

517. 2. 1992  
1  
Proefstation voor de Bloemisterij  
Linnaeuslaan 2a  
1431 JV Aalsmeer  
Tel. 02977 - 52525

Proefverslag 1506 - 26  
Interactie van zuurstof en  
temperatuur in wortelmilieu  
bij Ficus benjamina.

M. Warmenhoven  
Aalsmeer, juli 1992

## Interactie van zuurstof en temperatuur in wortelmilieu op potplanten.

### 1. INLEIDING

Oriënterende proeven toonden aan dat bij chrysaant (Warmenhoven 1992) de zuurstofconcentratie in de voedingsoplossing laag was bij een hoge temperatuur in het wortelmilieu. Ook de groei van het gewas bleef sterk achter. Deze lage zuurstof concentratie kan worden verklaard door de hogere ademhaling als gevolg van een hoge worteltemperatuur. In navolging hiervan is een proef met Ficus Benjamina gestart.

Uit de literatuur is bekend dat lage zuurstofconcentraties in het wortel milieu bij Ficus benjamina de groei kunnen remmen (Soffer 1988, 1991). Een hoge worteltemperatuur (28°C) zal volgens Yin-Tung Wang (1988) langere wortels geven bij Ficus benjamina. Zelfs temperaturen tot 30 °C in de pot geven een betere groei (Vogelezang, 1991).

Door de vorming van aerenchym kunnen planten zich aanpassen aan zuurstofarme omstandigheden. Als planten zich aanpassen dan zou dit een verhoging te zien geven van de wortelporositeit (Van Noordwijk en Brouwer 1988). De wortelporositeit bij Ficus benjamina is uit de literatuur niet bekend.

Doel van deze proef was het toetsen van gevoeligheid van Ficus benjamina voor zuurstofgebrek in het wortelmilieu in samenhang met de temperatuur.

## 2. METHODE

### 2.1 Teeltomstandigheden

In deze proef werden drie temperaturen, 18, 23 en 28 °C in het wortelmilieu toegepast in combinatie met twee zuurstofniveaus door het wel en niet beluchten van de voedingsoplossing met lucht. De behandelingen werden in drie herhalingen uitgevoerd. Er werd geteeld in bakken met een inhoud van 23 liter, afgedekt met een deksel waarin gaten waren geboord voor planten, verwarming en luchtvoorziening. De plantgaten, met een diameter van 7,6 cm, werden afgedekt met tempex schijven. Deze waren voorzien van gaten waarin de bewortelde Ficus stekken pasten. Door te beluchten met lucht werd een luchtverzadiging van 100% gerealiseerd. Met behulp van een luchtpomp werd de lucht naar de bak gebracht. In de bak werd de lucht verdeeld door de uitstroom via twee aquariumsteentjes (elk met een lengte van 12,5 cm) te laten lopen. De aquariumsteentjes werden door middel van geplastificeerd koperdraad op de plaats gehouden. Door niet te beluchten zou in de loop van de tijd de zuurstofconcentratie in deze bakken dalen. De temperaturen van 23 en 28 °C in de bakken werden gerealiseerd met behulp van thermostaten gekoppeld aan aquarium, verwarmingselementen. De temperatuur van 18 °C zou gerealiseerd moeten worden door de omgevingstemperatuur.

De stekken, opgekweekt in perlite, werden in de voeding (samenstelling zie bijlage 1) gehangen op 11 februari 1991. Overdag werd belicht met hogedruk kwiklampen (HPIT, 400 W), één lamp per 6 m<sup>2</sup>. De daglengte was 16 uur. Vanaf de start werden alle behandelingen belicht, de temperatuur (dag en nacht) in de kas de eerste week werd op 20 °C gehouden. De temperaturniveaus werden wel direct aangelegd.

Op 18 februari 1991 (t=0) werden de zuurstofniveaus ingesteld. De temperatuur in kas werd verlaagd naar 18 °C. Overdag kon de temperatuur oplopen tot 20 °C. Afhankelijk van de EC werden de bakken aangevuld met water of voedingsoplossing. Bij pH daling werd kaliumwaterstofcarbonaat (1 mol/l) gebruikt om deze te verhogen.

