

Ontwikkeling van modified atmosphere verpakkingen voor leliebollen

Deelrapport 1
December 1997

Herman Peppelenbos
Gerard van den Boogaard
Henry Boerrigter
Sandra Robot

VERTROUWELIJK

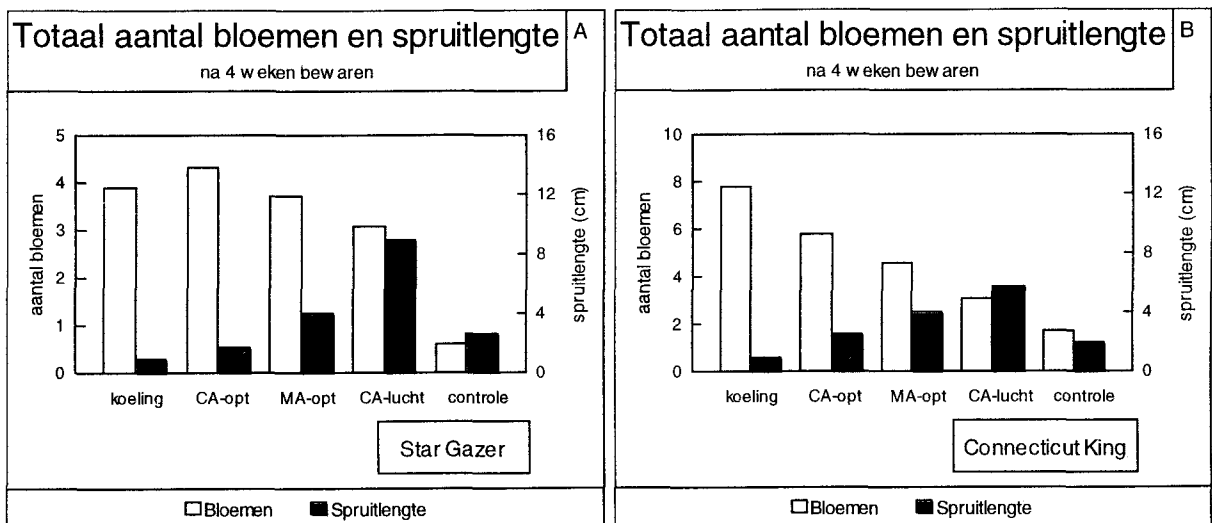
ato-dlo



INHOUDSOPGAVE	Pagina
1. Samenvatting	2
2. Inleiding	4
2.1 Doelstelling	4
3. Materiaal en Methoden	5
3.1 Bewaring onder gecontroleerde gascondities (CA)	5
3.2 Bewaring in MA verpakkingen	6
3.3 Kwaliteitsmetingen	6
3.4 Ademhalingsmetingen	7
3.5 Modellerings	7
4. Resultaten	8
4.1 Bewaring onder gecontroleerde gascondities	8
4.1.1 Bolkwaliteit	8
4.1.2 Bloemkwaliteit	8
4.2 Bewaring in MA verpakkingen	10
4.2.1 Metingen aan verpakkingen	10
4.2.2 Bolkwaliteit	11
4.2.3 Bloemkwaliteit	13
4.3 Modellerings	14
4.3.1 Ademhalingsmetingen	14
4.3.2 Voorspelling optimale MA verpakkingen	14
5. Conclusies en aanbevelingen	15
6. Bijlagen (figuren)	17

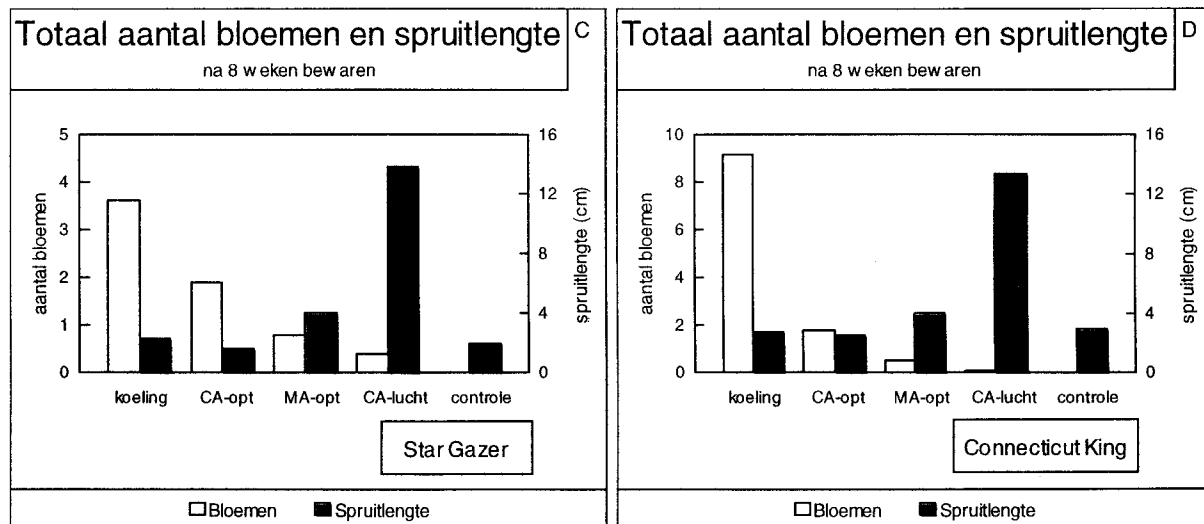
1. SAMENVATTING

In het kader van de ontwikkeling van betere consumentenverpakkingen voor leliebollen is een eerste proef uitgevoerd. In deze proef werd een deel van de bollen onder diverse gecontroleerde gascondities (CA) bewaard, en werd een ander deel in verpakkingen (MA) bewaard. De resultaten zijn dat voor zowel Connecticut King als Star Gazer het zinvol is om gascondities aan te passen. Spruitgroei wordt dan geremd en de bloeikwaliteit neemt aanzienlijk toe ten opzichte van de gewone lucht ('CA-lucht') en de referentieverpakking ('controle'). De bloemkwaliteit van bollen in de beste CA conditie ('CA-opt') en de beste MA conditie ('MA-opt') is zelfs vergelijkbaar met de kwaliteit van bollen die -1°C bewaard waren ('koeling'). Optimale condities lijken vooralsnog 3% zuurstof in combinatie met 20% kooldioxyde. Een bewaarperiode van 4 weken, met daarna en goede bloemkwaliteit, is dus zeer goed mogelijk.



Figuur 1: Overzicht CA en MA-invloed op bolkwaliteit en bloemkwaliteit leliebollen
 A. Star Gazer, 4 weken bewaren
 B. Connecticut King, 4 weken bewaren

Een bewaarperiode van 8 weken bij 18°C bleek niet zinvol (Figuur 1c en 1d). Mogelijk was dat te wijten aan de startkwaliteit van de bollen en het late moment van de proef. De MA-verpakkingen waren slechts voor een deel in staat om de meest optimale condities te realiseren. Aanbevelingen voor verbeteringen worden gegeven.



Figuur 1: Overzicht CA en MA-invloed op bolkwaliteit en bloemkwaliteit leliebollen
 C. Star Gazer, 8 weken bewaren
 D. Connecticut King, 8 weken bewaren

2. INLEIDING

In opdracht van vier firma's, te weten (in alfabetische volgorde) Florex B.V. te Grootebroek, W. Moolenaar en Zn. B.V. te Voorhout, W.R. van der Schoot B.V. te Hillegom en M. Thoolen B.V. te Velsbroek, voert het instituut voor AgroTechnologisch Onderzoek ATO-DLO te Wageningen een onderzoek uit naar de ontwikkeling van MA (klein)verpakkingen voor leliebollen. Het contract voor dit onderzoek werd getekend op 15 april 1997 te Voorhout, waarna op 24 april 1997 werd begonnen met het eerste experiment.

Huidige kleinverpakkingen van leliebollen worden gekenmerkt door het optreden van spruitgroei en een sterke uitdroging, waardoor de bloeikwaliteit vaak sterk te wensen overlaat. Het onderzoek is gericht op het tegengaan van de spruitgroei in de verpakking, en het verbeteren van de bloemkwaliteit. Met name die bloemkwaliteit is van belang voor de consument, en zal voor een groot deel het welslagen van de MA-verpakking in de praktijk bepalen. Uit eerder ATO onderzoek is bekend dat de kwaliteit van de leliebol en de uiteindelijke bloem kan worden verbeterd door verlaagde zuurstofconcentraties, verhoogde kooldioxydeconcentraties en een hoge relatieve luchtvochtigheid.

Dit eerste rapport beschrijft in detail de uitgevoerde experimenten en de gevonden resultaten. Elke paragraaf begint met een korte samenvatting, waarna een uitgebreide detaillering volgt. De belangrijkste elementen zijn vervolgens te vinden in het hoofdstuk 'conclusies en aanbevelingen'.

Het tweede experiment zal plaatsvinden in 1998, waarbij gebruik wordt gemaakt van bolmateriaal geoogst in het najaar van 1997. De te kiezen bewaarcondities en verpakkingsontwerpen in het tweede experiment worden bepaald door de resultaten van het eerste experiment. Dit zal gebeuren mede na overleg tussen de deelnemende bedrijven en het ATO.

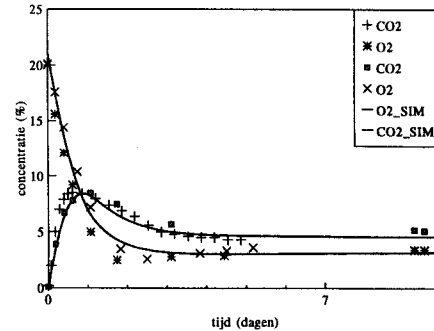
2.1 Doelstelling

Het doel van dit project is de ontwikkeling van een voor de praktijk bruikbare MA-verpakking voor leliebollen waardoor de kwaliteit van de leliebloem duidelijk verbetert t.o.v. de huidige verpakking. Het resultaat van dit project is een MA bollenverpakking geschikt voor de cultivars Star Gazer en Connecticut King.

3. MATERIAAL EN METHODE

Het onderzoek

In een MA-verpakking zal na enige tijd een stabiele gassenstelling ontstaan (zie figuur 2). Deze gassenstelling is het gevolg van twee processen, ademhaling van de bollen en diffusie door de verpakking, die met elkaar in evenwicht zijn. Voor een goed verpakingsontwerp is het belangrijk om te weten welke gassenstelling de beste invloed heeft op de bollen, hoe de ademhaling reageert op een veranderende gassenstelling en wat de diffusie-eigenschappen zijn van diverse verpakingsmaterialen. Vandaar dat het door het ATO uitgevoerde onderzoek uit diverse onderdelen bestaat, namelijk bewaring bij constante gascondities (3.1), MA-verpakken met een reeks van materialen (3.2), ademhalingsmetingen bij diverse gassenstellingen (3.4) en het gebruik van een model waarmee de meest geschikte verpakking kan worden berekend. Na bewaren en verpakken wordt de kwaliteit van de bol beoordeeld, maar ook de kwaliteit van de bloem na opplanten (3.3).



Figuur 2: De zuurstof- en kooldioxyde concentratie in een MA-verpakking. De lijnen zijn de door het MA model berekende waarden.

