

Proefstation voor de Bloemisterij  
Linnaeuslaan 2a  
1431 JV Aalsmeer  
tel. 02977-52525

ISSN 0921-710X

Effecten van Zuurstofgebrek  
en NaCl overmaat in  
substraatloze teeltsystemen  
bij chrysant.

Proefverslag 4402-1 en 1509-1

Rapport nr. 123          Prijs f 7,50



R. Baas (proefhouder)  
P. van Weel (techniek)  
D. v.d. Berg (assistentie)  
K. Boer (teelttechniek)  
augustus 1991

Rapport nr. 123 is te verkrijgen door het storten van f 7,50 op  
girorekening 174855 ten name van Proefstation Aalsmeer onder vermelding van

1

532 245



# 'Rapport 123 Zuurstof en NaCl chrysant'

## INHOUD

### Samenvatting

#### I. Ontwikkeling van een substraatloos eb/vloed recirculatiesysteem voor chrysant: effecten van zuurstofgebrek bij chrysant (4402-1)

##### I.1 Inleiding

##### I.2 Materiaal en methode

###### I.2.1 Proefopzet

###### I.2.2 Waarnemingen

##### I.3 Resultaten

###### I.3.1 Wortelmilieu

###### I.3.2 Plantwaarnemingen

##### I.4 Discussie

##### Literatuur

#### II. Effecten van NaCl en zuurstofgebrek bij chrysant (1509-1)

##### II.1 Inleiding

##### II.2 Materiaal en methode

##### II.3 Resultaten en Discussie

##### Literatuur

#### III. Accumulatiesnelheid van NaCl in een gesloten teeltsysteem

##### Literatuur

## SAMENVATTING

De teelt van chrysaant vindt tot op heden bijna uitsluitend in de grond plaats. Om te komen tot gesloten teeltsystemen werden in een proef (4402-1) verschillende recirculatiesystemen met een minimale hoeveelheid substraat (plug) met elkaar vergeleken: eb/vloed, continu vloed zonder beluchting, en continu vloed met beluchting. Bij de behandelingen continu vloed werd 1 maal of 21 maal per etmaal de voedingsoplossing verversd.

Het beluchten van de behandeling continu vloed bleek een duidelijk positief effect te hebben op de zuurstofconcentratie. Het vaker opbrengen van de voedingsoplossing gaf een hogere zuurstofconcentratie, wat zich echter niet uitte in een verbeterde groei. Waarschijnlijk trad direct rond de wortels toch zuurstofgebrek op. De behandelingen continu vloed zonder beluchting vertoonden lagere blad-, tak- en wortelgewichten, terwijl het percentage droge stof van het blad hoger was. De eb/vloed-behandelingen vertoonden een produktie die vergelijkbaar was met die van de beluchte continu vloed-behandelingen.

Uit gewasanalyse kwam naar voren dat van de bepaalde elementen alleen de fosfaat- en nitraatgehalten in het blad zowel op drogestofbasis als op versgewichtbasis in de onbeluchte behandelingen lager waren.

In verband met accumulatie van niet-voedingsionen in gesloten teeltsystemen is het effect van toedienen van verschillende NaCl-concentraties (0, 8, 16, 24 mM) onderzocht bij chrysaant (1509-1). Het bleek dat al bij 8 mM een produktieafname optrad. Na-gehalten in het blad liepen op van 30-450 mmol/kg droge stof. In steel en wortel waren deze waarden respectievelijk 33-220 en 40-500 mmol/kg droge stof. Met name het Ca-gehalte en het NO<sub>3</sub>-gehalte werden onderdrukt bij verhoging van de NaCl-concentratie in de voedingsoplossing, terwijl het fosfaatgehalte steeg. K-, Mg-, en N-totaalgehalten werden weinig beïnvloed.

Gegevens uit beide proeven werden gebruikt voor berekening van ionenopnameconcentraties. Voor de Na opnameconcentratie werd een lineaire relatie met de Na-concentratie in de voedingsoplossing gevonden. Met behulp van deze relatie kon onder gegeven randvoorwaarden de accumulatiesnelheid van Na in een gesloten teeltsysteem berekend worden.

## I. EFFECTEN VAN ZUURSTOFGEBREK BIJ CHRYSANT (4402-1)

### I.1. INLEIDING

De chrysantenteelt in Nederland vindt momenteel bijna uitsluitend in de grond plaats. Gezien de noodzaak om binnen afzienbare tijd te komen tot zogenaamde 'gesloten teeltsystemen' wordt in binnen- en buitenland onderzoek verricht naar de mogelijkheid om chrysanten in alternatieve systemen te telen. De werkgroep 'simulatie van milieuvriendelijkere teeltsystemen in de glastuinbouw' (Ruijs 1990) heeft voor chrysant een aantal mogelijke alternatieve teeltsystemen bedrijfseconomisch vergeleken met een referentiebedrijf in de vollegrond. Deze teeltsystemen bestonden uit teelt op een ondoorlatende folie (zandbeddensysteem), wortelbevochtiging door middel van wortelbespoeiing dan wel door middel van eb/vloed, teelt met eb/vloed op betonvloer, en teelt met transporttabletten. Een van deze teeltsystemen, namelijk wortelbevochtiging door middel van eb/vloed kwam onder de gegeven uitgangspunten als meest perspectiefvol naar voren. Dit rapport beschrijft de eerste resultaten die bereikt werden met een dergelijk teeltsysteem. Als proeffactor werd de zuurstofbeschikbaarheid in het wortelmilieu gekozen.

### I.2. MATERIAAL EN METHODE

#### I.2.1. Proefopzet

De proef werd uitgevoerd van week 27 (t=0) tot week 38 (t=74-77) 1990. De gebruikte afdeling heeft een oppervlakte van ca. 240 m<sup>2</sup>. Hierin lagen 4\*8=32 teeltbedden van 1,15 meter breedte en 4,5 meter lengte met eb/vloedbodem (zie figuur 1). Binnen de proef lagen vier blokken (rijen) van zes bedden = 24 bedden. Per strekkende meter cultuurbed werden stekken 'Reagan' in 9+9+6-regels geplant op 5/7/90 (t=0) in een dichtheid van 64 planten per m bed.

Per strekkende meter bed werd bij de vloedperiode 30-40 liter voedingsoplossing opgevoerd. De opvoer- en leeglooptijd waren beide ca. 3 minuten. De samenstelling van de voedingsoplossing bij de uitgangs-EC van 1,4 was als volgt (mmol/l):

NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
1,0	5,0	2,75	1,0	10,5	1,0	1,0

en spoorelementen (μmol/l):

Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
60	20	3,0	20	0,5	0,5

De volgende behandelingen werden bij de start van de teelt toegepast:

- continu vloed; verversing van de voedingsoplossing 1x/etmaal (cv-)
- continu vloed met beluchting in de randen van de bedden; verversing 1x/etmaal (cv+)
- eb/vloed: 5 min. vloed en 12-25 minuten eb. (ev)

Na 29 dagen werden de behandelingen verder opgesplitst tot zes behandelingen

- continu vloed; verversing van de voedingsoplossing 1x/etmaal (cv-1x)
- continu vloed; verversing van de voedingsoplossing 21x/etmaal (cv-21x)
- continu vloed met beluchting in de randen van de bedden; verversing 1x/etmaal (cv+1x)
- continu vloed met beluchting in de randen van de bedden; verversing

