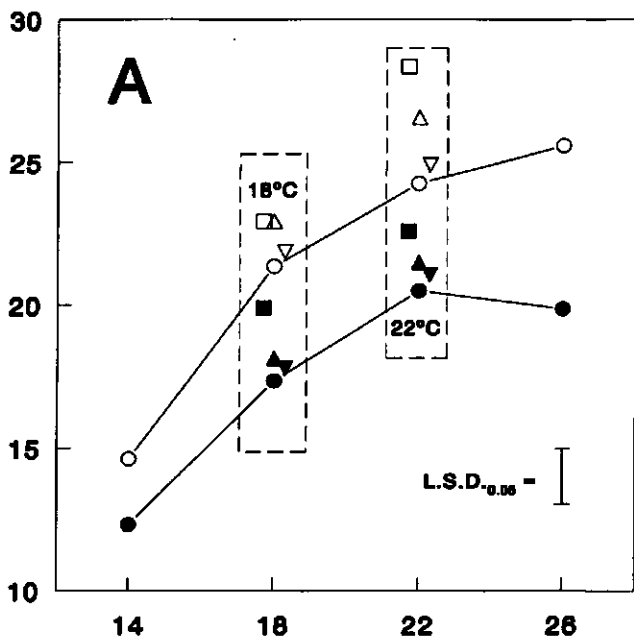
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

Lengte scheut bij afloop van de temperatuurproef (cm)



Figuur 13 - Lengte van de scheut na afloop van de temperatuurproef met Kalanchoe (cm).

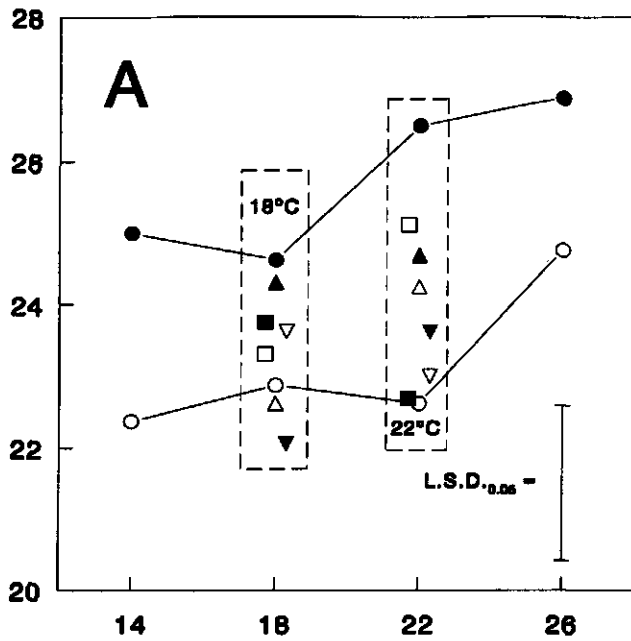
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

Aantal bladeren na afloop van de temperatuurproef



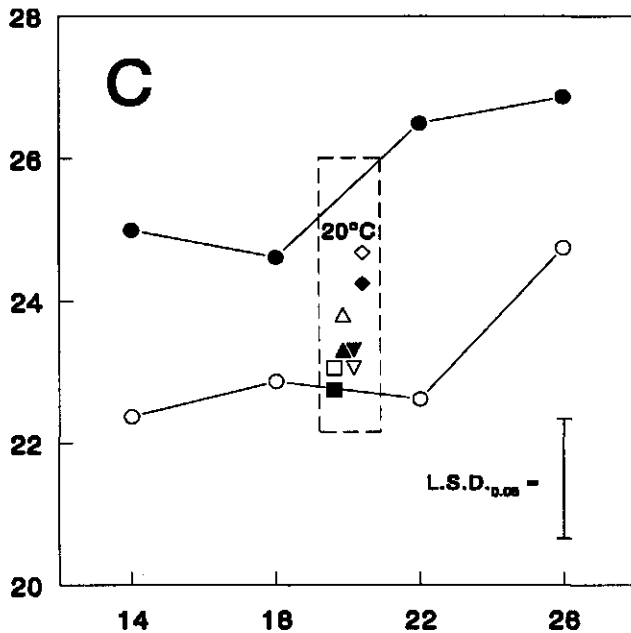
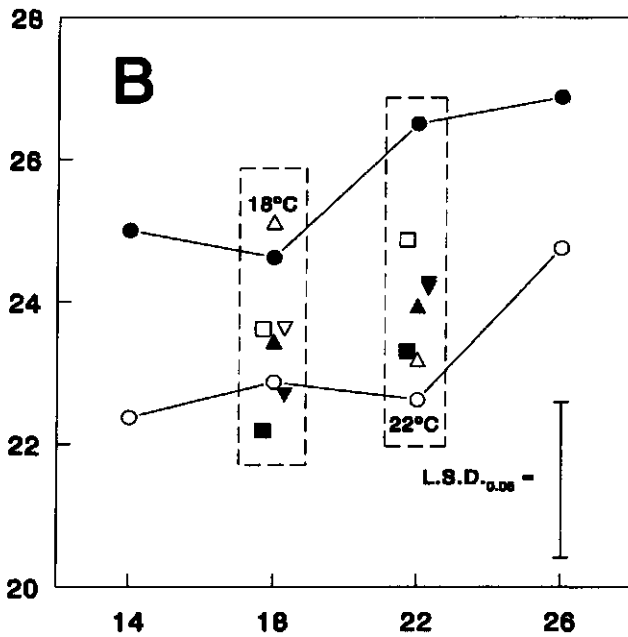
Figuur 14 - Aantal bladeren aan de hoofdscheut na afloop van de temperatuurproef met Kalanchoe.

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

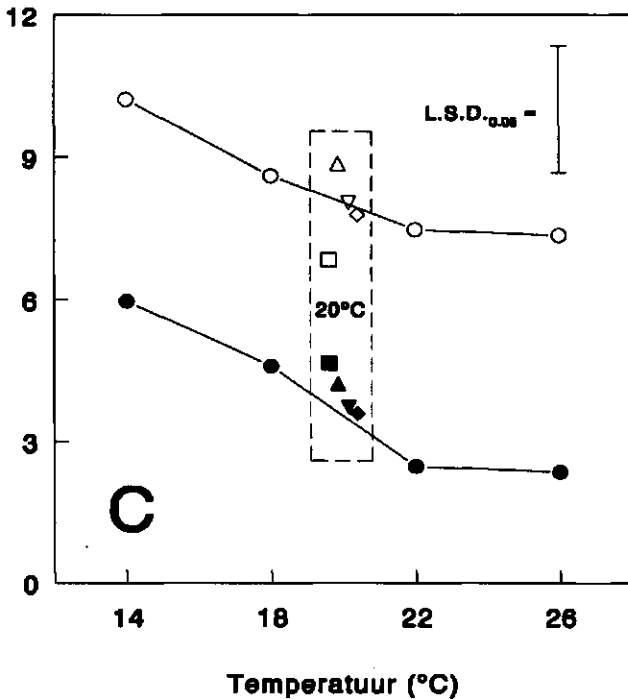
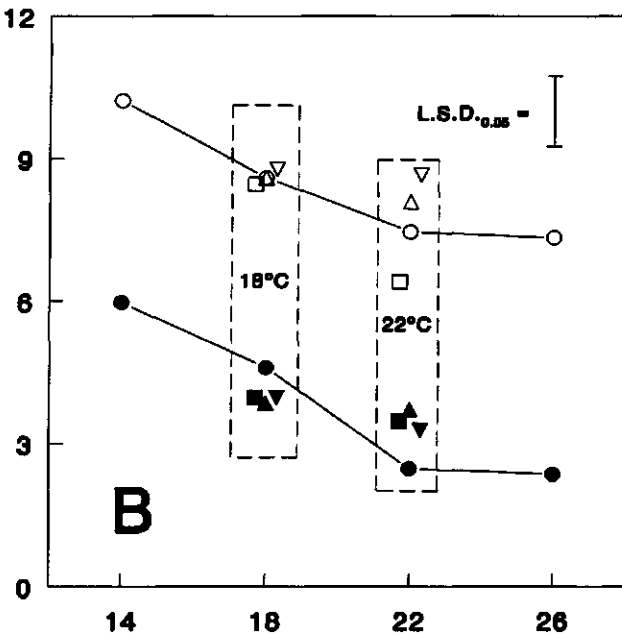
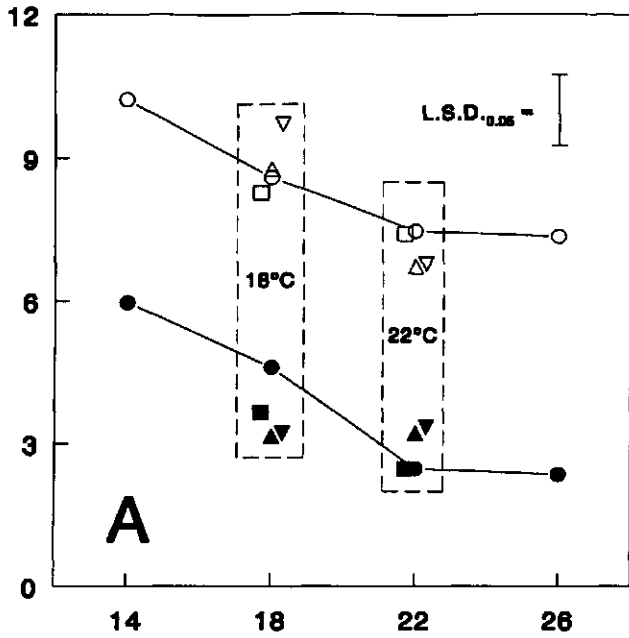
Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.



Temperatuur (°C)



Figuur 15 - Aantal zij scheuten, uitgelopen tijdens de temperatuurproef met Kalanchoe.

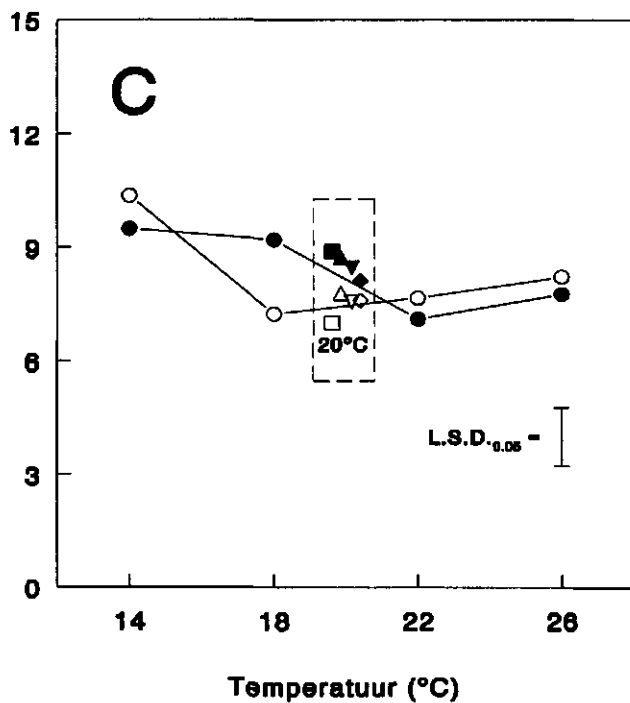
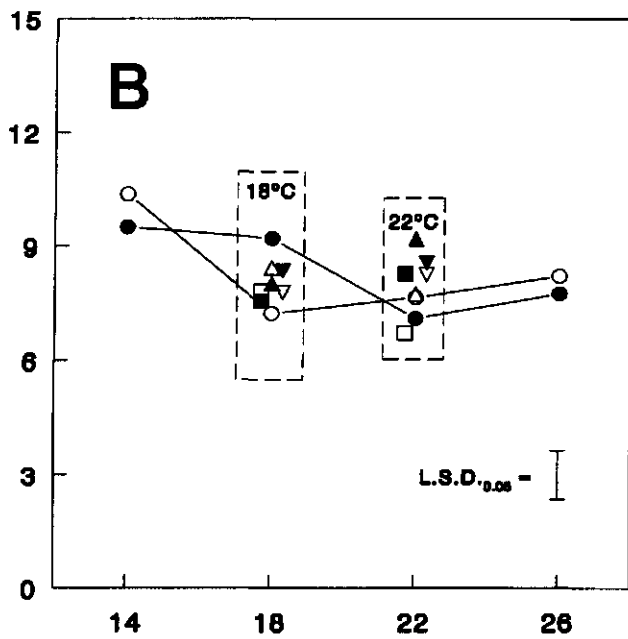
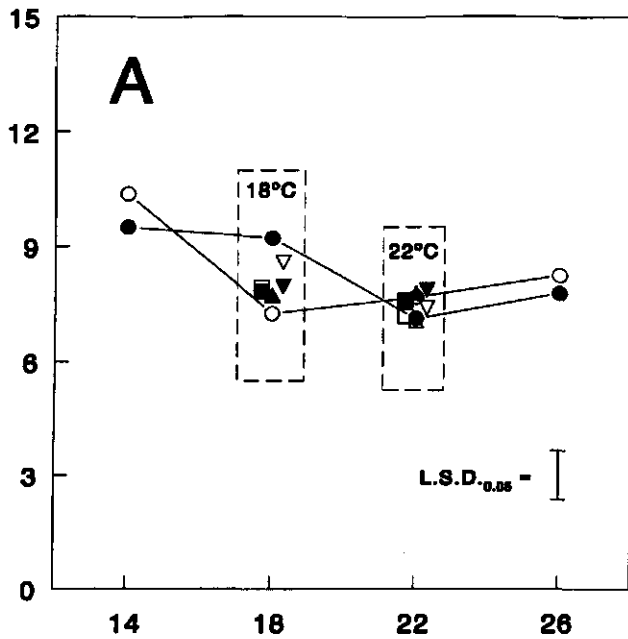
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

Aantal zij scheuten per 100 g versgewicht



Figuur 16 - Aantal zij scheuten per 100 g versgewicht van de scheut bij afloop van de temperatuurproef met Kalanchoe.

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

Figuur 17 - Bloeistadium bij afloop van de temperatuurproef met Kalanchoe.

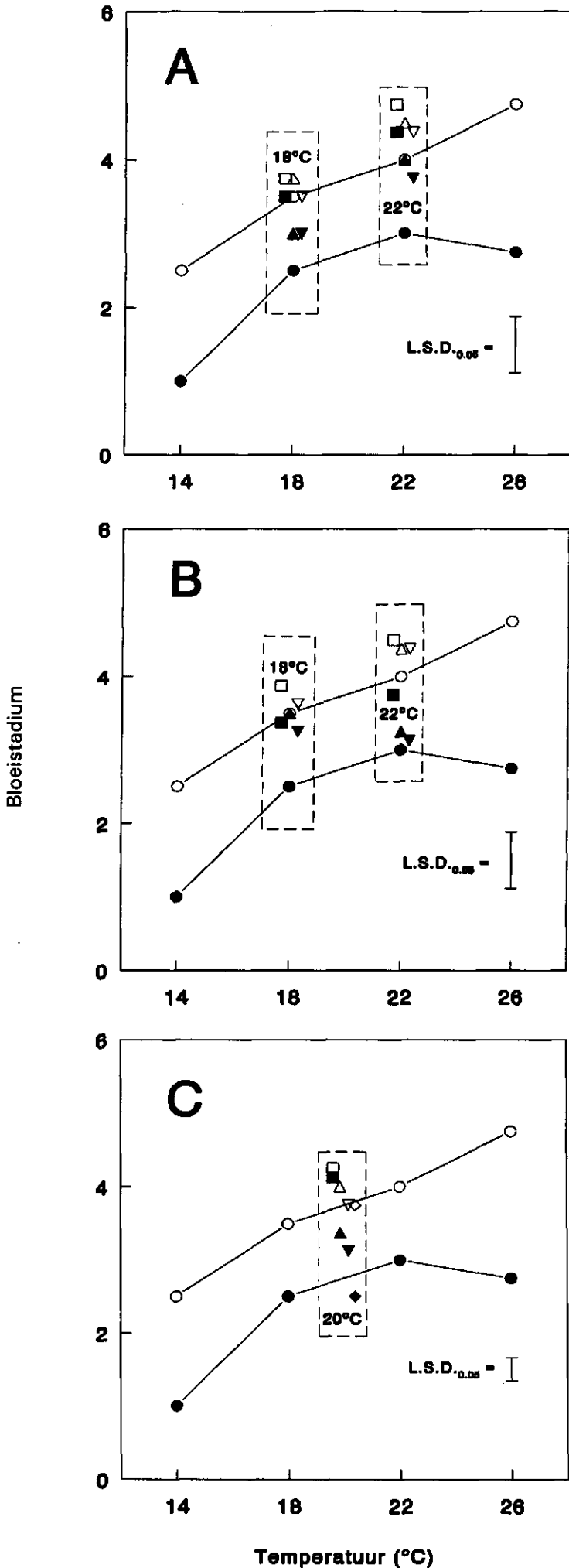
1. eerste gaafrandige blaadjes zichtbaar;
2. knoppen zichtbaar (top);
3. knoppen in zij scheuten;
4. bloemstelen strekken;
5. eerste knoppen kleuren;
6. 3 of meer bloemen open.

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

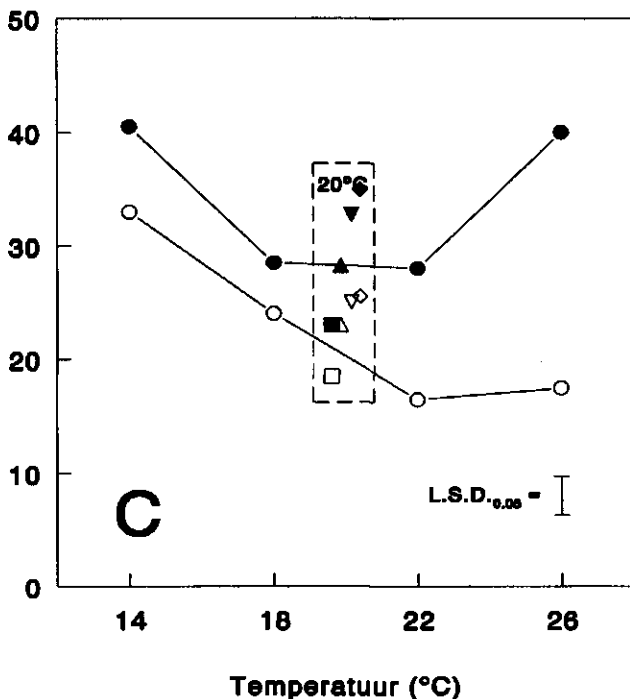
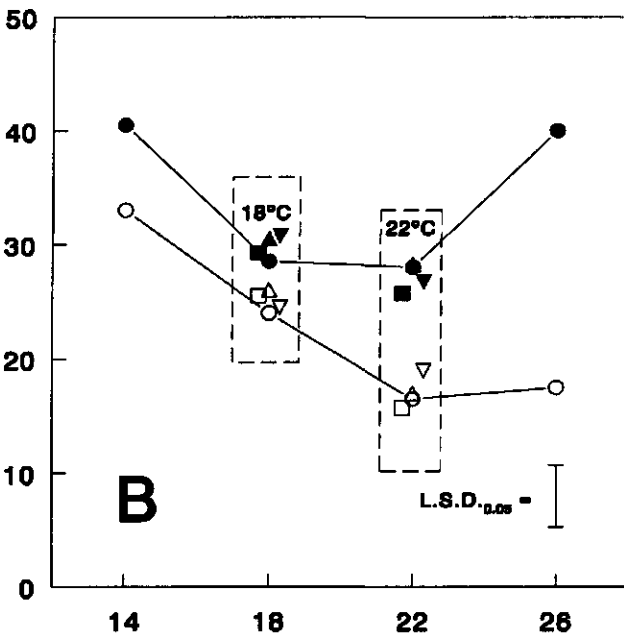
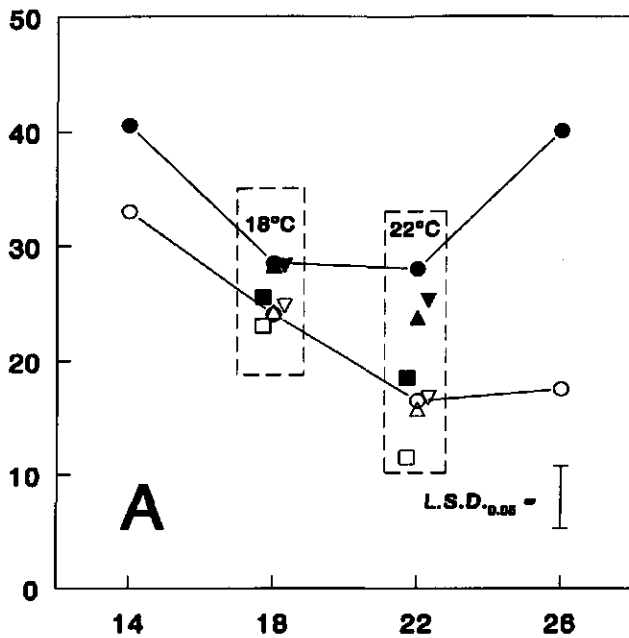
Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.



Veilingrijp (dagen na afloop van de temperatuurproef)



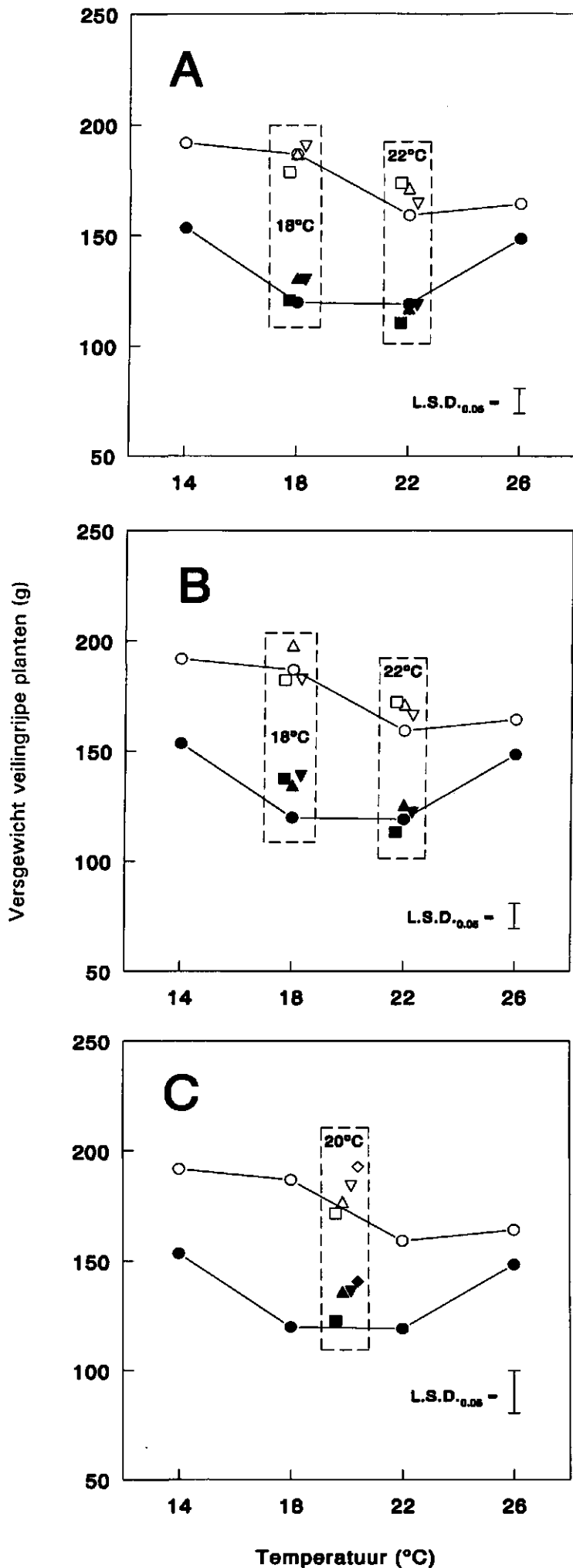
Figuur 18 - Tijdsverloop tussen het einde van de temperatuurproef en het bereiken van het veilingrijpe stadium (dagen).

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.



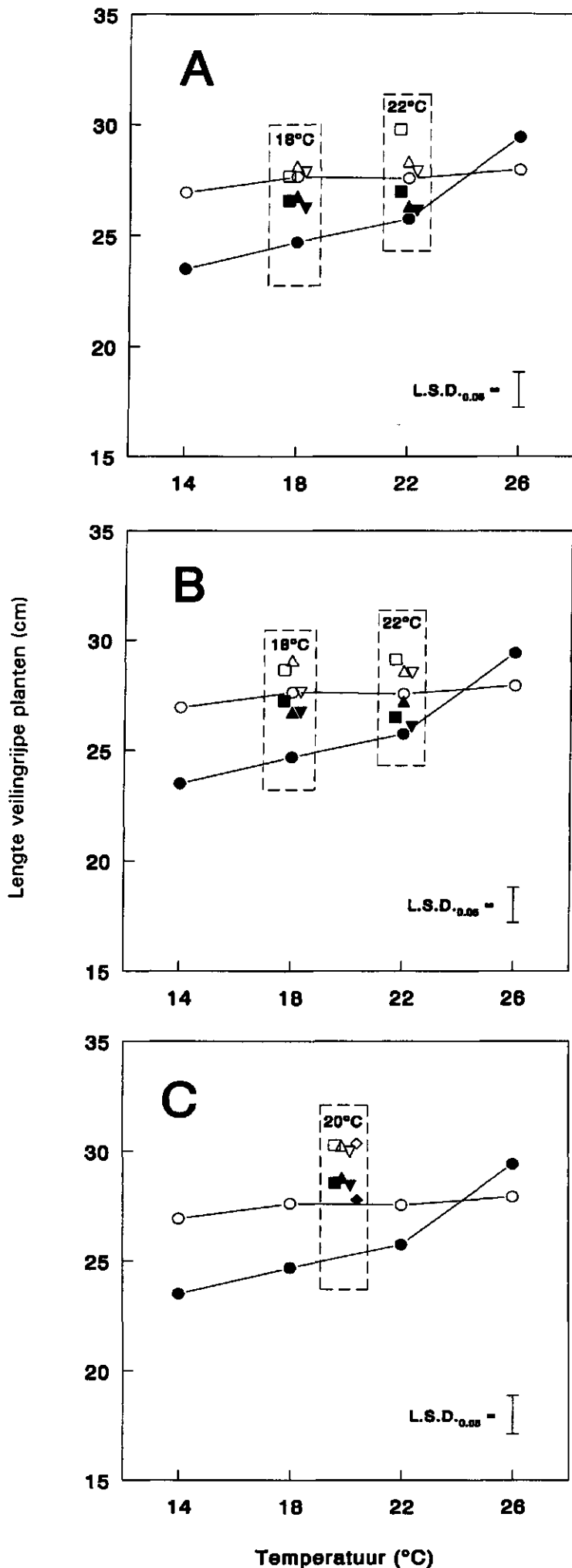
Figuur 19 - Versgewicht van Kalanchoe in het veilingrijpe stadium (g).

