

# Crassulaceën-metabolisme in Kalanchoë

Naar een efficiëntere CO<sub>2</sub> toediening voor Kalanchoë

Mary Warmenhoven, Nollie Marissen, Filip van Noort

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
Business Unit Glastuinbouw  
mei 2005

PPO nr. 41313009

© 2005 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

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

Dit project is gefinancierd door:

Productschap Tuinbouw  
Louis Pasteurlaan 6  
Postbus 280  
2700 AG Zoetermeer



PT-Projectnummer: 11979  
PPO-Projectnummer: 41313009

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
Business Unit Glastuinbouw  
Adres : Kruisbroekweg 5, 2671 KT Naaldwijk  
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk  
Tel. : 0174 - 63 67 00  
Fax : 0174 - 63 68 35  
E-mail : [info@lastuinbouw.ppo@wur.nl](mailto:info@lastuinbouw.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING .....	5
1.1	Probleemstelling .....	5
1.2	Doel .....	5
2	MATERIAAL EN METHODE .....	7
2.1	Aanpak CO2-Onderzoek.....	7
2.2	Teelt.....	7
2.3	Klimaat .....	8
2.4	Waarnemingen.....	8
2.4.1	Malaat, bemonstering en bepaling .....	8
2.4.2	Malaatgehaltes van moerplanten en verse stekken .....	8
2.4.3	Vers/drooggewichten hele planten .....	8
2.4.4	Klimaat .....	9
2.4.5	Vochtigheid substraat.....	9
3	RESULTATEN .....	11
3.1	Gerealiseerd klimaat .....	11
3.1.1	Relatieve luchtvochtigheid en CO <sub>2</sub> .....	11
3.1.2	Temperatuur en PAR licht in de kas .....	11
3.2	Vochtigheid en EC in het substraat.....	12
3.3	Beworteling tijdens de stekfase.....	13
3.4	Versgewicht en % drogestof .....	14
3.5	Plantlengte.....	15
3.6	Malaat .....	16
3.6.1	Malaatgehalte naar behandeling stekfase.....	16
3.6.2	Herkomst.....	17
3.6.3	Bladleeftijd .....	18
3.6.4	Malaatgehaltes van moerplanten en verse stekken. ....	19
4	DISCUSSIE .....	21
4.1	Vergelijking malaatgehaltes met de literatuur .....	21
4.2	Effecten waterstress op CAM-fotosynthese .....	21
4.3	Bladleeftijd .....	21
4.4	Daglengteverschillen.....	22
4.5	Herkomstverschillen.....	22
4.6	Cultivarverschillen.....	22
4.7	Hoe CO <sub>2</sub> te doseren op basis van deze kennis.....	22
4.7.1	Gedurende de teelt .....	22
4.7.2	Bij verschillende cultivars.....	22
4.7.3	Bij moerplanten .....	23
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....	25
6	LITERATUUR.....	27



# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

Kalanchoë hoort bij de groep planten die als aanpassing aan droge groeiomstandigheden 's nachts  $\text{CO}_2$  opnemen om overdag met dichte huidmondjes te kunnen fotosynthetiseren. Dit heet het CAM-fotosynthese. Niet alle CAM-planten gebruiken dit mechanisme altijd, er zijn facultatieve CAM-plunten en zij kunnen overschakelen naar de gewone C3 fotosynthese. Het is niet duidelijk hoe de commerciële Kalanchoërassen precies omgaan met  $\text{CO}_2$ . Er zijn aanwijzingen dat de planten gedurende de teelt switchen tussen CAM- en C3-fotosynthese. Voor een optimale toediening van  $\text{CO}_2$  is het van belang te weten wanneer in de teelt een plant C3-fotosynthese toepast en wanneer een plant CAM-fotosynthese gebruikt. Op die manier is het duidelijk wanneer gedurende het etmaal  $\text{CO}_2$  gedoseerd dient te worden en wanneer niet gedoseerd hoeft te worden. Ook zijn er aanwijzingen dat  $\text{CO}_2$  toedienen gedurende bepaalde korte periodes van het etmaal even effectief is als langere tijd doseren.

Voorafgaand aan het hier beschreven onderzoek is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar CAM-fotosynthese bij Kalanchoë (Warmenhoven et al, 2003). De belangrijkste conclusies uit dat onderzoek zijn dat het gebruik van CAM voornamelijk beïnvloed wordt door daglengte, temperatuur, plantleeftijd en watergift. Onder invloed van korte dag zal voornamelijk CAM-fotosynthese plaatsvinden en onder invloed van lange dag wordt C3-fotosynthese gestimuleerd. Een lagere gemiddelde temperatuur geeft een betere  $\text{CO}_2$ -opname dan een hogere gemiddelde temperatuur. Een lage nachttemperatuur t.o.v. dagtemperatuur geeft een betere  $\text{CO}_2$ -opname bij CAM, dit is van belang voor het gebruik van negatieve DIF. Jong blad zal onder lange dag C3-fotosynthese vertonen en naarmate het blad ouder wordt zal dit meer CAM-fotosynthese vertonen onder lange dag condities. Binnen één plant kunnen beide fotosynthese-systemen aanwezig zijn. Bij voldoende beschikbaar water zal C3-fotosynthese gebruikt worden. Bij watergebrek zal van C3-fotosynthese worden overgeschakeld op CAM-fotosynthese.

## 1.2 Doel

Kennis verzamelen over de wijze waarop verschillende Kalanchoë cultivars omgaan met  $\text{CO}_2$  tijdens de teelt, door op verschillende momenten tijdens de teelt gedetailleerde metingen te doen aan het product van CAM-fotosynthese, namelijk malaat (appelzuur). Hierbij wordt de nadruk gelegd op de stekfase, omdat de waterstress in de stekfase gevolgen kan hebben voor de  $\text{CO}_2$  behoefte van het stek. De verwachte verandering van C3 naar CAM tijdens de bewortelingsfase van stek is waarschijnlijk te beïnvloeden door het vochtregime tijdens deze fase.



## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Aanpak CO<sub>2</sub>-Onderzoek

In dit onderzoek is door intensief malaat meten bepaald in welke fase van de teelt de planten CAM- en/of C<sub>3</sub>-fotosynthese gebruiken. In twee elkaar overlappende teelten zijn tijdens de stekfase verschillende waterstressbehandelingen aangelegd, waarbij is gestreefd naar weinig en veel beschikbaar vocht (gecontroleerd met FD-metingen) om te onderzoeken hoe de planten daarop reageren met CAM-activiteit. Het onderzoek is uitgevoerd met twee cultivars ('Bromo' en 'Tenorio') van verschillende herkomst (Nederland, Zuid-Afrika). Gedurende de rest van de teelt was de watergift voor alle cultivars en herkomsten gelijk. CO<sub>2</sub> werd gedoseerd (streefwaarde 800 ppm) gedurende de dag én de nacht, zodat altijd CO<sub>2</sub> voorhanden is voor de fotosynthese.