Het bolmateriaal

Bij alle onderdelen van de proef zijn de cultivars Connecticut King (14-16) en Star Gazer (14-16) gebruikt. De bollen zijn geogst in November 1996, en werden geleverd door Molenaar en Zn. te Voorhout. De bollen waren in november 1996 geogst, en werden april 1997 geleverd aan het ATO.

3.1 Bewaring onder gecontroleerde gascondities

Het ATO heeft de beschikking over een doorstroomsysteem, waarmee elke gewenste combinatie van stikstof (N_2), zuurstof (O_2) en kooldioxyde (CO_2) kan worden gemaakt. De voor deze proef gekozen gascondities waren 1, 3, 5 en 21% O_2 in combinatie met 0, 6 of 20% CO_2 . Dit leverde 12 combinaties op, waarbij de combinatie 21% O_2 en 0% CO_2 (hetzelfde als in gewone lucht) kan worden beschouwd als de controle. Alle combinaties werden in duplo aangeboden, waardoor er in totaal 24 bewaarcellen werden gebruikt. De doorstroomsnelheid van de lucht was 500 ml per minuut, en de lucht werd bevochtigd met behulp van een gaswasfles. Gascondities werden regelmatig gecontroleerd. De temperatuur waarbij bewaard werd was 18°C.

3.2 Bewaring in MA-verpakkingen

Kenmerkend voor onderzoek aan bloembollen is de lange doorlooptijd van één experiment. Hierdoor kan opgedane informatie van het 1^{ste} jaar pas effectief worden gebruikt in het 2^{de} jaar. Voor een project met een doorlooptijd van 2 jaar betekent het dat:

- de activiteiten in het eerste jaar voornamelijk gebaseerd zijn op de reeds beschikbare kennis en
- dat het onderzoek van verschillende MA-verpakkingen het eerste jaar breed zal worden opgezet om de kans op succes zo hoog mogelijk en het risico zo klein mogelijk te maken.

Verpakkingsmateriaal onderzoek

De specifieke gasdoorlaatbaarheid voor O₂ en CO₂ is van groot belang voor het welslagen van de MA-verpakking. Deze doorlaatbaarheid is afhankelijk van het type, de samenstelling en de dikte van het materiaal. Verder is de doorlaatbaarheid ook afhankelijk van ketenomstandigheden zoals de temperatuur. In de praktijk zijn de specificaties voor de O₂ en de CO₂ doorlaatbaarheid niet volledig bekend. Dit betekent dat deze eigenschappen bij relevante temperaturen moeten worden vastgesteld. Voor zover deze eigenschappen nog niet bekend zijn zullen specifieke metingen van de gas- en waterdamp-doorlaatbaarheid worden uitgevoerd.

Er zijn conform het werkplan van ieder verpakkingsmateriaal drie verschillende verpakkingsgroottes gemaakt, namelijk met 2 bollen, 10 bollen of 20 bollen per verpakking. Dit is voor twee cultivars gedaan; Connecticut King en Star Gazer. In totaal levert dit 30 verpakkingstypes op, met verschillende combinaties van cultivar, verpakkingsmateriaal en de hoeveelheid bollen. Van iedere verpakking werden minimaal 4 verpakkingen gemaakt zodat er per uitslagmoment (4 en 8 weken bewaring) een duplo van iedere behandeling beschikbaar was voor opplant. Van de verpakkingen met 2 bollen zijn er 10 verpakkingen per variant gemaakt zodat er door samenvoeging van 5 verpakkingen 10 bollen in duplo beschikbaar waren voor de opplant. Bij de verpakkingen van 10 stuks zijn alle bollen voor opplant gebruikt. Bij de verpakkingsvarianten met 20 bollen zijn per verpakking 10 bollen voor de opplant gebruikt.

Conditie tijdens opslag

De verpakte leliebollen zijn gedurende 8 weken bij 18°C bewaard. De kwaliteit van de bollen werd na 4 en na 8 weken bewaring bepaald. De gasconcentraties in de verpakking zijn in deze periode driemaal gemeten: na 2, 5 en 7 weken bewaring.

3.3 Kwaliteitsmetingen

Na 4 weken en na 8 weken bewaren of verpakken zijn een aantal bollen bemonsterd en direct beoordeeld op kwaliteit. Een ander deel werd opgeplant, om ook de bloekwaliteit te kunnen vaststellen. De bolkwaliteit werd vastgesteld m.b.v. metingen aan spruitlengte en ontwikkelingsstadium en het voorkomen van schimmel (voornamelijk *Penicillium*). De bloemkwaliteit, de kwaliteit na opplant, bestaat uit het waarnemen van het aantal bloemen, het aantal verdroogde en afgevallen knoppen, het aantal misvormde bloemen, takgewicht, taklengte,

trekduur en het voorkomen van bladverbranding.

3.4 Ademhalingsmetingen

Om de verpakking goed te kunnen ontwerpen moet de ademhalingsnelheid van de leliebollen bij uiteenlopende (optimale en sub-optimale) gassamenstellingen bekend zijn. De voor deze proef gekozen gascondities waren 0, 1, 3, 5, 10 en 21% O₂ in combinatie met 0 of 20% CO₂. Dit leverde 12 combinaties op. De gekozen concentraties wijken enigszins af van de concentraties die gebruikt zijn bij het bewaaronderzoek. De gekozen concentraties zijn nodig om het model van voldoende gegevens te voorzien. Soms is een concentratie wel gebruikt bij de ademhalingsmetingen maar niet bij het bewaaronderzoek (0% en 10% O₂), en andersom komt ook voor (6% CO₂). De ademhalingsnelheid werd gemeten als zuurstofopname en kooldioxyde-afgifte. Aangezien de ademhalingsnelheid tijdens langere bewaring kan veranderen, wat consequenties heeft voor het te kiezen verpakkingsmateriaal, werd de ademhaling regelmatig voor beide cultivars gedurende de hele bewaarperiode gevolgd. Metingen werden verricht na 3, 6, 10, 16, 18, 24, 32, 40, 46 en 51 dagen bewaren. De metingen na 18 en 32 dagen bewaren zijn echter niet gebruikt voor het model.

3.5 Modelling

Het ademhalingsmodel richt zich op de beschrijving van de ademhaling van het produkt. Het is in staat om zowel O₂ opname als CO₂ afgifte bij allerlei condities van O₂ en CO₂ te berekenen. Dit ademhalingsmodel is een onderdeel van het MA model, dat in staat is het verloop van de O₂ en de CO₂ concentraties in de verpakking te berekenen. Het MA-model kan de invloed van externe klimaatcondities op de ademhaling van het produkt en de diffusie-eigenschappen van de verpakking meenemen in de berekeningen. Door verschillende verpakkingsvariëaties met het MA model door te rekenen kunnen de experimenten zo effectief mogelijk worden uitgevoerd. Het aantal verpakkingen en de hoeveelheid benodigde bollen kan worden beperkt, en bovendien is er zekerheid dat de best mogelijke verpakking in de proef meegenomen wordt.

4. RESULTATEN

Voordat de resultaten besproken worden, moet een opmerking gemaakt worden over de kwaliteit van de geleverde bollen. Er werden bij de diverse behandelingen, maar ook bij de controlepartij (bewaard bij -10C) veel misvormingen van de bloemen gevonden. Mogelijk lag dit aan de partij, mogelijk was de late start van de proef een oorzaak van de problemen. In elk geval beïnvloedde het de resultaten, bijvoorbeeld t.a.v. de lengte van de bewaarduur (4 weken t.o.v. 8 weken).

De resultaten van het bewaaronderzoek worden vergeleken met twee referenties: 'gewone lucht' (21% zuurstof met 0.3% kooldioxyde) en de referentieverpakking (ook 21% zuurstof met 0.3% kooldioxyde). Het verschil tussen beide referenties is dat 'gewone lucht' deel uitmaakte van de CA-bewaring en dus bevochtigd is (rv = 95%) en de referentieverpakking niet (rv = 60%).

4.1 Bewaring onder gecontroleerde gascondities (CA)

4.1.1 Bolkwaliteit

Optimaal voor de bolkwaliteit lijken de meest extreme gascondities die gebruikt zijn, namelijk 1% zuurstof in combinatie met 20% kooldioxyde.

Zowel lage zuurstofconcentraties als hoge kooldioxydeconcentraties leiden tot een duidelijke remming van de spruitgroei van Star Gazer en Connecticut King. Dit was te zien aan een kleinere spruitlengte (Figuur 3) en een minder ver gevorderde ontwikkeling (Figuur 4). Als vergeleken wordt met de referentieverpakking in plaats van (bevochtigde) controle-lucht, dan is de spruitlengte niet geremd maar vergelijkbaar van grootte bij lage zuurstofconcentraties (voor Star Gazer) of bij hoge kooldioxydeconcentraties (bij Connecticut King). Met andere woorden, bij de referentieverpakking zorgde uitdroging voor remming van de spruitgroei, terwijl bij CA bewaring de gewijzigde gascondities daar voor zorgden.

Schimmelgroei werd niet beïnvloed door gewijzigde gascondities. Alleen bij 1% zuurstof werd na 4 weken bewaren bij Star Gazer iets meer schimmel gevonden.

4.1.2 Bloemkwaliteit

Vier weken bewaring bij gewijzigde gascondities levert een veel betere bloemkwaliteit op dan de referentieverpakking: meer (goede) bloemen, minder knopval, en bij Connecticut King een hoger takgewicht. Voor Star Gazer lijkt een combinatie van 3-5 % zuurstof met 20% kooldioxyde optimaal, en voor Connecticut King een combinatie van 1-3% zuurstof met 20% kooldioxyde. Na 8 weken bewaren is de kwaliteit veel minder dan na 4 weken bewaren.

Takgewicht en taklengte

Het takgewicht van Connecticut King (Figuur 5) was veel hoger dan de referentieverpakking na 4 weken bewaren bij lage zuurstofconcentraties. Er was vrijwel geen invloed van gascondities op het takgewicht (Figuur 5) en de taklengte (Figuur 6) van Star Gazer. Na 8 weken bewaren was het takgewicht en

de taklengte bij zowel Star Gazer als Connecticut King duidelijk minder dan na 4 weken bewaren. Alleen bij 5% zuurstof voor Star Gazer en 1% zuurstof bij Connecticut King waren takgewicht en taklengte goed te noemen (vergelijkbaar met resultaten na 4 weken).

Aantal bloemen

Er werden bij Connecticut King opvallend meer bloemen (5) gevonden als de bollen 4 weken bewaard waren bij lage zuurstof- en/of hoge kooldioxydeconcentraties (Figuur 7). Bij Star Gazer is alleen bij 5% zuurstof in combinatie met 20% kooldioxyde meer bloemen (2) gevonden. Bij beide cultivars is die toename ten opzichte van gewone lucht en de referentieverpakking. De verklaring voor deze toename in bloemen is dat er veel minder droge knoppen en knopval gevonden zijn (samen 'slechte knoppen', Figuur 8). Na 8 weken bewaren neemt vooral bij Connecticut King het aantal bloemen drastisch af. Ook dit wordt verklaard door een toename in slechte knoppen. Bij Connecticut King is na 8 weken 1% zuurstof nog de beste conditie (4-5 bloemen), terwijl dat bij Star Gazer 5% zuurstof is (3.5-4 bloemen).