Doorgetrokken lijnen:
constante temperaturen
(—○— en —●—).

Open symbolen: hoge
lichtintensiteit; zwarte
symbolen: lage
lichtintensiteit.

Grafiek A en B:
temperatuurafwijkingen van
4°C gedurende respectievelijk
3 (A) en 6 (B) dagen. De
wachtijd tussen een
temperatuurafwijking en de
compensatie ervan bedroeg 0
(■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C:
Temperatuurafwijkingen van
6°C rond een gemiddelde van
20°C gedurende 3 (■), 6 (▲),
9 (▼) of 12 (◆) dagen.



Figuur 20 - Lengte van Kalanchoe in het veilingrijpe stadium (cm).

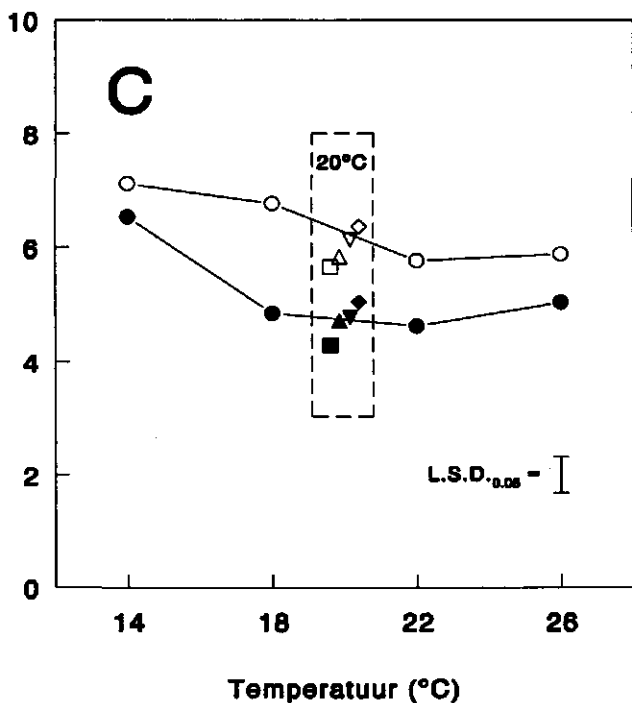
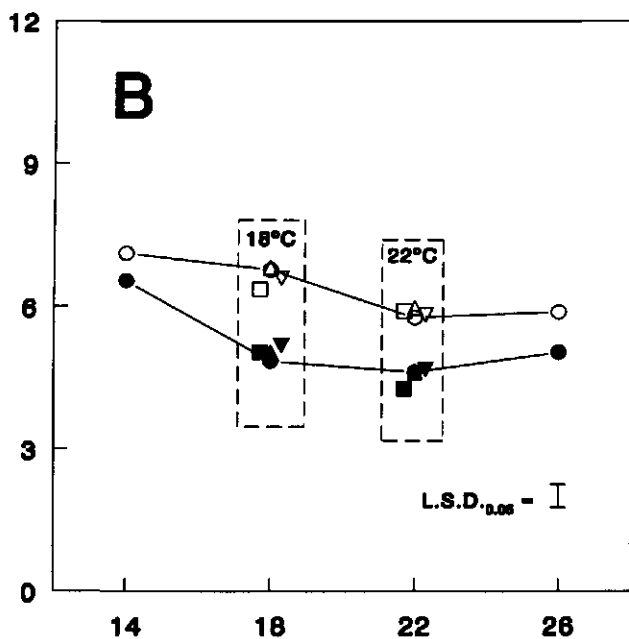
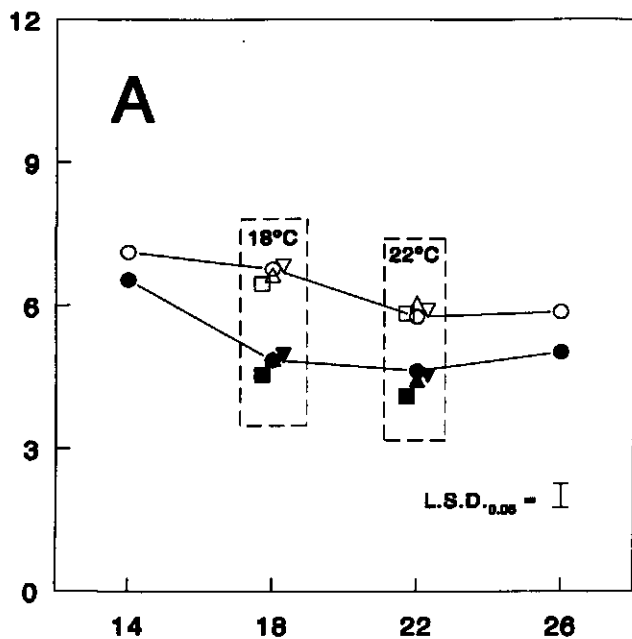
Doorgetrokken lijnen:
constante temperaturen
(—○— en —●—).

Open symbolen: hoge
lichtintensiteit; zwarte
symbolen: lage
lichtintensiteit.

Grafiek A en B:
temperatuurafwijkingen van
4°C gedurende respectievelijk
3 (A) en 6 (B) dagen. De
wachtijd tussen een
temperatuurafwijking en de
compensatie ervan bedroeg 0
(■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C:
Temperatuurafwijkingen van
6°C rond een gemiddelde van
20°C gedurende 3 (■), 6 (▲),
9 (▼) of 12 (◆) dagen.

Compactheid veilingrijpe planten (g cm⁻¹)



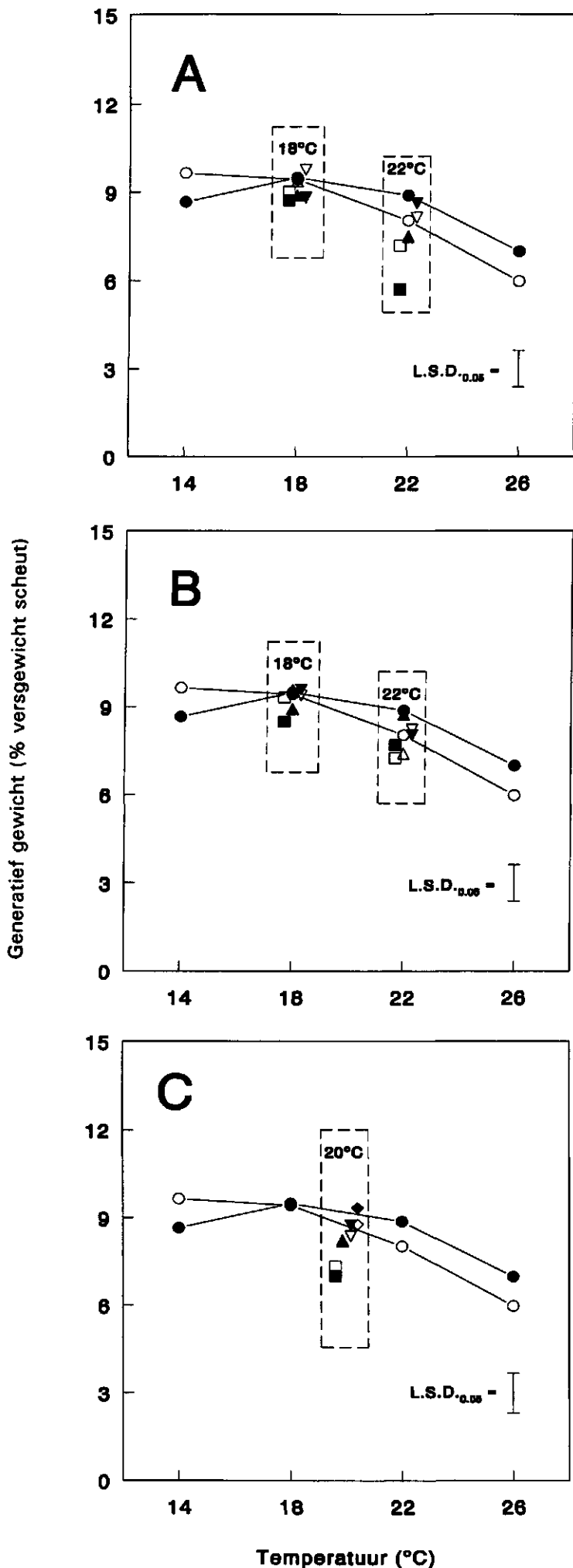
Figuur 21 - Compactheid (g vers cm⁻¹) van Kalanchoe in het veilingrijpe stadium

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.



Figuur 22 - Gewichts-aandeel van de generatieve delen bij Kalanchoe in het veilingrijpe stadium (% versgewicht scheut).

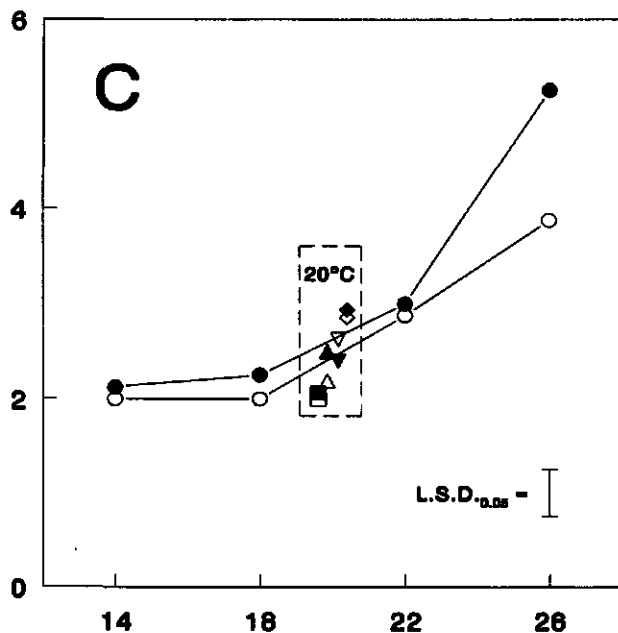
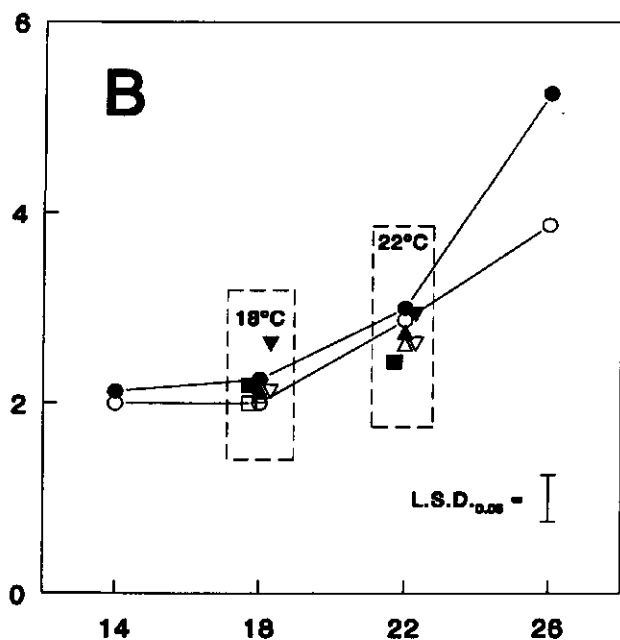
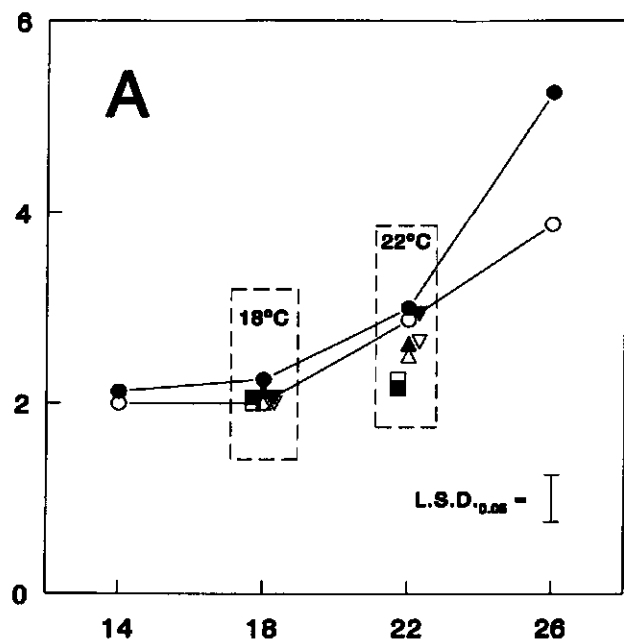
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

Aantal generatieve bladparen (veilingrijp stadium)



Figuur 23 - Aantal gaafrandige bladparen onder de knop bij Kalanchoe in het veilingrijpe stadium.

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

Temperatuur (°C)

3.3 GERBERA

Snijgerbera's worden normaal op glas- of steenwol geteeld. Vanwege de noodzaak om de planten elke drie dagen te verplaatsen is hier in deze proef van afgeweken. In elk verplaatsbaar rekje, de kleinste waarnemingseenheid, stonden 4 planten in 13 cm potten met eb/vloedgrond. Geplaatst op bevoeiingsmatten van ca 4 m² resulteerde dit in een plantdichtheid van ongeveer 11 planten per m². Tevens is in verband met het verplaatsen gekozen voor een kleinblijvend ras ('Illusion').

De temperatuurbehandelingen werden ingezet voordat de planten in productie waren gekomen. Om een zo zuiver mogelijk beeld te krijgen van de behandelingseffecten is pas enkele weken na het in productie komen begonnen met gedetailleerde waarnemingen. De reden om bij de vroegste bloemen het waarnemen te beperken tot het registreren van aantallen is het feit dat deze waarschijnlijk al in aanleg aanwezig waren voor het begin van de behandelingen. Aan het eind van de proef is door middel van destructieve waarneming gekeken naar effecten op de grootte van de plant en het aantal zichtbare bloemen en knoppen in het hart. Hierdoor ontstaat een indruk van effecten op de potentiële productie op langere termijn.

3.3.1 Snelheid van in productie komen

Deze grootte werd bepaald door na te gaan hoe lang het duurde voordat een rekje met 4 planten ook 4 bloemen had geproduceerd. Er bleek nogal wat variatie op te treden, wat waarschijnlijk verband houdt met het kleine aantal betrokken planten. De planten bij 26°C leken eerder in bloei te komen dan die bij de overige drie temperaturen (Figuur 24). Er was geen systematisch effect van licht aanwijsbaar.

Met betrekking tot effecten van behandelingen met wisselende temperaturen is de tendens aanwijsbaar dat zowel bij temperatuurafwijkingen gedurende 6 dagen (Figuur 24B) als wisselingen tussen 14 en 26°C (Figuur 24C) de bloei bij hoge lichtintensiteit met enkele dagen wordt vervroegd. Bij afwijkingen van 3 dagen deed dit effect zich niet voor (Figuur 24A).

3.3.2 Lengte van de bloemen

De lengte van de bloemstelen werd niet beïnvloed door het temperatuurniveau (Figuur 25A). Het lichtniveau speelde daarentegen wel een belangrijke rol: bij laag lichtniveau werden de stelen langer dan bij hoog lichtniveau.

Effecten van temperatuurwisselingen op de lengte van de bloemen verschilden met het lichtniveau: bij weinig licht werden de stelen korter; bij meer licht ontstonden juist langere stelen (Figuur 25A, B). Een uitzondering hierop werd gevormd door groepen planten die tussen 14 en 26°C werden gewisseld (Figuur 25C). In dit geval trad wel de verkorting bij laag lichtniveau op, bij hoog licht werden de stelen echter niet langer.

3.3.3 Gewicht per bloem

Uit Figuur 26 blijkt er een negatief verband te bestaan tussen de (gemiddelde) temperatuur en het gewicht per bloem: de bloemen werden minder zwaar naarmate de temperatuur hoger was. Dit effect was het duidelijkst bij lage lichtintensiteit; bij hoge lichtintensiteit bleek het bloemgewicht boven 18°C niet verder af te nemen.

Evenals het geval was voor steellengte, hadden temperatuurwisselingen geen eenduidig effect op het gewicht per bloem. Afwijkingen van 4°C rond een gemiddelde van 18 of 22°C resulteerden bij laag lichtniveau steeds in iets lichtere bloemen, terwijl bij hoog lichtniveau de bloemen juist relatief zwaar werden (Figuur 26A, B). Dit effect was onafhankelijk van de hoogte van de gemiddelde temperatuur en de wachttijd. Temperatuurwisselingen tussen 14 en 26°C veroorzaakten wel de geconstateerde afname van het bloemgewicht bij lage lichtintensiteit, maar niet de toename bij hogere lichtintensiteit (Figuur 26C).

3.3.4 Doorsnede van de bloemen

Als algemeen effect van het temperatuurniveau gold dat bloemen geteeld bij 14°C een grotere doorsnede hadden dan bij hogere temperaturen (Figuur 27). Verder bleken de planten bij een temperatuur van 26°C bij lage lichtintensiteit relatief kleine bloemen te geven. Het algemene beeld van de temperatuurresponscurve vertoont gelijkenis met dat van het gewicht per bloem (Figuur 26).

Wisselende temperaturen resulteerden bij hoge lichtintensiteit in alle gevallen in een grotere bloemdiameter. Bij lage lichtintensiteit was het effect afhankelijk van het gemiddelde temperatuurniveau: grotere bloemen bij 18°C (Figuur 27A, B); geen effect bij 20°C (Figuur 27C); een vermindering bij gemiddeld 22°C (fig 27 A, B).

3.3.5 Aantal geoogste bloemen (periode dag 236 - 305)

Met betrekking tot het aantal geoogste bloemen bleek dat de productie per rekje van 4 planten toenam met het temperatuurniveau (fig 28). Het stimulerende effect van hogere temperaturen was sterker bij het hoge dan bij het lage lichtniveau: bij 14°C was er geen effect van lichtniveau, terwijl bij 22 en 26°C het verschil in productieniveau statistisch significant was.

Temperatuurafwijkingen van 4°C rond een gemiddelde van 18 of 22°C hadden geen effect op het aantal geproduceerde bloemen (Figuur 28A, B). Wisselingen tussen 14 en 26°C bleken bij hoog lichtniveau extra bloemen op te leveren, bij laag lichtniveau was dit niet het geval (fig 28C).

3.3.6 Verhouding gewicht / lengte van de bloemen

Wordt het gewicht van een bloem gedeeld door de lengte, dan ontstaat een indruk

van de verschijningsvorm: zijn de bloemen in goed in verhouding, of zijn ze eventueel 'iel' of juist gedrongen geworden? De bloemen bleken naar verhouding lichter te worden naarmate de teelttemperatuur hoger was (Figuur 29). Hierbij was er sprake van een interactie met het lichtniveau, waarbij de afname van de gewicht/lengteverhouding met toename van de temperatuur bij hoog lichtniveau minder sterk optrad.

Temperatuurwisselingen bleken, op één uitzondering na, geen invloed te hebben op deze verhouding. Alleen afwijkingen van 4°C rond een gemiddelde van 18°C resulteerden in een aantal gevallen in een duidelijke toename van het versgewicht per cm lengte (Figuur 29A, B). Hierbij hadden afwijkingen van 3 dagen meer effect dan afwijkingen van 6 dagen.

3.3.7 Cumulatief gewicht van de bloemen

Het effect van het temperatuurniveau op het gesommeerde gewicht van de bloemen per rekje van 4 planten, geplukt in de periode van dag 274-305, bleek sterk afhankelijk te zijn van het lichtniveau (Figuur 30). Bij het hoge lichtniveau nam de totale productie toe met het temperatuurniveau; bij laag lichtniveau was er geen sprake van een duidelijk effect, hooguit een geringe trend van een optimum bij 18°C en een daling bij hogere temperatuurniveaus.

Wisselende temperaturen bleken geen duidelijk aanwijsbaar effect te hebben op de totale gewichtsproductie. Wel bleken wisselende temperaturen in combinatie met een hoog lichtniveau vaker tot hogere gewichten te leiden (11 van de 16 gevallen, waarvan 3 significant) dan in combinatie met een laag lichtniveau (5 van de 16 gevallen, geen significant).

3.3.8 Versgewicht van de bovengrondse delen

Na 72 dagen blootstelling aan temperatuurwisselingen zijn van de belangrijkste behandelingen de planten geoogst en gewogen. Verschillen in eindgewicht kunnen een indicatie geven over mogelijke effecten van de behandelingen op toekomstige productie. De gemeten eindgewichten bleken een positief verband te vertonen met het temperatuurniveau: tussen 14 en 26°C was er ongeveer sprake van een verdubbeling (Figuur 31). Bij hoge lichtintensiteit bleken de planten ruim 30% zwaarder te zijn geworden dan bij het lage lichtniveau. Temperatuurafwijkingen van 4°C rond een gemiddelde van 18 of 22°C hadden geen effect op de zwaarte van de planten aan het einde van het experiment.

3.3.9 Gehalte aan droge stof

Het percentage droge stof in de bovengrondse delen van de planten bij beëindiging van het experiment bleek bij 14 en 18°C hoger te liggen dan bij hogere teelttemperaturen (Figuur 32). Verder vertoonden de planten die bij een hoge lichtintensiteit hadden gestaan een hoger percentage droge stof dan planten bij laag lichtniveau.

Planten opgekweekt bij wisselende temperaturen hadden over het algemeen een gehalte aan droge stof dat overeenkwam met dat van planten afkomstig uit behandelingen met constante temperaturen. In twee gevallen werd een significant lager percentage droge stof gevonden: bij afwijkingen van 6 dagen rond 18°C bij laag lichtniveau en van 6 dagen rond 22°C bij hoog lichtniveau.

3.3.10 Aantal knoppen en bloemen na afloop van de temperatuur-behandelingen

Het lichtniveau tijdens de teelt bleek een sterke invloed te hebben op het aantal knoppen en bloemen dat aan het eind van de proef in het hart van de planten werd geteld (Figuur 33). Bij hoog lichtniveau werden over het geheel genomen bijna tweemaal zo veel knoppen en bloemen geteld als bij laag lichtniveau. Verder was er bij laag lichtniveau een lichte daling te zien met stijging van temperatuur, bij hoog lichtniveau had het verband met het temperatuurniveau de vorm van een optimumkromme met een maximum in de buurt van 18°C.

Wisselende temperaturen hadden geen betrouwbaar effect op het aantal bloemen en knoppen bij de eindwaarneming.

3.3.11 Aantal geaborteerde knoppen

De gegevens over aantallen geaborteerde knoppen aan het eind van de proef vertoonden een grote spreiding, mogelijk vanwege de kleine aantallen (Figuur 34). Effecten van temperatuur, lichtniveau of temperatuurwisselingen werden hierdoor niet gedetecteerd.

3.3.12 Beoordeling van de bloemen na 48 uur droogstaan

Een belangrijk onderdeel van de standaard referentietoets voor Gerbera is de kwaliteitsbeoordeling na 48 uur droogstaan. In dit geval bleek met name het doorbuigen van de stengel door turgorverlies de oorzaak van minder gunstige beoordelingen. Overigens herstelden de bloemen zich in alle gevallen weer snel nadat ze waren ingekort en in het water waren gezet. Er bestonden geen grote verschillen in beoordeling tussen bloemen afkomstig van verschillende licht- en temperatuurniveaus (Figuur 35). Opvallend is een groot verschil in beoordeling tussen bloemen bij 14 en 18°C afkomstig van het lage lichtniveau. Dit contrast maakte niet duidelijk deel uit van een algemene trend, en is waarschijnlijk door toeval veroorzaakt. Wisselende temperaturen hadden geen negatieve invloed op de beoordeling. Bij wisselingen tussen 14 en 26°C was er zelfs sprake van een positief effect (Figuur 35B).

3.3.13 Vaasleven

De naoogstkwaliteit van de bloemen bleek een licht dalende trend te vertonen met stijging van het temperatuurniveau. Duidelijker was het effect van lichtniveau: bloemen gekweekt bij hoog lichtniveau stonden 1 à 2 dagen langer dan die

afkomstig uit minder lichtrijke kassen (Figuur 36).