### 2.2 Teelt

Vanaf 4 november 2004 tot en met 1 maart 2005 zijn in twee teelten met Kalanchoë de malaat-concentraties in de plant gevolgd. Voor de eerste teelt werden op 4 november 2004 de stekken van de cultivars 'Tenorio' en 'Bromo' gestoken in 10,5 cm potten. Het substraat was flush fijn van Tref Ego. De stekken waren afkomstig van twee herkomsten, namelijk Zuid-Afrika en Nederland. Tijdens de bewortelingsperiode (10 dagen) werden drie vochtregiems aangehouden: nat, droog en onder plastic. Na tien dagen werd het plastic verwijderd bij de betreffende behandeling. Vanaf die tijd kreeg deze behandeling naar behoefte om de 3 à 4 dagen water. Bij de andere twee watergeeffrequenties werd tijdens de bewortelingsfase om de 2 dagen (=nat) of om de vijf dagen (=droog) water gegeven m.b.v. eb-vloed. Omdat het substraat toch nog behoorlijk nat was na 5 dagen is half november in overleg met de Begeleidingscommissie van dit project besloten om de gietfrequenties aan te passen naar om de 3 en om de 7 dagen (nat/droog). Deze gietfrequentie werd aangehouden gedurende de rest van de langedag periode (totaal 4 weken). Hierna werd ook bij deze behandelingen overgegaan op watergift naar behoefte en werd er naar toe gewerkt dat alle planten in de proef tegelijk water kregen. De gebruikte voedingsoplossing is weergegeven in tabel 1. Tijdens de teelt werd Tenorio 4 maal licht geremd met 4 gr Alar/l in week 48, 50, 52 2004 en week 3 2005. Bromo werd 3 maal geremd in week 48, 52 2004 en in week 3 van 2005.

Op 25 november 2004 werd de tweede teelt gestoken met dezelfde cultivars van dezelfde herkomsten. Gedurende de langedag periode stonden deze gestekte Kalanchoë's in een andere kas, omdat in de eerste teelt de kortedag periode vanaf 2 december 2004 werd ingesteld. Vanaf de start werd voor de nat/droog behandeling een gietfrequentie van om de 3 en 7 dagen aangehouden. De behandeling onder plastic bleef ongewijzigd. Voor de kortedag teelt van deze planten zijn ze verplaatst naar de kas waarin teelt 1 al stond. Beide rassen werden ook in deze teelt 4 keer licht geremd in week 52 in 2004, 1, 3 en 5 in 2005. In beide teelten is niet belicht.

Tabel 1 - Samenstelling voedingsoplossing tijdens beide teelten

Element macro	mmol/l	Element micro	μmol/l
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	11.5	Fe	35
P	1.60	B	10
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.20	Mn	5
K <sup>+</sup>	6.00	Zn	3.5
Ca <sup>++</sup>	3.40	Cu	1.5
Mg <sup>++</sup>	0.80	Mo	1.0
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.10		
pH	5.5		
EC	1.7		

## 2.3 Klimaat

Gedurende de teelt werd een CO<sub>2</sub> concentratie van 800 ppm gegeven bij gesloten luchtramen gedurende dag en nacht. Wanneer er met een kier gelucht werd, is de doseerconcentratie verlaagd naar 500 ppm. De langedag werd gedurende 4 weken aangehouden van 7.00 uur tot 20.00 uur (13 uur) na het steken. Hierna werd de korte dag ingesteld van 8.00 uur tot 18.00 uur (10.00 uur). Tijdens de teelt werd de temperatuur op 20°C (dag/nacht) gehouden.

## 2.4 Waarnemingen

### 2.4.1 Malaat, bemonstering en bepaling.

Op vooraf vastgestelde, regelmatige data zijn vóór zonsopgang monsters genomen om de malaatconcentratie in het blad te meten. In het begin werd alleen het onderste 'oude' blad gemonsterd. Later, na 4 weken, werd zowel oud als jong blad bemonsterd en apart geanalyseerd. In de eindfase van de teelt is dit uitgebreid naar oud, middel en jong blad. De bladmonsters werden gewogen (versgewicht) en direct ingevroren bij - 20 °C. Met behulp van een blender (Waring) werden de monsters fijn gemalen in gekoeld water en vervolgens gecentrifugeerd en gefiltreerd. Het filtraat werd ingevroren bij - 20 °C. De malaatconcentratie werd bepaald met behulp van een enzymkit van Boehringer Mannheim op de spectrofotometer bij 340 nm. De malaatconcentratie werd berekend per gram versgewicht, maar ook per gram drooggewicht. Dit laatste werd gedaan omdat in het begin van de proef verschillen werden verwacht in watergehalte van de bladeren, veroorzaakt door de stekbehandelingen. Om deze omrekening te kunnen doen werd een apart monster gebruikt voor de versgewicht/drooggewicht bepaling.

### 2.4.2 Malaatgehaltes van moerplanten en verse stekken

Omdat de malaatgehaltes van de stekken bij de eerste meting al hoog waren, is nagegaan hoeveel malaat er in een stek zit op het moment dat hij geplukt wordt. Hiervoor zijn moerplanten van drie cultivars, 'Tenorio', 'Bromo' en 'Josephine' gehaald uit de praktijk. De planten zijn in de PPO-kassen in Aalsmeer bij een langedag gezet. Na drie dagen zijn stekken geplukt vóór zonsopgang en nogmaals 's middags. Vervolgens zijn de stekken bewaard als simulatie van het transport van stekbedrijf naar klant gedurende 4 dagen bij 17.5 °C. Na bewaring en 6 dagen na steken zijn de malaatgehaltes van de stekken weer bepaald.

### 2.4.3 Vers/drooggewichten hele planten

Metingen aan vers- en drooggewichten van de gehele plant werden gedaan bij binnenkomst, aan het einde van de bewortelingsperiode, bij de overgang van langedag naar kortedag en aan het einde van de teelt. Drooggewichten werden bepaald na minstens 3 dagen drogen bij 70 °C



#### 2.4.4 Klimaat

Met behulp van dataloggers die tussen het gewas geplaatst waren, zijn ook nog extra klimaatgegevens vast gelegd als CO<sub>2</sub>, PAR, Relatieve Luchtvochtigheid en temperatuur.

#### 2.4.5 Vochtigheid substraat

Met FD-sensoren werd in de stek- en teelfase het vochtgehalte van potgrond bepaald. Gelijktijdig is ook de EC van de grond bepaald. Ook is een aantal malen de grond 'nat' gewogen, en na het drogen (minstens 7 dagen bij 70 °C) om het watergehalte van de grond te bepalen.