### 2.2 Waarnemingen

Waarnemingen zijn verricht op 15 maart (t=26), 18 april (t=51) en 2 mei (t=65) 1991. Per oogsttijdstip werden aan het gewas de volgende metingen gedaan:

- aan de spruit - het gewicht in g (vers/droog)
  - aantal bladeren per plant
  - bladoppervlak in cm<sup>2</sup> met behulp van Area\_metersysteem (Delta -T)
  - Gewasanalyse, nutriënten in mmol/kg drooggewicht van het laatste oogsttijdstip
- aan de wortel - het gewicht in g (vers/droog)
  - de ademhaling in mg O<sub>2</sub>/(g wortel(droog) \* uur) met behulp van een biologische zuurstofmonitor (YSI 5300) bij 18 en 28 °C
  - gewasanalyse, nutriënten in mmol/kg drooggewicht van het laatste oogsttijdstip
  - de porositeit in %
- in de voeding - EC, pH en samenstelling tijdens de teelt
  - zuurstofgehalte in %

- waterverbruik in ml

Met behulp van bovenstaande waarnemingen zijn de volgende parameters berekend: drogestofgehalte, spruitwortelverhouding, Leaf Weight Ratio (g bladdroog/g plantdroog) en de Specific Leaf Area (cm<sup>2</sup> bladvers/g bladvers).

De resultaten werden met behulp van variantie-analyse per oogsttijdstip verwerkt. Per oogst werden drie planten per bak gemeten.

11

### 3. RESULTATEN

#### 3.1 Voedingsanalyse

De resultaten van de voedingsanalyse op t=43 staan in tabel 1. Aan de start was de samenstelling van de voeding voor elke behandeling gelijk. Naar het einde van de teelt treden kleine verschuivingen op. Er ontstaat een verhoging van concentraties van nitraat, kalium en ijzer bij beluchting met lucht (100% zuurstof) als de temperatuur lager is. De EC-waarde is bij 28 °C het laagst terwijl het niet beluchten van de voeding ook een significant lagere EC-waarde geeft.

Tabel 1. Voedingscijfers op tijdstip t=43 per behandeling. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0.05). B=beluchting, T=temperatuur

	lucht			onbelucht			B	T	B x T
	18	23	28	18	23	28			
Ec mS/cm	2,16	2,21	2,01	2,00	2,04	1,97	***	***	n.s.
Cl mmol/	0,50	0,59	0,62	0,55	0,57	0,58	***	***	n.s.
NO <sub>3</sub> "	13,7	14,0	12,6	12,5	13,1	12,3	***	***	n.s.
P "	1,77 ab	1,82 b	1,61 a	1,71 ab	1,77 ab	1,70 ab	n.s.	**	*
K "	9,2 c	9,1 bc	8,2 ab	7,9 a	8,4 ab	8,0 a	***	**	*
Mg "	1,02	1,05	1,28	1,29	0,95	0,89	n.s.	n.s.	n.s.
Ca "	3,50	3,47	3,13	2,97	3,47	3,20	n.s.	n.s.	n.s.
Na "	0,40	0,37	0,34	0,29	0,33	0,38	*	n.s.	*
Zn "	5,42	6,86	6,72	4,87	6,25	6,99	n.s.	***	n.s.
Cu "	6,55	6,65	7,94	7,57	9,20	8,61	n.s.	n.s.	n.s.
Mn "	4,33	4,67	3,33	4,00	4,67	3,67	n.s.	*	n.s.
Fe "	24,7	20,3	18,0	20,0	16,7	13,3	***	***	n.s.
SO <sub>4</sub> "	1,50	1,26	1,04	1,19	1,27	1,26	n.s.	n.s.	n.s.

Ook het waterverbruik tijdens de teelt is bijgehouden. Figuur 1 geeft een overzicht van het cumulatief verbruik.

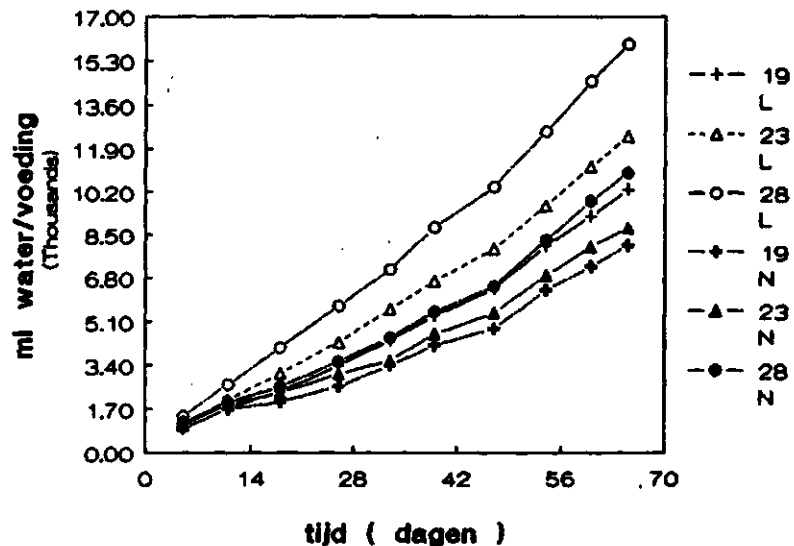


Fig 1. Cumulatief waterverbruik tijdens de teelt in ml per bak van 11 planten.