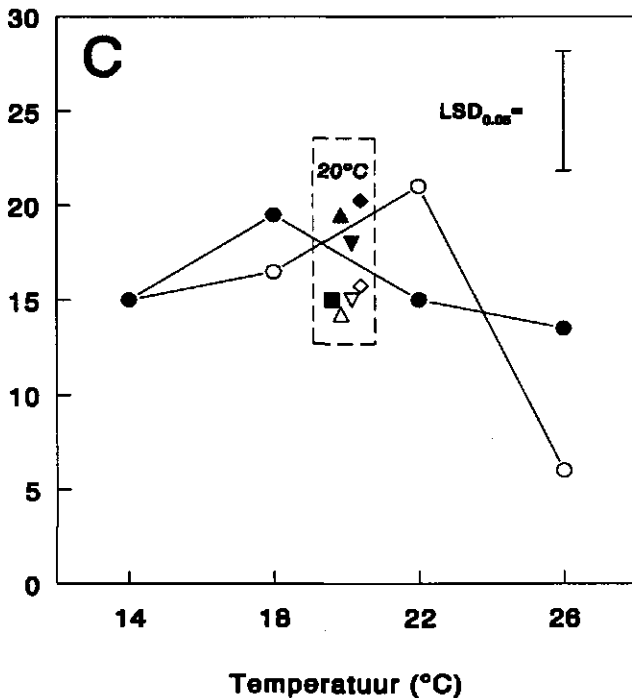
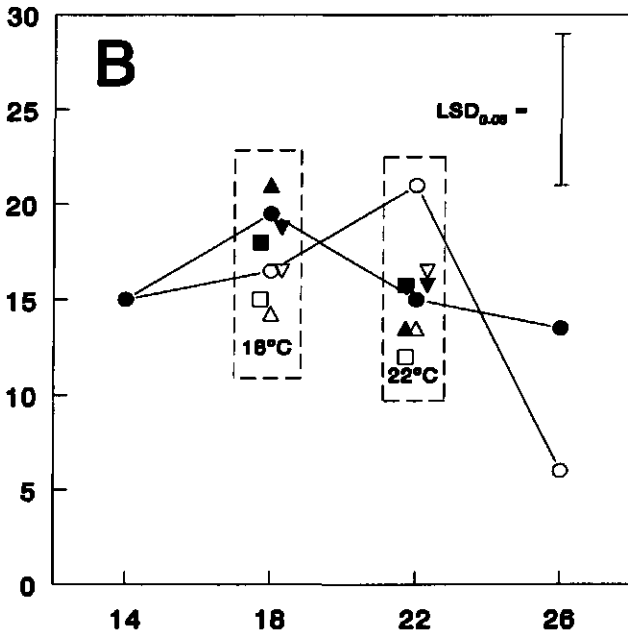
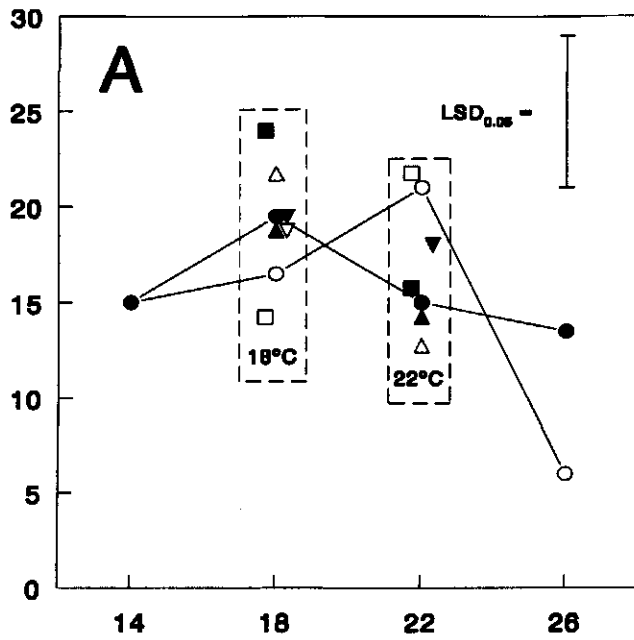
Temperatuurwisselingen resulteerden in een gelijke of iets minder lange houdbaarheid (alleen significant lager in het geval van wisselingen tussen 14 en 26°C om de 3 dagen bij hoog lichtniveau).

3.3.14 Vergelijking met resultaten van voorafgaande proeven

Uit de hier gerapporteerde proef blijkt een duidelijke invloed van het lichtniveau op de effecten van temperatuurwisselingen bij gerbera. Bij hoog lichtniveau resulteerden de behandelingen in een stimulerend effect wat betreft lengte, gewicht, doorsnede van de bloem en aantal bloemen. Bij laag lichtniveau was van een stimulerend effect geen sprake. In de eerste serie proeven is over het geheel genomen weinig effect van de temperatuurbehandelingen geconstateerd (Buwalda et al., 1996). Het kleine negatieve effect van wisselende temperaturen in de eerste serie experimenten op bijvoorbeeld het gewicht per eenheid lengte van de bloem suggereert dat die resultaten het best vergeleken kunnen worden met het lage lichtniveau in het in dit rapport beschreven experiment.

Wat betreft houdbaarheid lijkt het erop dat voor de gestimuleerde productie bij hoge lichtintensiteit een prijs betaald moet worden in de vorm van een verkorting van het vaasleven met 5 - 10%. Als dit effect ook onder meer realistische teeltomstandigheden zou optreden, dan zou dat voor rassen met een geringe houdbaarheid problemen met de referentietoets kunnen opleveren.

Eerste Bloem (dagen na start temperatuurbehandeling)



Figuur 24 - Eerste bloem plukrijp (uitgedrukt in aantal dagen na aanvang van de temperatuurbehandelingen).

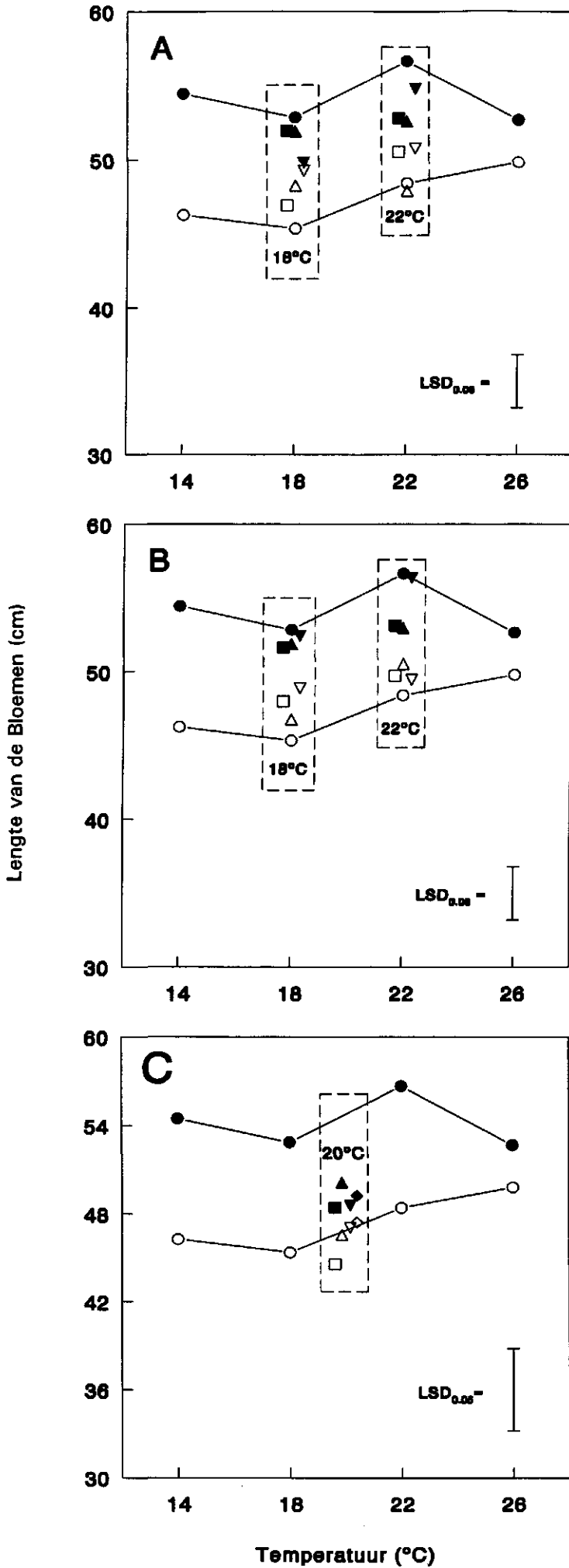
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

Figuur 25 - Lengte van de bloemen (cm).



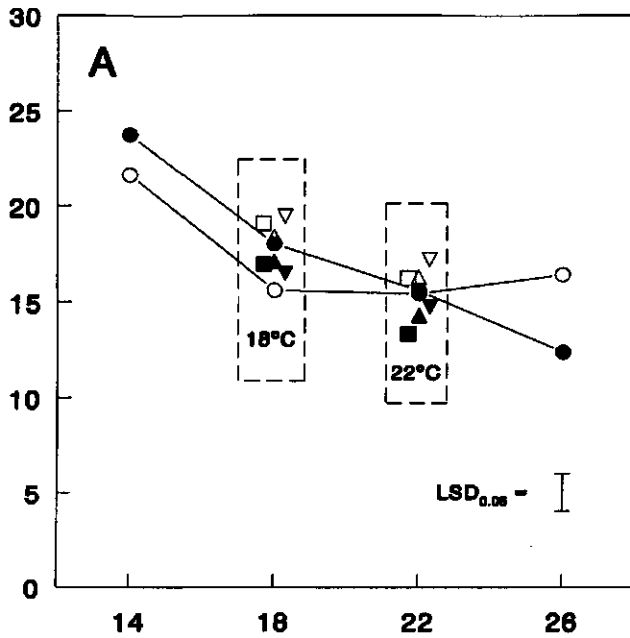
Doorgetrokken lijnen:
constante temperaturen
(—○— en —●—).

Open symbolen: hoge
lichtintensiteit; zwarte
symbolen: lage
lichtintensiteit.

Grafiek A en B:
temperatuurafwijkingen van
4°C gedurende respectievelijk
3 (A) en 6 (B) dagen. De
wachtijd tussen een
temperatuurafwijking en de
compensatie ervan bedroeg 0
(■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C:
Temperatuurafwijkingen van
6°C rond een gemiddelde van
20°C gedurende 3 (■), 6 (▲),
9 (▼) of 12 (◆) dagen.

Gewicht van de Bloemen (g vers)

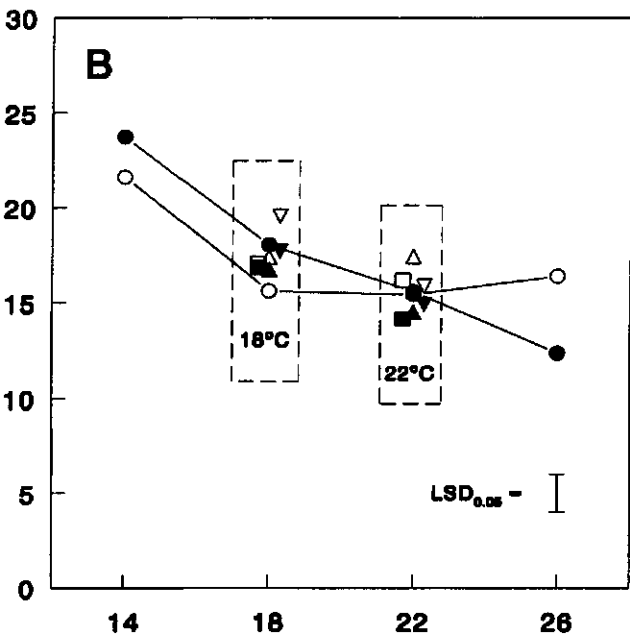


Figuur 26 - Gewicht van de bloemen (g vers).

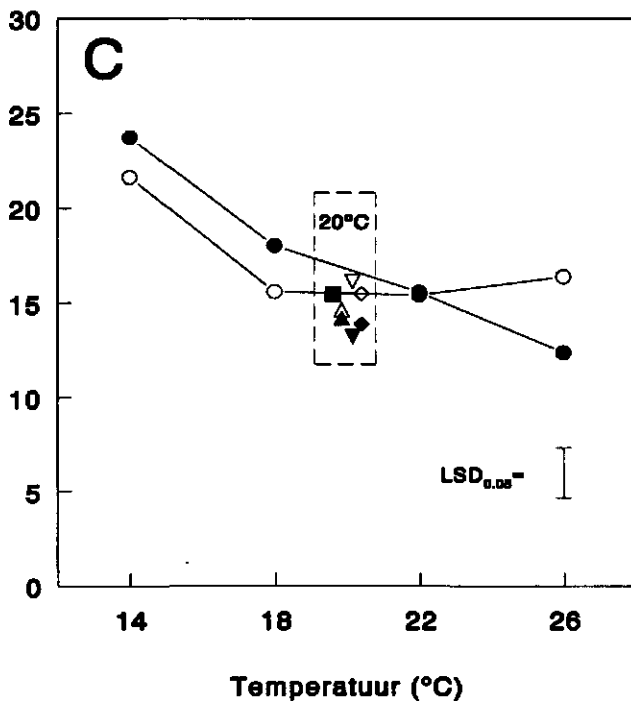
Doorgetrokken lijnen:
constante temperaturen
(—○— en —●—).

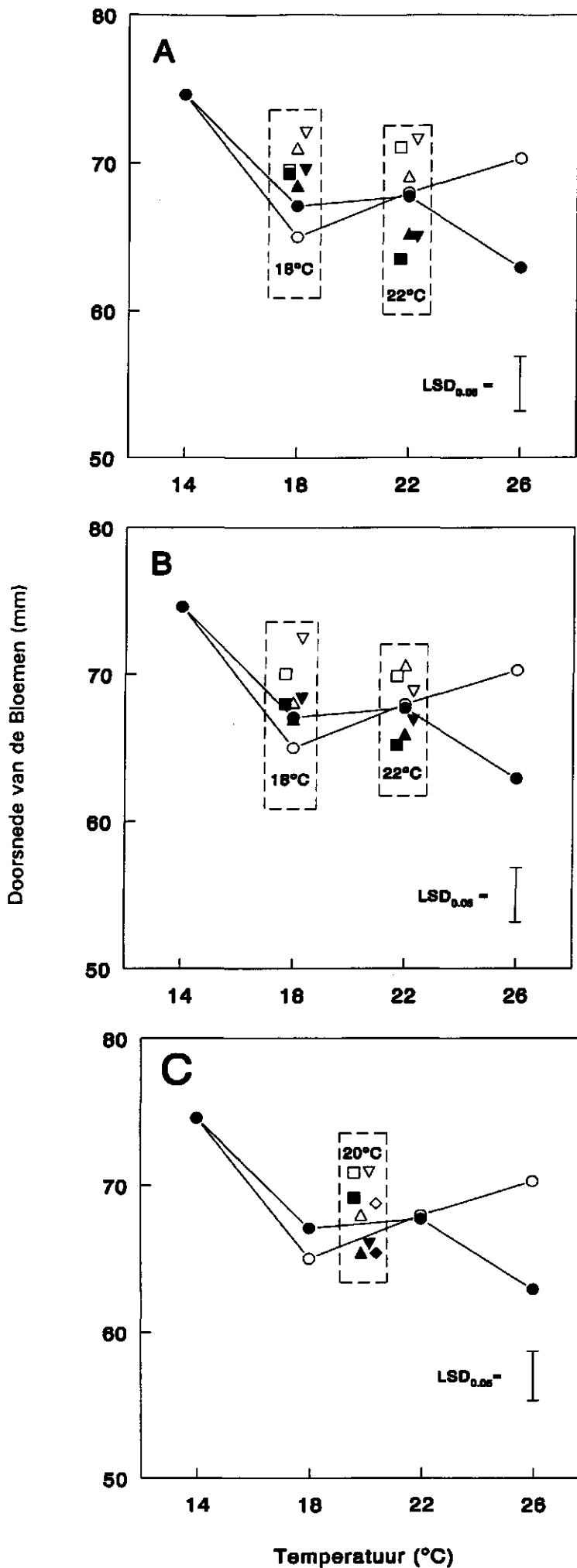
Open symbolen: hoge
lichtintensiteit; zwarte
symbolen: lage
lichtintensiteit.

Grafiek A en B:
temperatuurafwijkingen van
4°C gedurende respectievelijk
3 (A) en 6 (B) dagen. De
wachtijd tussen een
temperatuurafwijking en de
compensatie ervan bedroeg 0
(■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.



Grafiek C:
Temperatuurafwijkingen van
6°C rond een gemiddelde van
20°C gedurende 3 (■), 6 (▲),
9 (▼) of 12 (◆) dagen.





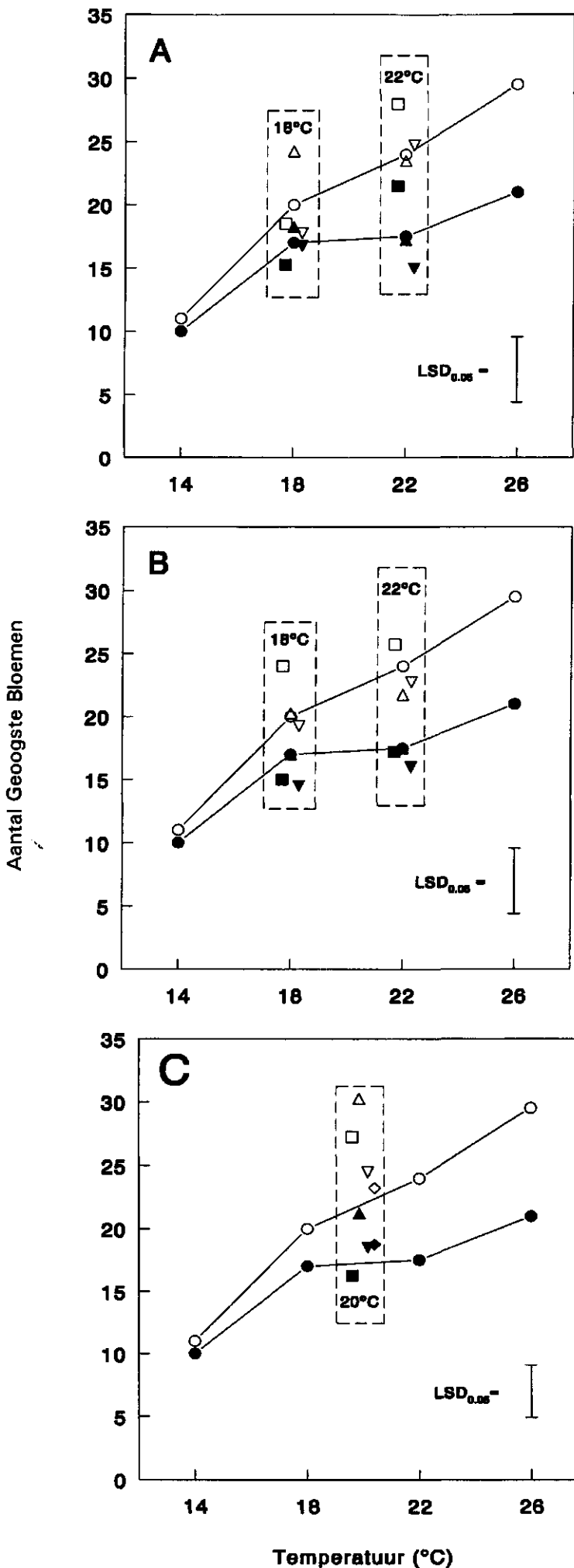
Figuur 27 - Doorsnede van de bloemen (mm).

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.



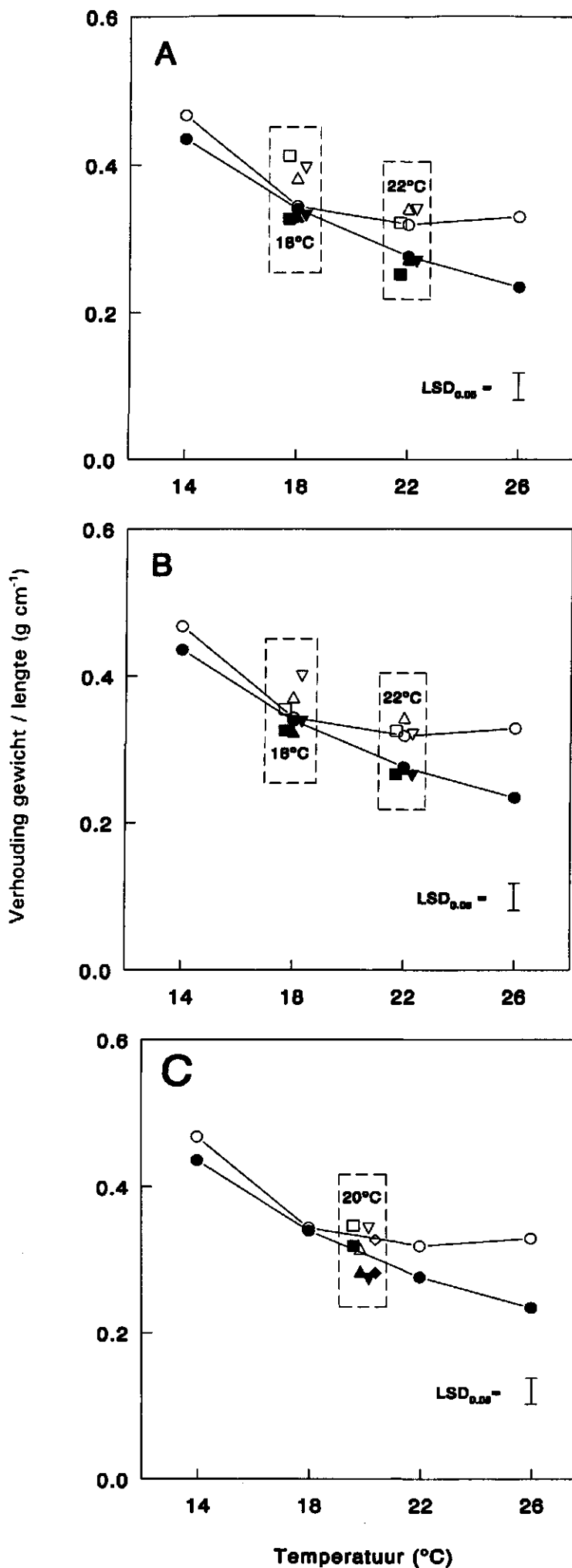
Figuur 28 - Aantal geoogste bloemen in de periode van dag 236 t/m 305 (per eenheid van 4 planten).

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.



Figuur 29 - Verhouding gewicht / lengte van de bloemen (g cm⁻¹).

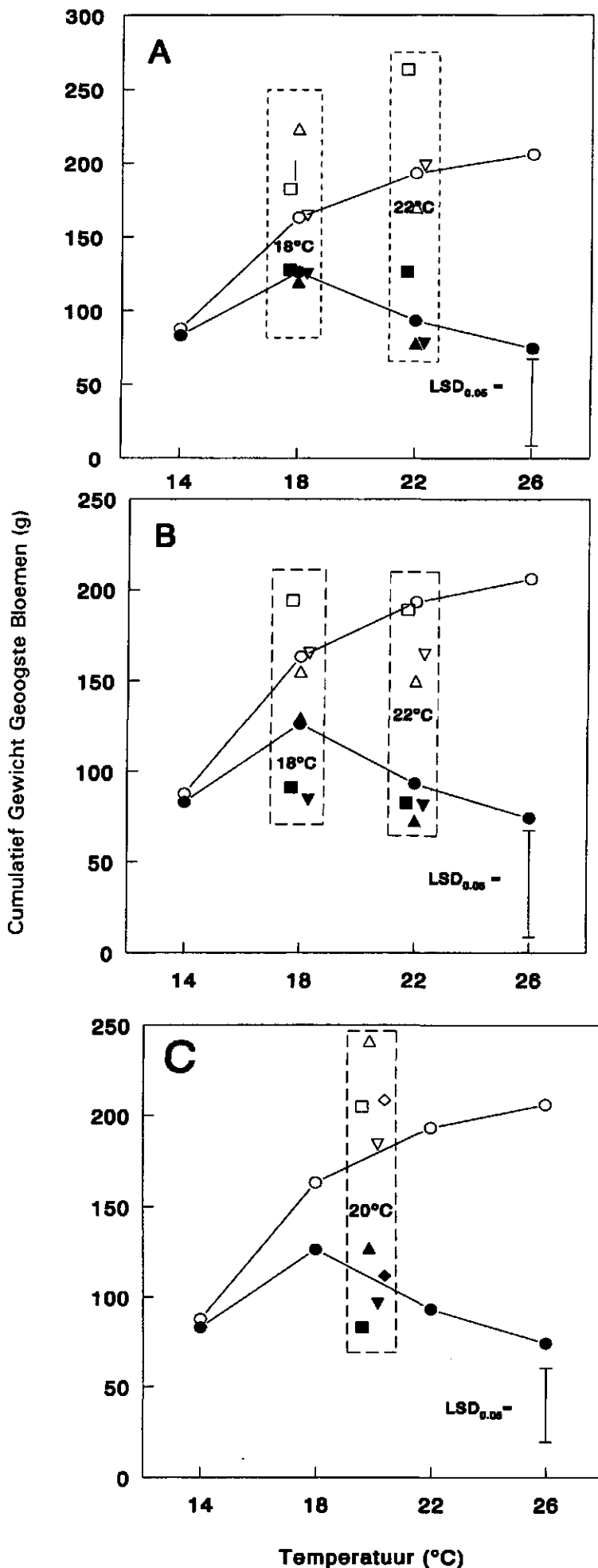
Doorgetrokken lijnen:
constante temperaturen
(—○— en —●—).

Open symbolen: hoge
lichtintensiteit; zwarte
symbolen: lage
lichtintensiteit.

Grafiek A en B:
temperatuurafwijkingen van
4°C gedurende respectievelijk
3 (A) en 6 (B) dagen. De
wachtijd tussen een
temperatuurafwijking en de
compensatie ervan bedroeg 0
(■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C:
Temperatuurafwijkingen van
6°C rond een gemiddelde van
20°C gedurende 3 (■), 6 (▲),
9 (▼) of 12 (◆) dagen.

Figuur 30 - Cumulatief gewicht van de bloemen, geoogst in de periode van dag 274 tot 305 (g per eenheid van 4 planten).

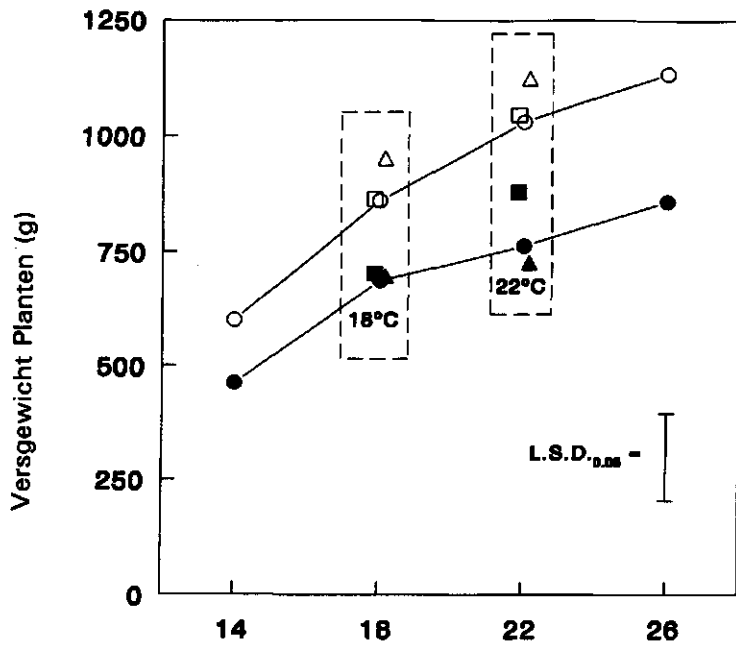


Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

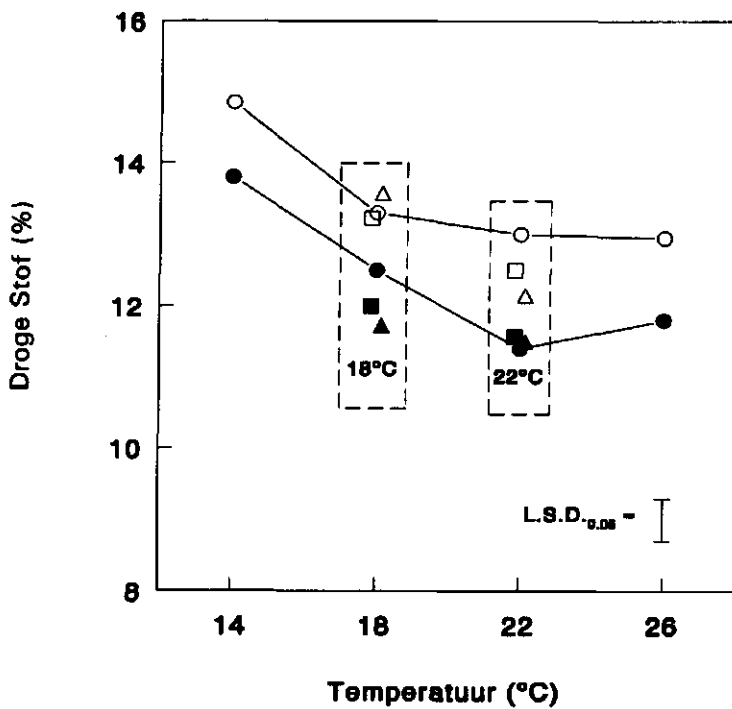


Figuur 31 - Versgewicht van de bovengrondse plantendelen na afloop van de temperatuurbehandelingen (g per 4 planten).

