

Ventilatie, Ademhaling en CO₂-schadedrempels

bij de bewaring van tulp, narcis (tête-à-tête), hyacint, krokus, iris, muscari, allium, scilla, iris reticulata en chionodoxa

Jeroen Wildschut, Marga Dijkema, Arie van der Lans (WUR/PPO)

© 2013 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit project is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door de partijen in de Stuurgroep Schone en Zuinige Bloembollen / Meerjarenafspraken energie Bloembollen (KAVB, PT, min.EZ, Agentschap NL en telers).



Projectnummer: 32 361 564 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2
: Postbus 85, 2160 AB Lisse

Tel. : 0252 - 462121

Fax : 0252 - 462100

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

| | |
|--|----|
| SAMENVATTING..... | 5 |
| 1 INLEIDING | 6 |
| 2 WERKWIJZE..... | 6 |
| 3 RESULTATEN | 7 |
| 3.1 Ademhaling/CO ₂ -productie..... | 7 |
| 3.2 Gewichtsverlies bij de bewaring | 7 |
| 3.3 Broei | 8 |
| 3.4 Teelt..... | 8 |
| 3.5 CO ₂ -schadedrempels..... | 10 |
| 4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | 11 |

Samenvatting

Hoe hoog het CO₂-gehalte in de bewaarcel op mag lopen zonder bij de bollen schade aan te richten, is voor geen enkel bolgewas precies bekend. Oud onderzoek bij tulp gaf aan dat de schadedrempel waarschijnlijk boven de 15.000 ppm ligt.

In de praktijk leeft de vraag sterk hoe hoog de schadedrempel voor CO₂ voor verschillende bolgewassen is en op veel bedrijven wordt de ventilatie gestuurd op basis van het gemeten CO₂-gehalte in de bewaarcel. Hierbij worden CO₂- setpoints (schadedrempels) gehanteerd uiteenlopend van 750 ppm tot 6000 ppm. Hierdoor wordt vermoedelijk in veel gevallen onnodig veel geventileerd en kan er dus veel op energie bespaard worden wanneer de juiste CO₂-schadedrempels bekend zijn.

Hiertoe zijn van de voorjaarsbloeiers *tulp*, *narcis (tête-à-tête)*, *hyacint*, *krokus*, *iris*, *muscari*, *allium*, *scilla*, *iris reticulata* en *chionodoxa* bollen 2 maanden bewaard bij 385, 5000, 15.000 en 30.000 ppm CO₂, waarna deze zijn gebroeid en/of op het proefveld geplant en bij oogst geteld en gewogen.

Van bij normale CO₂-gehalten bewaarde bollen is tevens bij 20°C en bij 5°C de ademhaling bepaald.

Uit de analyses van de data kan geconcludeerd worden dat de schadedrempel voor CO₂ voor de meeste gewassen erg hoog ligt: boven de 30.000 ppm voor narcis (*tête-à-tête*), krokus, iris leverbaar, iris reticulata scilla en chionodoxa.

Voor tulp, muscari en allium ligt de schadedrempel tussen de 15.000 en 30.000 ppm. Hierbij werd bij de broei van tulp mogelijk lichte uitval veroorzaakt, en bij muscari en allium een lager geoogst aantal bollen per m².

Voor plantgoed van hyacint en iris ligt de schadedrempel tussen 5.000 en 15.000. Bij hyacint werd het bolgewicht verminderd en bij iris het aantal gezonde bollen per m².

De hoeveelheid ventilatie en circulatie die er voor nodig is om het CO₂-gehalte onder de 5000 ppm te houden is zelfs bij een erg hoge ademhaling van 40 ml/kg/uur erg klein: niet meer dan respectievelijk 6 m³/uur en 100 m³/uur. Door de warmte die bij deze hoge ademhaling vrijkomt loopt temperatuur van de bollen echter veel te hoog op en moet om die reden meer geventileerd en vooral meer gecirculeerd worden.

Kortom: de schadedrempels voor CO₂ liggen zo hoog dat wanneer het verschil tussen de minst en de meest beluchte kist niet groter is dan 40% rond het gemiddelde, en het celklimaat op temperatuur gestuurd wordt, deze CO₂-gehalten in de praktijk niet voorkomen.