### 3.2 Zuurstofconcentratie in de voeding

De zuurstofconcentraties in de beluchte behandelingen is gedurende de teelt voor alle temperaturen gelijk (90-100 %). Bij de onbeluchte behandelingen dalen de zuurstofconcentraties in het begin bij alle temperaturen. Later ontstaan er significante verschillen in de zuurstofconcentratie bij de verschillende temperaturen. Hoe hoger de temperatuur, hoe hoger het percentage zuurstof in de voeding. Figuur 2 geeft een overzicht.

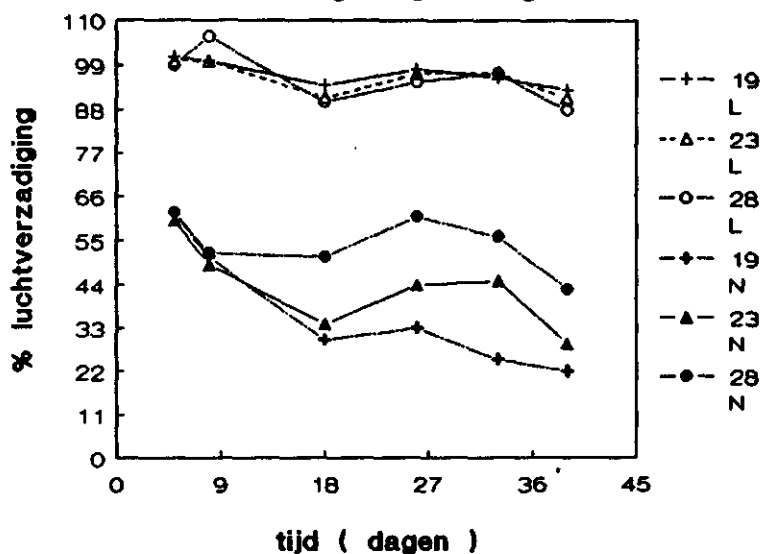


Fig. 2. Zuurstofconcentratie in de voeding in de tijd in %.

Teruggerekend naar absolute zuurstofconcentraties blijven de verschillen significant, tabel 2 geeft een overzicht op t=33.

Tabel 2. Zuurstofconcentratie op t=33 in mg/l en het % luchtverzadiging. Verschillende letters geven significante verschillen aan ( $p < 0.05$ ).

	belucht			onbelucht		
	18	23	28	18	23	28
zuurstof	9,3 d	8,5 cd	7,7 c	2,4 a	4,0 ab	4,4 b
% luchtverz.	96	97	97	25	45	56
max.oplos. O <sub>2</sub>	9,5	8,7	7,9	9,5	8,7	7,9

### 3.3 Ademhaling en porositeit van de wortel

De wortelademhaling is gemeten op t=26 bij 18 en 28 °C. Tabel 3. geeft een overzicht. De wortelademhaling is bij 28 °C hoger maar verschilt niet significant.

Tabel 3. Wortelademhaling bij 18 en 28 °C in mg O<sub>2</sub> / (per gram wortel (droog) \* uur). Verschillende letters geven significante verschillen aan ( $p < 0.05$ ).

temperatuur	18	28
ademhaling	2.83	3.28

De porositeit van de wortel is op t=26 bepaald. Er is een significant verschil tussen belucht en onbelucht. De resultaten staan in tabel 4.

Tabel 4. Porositeit van de wortel op t=26 in %.

	belucht			onbelucht			B	T	B X T
	18	23	28	18	23	28			
porositeit	2,39	2,99	3,73	4,50	4,64	4,91	***	n.s.	n.s.

De temperatuur lijkt invloed te hebben op de porositeit. Er waren echter geen significante verschillen tussen de behandelingen.

### 3.4 Groei en ontwikkeling bij wortel en spruit

In Tabel 5 worden het wortelgewicht (vers/droog) en het percentage drogestof weergegeven.