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

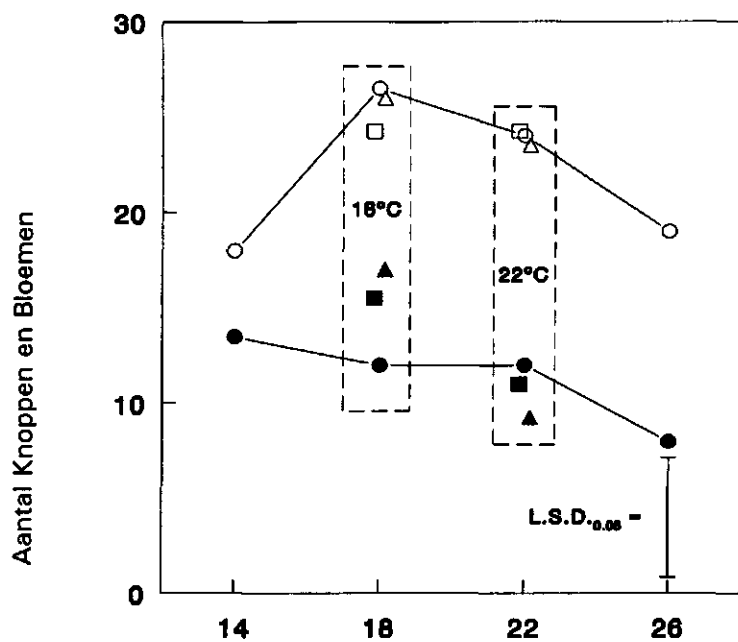
Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (■) en 6 (▲) dagen.



Figuur 32 - Gehalte aan droge stof (%) van de bovengrondse delen na afloop van de temperatuurbehandelingen.

Verklaring symbolen: zie Figuur 31.

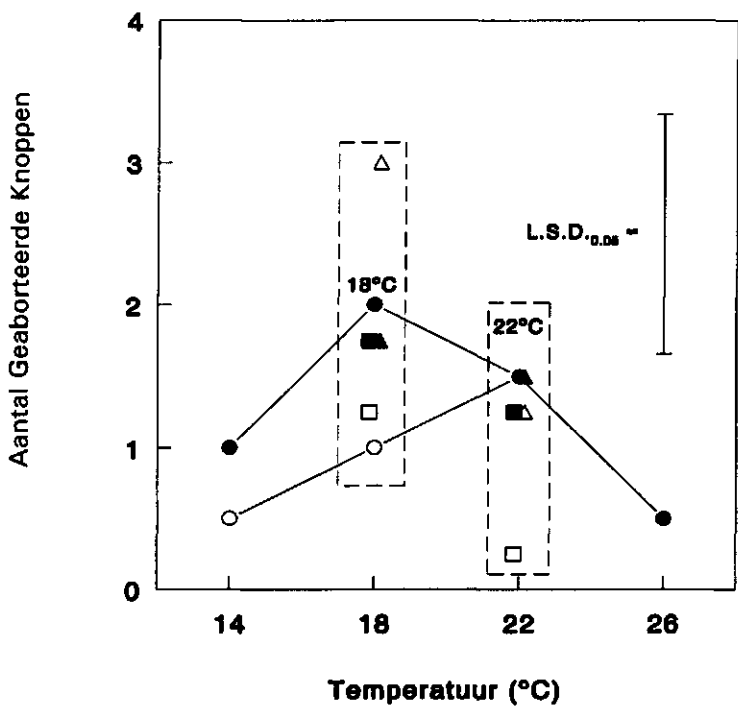


Figuur 33 - Aantal knoppen en bloemen na afloop van de temperatuurbehandelingen (per 4 planten).

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

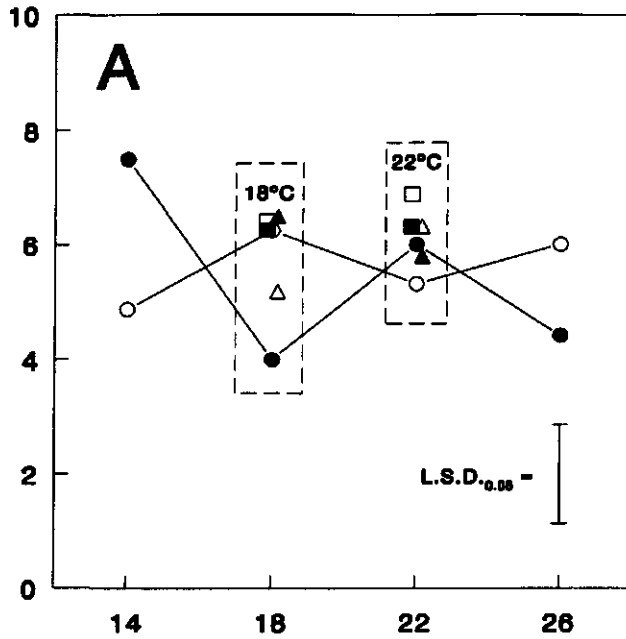
Temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (■) en 6 (▲) dagen.



Figuur 34 - Aantal geaborteerde knoppen na afloop van de temperatuurbehandelingen.

Voor verklaring symbolen: zie Figuur 33.

Beoordeling na 48 uur Droogstaan



Figuur 35 - Beoordeling van de bloemen na 48 uur droog bewaren (referentietoets).

Waardering:

10 = volledig turgecent

8 = 30 - 60° doorbuigen

6 = 90 - 120° doorbuigen

4 = 150 - 180° doorbuigen

Doorgetrokken lijnen:

constante temperaturen

(—○— en —●—).

Open symbolen: hoge

lichtintensiteit; zwarte

symbolen: lage

lichtintensiteit.

Grafiek A:

Temperatuurafwijkingen van

4°C gedurende respectievelijk

3 (■) en 6 (▲) dagen.

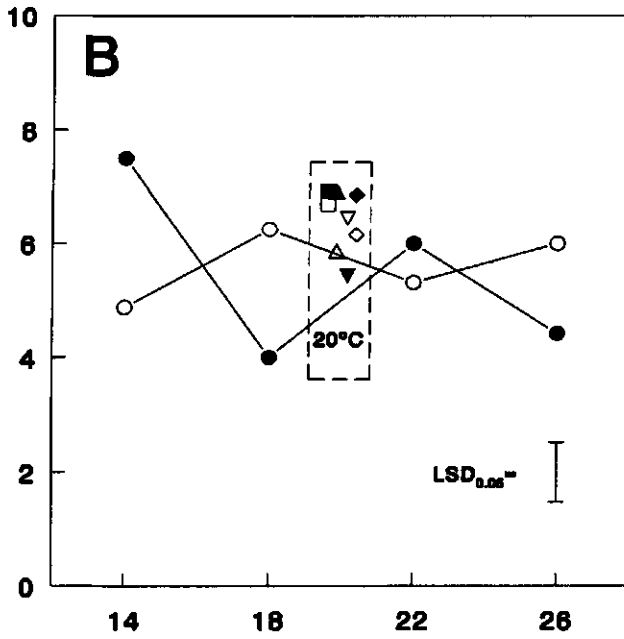
Grafiek B:

Temperatuurafwijkingen van

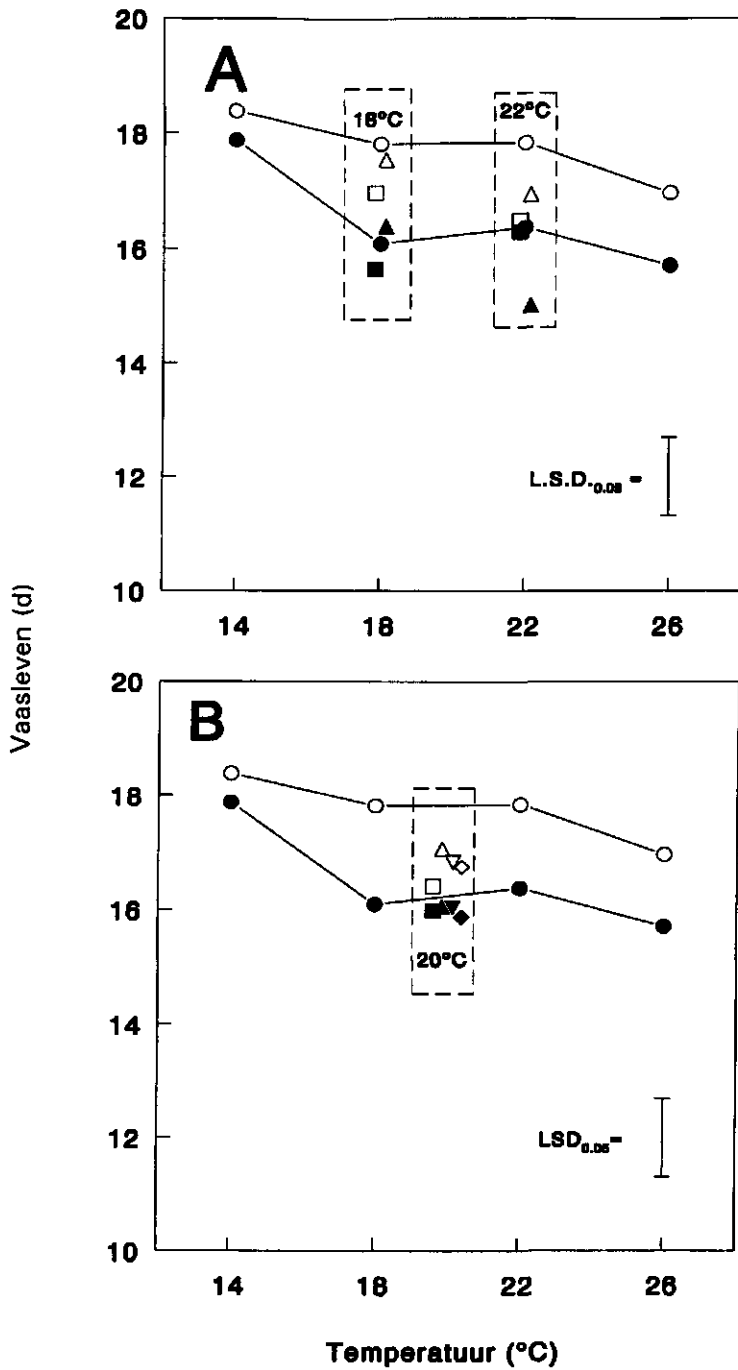
6°C rond een gemiddelde van

20°C gedurende 3 (■), 6 (▲),

9 (▼) of 12 (◆) dagen.



Temperatuur (°C)



Figuur 36 - Vaasleven in een gestandaardiseerde uitbloeiruimte (d).

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A: Temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (■) en 6 (▲) dagen.

Grafiek B: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

3.4 ROOS

De roos wordt over het algemeen geteeld als meermalig oogstbare struik. Het is tegenwoordig gebruikelijk om bepaalde takken niet te oogsten maar 'in te buigen'. De struik neemt hierdoor een vrij groot volume in. Vanwege de noodzaak in deze proef om de proefgewassen elke drie dagen te verplaatsen is van deze praktijk afgeweken. In plaats van de gangbare gewasopbouw zijn de rozen in deze proeven geteeld als potplant, in de vorm van mini-struikjes op basis van éénogig stek met een enkel stekblad. In elk verplaatsbaar rekje, de kleinste waarnemingseenheid, stonden 8 (experiment 1) of 4 (experiment 2) rozen in 13 cm potten met eb/vloedgrond. Met 11 van deze rekjes, geplaatst op bevoeiingsmatten van ca. 4 m², resulteerde dit in relatief hoge plantdichtheden van 22 resp. 11 planten per m². Dit bijzondere experimentele systeem maakte het mogelijk om gedetailleerde waarnemingen te verrichten aan effecten van temperatuur op de ontwikkeling van roos. De gekozen aanpak brengt echter ook de noodzaak met zich mee om de behaalde resultaten te verifiëren onder meer realistische teeltcondities.

De stekken zijn zo teruggeknipt dat in principe één oog per plant kon uitlopen. De overige (grond- en broek-)scheuten werden niet ingebogen maar in een zo vroeg mogelijk stadium weggebroken. De takken werden geoogst door te knippen boven het onderste 5-blad van de tak zelf. De volgende tak ontwikkelde zich vervolgens uit de bovenste okselknop, waarbij weer alle overige scheuten weer werden weggebroken (inclusief grondscheuten). Loze takken werden geoogst in het stadium waarin de struik normaal ongeveer een oogstbare bloem zou hebben opgeleverd.

De ontwikkeling van een nieuwe scheut is onder te verdelen in drie stadia: het loskomen van het oog, de fase tot 2 - 4 cm, waarin de knop wordt aangelegd, en de verdere uitgroei tot bloeiende tak. Vanwege het gevaar dat in de vroege fasen een toevallige samenloop van omstandigheden meer invloed op de ontwikkeling heeft dan de eigenlijke temperatuurbehandeling als geheel, is gekozen om de behandelingen pas 10 dagen na het terugsnoeien te starten (uitgelopen scheuten 4 cm lang). De nadruk lag daardoor in deze proeven sterk op effecten van de temperatuurbehandelingen op de uitgroei, de verdere ontwikkeling en de kwaliteit van de tak. Effecten op het loskomen van de knop en de vroege ontwikkeling zijn slechts indirect aan de orde gekomen in het tweede experiment, doordat toen ook aan de tweede snede waarnemingen zijn verricht.

3.4.1 Ontwikkelingssnelheid

Nieuwe scheuten bereikten het oogstbare stadium sneller naarmate de temperatuur hoger was (Figuur 37). Bij hoog lichtniveau verliep de ontwikkeling betrouwbaar sneller dan bij laag lichtniveau. In het tweede experiment is de waarde voor laag lichtniveau en constant 22°C een duidelijke uitschieter. De oorzaak van deze afwijkende reactie is onbekend (het is echter vrijwel uitgesloten dat het hier een waarnemingsfout betreft). Het niveau van de temperatuurkarakteristiek van de tweede snede uit experiment 2 komt goed overeen met die van de eerste snede. Het globale verschil in ligging van de lijnen van ca. 10 dagen correspondeert met het feit dat de eerste keer terugsnoeien 10

dagen voor het begin van de behandelingen plaatsvond. Bij de tweede snede had het lichtniveau geen effect op de ontwikkelingssnelheid. Mogelijk hadden de struiken zich inmiddels aangepast aan het lichtniveau, of was het effect van licht op de vroegste ontwikkelingsfase tegengesteld aan dat in het stadium vanaf een scheutlengte van 4 cm. Temperatuurwisselingen hadden over het algemeen weinig invloed op de ontwikkelingssnelheid van roos. In het tweede experiment lagen de punten die overeenkomen met wisselingen rond 22°C bij laag lichtniveau in alle gevallen lager dan de doorgetrokken lijn voor constante temperaturen. Wanneer echter aangenomen wordt, dat het punt behorend bij 22°C constant bij laag lichtniveau afwijkend is, dan blijken de resultaten van de diverse wisselbehandelingen precies op het te verwachten niveau te liggen (namelijk 5 - 10 dagen boven de waarden gevonden bij hoog lichtniveau).

3.4.2 Loosvorming

De gegevens over loosvorming vertonen een grote spreiding (Figuur 38). Wellicht zijn de aantallen planten te klein geweest om een scherp beeld op te leveren. Anderzijds kan de spreiding ook worden opgevat als een aanwijzing dat toevallige omstandigheden meer invloed hebben gehad op loosvorming dan de eigenlijke behandelingen. Niettemin kunnen bepaalde trends worden aangewezen:

- er trad minder loosvorming op naarmate de temperatuur hoger was;
- bij hoog lichtniveau werden minder loze takken gevormd dan bij laag lichtniveau;
- de resultaten van behandelingen met wisselende temperatuur lagen in de buurt van die met constante temperatuur; er waren geen duidelijke trends in de percentages loze takken tussen constante en wisselende temperaturen. Ook wat betreft loosvorming bleek de waarde voor 22°C constant bij laag lichtniveau in experiment 2 sterk af te wijken van de algemene trend: 100% bloei bij de eerste snede (buitengewoon weinig loos) en 87.5% bij de tweede snede (extreem hoog).

Tabel 3 - Effecten van de eerste temperatuurwisseling (4°C omlaag of 4°C omhoog) op de loosvorming (%) bij roos (eerste snede).

Experiment	Lichtniveau	Temperatuurniveau (°C)	Eerste temperatuurstap		L.S.D. _{0.05}
			Omlaag	Omhoog	
1	Laag	18	70	72	
		22	72	54	
	Hoog	18	60	20	
		22	35	16	
2	Laag	18	50	42	
		22	14	4	
	Hoog	18	23	8	
		22	15	4	

De resultaten van de tweede snede in experiment 2 vertonen overigens wat betreft loosvorming een beeld dat vergelijkbaar is met dat van de eerste snede. Dit is opmerkelijk in verband met het feit dat bij de eerste snede de planten niet eerder aan temperatuurwisselingen waren blootgesteld dan dat de nieuw uitgelopen scheuten een lengte van 4 cm hadden bereikt. Verondersteld wordt dat in dit stadium de knop al is gevormd en de kans op abortie klein is geworden (Zieslin & Moe, 1985; van den Berg, 1987; Maas et al., 1995). De resultaten suggereren dat de scheuten bij aanvang van de temperatuurbehandelingen voor de eerste snede nog wel gevoelig waren voor abortie. Dit wordt bevestigd wanneer de resultaten worden uitgesplitst met de richting (omhoog of omlaag) van de eerste temperatuurstep als criterium (tabel 3). Hieruit blijkt dat in vrijwel alle gevallen een aanvankelijke temperatuurverlaging tot een hoger percentage loos leidde dan een temperatuurverhoging. Tevens blijkt de invloed van het lichtniveau (dat bij de start van de temperatuurbehandelingen werd ingesteld): minder loos bij hoog dan bij laag lichtniveau.

3.4.3 Versgewicht van de tak

Van rozenstruikjes geteeld bij lagere temperaturen (14 en 18°C) werden over het algemeen zwaardere takken geoogst dan bij hogere (22 en 26°C) temperaturen (Figuur 39). Verder hadden de takken meer versgewicht bij hoog dan bij laag lichtniveau. Een uitzondering vormde ook in dit geval de eerste snede van experiment 2, van struiken bij 22°C continu en laag lichtniveau, waarbij ongewoon zware takken werden geoogst. De resultaten van de tweede snede van experiment 2 waren goed vergelijkbaar met die van de eerste snede.

Temperatuurwisselingen hadden over het algemeen geen effect op het takgewicht. In het tweede experiment lagen de punten die overeenkomen met wisselingen rond 22°C bij laag lichtniveau in alle gevallen lager dan de doorgetrokken lijn voor constante temperaturen. Wanneer echter aangenomen wordt, dat het punt behorend bij 22°C constant bij laag lichtniveau afwijkend is, dan blijken de resultaten van de diverse wisselbehandelingen precies op het te verwachten niveau te liggen (n.l. enkele grammen lichter dan de waarden gevonden bij hoog lichtniveau). De gewichten van takken afkomstig van struikjes blootgesteld aan wisselingen rond 18°C bij laag lichtniveau blijken in een aantal gevallen significant hoger te liggen dan die van de corresponderende struiken bij constante temperatuur (39A, B). Ook in dit geval lijkt de controlebehandeling afwijkend te zijn (lichter dan verwacht).

In de grafieken voor het takgewicht van de tweede snede ontbreken door loosvorming de punten behorend bij 14°C constant en tevens het punt behorend bij 22°C constant bij laag lichtniveau. Voor het overige komen de gevonden waarden overeen met die van de eerste snede, behalve dat mogelijk het negatieve effect van hoge temperatuur op het takgewicht wat sterker was.

3.4.4 Lengte van de tak

De lengte van de in de eerste snede geoogste takken werd weinig beïnvloed door

temperatuur of lichtniveau (Figuur 40). In beide experimenten bleken de takken bij 14°C enkele cm korter te blijven bij hoog dan bij laag lichtniveau. Ook wat betreft lengte weken de takken afkomstig van het lage lichtniveau bij 22°C continu in experiment 2 af van het algemene patroon: ze werden bijna 20 cm langer dan verwacht. De resultaten van de tweede snede in experiment 2 kwamen overeen met die van de eerste snede, behalve dat de takken bij 26°C iets korter werden; ook was de spreiding in de resultaten bij de tweede snede groter.

Wisselende temperaturen hadden weinig effect op de taklengte. De resultaten van wisselingen bij laag lichtniveau rond 20 en 22°C bij de eerste snede van experiment 2 liggen op een aannemelijk niveau, wanneer wordt aangenomen dat het bijbehorende punt voor constante temperaturen afwijkend is.

3.4.5 Relatieve zwaarte

Wordt het gewicht van een tak gedeeld door de lengte, dan ontstaat een maat voor de stevigheid ('relatieve zwaarte'), een belangrijk aspect van de uitwendige kwaliteit. In het algemeen werden takken steviger naarmate het temperatuurniveau lager was, terwijl ook het hogere lichtniveau resulteerde in steviger takken (Figuur 41). Opvallend was dat de in vele opzichten afwijkende resultaten van het lage lichtniveau bij 22°C continu wat betreft de relatieve zwaarte precies in lijn lagen met de rest van de resultaten. De resultaten van de tweede snede in experiment 2 kwamen overeen met die van de eerste snede, behalve dat de takken mogelijk bij 26°C iets lichter werden.

Wisselende temperaturen bleken nauwelijks effect te hebben op de relatieve zwaarte van de tak.

3.4.6 Vaasleven

Het vaasleven tijdens een uitbloeioproef bleek bij rozen uit het eerste experiment duidelijk toe te nemen met het temperatuurniveau tijdens de teelt (Figuur 42). De resultaten van het tweede experiment laten een minder regelmatig beeld zien, maar zijn niet duidelijk strijdig met de resultaten van het eerste experiment. Ook in dit opzicht bleken takken afkomstig van het lage lichtniveau bij 22°C constant sterk af te wijken, n.l. door een kort vaasleven. Uit de resultaten van het eerste experiment blijkt geen invloed van het lichtniveau tijdens de teelt. In het tweede experiment bleek het vaasleven bij 26°C constant en hoog lichtniveau significant korter te zijn dan bij laag lichtniveau.

Resultaten van de behandelingen met wisselende temperaturen waren over het algemeen goed in overeenstemming met die van behandelingen met constante temperatuur. Ook in dit geval geldt, dat de punten, die de resultaten weergeven van wisselbehandelingen rond 22°C bij laag lichtniveau in experiment 2, precies op de hoogte liggen die te verwachten is als wordt aangenomen dat het resultaat van 22°C constant niet representatief is. Opvallend is verder dat de resultaten van de wisselbehandelingen in experiment 2 vrij nauwkeurig overeenkomen met die in experiment 1. Er lijkt in alle gevallen sprake van een klein negatief effect (enkele

dagen) op de houdbaarheid van temperatuurwisselingen bij hoog lichtniveau en gemiddelde temperaturen van 20 en 22°C.

3.4.7 Gevuldheid van de bloem

Tijdens de uitbloeioproef van het eerste experiment zijn eenmalig waarnemingen gedaan aan de bloemen wat betreft gevuldheid (Figuur 43) en diameter (Figuur 44) van de bloem. Op dat moment waren nog geen bloemen afkomstig van het temperatuurniveau van 14°C beschikbaar.

Het temperatuurniveau bleek weinig invloed te hebben op de gevuldheid (het geschatte aantal kransen petalen) van de bloemen (Figuur 43). Wel was een duidelijke invloed van het lichtniveau zichtbaar, waarbij minder gevulde bloemen werden gevormd bij het lage lichtniveau.

Bij hoog lichtniveau hadden wisselende temperaturen weinig effect op de gevuldheid van de bloemen. Bij laag lichtniveau was een tendens te zien dat wisselingen zonder wachttijd rond 18 en 22°C leidden tot een minder gevulde bloem. Bij wisselingen van 3 dagen rond 18°C was dit effect significant (Figuur 43A). Enigszins tegenstrijdig hiermee is dat de meer extreme wisselingen tussen 14 en 26°C, waarbij ook geen wachttijd werd aangehouden, geen minder gevulde bloemen opleverden (Figuur 43C).

3.4.8 Doorsnede van de bloem

De bloemen bleken kleiner in diameter te zijn geworden naarmate de teelttemperatuur hoger was (Figuur 44). Een hoger lichtniveau had het tegenovergestelde effect: een toename van de doorsnede met ca. 1.5 cm ten opzichte van het lage lichtniveau.

Temperatuurwisselingen hadden weinig effect op de bloemdiameter.