Aantal goede bloemen

Bij alle behandelingen werden er opvallend veel bloemafwijkingen gevonden. Dit varieerde van kleine vergroeiingen, zoals een meeldraad aan een kroonblad, tot misvormingen van de kroonbladeren. Ook bij de bollen die continu bij -1 °C bewaard zijn geweest, zijn deze misvormingen gevonden. Het is dus een probleem van de partij. Er is niet een duidelijke invloed van de gasconditie te zien op bloemafwijkingen (Figuur 9). Wat wel opvallend is, is dat het na 8 weken bewaren meer optreedt dan na 4 weken bewaren. Bewaren bij 18°C kan het aantal afwijkingen dus versterken.

Als nu het aantal bloemen (Figuur 7) gecorrigeerd wordt voor het aantal bloemen met afwijkingen, dan levert dat het aantal 'goede' bloemen op (Figuur 10). Het blijkt dan dat de invloed van zuurstof en kooldioxyde vergelijkbaar is als beschreven bij het 'aantal bloemen'. Het meest opvallende verschil is dat het aantal goede bloemen t.o.v. de referentieverpakking duidelijk hoger is als er lage zuurstof- en hoge kooldioxydeconcentraties gebruikt worden.

Trekduur

Een kenmerk dat voor de teelt van belang is, maar voor de droogverkoop veel minder, is de trekduur. Bij Star Gazer en Connecticut King neemt de trekduur toe als bij andere gascondities bewaard wordt. Dit hangt duidelijk samen met de remming van de spruitgroei tijdens de bewaring. Bij Star Gazer is de trekduur in gewone lucht na 4 en 8 weken respectievelijk 68 en 58 dagen, maar bij laag zuurstof (1%) 78 en 78 dagen en bij alleen hoog kooldioxyde (20%) 76 en 73 dagen. De gewijzigde gascondities zorgen dus voor een toename van 10 à 20 dagen. Bij Connecticut King is de trekduur in gewone lucht na 4 en 8 weken respectievelijk 44 en 27 dagen, maar bij laag zuurstof (1%) 53 en 51 dagen en bij alleen hoog kooldioxyde (20%) 49 en 41 dagen. De gewijzigde gascondities zorgen dus voor een toename van 9 à 24 dagen.

4.2 Bewaring in MA-verpakkingen

4.2.1 Metingen aan de verpakkingen

De folies die in dit eerste experiment gebruikt zijn leverden een reeks van zuurstof- en kooldioxydeconcentraties op. Voor de 10 bollen verpakking is OPP variant II de beste folie: gemeten gasconcentraties lagen dicht bij de optimale gasconcentraties. Voor de verpakkingen voor 2 en 20 bollen zullen andere folies gebruikt moeten worden.

Gasdoorlaatbaarheid verpakkingsmaterialen

Er is gekozen voor een reeks van verpakkingsmaterialen waarvan de doorlaatbaarheidseigenschappen veel van elkaar verschillen. Op deze manier is na het eerste experiment al duidelijk in welke range de doorlaatbaarheid van het verpakkingsmateriaal moet zitten om een gunstig effect te hebben op de kwaliteit van de leliebollen. Voor aanvang van de proeven wordt ervan uitgegaan dat de optimale gasconcentraties voor leliebollen een lage O₂-concentratie is gecombineerd met een hoge CO₂-concentratie. Om deze condities in de verpakking te realiseren zijn er vier verschillende commercieel verkrijgbare verpakkingsmaterialen geselecteerd. De selectie bestaat uit: 11 µm rekwikkel PE, 30 µm LDPE en twee verschillende OPP folies met microperforaties met een verschillende gasdoorlaatbaarheid. De gegevens over de doorlaatbaarheid van de verpakkingsmaterialen staan samengevat in tabel 1. De doorlaatbaarheden zijn bepaald bij 18°C. Als referentie verpakking is een volledig geperforeerde OPP-verpakking gebruikt (geen diffusie barrière). De waarden in tabel 1 geven duidelijke verschillen aan in O₂ doorlaatbaarheid tussen de verpakkingsmaterialen (grootste verschil is met een factor 1.8). De verschillen in CO₂ doorlaatbaarheid zijn nog groter (grootste verschil is met een factor 4.6).

Tabel 1. Doorlaatbaarheid van verschillende verpakkingsmaterialen bij 18°C.

Verpakkingsmateriaal	O ₂ doorlaatbaarheid (ml/m ² *bar*24h)	CO ₂ doorlaatbaarheid (ml/m ² *bar*24h)	Waterdamp doorlaatbaarheid (gr/m ² *bar*24h)
Referentieverpakking	∞	∞	∞
11µm rekwikkel PE	18.000	50.500	126,0
30 µm LDPE	14.500	40.700	42,5
OPP variant I	12.000	18.500	13,0
OPP variant II	10.000	10.900	9,0

De verpakkingsvarianten zullen gezien de doorlaatbaarheidseigenschappen een aantal O₂-concentraties opleveren die redelijk van elkaar verschillen. De CO₂-concentraties zullen een zeer brede range bestrijken. Dit geldt voor verpakkingen

waarbij het aantal verpakte bollen gelijk is.

Gassamenstelling in de verpakking

De twee verschillende cultivars lieten geen verschillen in gassamenstelling in de verpakking zien. Dit komt overeen met de resultaten van de respiratiemetingen met beide cultivars (hoofdstuk 4.3.1). Het type verpakkingsmateriaal en de hoeveelheid verpakte bollen per verpakking had echter wel een duidelijk effect op de gasconcentratie in de verpakking. Zoals uit tabel 2 blijkt zijn er slechts geringe verschillen in O₂-concentraties in verpakkingen met eenzelfde aantal bollen. De verschillen in CO₂-concentratie zijn groter en bereiken vooral bij de OPP varianten met 10 en 20 bollen waarden die erg hoog zijn.

Tabel 2. O₂- en CO₂-concentraties in verschillende verpakkingen. Gemiddelde van 3 metingen (2, 5 en 7 weken).

Bollen per verpakking	Referentie-verpakking		11µm PE		30 µm LDPE		OPP variant I		OPP variant II	
	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
2	20,7	0,04	17,3	2,5	18,1	1,5	15,6	6,1	17,0	5,3
10	20,7	0,04	17,6	4,6	14,3	3,0	10,1	11,2	6,6	21,9
20	20,7	0,04	12,6	5,6	8,9	6,5	4,3	29,3	4,4	25,3
gemiddeld	20,7	0,04	15,2	4,2	13,8	3,7	10,0	15,5	9,3	17,5

4.2.2 Bolkwaliteit

Bij de gebruikte MA-verpakkingen wordt er meer spruitgroei gevonden dan in de referentieverpakking. Er vindt daarentegen nauwelijks uitdroging plaats in de MA-verpakkingen, tegen 18% in de referentieverpakking. Alleen bij 20 bollen in OPP verpakkingen ontstonden gasconcentraties die te extreem waren (ontstaan anaërobie).

De leliebollen verpakt in de referentieverpakking verloren aanzienlijk meer gewicht als de leliebollen verpakt in een MA-verpakking. Uit eerder onderzoek uitgevoerd door ATO-DLO bleek al dat gewichtsverlies een erg nadelige invloed heeft op de kwaliteit van de opplant. In tabel 3 staan de verschillende gewichtsverliezen samengevat. Uit de tabel blijkt duidelijk dat de leliebollen verpakt in de referentieverpakking het meest gewicht verliezen. De verschillen in gewichtsverlies van leliebollen verpakt in de andere verpakkingsvarianten zijn niet significant. Wel is er bij deze verpakkingen een rangorde die verwacht mag worden aan de hand van de gevonden waterdoorlaatbaarheid (zie tabel 1).

Tabel 3. Gewichtsverlies (%) van leliebollen per verpakkingsmateriaal (getallen met een verschillende letter zijn significant verschillend).

Verpakkingsmateriaal	Gewichtsverlies (%)
Referentieverpakking	18,0 b
11µm rekwikkel PE	2,3 a
30 µm LDPE	1,2 a
OPP variant I	1,0 a
OPP variant II	0,9 a

De bollen die 4 weken waren verpakt lieten duidelijke verschillen zien, met name in spruitlengte (tabel 4). Het percentage bollen dat was aangetast door schimmel was voor alle verpakkingsvarianten gelijk, namelijk 7% voor Star Gazer en 17% voor Connecticut King. De kwaliteit van de leliebollen die 8 weken waren bewaard was dermate slecht dat het niet zinvol is deze resultaten uitgebreid te bespreken. De bollen in de referentieverpakking waren na 8 weken bewaring sterk uitgedroogd, met een gewichtsverlies tot 40 %. De bollen uit de MA-verpakkingen daarentegen waren niet sterk uitgedroogd, maar vertoonden een sterke schimmelaantasting. Daarnaast was in sommige MA-verpakkingen, namelijk 20 bollen in OPP I en OPP II, was gedurende een deel van de tijd anaërobie opgetreden. Dit had een sterk negatieve invloed op de bolkwaliteit.

Tabel 4. Spruitlengte (cm) na 4 weken bewaring per verpakking (getallen met een verschillende letter zijn significant verschillend).

Verpakkingsmateriaal	Spruitlengte (cm)
Referentieverpakking	2,3 a
11µm rekwikkel PE	3,6 b
30 µm LDPE	5,9 d
OPP variant I	4,8 c
OPP variant II	4,8 c

De leliebollen verpakt in de referentieverpakking hebben duidelijk de kortste spruit. Deze bollen zijn ernstig uitgedroogd (tabel 3), wat de spruitgroei blijkbaar sterk remde. De verschillen tussen de andere verpakkingen worden veroorzaakt door een combinatie van indroging en MA-condities in de verpakking. De rekwikkel PE heeft de kortste spruiten. Dit lijkt ook op een effect van indroging. De resterende drie MA-verpakkingen hebben een vergelijkbare indroging maar

verschillen wel in gascondities. De CO₂-concentratie in de LDPE-verpakking is duidelijk lager dan bij de OPP-varianten. Aangezien deze kortere spruiten hebben is het duidelijk dat de verhoogde CO₂-concentratie de spruitontwikkeling remt.

4.2.3 Bloemkwaliteit

Zowel bij Star Gazer als Connecticut King zijn er verpakkingen die een betere bloemkwaliteit geven dan de referentieverpakking. Bij beide cultivars komt OPP variant II naar voren als de beste folie. De proef leert ons dat zowel minder vochtverlies leidt tot meer bloemen (verpakkingen voor twee bollen) als gewijzigde gascondities (verpakkingen voor 20 bollen). Bij de grootste verpakkingen (20 bollen) zat ook een variant die te extreme gascondities opleverde (OPP variant I). De uiteindelijke verpakking zal gascondities moeten opleveren die met een veilige marge van deze verpakking verschillen.

Voor de consument, die de leliebollen in de tuin plant, zijn waarschijnlijk vooral kwaliteitsparameters zoals aantal knoppen, aantal bloemen en het aantal goede bloemen van belang. Minder belangrijk zijn aspecten als trekduur, takgewicht, lengte en dergelijke. Voor de overzichtelijkheid worden de belangrijkste kenmerken weergegeven. Kwaliteitsparameters als aantal knoppen, aantal bloemen en het aantal goede bloemen zijn samengevat in figuren 11 (Star Gazer) en 12 (Connecticut King).

Bij Star Gazer leveren alle MA-verpakkingen voor twee bollen meer (goede) bloemen op dan de referentieverpakking. De beste is OPP variant II. Omdat de gascondities vrijwel gelijk waren aan lucht (zie tabel 2) is deze positieve invloed van MA vooral te danken aan verminderde uitdroging van de bollen.