Tabel 5. Wortelgewicht (g vers, droog), drogestof (%) en wortellengte (cm) bij de verschillende temperaturen en behandelingen aan het einde van de teelt. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p <0.05).

	belucht			onbelucht			B	T	B X T
	18	23	28	18	23	28			
wortelvers	19,37	18,96	18,03	10,70	15,80	16,97	**	n.s.	*
worteldroog	1,20	1,43	1,35	0,64	0,95	1,08	***	**	n.s.
% drogestof	6,20	7,60	7,50	6,10	6,00	6,50	*	n.s.	n.s.
wortellengte	80,0	88,3	115,0	31,0	75,7	102,3	**	***	n.s.

Er zijn significante verschillen in het wortelgewicht (vers/droog), percentage drogestof en de wortellengte als we alleen kijken naar de beluchting. Bij de temperatuurbehandeling zijn significante verschillen gevonden in de wortellengte. Figuur 3 geeft de wortellengte in de tijd weer.

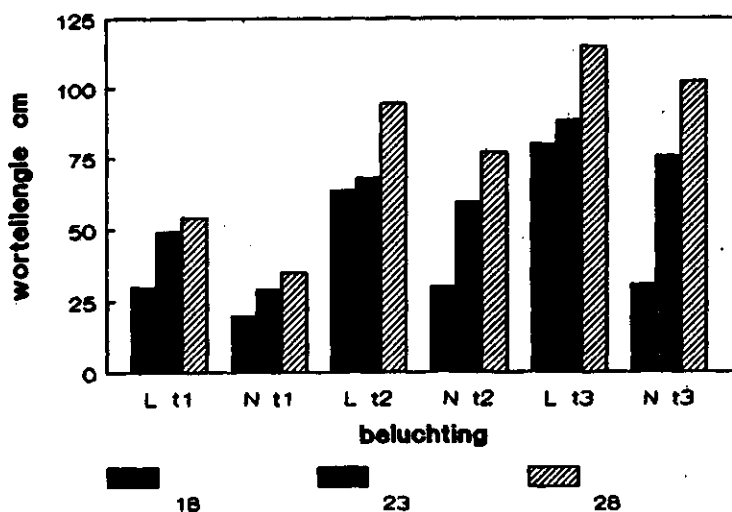


Fig. 3 Wortellengte Ficus in cm op t1=26, t2=51 en t3=65

Tabel 6 geeft weer het steelgewicht (vers/droog), bladgewicht (vers/droog), aantal laderen, bladoppervlak en het percentage drogestof van de spruit.

Tabel 6. Steelgewicht (g vers/droog), bladgewicht (g vers/droog), aantal bladeren, bladoppervlak (cm<sup>2</sup> per plant) en het percentage drogestof (%) bij de verschillende temperaturen en beluchtingen aan het einde van de teelt. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0.05).

	belucht	onbelucht	18	23	28
steelvers	7,86	8,24	7,33 a	7,08 a	9,73 b
steeldroog	4,61	5,04	4,61	4,40	5,52
bladvers	13,5	14,0	12,75 a	12,60 a	15,88 b
bladdroog	3,05	3,24	2,97 a	2,94 a	3,51 b
nblad	42,7	45,7	42,0	42,5	48,0
bladoppervlak	425	576	414	426	662
% drogestof	21,9	22,8	23,1	22,4	21,5

Er zijn geen significante verschillen bij belucht/onbeluchte behandeling. Wel significant verschillend zijn het steelversgewicht en het bladgewicht (vers/droog). Dit verschil wordt voornamelijk toegeschreven aan de goede groei bij een temperatuur van 28 °C in het wortelmilieu.

De berekende parameters spruit/wortelverhouding (vers/droog), Specific Leaf Area en Leaf Weight Ratio worden weergegeven in tabel 7. Er zijn significante verschillen tussen wel en niet beluchten met lucht bij spruit/wortelverhouding (vers/droog) en de Leaf Weight Ratio. Verschillen in temperatuur geven geen significante verschillen. Figuur 4 geeft de spruit/wortelverhouding (vers) in de tijd weer.