2lx/etmaal (cv+2lx)

- eb/vloed: 6 min. vloed en 12-25 minuten eb. (ev-)
- eb/vloed met beluchting in de voorraadtank: 6 min. vloed en 12-25 minuten eb. (ev+)

### I.2.2 Waarnemingen

Tussentijdse oogsten werden uitgevoerd na 21, 55 en 70 dagen met drie planten/herhaling. Bij de eind oogst na 74-77 dagen werden achttien planten per herhaling geoogst, waarbij onderscheid gemaakt werd in zijkant, midden en rest van het bed volgens onderstaand schema:

z r r m m m r r z z = zijkant  
z r m m r z m = midden  
z x x x m x x x z r = rest

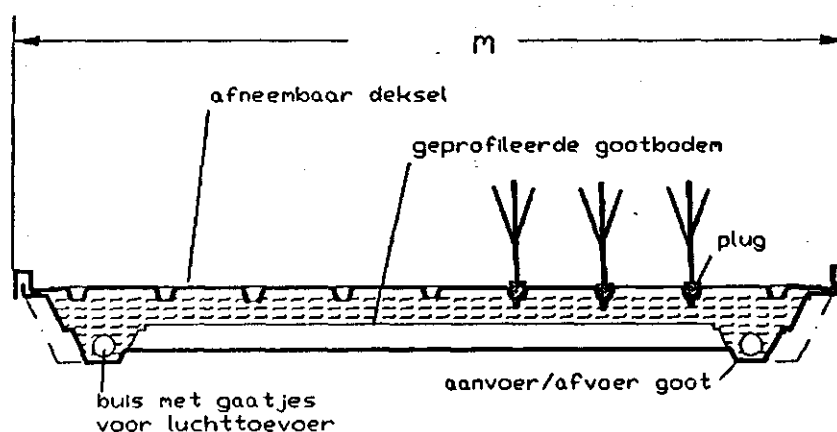
De kortedagbehandeling werd na 25 dagen begonnen.

Zuurstofmetingen (Check Mate) werden verricht na 54 en na 56 dagen.

Wortelporositeit met de pycnometermethode werd bepaald na 50 dagen (n=3).

Bij de oogsten werd van bladeren, stengel en wortels vers- en drooggewicht bepaald (n=4). Bij de laatste oogst werden in blad, stengel en wortel nutriëntengehalten bepaald van planten uit de behandelingen cv+ en cv- (n=4).

Fig.1 Doorsnede van het gebruikte teeltbed in het eb/vloed-systeem.



### I.3. RESULTATEN

#### I.3.1 Wortelmilieu en klimaat

In tabel 1 staan de gemiddelde gerealiseerde waarden van de verschillende behandelingen vermeld. Het bleek dat met name de K-concentratie gedurende de teelt in de eb/vloed-behandelingen en de behandelingen cv+ uitgeput raakte.  $\text{NH}_4$  werd tot 0,1 mmol/l uitgeput in de voedingsoplossing. Zn- en B-concentraties waren ten opzichte van de streefwaarden relatief hoog. Dit heeft echter niet tot waarneembare gebreks- of overmaatverschijnselen geleid. Fe-gebrek trad wel op in de beginfase; na verhoging van de Fe-concentratie van 60 naar 100  $\mu\text{mol/l}$  verdwenen deze symptomen snel. Hierna accumuleerde het Fe-gehalte wel in de voedingsoplossing.

Op twee data gedurende de teelt zijn zuurstofconcentraties bepaald (tabel 2). Het bleek dat de gemiddelde concentraties in de behandelingen cv- lager waren, met name in de behandeling cv-lx. Bij een gemiddeld lagere temperatuur (tweede meting) was de zuurstofconcentratie in deze behandeling hoger.

De verdamping (tabel 3) was lager in de behandelingen cv-. De maximale verdamping was tussen 26 en 29 dagen 4-5 liter per strekkende meter bed per etmaal. Gedurende deze tijd was de temperatuur in de kas rond de 25 °C en de r.v. rond de 60% (figuur 2).

#### I.3.2 Plantwaarnemingen

##### *Productie*

Direct na planting konden reeds verschillen in weggroei gezien worden. Na drie weken waren de groeiverschillen tussen de behandeling cv- enerzijds en de behandelingen cv+ en ev zo groot (tabel 4), dat besloten werd de behandelingen verder op te splitsen. Geelverkleuring in de cv-behandelingen trad op, terwijl dit in de andere behandelingen minder het geval was.

In tabel 5 staan produktiegegevens van de eind oogst vermeld. Alleen de gemiddelde waarden van een teeltbed worden gegeven, en niet de variatie binnen de teeltbedden.

Het blijkt dat de behandelingen cv- lagere knopaantallen per plant, en lagere vers- en drooggewichten leverden dan de andere behandelingen. Tussen de behandelingen cv-lx en cv-2lx werden geen significante verschillen gevonden in produktiekenmerken. Dit is opvallend, aangezien wel verschillen in zuurstofconcentratie in de voedingsoplossing gevonden werden (tabel 2).

Blijkbaar heeft een gemiddeld wat hogere zuurstofconcentratie geen effect. Reden hiervoor is mogelijk een snelle uitputting van zuurstof direct rond de wortel; hierdoor moet diffusie het transport van zuurstof naar de wortel overnemen.

Tussen de andere behandelingen waren minder grote verschillen waarneembaar, hoewel de behandeling cv+lx wel gemiddeld de hoogste produktie gaf.

Het drogestofpercentage in het blad was hoger in de behandelingen cv-.

##### *Nutriëntengehalten*

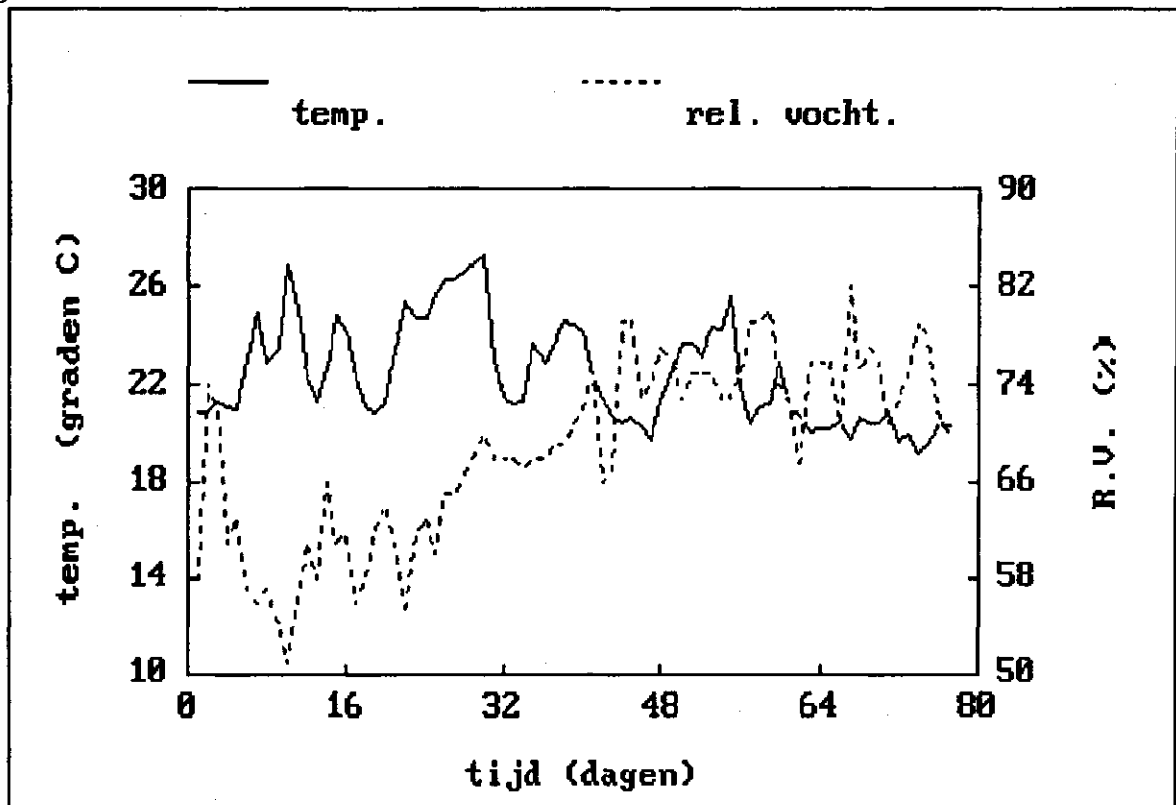
Alleen de behandelingen cv+ en cv-, die een verschil in produktie te zien gaven (tabel 5, en zie boven) zijn met elkaar vergeleken. Wat betreft de bladanalyses geldt dat deze zowel op drogestofbasis als op versgewichtbasis