Voor 10 bollen is het aantal bloemen vergelijkbaar in de MA- en de referentieverpakkingen, maar levert MA wel meer goede bloemen op (minder misvormingen). De beste folie is hier LDPE 30 um.

De grootste verpakking, voor 20 bollen, levert de meest extreme gascondities op (tabel 2). Deze gascondities komen bij OPP variant II dicht bij wat optimaal is, en leveren dan ook de beste bloemkwaliteit op van *alle* verpakkingen voor Star Gazer (figuur 11). Ook de slechtste verpakking is bij 20 bollen gevonden, namelijk OPP variant I.

Bij Connecticut King leveren alle MA-verpakkingen voor twee bollen niet meer bloemen, maar wel meer goede bloemen op dan de referentieverpakking. De beste is OPP variant II. Omdat de gascondities vrijwel gelijk waren aan lucht (zie tabel 2) is deze positieve invloed van MA vooral te danken aan verminderde uitdroging van de bollen (vergelijkbaar met Star Gazer).

Voor 10 bollen is het aantal (goede) bloemen duidelijk hoger in de OPP folies. De PE en de LDPE leveren geen betere kwaliteit dan de referentieverpakking. De beste folie is hier OPP variant II.

De grootste verpakking, voor 20 bollen, levert net als bij Star Gazer de meest extreme gascondities op (tabel 2). Deze gascondities komen bij OPP variant II dicht bij wat optimaal is, en leveren dan ook de beste bloemkwaliteit op van *alle*

verpakkingen voor Connecticut King (figuur 12). Ook de slechtste verpakking voor Connecticut King is bij 20 bollen gevonden: opnieuw OPP variant I. De gascondities in deze verpakking waren nog iets extremer dan in OPP variant II. Dit resultaat leert ons waar de grenzen liggen van wat nog optimaal is, en wat te extreem is.

4.3 Modellering

4.3.1 Ademhalingsmetingen

De ademhalingsmetingen zijn met behulp van het ademhalingsmodel geanalyseerd. De metingen zijn weergegeven in figuren 13 (Star Gazer) en 14 (Connecticut King). Samenvattend laten de ademhalingsmetingen een aantal belangrijke resultaten zien:

- Vooral bij Star Gazer neemt de ademhaling in het begin van de bewaring sterk af (figuur 13).
- De ademhaling verandert na 10 dagen bewaren nauwelijks in de tijd, gascondities in de verpakking zullen dus gelijk blijven.
- Na 10 dagen is de ademhaling van Star Gazer en Connecticut King vrijwel gelijk (figuur 13a t.o.v. 14a). Dit blijkt ook uit het feit dat de concentraties in verpakkingen van beide cultivars vrijwel gelijk worden.
- Alleen bij Connecticut King remt kooldioxyde de ademhaling duidelijk (figuur 13a t.o.v. 14c). Dit komt overeen met een grotere invloed van gewijzigde gascondities op de kwaliteit bij Connecticut King.
- Bij één specifieke conditie, namelijk 0.8% zuurstof in combinatie met 20% kooldioxyde, neemt de ademhaling na verloop van tijd sterk toe (figuur 13e, 13f, 14e en 14f). Dit was waarschijnlijk ook de oorzaak van anaërobie in sommige verpakkingen. Deze extreme gasconditie zal dus vermeden moeten worden.

4.3.2 Voorspelling optimale MA-verpakkingen

Met behulp van de nu verkregen gegevens zijn er voorspellingen te doen over betere folies dan degenen die nu gebruikt zijn. Deze voorspellingen worden gebruikt in de tweede proef. Bovendien is nu bekend welke concentraties gewenst zijn (3-5% zuurstof, 20% kooldioxyde) en welke ongewenst zijn (in de buurt van 1% zuurstof). De metingen aan ademhaling en verpakkingsconcentratie's geven aan dat voor de beide cultivars dezelfde folie gekozen kan worden. Wel lijkt het noodzakelijk om voor de verschillende verpakkingsgroottes (2, 10 of 20 bollen) andere folies te gebruiken.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Conclusies bewaring

- Bij lage zuurstofconcentraties en hoge kooldioxydeconcentraties wordt de spruitgroei en de ontwikkeling van Connecticut King geremd.
- Lage zuurstofconcentraties en hoge kooldioxydeconcentraties resulteren in meer (goede) bloemen dan bewaring in gewone lucht.
- Er werden veel bloemafwijkingen gevonden bij de bewaarde bollen. De meeste afwijkingen werden gevonden bij bollen bewaard in gewone lucht.
- De bollen die bevroren zijn bewaard en opgeplant vertoonden ook veel bloeiafwijkingen. Het uitgangsmateriaal lijkt dus niet optimaal.
- Optimale condities lijken 3-5% zuurstof en 20% kooldioxyde.

Conclusies gasuitwisseling

- De gasuitwisseling neemt sterk af vanaf de start van de metingen.
- Dit betekent dat de meest ideale gasconditie niet te realiseren is met dezelfde folie gedurende 8 weken. Optimalisatie betekent dus het voorkomen van extreme (schadelijke) gascondities door tijdelijk uit te gaan van suboptimale gascondities.
- Bij de combinatie laag zuurstof (0.8%) en hoog kooldioxyde (20%) neemt de gasuitwisseling zeer sterk toe tijdens de bewaarperiode.
- De zuurstof dient boven 1% te blijven.

Conclusies verpakken

- Leliebollen uit MA-verpakkingen hadden 2 tot drie maal zoveel goede bloemen dan leliebollen uit de standaard verpakking.
- Een bewaarperiode van 8 weken bij 18°C is met geen enkele geteste kleinverpakking gehaald.
- De beste verpakking is OPP variant II voor 20 bollen.
- De verpakkingen met 2 leliebollen per verpakking vereisen een verpakkingsmateriaal met een geringere gasdoorlaatbaarheid dan de geteste materialen. Een dergelijk materiaal is in de handel verkrijgbaar.
- Omdat de optimale verpakking (OPP variant II) gascondities oplevert die weinig afwijken van schadelijke gascondities (OPP variant II) is het verstandig om voor 20 bollen een verpakkingsmateriaal te kiezen met een iets grotere gasdoorlaatbaarheid dan OPP II.
- Bewaren in de referentie-verpakking leidde tot minder spruitgroei. De controle in het bewaarexperiment leidde echter tot meer spruitgroei. MA-verpakken verandert dus zowel de gasconditie als de luchtvochtigheid (lees: de mate van uitdroging).
- Voor een goede consumentenverpakking is de visuele kwaliteit belangrijk. Daarom moet de schimmelgroei in de verpakking beter beheerst worden.

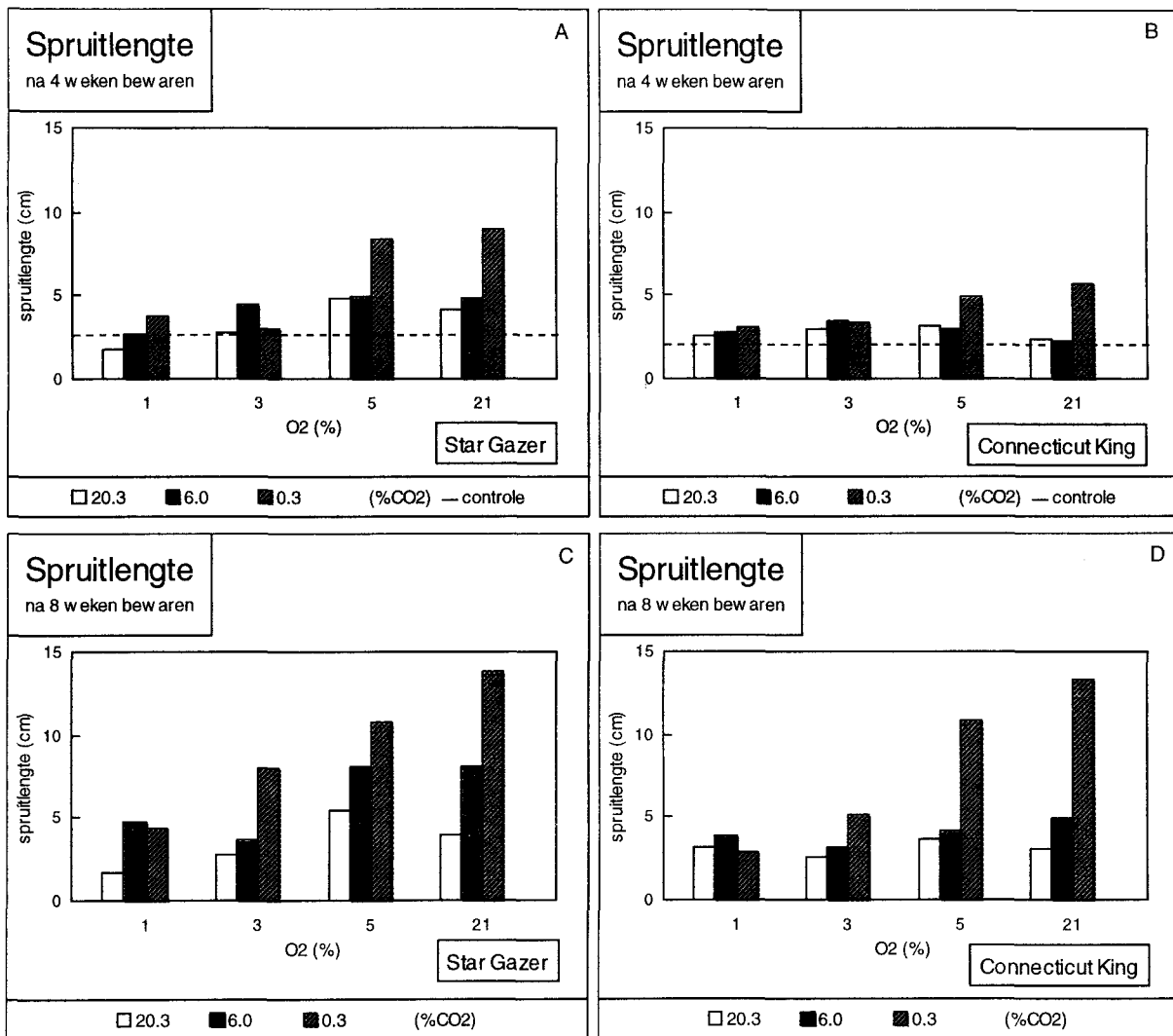
Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

- I. Bollen van een uitstekende kwaliteit gebruiken.
- II. Voor een deel andere folies gebruiken dan in het eerste experiment.
- III. Testen van technieken om schimmelgroei in de verpakking remmen.
- IV. Een periode van 8 weken shelf-life bij 18°C lijkt te lang. Alternatieven zijn een tijdelijke opslag bij een lagere temperatuur, of opplanten na 4 en 6 weken in plaats van 4 en 8 weken. Wellicht dat bewaren langer dan 4 weken (maar korter dan 8) mogelijk is.