3.4.9 Diameter van het oorspronkelijke stekhout

Na afloop van het eerste experiment zijn waarnemingen verricht aan het deel van de mini-struikjes, dat oorspronkelijk deel uitmaakte van het stekje. Dit houtige deel kan in de loop van de tijd verdikken, vooral ook aan de basis (zie ook fig 46), en heeft wellicht een opslagfunctie. De diameter van dit stammetje, gemeten op halve hoogte, bleek niet erg sterk te zijn beïnvloed door het temperatuur- of lichtniveau, met uitzondering van 26°C en laag lichtniveau, in welk geval het hout minder bleek te zijn verdikt (Figuur 45). De combinatie van hoge temperatuur en relatief weinig licht levert inderdaad omstandigheden op, waaronder een plant weinig reservestoffen zal opslaan.

Wisselende temperaturen hadden geen significante effecten op de dikte van het oorspronkelijke stekhout.

3.4.10 Diameter van de stekbasis

Het verdikte deel aan de basis van het stammetje ondervond geen sterke invloed van licht of temperatuur (Figuur 46). Er was een lichte dalende tendens waarneembaar met toename van het temperatuurniveau. Licht had geen invloed op deze diameter.

Behandelingen met wisselende temperaturen hadden geen significant effect op de diameter van de stekbasis. Wel kan worden opgemerkt dat 7 van de 8 behandelingen een iets kleinere diameter opleverden, wat aangeeft dat er in ieder geval van een stimulerend effect geen sprake is.

3.4.11 Drogestofgehalte van het blad

Enigszins tegen de verwachting in bleek het drogestofgehalte van het blad van de geogste tak toe te nemen met het temperatuurniveau (Figuur 47). Het effect van het lichtniveau is wel zoals verwacht: een hoger gehalte bij hoog lichtniveau.

Wisselende temperaturen resulteerden in de meeste gevallen in een (niet significant) hoger gehalte aan droge stof, behalve bij wisselingen rond 18°C bij laag lichtniveau.

3.4.12 Drogestofgehalte van het stekhout

In tegenstelling tot in het blad (zie 3.4.11), vertoonde het drogestofgehalte van het stekhout, volgens verwachting, een eenvoudige negatieve correlatie met het temperatuurniveau (Figuur 48). Er was daarentegen geen effect zichtbaar van het lichtniveau. Als deze verschillen inderdaad aan opslag van reservestoffen zijn toe te schrijven, dan zijn de stam en het blad duidelijk verschillende compartimenten.

Wisselende temperaturen hadden geen effect op het drogestofgehalte van het stekhout.

3.4.13 Drogestofgehalte van de stekbasis

De onderste 2-4 cm van het hout van een rozenstek kan een verdikking te zien geven ten opzichte van de rest van het hout. Dit zou kunnen duiden op een specifieke opslagfunctie. Het drogestofgehalte van de stekbasis reageerde evenwel volgens het zelfde patroon als de rest van het stekhout: een afname met toenemend temperatuurniveau en afwezigheid van een lichteffect (Figuur 49).

In reactie op wisselende temperaturen werd een vermindering van het drogestofgehalte geconstateerd in het hout van rozen geteeld bij laag lichtniveau en blootgesteld aan wisselingen rond 18°C. De overige behandelingen resulteerden in een geringe (niet significante) verhoging van het drogestofgehalte. Zonder analysecijfers heeft het geen zin om te speculeren over mogelijke oorzaken. Wel is een interessante, sterke parallel op te merken met de reacties van

het drogestofgehalte in het blad (3.4.11), terwijl het hoger gelegen gedeelte van het stekhout dit patroon niet te zien gaf (3.4.12).

3.4.14 Percentage onrijpe takken bij beëindiging van het tweede experiment

Na afloop van het tweede experiment waren nog niet bij alle behandelingen alle bloemen van de tweede snede geoogst. De reden daarvoor was dat ze qua ontwikkeling nog niet ver genoeg waren. Vergelijking van het percentage onrijpe takken tussen behandelingen met constante en wisselende temperaturen kan een indicatie geven of de ontwikkelingssnelheid op de langere duur eventueel kan zijn vertraagd (Figuur 50). De resultaten blijken in overeenstemming te zijn met die in Figuur 37. De tragere ontwikkeling bij 14°C resulteerde in een hoog percentage onrijpe takken, terwijl de tragere ontwikkeling bij laag lichtniveau tot gevolg had dat onder die omstandigheden ook bij 18 en 22°C nog takken werden gevonden, die aan het einde van de proef onrijp waren.

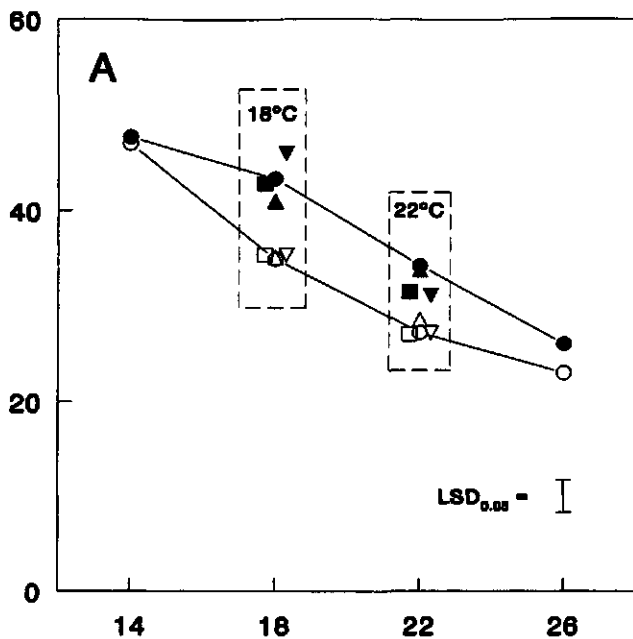
Het effect van wisselende temperaturen op de ontwikkelingssnelheid is te omschrijven als neutraal of licht stimulerend.

3.4.15 Vergelijking met resultaten van voorafgaande proeven

Het totaalbeeld dat naar voren komt uit de resultaten van deze serie proeven is dat roos 'Frisco' neutraal reageert op temperatuurwisselingen en dus over een grote integratiecapaciteit beschikt. De resultaten zijn grotendeels in overeenstemming met die van voorafgaande proeven (Buwalda et al. 1996). Het kleine vervroegende effect op het bloeistadium dat eerder is geconstateerd is in de hier gepresenteerde proeven niet duidelijk gevonden. Een eventueel gunstig effect van temperatuurwisselingen op loosvorming (exp.1 in de vorige serie proeven; Buwalda et al., 1996) is niet herhaalbaar gebleken.

Nieuw is de informatie over bloemkwaliteit. Over het algemeen bleken temperatuurwisselingen weinig invloed te hebben op gevuldheid en houdbaarheid van 'Frisco'. Wel verdient het aanbeveling om in vervolgonderzoek aandacht te besteden aan de gevuldheid van de bloem bij lage lichtintensiteit en lage temperatuur en aan mogelijke effecten op het vaasleven bij hoge lichtintensiteit en hoge temperatuur. De resultaten uit de hier gerapporteerde proeven zijn niet zonder meer te generaliseren: niet alleen weken de teeltcondities sterk af van de gangbare praktijk, ook is 'Frisco' wat betreft vaasleven een uitzondering onder de rozenrassen door een extreem lange houdbaarheid. In vervolgprouven zal het effect van een integrerende klimaatregeling op de houdbaarheid van vier verschillende rozenrassen, geteeld onder realistische omstandigheden, worden bepaald.

Tijd van het begin van de temperatuurbehandelingen tot de oogst (dagen)



Figuur 37 - Effecten van de temperatuurbehandelingen op de ontwikkelingssnelheid van rozentakken (aantal dagen vanaf de start van de behandeling tot aan het oogstbare stadium; behalve experiment 2, tweede snede: tijd van snoei tot oogst in dagen).

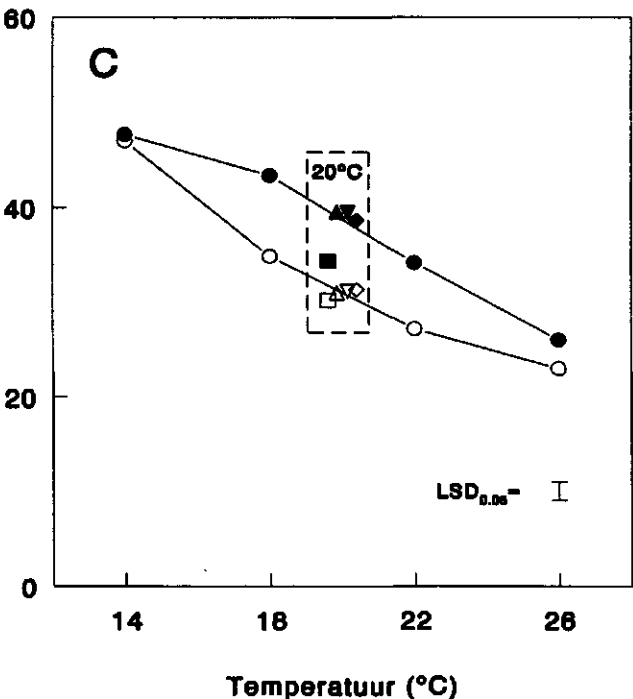
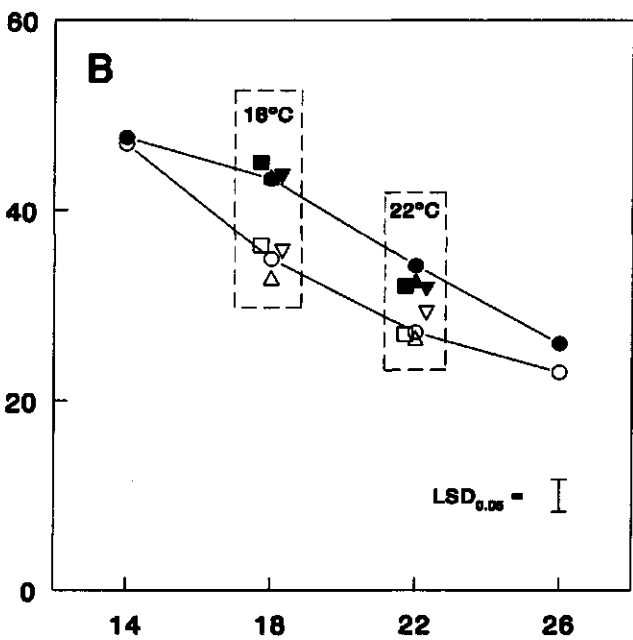
Links van deze kolom:
 experiment 1;
 volgende pagina:
 experiment 2;
 daarop volgende pagina:
 experiment 2 (tweede snede).

Doorgetrokken lijnen:
 constante temperaturen
 (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge
 lichtintensiteit; zwarte
 symbolen: lage
 lichtintensiteit.

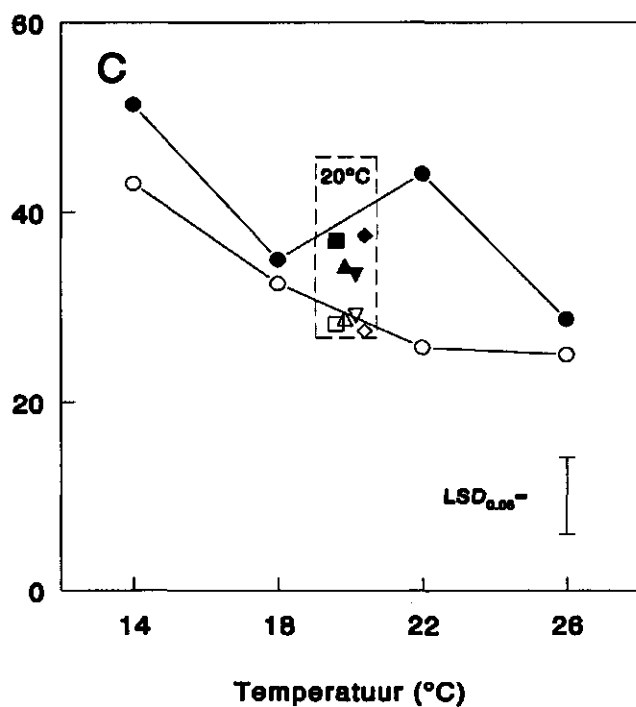
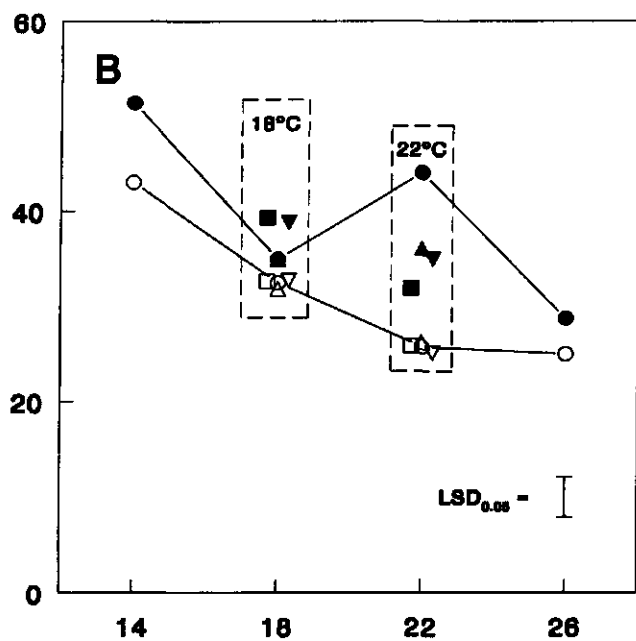
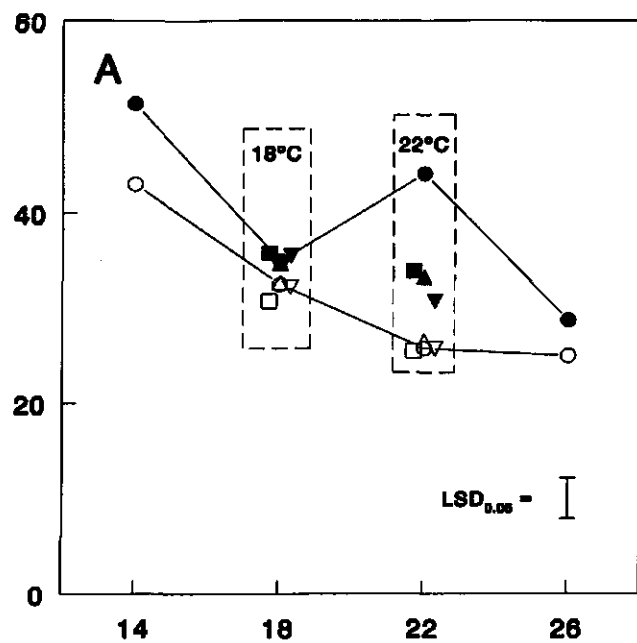
Grafiek A en B:
 temperatuurafwijkingen van
 4°C gedurende respectievelijk
 3 (A) en 6 (B) dagen. De
 wachttijd tussen een
 temperatuurafwijking en de
 compensatie ervan bedroeg 0
 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

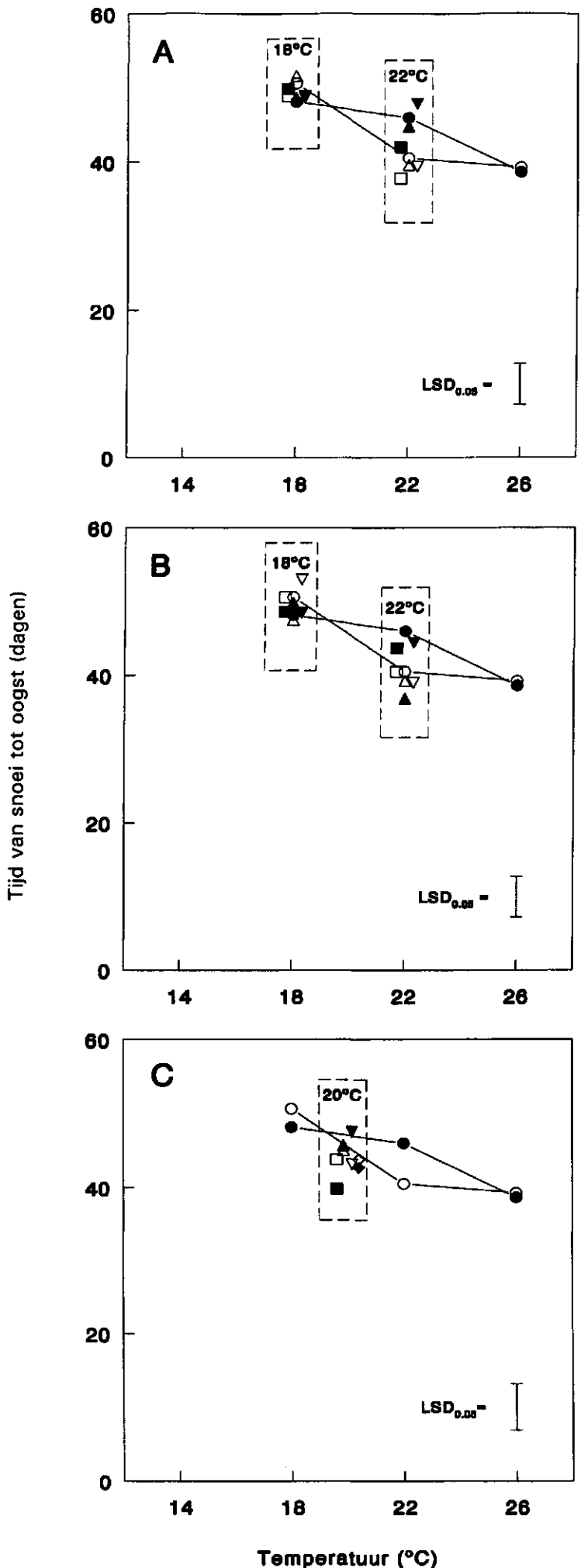
Grafiek C:
 Temperatuurafwijkingen van
 6°C rond een gemiddelde van
 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲),
 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

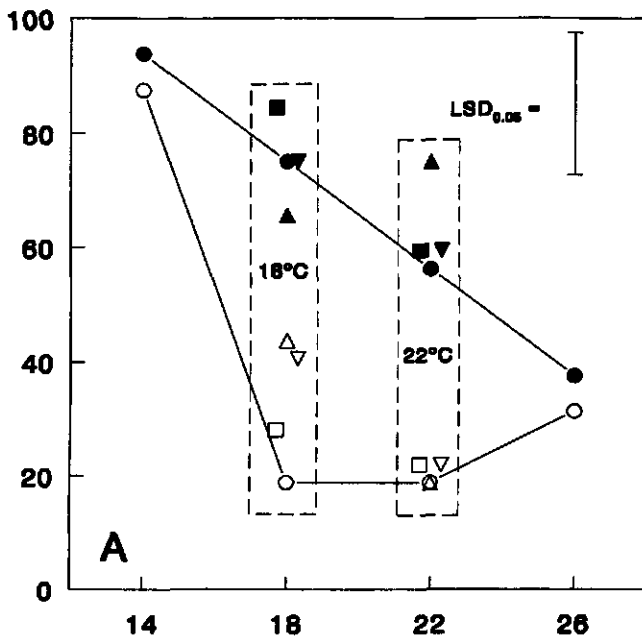


Temperatuur (°C)

Tijd van het begin van de temperatuurbehandelingen tot de oogst (dagen)







Figuur 38 - Effecten van de temperatuurbehandelingen op loosvorming bij roots (%).

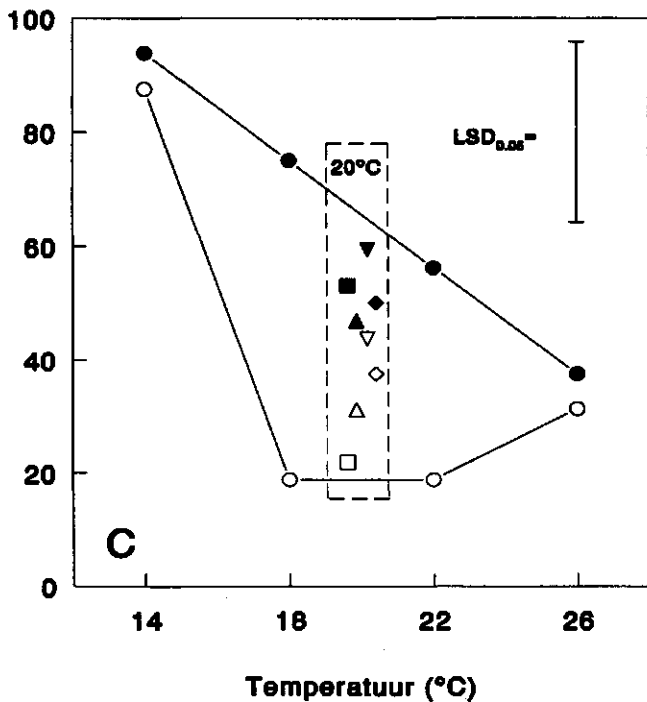
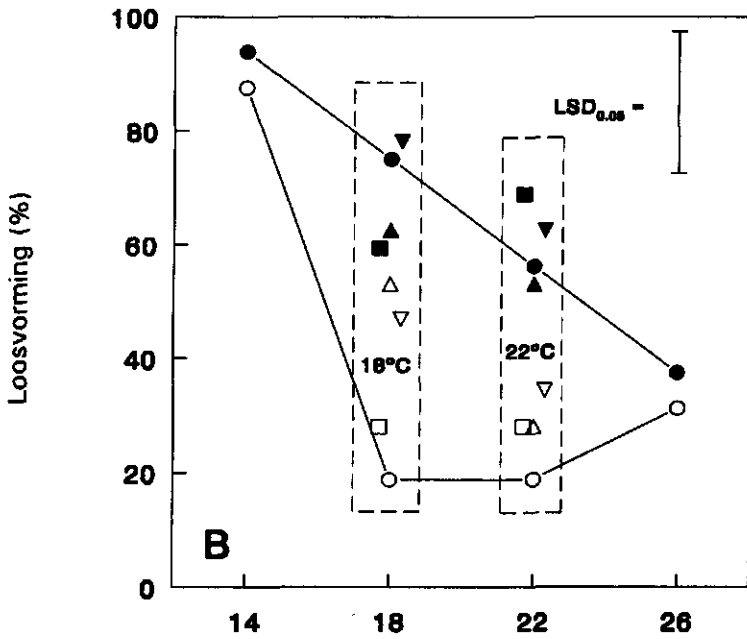
Links van deze kolom: experiment 1; volgende pagina: experiment 2; daarop volgende pagina: experiment 2 (tweede snede).

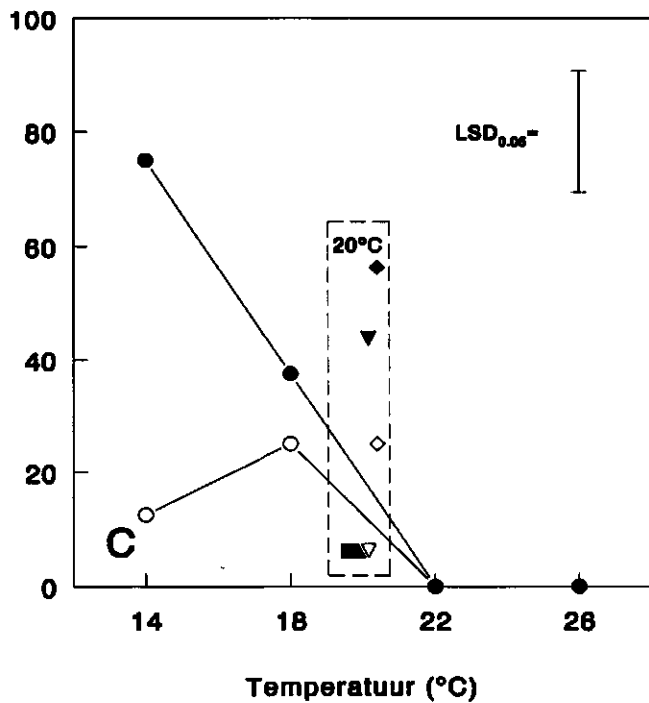
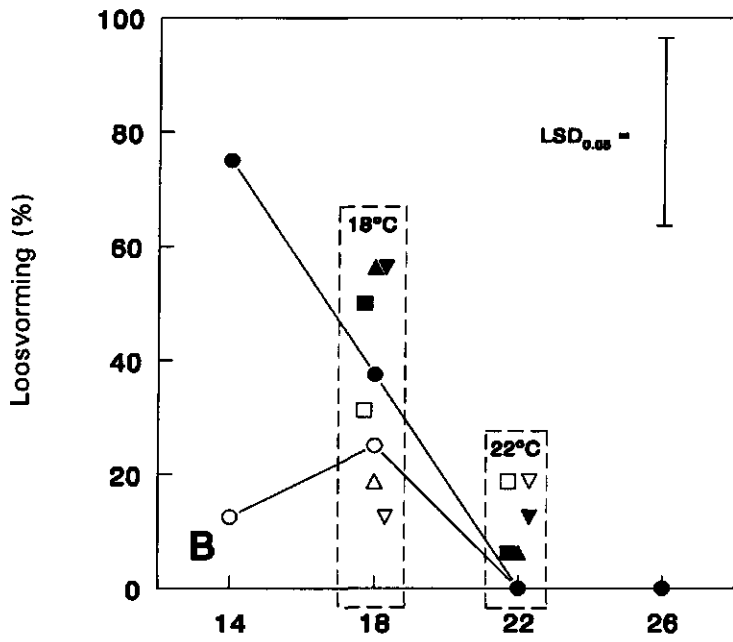
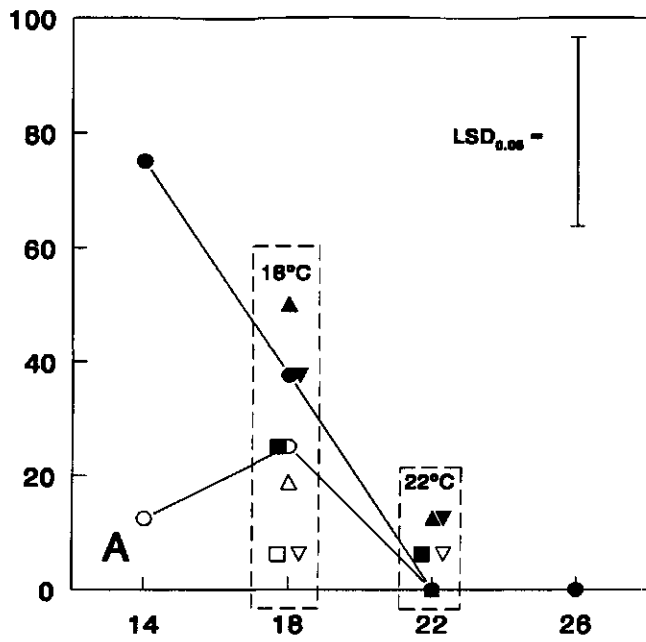
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