berekend zijn (tabel 6).

Het bleek dat op drogestofbasis de bladgehalten totaal-N, P, Mg, Ca, Mn, Cl, NO<sub>3</sub> en NH<sub>4</sub> hoger waren in de behandelingen cv+ dan in de behandelingen cv-. Fe en B waren lager in de behandeling cv+. De gehalten zijn ook op versgewichtbasis uitgerekend, aangezien dit wellicht een betere weerspiegeling van de concentratie in het levende weefsel weergeeft. Het blijkt dan dat alleen de verschillen in P-, Mn- en NO<sub>3</sub>- gehalten significant hoger waren in de behandelingen cv+.

In de stengel en de wortel werden -afgezien van een hoger Mn-gehalte in de behandeling cv+ -in de stengel geen significante verschillen gevonden. In de wortel werden helemaal geen verschillen in nutriëntengehalten geconstateerd.

Figuur 2. Gemiddelde etmaaltemperatuur en relatieve vochtigheid in de kas gedurende de teelt.



Tabel 1. Gemiddelde nutriëntconcentraties in de voedingsoplossing gedurende de proef (n=2-5). Streefwaarde volgens Brochure 'Voedingsoplossingen voor groenten en bloemen, geteeld in water of substraten' serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw No. 8.

	Behandelingen						streefwaarde
	cv-1x	cv-21x	cv+1x	cv+21x	ev+	ev-	
EC	1,79	1,52	1,95	1,85	2,03	1,94	1,7
pH	5,81	5,81	5,87	5,89	5,91	5,90	
mmol/l							
NO <sub>3</sub>	10,0	9,9	10,8	10,5	10,5	10,3	10
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1,2	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3	0,75
SO <sub>4</sub>	1,6	1,4	2,2	2,1	2,0	1,9	2,0
Cl	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
K	4,7	4,6	2,4	2,6	2,4	2,3	5,0
Ca	3,2	3,2	4,6	4,3	4,3	4,4	3,5
Mg	0,9	0,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,5
Na	1,4	1,3	1,9	1,8	1,8	1,8	
NH <sub>4</sub>	0,12	0,08	0,13	0,09	0,10	0,10	<0,5
µmol/l							
Zn	15	13	19	16	19	18	5
Cu	2,3	1,9	1,7	2,1	2,3	2,0	1,0
Mn	18	17	13	18	12	8	10
Fe	110	106	144	137	138	141	80
B	38	38	53	50	51	51	20

Tabel 2. Gemiddelde zuurstofconcentratie (% van maximale verzadiging) en temperatuur (graden Celsius) van de voedingsoplossing 54 en 56 dagen na planten.

	Behandelingen					
	cv-1x	cv-21x	cv+1x	cv+21x	ev+	ev-
28/8						
zuurstofconc.	25	63	83	91	84	86
temperatuur	26,2	26,2	25,4	25,5	26,5	27,2
30/8						
zuurstofconc.	48	62	89	91	-	-
temperatuur	21,9	22,7	21,6	22,4	-	-

Tabel 3. Verdampingsgegevens van de verschillende behandelingen gedurende de proef. Maximale verdamping gemeten tussen 26 en 29 dagen na planten (gemiddelde van 3 etmalen).

	Behandelingen					
	cv-1x	cv-21x	cv+1x	cv+21x	ev+	ev-
gemiddeld dagelijks meterverbruik (liter/m*etmaal)	2,3	3,0	3,5	4,2	3,1	3,4
maximaal dagelijks meterverbruik (liter/m*etmaal)	4,5	3,6	4,9	5,0	4,2	3,9
maximaal dagelijks meterverbruik per kJ (liter/m*etmaal*kJ)	0,65	0,52	0,70	0,71	0,59	0,56

Tabel 4. Productiegegevens na 21 dagen. Verschillende letters binnen dezelfde rij geven betrouwbare verschillen aan volgens Tukey's H.S.D. test (P<0.05).

	Behandelingen		
	cv-	cv+	ev
bladgew. (g vers)	11,5 a	18,8 b	15,5 b
stengel (g vers)	7,7 a	11,5 ab	9,9 ab
wortel (g vers)	1,2 a	6,5 b	6,5 b
spruit/wortel	22,6 b	5,3 a	4,1 a
ds blad (%)	14,3 b	10,7 a	10,4 a



Tabel 5. Gemiddelde waarden van plantparameters aan het einde van de proef. Inclusief randplanten. Wortelporositeit bepaald na 50 dagen. Verschillende letters binnen dezelfde rij geven betrouwbare verschillen aan volgens Tukey's H.S.D. test (P<0.05).

	Behandelingen					
	cv-1x	cv-21x	cv+1x	cv+21x	cv+	cv-
knoppen/plant	16 ab	15 a	23 c	20 bc	19 abc	18 abc
bladgew. (g vers)	17,9 a	17,4 a	42,0 b	37,7 b	35,1 b	34,7 b
stengel (g vers)	36,7 a	35,6 a	59,8 c	53,7 bc	48,7 b	47,5 b
tak (g vers)	54,5 a	52,9 a	101,8 c	91,3 bc	83,8 bc	82,3 b
wortel (g vers)	4,0 a	4,9 a	8,2 b	8,9 b	7,9 b	8,0 b
spruit/wortel	14,3 b	10,9 ab	12,3 ab	10,3 a	10,6 ab	10,3 a
lengte (cm/pl.)	61 a	62 a	85 b	83 b	81 b	85 b
bladgew. (g dr.)	2,35 a	2,26 a	3,81 b	3,49 b	3,30 b	3,26 b
stengel (g dr.)	6,51 ab	6,01 a	9,85 d	8,73 cd	7,92 bc	7,82 bc
wortel (g dr.)	0,24 a	0,28 a	0,51 b	0,54 b	0,45 b	0,46 b
ds blad(%)	13,3 b	13,0 b	9,1 a	9,3 a	9,4 a	9,4 a
ds wortel(%)	5,9 ab	5,8 ab	6,1 b	6,1 ab	5,7 a	5,8 ab
wortel						
porositeit (%)	4,2 ab	4,9 b	2,9 a	3,0 ab	2,8 a	3,4 ab

Tabel 6. Nutriëntgehalten in blad, stengel en wortel. Verschillende letters binnen dezelfde rij geven betrouwbare verschillen aan volgens Tukey's H.S.D. test (P<0.05).