1 Inleiding

Onderzoek naar het energieverbruik bij het bewaren van o.a. bijzondere bolgewassen gaf aan dat er bij deze gewassen vaak meer wordt geventileerd dan bij tulp. Van ethyleengevoeligheid is bij deze gewassen echter geen sprake, reden waarom verwacht werd dat er juist minder dan bij tulp geventileerd zou worden.

Naast de afvoer van ethyleen in het geval van tulpenbollen, hebben ventilatie (en circulatie) bij de bewaring van bloembollen als functie om CO₂, water(damp) en soms ook warmte af te voeren en eventueel O₂ aan te voeren, zodat bewaarcondities optimaal zijn en hiermee de kwaliteit van de bollen hoog is. Voldoende circulatie is daarnaast van belang om eventuele verschillen in bewaarcondities tussen de kisten voor de systeemwand te minimaliseren.

De benodigde ventilatie- en circulatiedebieten (m³ lucht/uur per m³ bollen) hangen dus af van de productie van de af te voeren stoffen en van de schadedrempels (de maximale concentratie van die stoffen, waarbij er geen invloed op de kwaliteit is).

Voor een aantal gewassen/cultivars is de ademhaling (= productie CO₂/uur per m³ bollen) bij verschillende bewaartemperaturen bekend (lelie, tulp). Hiermee is dan ook bekend hoeveel H₂O er per uur vrijkomt, en wat de warmteproductie is en dus hoeveel warmte afgevoerd moet worden om de temperatuur van de bollen op de ingestelde bewaartemperatuur te houden. H₂O komt ook vrij door boluitdroging, die voorkomen wordt door niet teveel te ventileren en/of teveel te circuleren.

Hoe hoog het CO₂-gehalte in de bewaarcel op mag lopen zonder bij de bollen schade aan te richten, is voor geen enkel bolgewas precies bekend. Oud onderzoek (1986, de Munk en Duineveld) bij tulp gaf aan dat de schadedrempel waarschijnlijk boven de 15.000 ppm ligt.

In de praktijk leeft de vraag sterk hoe hoog de schadedrempel voor CO₂ voor verschillende bolgewassen is en op veel bedrijven wordt de ventilatie gestuurd op basis van het gemeten CO₂-gehalte in de bewaarcel. Hierbij worden CO₂- setpoints (schadedrempels) gehanteerd uiteenlopend van 750 ppm tot 6000 ppm. Hierdoor wordt vermoedelijk in veel gevallen onnodig veel geventileerd en kan er dus veel op energie bespaard worden wanneer de juiste CO₂-schadedrempels bekend zijn.

2 Werkwijze

Van een aantal onder normale omstandigheden door PPO Lisse bewaarde bollen van voorjaarsbloeiers, nl. *tulp*, *narcis (tête-à-tête)*, *hyacint*, *krokus*, *iris*, *muscari*, *allium*, *scilla* en *iris reticulata*, is bij 20 °C de ademhaling bepaald in het begin van de bewaarperiode en wanneer de bollen in de 2de helft van de warme bewaarperiode volledig tot rust zijn gekomen. Daarna is de ademhaling bij het begin van de koele bewaring bij 5 °C bepaald.

Bollen van deze gewassen (waaraan toegevoegd *chionodoxa*) zijn bij WUR/FBR in Wageningen bewaard van 31 augustus tot/met 31 oktober bij 20 °C in geconditioneerde bewaartanks waarin ze in 4 herhalingen aan 4 CO₂ – niveaus bloot gesteld zijn: 1) 385 ppm, 2) 5000 ppm, 3) 15.000 ppm en 4) 30.000 ppm CO₂. Voor en na de bewaring is het gewicht van de monsters bepaald zodat gewichtsafname bepaald kon worden.

De broeibollen van tulp en hyacint zijn vervolgens bij PPO Lisse koel bewaard onder normale CO₂-niveaus en in januari/februari gebroeid, waarna uitval en kwaliteit zijn bepaald.

Plantgoed en broeibollen van de overige gewassen zijn in oktober op het veld geplant, in april bij opkomst visueel beoordeeld en bij de oogst van juli t/m augustus (afhankelijk van het gewas) gewogen en geteld.

De analyse (ANOVA) van de data van deze gewarde blokkenproeven in 4 herhalingen, is uitgevoerd met SPSS 19.0. Hieruit zijn de CO₂-schadedrempels afgeleid.