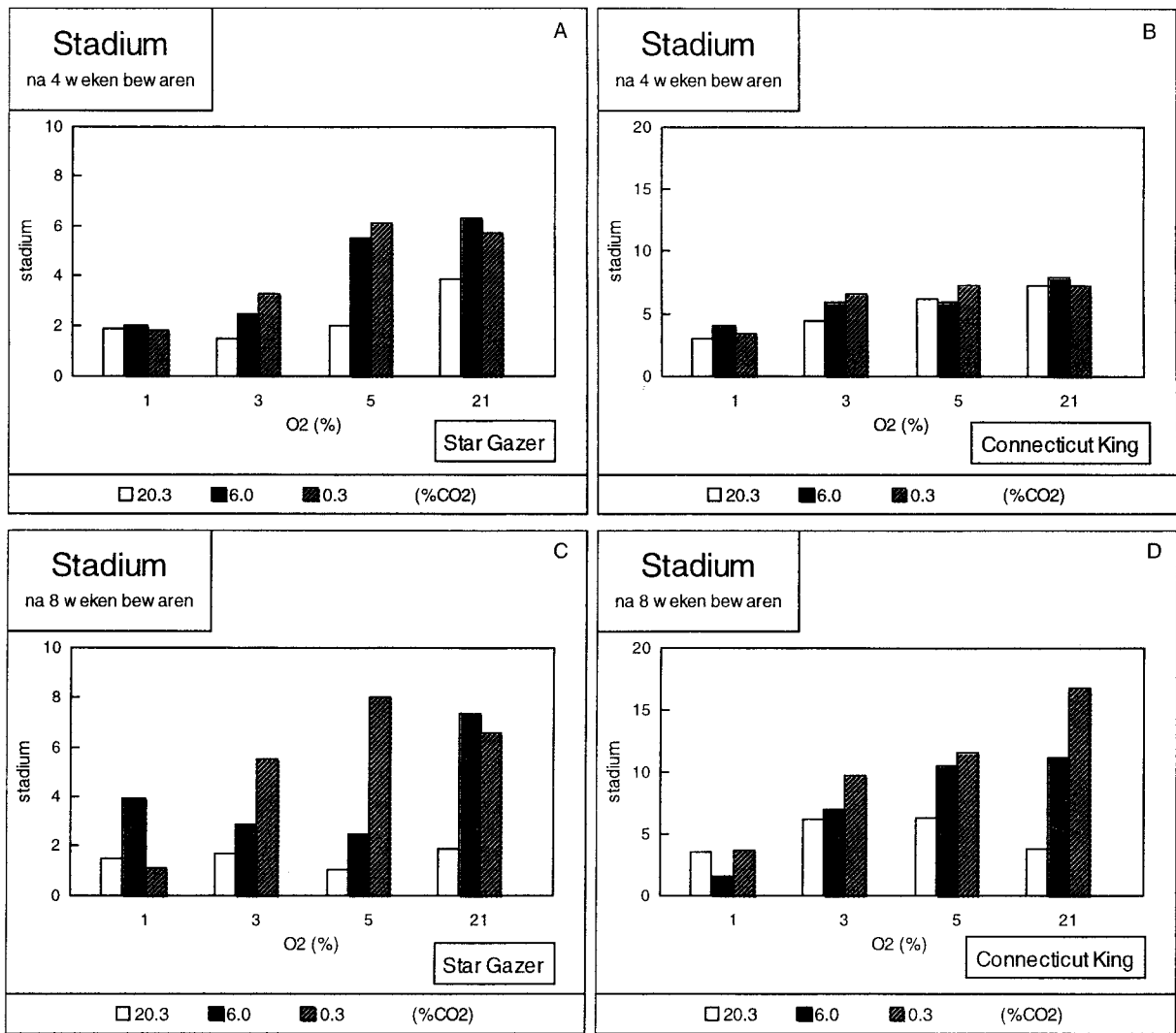
6. BIJLAGEN (figuren)

Overzicht figuren in de bijlage

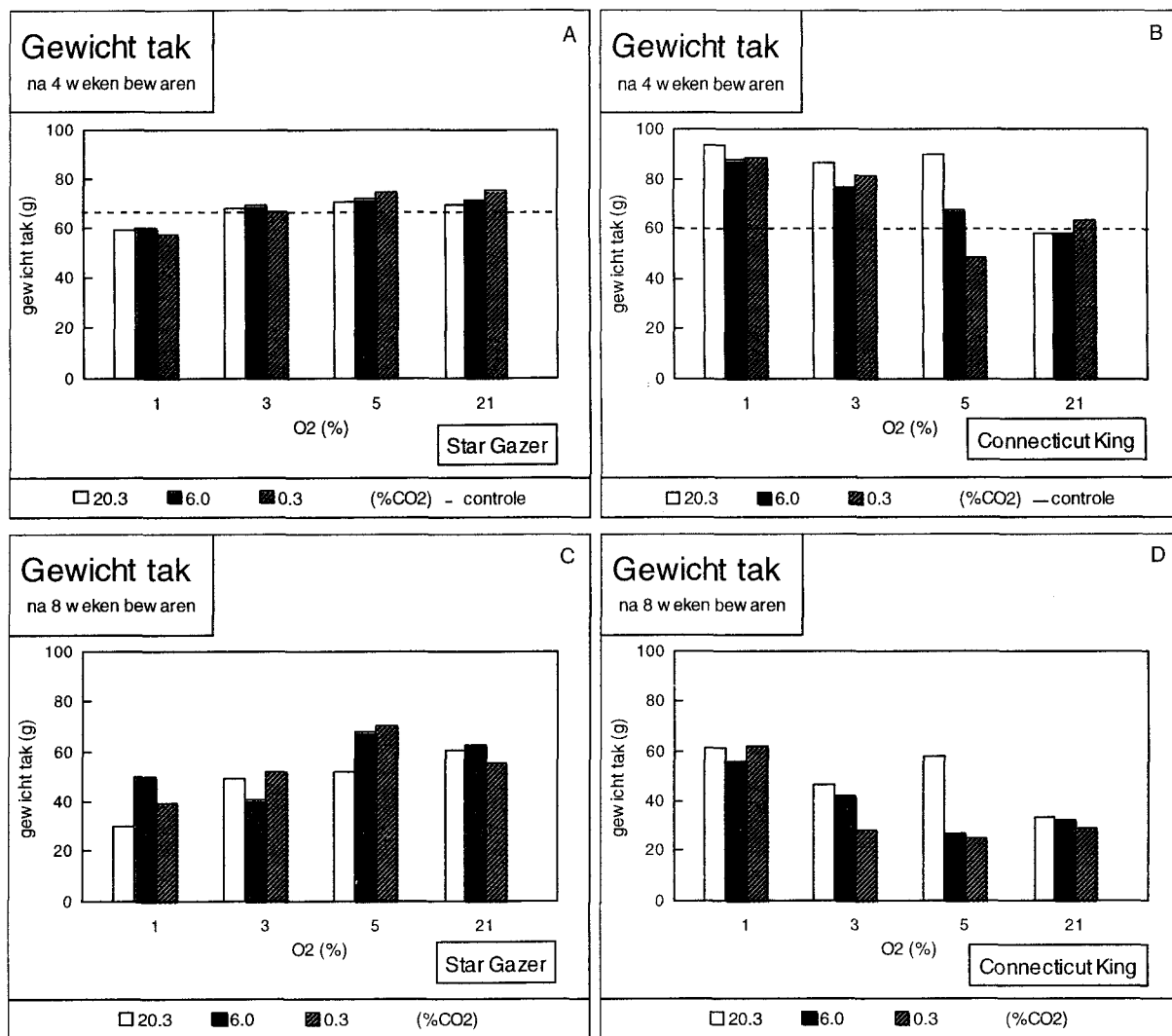
- Figuur 3: Spruitlengte bollen (CA proef)
- Figuur 4: Ontwikkelingsstadium bollen (CA proef)
- Figuur 5: Takgewicht bloemen (CA proef)
- Figuur 6: Taklengte bloemen (CA proef)
- Figuur 7: Aantal bloemen (CA proef)
- Figuur 8: 'Slechte' knoppen; knopval + knopverdroging (CA proef)
- Figuur 9: Bloemafwijkingen (CA proef)
- Figuur 10: 'Goede' bloemen (CA proef)
- Figuur 11: Bloemkwaliteit Star Gazer (MA proef)
- Figuur 12: Bloemkwaliteit Connecticut King (MA proef)
- Figuur 13: Ademhaling Star Gazer
- Figuur 14: Ademhaling Connecticut King



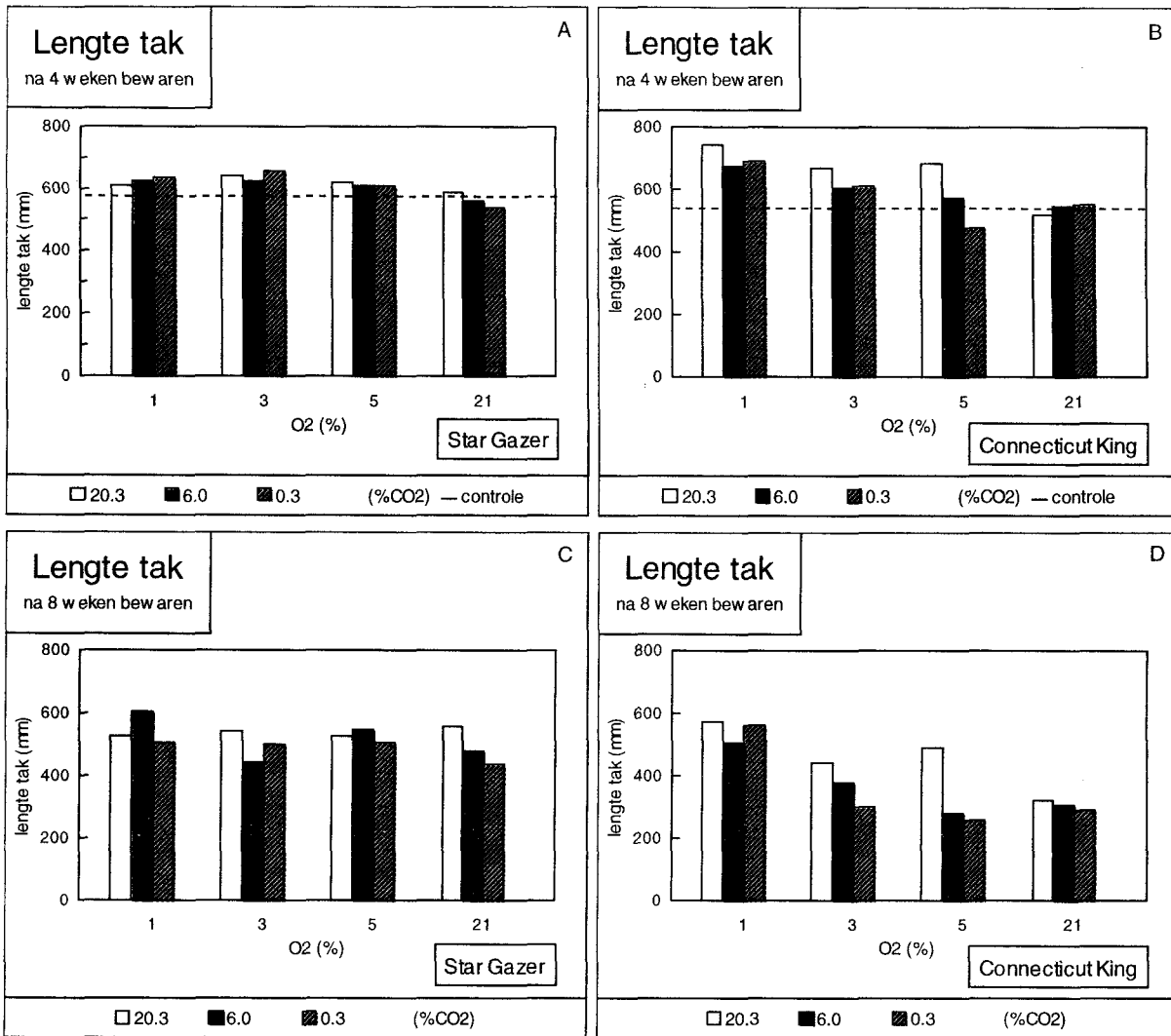
Figuur 3: De spruitlengte direct na uithalen beoordeeld voor de verschillende bewaarcondities.
 A. spruitlengte na 4 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 B. spruitlengte na 4 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 C. spruitlengte na 8 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 D. spruitlengte na 8 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 controle: resultaat van de bollen bewaard in de referentieverpakking (4 weken)