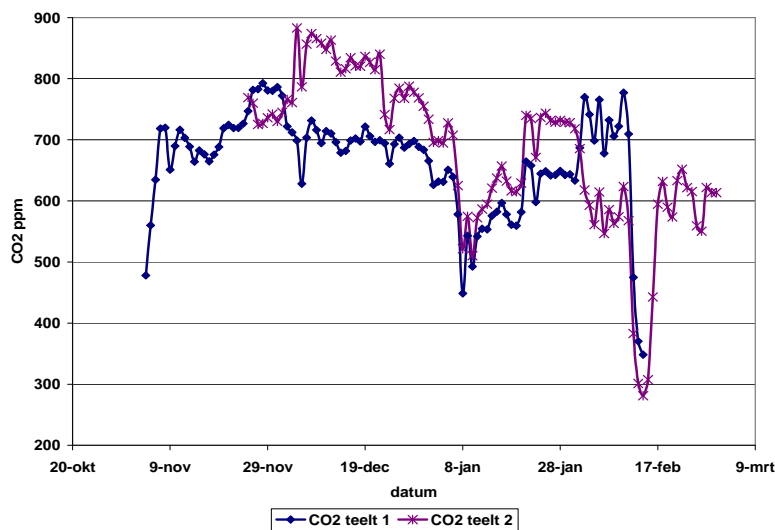


## 3 Resultaten

### 3.1 Gerealiseerd klimaat

#### 3.1.1 Relatieve luchtvochtigheid en CO<sub>2</sub>

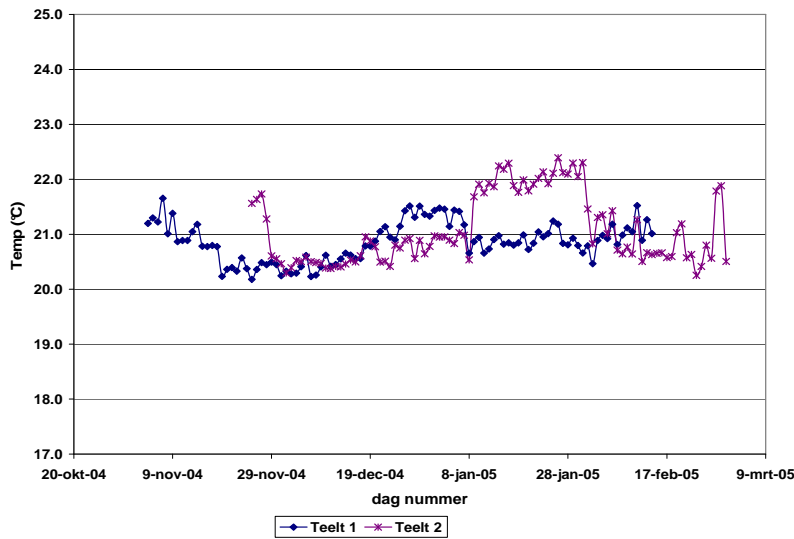
De relatieve luchtvochtigheid (RV) varieerde in beide teelten tussen de 55 en 75% met een gemiddelde van 65%. Figuur 1 laat het verloop van de CO<sub>2</sub>-concentratie tijdens de twee teelten zien. De lage CO<sub>2</sub>-concentratie gedurende 13, 14 en 15 februari werd veroorzaakt door een lege CO<sub>2</sub>-tank. Er zijn op deze dagen geen malaatmonsters genomen.



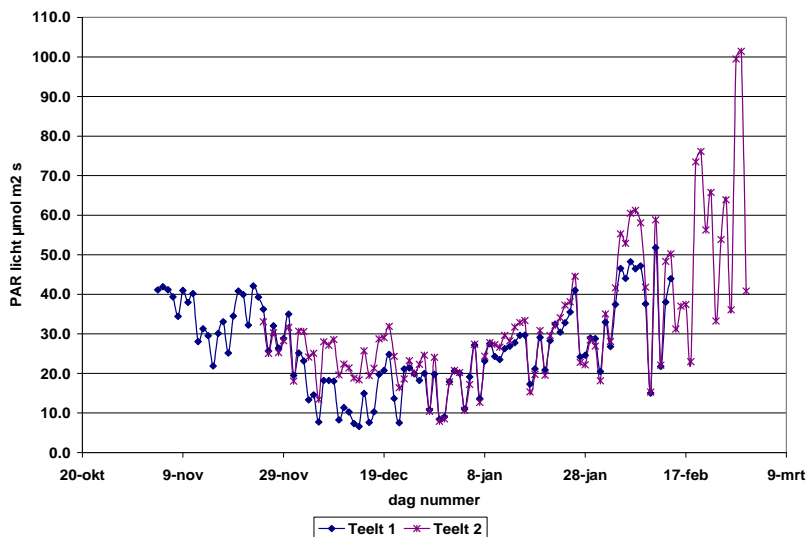
*Figuur 1 - CO<sub>2</sub>-concentraties in de kas tijdens de beide teelten (4 november is dag 1 in proef 1 en 25 november is dag 1 in proef 2)*

#### 3.1.2 Temperatuur en PAR licht in de kas

In figuur 2 wordt de temperatuur weergegeven op plantniveau tijdens de teelten. Door een programmafout is de temperatuur in de tweede teelt gedurende drie weken 1 °C hoger geweest. Ook het PAR-lichtniveau is op planthoogte tijdens de teelt gevolgd en weergegeven in figuur 3. De planten in teelt 2 hebben 16% meer PAR licht ontvangen dan teelt 1. Het gevolg van meer PAR-licht en de hogere temperatuur in januari was dat de teelt 2 één week eerder veilingrijp was dan teelt 1.



Figuur 2 - Temperatuur op plantniveau tijdens beide teelten



Figuur 3 - PAR licht op plantniveau tijdens de beide teelten

## 3.2 Vochtigheid en EC in het substraat

Metingen aan de potgrond met FD-sensoren laten geen verschil zien in vochtgehalte tussen rassen. Wel worden er significante verschillen gevonden tussen de vochtbehandelingen tijdens de stekfase en de teeltfase (tabel 2). In beide teelten is het goed gelukt om drie verschillende vochtgehalten te realiseren (zie ook tabel 3). Opvallend is dat de natte behandeling significant natter blijft gedurende de teelt, ook wanneer later in de teelt op dezelfde tijd water wordt gegeven. Duidelijk is ook dat er in de tweede teelt droger geteeld is dan in de eerste teelt. De EC van de potgrond (gemeten met FD-sensoren) worden weergegeven in tabel 4.

Tabel 2 - Vochtgehalte in % v/v in de pot in stek- en teeltfase in beide teelten.  
 Verschillende letters op dezelfde regel geven significante verschillen aan.

