

P.O. Box 17, 6700 AA Wageningen, The Netherlands

Instituut voor
Agrotechnologisch
Onderzoek
ATO-DLO

Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA Wageningen



A197

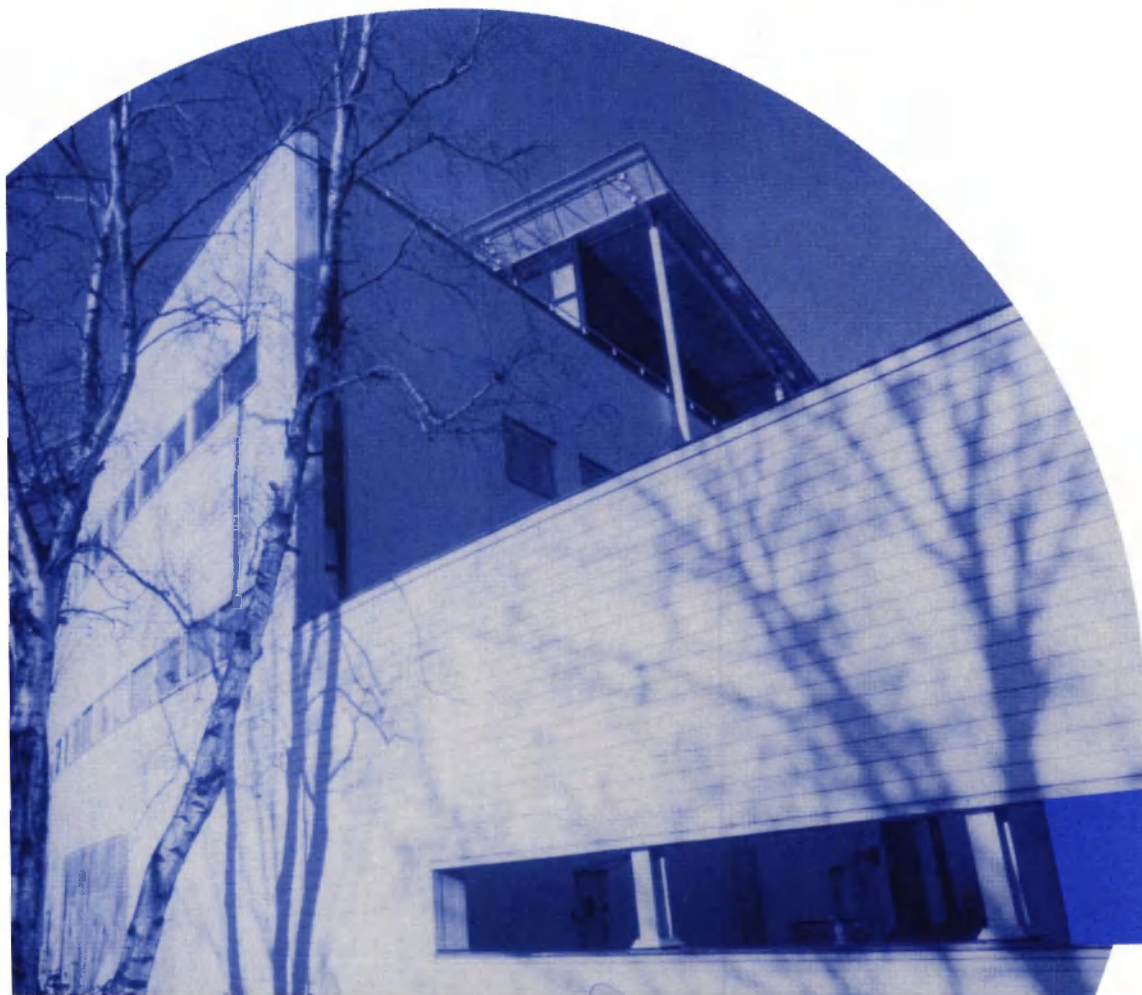
Ontwikkeling van een MA (modified atmosphere) bewaarsysteem voor een verlengde bewaring van anjerstekken

Rapportage eerste fase van het onderzoek

J.J. Polderdijk
H.W. Peppelenbos
G.J.P.M. van den Boogaard
E.C. Otma
J.P.J. de Wild
J.J. van der Helm

Vertrouwelijk

Rapport B416 / Juli 1999



ato-dlo



Ontwikkeling van een MA (modified atmosphere) bewaarsysteem voor een verlengde bewaring van anjerstekken

Ref.nr. OPD/97/351/210498/B

Rapportage eerste fase van het onderzoek

In opdracht van P. Kooij & Zonen b.v.

ATO-DLO

J.J. Polderdijk
H.W. Peppelenbos
G.J.P.M. van den Boogaard
E.C. Otma
J.P.J. de Wild

P.Kooij & Zonen b.v

J.J.van der Helm

Vertrouwelijk

Inhoudsopgave

SAMENVATTING.....	2
1. INLEIDING	3
1.1 RAPPORTAGE ONDERZOEK	3
1.2 DOEL VAN HET ONDERZOEK.....	3
1.3 VRAAGSTELLING ONDERZOEK	3
1.4 KENNIS OVER EN MOGELIJKHEDEN VOOR EEN VERLENGDE BEWAARDUUR VAN ANJERSTEEKEN.....	4
1.5 BEPERKINGEN ONDERZOEK	4
2. MATERIAAL EN METHODEN	5
2.1 ALGEMEEN.....	5
2.2 RASSENKEUZE	5
2.3 BEWAARCONDITIES.....	5
2.4 BEWAARDUUR EN HERHALINGEN.....	6
2.5 KWALITEITSBEOORDELING NA BEWARING	6
2.6 OPPLANTEN EN BEWORTELEN	7
2.7 KWALITEITSBEOORDELING NA BEWORTELING	7
2.8 ADEMHALINGSMETINGEN	7
2.9 STATISTISCHE VERWERKING	8
3. RESULTATEN	9
3.1 UITERLIJKE KWALITEIT NA BEWARING.....	9
3.2 KWALITEIT NA BEWORTELING.....	10
3.3 ADEMHALINGSMETINGEN	13
4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	15
BIJLAGEN	16

Samenvatting

Dit rapport beschrijft fase A van het haalbaarheidsonderzoek getiteld 'Ontwikkeling van een MA (modified atmosphere) bewaarsysteem voor een verlengde bewaring van anjerstekken', uitgevoerd in opdracht van P. Kooij & Zonen b.v. (ref.nr. ATO-DLO onderzoekvoorstel OPD/97/351/210498/B, april 1998).