	Behandelingen			
	cv+	cv-	cv+	cv-
	blad		wortel	
	mmol/kg droge stof		mmol/kg vers	
N	3582 b	2864 a	328 x	393 y
P	213 b	122 a	19,5 y	16,7 x
K	2103	1763	193 x	242 y
Mg	126 b	110 a	11,5 x	15,3 y
Ca	430 b	372 a	39 x	51 y
Zn	1,38	1,26	0,13	0,17
Cu	0,37	0,34	34	46
Mn	5,28 b	1,77 a	0,48 y	0,24 x
Fe	2,54 a	3,4 b	0,23 x	0,47y
B	4,43 a	4,91 b	0,41 x	0,68 y
Cl	254 b	180 a	23	25
NO3	1104 b	539 a	101 y	72 x
NH4	19 b	13 a	1,8	1,8
	stengel		wortel	
	mmol/kg droge stof		mmol/kg droge stof	
N	1853	1543	3723	3926
P	158	123	438	473
K	1055	1063	1448	1817
Mg	79	61	78	83
Ca	150	120	406	436
Zn	0,8	0,47	-	-
Cu	0,16	0,15	-	-
Mn	0,88 b	0,46 a	-	-
Fe	0,72	0,63	-	-
B	2,27	2,58	-	-
Cl	96	90	-	-
NO3	420	340	893	913
NH4	30	26	-	-

#### I.4 DISCUSSIE

Tussen de behandelingen cv+ en ev kwamen geen opvallende betrouwbare verschillen voor. Dit betekent dat bij de eb/vloedbehandelingen de eb-periode niet tot groeiremming als gevolg van droogte en/of zoutaccumulatie heeft geleid. Waarschijnlijk omdat de voedingsoplossing in de behandeling ev- ook reeds zuurstofverzadigd was had beluchting van de voorraadtank bij de eb/vloed behandelingen geen effect.

Tussen deze behandelingen cv+ en ev enerzijds en de behandelingen cv- anderzijds werden wel grote verschillen gevonden. In grote lijnen kwamen de gevonden resultaten overeen met eerder gevonden resultaten op waterkultuur (Warmenhoven 1990). Hierbij werden behandelingen toegepast vergelijkbaar met de behandelingen cv- en cv+. De gevonden effecten zijn hoogstwaarschijnlijk het gevolg van zuurstofgebrek. Aanpassing aan omstandigheden van beperkte zuurstofaanvoer door verhoging van de wortelporositeit (van 3 naar 4-5%, tabel 5) waardoor interne aëratie van spruit naar wortel kan plaats vinden (Laan 1990) heeft blijkbaar onvoldoende effect om de zuurstofvoorziening te garanderen. Gevolg hiervan is een verminderde energieproductie in de wortels, waardoor een proces als wortelgroei geremd wordt. Wortelgewichten en spruit/wortel verhoudingen waren inderdaad lager in de behandelingen cv- (tabel 4,5).

Ionenopname kan ook een aanzienlijk deel van de ademhalingsenergie van de wortels vergen (van der Werf et al. 1987). Dit zal met name gelden voor ionen die tegen de elektrochemische potentiaal opgenomen worden, zoals  $\text{NO}_3^-$  en  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Gehalten aan deze ionen waren inderdaad lager in het blad (tabel 6), hoewel in de stengel en in de wortel geen significante verschillen werden gevonden. Bij vergelijking van de gewasanalyses met de normen voor gehalten aan voedingselementen van groenten en bloemen onder glas (De Kreij et al 1990) blijken deze gehalten overigens nog ver boven de als beperkend omschreven waarden te liggen. Het is dan ook waarschijnlijker dat aan de bovengrondse groeireductie in de behandelingen cv- andere oorzaken ten grondslag liggen. Een verminderde waterdoorlatendheid van de wortels bij een beperkte zuurstofvoorziening (Parsons en Kramer 1974) zou een mogelijkheid kunnen zijn. Hierdoor kan de waterpotentiaal binnen de plant oplopen (na 28 dagen werd 600-700 kPa in de behandelingen cv+ en 1000-1100 kPa in de behandelingen cv- gemeten). Waarschijnlijk als gevolg hiervan vermindert uiteindelijk de turgor (celspanning) in het blad, sluiten de huidmondjes zich, en wordt de fotosynthese geremd.

#### Literatuur

- De Kreij, C., Sonneveld, C., Warmenhoven, M.G., Straver, N.; 1990. Normen voor gehalten aan voedingselementen van groenten en bloemen onder glas. Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw no. 15.
- Laan, P., Tosserams, M., Blom, C.W.P.M., Veen, B.W.; 1990. Internal oxygen transport in *Rumex* species and its significance for respiration under hypoxic conditions. *Plant and Soil* 122: 39-46.
- Parsons, L.R., Kramer, P.J.; 1974. Diurnal cycling in root resistance to water movement. *Physiol. Plant.* 30: 19-23.
- Ruijs, M.; 1990. Economische en bedrijfskundige aspecten van milieuvriendelijkere bedrijfssystemen in de glastuinbouw. Gewasgroep: 'eenmalig oogstbare snijbloemen'.
- Werf, A. van der, Kooijman, A., Welschen, R., Lambers, H.; 1987. Respiratory costs for the maintenance of biomass, for growth and for ion uptake in roots of *Carex diandra* and *Carex acutiformis*. *Physiol. Plant.* 72: 483-491.

## II. EFFECTEN VAN NaCl EN ZUURSTOFGEBREK BIJ CHRYSANT (1509-1)

### II.1 INLEIDING

Een van de problemen die op kan treden in gesloten systemen is de accumulatie van ionen die in geringe mate door planten worden opgenomen, maar wel als 'ballaststoffen' in de voedingsoplossing aanwezig zijn. De accumulatie van Na<sup>+</sup> en Cl<sup>-</sup> zijn in de praktijk de belangrijkste, aangezien deze in leidingwater tot ca. 2-3 mmol/l voor kunnen komen.

In een proef werd het effect van verschillende NaCl-concentraties op zowel beluchte als op onbeluchte voedingsoplossing onderzocht.

### II.2 MATERIAAL EN METHODE

De proef werd uitgevoerd van week 5 (1/2) tot week 13 van 1990. Op 23 liter-bakken werden elf stekken van chrysant 'Cassa' geplaatst.

De samenstelling van de voedingsoplossing bij de uitgang EC van 1,4 was als volgt (mmol/l):

NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
1,0	5,0	2,75	1,0	10,5	1,0	1,0

en sporelementen (μmol/l):

Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
60	20	3,0	20	0,5	0,5

De proeffactoren bestonden uit NaCl-behandelingen van 0, 8, 16 en 24 mM NaCl, gecombineerd met beluchte/onbeluchte behandelingen. Er waren drie herhalingen per behandeling, dus totaal 4\*2\*3 = 24 bakken.

Na twee weken werd iedere week een plant per bak geoogst gedurende zeven weken. Van iedere plant werden blad-, stengel- en wortelgewicht (vers/droog), bladoppervlak, en wortelrespiratie bepaald.