3 Resultaten

3.1 Ademhaling/CO₂-productie

Van bollenmonsters is in tweevoud tijdens de bewaring onder normale omstandigheden bij PPO Lisse de ademhaling bij 20 °C op 3 september en op 17 oktober bepaald. Vervolgens zijn de bollen koel bewaard bij 5 °C en is de ademhaling op 24 oktober bepaald. De resultaten zijn samengevat in tabel 1.

Tabel 1: Gewicht per m³ en de ademhaling (ml CO₂/kg/uur) van de verschillende bolgewassen op twee tijdstippen bij 20°C, en bij 5 °C.

| bolgewas | cultivar | bolmaat | gewicht | ademhaling (ml CO ₂ /kg/uur) | | | |
|-----------------|------------------|---------|--------------|---|--------|--------|-----|
| | | | | 3-sep | 17-okt | 24-okt | |
| | | | | 20°C | 20°C | 5°C | |
| Tulp | Banja Luka | plg | 8-9 en 10-11 | 498 | 14,4 | 14,9 | 7,3 |
| | | lb | 11-12 | 511 | 15,6 | 15,6 | 8,0 |
| Narcis | tête-à-tête | | 12-14 | 428 | 24,7 | 14,6 | 5,2 |
| Hyacint | Pink Pearl | plg | 14-15 | 515 | 17,3 | 12,2 | 4,5 |
| | | lb | 17-18 | 514 | 17,0 | 10,8 | 3,9 |
| Krokus | Flower Record | | 8-9 | 590 | 18,4 | 14,5 | 5,3 |
| Iris | Blue Magic | plg | 7,5-8 | 555 | 10,1 | 9,5 | 4,0 |
| | | lb | 9-10 | 520 | 17,2 | 10,0 | 4,7 |
| Muscari | armeniacum | | 7-8 | 597 | 17,6 | 13,5 | 4,5 |
| Allium | Purple Sensation | | 10-12 | 502 | 15,4 | 14,5 | 7,4 |
| Iris reticulata | Harmony | | 6+ | 498 | 17,1 | 16,4 | 6,6 |
| Scilla siberica | | | 6-7 | 589 | 24,9 | 22,2 | 8,9 |
| minimum | | | | 428 | 10,1 | 9,5 | 3,9 |
| gemiddeld | | | | 527 | 17,5 | 14,1 | 5,9 |
| maximum | | | | 597 | 24,9 | 22,2 | 8,9 |

Tussen 3 september en 17 oktober nam de ademhaling van de tulpenbollen, het iris plantgoed, allium, Iris reticulata en Scilla nauwelijks af. Blijkbaar waren deze bollen al tot rust gekomen. Bij de overige bollen nam de ademhaling het sterkst af bij narcis, en bij leverbare bollen van iris en hyacint. In rust zijn de verschillen in ademhaling toch nog aanzienlijk: Scilla heeft dan een ademhaling van 22,2 ml/kg/uur en het plantgoed van iris 9,5 ml/kg/uur. Om bij beide bolsoorten het CO₂-gehalte onder een bepaald niveau te houden zal er bij Scilla dus ruim 2 maal zoveel geventileerd moeten worden. En omdat de warmteproductie van bollen evenredig aan de ademhaling is zal bij scilla dus vaker met buitenlucht gekoeld moeten worden.

Bij 5°C neem bij alle bolgewassen de ademhaling flink af (met 50 tot 65%), maar de verschillen tussen bolsoorten blijven relatief groot

3.2 Gewichtsverlies bij de bewaring

De bollen die van 31 augustus tot en met 31 oktober onder de verschillende CO₂-niveaus bewaard zijn, zijn eerst gewogen en na de bewaring opnieuw gewogen. De resultaten zijn samengevat in tabel 2. Bij bewaring onder een CO₂-gehalte van 385 ppm verliezen de bollen gemiddeld 3,8 tot 8,5% aan gewicht. Bij hogere CO₂-gehalten neemt bij tulp, hyacint, iris, allium en scilla het gewichtsverlies toe. Bij iris is dat bij 5000 ppm, bij tulp, hyacint en scilla is dat 15.000 ppm en bij allium is dat bij 30.000 ppm.

Bij narcis, krokus, muscari, Iris reticulata en chionodoxa neemt het gewicht niet af bij blootstelling aan hoge CO₂-gehalten.