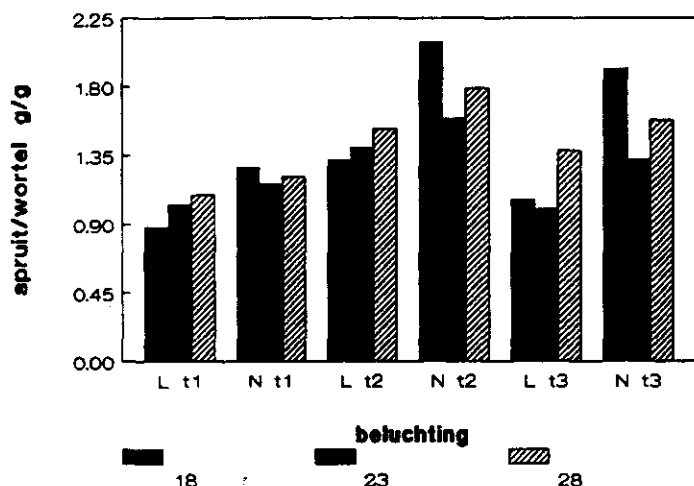


Fig. 4 Spruit/wortelverhouding (vers) Ficus op t1-26, t2-51 en t3-65

Tabel 7. Spruit/wortelverhouding (g/g(spruit/wortel)), Specific Leaf Area (bladoppervlak cm /bladgewicht droog) en de Leaf Weight Ratio (bladgewicht droog/plantgewicht droog) bij verschillende temperaturen en beluchtingen aan het einde van de teelt. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0.05).



	belucht			onbelucht			B	T	B X T
	18	23	28	18	23	28			
s/w-vers	1,06	1,00	1,38	1,92	1,32	1,58	***	*	n.s.
s/w-droog	3,83	2,95	3,86	7,60	4,88	5,47	***	*	n.s.
SLA	104	112	205	179	179	177	n.s.	n.s.	n.s.
LWR	0,52	0,50	0,50	0,55	0,55	0,54	**	n.s.	n.s.

### 3.5 Gewasanalyse

De resultaten van de gewasanalyse worden weergegeven in tabel 8. De drooggewicht-concentraties van fosfaat, magnesium en koper verschillen significant. Uitgerekend op versgewichtbasis verschillen de concentraties van N-totaal, fosfaat, magnesium, calcium en koper significant.

Tabel 8. Element-gehalten in mmol per kg droog/versgewicht en percentage drogetof in blad aan het einde van de teelt. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0.05).

	18		23		28		B	T	B X T
	L	N	L	N	L	N			
drooggewichtbasis									
N-tot.	2120	1925	2161	2133	2073	2080	n.s.	n.s.	n.s.
P	104 b	86 a	99 ab	102 ab	96 ab	99 ab	n.s.	n.s.	**
K	950	800	894	638	777	679	n.s.	n.s.	n.s.
Mg	88 a	74 a	97 a	131 ab	125 ab	154 b	*	***	*
Ca	950	864	951	1017	855	937	n.s.	n.s.	n.s.
Zn	0,48	0,38	0,45	0,39	0,50	0,41	*	n.s.	n.s.
Cu	0,25 ab	0,20 a	0,26 ab	0,42 b	0,30 ab	0,35 ab	n.s.	*	*
Mn	1,28	1,06	1,38	1,38	1,24	1,15	n.s.	*	n.s.
Fe	1,14	1,29	0,95	1,56	0,97	1,09	*	n.s.	n.s.
Cl	14,3	12,7	12,7	15,7	13,5	13,0	n.s.	n.s.	n.s.
NO <sub>3</sub>	191	141	168	163	168	155	*	n.s.	n.s.

% drogestof 23.5 23.1 23.6 23.1 21.2 23.0

versgewichtbasis									
N-tot.	499	445	510	492	438	481	n.s.	**	**
P	25 b	20 a	23 ab	24 b	20 a	23 ab	n.s.	*	***
K	223	185	211	147	164	155	n.s.	n.s.	n.s.
Mg	20 a	17 a	23 a	30 b	26 ab	35 b	*	***	*
Ca	223 ab	200 ab	224 ab	235 b	180 a	215 ab	n.s.	**	*
Zn	0,11	0,07	0,11	0,09	0,11	0,09	*	n.s.	n.s.
Cu	0,06 ab	0,05 a	0,06 ab	0,10 b	0,06 ab	0,08 ab	*	**	*
Mn	0,30	0,34	0,33	0,32	0,27	0,26	n.s.	**	n.s.
Fe	0,27	0,30	0,22	0,36	0,20	0,25	*	n.s.	n.s.
Cl	3,40	2,93	2,97	3,63	2,87	3,00	n.s.	n.s.	n.s.
NO <sub>3</sub>	45	36	40	37	35	36	n.s.	n.s.	n.s.