Na afloop van de proef werden in gedroogde gewasmonsters nutriëntenanalyses bepaald van de laatste oogst.

### II.3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

Tabel 1. Gemiddelde EC, en Na- en Cl-concentraties gedurende de proef (n=3). Osmolariteit (osmotische druk) bepaald na vijf dagen. + = beluchte, - = onbeluchte behandeling.

	Behandelingen		8+	8-	16+	16-	24+	24-
	0+	0-						
EC (mS/cm)	1,15	1,15	2,13	2,14	3,07	3,09	4,01	4,02
Na (mmol/l)	0,9	0,9	9,4	9,3	17,9	17,6	26,0	26,1
Cl (mmol/l)	0,8	0,8	9,4	9,4	16,9	17,3	26,1	26,0
osmolariteit (mOsmo/kg)	17		32		47		63	

Tabel 2. Produktiegegevens van laatste oogst. Verschillende letters binnen dezelfde rij geven betrouwbare verschillen aan volgens Tukey's H.S.D. test ( $P < 0.05$ ).

	Behandelingen							
	0+	0-	8+	8-	16+	16-	24+	24-
bladgew. (g vers)	28,1	22,9	23,0	20,5	21,4	19,9	19,6	22,6
stengel (g vers)	26,1	24,7	18,9	20,7	15,9	17,6	16,8	19,2
tak (g vers)	54,2	47,5	41,8	41,1	37,4	37,5	36,4	41,8
wortel (g vers)	14,5 c	7,7 ab	12,5 bc	6,7 a	11,5 abc	6,4 a	11,2 abc	11,6
spruit/wortel	3,7 a	6,1 b	3,4 a	6,1 b	3,3 a	6,0 b	3,3 a	3,8 a
bladgew. (g dr.)	2,3	1,97	1,86	1,92	1,79	2,18	1,63	1,93
stengel (g dr.)	3,39	3,46	2,62	3,54	2,3	3,56	2,47	2,82
wortel (g dr.)	0,76 d	0,39 abc	0,68 cd	0,33 ab	0,64 bcd	0,32 a	0,65 cd	0,49
dr.st. blad(%)	8,2 a	8,6 a	8,1 a	9,4 ab	8,4 a	11,2 b	8,3 a	8,5 a
dr.st. wortel(%)	5,3 a	5,0 ab	5,4 ab	4,8 ab	5,5 ab	6,1 b	5,8 b	4,3 a

Tabel 3. Nutriëntgehalten (mmol/kg dr.st.) in blad, stengel en wortel van chrysanth 'Cassa'.

	Behandelingen								
	0+	0-	8+	8-	16+	16-	24+	24-	
			<b>blad</b>						
N	3948	3798	3887	3677	3850	2655	3621	3826	
P	350	215	441	303	474	242	447	493	
K	2018	1738	1996	1607	1976	1572	1598	2100	
Mg	153	129	151	115	135	54	85	127	
Ca	416	444	374	345	311	170	203	289	
Na	31	35	104	191	210	415	438	296	
Cl	144	124	803	670	1010	707	1003	808	
NO3	1220	841	805	536	604	372	557	598	
			<b>stengel</b>						
N	2474	2145	2106	1816	2341	1586	2152	2126	
P	180	129	182	138	188	126	188	184	
K	1057	1000	988	813	1060	740	976	981	
Mg	78	64	55	52	74	44	61	62	
Ca	205	196	83	91	126	54	102	115	
Na	23	24	123	154	202	242	224	309	
Cl	95	72	232	185	437	265	466	370	
NO3	785	666	542	436	533	316	492	532	
			<b>wortel</b>						
N	3992	3407	3665	3709	3686	3972	3829	3674	
P	526	553	552	542	562	524	675	624	
K	1937	2047	1552	1265	1397	1456	1280	1886	
Mg	78	71	59	71	58	74	64	56	
Ca	113	169	87	139	87	90	64	55	
Na	30	56	206	249	336	358	487	671	
Cl	45	83	245	233	496	308	627	656	
NO3	1113	899	728	501	578	346	500	785	

Uit tabel 1 blijkt dat de gerealiseerde Na- en Cl-concentraties 1-2 mmol/l hoger uitkwamen dan de geplande concentraties, terwijl de gerealiseerde EC uiteenliep van 1 tot 4. Aangezien gevonden is dat osmotische effecten een rol gaan spelen boven de EC 2 bij chrysanth (van Soelen 1990) kan geen onderscheid gemaakt worden in osmotische effecten van NaCl en mogelijke specifieke effecten van de ionen in deze proef.

Uit tabel 2 blijkt dat de verminderde wortelgroei in de onbeluchte behandeling ook in deze proef tot uiting kwam. Dit uitte zich ook door een hogere spruit/wortel-verhouding in de onbeluchte behandelingen.

Wat betreft de NaCl-behandelingen werden bij de laatste oogst geen significante verschillen in produktie gemeten. Dit vindt zijn oorzaak waarschijnlijk in de grote variatie gecombineerd met een geringe monstergrootte. Wanneer alle oogsten samengenomen worden blijkt dat alleen de 0 mM NaCl behandeling een significant hogere produktie heeft wat betreft spruitversgewicht (fig. 1). Het wortelgewicht (fig. 2) wordt echter niet significant beïnvloed door een hogere NaCl-concentratie; hierdoor daalt de spruit/wortel-verhouding bij oplopende NaCl-concentratie in de voedingsoplossing.