Tabel 2: Gewichtsverlies (%) na 2 maanden bewaring bij verschillende CO₂-gehaltenes, significantie en Variantie Coëfficiënt

| bolgewas | cultivar | CO ₂ -gehalte (ppm) tijdens bewaring | | | | p | CV |
|---------------------|------------------|---|-------|--------|--------|-------|-----|
| | | 385 | 5.000 | 15.000 | 30.000 | | |
| Tulp | Banja Luka | 6,1% | 7,7% | 9,7% | 9,3% | 0,030 | 19% |
| Narcis | tête-à-tête | 6,2% | 7,3% | 5,8% | 6,1% | ns. | 15% |
| Hyacint | Pink Pearl | 6,0% | 6,5% | 7,7% | 7,7% | 0,001 | 7% |
| Krokus | Flower Record | 4,4% | 5,2% | 6,4% | 6,1% | ns. | 26% |
| Iris | Blue Magic | 3,4% | 4,6% | 5,9% | 8,5% | 0,000 | 13% |
| Muscari | armeniacum | 6,4% | 8,1% | 9,6% | 9,2% | ns. | 23% |
| Allium | Purple Sensation | 3,8% | 3,6% | 3,9% | 5,2% | 0,035 | 17% |
| Iris reticulata | Harmony | 5,8% | 6,2% | 6,7% | 6,8% | ns. | 15% |
| Scilla siberica | | 8,5% | 8,6% | 9,9% | 7,6% | 0,043 | 11% |
| Chionodoxa luciliae | | 7,6% | 6,6% | 7,6% | 6,9% | ns. | 17% |

waarden in gekleurde vakken verschillen significant van de controle (385 ppm CO₂)

3.3 Broei

De leverbare bollen van tulp en hyacint zijn na de blootstelling aan verhoogde CO₂-gehaltenes onder normale omstandigheden koel bewaard en vervolgens in januari gebroeid. Visueel was er tussen de behandelingen geen verschil te constateren, maar tellingen gaven aan dat bij de hoogste dosering van CO₂ er bij 2 herhalingen van tulp resp. 1 à 2 bloemen (van de 20) verdroogd waren. Bij hyacint werden bij deze dosering bij alle herhalingen 1 tot 6 planten (van de 20) met verdroogde bloemen (stronagels) geteld. Vermoedelijk toevallig waren door vochtige bewaaromstandigheden bij deze dosering veel bollen iets gaan wortelen wat mogelijk bij het opplanten tot beschadiging heeft geleid. Het is dus mogelijk dat het verhoogde aantal strobloemen niet door het hoge CO₂-gehalte werd veroorzaakt, maar met zekerheid is dit niet te stellen.

Tabel3: Beoordeling broeieresultaten tulp en hyacint, na 2 maanden bewaring bij verschillende CO₂-gehaltenes, significantie en Variantie Coëfficiënt.

| bolgewas | cultivar | | CO ₂ -gehalte (ppm) tijdens bewaring | | | | p | CV |
|----------|------------|--------------------|---|-------|--------|--------|-------|------|
| | | | 385 | 5.000 | 15.000 | 30.000 | | |
| Tulp | Banja Luka | lengte (cm) | 44,0 | 42,8 | 42,3 | 43,0 | ns | 3,4% |
| | | gew/steel (g) | 27,4 | 27,0 | 27,0 | 27,0 | ns | 2,8% |
| | | aantal geoogst* | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 18,0 | 0,027 | 4,1% |
| Hyacint | Pink Pearl | aantal aangetast** | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 5,0 | 0,004 | 94% |

* 20 per behandeling opgeplant

** rotkoppen en stronagels

3.4 Teelt

Na de bewaring onder verhoogde CO₂-gehaltenes is het plantgoed van tulp, narcis, hyacint, krokus, iris muscari, allium, iris reticulata, scilla en chionodoxa, en zijn de leverbare bollen van iris in oktober op de proefvelden van PPO Lisse geplant. Na opkomst zijn de planten visueel beoordeeld, zie tabel 4. De tijdens de bewaring aan hoge CO₂-gehaltenes blootgestelde bollen van krokus, iris (leverbaar), iris reticulata en scilla kregen een iets lager veldbeoordeling dan de onder normale omstandigheden bewaarde bollen. Bij de veldbeoordeling van krokus van één week later waren er geen verschillen meer waarneembaar.