Doel van de eerste fase van het onderzoek was:

Inzicht krijgen in de invloed van diverse O₂- en CO₂-combinaties (zuurstof- en kooldioxydecombinaties) op de kwaliteit van anjerstekken.

Experimentele opzet

Anjerstekken van de 3 rassen Delphi, Yvonne en Charmant zijn bij ATO-DLO gedurende maximaal respectievelijk 22, 19 en 22 weken bewaard bij 0-1 °C en 12 combinaties O₂ (21%, 8%, 4%) en CO₂ (0%, 2%, 11%). Tegelijkertijd zijn volgens de gangbare methode controles bewaard, zowel bij ATO-DLO als bij Kooij. Op 3 tijdstippen gedurende de bewaring is een derde deel van de stekken uit de bewaring gehaald. Na de bewaring is de uiterlijke kwaliteit van de stekken beoordeeld. Vervolgens zijn de stekken bij Kooij opgeplant volgens de gebruikelijke methode in een turf/perlite mengsel, waarna beworteling plaatsvond. Beoordeling van het opplantresultaat vond plaats op een moment, waarop eventuele verschillen het beste zichtbaar zouden zijn.

Op één tijdstip gedurende de bewaring van de stekken zijn respiratiemetingen uitgevoerd bij een beperkt aantal gascondities.

Conclusies

- Het ontstaan van bladvlekken bij Yvonne Oranje wordt enigszins geremd door lage O₂-concentraties.
- Het ontstaan van bladvlekken bij Yvonne wordt enigszins geremd door hoge CO₂-concentraties. Echter verhoogde CO₂-concentraties zijn tegelijkertijd negatief voor zowel de uiterlijke kwaliteit gedurende de bewaring (rot, verbleking) als voor het opplantresultaat (slechte beworteling, wortelgewicht, stekgewicht).
- In dit experiment was de aantasting door bladvlekken bij Yvonne zelfs na 19 weken bewaring gering.
- Lage O₂-concentraties lijken het ontstaan van rot gedurende de bewaring te remmen.
- Enige uitdroging gedurende de bewaring lijkt gewenst voor het tegengaan van rotontwikkeling en lijkt niet negatief voor het uiteindelijke opplantresultaat.
- De ademhalingssnelheid neemt bij 0-1 °C niet of nauwelijks af wanneer de O₂ concentratie afneemt. Er is geen duidelijk effect van CO₂.

Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om de huidige verpakking (zak in krat) experimenteel te optimaliseren door de zakken minder dicht te vouwen en/of perforaties aan te brengen. Hierdoor wordt CO₂-ophoping voorkomen. Tegelijkertijd kan een traject worden gestart om een verpakking te ontwikkelen, waarin zowel de O₂-concentratie als de CO₂-concentratie laag zijn.

1. Inleiding

1.1 Rapportage onderzoek

Dit rapport beschrijft fase A van het haalbaarheidsonderzoek getiteld 'Ontwikkeling van een MA (modified atmosphere) bewaarsysteem voor een verlengde bewaring van anjerstekken', uitgevoerd in opdracht van P. Kooij & Zonen b.v. (ref.nr. ATO-DLO onderzoekvoorstel OPD/97/351/210498/B, april 1998).

1.2 Doel van het onderzoek

Doel van de eerste fase van het onderzoek was:

- Inzicht krijgen in de invloed van diverse O₂- en CO₂-combinaties (zuurstof- en kooldioxydecombinaties) op de kwaliteit van anjerstekken.

1.3 Vraagstelling onderzoek

Bij P. Kooij & Zonen worden anjerstekken na de oogst bewaard. Bewaring vindt plaats bij 0-1°C in kratten. Met behulp van grote plastic zakken wordt uitdroging tegengegaan. De maximale bewaarduur van anjerstekken varieert per ras en ingangskwaliteit van ±6 weken tot ±4 maanden. De stekken worden na de bewaring door Kooij opgeplant voor beworteling. De bewortelde stekken worden vervolgens vermarkt. Hiervan is het grootste deel bestemd voor export en het kleinste deel voor de binnenlandse markt. De maximale bewaarduur wordt beperkt door het ontstaan van bruingele bladvlekken, vergeling van de stekken, rot, slechte beworteling en indroging van de stekken.

P. Kooij & Zonen b.v. is op zoek naar mogelijkheden om de maximale bewaarduur van anjerstekken te verlengen, waarbij primair wordt gezocht naar aangepaste bewaring op kratniveau. Door verlenging van de maximale bewaarduur zou de afzet beter kunnen worden gespreid en zou meer kunnen worden gespeculeerd. Dit zou leiden tot een verbeterde concurrentiepositie van het bedrijf. Ook zou door verlenging van de maximale bewaarduur van anjerstekken een betere verdeling van de benodigde arbeid over het jaar heen kunnen worden gerealiseerd.

Bij P. Kooij & Zonen b.v. wordt het ontstaan van bladvlekken gedurende de bewaring als een apart probleem gezien. De vlekken ontstaan gedurende de bewaring en blijven zichtbaar na opplanten. De beworteling wordt niet geremd door de vlekken, maar de uiterlijke kwaliteit is onvoldoende. Onderzoek heeft tot dusverre geen inzicht verschaft in de oorzaak en de aard van de vlekken. Voetrot en vergeling, duidelijke aflevingsverschijnselen, hebben uitval en een slechte beworteling tot gevolg.

Geen inzicht bestaat in de relatie gewichtsverlies (indroging) en opplantresultaat van de stekken. Wellicht zien enigszins uitgedroogde stekken er na de bewaring niet zo fraai uit, terwijl het opplantresultaat uitstekend is.

1.4 Kennis over en mogelijkheden voor een verlengde bewaarduur van anjerstekken

Uit onderzoek van ATO-DLO is gebleken dat de bewaarduur van *chrysantestek* aanzienlijk verlengd kan worden door toepassing van een MA (modified atmosphere)-bewaarsysteem. De resultaten van deze studies zijn een sterke aanwijzing dat ook de bewaarduur van *anjerstekken* kan worden verlengd door toepassing van MA-bewaring. Dit zou uit onderzoek moeten blijken. Uit gesprekken is gebleken dat toepassing van MA-bewaring uitstekend past binnen de huidige logistiek bij Kooij & Zonen b.v.. MA-bewaring kan op kratniveau worden toegepast.