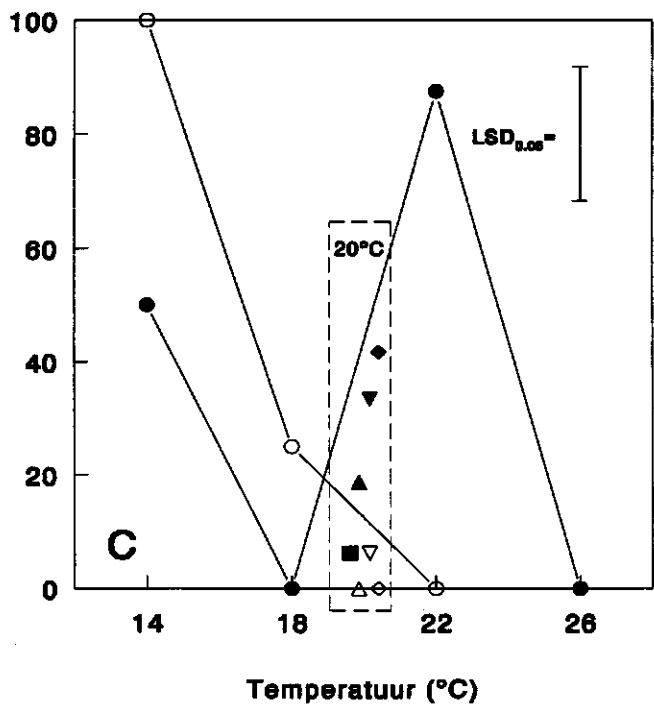
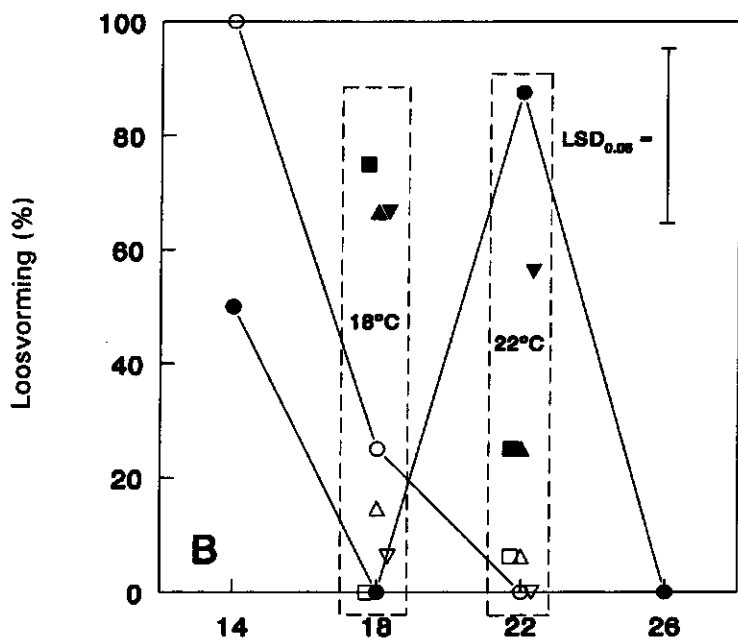
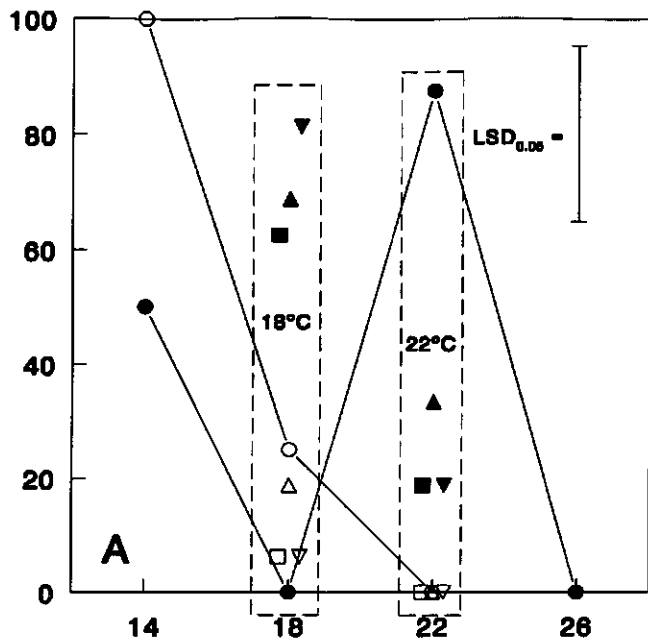
Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

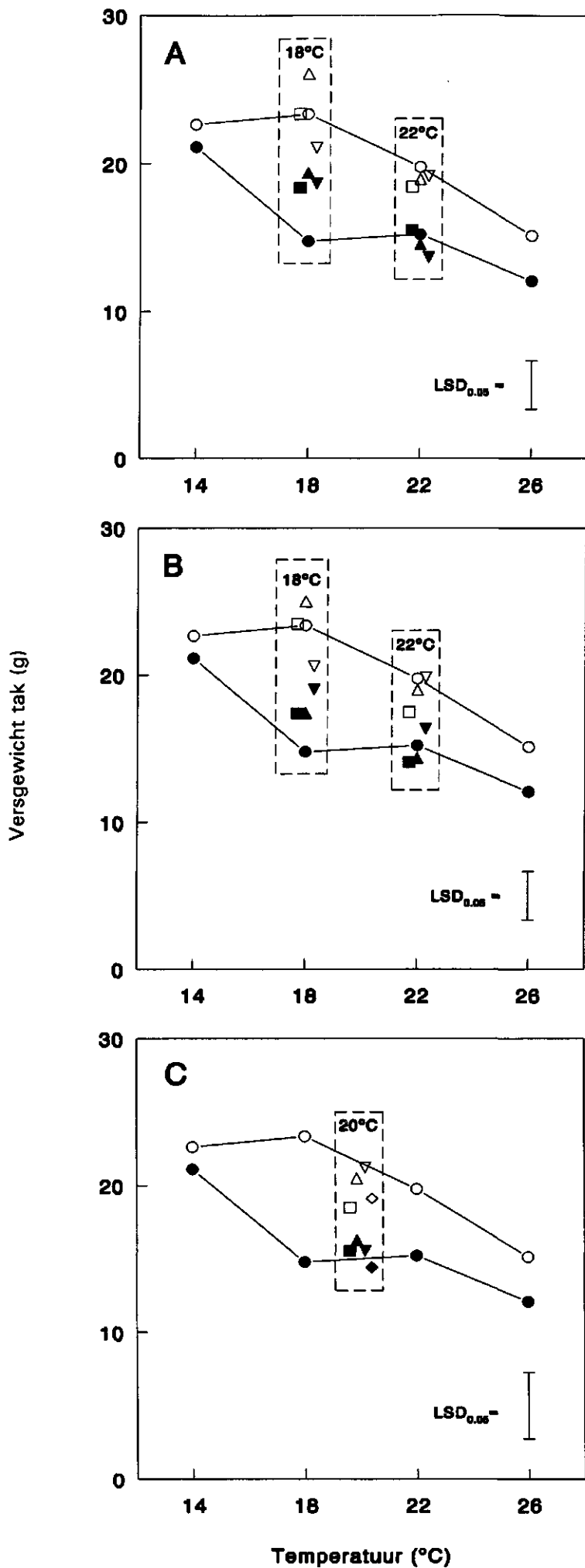
Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.









Figuur 39 - Effecten van de temperatuurbehandelingen op het versgewicht van de tak bij roos (g).

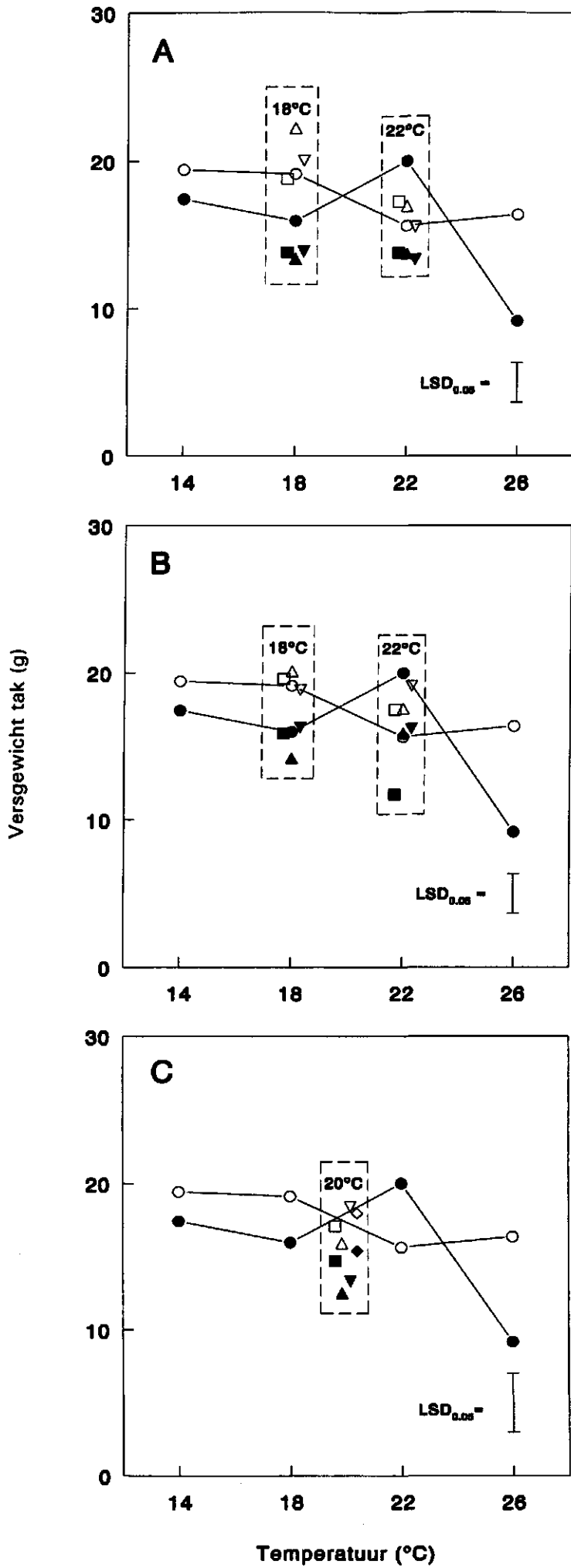
Links van deze kolom: experiment 1; volgende pagina: experiment 2; daarop volgende pagina: experiment 2 (tweede snede).

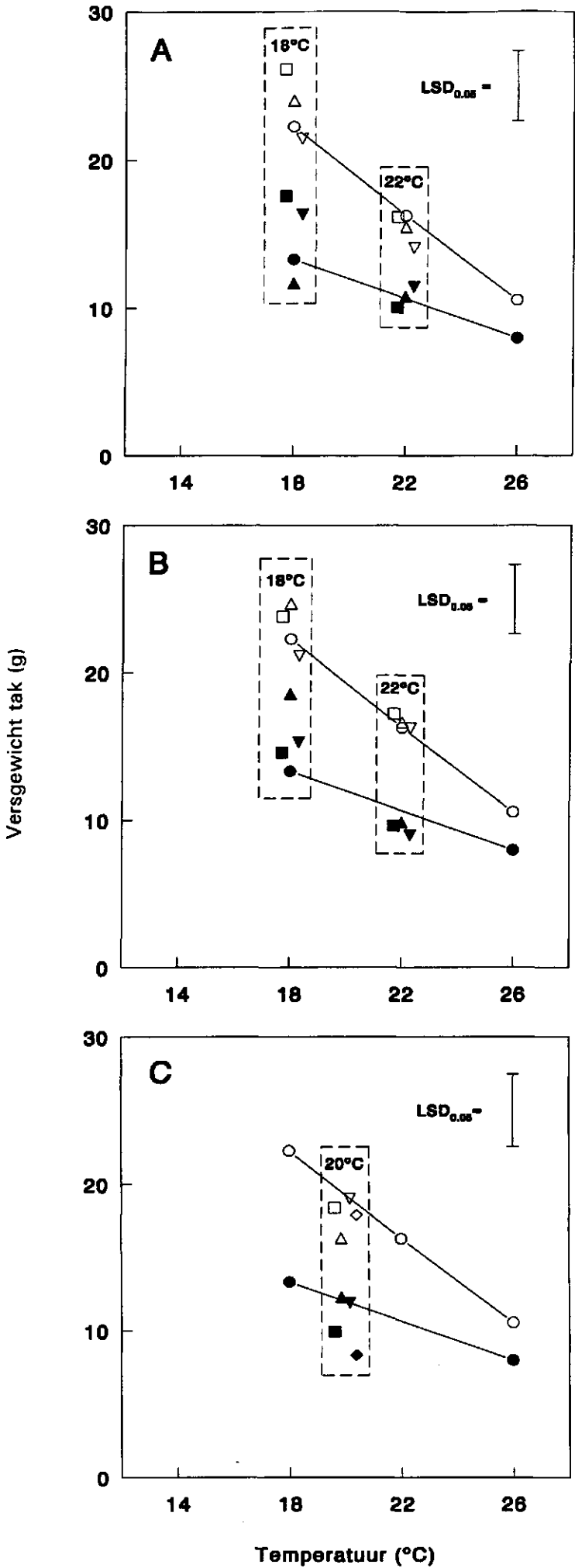
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

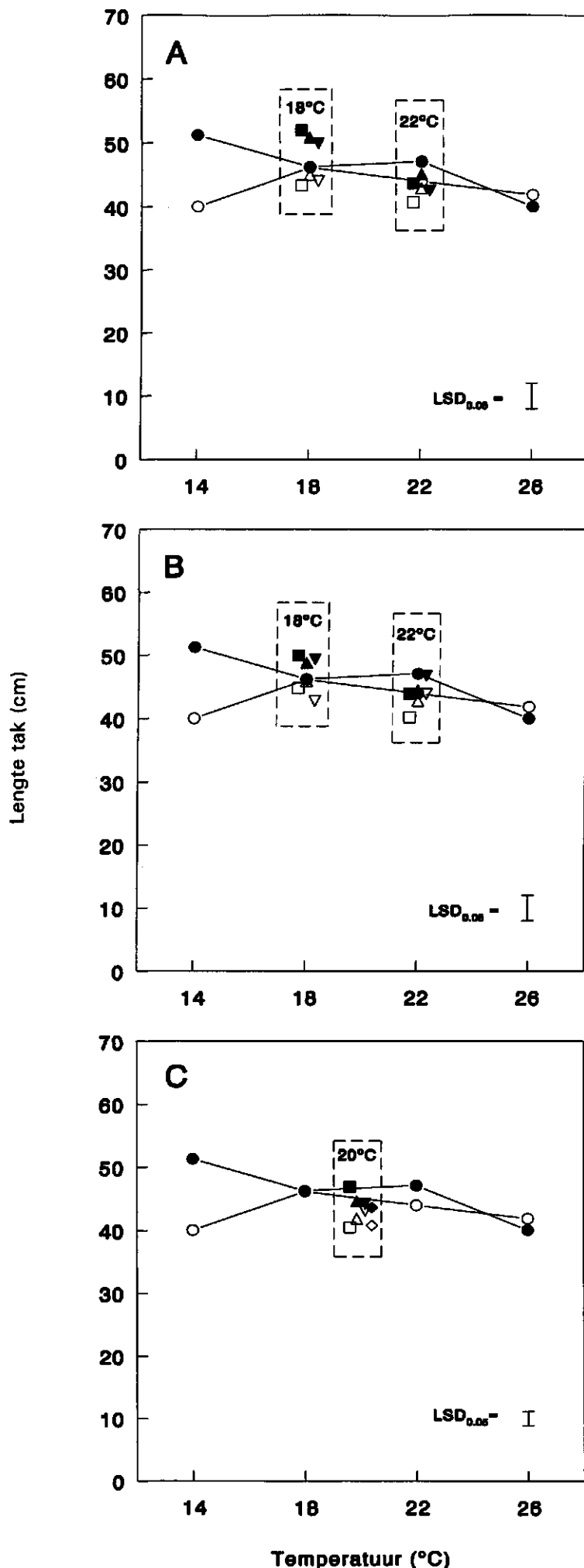
Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.







Figuur 40 - Effecten van de temperatuurbehandelingen op de lengte van de tak bij roos (cm).

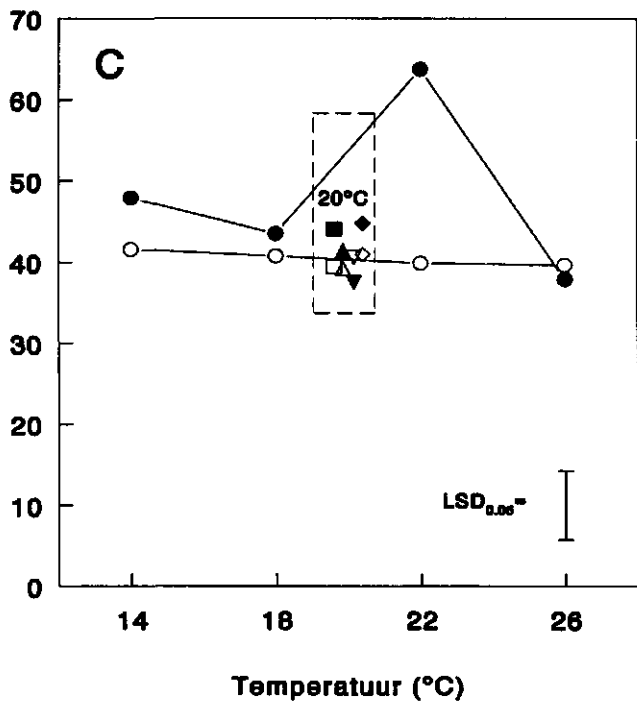
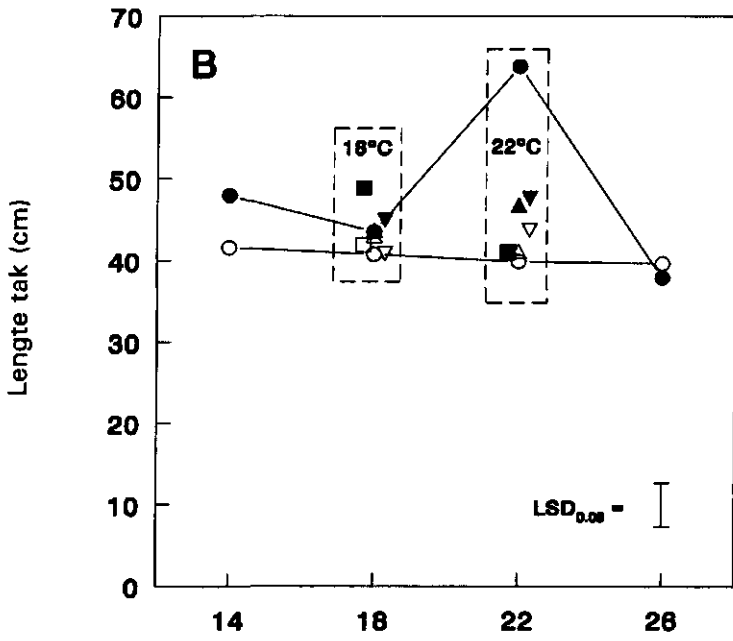
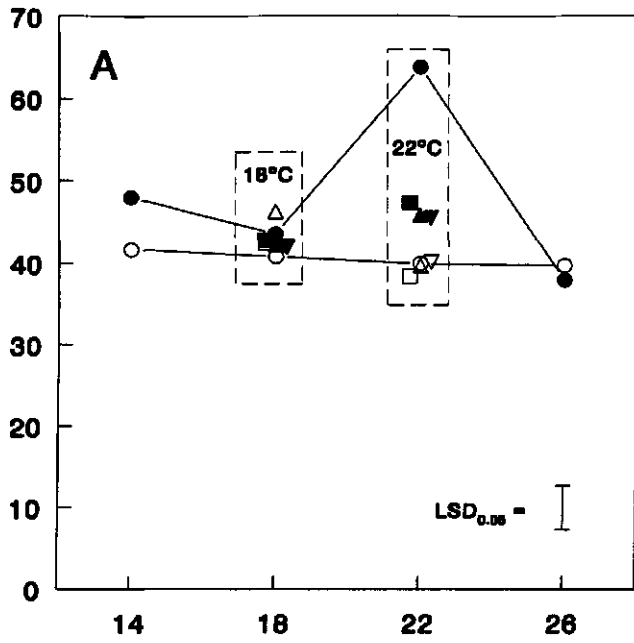
Links van deze kolom: experiment 1; volgende pagina: experiment 2; daarop volgende pagina: experiment 2 (tweede snede).

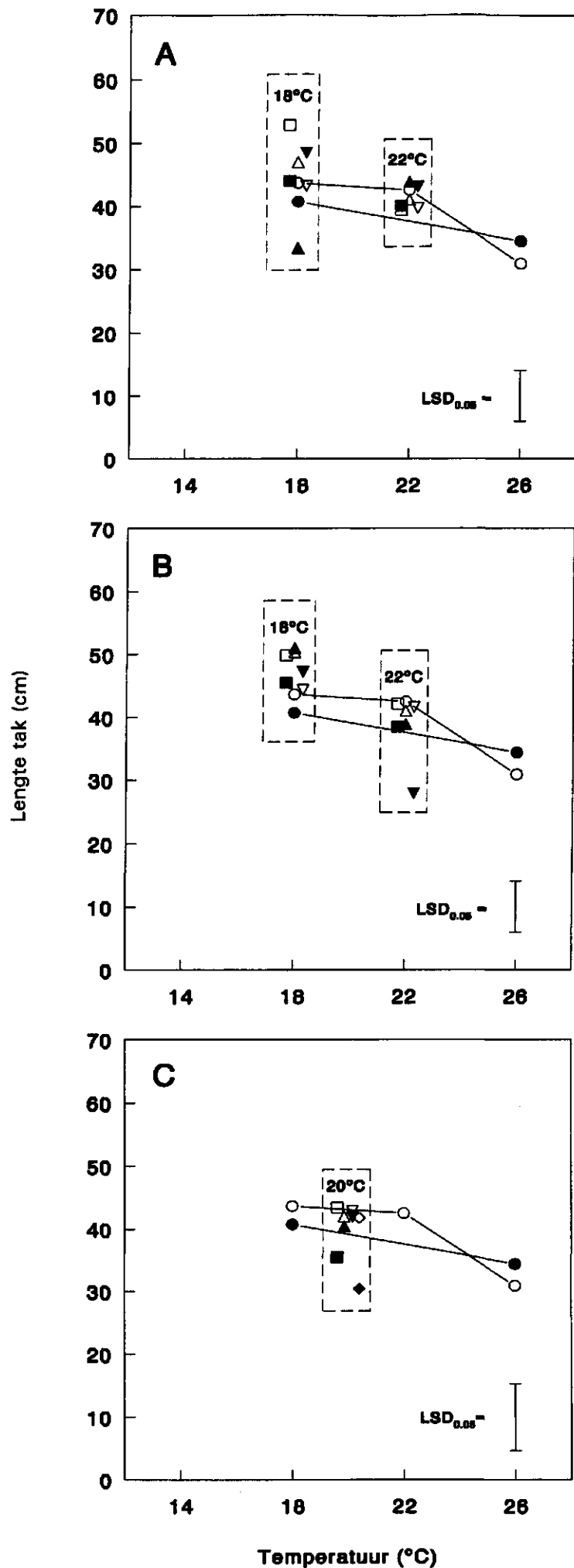
Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

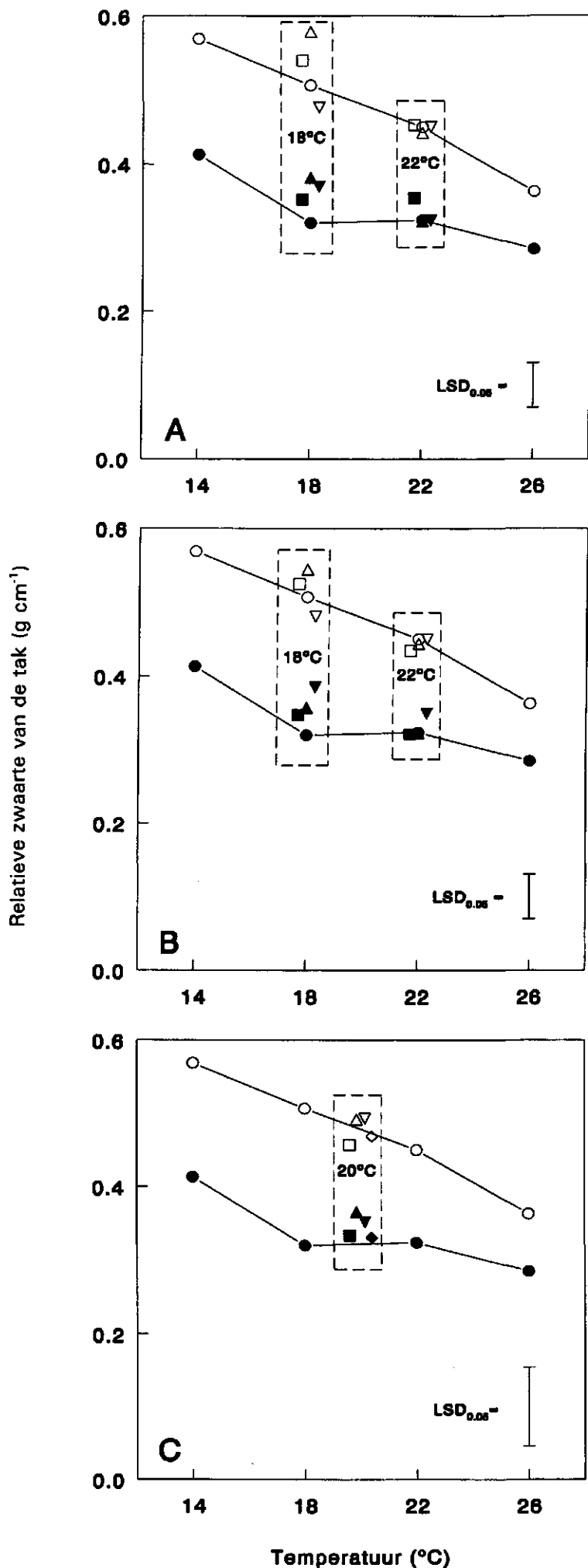
Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.