	<b>Droog</b>	<b>Nat</b>	<b>Plastic</b>
<b>Teelt 1</b>			
15 nov 2004 (dag 11)	29.8 a	48.7 c	36.9 b
25 nov 2004 (dag 21)	38.7 b	54.6 c	32.2 a
<b>Teelt 2</b>			
16 dec 2004 (dag 21)	24.3 b	41.0 c	19.3 a
22 dec 2004 (dag 27)	19.3 a	32.5 b	16.5 a

Tabel 3 - Percentage water in het substraat in de pot in beide teelten.

	<b>Droog</b>	<b>Nat</b>	<b>Plastic</b>
<b>Teelt 1</b>			
15 nov 2004 (dag 11)	81.4	87.2	84.1
25 nov 2004 (dag 21)	84.0	87.6	82.3
<b>Teelt 2</b>			
16 dec 2004 (dag 21)	78.2	84.4	76.0

Tabel 4 - EC in mS/cm bij 25 °C in de pot in stek- en teeltfase in beide teelten.  
 Verschillende letters op dezelfde regel geven significante verschillen aan.

	<b>Droog</b>	<b>Nat</b>	<b>Plastic</b>
<b>Teelt 1</b>			
15 nov 2004 (dag 11)	2.85 b	2.53 ab	2.25 a
25 nov 2004 (dag 21)	2.42 a	2.48 a	2.33 a
<b>Teelt 2</b>			
16 dec 2004 (dag 21)	3.16 a	2.80 a	3.68 b
22 dec 2004 (dag 27)		Geen gegevens	

### 3.3 Beworteling tijdens de stekfase

Tijdens de stekfase zijn regelmatig monsters genomen voor de malaatbepaling. Hierbij is aan het begin ook gekeken naar de ontwikkeling van de beworteling. In tabel 5 wordt de beworteling weergegeven 9 dagen na het stekken in teelt 1 en 2. In beide proeven zijn de stekken van Herkomst 1 steeds het snelst beworteld. In beide proeven bewortelde 'Tenorio' sneller dan 'Bromo'.

Tabel 5 - Mate van beworteling na 9 dagen.

Teelt 1	Herkomst 1		Herkomst 2	
	Tenorio	Bromo	Tenorio	Bromo
Droog	++	++	±	-
Nat	++	++	±	-
Plastic	+++	++	+	±
Teelt 2	Herkomst 1		Herkomst 2	
	Tenorio	Bromo	Tenorio	Bromo
Droog	+++	++	+	-
Nat	+++	+++	±	-
Plastic	+++	++	+	±

+++ = meer dan 2 cm lange wortels

++ = 1 tot 2 cm lange wortels

+ = tot 1 cm lange wortels

± = minder dan 1 cm lange wortels

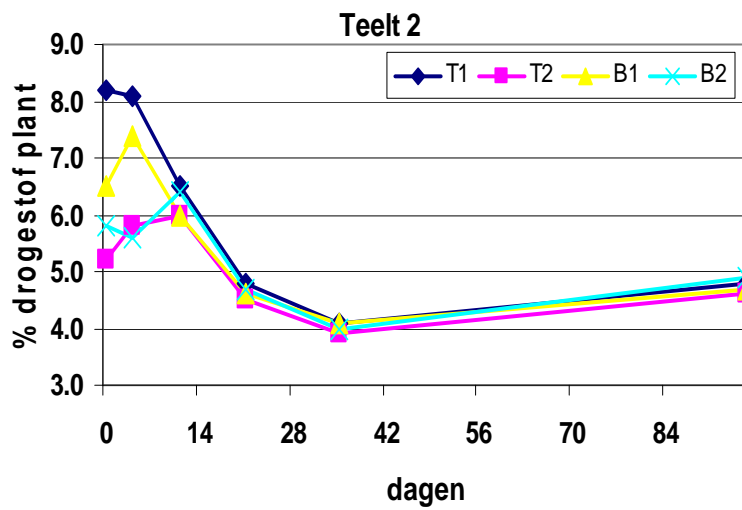
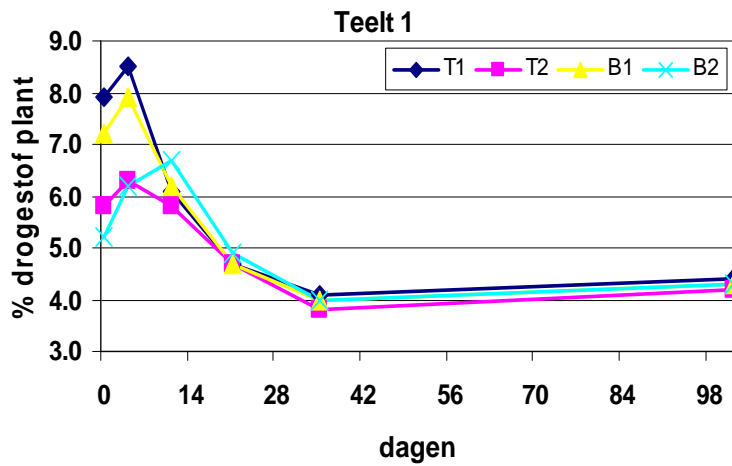
- = kleine stompjes of geen wortels

### 3.4 Versgewicht en % drogestof

In tabel 6 worden de versgewichten gegeven van teelt 1 en 2. De stekken van Herkomst 2 zijn in het begin zwaarder en ook steviger dan de stekken van Herkomst 1. Dit komt overeen met corresponderende drogestofpercentages (figuur 4). De drogestofpercentages van Herkomst 1 zijn in het begin hoger dan die van Herkomst 2. Na drie weken zitten er geen verschillen meer in het percentage drogestof tussen de Herkomsten. Het drogestofpercentage neemt snel af aan het begin van beide teelten om aan het einde van de teelt weer iets toe te nemen.

Tabel 6 - Versgewicht in g van teelt 1 en 2 van Tenorio (T) en Bromo (B) per herkomst (1 of 2)

Dag/herkomst	Teelt 1				Teelt 2			
	T1	T2	B1	B2	T1	T2	B1	B2
0	2.7	6.3	3.8	5.9	2.7	5.7	3.8	5.0
4	2.9	5.6	3.8	5.2	3.0	4.9	3.6	5.2
11	4.6	6.6	5.2	5.5	4.1	6.0	5.7	5.8
21	8.9	13.1	10.7	9.5	7.7	10.2	8.9	9.3
35	19.4	24.0	19.8	20.3	17.4	20.6	18.9	19.4
102/96	116.0	113.0	104.0	96.0	107.0	109.0	114.0	98.0



Figuur 4 - Drogestofpercentages in teelt 1 en 2.

### 3.5 Plantlengte

Aan het einde van elke teelt is van een tiental planten ook de lengte gemeten (tabel 7). Er zijn geen significante verschillen waargenomen.