Bij een MA-bewaring wordt de luchtsamenstelling om het product veranderd. De O₂-concentratie wordt verlaagd en/of de CO₂-concentratie wordt verhoogd. Deze gewijzigde gasconcentraties hebben een vertraagde afleving/veroudering van het product tot gevolg. Voor ieder product gelden optimale gascondities. Sub-optimale gascondities kunnen het effect verkleinen of zijn zelfs schadelijk voor het product. Niet alle producten zijn geschikt voor MA-bewaring.

MA-bewaring wordt voornamelijk toegepast in (klein)verpakkingen. In een MA-verpakking is directe uitwisseling van de ingesloten lucht belemmerd door de verpakking. De ademhaling van het product in de verpakking zorgt voor een veranderde luchtsamenstelling in de verpakking. Door verpakkingsmateriaal te kiezen dat in beperkte mate doorlaatbaar is voor O₂ en CO₂ kan toch nog (indirecte) uitwisseling van gassen met de omgeving plaatsvinden. Na verloop van tijd ontstaat in de verpakking een evenwichts MA-conditie. Deze MA-conditie is afhankelijk van een groot aantal factoren. De factoren hebben onder andere betrekking op het verpakkingsmateriaal, de respiratie van het product en op de omgevingscondities.

Voordat een kant en klaar MA-bewaarsysteem kan worden toegepast bij anjerstekken moet een uitvoerig ontwikkelingstraject worden afgelegd. Uit onderzoek moet blijken welke combinaties O₂ en CO₂ gunstig zijn voor de bewaarbaarheid van anjerstekken. Vervolgens moeten verpakkingen worden ontwikkeld (met behulp van commerciële verpakkingsmaterialen), waarin bij 0-1 °C (huidige bewaartemperatuur) voor anjerstekken gunstige MA-condities ontstaan. Om dergelijke verpakkingen te kunnen ontwikkelen moet inzicht bestaan in de ademhalingsactiviteit van de stekken. Bovendien moeten materiaaleigenschappen van de verpakkingen bekend zijn. De ontwikkelde verpakkingen moeten eerst op beperkte schaal worden getoetst. Ten slotte moeten de randvoorwaarden en robuustheid van de geselecteerde MA-verpakking(en) worden bepaald door middel van onderzoek naar de invloed van ras, seizoen etc. op de MA-bewaarmogelijkheden van anjerstekken.

1.5 Beperkingen onderzoek

Het onderzoek (totale onderzoek = fase A en fase B) is een haalbaarheidsstudie. Dit betekent dat het onderzoek niet beoogt om te resulteren in een uitontwikkeld MA-systeem voor anjerstekken. Wel zal gedurende het onderzoek inzicht ontstaan in de mogelijkheden voor het toepassen van een MA-bewaarsysteem bij anjerstekken.

2. Materiaal en methoden

2.1 Algemeen

Anjerstekken van de 3 rassen Delphi, Yvonne en Charmant zijn bij ATO-DLO gedurende maximaal respectievelijk 22, 19 en 22 weken bewaard bij 0-1 °C en 12 combinaties O₂ en CO₂. Op 3 tijdstippen gedurende de bewaring is een derde deel van de stekken uit de bewaring gehaald. Na de bewaring is de uiterlijke kwaliteit van de stekken globaal beoordeeld. Vervolgens zijn de stekken bij Kooij opgeplant volgens de gebruikelijke methode in een turf/perlite mengsel. Beoordeling van het opplantresultaat vond plaats op een moment, waarop eventuele verschillen het beste zichtbaar zouden zijn.

Op één tijdstip gedurende de bewaring van de stekken zijn respiratiemetingen uitgevoerd bij een beperkt aantal gascondities.

2.2 Rassenkeuze

De rassenkeuze is gedaan door Kooij. Hierbij is rekening gehouden met commercieel belang en gemiddelde bewaarresultaten, namelijk:

- Yvonne Oranje: gevoelig voor het ontstaan van bladvlekken gedurende de bewaring, waardoor de stekken niet meer verkoopbaar zijn. Vaak treedt dit probleem al na ±6 weken op.
- Delphi: heeft gemiddeld een korte maximale bewaarduur van 3-4 maanden.
- Charmant: heeft gemiddeld een normale maximale bewaarduur van ruim 4 maanden.

2.3 Bewaarcondities

Doorstroomstysteem

De O₂ en CO₂ concentraties zijn gerealiseerd met behulp van een doorstroomstysteem. ATO-DLO beschikt over een doorstroomstysteem, waarmee op geavanceerde wijze onderzocht kan worden wat de invloed is van van verschillen O₂ en CO₂ concentraties op de kwaliteit van verse land- en tuinbouwproducten. Het doorstroomstysteem bestaat uit een aantal hermetisch afsluitbare roestvrijstalen containers, die stuk voor stuk continu begast kunnen worden met gasmengsels met iedere gewenste O₂ en CO₂ concentratie.

Gascondities

De 12 ingestelde gascondities (in vet) en gerealiseerde gascondities waren als volgt:

	0 % CO₂	2 % CO₂	11 % CO₂
21 % O₂	21.1 – 0.09	21.1 – 1.9	21.3 – 11.1
8 % O₂	7.7 – 0.08	8.0 – 2.0	8.1 – 11.3
4 % O₂	3.6 – 0.06	4.1 – 1.9	4.2 – 11.0
2 % O₂	2.2 – 0.08	2.3 – 2.2	2.3 – 11.0

De ingaande gasstromen werden bevochtigd door de lucht door 'airbubblers' te laten stromen.

Bovendien werden 2 controles bewaard:

- Bewaring bij Kooij volgens de gangbare methode in kratten met plastic zakken in de gangbare bewaarcel bij 0-1 °C.
- Bewaring bij ATO-DLO volgens de gangbare methode in kratten met plastic zakken in de doorstroomcontainercel bij 0-1 °C.

Uit metingen is later gebleken dat in de controleverpakkingen bij Kooij & Zonen CO₂-concentraties werden opgebouwd van 0.5-3%. Dit kwam, omdat Kooij de zakken goed dicht had gevouwen, zoals te doen gebruikelijk bij Kooij. ATO-DLO had de zakken van de controles niet zo goed dicht gevouwen.