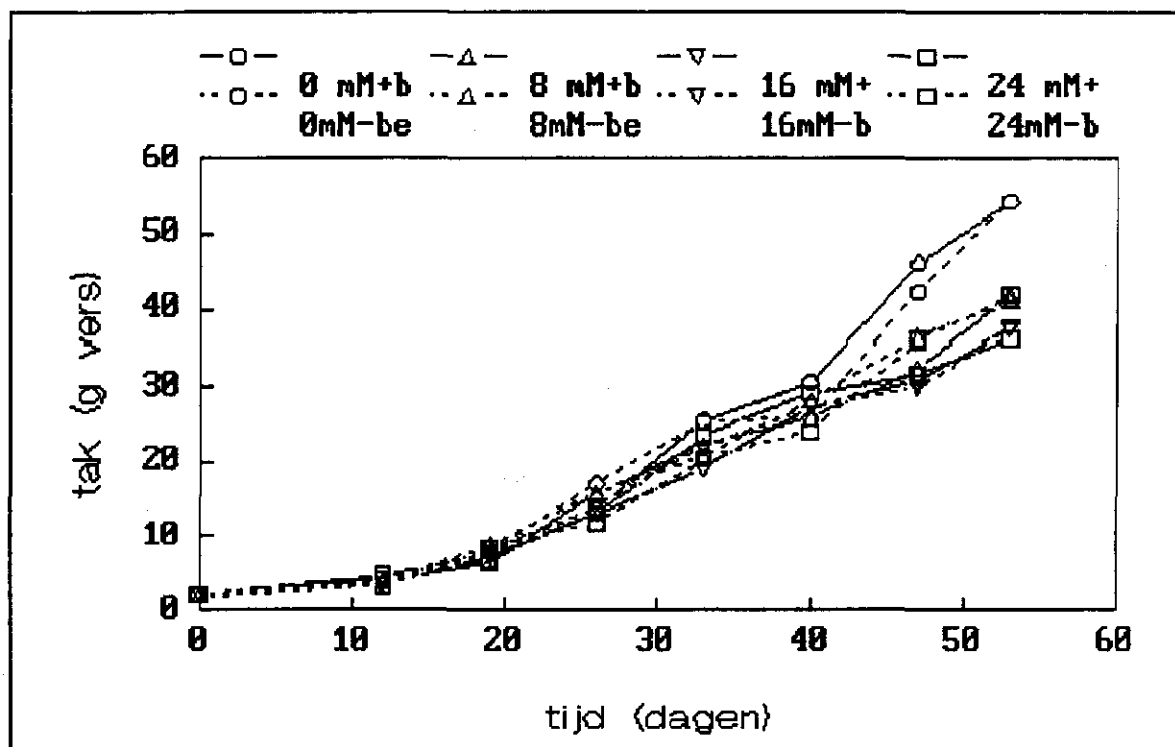


Fig. 1 Takgewicht gedurende het experiment

In tabel 3 staan nutriëntengehalten van de laatste oogst gegeven. Opvallend zijn de lagere bladgehalten aan P, Mg, Cl en NO<sub>3</sub> in de onbeluchte behandelingen, overeenkomend met eerdere resultaten. Het Na-gehalte loopt op van ca. 30 tot 440 mmol/kg droge stof in het blad. K- en Ca-gehalten dalen juist bij oplopende NaCl-concentraties. Cl stijgt van 125 naar ca. 1000 mmol/kg droge stof. Het NO<sub>3</sub>-gehalte daalt met oplopende NaCl-concentratie.

#### Literatuur

Soelen, M. van; 1990. Gevoeligheid voor zout en zuurstofgebrek bij de teelt van chrysant op een waterkultuur. Stageverslag HTuS Utrecht.

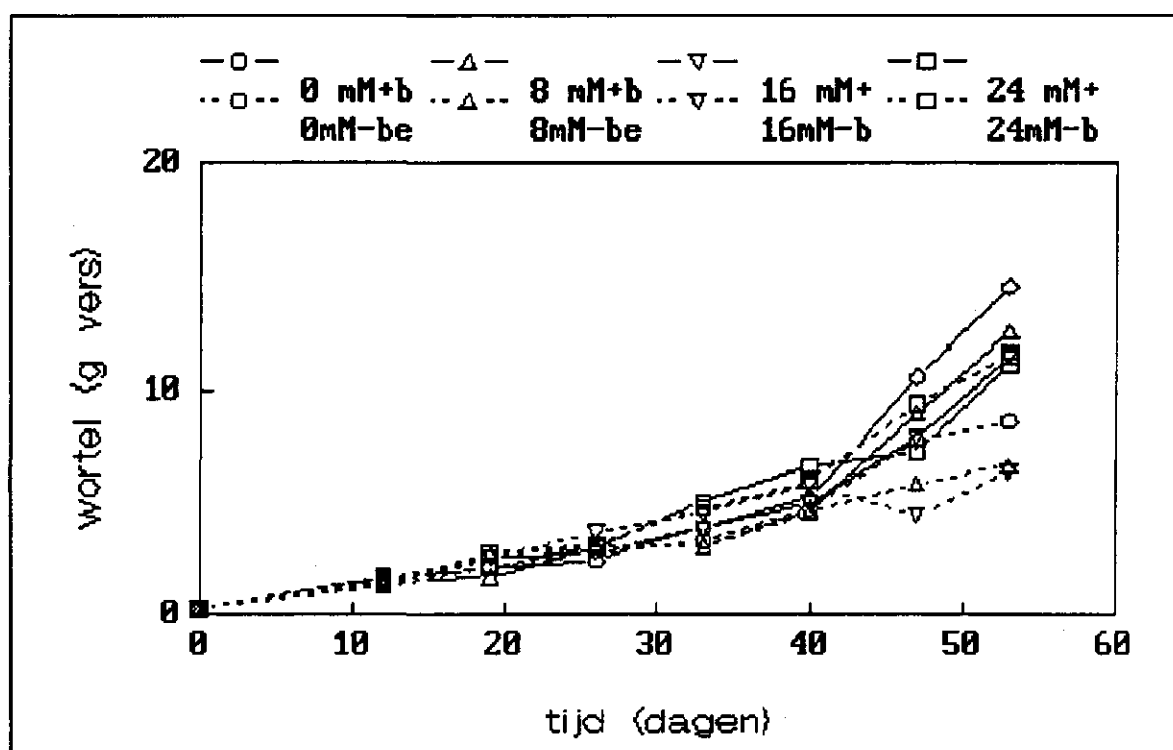


Fig. 2 Wortelgewicht gedurende het experiment

### III. ACCUMULATIESNELHEID VAN NaCl IN EEN GESLOTEN TEELTSYSTEEM

Om de accumulatiesnelheid (of depletiesnelheid) van ionen in een gesloten systeem te berekenen is kennis nodig omtrent aanvoer- en afvoersnelheid van deze ionen. Aanvoer wordt bepaald door samenstelling van meststoffen en uitgangswater. Afvoer - in een gesloten systeem - wordt bepaald door de opnamesnelheid van het gewas. Deze wordt normaal gesproken uitgedrukt in een opnameconcentratie  $C_u$  (mmol/l), gedefinieerd als het aantal opgenomen mmol van een ion per liter aangevoerde voedingsoplossing.  $C_u$  kan bepaald worden aan de hand van gewasverdamping en gewasopname. Omdat verdamping en opname niet constant zijn in de tijd, wordt om (tijdelijke) uitputting te voorkomen een hogere concentratie in het wortelmilieu nagestreefd dan de opnameconcentratie (tabel 1).

Aangezien er ook nog verschillen zijn in opnamesnelheid tussen verschillende ionen, worden in de praktijk bovendien nog bewust verschillen in verhouding streefconcentratie ( $C_s$ ) en opnameconcentratie ( $C_u$ ) aangebracht (b.v. 1-waardig lager dan 2-waardige ionen).

Tabel 1. Opnameconcentratie van enkele elementen bij roos en tomaat en streefwaarde in wortelmilieu (mmol/l). Bron: De Kreij 1991.

	roos			tomaat		
	$C_u$	$C_s$	$C_s/C_u$	$C_u$	$C_s$	$C_s/C_u$
N	5,8	13	2,2	9,9	17,5	1,8
P	0,4	0,9	2,25	1,4	0,7	0,5
K	6,3	6,0	0,95	6,3	7	1,1
Ca	2,0	5,0	2,5	2,0	7	3,5
Mg	0,6	2,0	3,3	0,6	3,5	5,8

De opnameconcentratie is geen constante, maar kan ook door bijvoorbeeld klimaatomstandigheden, de concentratie van de voedingsoplossing of concentratie van een element ten opzichte van andere elementen variëren (De Willigen en Van Noordwijk 1987). Een bekend verschijnsel is bijvoorbeeld het K/Mg antagonisme; een hogere K/Mg verhouding zal de opnameconcentratie van Mg verlagen. Essentieel is dan ook verschuivingen in de voedingssamenstelling tot een minimum te beperken wanneer opnameconcentraties bepaald worden.