Tabel 7 - Plantlengte aan het einde van de teelt

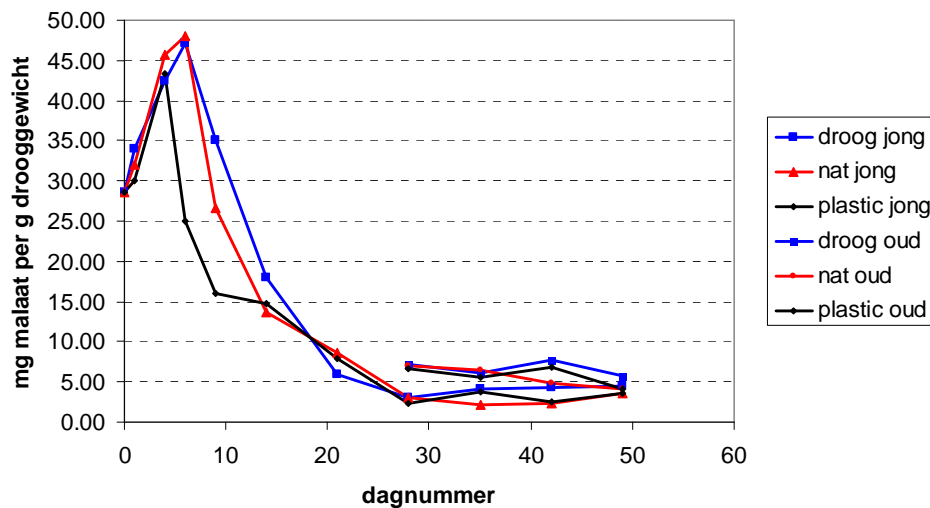
Teelt/herkomst	T1	T2	B1	B2
Teelt 1	16.5	17.4	16.7	17.5
Teelt 2	17.3	17.2	16.6	16.4

## 3.6 Malaat

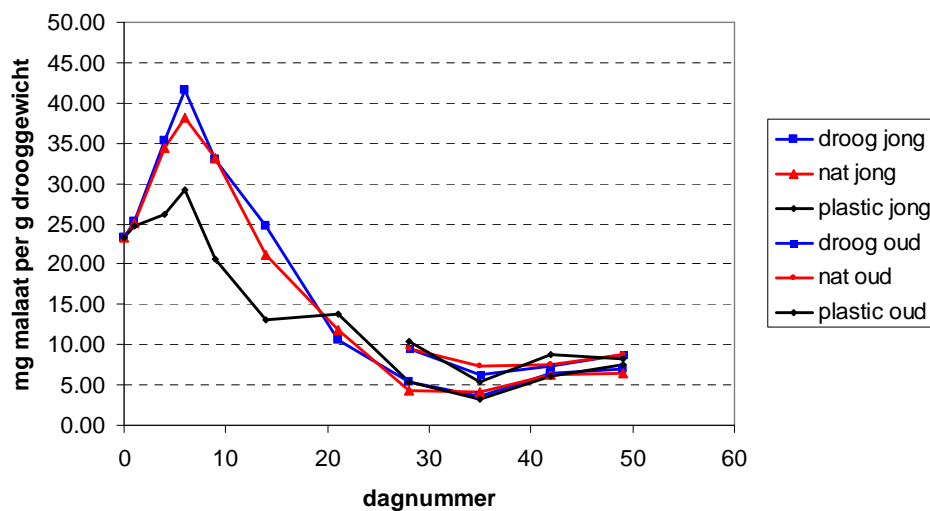
### 3.6.1 Malaatgehalte naar behandeling stekfase

De effecten van de verschillende vochtregiems worden weergegeven in figuur 5. Bij beide teelten wordt hetzelfde verloop gezien. Onder plastic loopt de malaatconcentratie minder hoog op (vooral bij teelt 2) en neemt daarna ook sneller af. De oorzaak hiervoor is niet duidelijk. Uitputting van de CO<sub>2</sub>-concentratie onder het plastic lijkt niet waarschijnlijk, omdat het substraat ook CO<sub>2</sub>-productie produceert. De CO<sub>2</sub>-concentratie is echter niet gemeten onder het plastic. Na 14 of 21 dagen is er niet veel malaatproductie meer in de nacht. Later in de teelt is de malaatconcentratie in het oude blad iets hoger dan in het jonge blad.

**malaatgehaltenes teelt 1**



**malaatgehaltenes teelt 2**



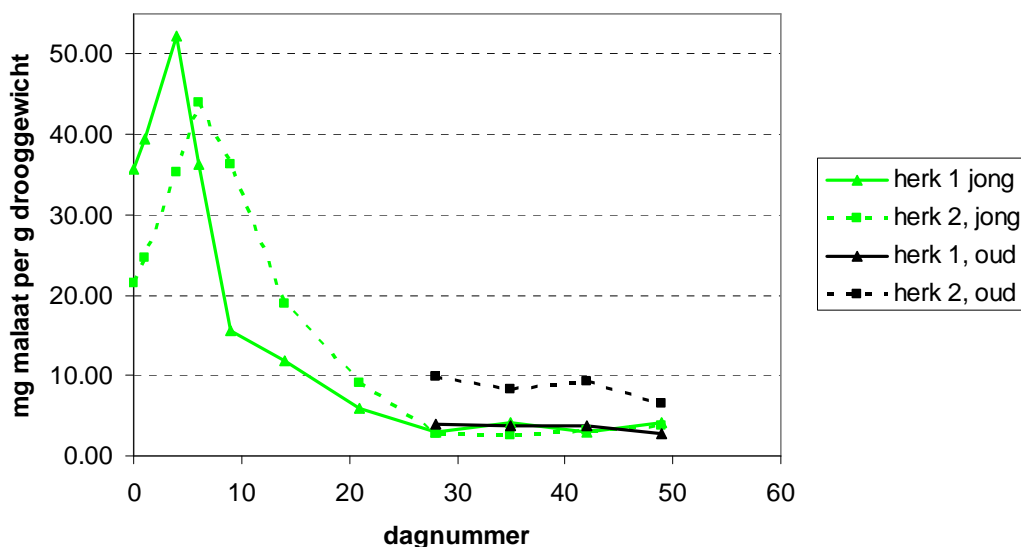
*Figuur 5 - Malaat (mg/g drooggewicht) tijdens vochtregiem in de stekfase. Gemiddelden over de herkomst en cultivar heen.*