Tabel 4: Veldbeoordeling opplant, na 2 maanden bewaring bij verschillende CO₂-gehaltes, significantie en Variantie Coëfficiënt

| bolgewas | cultivar | datum observatie | CO ₂ -gehalte (ppm) tijdens bewaring | | | | p | CV |
|--------------------|------------------|------------------|---|-------|--------|--------|-------|------|
| | | | 385 | 5.000 | 15.000 | 30.000 | | |
| Tulp | Banja Luka | 25-4-2013 | 8,3 | 8,5 | 8,0 | 8,3 | ns | 4,0% |
| Narcis | tête-à-tête | 15-4-2013 | 8,8 | 8,3 | 8,5 | 8,3 | ns | 6,4% |
| Hyacint | Pink Pearl | 23-4-2013 | 7,8 | 7,8 | 7,5 | 7,8 | ns | 11% |
| Krokus | Flower Record | 4-4-2013 | 7,8 | 6,3 | 5,8 | 6,0 | 0,067 | 15% |
| | | 11-4-2013 | 8,5 | 8,3 | 8,5 | 8,0 | ns | 6,4% |
| Iris plg | Blue Magic | | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | ns | 7,0% |
| Iris lb | Blue Magic | | 7,8 | 7,0 | 6,8 | 7,0 | 0,021 | 5,2% |
| Muscari armeniacum | | 25-4-2013 | 8,5 | 8,5 | 8,0 | 8,0 | ns | 7,0% |
| Allium | Purple Sensation | | 8,0 | 9,0 | 8,5 | 8,0 | ns | 8,7% |
| Iris reticulata | Harmony | 28-3-2013 | 9,0 | 7,8 | 7,3 | 6,8 | 0,145 | 17% |
| Scilla siberica | | 18-4-2013 | 9,0 | 8,0 | 7,5 | 7,5 | 0,073 | 9,8% |

Bij de oogst is voor de meeste bolgewassen het gewicht per m² bepaald en zijn het aantal bollen geteld. Hieruit is het bolgewicht bepaald. De resultaten zijn samengevat in tabel 5.

Tabel 5: Opbrengst (gewicht en aantal per m²) en bolgewicht bij de oogst, na 2 maanden bewaring bij verschillende CO₂-gehaltes, significantie (p) en Variantie Coëfficiënt.

| bolgewas | cultivar | | CO ₂ -gehalte (ppm) tijdens bewaring | | | | p | CV | |
|-----------------------|------------------|-----------------------|---|-------|--------|--------|-------|-------|------|
| | | | 385 | 5.000 | 15.000 | 30.000 | | | |
| tulp | Banja Luka | gram/m ² | 4700 | 4845 | 5050 | 5524 | 0,033 | 6,7% | |
| | | aantal/m ² | 108 | 106 | 107 | 109 | ns | 3,3% | |
| | | bolgewicht (g) | 44 | 46 | 47 | 51 | ns | 8,6% | |
| Narcis | tête-à-tête | gram/m ² | 6155 | 6413 | 5967 | 6465 | ns | 6,9% | |
| Hyacint | Pink Pearl | gram/m ² | 4591 | 4459 | 4212 | 4041 | 0,023 | 5,0% | |
| | | aantal/m ² | 55 | 55 | 54 | 53 | ns | 2,9% | |
| | | bolgewicht (g) | 83 | 81 | 78 | 77 | 0,009 | 2,5% | |
| Krokus | Flower Record | gram/m ² | 2608 | 2722 | 2529 | 2621 | ns | 8,0% | |
| | | aantal/m ² | 515 | 544 | 530 | 538 | ns | 5,0% | |
| | | bolgewicht (g) | 5,1 | 5,0 | 4,8 | 4,9 | ns | 10,7% | |
| Iris | Blue Magic | gram/m ² | 5420 | 5331 | 4948 | 4871 | 0,107 | 6,4% | |
| | | plantgoed | aantal gezond/m ² | 167 | 168 | 146 | 133 | 0,016 | 9,2% |
| | | aantal ziek | 9 | 10 | 13 | 21 | ns | 52,0% | |
| | leverbaar | bolgewicht (g) | 32 | 32 | 34 | 37 | 0,087 | 8,4% | |
| | | gram/m ² | 3975 | 3888 | 3886 | 4073 | ns | 15% | |
| | Muscari | armeniicum | gram/m ² | 5281 | 5339 | 4847 | 4825 | ns | 7,8% |
| aantal/m ² | | | 197 | 199 | 189 | 179 | 0,083 | 5,4% | |
| bolgewicht (g) | | | 26,8 | 26,9 | 25,5 | 26,9 | ns | 5,1% | |
| Allium | Purple Sensation | gram/m ² | 3835 | 3796 | 3828 | 3875 | ns | 5,2% | |
| | | hoofdbollen | aantal/m ² | 100 | 100 | 99 | 100 | ns | 1,9% |
| | | bolgewicht (g) | 39 | 38 | 39 | 39 | ns | 4,5% | |
| | bijbollen | gram/m ² | 403 | 412 | 370 | 290 | 0,063 | 16,1% | |
| | | aantal/m ² | 154 | 151 | 142 | 111 | 0,075 | 15,7% | |
| | | bolgewicht (g) | 2,6 | 2,7 | 2,6 | 2,8 | ns | 10,1% | |
| | totaal | gram/m ² | 4238 | 4207 | 4198 | 4164 | ns | 4,5% | |
| | | aantal/m ² | 253 | 251 | 241 | 210 | 0,063 | 8,8% | |
| | | bolgewicht (g) | 17 | 17 | 17 | 21 | 0,086 | 11,7% | |
| Iris reticulata | Harmony | gram/m ² | 2674 | 2509 | 2300 | 2353 | ns | 11% | |
| | | aantal uitval | 18 | 30 | 24 | 23 | ns | 59% | |
| Scilla siberica | | gram/m ² | 1410 | 1397 | 1418 | 1373 | ns | 7,9% | |
| | | aantal/m ² | 175 | 172 | 176 | 173 | ns | 6,3% | |
| | | bolgewicht (g) | 8,0 | 8,1 | 8,1 | 7,9 | ns | 5,2% | |
| | | aantal uitval | 8 | 8 | 8 | 7 | ns | 43,0% | |
| Chionodoxa luciliae | | gram/m ² | 1004 | 1018 | 1014 | 1044 | ns | 4,2% | |