De opnameconcentratie kan op twee manieren bepaald worden, namelijk

1. via gewasopname en verdampingsgegevens
2. via nutriëntenanalyse van de voedingsoplossing.

ad 1. De gewasopname kan bepaald worden uit het produkt van nutriëntengehalte \* gewicht (mmol = mmol/kg \* kg). Het is duidelijk dat de nauwkeurigheid van deze bepaling bepaald wordt door betrouwbaarheid van biomassabepaling en variatie in nutriëntengehalte (zowel in tijd als plaats). Dit zal gewasafhankelijk zijn. Duidelijk is dat informatie over wortelgewichten en -gehalten alleen in 'substraatloze' teeltsystemen redelijkerwijs verkrijgbaar is. In deze substraatloze systemen is bovendien de hoeveelheid voedingsionen die normaliter in het substraat achterblijft verwaarloosbaar.

Tabel 2. Voorbeeld berekening opnameconcentraties in chrysanteproeven 4402-1 en 1509-1.

proef 4402-1

Bijvoorbeeld behandeling cv+lx: blad = 3,8; stengel = 9,9; wortel = 0,5 g droge stof (I.3 tabel 5)

verdamping is 75 dagen \* 3,5 = 262,5 l/m<sup>2</sup>; 64 planten/m<sup>2</sup>

	totale opname				
	mmol/plant	mmol/m <sup>2</sup>	C <sub>u</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>u</sub>
N	33,8	2163	8,2	10	1,2
P	2,6	166	0,6	0,75	1,25
K	19	1216	4,6	5,0	1,09
Ca	3,3	211	0,8	3,5	4,4
Mg	1,3	83	0,3	1,5	5

proef 1509-1

Bijvoorbeeld behandeling 0+: blad = 2,3; stengel = 3,4; wortel = 0,8 g droge stof (II.3 tabel 2)

verdamping is 53 dagen \* 2 liter/m<sup>2</sup> = 106liter

	totale opname				
	mmol/plant	mmol/m <sup>2</sup>	C <sub>u</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>u</sub>
N	21,9	1403	13,2	10	0,8
P	1,8	116	1,1	0,75	0,6
K	10,6	676	6,3	5,0	0,8
Ca	1,61	104	0,9	3,5	3,6
Mg	0,7	43	0,4	1,5	3,8

Het blijkt dus dat de opnameconcentraties in beide proeven fors van elkaar kunnen verschillen. Waarschijnlijk is dit het gevolg van de onnauwkeurigheid van de verdampingsbepaling enerzijds, en de werkelijke

verschillen in opnameconcentratie anderzijds.

Wanneer we dezelfde werkwijze toepassen voor proeven waarbij verschillende NaCl-niveaus worden nagestreefd (1509-1) kan de verandering in  $C_u$  worden vastgesteld. Wanneer uitgegaan wordt van de gevonden gehalten en biomassa's uit proef 1509-1, en een verdamping van 2 l/m<sup>2</sup> (globaal bepaald in 1509-1) worden de volgende Na-opnameconcentraties gevonden (fig. 1).

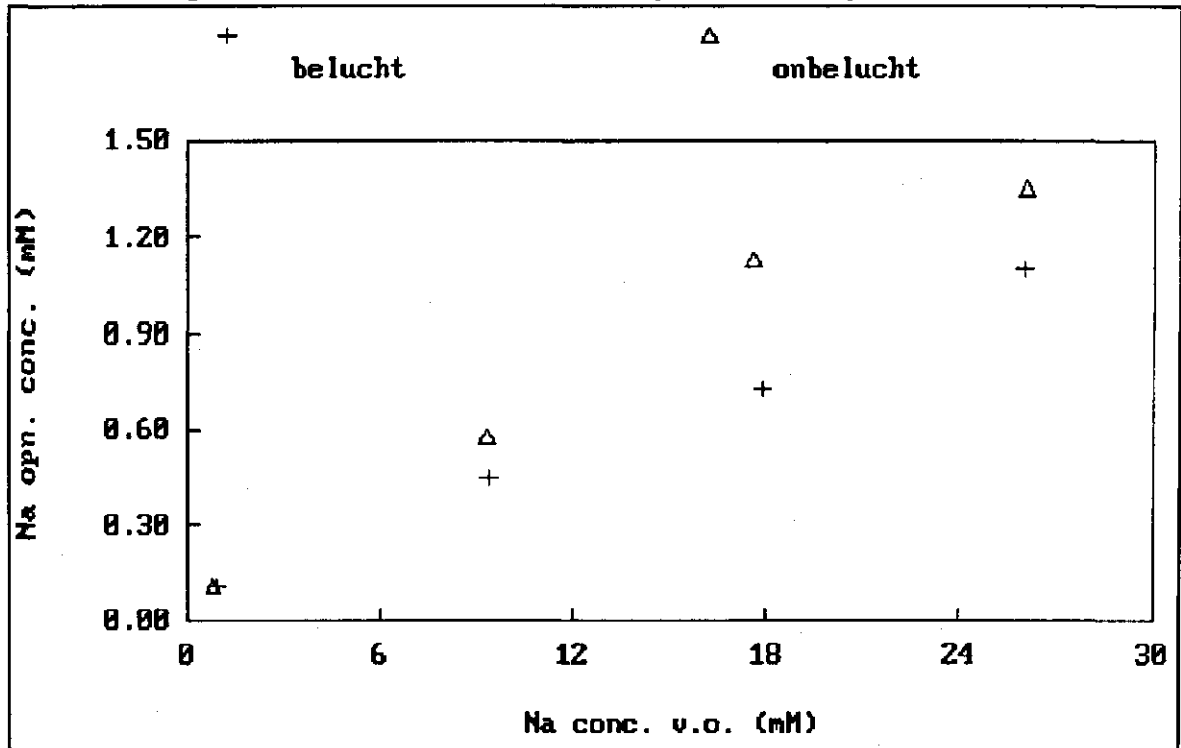


Fig. 1 Relatie Na concentratie in voedingsoplossing ( $C_{Na \text{ v.o.}}$ ) en Na-opnameconcentratie ( $C_u$ ) in proef 1509-1. De lineaire regressielijn door de oorsprong is:  $C_u = 0,049 * C_{Na \text{ v.o.}}$  ( $r^2=0,97$ ).



ad 2. Een alternatieve methode om de opnameconcentratie te bepalen is het verbruik en de samenstelling van de voeding in de tijd te vervolgen. Bronnen van onnauwkeurigheid zijn hierbij de tankgrootte/gewasoppervlakte-verhouding, en de analysenauwkeurigheid.

#### Voorbeeld substraatafdeling Kastanjelaan

Een 600 l tank voor 10 m<sup>2</sup> teeltoppervlak bevat bijvoorbeeld 600 liter \* 5 mmol/l = 3000 mmol Na.

Opnameconcentratie van 0,25 mmol/l Na bij een Na-concentratie van 5 mmol/l; verdamping 3 l/m<sup>2</sup> per etmaal --> in twee weken is 14 dagen \* 30 l = 420 l verbruikt met 105 mmol Na voor 10 m<sup>2</sup>. De Na-concentratie is dan opgelopen tot  $(3000-105)/180 = 16,1$  mmol/l wanneer niet verdund zou worden. Dit kan dus niet. Er zal dus wel tussendoor verdund moeten worden.

Wanneer de voedingsoplossing verdund wordt met alleen water betekent dit een Na-concentratie van  $(3000-105)/600 = 4,83$  mM. Dit verschil (0,17 mmol/l) is gering, doch meetbaar. Bij hogere Na-opname concentraties is het verschil groter. Bijvoorbeeld bij 15 mmol/l Na in de voedingsoplossing en een opnameconcentratie van 0,75 mmol Na/l daalt de Na-concentratie in twee weken van 15 mM naar 14.5 mM.