Bewaartemperatuur

De bewaartemperatuur was 0-1 °C.

Relatieve luchtvochtigheid

In de doorstroomcontainers was de relatieve luchtvochtigheid 98-100%. In de gangbare zakken was de luchtvochtigheid 98-100% indien stekken volledig waren ingepakt. De controles op het ATO werden vrij vaak opengemaakt. In een aantal gevallen waren de zakken nadien niet voldoende gesloten. Hierdoor is de relatieve luchtvochtigheid in de controlekratten op het ATO ten dele lager dan 98-100% geweest.

2.4 Bewaarduur en herhalingen

Inzet

De anjers werden ingezet op 10 september 1998.

Bewaarduur

De bewaarduur per ras was als volgt:

Ras	Uitslag 1	Uitslag 2	Uitslag 3
Yvonne Oranje	7 weken	10 weken	19 weken
Delphi	10 weken	15 weken	22 weken
Charmant	10 weken	15 weken	22 weken

Herhalingen

Per ras per bewaarduur per conditie: 12 bosjes à 25 stekken = 300 stekken

2.5 Kwaliteitsbeoordeling na bewaring

Na de bewaring is de uiterlijke kwaliteit van de stekken beoordeeld. De stekken zijn niet individueel beoordeeld. Per ras per bewaarconditie is een algemeen beeld geschetst, waarbij op de volgende aspecten is gelet:

- Bladvlekken (geen-veel)
- Rot (geen-veel)
- Indroging (geen-veel)
- Voetverkleuring (geen-veel)
- Overig

Uit eerder onderzoek met chrysantenstek is gebleken dat de uiterlijke kwaliteit weinig zegt over het uiteindelijke opplantresultaat, dus dat veel energie daarin steken weinig zinvol is.

2.6 Opplanten en bewortelen

De stekken werden per ras gestoken (aaneengesloten). De proef werd in 3 herhalingen opgezet, zodat per ras/bewaarconditie/herhaling 102 stekken werden gestoken, zijnde 3 rijen van 34 stekken (volle breedte v.d. bak). De drie herhalingen lagen achter elkaar, binnen de herhalingen werd door middel van loting de volgorde van de behandelingen gewaard. Aan voor en achterzijde werden enkele randrijen geplant. De stekken tegen de linker en rechterzijde van de bak werden buiten de beoordeling gelaten, zodat er per datum-ras-bewaarconditie/herhaling 96 stekken beoordeeld werden. Omdat het uithalen door twee mensen werd gedaan, zijn de linker- en rechterkant apart gehouden, waardoor er als het ware 2 herhalingen van de beoordeling zijn (van 48 stekken per behandeling per herhaling).

2.7 Kwaliteitsbeoordeling na beworteling

De belangrijkste beoordeling vond plaats aan het eind van de beworteling. De stekken werden in het algemeen op een wat vroeger moment uitgehaald, om eventuele verschillen in beworteling het best op te kunnen merken. Bij de bepaling van de beworteling is een deel individueel gewogen (één zijde van twee of drie behandelingen, elk 48 stekken) en de rest gezamenlijk (ook 48 stekken). Vaak zullen er één of meerdere stekken tijdens het bewortelen zijn weggevallen. Wanneer bij het steken al stekken te kort waren is dit aangegeven. Normaliter is altijd alles gestoken (behalve bij de laatste planting en in het geval van de hoge CO₂-bewaarcondities).

In totaal zijn de stekken beoordeeld op 12 verschillende kwaliteitsparameters. Daar is nog aan toegevoegd het totaal aan slecht gewortelde planten (sommatie van 7, 8 en 10).

1. totaal spruit+wortel gewicht in gram
2. totaal wortel gewicht in gram
3. totaal stek gewicht in gram
4. aantal planten
5. totaal gemiddeld wortel gewicht in gram
6. totaal gemiddeld stek gewicht in gram
7. aantal slecht gewortelde planten
8. aantal eenzijdig gewortelde planten
9. aantal planten met voetrot
10. aantal niet-gewortelde planten
11. aantal stekken met smeulende blaadjes (Charmant en Delphi)
12. aantal stekken met bladvlekken (Yvonne)
13. aantal slecht bewortelde stekken (7+8+10)

2.8 Ademhalingsmetingen

Om een beeld te krijgen van de metabole activiteit van verschillende rassen anjerstekken zijn ademhalingsmetingen (O₂-opname en CO₂-productie) uitgevoerd. Dit is tweemaal gedaan, namelijk op 16 november 1998 en 26 januari 1999. Tijdens de metingen werden de O₂-opname en de CO₂-productie bepaald aan stekken geplaatst in cuvetten (1.8 l inhoud). Ademhaling is gemeten aan alledrie de rassen (Charmant, Delphi en Yvonne).

De metingen werden uitgevoerd bij 1°C. De gascondities bij de eerste meting waren 2%, 4% en 21% O₂, gecombineerd met 0 en 12% CO₂. De tweede keer is 2% O₂ vervangen door 1%.

De metingen werden in duplo uitgevoerd, dus per conditie en per ras 2 cuvetten. Per cuvet werd één bosje stek gebruikt. Het gewicht van alle bosjes werd bepaald, zodat de ademhaling uitgedrukt kan worden per kg gewicht. Per ras werd een gemiddelde soortelijke massa bepaald om het ingenomen volume per cuvet te bepalen.

Nadat de cuvetten 3 dagen werden doorstroomd met de diverse gascondities, werden de ademhalingsmetingen gestart. Dit werd gedaan door de cuvetten tijdelijk te sluiten en veranderingen in O₂ en CO₂ over een bepaald tijdsbestek te meten. Omdat de ademhalingsnelheid laag was werden de cuvetten 24 uur gesloten gehouden. Gasconcentraties werden gemeten met een gaschromatograaf (Chrompack CP 2002). Uiteindelijk werd de O₂-opname en CO₂-produktie uitgedrukt per hoeveelheid product per tijdseenheid.