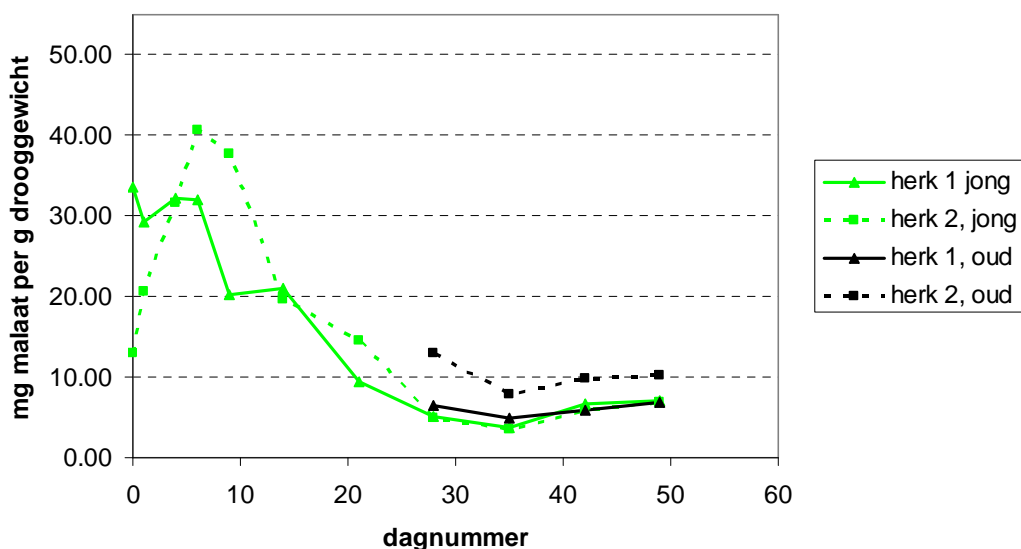
### 3.6.2 Herkomst

De herkomst van het stek heeft invloed op de malaatconcentratie van het gewas. Vanaf één week na het steken is gedurende een periode van 3 weken de malaatconcentratie in het jonge blad van herkomst 2 hoger dan die van herkomst 1. Het malaatgehalte in het oude blad van herkomst 2 blijft ook steeds hoger dan de andere gehaltenes.

#### malaatgehaltenes per herkomst teelt 1



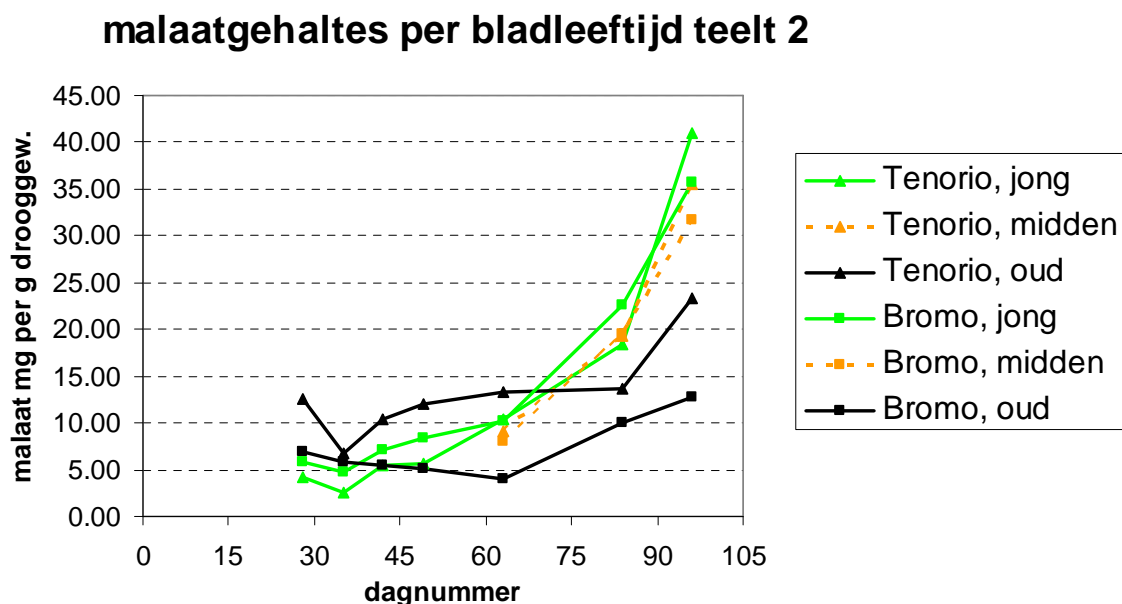
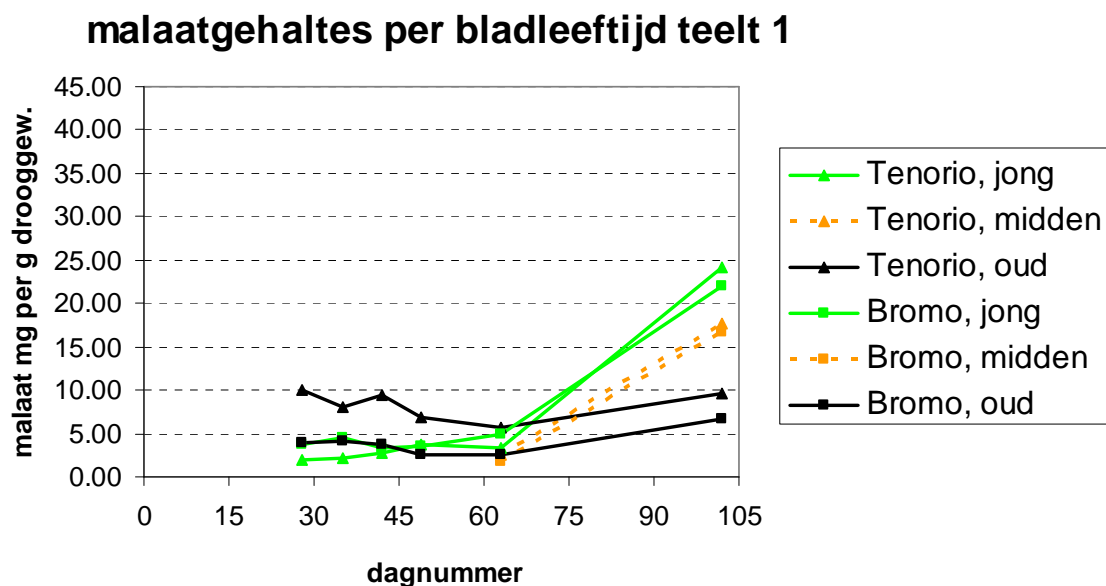
#### malaatgehaltenes per herkomst teelt 2



Figuur 6 - Malaat (mg/g drooggewicht) naar herkomst. Gemiddelden over de stekbehandelingen en cultivars heen.