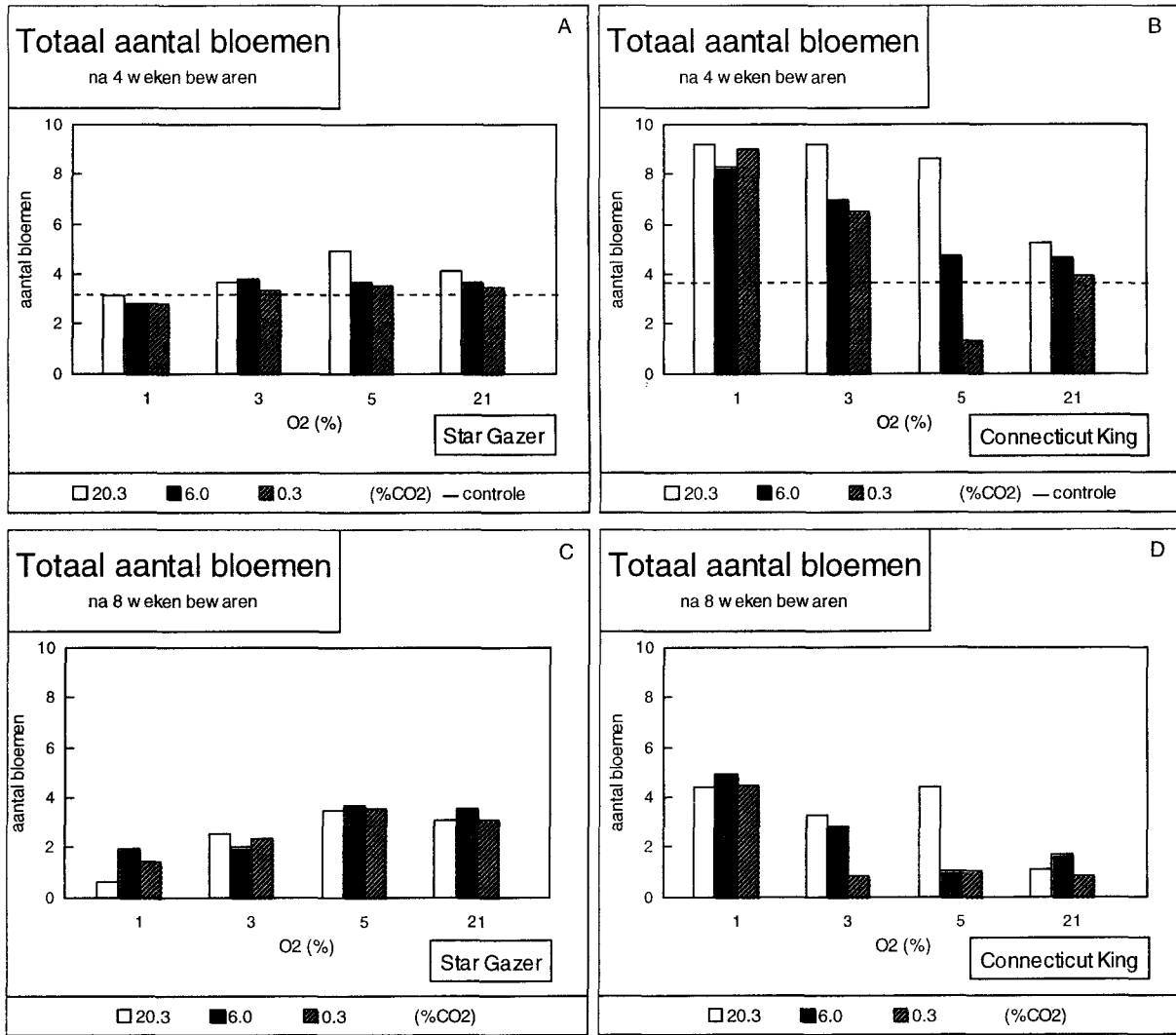
Figuur 4. Het stadium van de bloembollen beoordeeld voor de verschillende bewaarcondities (direct na uithalen).
 A. het stadium na 4 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 B. het stadium na 4 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 C. het stadium na 8 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 D. het stadium na 8 weken bewaren, cultivar Connecticut King



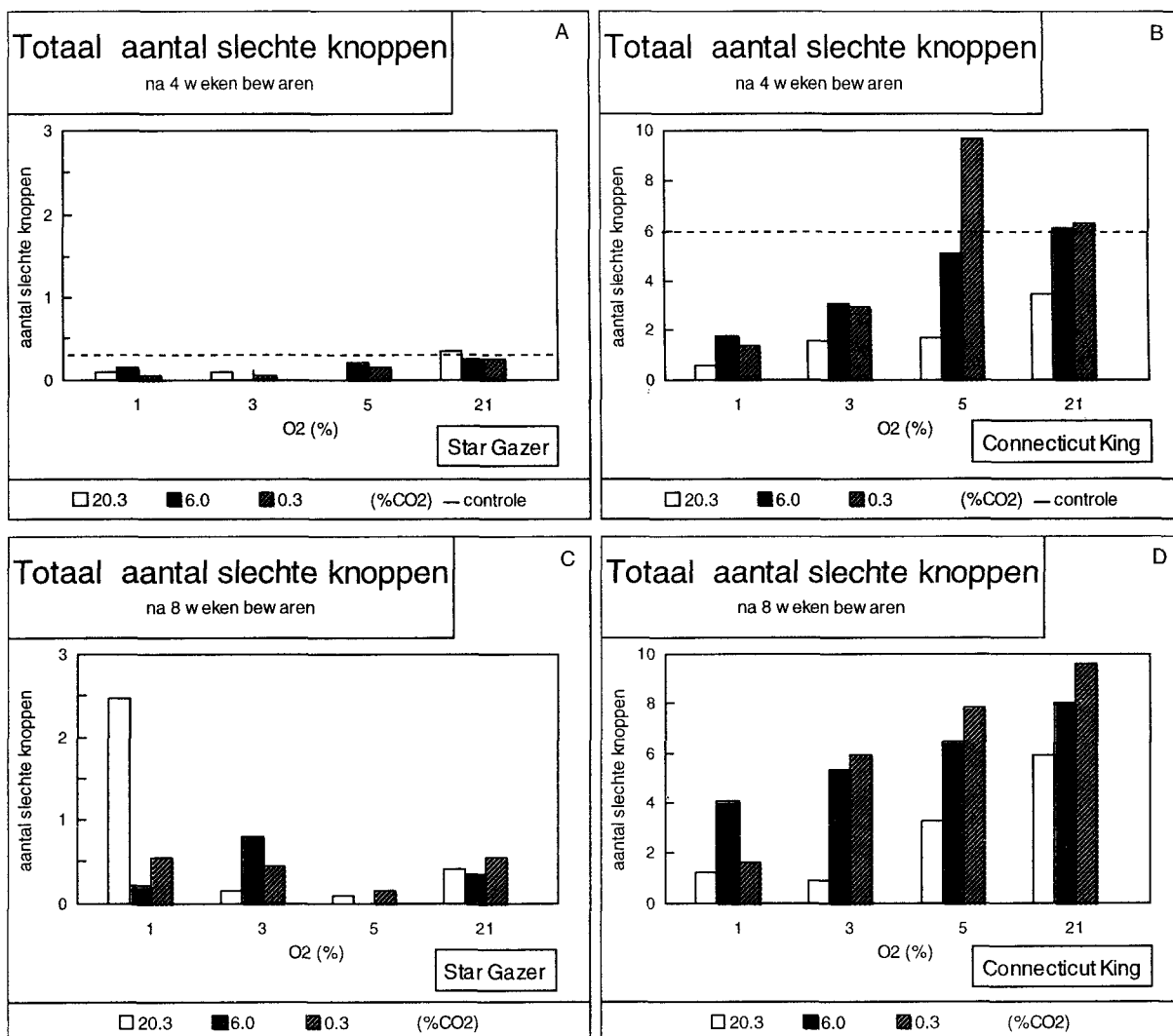
Figuur 5: Het gewicht van de tak na oogst beoordeeld voor de verschillende bewaarcondities.
 A. gewicht tak na 4 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 B. gewicht tak na 4 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 C. gewicht tak na 8 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 D. gewicht tak na 8 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 controle: resultaat van de bollen bewaard in de referentieverpakking (4 weken)



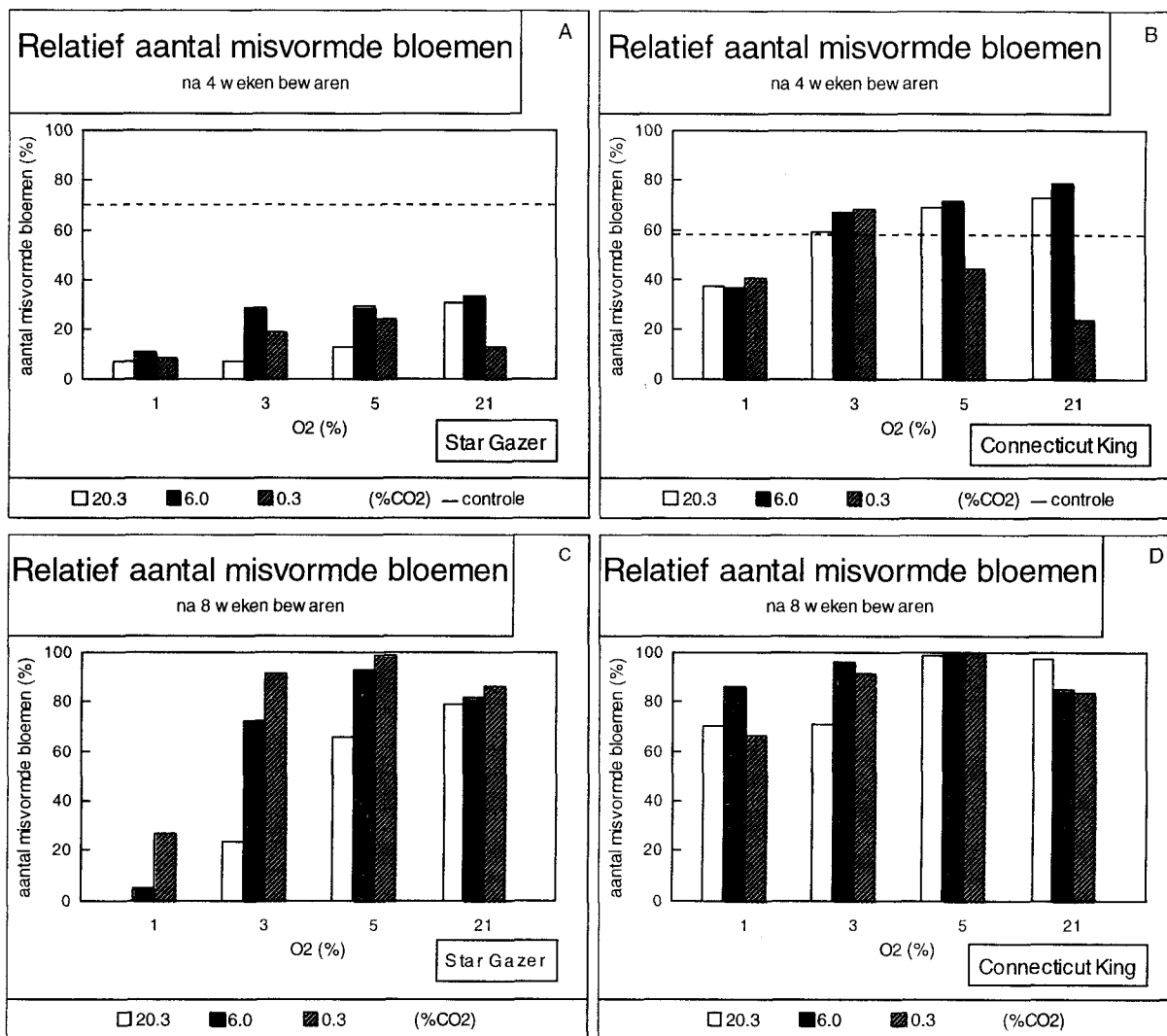
Figuur 6: De lengte van de tak na oogst beoordeeld voor de verschillende bewaarcondities.
 A. lengte tak na 4 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 B. lengte tak na 4 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 C. lengte tak na 8 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 D. lengte tak na 8 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 controle: resultaat van de bollen bewaard in de referentieverpakking (4 weken)