Figuur 41 - Effecten van de temperatuurbehandelingen op de relatieve zwaarte van de tak bij roos (g cm^{-1}).



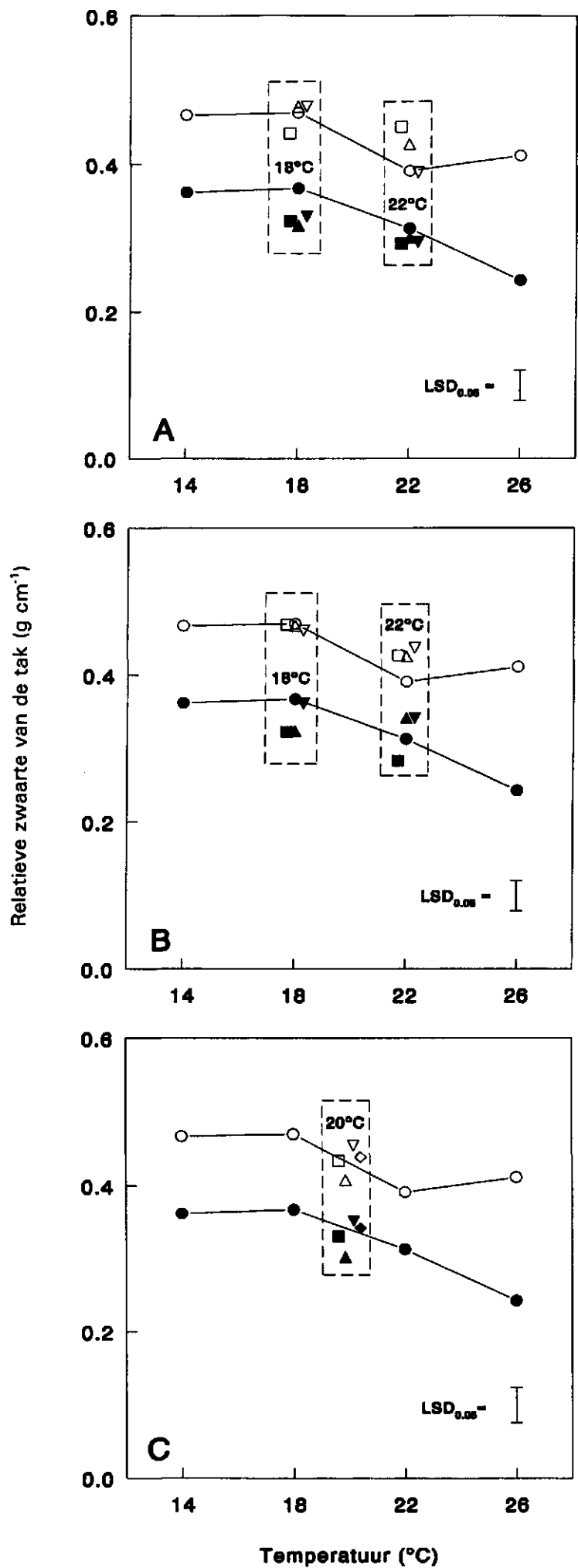
Links van deze kolom:
 experiment 1; volgende
 pagina: experiment 2;
 daarop volgende pagina:
 experiment 2 (tweede snede).

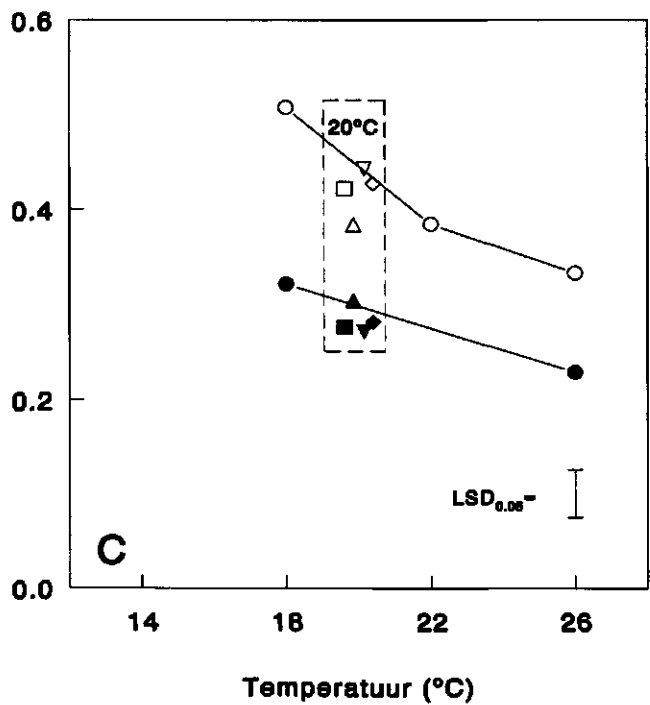
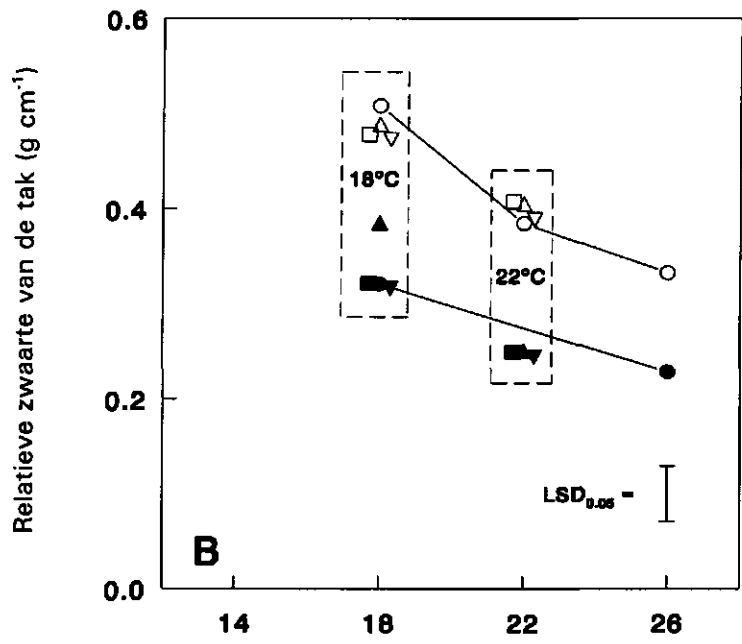
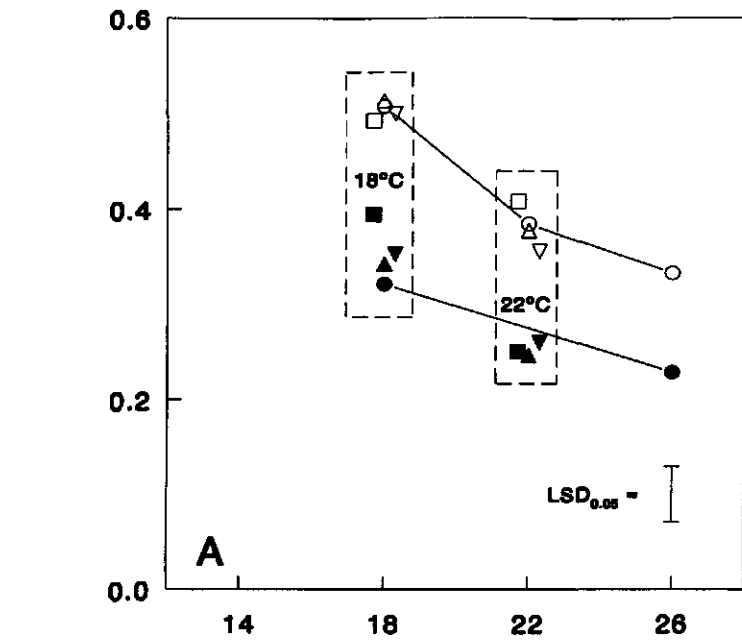
Doorgetrokken lijnen:
 constante temperaturen
 (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge
 lichtintensiteit; zwarte
 symbolen: lage
 lichtintensiteit.

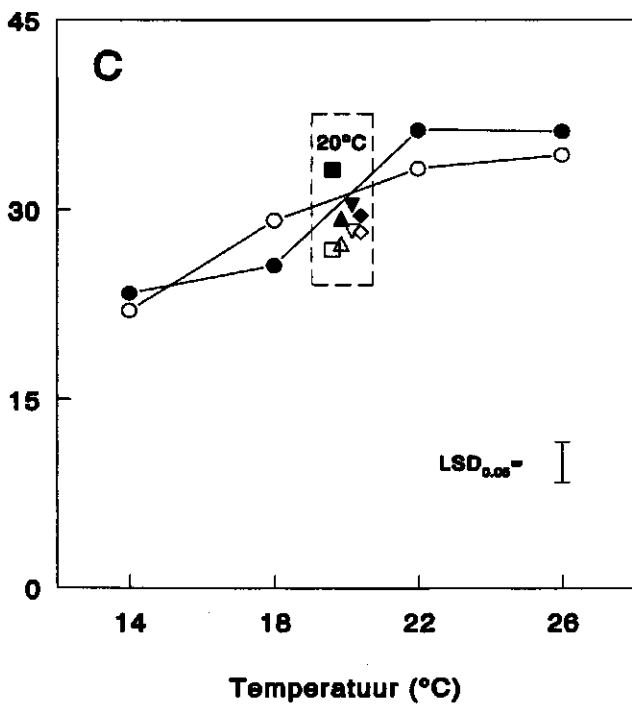
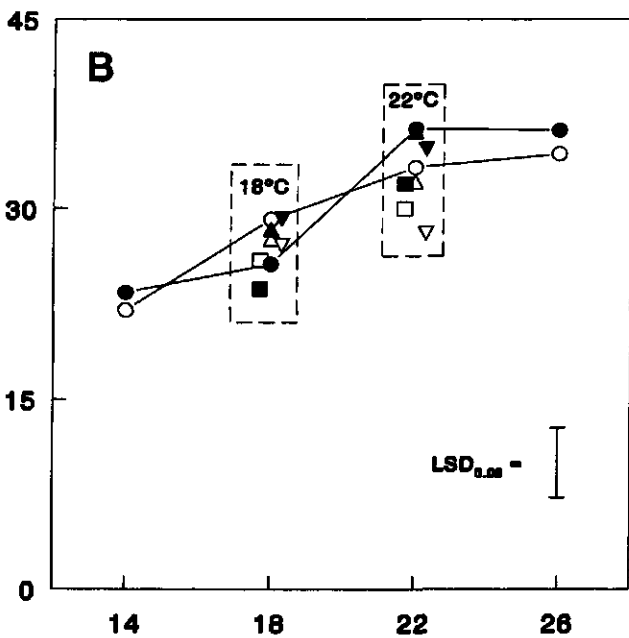
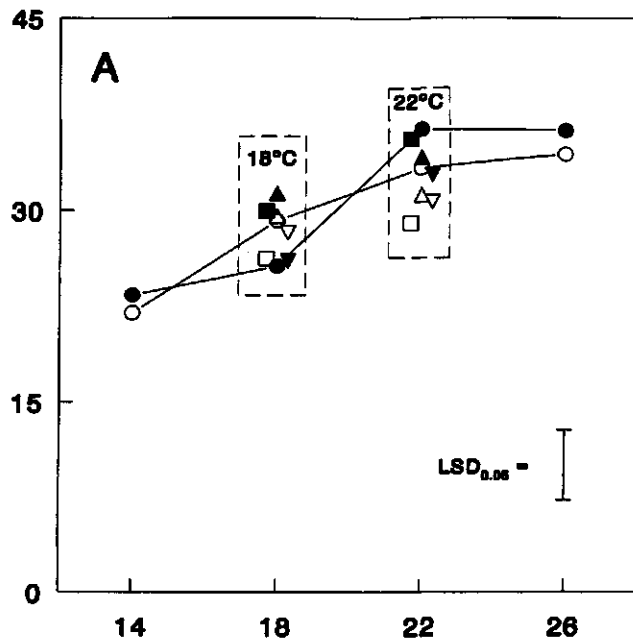
Grafiek A en B:
 temperatuurafwijkingen van
 4°C gedurende respectievelijk
 3 (A) en 6 (B) dagen. De
 wachttijd tussen een
 temperatuurafwijking en de
 compensatie ervan bedroeg 0
 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C:
 Temperatuurafwijkingen van
 6°C rond een gemiddelde van
 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲),
 9 (▼) of 12 (◆) dagen.





Vaasleven van de tak (dagen)



Figuur 42 - Effecten van de temperatuurbehandelingen op het vaasleven van de tak bij roos (dagen).

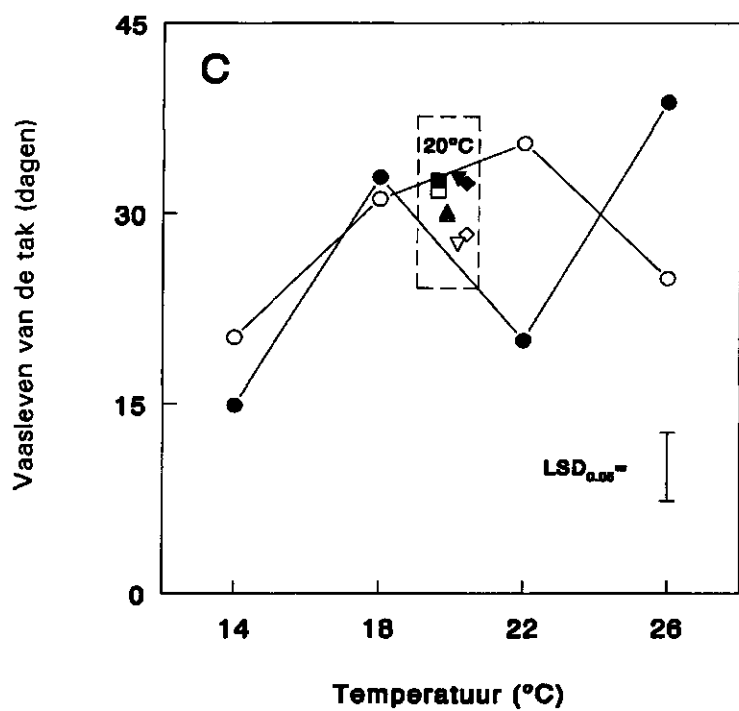
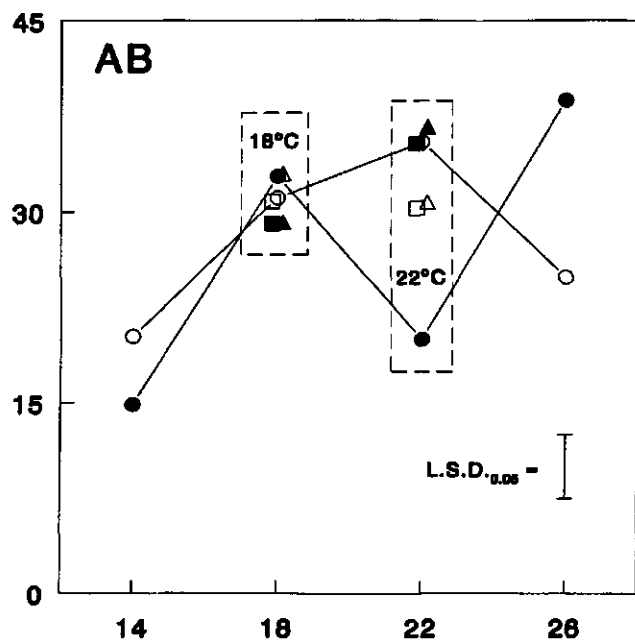
Links van deze kolom: experiment 1; volgende pagina: experiment 2.

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

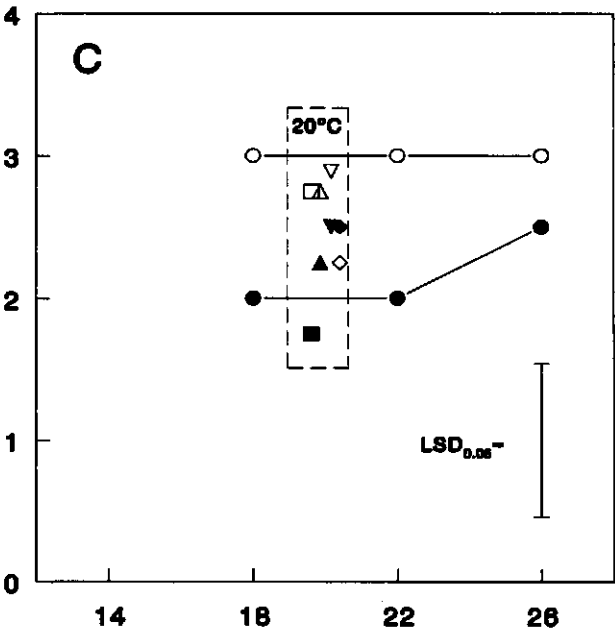
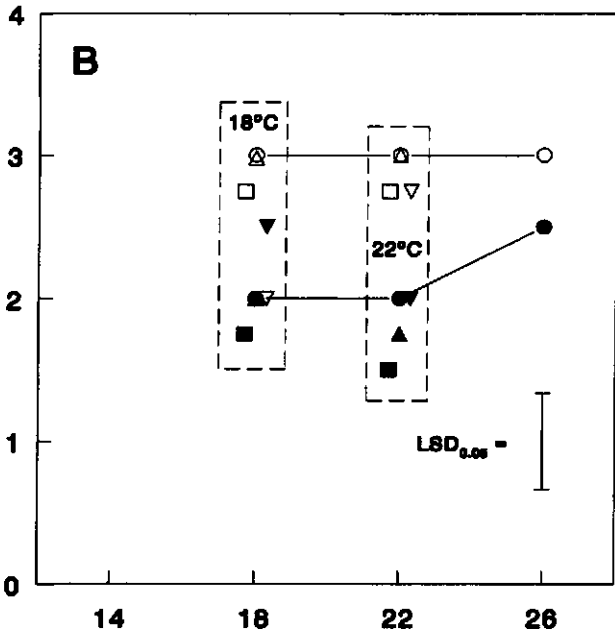
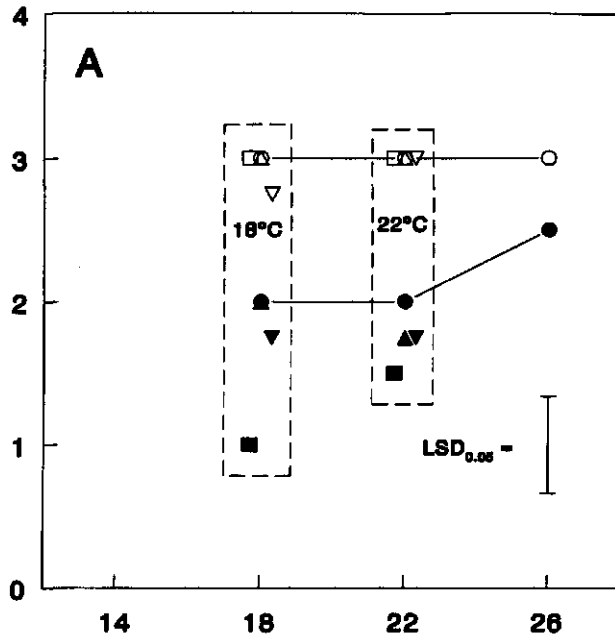
Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.



Gevuldheid van de bloem (geschat aantal kransen petalen)



Figuur 43 - Effect van de temperatuurbehandelingen op de gevuldheid van de bloemen bij roos (geschat aantal kransen petalen) in het eerste experiment.

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

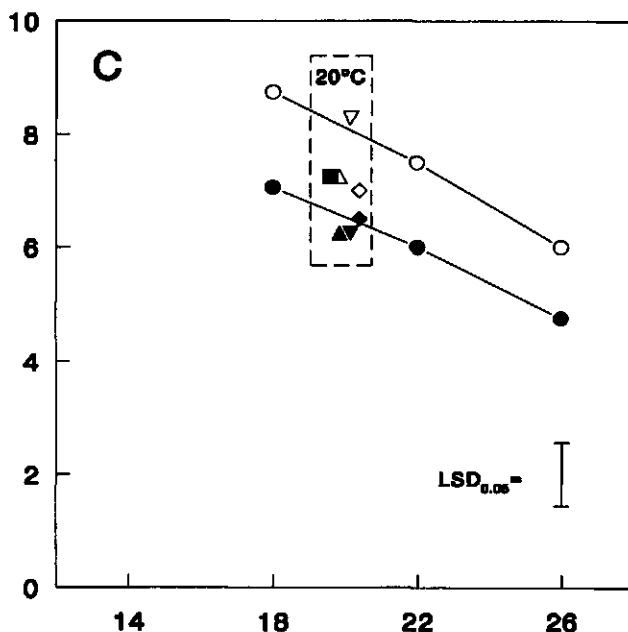
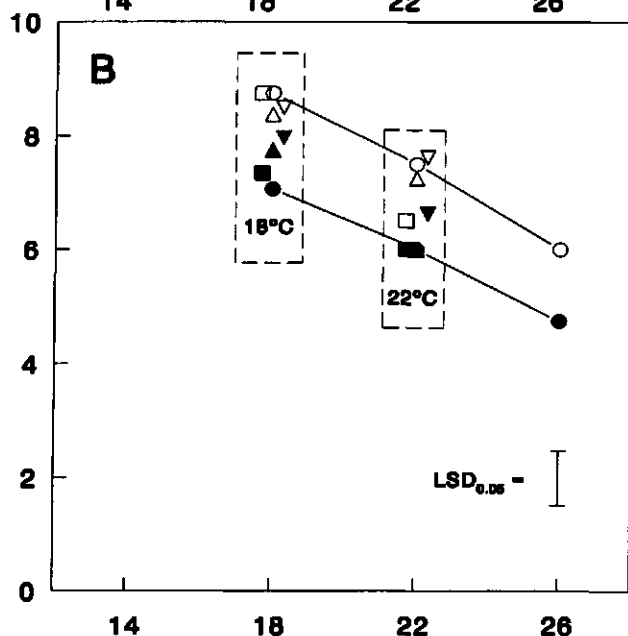
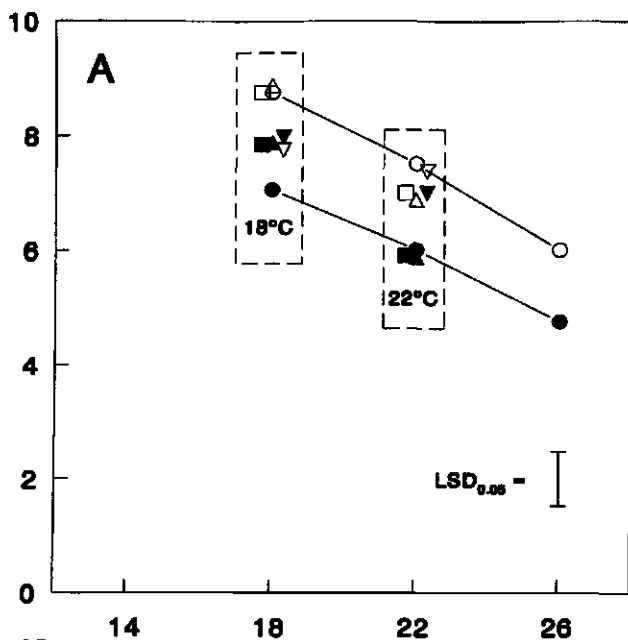
Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

Temperatuur (°C)

Doorsnede van de bloem (cm)



Temperatuur (°C)

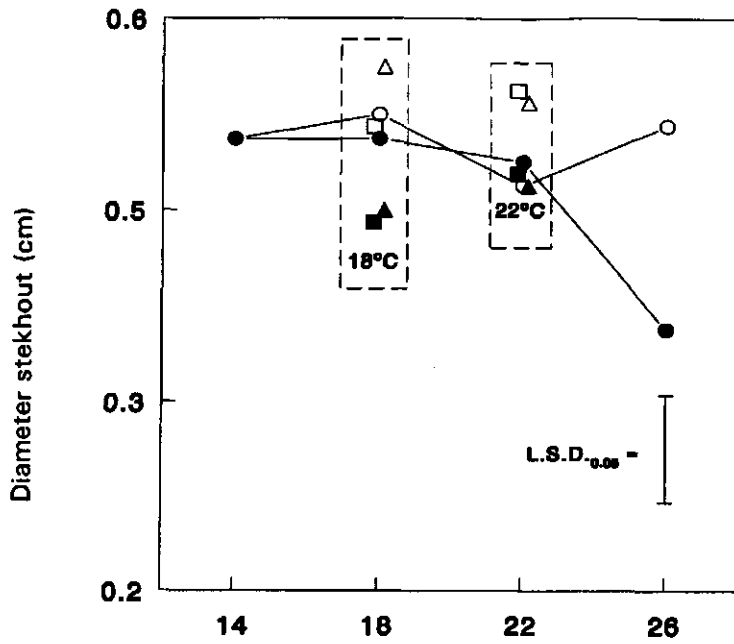
Figuur 44 - Effect van de temperatuurbehandelingen op de doorsnede van de bloemen bij roos (cm) in het eerste experiment.

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

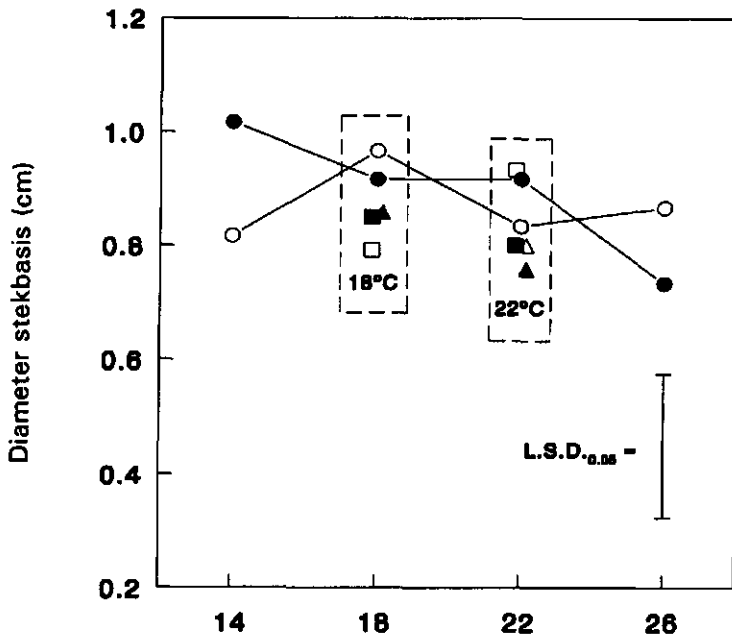


Figuur 45 - Effect van de temperatuurbehandelingen op de diameter van het deel van de stam dat oorspronkelijk tot het stek behoorde (cm).