2.9 Statistische verwerking

Voor de statistische verwerking van de verzamelde data na beworteling is gebruik gemaakt van het statistische programma Genstat 5. Er zijn in totaal 4 analyses uitgevoerd:

1. Beoordeling van de verschillen tussen de codes (per ras per uitslag), waarbij een vergelijking mogelijk was tussen de O₂ * CO₂ behandelingen en de twee controles (bij ATO en van der Kooij).
2. Beoordeling van de verschillen tussen de O₂ * CO₂ behandelingen. De twee controles (bij ATO en van der Kooij) zijn dan niet meegenomen.
3. Beoordeling van de verschillen tussen de codes (net als 1), maar zonder de codes 1, 4, 7 en 11. Dit waren de codes met de hoogste CO₂-concentraties. Hier was er bij Delphi en Charmant zoveel uitval, dat analyse 1 niet goed mogelijk was.
4. Beoordeling van de verschillen tussen de O₂ * CO₂ behandelingen (net als 2). Ook hier zijn net als bij analyse 3 de codes 1, 4, 7 en 11 weggelaten (de codes met de hoogste CO₂-concentraties). Hier was er bij Delphi en Charmant zoveel uitval, dat analyse 2 niet goed mogelijk was.

Gebruikte codes:

Opslag	Code	O ₂	CO ₂
Doorstroomsysteem	1	4	11
Doorstroomsysteem	2	2	2
Doorstroomsysteem	3	4	0
Doorstroomsysteem	4	21	11
Doorstroomsysteem	5	8	0
Doorstroomsysteem	6	4	2
Doorstroomsysteem	7	2	11
Doorstroomsysteem	8	8	2
Doorstroomsysteem	9	21	0
Doorstroomsysteem	10	21	2
Doorstroomsysteem	11	8	11
Doorstroomsysteem	12	2	0
Koelcel ATO	13	21	0
Koelcel Kooij	14	21	0

3. Resultaten

3.1 Uiterlijke kwaliteit na bewaring

In de tabellen 1 tot en met 3 zijn voor de rassen Yvonne Oranje, Dephi en Charmant de meest opvallende uiterlijke kwaliteitsaspecten weergegeven per bewaarduur.

Tabel 1. Uiterlijke kwaliteit Yvonne Oranje na 7, 10 en 19 weken bewaarduur

Gasconditie %O ₂ -%CO ₂	Bewaarduur 7 weken	Bewaarduur 10 weken	Bewaarduur 19 weken
21-0	Gaaf	Gaaf	Matig blad vlek, iets bruin snijvlak
21-2	Gaaf	Gaaf	Matig bladvlek
21-11	Gaaf	Gaaf	Witte verkleuring
8-0	Gaaf	Gaaf	Matig blad vlekken
8-2	Gaaf	Gaaf	Gaaf
8-11	Gaaf	Gaaf	Witte verkleuring
4-0	Gaaf	Gaaf	Bruin snijvlak
4-2	Gaaf	Gaaf	1 blad vlek
4-11	Gaaf	Gaaf	Witte verkleuring
2-0	Gaaf	Gaaf	Gaaf
2-2	Gaaf	Gaaf	Gaaf
2-11	Gaaf	Gaaf	Veel begin voetrot
Controle ATO	Gaaf	Iets slap	Slap, licht bladvlekken
Controle Kooij	Gaaf	Gaaf	Matig blad vlekken

Tabel 2. Uiterlijke kwaliteit Delphi na 10, 15 en 22 weken bewaarduur

Gasconditie %O ₂ -%CO ₂	Bewaarduur 10 weken	Bewaarduur 15 weken	Bewaarduur 22 weken
21-0	Gaaf	Gaaf	Iets rot
21-2	Gaaf	Gaaf	Iets rot
21-11	Iets rot	Veel rot	Veel rot
8-0	Gaaf	Gaaf	Gaaf
8-2	Gaaf	Iets rot	Gaaf
8-11	Gaaf	Iets verkleuring	Veel rot
4-0	Gaaf	Gaaf	Gaaf
4-2	Gaaf	Iets rot	Gaaf
4-11	Gaaf	Iets rot, verkleuring	Veel voetrot
2-0	Gaaf	Gaaf	Matig rot
2-2	Gaaf	Iets rot	Iets rot
2-11	Iets verkleurd	Begin rot, verkleuring, voetverkleuring	Veel rot
Controle ATO	Iets slap	Slap	Slap
Controle Kooij	Gaaf		Matig rot

Tabel 3. Uiterlijke kwaliteit Charmant na 10, 15 en 22 weken bewaarduur

Gasconditie % O ₂ - % CO ₂	Bewaarduur 10 weken	Bewaarduur 15 weken	Bewaarduur 22 weken
21-0	Gaaf	Gaaf	Matig rot, bruin snijvlak
21-2	Gaaf	Iets rot	Matig rot
21-11	Iets rot, verkleuring	Matig rot, verkleuring	Veel rot, verkleuring
8-0	Gaaf	Gaaf	Bruin snijvlak
8-2	Gaaf	Gaaf	Matig rot, bruin snijvlak
8-11	Matig rot, verkleuring	Veel rot, verkleuring	Veel rot, verkleuring
4-0	Gaaf	Matig rot	Matig rot
4-2	Gaaf	Gaaf	Iets rot
4-11	Iets rot, verkleuring	Iets rot, verkleuring	Veel rot, verkleuring
2-0	Gaaf	Gaaf	Iets rot
2-2	Gaaf	Gaaf	Matig rot
2-11	Matig rot, verkleuring	Veel rot, verkleuring	Veel rot, verkleuring
Controle ATO	Iets slap	Slap, iets rot	Slap, iets rot
Controle Kooij	Gaaf	Matig rot	Veel rot

Uit de tabellen blijkt dat hoge CO₂ concentraties (11%) bij alle drie de rassen tot zichtbare uiterlijke schade hebben geleid ten opzichte van de controles in de vorm van rot (Charmant en Delphi) en witte verkleuring (Yvonne Oranje).

Verlaagde O₂-concentraties leken de rotontwikkeling te hebben afgeremd bij Delphi en Charmant ten opzichte van de controle in het doorstroomsysteem en de controle bij Kooij. De controle uit de koelcel bij ATO-DLO vertoonde weinig rot en was relatief erg slap, omdat ATO-DLO de zakken niet zo goed had dichtgevouwen, waardoor meer vochtverlies ontstond. De uitdroging zou van remmende invloed op de rotontwikkeling geweest kunnen zijn (minder vochtige omstandigheden). Yvonne Oranje vertoonde zelfs na 19 weken bewaring nauwelijks rot.