Bij tulp is er op het aantal geoogste bollen per m² geen effect van blootstelling aan hoge CO₂-gehalten waarneembaar. Het bolgewicht neemt iets toe bij een hoger CO₂-gehalte, zodat het totaal gewicht van de geoogste tulpenbollen zelfs significant toeneemt.

Bij narcis, krokus, iris leverbaar, iris reticulata, scilla en chionodoxa is er geen significant effect van hoge CO₂-gehalten op het aantal geoogste bollen per m² en op het bolgewicht.

Bij allium is er geen significant effect op de geoogste hoofdbollen, maar wel op de bijbollen. Daar neemt het aantal van af (p= 0.075), maar het bolgewicht blijft gelijk.

Bij hyacint is het geoogste bolgewicht bij bewaring van het plantgoed bij 15.000 ppm en hoger lager dan bij bewaring bij lagere CO₂-gehalten, maar het aantal bollen per m² neemt niet af.

Bij iris neemt het aantal gezonde bollen af bij bewaring boven 15.000 ppm, het bolgewicht neemt niet af.

3.5 CO₂-schadedrempels

De CO₂-gehalten waarbij bij de bewaring van de verschillende bolgewassen gewichtsverlies, uitval of kwaliteitsverlies bij de broei, en opbrengstvermindering door een lager geoogst bolgewicht of een lager aantal geoogste bollen per m² optreden, zijn samengevat in tabel 6.

Tabel 6: CO₂-gehalten waarbij effecten optreden.

| bolgewas | cultivar | gewichts verlies | opbrengst | | |
|---------------------|------------------|---------------------|------------|-----------------------|----------|
| | | | bolgewicht | aantal/m ² | |
| Tulp | Banja Luka | plg lb | 15.000 | - | - |
| Narcis | tête-à-tête | | - | - | - |
| Hyacint | Pink Pearl | plg lb | 15.000 | 15.000 | - |
| | | | - | - | 30.000** |
| Krokus | Flower Record | | - | - | - |
| Iris | Blue Magic | plg lb | 5.000 | - | 15.000 |
| | | | - | - | - |
| Muscari | armeniacum | | - | - | 30.000 |
| Allium | Purple Sensation | | 30.000 | - | 30.000 |
| Iris reticulata | Harmony | | - | - | - |
| Scilla siberica | | | 15.000 | - | - |
| Chionodoxa luciliae | | | - | - | - |

* mogelijk uitval

** mogelijk kwaliteitsverlies (stronagels)

Een CO₂-schadedrempel voor tulp valt uit deze gegevens niet direct af te leiden. Het veroorzaakte gewichtsverlies bij plantgoed door bewaring bij CO₂-gehalten tussen de 5.000 en 15.000 ppm vertaalt zich niet in lagere veldopbrengsten. De waargenomen uitval van enkele stelen bij de broei bij 30.000 ppm zou betekenen dat de schadedrempel tussen de 15.000 ppm en 30.000 ppm ligt.