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

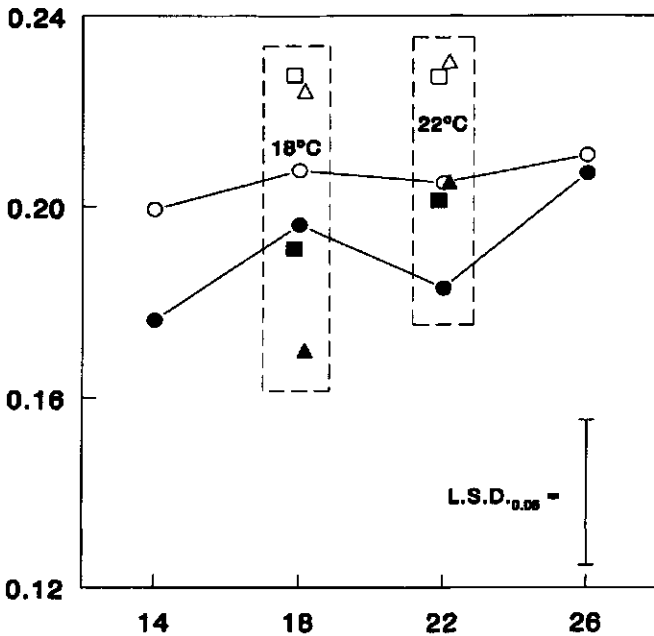
Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (■) en 6 (▲) dagen.



Figuur 46 - Effect van de temperatuurbehandelingen op de diameter van de stekbasis (cm).

Verklaring symbolen: zie Figuur 45.

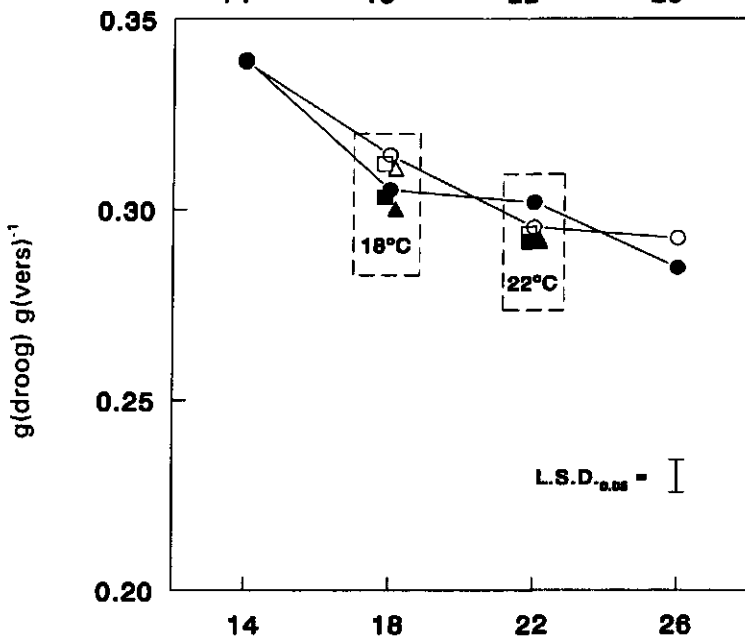


Figuur 47 - Effect van de temperatuurbehandelingen op het drogestofgehalte van het blad ($\text{g}_{\text{droog}} \text{g}_{\text{vers}}^{-1}$)

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

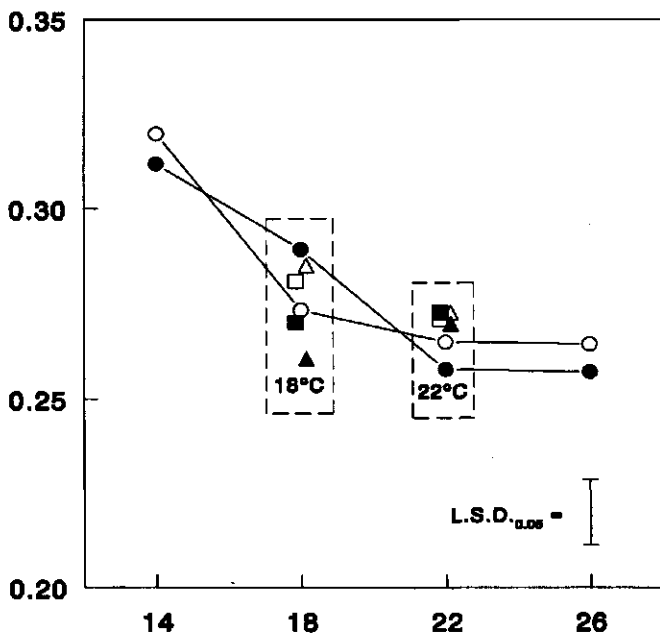
Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (■) en 6 (▲) dagen.



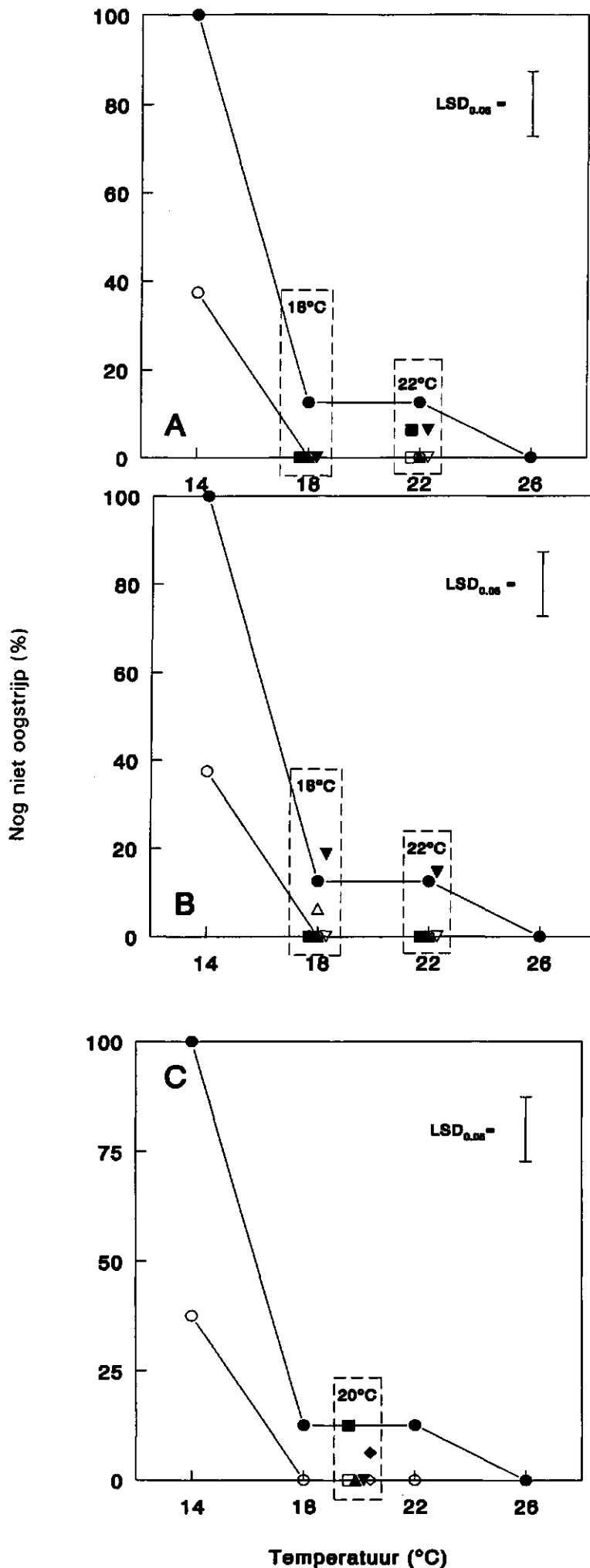
Figuur 48 - Effect van de temperatuurbehandelingen op het drogestofgehalte van de stam ($\text{g}_{\text{droog}} \text{g}_{\text{vers}}^{-1}$).

Verklaring symbolen: zie Figuur 47.



Figuur 49 - Effect van de temperatuurbehandelingen op het drogestofgehalte van de stekbasis ($\text{g}_{\text{droog}} \text{g}_{\text{vers}}^{-1}$).

Verklaring symbolen: zie Figuur 47.



Figuur 50 - Effecten van de temperatuurbehandelingen op het percentage struikjes, dat bij beëindiging van het experiment nog geen oogstrijpe tweede tak had gegeven (%).

Doorgetrokken lijnen: constante temperaturen (—○— en —●—).

Open symbolen: hoge lichtintensiteit; zwarte symbolen: lage lichtintensiteit.

Grafiek A en B: temperatuurafwijkingen van 4°C gedurende respectievelijk 3 (A) en 6 (B) dagen. De wachttijd tussen een temperatuurafwijking en de compensatie ervan bedroeg 0 (■), 3 (▲) of 6 (▼) dagen.

Grafiek C: Temperatuurafwijkingen van 6°C rond een gemiddelde van 20°C gedurende 3 (■), 6 (▲), 9 (▼) of 12 (◆) dagen.

4. DISCUSSIE

In dit rapport zijn resultaten weergegeven van tamelijk complexe en bewerkelijke proeven. De reden om dergelijke proeven uit te voeren was de vraag naar de generaliseerbaarheid van de eerder behaalde experimentele resultaten (Buwalda et al., 1996). Met betrekking tot het onderzoek naar temperatuurintegratie kan deze vraag op afzienbare termijn actueel worden voor tuinders die overwegen om temperatuurintegratie toe te passen om op hun bedrijf energie te gaan besparen; de voordelen hiervan moeten goed worden afgewogen tegen mogelijke nadelen of extra risico's.

Een ander aandachtspunt was de invloed van een wachttijd bij het compenseren van temperatuurafwijkingen. Bij toepassing van temperatuurintegratie voor energiebesparing in de praktijk zal met de compensatie van afwijkingen van de gewenste temperatuurintegraal bij voorkeur gewacht worden tot de omstandigheden stooktechnisch gunstig zijn, waarbij toevallige weersinvloeden een rol spelen.

Op grond van literatuurgegevens kan worden verwacht dat het lichtniveau en het gemiddelde temperatuurniveau de integratiecapaciteit kunnen beïnvloeden, vanwege hun effect op de balans tussen synthese en verwerking van assimilaten (hoofdstuk 1). Enerzijds kan deze balans van invloed zijn op de productie, anderzijds kunnen ontwikkelingsprocessen worden beïnvloed, waardoor effecten op de uitwendige kwaliteit van het gewas kunnen ontstaan.

4.1 Temperatuurrepons bij verschillende lichtniveaus

In deze proeven zijn als referentie planten opgekweekt bij vier constante temperaturen (14, 18, 22 en 26°C) en bij twee lichtniveaus. De resultaten hiervan zijn weergegeven in de vorm van een dubbele temperatuurreponscurve. In de meeste gevallen beek het lichtniveau de reacties van het onderzochte gewas op temperatuur te beïnvloeden; er was dus sprake van interactie tussen de effecten van licht en temperatuur.

In alle gevallen werden de planten bij hoog lichtniveau groter en zwaarder. Bij de bloeiende gewassen werd ook het tempo van generatieve ontwikkeling (met mogelijke uitzondering van het in bloei komen van Gerbera bij 22°C) en de bloemgrootte (roos) of aantal bloemen (Gerbera, Kalanchoe) gestimuleerd bij hoog lichtniveau.

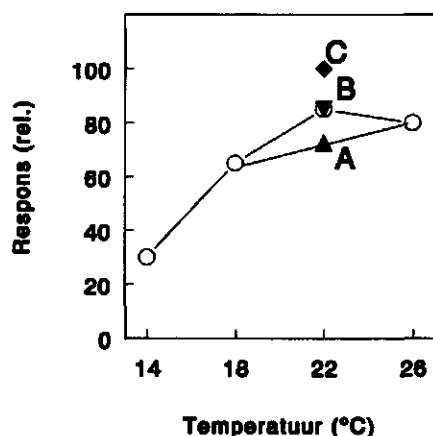
Bij Ficus bleek voor veel gemeten parameters (gewichtstoename, lengtegroei, aantal bladeren aan de hoofdas, aantal primaire zijscheuten) te gelden dat 26°C stimulerend werkte bij hoog lichtniveau, maar niet bij het lage niveau. Ook scheutlengte en bloeistadium bij Kalanchoe vertoonden deze reactie, evenals het aantal ge oogste bloemen en het cumulatief gewicht van de bloemen bij Gerbera.

Redenerend vanuit het *source/sink*-concept zijn deze effecten als volgt te interpreteren: temperatuurverhoging heeft uitsluitend een stimulerende werking op

de *sink*-activiteit (vorming van nieuwe organen) bij voldoende aanbod van assimilaten uit tijdelijke opslag en *source*-activiteit. Kennelijk wordt bij hogere temperaturen de *source*-activiteit bij het lage lichtniveau beperkend. Deze resultaten geven duidelijk aan dat de reacties van planten op temperatuur afhankelijk kunnen zijn van andere factoren, zoals licht. Kennelijk zijn de onderzochte gewassen in staat om ontwikkelingsprocessen af te remmen, bijvoorbeeld bij dreigend assimilaten-tekort. Dit betekent dat het niet altijd mogelijk is om uitspraken te doen over de meest geschikte teelttemperatuur voor een bepaald gewas zonder rekening te houden met de overige factoren die van invloed zijn, zoals temperatuur. Er was in dit opzicht geen duidelijk verschil te zien tussen groeiprocessen (toename van biomassa) en ontwikkelingsprocessen (vorming van nieuwe organen).

Bij *Petunia* bleek een zelfde interactief effect op te treden voor aantal dagen tot bloei en lengtegroei (Kaczperski et al., 1991). Bij geranium bleek een minimum hoeveelheid licht nodig te zijn om generatieve ontwikkeling mogelijk te maken (White & Warrington, 1988).

De effecten van lichtniveau op de ontwikkelingssnelheid van alle onderzochte gewassen, evenals de waargenomen interactie-effecten tussen licht en temperatuur geven aan dat de klassieke heat-unit-benadering (ook wel genoemd thermal time of graaddagen; Wang, 1960; Karlsson et al., 1988, 1990; Rickman & Klepper, 1995) te simplistisch is. Ook benaderingen waarbij het effect van temperatuur op de ontwikkeling volgens een niet-lineair verband wordt beschreven zonder bij de proefopzet rekening te houden met een mogelijk effect van licht (Karlsson, 1992, Ferreira et al., 1997) lijken niet erg overtuigend.



Figuur 51- Mogelijke resultaten van temperatuurwisselingen in relatie tot de corresponderende gemiddelde temperatuur. A: directe invloed - interpolatie tussen de betreffende extreme temperaturen; B: indirecte invloed - resultaat van wisselbehandelingen gelijk aan respons bij constante gemiddelde temperatuur; C: stimulerend effect van temperatuurwisselingen.

4.2 Integratiecapaciteit

Er zijn verschillende criteria aan te leggen bij het vaststellen van de integratiecapaciteit. Voor processen die direct reageren op de temperatuur kan het verwachte resultaat van een wisselbehandeling in de hier gerapporteerde proeven worden bepaald door interpolatie tussen de twee punten op de temperatuurresponscurve die overeenkomen met de betreffende hoge en lage temperatuur (A in Figuur 51). Volgens Menne (1992) zou dit de algemeen geldende reactie zijn. Deze veronderstelling wordt niet bevestigd door de uitkomsten van hier gerapporteerde proeven: de meeste resultaten van behandelingen met wisselende temperaturen bleken meer in de buurt te liggen van het met de gemiddelde temperatuur corresponderende punt op de curve dan bij het geïnterpoleerde punt.

Een andere mogelijke reactie van fysiologische processen op veranderingen in temperatuur is indirect (B in Figuur 51). Het betreft processen, waarbij een door temperatuur veroorzaakte extreme waarde van een buffer leidt tot een regulatorisch signaal. Verschillende koolhydraatbalans-modellen voor fotosynthese en groei voorspellen dit type reactie voor de efficiëntie van lichtbenutting door de plant (g biomassa per mol PAR; Lieth et al., 1991; Seginer et al. 1997). Verhoging van temperatuur leidt in het algemeen tot verlaging van de koolhydratenstatus, een temperatuurverlaging tot een hoger gehalte aan koolhydraten (Buwalda, 1996; Seginer et al. 1997). Een afname van de lichtproductiviteit bij een hoge koolhydratenstatus kan optreden als gevolg van feedback-remming van de fotosynthese, terwijl bij lage koolhydratenstatus het aandeel van de groeiprocessen in het totale verbruik van koolhydraten relatief afneemt. De voorraad niet-gebonden koolhydraten in de plant speelt hierbij een bufferende rol: bij een verstoring van de balans tussen aanmaak en verwerking van assimilaten kan het geruime tijd duren voordat de koolhydratenpiegel een dermate extreme waarde zal hebben aangenomen dat remming van fotosynthese of groei optreedt. Is de balans tussen aanmaak en verwerking van koolhydraten voor die tijd hersteld, dan zal de verstoring geen effect hebben op de productiviteit.

Een derde mogelijkheid (C in Figuur 51) is te omschrijven als een 'drempel-effect': een door een extreme temperatuur veroorzaakt effect zet een proces in gang dat vervolgens autonoom door blijft gaan. Het is voorstelbaar dat bepaalde geconditioneerde processen in de plant, zoals het loskomen van een okselknop of de inductie van generatieve ontwikkeling in een meristeem op deze wijze kunnen reageren. Zowel voor het uitlopen van zij scheuten als voor de bloei-inductie geldt dat de koolhydratenstatus een belangrijke invloed kan hebben (zie Buwalda, 1996). Een tijdelijk verhoogd gehalte aan vrije koolhydraten als gevolg van een temperatuurverlaging kan een ontwikkelingsproces in gang zetten. Zodra het nieuw gevormde orgaan een zelfstandige *sink*-werking heeft ontwikkeld, is het effect onomkeerbaar en zullen verdere temperatuurwisselingen weinig effect meer hebben. Inderdaad lijkt bij *Ficus* onder lichtarme omstandigheden het aantal zij scheuten toe te nemen als gevolg van wisselende temperaturen (Figuur 8), evenals de hoogte van de bladoksel waarvan de okselknop uitloopt, gerekend vanaf het groeipunt (Figuur 9). Ook bij *Kalanchoe* is dit drempel-effect aanwijsbaar in een versnelde generatieve ontwikkeling. De bevinding dat het stimulerende

effect groter was bij laag lichtniveau is goed te rijmen met het veronderstelde werkingsprincipe: bij hoog lichtniveau heeft de plant een hogere koolhydratenspiegel, waardoor bij constante temperatuur relatief meer meristemen spontaan over de drempel komen, waardoor het effect van temperatuurwisselingen meer op de achtergrond raakt.

Interessant is dat met betrekking tot de bloemproductie bij Gerbera het drempel-effect juist bij hoog lichtniveau optrad. Dit suggereert dat er bij dit gewas juist onder condities corresponderend met het hoge lichtniveau sprake was van een 'alles-of-niets'-effect, waarbij de planten bij het lage lichtniveau collectief onder deze drempel bleven.

Door de drie mogelijke interpretaties van de resultaten is het niet mogelijk om sluitende conclusies te trekken over het type reactie (A, B, C of een combinatie). Daar waar dat van belang is zullen interpretaties moeten worden getoetst. Voor uitspraken over de toepasbaarheid van temperatuurintegratie in de praktijk tellen vooral de eventuele effecten op productie of kwaliteit. Geldt bijvoorbeeld voor de gewichtstoename van Kalanchoe bij 18°C en hoog lichtniveau (Figuur 12) dat wisselende temperaturen een remmend effect hebben (patroon B), of is er juist sprake van een perfecte integratie (patroon A)? Het feit dat de responscurves voor gewichtstoename bij Kalanchoe verder vrijwel parallel lopen, zonder correlatie met de temperatuur, doet vermoeden dat in dit experiment de groei *source*-gelimiteerd is geweest, waardoor eventuele temperatuursinvloeden op de *sink*-activiteit (groei) geen effect hadden op de gewichtstoename. In dit verband is een geïsoleerde verhoging bij 18°C merkwaardig, en moet waarschijnlijk als een toevallige afwijking worden beschouwd. Aan de andere kant lijken de processen die bij Ficus met de groei van de stam te maken hebben (bladafsplitsing, internodiënlengthe, dikte van de stam) beter in overeenstemming met patroon A. Van alle onderzochte gewassen reageerde Ficus het sterkst op temperatuur, wat erop wijst dat bij dit gewas *sink*-limitering een relatief grote rol speelt. Het is denkbaar dat processen die sterk worden bepaald door de *sink*-sterkte meer direct afhankelijk zijn van de temperatuur en daardoor volgens patroon A reageren.

Een voorbeeld van een samengesteld effect is het aantal (vegetatieve) bladeren aan de hoofdas van Kalanchoe na afloop van de temperatuurproef (Figuur 14): de bladafsplitsing is gestimuleerd bij hogere temperaturen, onafhankelijk van het lichtniveau. Bij hoog lichtniveau werden minder bladeren geteld als gevolg van een versnelde bloei-inductie. Bij laag lichtniveau resulteerden behandelingen met wisselende temperaturen in een verminderd aantal bladeren, doordat door het drempel-effect de bloei-inductie werd versneld. Bij hoog lichtniveau was onder invloed van wisselende temperaturen een kleine toename te zien in het aantal bladeren (zonder dat dit ten koste ging van de generatieve ontwikkeling).

4.3 Temperatuurintegratie in de praktijk

Een integrerende temperatuurregeling zal in de praktijk streven naar een zelfde gemiddelde temperatuur als een conventionele setpointregeling. Met betrekking tot momentane kastemperaturen bestaat hierbij een zekere vrijheid. Randvoorwaarden zijn afwezigheid van productievermindering of kwaliteitsverlies. Teeltkundig gezien

worden bij toepassing van deze regelingen de vaste temperatuursetpoints vervangen door vaste grenswaarden (minimum en maximum toelaatbare temperatuur, maximaal toelaatbare verschil tussen de gerealiseerde en de gewenste temperatuurintegraal). De hier gepresenteerde resultaten geven aan dat de integratieruimte voor de onderzochte gewassen vrij groot is. Op grond van de modelmatige berekeningen van Bailey en Seginer (1989) lijkt waarschijnlijk dat een besparing van 10% realiseerbaar is zonder extra risico op kwaliteitsverlies of opbrengstderving. Hierbij moet worden aangetekend dat, door de beperkingen van het teeltsysteem in deze experimenten, de resultaten voor roos en Gerbera eerst onder meer realistische teeltomstandigheden dienen te worden getoetst.

Toch zullen bij temperatuurintegratie met vaste grenswaarden ruime veiligheidsmarges in acht moeten worden genomen om onder alle denkbare omstandigheden de kans op verlies aan productie of kwaliteit minimaal te houden. Een belangrijke beperking is namelijk dat de plantkundige grenswaarden met grote waarschijnlijkheid niet constant zijn, omdat de temperatuurkarakteristiek van het gewas wordt beïnvloed door fysiologische processen zoals regulatie (tijdschaal seconden tot uren) en adaptatie (tijdschaal dagen tot weken). Zowel interne (bijv. groeisnelheid, koolhydratenspiegel, ontwikkelingsstadium) als externe factoren (licht, CO₂, temperatuur, beschikbaarheid van water en nutriënten) kunnen hierbij een rol spelen. De consequentie is dat het besparingspotentieel van integrerende klimaatregelingen met vaste grenswaarden niet volledig kan worden benut. Dit wordt pas mogelijk als rekening gehouden kan worden met de effecten van milieufactoren en fysiologische processen op de temperatuurrespons van het gewas.

Op den duur kan blijken dat het niet nodig is om de gerealiseerde kastemperatuur van de 'gangbare praktijk' als referentie te gebruiken voor de integrerende regeling. De gewenste gemiddelde temperatuur zou dan geheel kunnen worden bepaald door het gewas (ontwikkelingsstadium, voorgeschiedenis, fysiologische conditie), de kas (klimaat, plantdichtheid, watergift en bemesting, weersverwachting) en de teler (specifieke wensen, nadruk op kwaliteit, kwantiteit of oogstplanning).

LITERATUUR

- Bailey, B.J. & I. Seginer (1989) - Optimum control of greenhouse heating. *Acta Hort.* 245: 512-518.
- Buwalda, F. (1996) - Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen - Literatuuroverzicht. PBG Intern Verslag 26.
- Buwalda, F., R. Wertwijn & B. Eveleens (1996) - Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen - Een inventarisatie bij zes sierteeltgewassen. PBG Intern Verslag 61.
- Hurd, R.G. & C.J. Graves (1984) - The influence of different temperature patterns having the same integral on the earliness and yield of tomatoes. *Acta Hort.* 148: 547-554.
- Jang, J.C & J. Sheen (1997) - Sugar sensing in higher plants. *Trends on Plant Science* 2:208-214.
- Koch, K.E. (1996) - Carbohydrate-modulated gene expression in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47:509-540.
- Menne, A. (1992) - Reaktion einiger Zierpflanzen auf mehrtägige Fluktuationen von Temperatur und Lichtintensität. Dissertation Univ. Hannover.
- Rickman, R.W. & B.L. Klepper (1995) - The phyllochron: where do we go in the future. *Crop Sci.* 35: 44-49.
- Seginer, I., C. Gary & M. Tchamitchian (1994) - Optimal temperature regimes for a greenhouse crop with a carbohydrate pool: A modelling study. *Sci. Hort.* 60:55-80.
- Seginer, I., F. Buwalda & G. van Straten (1997) - Nitrate concentration in greenhouse lettuce: a modelling study. *Acta Hort.* (in press).
- Thomas, B.R. & R.L. Rodriguez (1994) - Metabolite signals regulate gene expression and source/sink relationships in cereal seedlings. *Plant Physiol.* 106:1235-1239.
- Van den Berg, G.A. (1987) - Influence of temperature on bud break, shoot growth, flower bud atrophy and winter production of glasshouse roses. Dissertatie, Landbouwwuniversiteit Wageningen.