Over langere perioden worden deze verschillen navenant groter, en dus betrouwbaarder te meten.

Werkwijze is dus:

- vul voedingsoplossing tot standaardhoogte; analyseer de voedingsoplossing
- corrigeer EC tussen analyses aan met voedingsoplossing zonder NaCl. Noteer waterverbruik.
- na 2 weken: analyseer voedingsoplossing na aanvullen. Noteer waterverbruik.
- bereken toe te dienen hoeveelheid Na en voeg deze toe.

Storende factoren hierbij zijn uiteraard lekkages, en ophopingen in eventueel substraat; substraatloze teelt is hierbij dus ook de beste manier om de opnameconcentratie te bepalen.

Met behulp van de relatie tussen concentratie in het wortelmilieu enerzijds en opnameconcentratie anderzijds kan de accumulatiesnelheid in een gesloten systeem berekend worden. Hiervoor zijn nog aanvullende gegevens nodig omtrent watervoorraad, teeltoppervlak, en de Na-concentratie in het water waarmee het verdampte water aangevuld wordt.

Wanneer er vanuit gegaan wordt dat schade optreedt bij een Na-concentratie van bijvoorbeeld 8 mM, kan voor verschillende omstandigheden doorgerekend worden hoe lang het duurt voordat deze waarde in de voedingsoplossing bereikt wordt. Dit is weergegeven in tabel 3 voor verschillende verdampingsgegevens en verschillende navulconcentraties; overige uitgangssituatie als in Fig. 2.

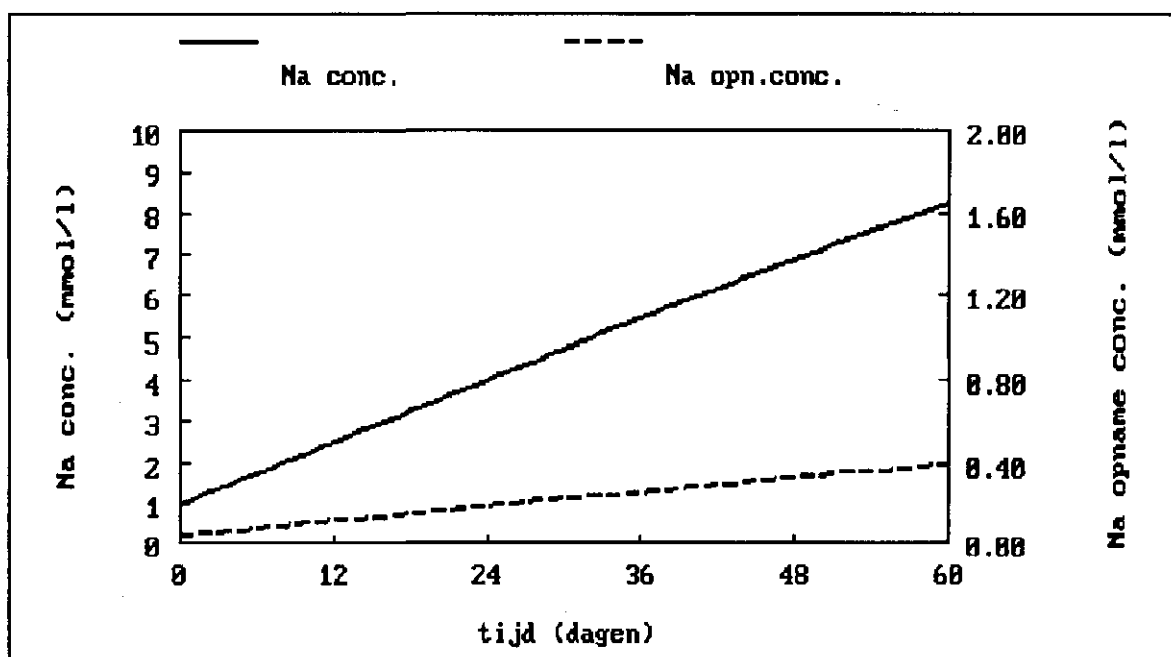


Fig. 2. Verloop van Na-opnameconcentratie en Na-concentratie in de voedingsoplossing bij een systeem met een voorraad van 40 liter/m<sup>2</sup>, en verdamping van 1,75 l/m<sup>2</sup>, een Na-concentratie in de uitgangssituatie van 1 mM, en een navulconcentratie van 3 mM. Relatie tussen Na-opnameconcentratie en Na-concentratie voedingsoplossing als in Fig.1.

Tabel 2. Aantal dagen totdat 8 mM Na bereikt wordt in een systeem met een voorraad van 40 liter/m<sup>2</sup>, een Na-concentratie in de uitgangssituatie van 1 mM, en uiteenlopende verdamping of navulconcentratie. Relatie tussen Na-opnameconcentratie en Na-concentratie voedingsoplossing als in Fig.1.

Verdamping (l/m <sup>2</sup> )	Navulconcentratie (mmol/l)				
	1	2	3	5	7
3,5	104	45	29	16	12
1,75	208	90	58	34	24
0,88	>321	179	115	67	47

De mate waarin een verminderde verdamping - waterverbruik - een verminderde accumulatiesnelheid tot gevolg heeft kan zo dus berekend worden. Wanneer door verandering in de verhouding van de kationen de relatie als in Fig. 1 verandert, zal dit eveneens consequenties voor de accumulatiesnelheid van Na hebben. Indien bijvoorbeeld door verhoging van de Ca-concentratie de opnameconcentratie van Na verlaagd wordt als gevolg van antagonisme zal de accumulatiesnelheid van Na in de voedingsoplossing stijgen. Dit zou op zich een negatief effect kunnen zijn. Dit kan alleen gecompenseerd worden als de grens voor de maximale Na-concentratie in de voedingsoplossing verhoogd wordt. Stel dat de tolerantiegrens b.v. verhoogd wordt van 8 mM naar 12 mM als gevolg van een verminderde opname van Na door het gewas of iets dergelijks, dan kan dit de tijdsduur tot een schadelijke Na-concentratie bereikt wordt verlengen van b.v. 90 naar 136 dagen bij een bijvulconcentratie van 2 mM Na (tabel 3).

Tabel 3. Aantal dagen totdat 8, 10 of 12 mM Na bereikt wordt in een systeem met een voorraad van 40 liter/m<sup>2</sup>, een verdamping van 1,75 l/m<sup>2</sup>, een Na concentratie in de uitgangssituatie van 1 mM, en een uiteenlopende navulconcentratie. Aangenomen is een relatie van Na-opnameconcentratie en Na-concentratie voedingsoplossing  $C_u = 0,025 * C_{Na \ v.o.}$ .

	Navulconcentratie (mmol/l)				
	1	2	3	5	7
bij 8 mM produktieverlies	176	83	55	33	24
bij 10 mM produktieverlies	235	109	71	43	31
bij 12 mM produktieverlies	298	136	88	52	37

#### Literatuur

- De Kreij, C.; 1991. Nutriënten en substraat in gesloten bedrijfssystemen. PTG Intern verslag nr.5
- De Willigen, P., Noordwijk, M. van; 1987. In: Roots, plant production and nutrient use efficiency. Proefschrift LU Wageningen. Hst.4
- Physiological limits to the shoot/root ratio.