Voor hyacint ligt voor plantgoed de schadedrempel tussen de 5000 en 15.000 ppm. Voor leverbaar tussen de 15.000 en 30.000 ppm.

Voor iris plantgoed ligt de schadedrempel tussen de 5000 en 15.000 ppm.

Voor muscari en allium tussen de 15.000 en 30.000 ppm.

Voor narcis (tête-à-tête), krokus, iris leverbaar, iris reticulata scilla en chionodoxa ligt de schadedrempel boven de 30.000 ppm.,

De laagste schadedrempel is dus ergens tussen de 5000 en 15000 ppm. Hiermee is uit te rekenen wat bij een ademhaling van bv. 5 en 40 ml/kg/uur, de ventilatie en de circulatie zouden moeten zijn om het CO₂-gehalte onder de schadedrempel van 5000 ppm te houden: bij een circulatie van 500 m³/uur per m³ bollen is dat een ventilatie van respectievelijk slechts 0,65 en 5.2 m³/uur. Bij een circulatie van 100 m³/uur is dat resp. 0.67 en 5.8 m³/uur.

Een veel belangrijker effect van de ademhaling is de warmte die er bij vrijkomt. Door bij een ademhaling van 5 ml/kg/uur te ventileren met slechts 0.65 m³/uur en te circuleren met 100 m³/uur blijft het CO₂-gehalte net onder de 5000 ppm. Maar de minst beluchte kist is na enkele dagen meer dan een halve graad warmer geworden dan de meest beluchte kist. Bij een ademhaling van 40 ml/uur loopt dit verschil op tot ruim 4 graden! Dit duurt echter ongeveer 6 dagen, terwijl bij deze ventilatie- en circulatiehoeveelheden het maximale CO₂ gehalte van ongeveer 5000 ppm al na 2 uur bereikt wordt.

4 Conclusies en aanbevelingen

Uit de analyses kan geconcludeerd worden dat de schadedrempel voor CO₂ voor de meeste gewassen erg hoog ligt: boven de 30.000 ppm voor narcis (tête-à-tête), krokus, iris leverbaar, iris reticulata scilla en chionodoxa.

Voor tulp, muscari en allium ligt de schadedrempel tussen de 15.000 en 30.000 ppm. Hierbij werd bij de broei van tulp mogelijk lichte uitval veroorzaakt, en bij muscari en allium een lager geoogst aantal bollen per m².

Voor plantgoed van hyacint en iris ligt de schadedrempel tussen 5.000 en 15.000. Bij hyacint werd het bolgewicht verminderd en bij iris het aantal gezonde bollen per m².

De hoeveelheid ventilatie en circulatie die er voor nodig is om het CO₂-gehalte onder de 5000 ppm te houden is zelfs bij een erg hoge ademhaling van 40 ml/kg/uur erg klein: niet meer dan respectievelijk 6 m³/uur en 100 m³/uur. Door de warmte die bij deze hoge ademhaling vrijkomt loopt temperatuur van de bollen echter veel te hoog op en moet om die reden vooral meer gecirculeerd worden. Het oplopen van het verschil in temperatuur tussen de minst en de meest beluchte kist, bereikt het maximum echter pas na een dag of 6.

Kortom: de schadedrempels voor CO₂ liggen zo hoog, dat wanneer het verschil in debiet tussen de minst en de meest beluchte kist niet groter is dan 40% rond het gemiddelde, en het celklimaat op temperatuur gestuurd wordt, deze gehalten in de praktijk niet voorkomen.

CO₂-meting in een bewaarcel kan echter wel van belang zijn om op tijd te detecteren of er met de ventilatie(klep) niets mis is, of om te zien of de bollen tot rust gekomen zijn. De stijging van de temperatuur van de bollen door verhoogde ademhaling gaat immers erg langzaam en er zouden zeer gevoelige thermometers in de minst en de meest beluchte kisten nodig moeten zijn om dit binnen bijvoorbeeld een halve dag te kunnen detecteren.