### 3.6.3 Bladleeftijd

Met uitzondering van de malaatconcentratie in het oude blad zijn er geen verschillen tot dag 60 in teelt 1 en tot dag 49 in teelt 2. Hierna stijgen met name de malaatconcentraties in het jonge en midden oude blad. In teelt 2 loopt het gehalte hoger op. De verschillen in malaatconcentratie zijn in teelt 2 tussen Tenorio en Bromo groter, vooral voor oud blad. De verdeling in jong, midden en oud blad is begonnen in de korte dag, dat wil zeggen dat er vanaf dag 28 resultaten zijn.



Figuur 7 - Malaat (mg/g drooggewicht) naar bladleeftijd

### 3.6.4 Malaatgehaltenes van moerplanten en verse stekken.

Omdat de malaatgehaltenes van de stekken bij de eerste meting al hoog waren, is nagegaan hoeveel malaat er in een stek zit op het moment dat hij geplukt wordt. Hiervoor zijn moerplanten van drie cultivars, 'Tenorio', 'Bromo' en 'Josephine' gehaald uit de praktijk. De planten zijn in de PPO-kassen in Aalsmeer bij een langedag gezet. Na drie dagen zijn stekken geplukt vóór zonsopgang en 's middags. Hieruit bleek dat er duidelijk aantoonbaar malaat in de stekken zit op het moment van plukken (Tabel 8). Maar het gehalte neemt niet sterk af gedurende de daglichturen erna, zoals wel te verwachten is bij CAM-planten. Alleen bij 'Bromo' halveert het malaatgehalte. Na de bewaring, gedurende 4 dagen bij 17.5 °C, als simulatie van het transport van stekbedrijf naar klant, blijkt het malaatgehalte bij 'Tenorio' gedaald, bij 'Josephine' gelijk, en bij 'Bromo' gestegen. Zes dagen na het stekken van de stekken zijn de malaatgehaltenes van alle cultivars gestegen. De gehaltenes liggen in dezelfde orde van grootte als van de stekken in de voorgaande proeven.

*Tabel 8 - Malaatgehaltenes van stekproefje in mg /g drooggewicht*

	<b>Tenorio</b>	<b>Bromo</b>	<b>Josephine</b>
04-feb*	25.20	19.39	14.69
04-feb**	23.20	10.47	12.88
08-feb*	12.93	16.37	10.00
14-feb*	38.39	17.36	41.53

\* Monster genomen voor zonsopgang

\*\* Monster genomen om 13.00 uur



## 4 Discussie

### 4.1 Vergelijking malaatgehaltenes met de literatuur

In het literatuuronderzoek over CAM-fotosynthese in *Kalanchoë* (Warmenhoven et al, 2003) staat in Fig 2 het verloop van de malaatconcentratie gedurende dag en nacht weergegeven van een 'representatieve' CAM-plant. Het maximumgehalte is daar ca 13.4 mg per gram versgewicht. In Winter & Smith, 1996 worden gehalten tot 8 mg/g versgewicht genoemd voor *Sedum telephium*. De in dit project gevonden maximum waarden van 40 mg per gram drooggewicht (jong blad, eind van teelt 2) zijn bij een drogestofpercentage van 4% omgerekend 4 mg per gram versgewicht. De malaatgehaltenes liggen dus in dezelfde orde van grootte als die van in de literatuur beschreven CAM-planten. Dit wijst erop dat CAM-fotosynthese wel een rol speelt bij *Kalanchoë*

### 4.2 Effecten waterstress op CAM-fotosynthese

In het literatuuronderzoek over CAM-fotosynthese in *Kalanchoë* (Warmenhoven et al, 2003) word *Kalanchoë-blossfeldiana*, de voorouder van de in deze proef gebruikte cultivars, beschreven als 'facultatieve CAM plant', d.w.z. de plant kan wisselen tussen CAM of C3 fotosynthese. Maar hij wordt ook wel beschreven als 'obligaat CAM-plant', d.w.z. de plant is volledig aangewezen op CAM-fotosynthese. Eén van de aanleidingen om te wisselen van CAM naar C3 of omgekeerd, is de watervoorziening voor de plant. Het is gunstig onder waterstress, omdat overdag de huidmondjes gesloten kunnen blijven, zodat het waterverlies beperkt blijft. De fase waarin een stek net gestoken is, gaat zeker gepaard met waterstress. In deze proef was duidelijk te zien dat de stekken van één herkomst bij stekken al niet meer volledig turgescient (waterverzadigd) waren en dat tijdens de eerste dagen de bladeren zich over de groeipunt heen krulden om verder waterverlies tegen te gaan. Ook bij de andere herkomst waren deze waterstress-verschijnselen te zien. In figuur 4 wordt getoond dat het percentage drogestof van de stekken hoog is (dus het watergehalte laag) gedurende de eerste 2 à 3 weken van de teelt. De verwachting is, dat dit het CAM-fotosynthese zal bevorderen. Dat is ook te zien, want in de periode dat de meeste stekken nog geen wortels hadden (dag 0 tot 7) loopt het malaatgehalte nog op. Het verschil tussen droog of nat substraat is niet groot; er is een tendens dat de droog-geteelde stekken een iets hoger malaatgehalte hebben. De met plastic afgedekte stekken, die het minste waterstress hadden, hebben de laagste malaatgehaltenes. Na de eerste week nemen de malaatgehaltenes af. Waarschijnlijk komt dit doordat de wortels goed water op gaan nemen en de waterstress afneemt, dus de plant gedeeltelijk over gaat schakelen op C3-fotosynthese. In de volgende fase van de teelt (van week 3 tot week 9) wordt het malaatgehalte erg laag en gebruiken de planten dus C3-fotosynthese. Verschillen die in de stekfase te zien waren zijn nu verdwenen. In de fase daarna blijkt het malaatgehalte weer toe te nemen, vooral in het jonge blad. Dit is waarschijnlijk niet het gevolg van waterstress, omdat de jonge bladeren van deze planten normaal turgescient (op spanning) waren.

### 4.3 Bladleeftijd

Het malaatgehalte van de stekken zoals die afgeleverd werden was al hoog. Dit was niet wat verwacht werd op basis van de literatuur; daar wordt beschreven dat jong blad meestal C3-fotosynthese bedrijft en ouder blad CAM-fotosynthese. Daarom is het verbazend dat de stekken al een hoog begingehalte aan malaat hadden. In een klein extra experiment zijn van een aantal moerplanten verse stekken geplukt en malaatgehaltenes gemeten. Daaruit bleek dat de stekken op het moment van plukken al een tamelijk hoog malaatgehalte hebben en dat dat nog toeneemt tijdens het transport. De door de stekken zelf geproduceerde CO<sub>2</sub> uit de ademhaling werd mogelijk in het donker vastgelegd als malaat.