Bewaring bij laag O₂ (4% en 2%) en/of hoog CO₂ (11%) leidde tot minder bladvlekken bij Yvonne Oranje gedurende de bewaring. Overigens waren na 19 weken bewaring nog weinig bladvlekken ontstaan, terwijl volgens de ervaring van Kooij de vlekken soms na 6 weken al een ernstige vorm hebben aangenomen. De controle uit de koelcel bij ATO-DLO vertoonde veel minder bladvlekken dan de controle bij Kooij. Mogelijke invloeden zouden kunnen zijn de verhoogde CO₂ concentraties in de controles bij Kooij en de minder vochtige omstandigheden bij ATO-DLO.

3.2 Kwaliteit na beworteling

Zoals vermeld in 2.9 is de kwaliteit op twee manieren statistisch verwerkt. De bespreking van de resultaten zal dan ook plaatsvinden per code (inclusief controles bij Kooij en ATO) en per gasconditie (combinaties van O₂ en CO₂). In de tabellen is steeds aangegeven of gevonden waarden van elkaar verschillen ($p < 0.05$) door middel van letters (a, b, c). Waarden met alle letters verschillend zijn dus significant verschillend.

Analyse op code

Bij de analyse voor de 3 rassen samen genomen werden verschillen aangetoond voor de kenmerken 'stekgewicht', 'wortelgewicht' en 'slecht bewortelde stekken' (tabel 4 en 5). Voor een aparte analyse voor Yvonne werden daarnaast verschillen aangetoond voor het kwaliteitsaspect 'bladvlekken' (tabel 6 en bijlagen 1 en 2). Ook zijn berekeningen gemaakt voor Charmant en Delphi voor het kenmerk 'bladsmeul' (bijlagen 4).

Tabel 4. Overall effect op code, cultivars en uitslagen samengenomen

Gasconditie %O ₂ -%CO ₂	Code	Gemiddeld stek gewicht (g)	Gemiddeld wortel gewicht (g)	Totaal slecht beworteld (N/48)
21-0	9	4.09 b	7.14 b	5.19 a
21-2	10	3.92 ab	6.07 ab	8.36 ab
8-0	5	4.03 b	6.42 ab	7.91 ab
8-2	8	3.73 a	5.78 a	9.96 ab
4-0	3	4.11 b	6.84 b	6.71 a
4-2	6	3.98 b	6.45 ab	8.72 ab
2-0	12	4.05 b	6.58 ab	7.38 ab
2-2	2	3.83 ab	6.52 ab	9.15 ab
Controle ATO	13	3.97 b	6.46 ab	7.48 ab
Controle Kooij	14	4.02 b	6.56 ab	12.96 b

Op basis van tabel 4 kan geen trend worden afgeleid. De verschillen met de controles waren minimaal. De codes met 11% CO₂ vielen af bij Charmant en Delphi vanwege rot. Bij Yvonne waren bij 11 % CO₂ bewaarde wel opgeplant, maar toonden ze een slechte beworteling (tabel 6 en bijlage 3).

Uit tabel 5 blijkt dat bij de derde uitslag verhoogd CO₂ (2%) negatief was voor de beworteling.

Tabel 5. Overall effect op code bij de derde uitslag
alle rassen samen

Gasconditie %O ₂ -%CO ₂	Code	Totaal slecht beworteld (N/48)
21-0	9	1.67 a
21-2	10	5.59 a
8-0	5	9.06 a
8-2	8	13.50 ab
4-0	3	7.61 a
4-2	6	10.39 ab
2-0	12	6.06 a
2-2	2	10.39 ab
Controle ATO	13	8.61 a
Controle Kooij	14	24.76 b

Tabel 6. Overall effect op code bij Ivonne (uitslagen samengenomen).

Gasconditie %O ₂ -%CO ₂	Code	Bladvlekken (N/48)	Totaal slecht beworteld (N/48)
21-0	9	5.22 ab	1.78 a
21-2	10	10.94 b	4.28 ab
21-11	4	1.06 a	7.86 ab
8-0	5	6.61 ab	3.00 a
8-2	8	3.39 ab	3.06 a
8-11	11	1.33 a	11.49 b
4-0	3	2.78 ab	2.00 a
4-2	6	2.33 a	2.89 a
4-11	1	1.00 a	9.06 ab
2-0	12	2.83 ab	1.83 a
2-2	2	1.78 a	4.00 ab
2-11	7	1.28 a	6.56 ab
Controle ATO	13	5.44 ab	2.22 a
Controle Kooij	14	8.67 ab	3.28 a

Uit tabel 6 en bijlagen 1 en 2 blijkt een trend dat verlaagde O₂ omstandigheden de aantasting door bladvlekken hebben vermindert bij Yvonne, evenals verhoogd CO₂ (behalve 2% CO₂ bij 21% O₂). Bij 21% O₂ leek 2% CO₂ bladvlekken eerder te bevorderen dan te remmen. Uit tabel 6 en bijlage 3 blijkt een trend dat hoog CO₂ tegelijkertijd negatief is voor de beworteling is bij Yvonne.

De controle van Kooij en de conditie 21% O₂ met 2% CO₂ in het doorstroomsysteem vertoonden de meeste bladvlekken. Mogelijk is een licht verhoogde CO₂ concentratie, zoals ook werd gemeten in de verpakkingen bij Kooij negatief voor diverse kwaliteitsaspecten in combinatie met hoog O₂. Dit wordt versterkt door de overall effecten op beworteling (tabel 4).

Analyse op gasconditie

Als de invloed van de gebruikte gascondities wordt geanalyseerd, dan blijkt dat er één positief effect op de kwaliteit is. Een duidelijke trend in vermindering van de bladvlekken bij Ivonne werd gevonden als de O₂-concentratie werd verlaagd (zie tabel 7 en bijlage 5). Daarbij was een concentratie van 8% O₂ al beter dan 21%. Een CO₂ concentratie van 11% was gunstig om bladvlekken te reduceren. Een CO₂ concentratie van 2% in combinatie met 21% O₂ was echter ongunstig. Dit doet wederom dat een ophoping van CO₂ in gewone lucht ongewenst is (zie ook analyse op code, tabel 6).