#### 4. DISCUSIE

Het cumulatief voeding/water-verbruik (figuur 1) laat zien dat dit in hoge mate significant temperatuurafhankelijk is. Ook wel of niet beluchten gaf een significant verschil in voeding/water-verbruik. De interactie tussen beluchting en temperatuur was eveneens significant. Een hogere temperatuur in het wortelmilieu gaf bij beluchte en onbeluchte behandelingen een hoger voeding/water-verbruik. De zuurstofconcentraties in de onbeluchte behandeling (figuur 2) lopen parallel met de temperatuur, hetgeen waarschijnlijk is toe te schrijven aan de convectiestroming in de bak. De verschillen in zuurstofconcentratie die aan het einde van de teelt ontstaan bij de onbeluchte behandeling zijn significant.

Het feit dat er een significant hoger percentage wortelporositeit (tabel 4, Warmenhoven, 1990) wordt gevonden bij niet beluchten, geeft aan dat *Ficus* in staat is aërenchym te vormen. Het significante verschil in wortellengte (figuur 3) was reeds bekend uit de literatuur (Yin-Tung Wang 1988). De hogere produktie (wortel en spruit in tabel 5 en 6) bij 28°C is waarschijnlijk toe te schrijven aan het hogere zuurstofgehalte in het wortelmilieu. Uit de literatuur is bovendien ook bekend dat *Ficus benjamini*, bij een worteltemperatuur tot 30°C, een hogere produktie geeft (Vogelezang, 1991).

Uitgerekend op drooggewichtbasis lijkt de magnesiumopname temperatuurafhankelijk (tabel 8). Uitgerekend op versgewichtbasis lijken de opname van magnesium, calcium en koper temperatuurafhankelijk.

## 5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

In februari 1991 is een proef opgezet met *Ficus benjamini* om de interactie van zuurstof en temperatuur in het wortelmilieu op planten te toetsen. Zes behandelingen zijn aangelegd, te weten beluchten met lucht en niet beluchten bij 18, 23 en 28°C.

De interactie tussen beluchting en temperatuur bij voeding/waterverbruik was significant. *Ficus benjamini* is in staat zich aan te passen aan zuurstofarme omstandigheden in het wortelmilieu door de vorming van aërenchym. Hogere temperatuur in het wortelmilieu geeft een hogere produktie.

Zuurstofgebrek in samenhang met de temperatuur is niet aangetoond. Dit is zeer waarschijnlijk toe te schrijven aan de convectiestroming in de bak.

## 6. LITERATUUR

- Noordwijk van, M., G. Brouwer (1988). Zuurstofgebrek bij teelt op substraat: aanpassingsvermogen wortels verschilt per gewas. *Groenten en Fruit* 3-6-1988:38-41
- Soffer, H., D.W. Burger (1988). Studies on plant propagation using the aero-hydroponic method. *Acta Horticulturae* 230, 1988, 261-269
- Soffer, H., D.W. Burger and J.H. Lieth (1991). Plant growth and development of *Chrysanthemum* and *Ficus* in aero-hydroponics: response to low dissolved oxygen concentrations. *Scientia Horticulturae* 45 (1991) 287-294
- Warmenhoven, M.G. (1990). Effect van beschikbaarheid van zuurstof in het wortelmilieu bij snijbloemen. PBN Rapport nr. 96
- Warmenhoven, M.G. 1992. Effect van zuurstofbeschikbaarheid in het wortelmilieu in samenhang met de temperatuur. Proefverslag 1506-13
- Yin-Tang Wang (1988). Influence of light and heating medium on rooting and shoot growth of two foliage plant species. *Hortscience* 23(2): 346-347 1988
- Vogelezang, J.V.M. 1991. Effect of root-zone and air temperature on growth, ornamental value and keepability of *Ficus Benjamina* and *Schefflera Arboricola 'Compacta'*. *Scientia Hortic.*, 46:301-313

BIJLAGE 1

De voedingsoplossing voor Ficus

Bron: Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw. IKC maart 1991 7.4.4.1  
gecorrigeerd voor waterculture - 0.9 mmol/l  $\text{NH}_4$  en + 0.9 mmol/l K

$\text{NO}_3$	mmol/l	13,2
$\text{H}_2\text{PO}_4$		2,0
$\text{SO}_4$		1,75
$\text{NH}_4$		0,5
K		8,2
Ca		4,0
Mg		1,0
Fe	umol/l	20
Mn		5
Zn		3
B		15
Cu		0,5
Mo		0,5
Ec		2,1