Na 28 dagen teelt is besloten onderscheid te maken tussen het 'oude' blad en het jonge blad. Tot dan toe was alleen het onderste 'oude' blad geoogst. Het oude blad heeft inderdaad iets hogere waarden voor malaat, maar dit wijst niet op uitgebreid gebruik van het CAM-fotosynthese. Tot dag 60 blijven de gehalten ongeveer hetzelfde en dan begint voor het jonge blad het malaatgehalte te stijgen. Dit is in tegenspraak met de literatuur en niet te verklaren. Van belang is, dat het middenblad het grootste deel van de plant uitmaakt, zowel wat betreft biomassa, als wat betreft bladoppervlakte. Dat wil zeggen dat het grootste deel van de groeikracht wordt bepaald door dit middendeel van de plant. Kennis over de timing van CO<sub>2</sub>-opname is daarom belangrijk.

## 4.4 Daglengteverschillen

Uit literatuur blijkt dat korte-dag omstandigheden de CAM-fotosynthese meestal stimuleren en dat lange-dag omstandigheden de planten naar C3-fotosynthese sturen. Uit onze resultaten bleek eerder het omgekeerde: de stekken, die geplukt zijn van moederplanten die bij lange-dag stonden, gebruiken al een (gedeeltelijk?) CAM-fotosynthese. Gedurende de stekfase (lange-dag tot dag 28) neemt de CAM-fotosynthese eerst toe en daarna af. Gedurende de daaropvolgende korte-dag fase blijft de CAM-fotosynthese laag tot ca dag 60, daarna neemt het weer toe, hoewel de dagen even kort blijven.

## 4.5 Herkomstverschillen

De malaatgehaltenes van herkomst 2 zijn meestal wat hoger dan van herkomst 1 (Figuur 6). Dat is niet te verklaren vanuit de waterstress voor de stekken, omdat de stekken die de meeste waterstress toonden de laagste malaatgehaltenes hadden. Ook later in de teelt zijn de gehalten van herkomst 2 wat hoger, terwijl dan geen waterstress meer voorkomt.

## 4.6 Cultivarverschillen

In Figuur 7 is te zien dat Tenorio meestal wat hogere malaatgehaltenes heeft dan Bromo. Ook in het kleine experiment met verse stekken blijkt Tenorio hogere malaatgehaltenes te hebben. Genetische verschillen in de mate waarin planten CAM-fotosynthese bedrijven zijn bekend op soortsniveau, maar zijn niet verwonderlijk op cultivarniveau. Toch liggen de waarden voor beide cultivars in dezelfde orde van grootte.

## 4.7 Hoe CO<sub>2</sub> te doseren op basis van deze kennis

### 4.7.1 Gedurende de teelt

In het begin van de stekfase nemen de planten duidelijk 's nachts CO<sub>2</sub> op. 's Nachts CO<sub>2</sub> doseren is dan logisch. Echter of CO<sub>2</sub> doseren in de stekfase echt nodig is en een groeiverbetering (van groene delen of van wortels) kan brengen is ons niet bekend. Een kleine groeiversnelling in de stekfase kan echter een groot verschil maken aan het eind van de teelt. In de tweede fase van de teelt (week 3 tot week 9) is het duidelijk dat de planten 's nachts niet veel CO<sub>2</sub> opnemen, dus waarschijnlijk overdag gewoon C3-fotosynthese bedrijven. Dus dan is overdag doseren geboden. In de laatste fase van de teelt blijken de jonge bladeren wel weer 's nachts CO<sub>2</sub> op te nemen. Dit betekent dat zowel overdag als 's nachts CO<sub>2</sub> doseren een mogelijkheid is. Wat wel in ogenschouw moet worden genomen is, dat het grootste gedeelte van de plant C3-fotosynthese bedrijft, omdat de jonge bladeren slechts een klein deel van de totale massa van de plant uitmaken. Dit is echter wel het groeiende deel van de plant. Op basis daarvan zou het inschakelen van de CO<sub>2</sub>-dosering in de nacht aan het eind van de teelt betere groei kunnen geven.

### 4.7.2 Bij verschillende cultivars

Er is op basis van dit onderzoek geen reden tot verschillende CO<sub>2</sub>-doseringen voor de twee onderzochte

cultivars.

#### 4.7.3 Bij moerplanten

Blijkbaar is de in de literatuur genoemde trend, dat jong blad C3-fotosynthese heeft en oud blad CAM-fotosynthese, niet zomaar van toepassing op Kalanchoë. Er bevindt zich namelijk een fysiologisch significante hoeveelheid malaat in de stekken wanneer ze nog aan de moerplant zitten. Het feit dat de malaatgehaltes gedurende de dag niet veel lager worden (tweede meting van 4 februari) is niet te verklaren. Moerplanten worden tamelijk droog geteeld, hetgeen de CAM-fotosynthese zal stimuleren.





## 5 Conclusies en aanbevelingen

### Conclusies

- Kalanchoe blijkt gedurende de teeltcyclus te switchen van CAM- (3 weken) naar C3 (6 weken) en dan weer naar CAM (3 weken).
- De stekken die gebruikt zijn voor dit onderzoek hebben, onafhankelijk van droog of nat bewortelen, CAM-activiteit.
- Er zijn malaatverschillen gevonden in manier van bewortelen, in herkomst en in cultivar
- De moederplanten die gebruikt zijn in een extra onderzoekje hadden CAM-activiteit. Het langste deel van de teelt gebruikt het belangrijkste deel van de plant C3-fotosynthese

### Advies

Omdat CAM-planten 's nachts CO<sub>2</sub> op kunnen nemen is het gunstig om tijdens de stekfase en aan het eind van de teelt 's nachts CO<sub>2</sub> te doseren. Omdat de planten in de loop van de dag ook C3-fotosynthese kunnen bedrijven is het nog steeds nodig om ook overdag CO<sub>2</sub> te geven.

### Aanbevelingen

- In dit onderzoek is overwegend gekeken naar de fotosynthesegeesteldheid van de plant. Het zou interessant zijn na te gaan welke invloed verschillende CO<sub>2</sub>-strategieën hebben op verschillende cultivars en herkomsten, vooral in het beginstadium en eindstadium van de teelt, wellicht is veel groei te winnen bij de start en vlak voor aflevering.
- Uit de conclusies blijkt dat stekken op de moederplanten al CAM activiteit hebben, hoewel de planten onder langedag omstandigheden geteeld worden. Het is verstandig om de invloed van de moederplantteelt en de moederplantleeftijd op de CAM-activiteit in beeld te hebben, helemaal wanneer zou blijken dat dit van invloed zou zijn op de teeltstrategie in het begin van de teelt.



## 6 Literatuur

- Warmenhoven, M., N. Marissen en F. van Noort, 2003. CO<sub>2</sub> opname bij Kalanchoë. PPO-Glastuinbouw rapport GT33092
- Winter & Smith (Eds), 1996. Crassulacean Acid Metabolism. Springer Verlag, ISBN 3-540-58104-9