Tabel 7. De invloed van de gascondities op bladvlekken bij Ivonne (N/48).

%O ₂	%CO ₂			
	0	2	11	Gemiddeld
2	2.8	1.8	1.3	2.0
4	2.8	2.3	1.0	2.0
8	6.6	3.4	1.3	3.8
21	5.2	10.9	1.1	5.7
Gemiddeld	4.4	4.6	1.2	

Een verhoging van de CO₂-concentratie had negatieve gevolgen voor andere kwaliteitsaspecten. Stekken die waren bewaard bij de hoogst gebruikte concentratie (11%) zijn vaak niet eens meer opgeplant vanwege rot (Charmant en Delphi). Een kleine verhoging van de CO₂-concentratie (tot 2%) had vaak ook al negatieve gevolgen. Zo was het gemiddelde stekgewicht bij Delphi duidelijk minder na bewaring bij 2% CO₂ (tabel 8). Bij Delphi werden er bij 2% CO₂ ook veel meer totaal slecht bewortelde stekken gevonden (tabel 9). Bij Ivonne was het gemiddelde wortelgewicht lager als gevolg van 2% CO₂ (tabel 10). Ook bewortelde Yvonne slechter door verhoogd CO₂ (bijlage 6).

Tabel 8. De overall-invloed van de CO₂-concentratie per ras op gemiddeld stekgewicht (g).

Ras	%CO ₂	
	0	2
Charmant	3.66 a	3.55 a
Delphi	4.49 c	4.11 b
Ivonne	4.06 b	3.94 b

Tabel 9. De overall-invloed van de CO₂-concentratie per ras op totaal slecht bewortelde stekken (N/48).

Ras	%CO ₂	
	0	2
Charmant	3.71 a	4.39 a
Delphi	14.53 b	19.20 c
Ivonne	2.15 a	3.56 a

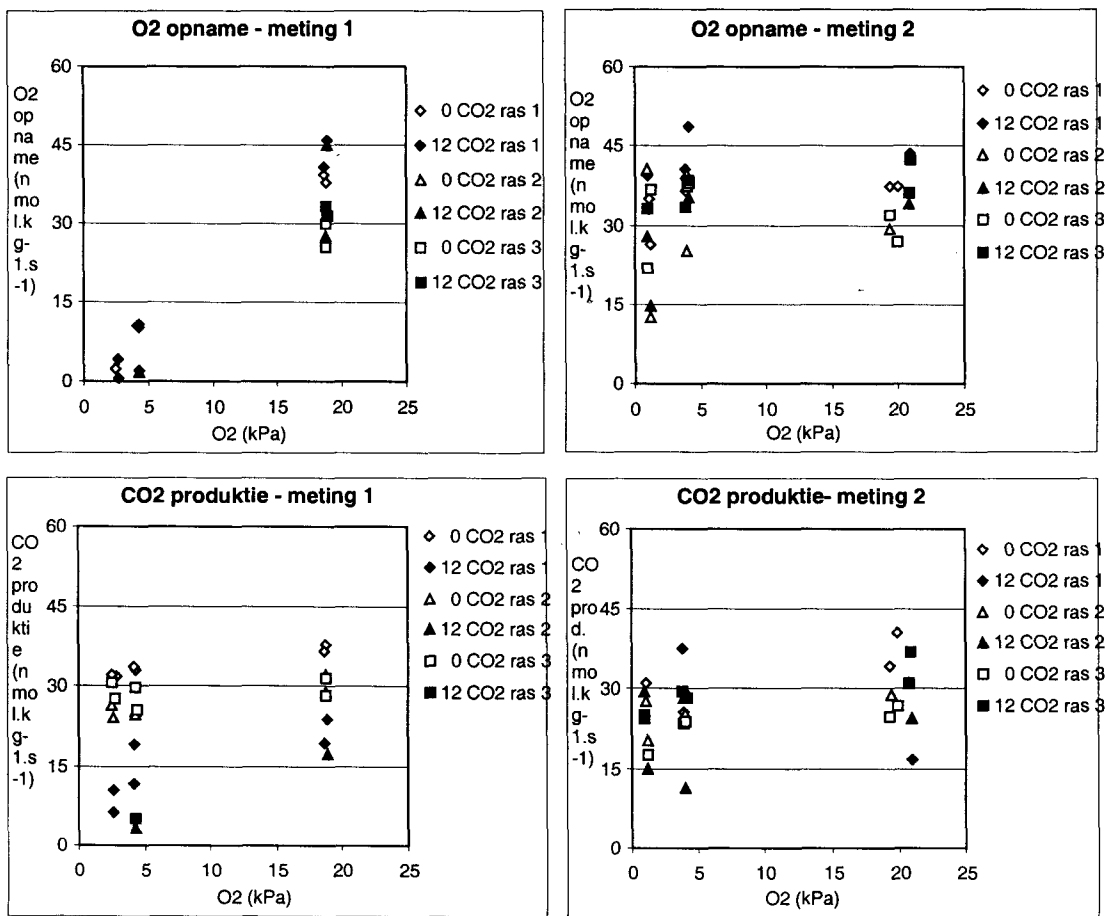
Tabel 10. De overall-invloed van de CO₂-concentratie per ras op gemiddeld wortelgewicht (g).

Ras	%CO ₂	
	0	2
Charmant	6.17 b	6.01 b
Delphi	5.05 a	4.80 a
Ivonne	9.02 d	7.81 c

3.3 Ademhalingsmetingen

De resultaten van de ademhalingsmetingen staan weergegeven in figuur 1. Uit de ademhalingsmetingen blijkt dat de maximale ademhalingsnelheid (gemeten in gewone lucht) voor de drie gemeten rassen ongeveer gelijk is: 25 tot 45 nmol/kg.s. De eerste meting is achteraf gezien minder betrouwbaar. Kort na de metingen werden er storingen in de gaschromatograaf gevonden. De gevonden lage O₂-opname bij 2 en 4% en de lage CO₂-productie bij 12% CO₂ zijn dan ook twijfelachtig. Uit de tweede meting met een betrouwbare gaschromatograaf zijn deze effecten niet teruggevonden. Opmerkelijk is juist dat de ademhaling nauwelijks afneemt als de O₂-concentratie verlaagd wordt. Ook blijkt er geen duidelijke invloed van CO₂ op de ademhaling bij 0-1 °C. Bij het ontwerpen van een MA-verpakking is dat relevante informatie.