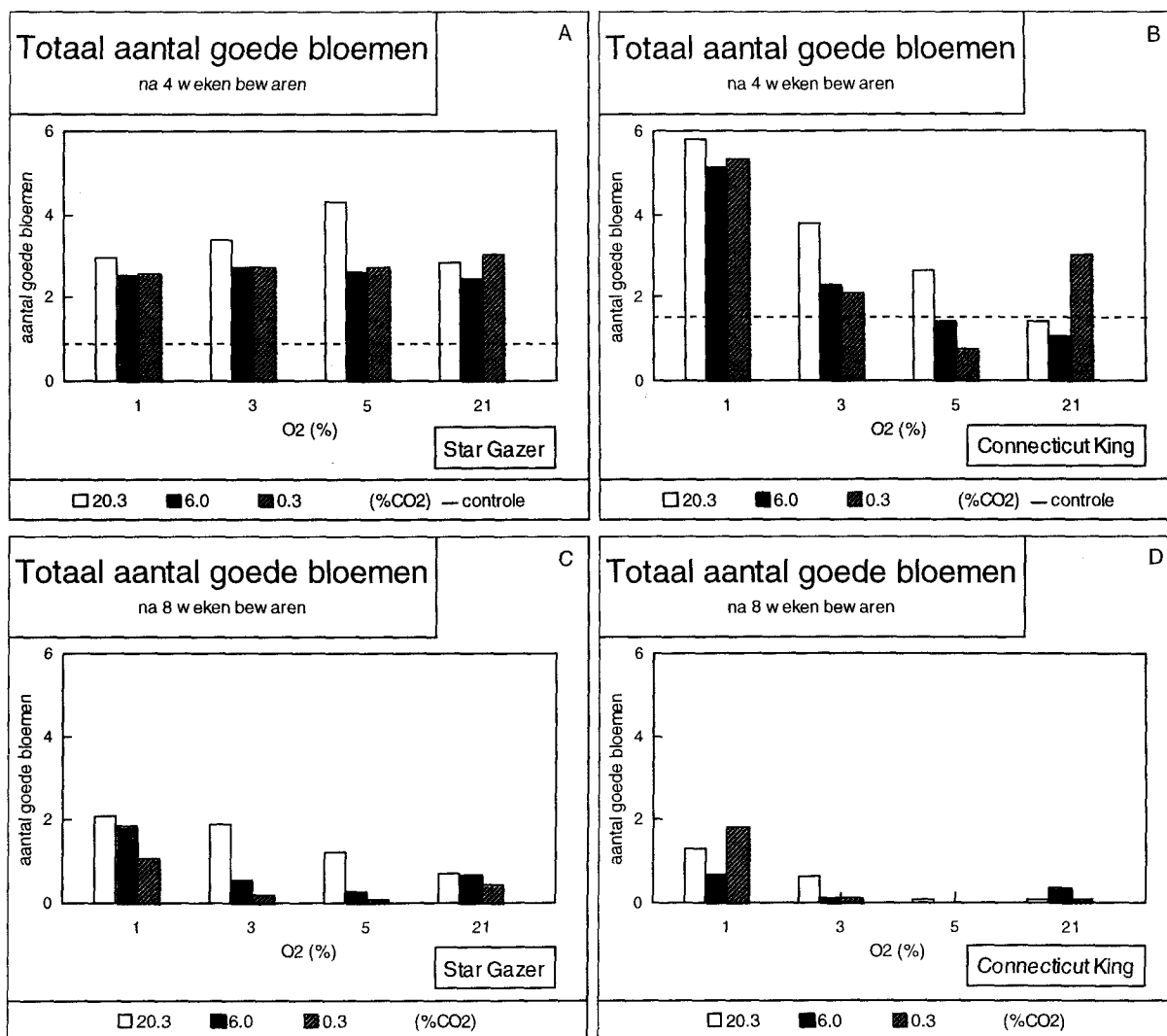
Figuur 7: Het totaal aantal bloemen (goede en slechte) beoordeeld voor de verschillende bewaarcondities.
 A. totaal aantal bloemen na 4 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 B. totaal aantal bloemen na 4 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 C. totaal aantal bloemen na 8 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 D. totaal aantal bloemen na 8 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 controle: resultaat van de bollen bewaard in de referentieverpakking (4 weken)



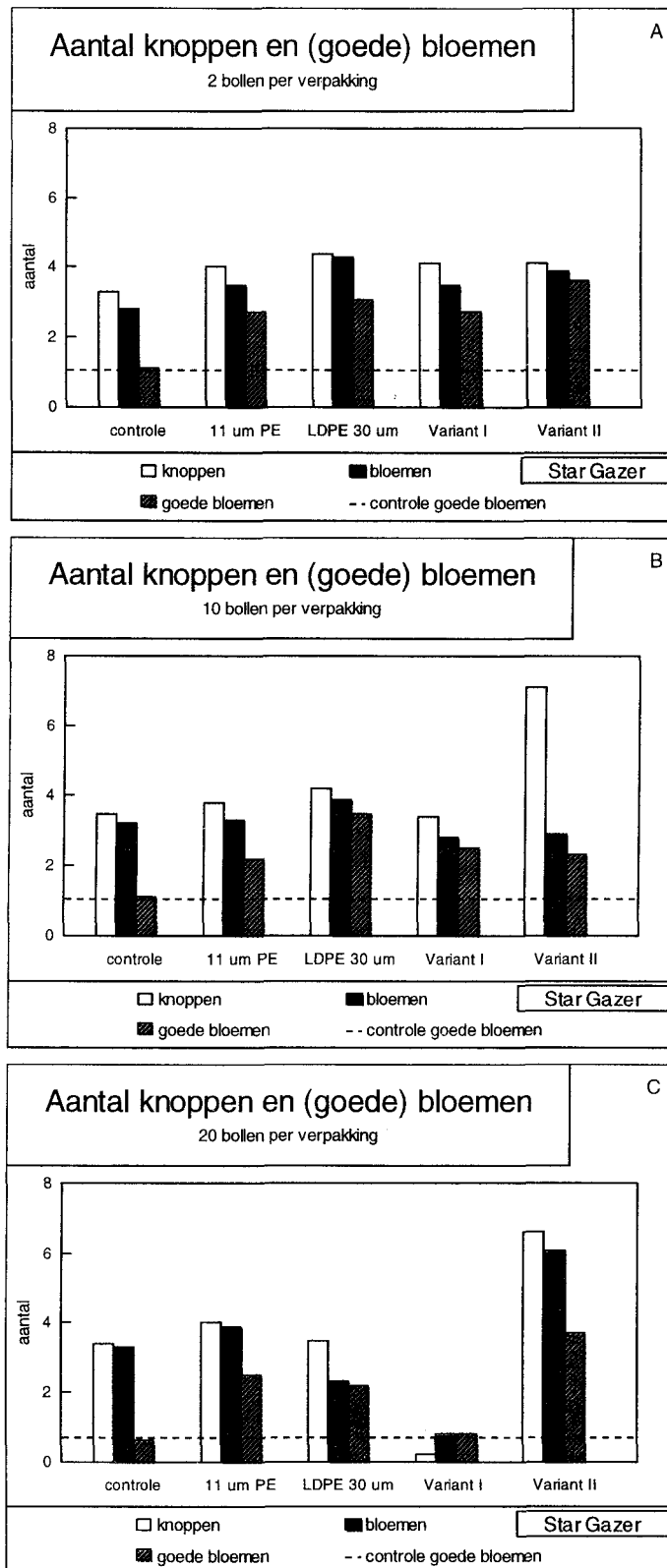
Figuur 8: Het totaal aantal slechte knoppen (knopval en knopverdroging) beoordeeld voor de verschillende bewaarcondities.
 A. totaal aantal slechte knoppen na 4 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 B. totaal aantal slechte knoppen na 4 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 C. totaal aantal slechte knoppen na 8 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 D. totaal aantal slechte knoppen na 8 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 controle: resultaat van de bollen bewaard in de referentieverpakking (4 weken)