Op basis van de resultaten van ademhalingsmetingen kan niet worden gesuggereerd dat de verminderde bladvlekken aantasting bij Yvonne bij laag O₂ en hoog CO₂ is veroorzaakt door een verlaagd ademhalingsmetabolisme.



Figuur 1: Ademhalingsmetingen nmol/kg/s (ras 1 = Charmant, ras 2 = Delphi, ras 3 = Ivonne)

4- Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

- Het ontstaan van bladvlekken bij Yvonne Oranje wordt enigszins geremd door lage O₂-concentraties.
- Het ontstaan van bladvlekken bij Yvonne wordt enigszins geremd door hoge CO₂-concentraties. Echter verhoogde CO₂-concentraties zijn tegelijkertijd negatief voor zowel de uiterlijke kwaliteit gedurende de bewaring (rot, verbleking) als voor het opplantresultaat (slechte beworteling, wortelgewicht, stekgewicht).
- In dit experiment was de aantasting door bladvlekken bij Yvonne zelfs na 19 weken bewaring gering.
- Lage O₂-concentraties lijken het ontstaan van rot gedurende de bewaring te remmen.
- Enige uitdroging gedurende de bewaring lijkt gewenst voor het tegengaan van rotontwikkeling en lijkt niet negatief voor het uiteindelijke opplantresultaat.
- De ademhalingssnelheid neemt bij 0-1 °C niet of nauwelijks af wanneer de O₂ concentratie afneemt. Er is geen duidelijk effect van CO₂.

Aanbevelingen

- CO₂-ophoping in de huidige verpakking bij Kooij voorkomen door de zakken minder dicht te vouwen en/of perforaties aan te brengen. Dit zal tot extra uitdroging leiden, wat niet negatief lijkt voor het opplantresultaat. Experimenteel kan worden vastgesteld welke methode optimaal is.
- Verder onderzoek kan worden gedaan naar een verpakking die laag O₂ realiseert en waarbij tegelijkertijd CO₂-ophoping wordt voorkomen. Dit is echter een niet eenvoudig ontwikkelingstraject, omdat toepassing van standaard verpakkingsmateriaal niet toereikend zal zijn. Er zal onderzoek moeten worden gedaan naar een geschikte methode om binnen een verpakking CO₂ te scrubben. ATO-DLO heeft enige ervaring hiermee.

Bijlagen

Tabel B-1. Bladvlekken bij Ivonne

Gasconditie %O ₂ -%CO ₂	Code	Bladvlekken		
		uitslag 1	uitslag 2	uitslag 3
21-0	9	0.67	3.83	11.17
21-2	10	0.83	17.83	14.17
21-11	4	1.00	1.00	1.17
8-0	5	2.00	4.83	13.0
8-2	8	0.67	2.33	7.17
8-11	11	0.50	2.17	1.33
4-0	3	0.33	2.17	5.83
4-2	6	1.00	3.50	2.50
4-11	1	0.67	1.17	1.17
2-0	12	0.33	4.83	3.33
2-2	2	0.00	2.83	2.50
2-11	7	0.00	2.50	1.33
Controle ATO	13	2.83	5.50	8.00
Controle Kooij	14	0.67	8.17	17.17

Tabel B-2. Zware bladvlekken bij Ivonne

Gasconditie %O ₂ -%CO ₂	Code	Zware bladvlekken		
		uitslag 1	uitslag 2	uitslag 3
21-0	9	0	0	3.00
21-2	10	0	0	3.33
21-11	4	0	0	0.50
8-0	5	0	0	3.50
8-2	8	0	0	2.67
8-11	11	0	0	0.50
4-0	3	0	0	2.50
4-2	6	0	0	1.17
4-11	1	0	0	0.17
2-0	12	0	0	1.83
2-2	2	0	0	1.17
2-11	7	0	0	0.33
Controle ATO	13	0	0	2.83
Controle Kooij	14	0	0	5.17

Tabel B-3. Totaal slecht beworteld bij Ivonne

Gasconditie %O ₂ -%CO ₂	Code	Totaal slecht beworteld		
		uitslag 1	uitslag 2	uitslag 3
21-0	9	2.17	2.00	1.17
21-2	10	6.83	4.17	1.83
21-11	4	5.90	6.00	11.7
8-0	5	4.17	3.83	1.00
8-2	8	4.00	3.33	1.83
8-11	11	8.63	5.33	20.5
4-0	3	3.83	1.33	0.83
4-2	6	4.17	2.67	1.83
4-11	1	6.50	6.17	14.5
2-0	12	2.83	2.33	0.33
2-2	2	5.67	4.83	1.50
2-11	7	5.50	5.50	8.67
Controle ATO	13	4.33	2.17	0.17
Controle Kooij	14	6.33	2.00	1.50

Tabel B-4. Bladsmeul bij Charmant en Delphi

Gasconditie %O ₂ -%CO ₂	Code	Bladsmeul (N/48)	
		Charmant	Delphi
21-0	9	1.16 abc	1.54 abc
21-2	10	2.73 bc	2.14 abc
8-0	5	0.57 ab	0.79 ab
8-2	8	1.43 abc	0.19 a
4-0	3	0.84 ab	0.40 a
4-2	6	1.30 abc	1.10 abc
2-0	12	0.99 ab	1.27 abc
2-2	2	3.14 c	0.96 abc
Controle ATO	13	1.44 abc	1.20 abc
Controle Kooij	14	1.28 abc	0.23 a

Tabel B-5. De invloed van de gascondities op zware bladvlekken (N/48) bij Ivonne (uitslag 3)

%O ₂	%CO ₂			
	0	2	11	Gemiddeld
2	1.8	1.2	0.3	1.1
4	2.5	1.2	0.2	1.3
8	3.5	2.7	0.5	2.2
21	3.0	3.3	0.5	2.7
Gemiddeld	2.0	2.1	0.4	

Tabel B-6. De invloed van de gascondities op totaal slecht beworteld (N/48) bij Ivonne

%O ₂	%CO ₂			
	0	2	11	Gemiddeld
2	1.8	4.0	6.6	4.1
4	2.0	2.9	9.1	4.7
8	3.0	3.1	11.5	5.9
21	1.8	4.3	7.9	4.6
Gemiddeld	2.2	3.6	8.7	