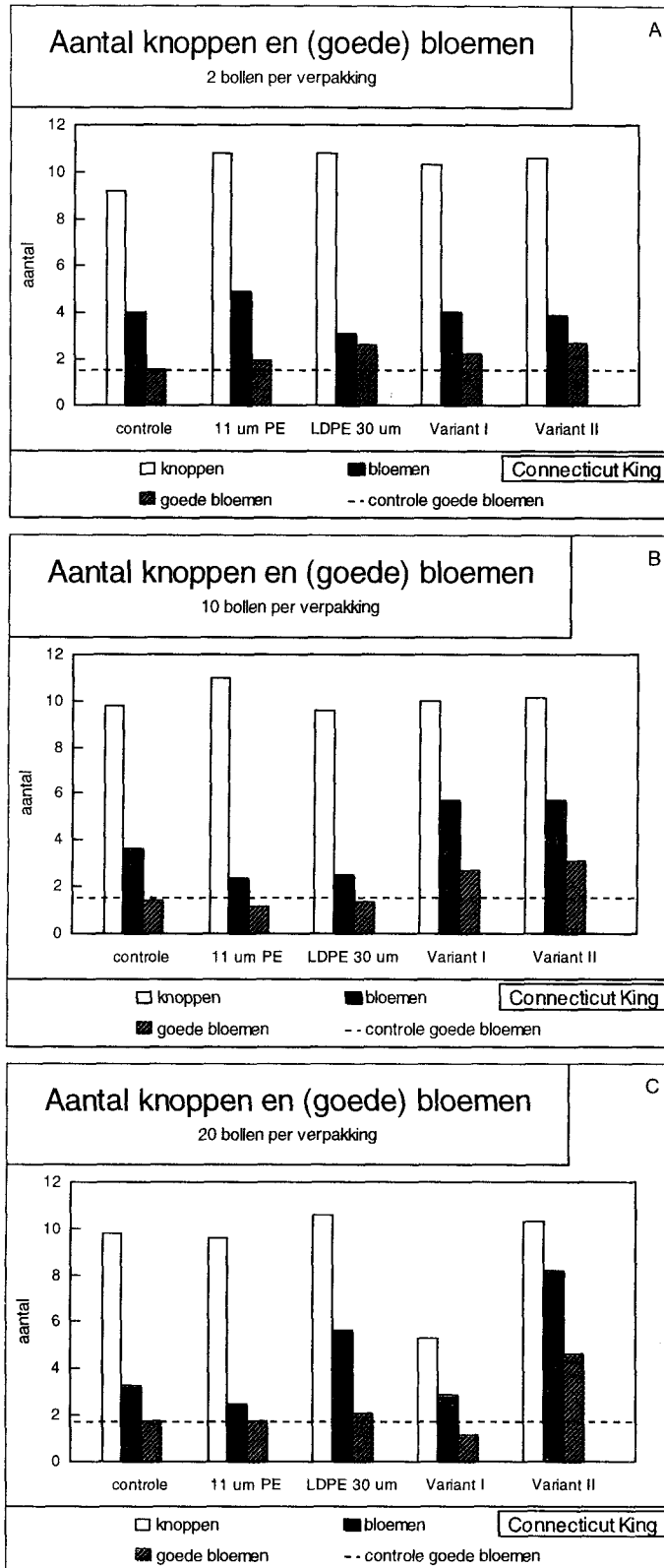
Figuur 9: Het relatief aantal misvormde bloemen (aantal misvormd/ aantal bloemen) beoordeeld voor de verschillende bewaarcondities.
 A. relatief aantal misvormde bloemen na 4 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 B. relatief aantal misvormde bloemen na 4 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 C. relatief aantal misvormde bloemen na 8 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 D. relatief aantal misvormde bloemen na 8 weken bewaren, cultivar Connecticut King



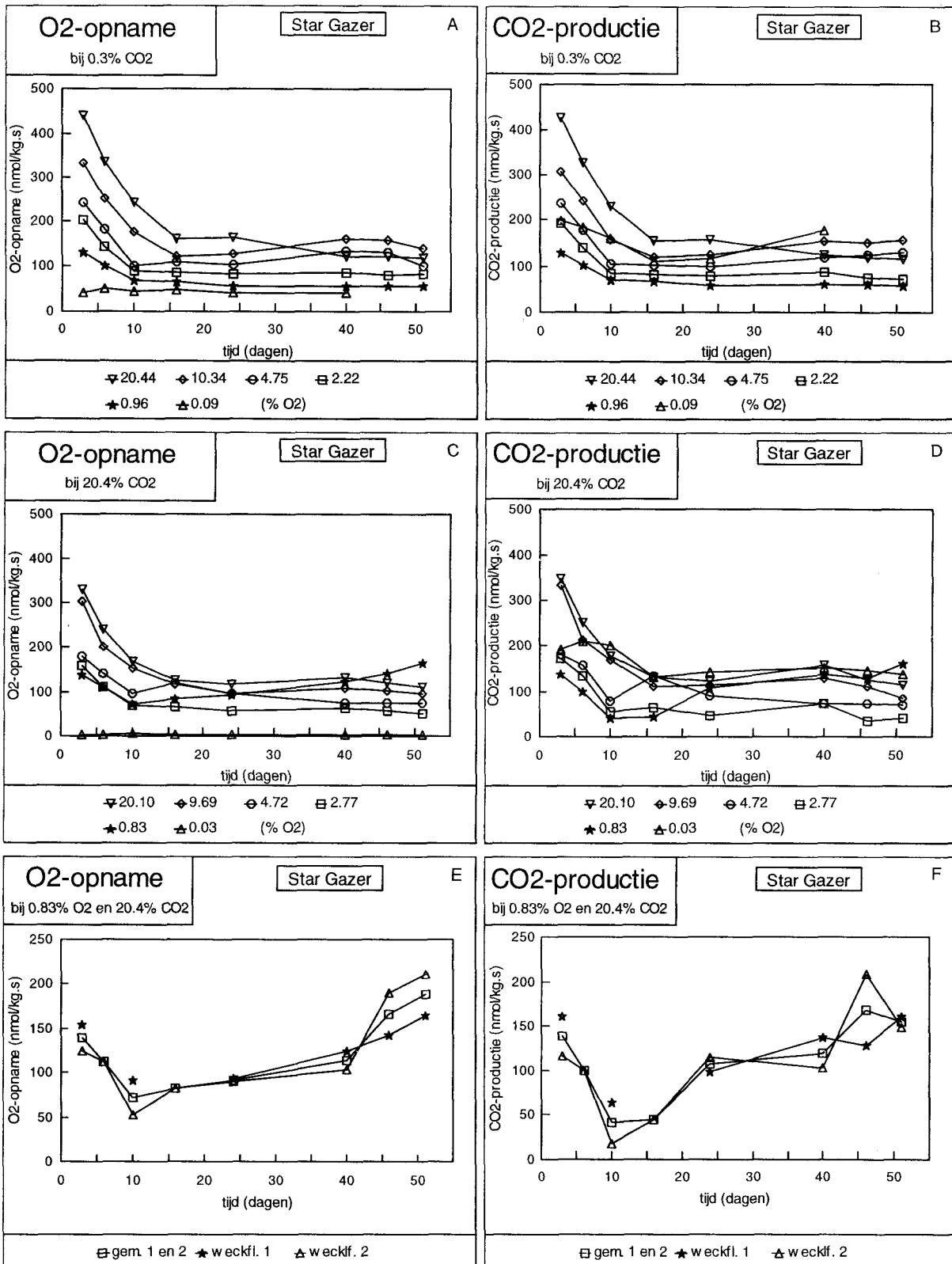
Figuur 10: Het totale aantal goede bloemen beoordeeld voor de verschillende bewaarcondities.
 A. het aantal goede bloemen na 4 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 B. het aantal goede bloemen na 4 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 C. het aantal goede bloemen na 8 weken bewaren, cultivar Star Gazer
 D. het aantal goede bloemen na 8 weken bewaren, cultivar Connecticut King
 controle: resultaat van de bollen bewaard in de referentieverpakking (4 weken)



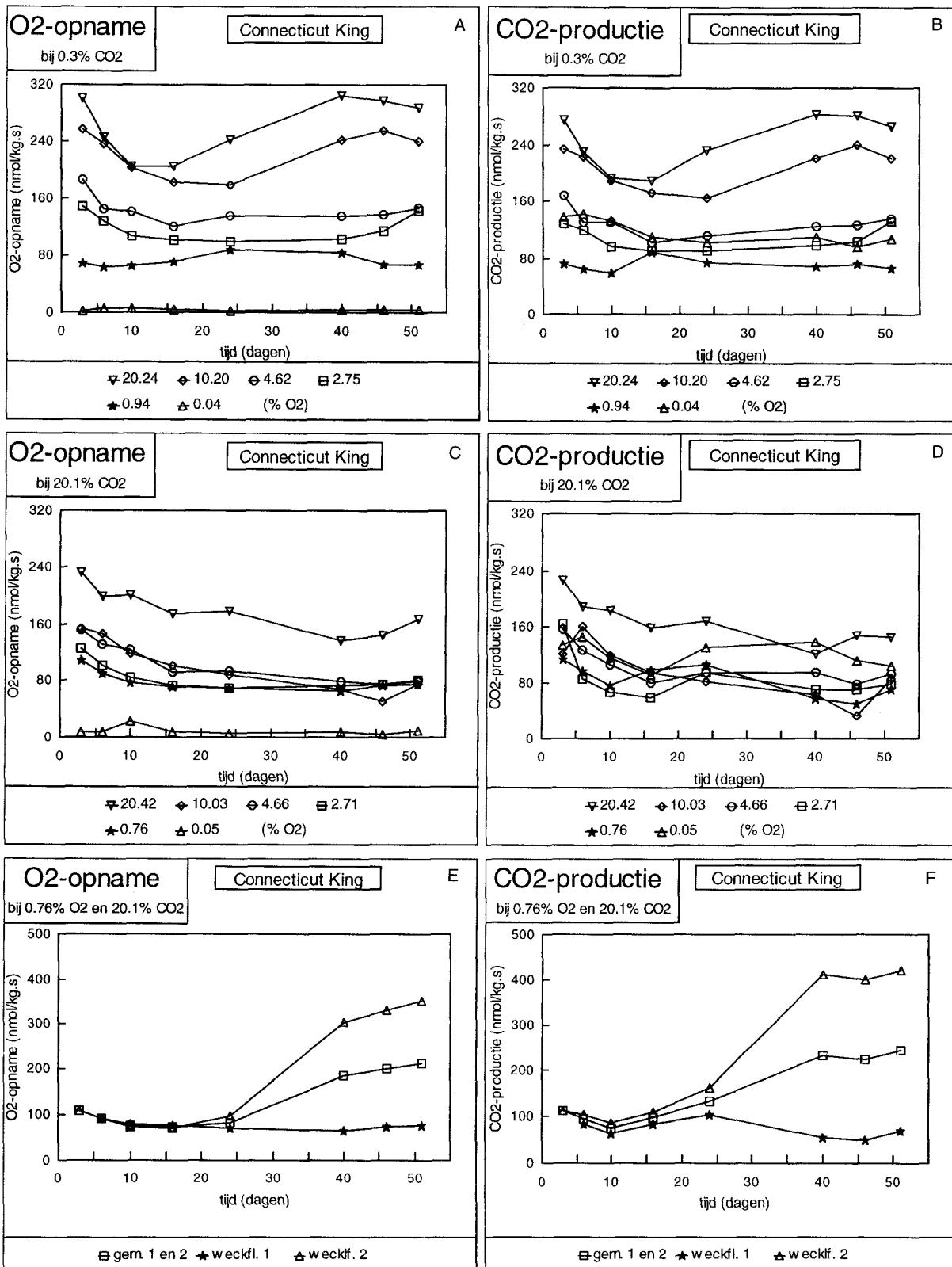
Figuur 11: De bloemkwaliteit van MA-verpakte Star Gazer
 A. MA-verpakking van 2 bollen
 B. MA-verpakking van 10 bollen
 C. MA-verpakking van 20 bollen



Figuur 12: De bloemkwaliteit van MA-verpakte Connecticut King
 A. MA-verpakking van 2 bollen
 B. MA-verpakking van 10 bollen
 C. MA-verpakking van 20 bollen



Figuur 13: Zuurstofopname en kooldioxideproductie van Star Gazer, gevolgd in de tijd.
 O₂-opname (A) en CO₂-productie (B) bij laag kooldioxide
 O₂-opname (C) en CO₂-productie (D) bij hoog kooldioxide
 Detail van O₂-opname (E) en CO₂-productie (F) bij laag zuurstof en hoog kooldioxide.



Figuur 14: Zuurstofopname en kooldioxideproductie van Connecticut King, gevolgd in de tijd. O₂-opname (A) en CO₂-productie (B) bij laag kooldioxide. O₂-opname (C) en CO₂-productie (D) bij hoog kooldioxide. Detail van O₂-opname (E) en CO₂-productie (F) bij laag zuurstof en hoog kooldioxide.