

513 N / 1992

Proefstasjon voor de Bloemisterij
Linnaeuslaan 2a
1431 JV Aalsmeer
Tel. 02977-52525

Proefverslag 1506-13
Effect van zuurstofbeschikbaarheid
in het wortelmilieu in samenhang
met de temperatuur.

M. Warmenhoven
Aalsmeer, juli 1992

2200998

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Methode	
2.1 Teeltomstandigheden	4
2.2 Waarnemingen	5
3. Resultaten	
3.1 Voedingsanalyse	6
3.2 Zuurstofconcentratie in de voeding	7
3.3 Ademhaling en porositeit van de wortel	8
3.4 Groei en ontwikkeling bij wortel en spruit	9
3.5 Gewasanalyse	13
4. Discussie	16
5. Samenvatting en conclusie	17
6. Literatuur	18
Bijlage 1.	19

Effect van zuurstofbeschikbaarheid in het wortelmilieu in samenhang met de temperatuur

1. INLEIDING

Een gebrekkige zuurstof voorziening in het wortelmilieu kan een remmende werking hebben op de ontwikkeling van de plant. Eerdere proeven toonden aan dat bloemisterijgewassen reageren op de zuurstofbeschikbaarheid in het wortelmilieu (Warmenhoven 1990, Baas 1990, 1991).

Uit de literatuur is bekend dat een hogere temperatuur in het wortelmilieu resulteert in een hogere opname aan voeding (Nieuwenhuizen 1983, Berry en Norris 1949). Een hogere temperatuur veroorzaakt een hogere ademhaling, waardoor er een grotere behoefte aan zuurstof ontstaat. Schoon water in evenwicht met lucht bevat 9,62 mg opgeloste zuurstof per liter. De zuurstofconcentratie zal ook dalen door de aanwezigheid van voedingszouten (Jackson 1980). Toch heeft de temperatuur van de oplossing een veel grotere invloed. Als water van 20 °C in temperatuur stijgt naar 30 °C daalt de concentratie aan opgelost zuurstof in het water tot 7,8 mg per liter. De combinatie van een grotere behoefte aan zuurstof en een dalende zuurstofbeschikbaarheid bij een hogere temperatuur in het wortelmilieu zou eerder aanleiding geven voor zuurstofgebrek.

Doel van deze proef was het toetsen van de gevoeligheid van chrysant voor zuurstofgebrek in samenhang met de temperatuur. In een eerste proef zijn drie temperaturen toegepast in combinatie met twee zuurstofniveaus. Aansluitend zijn in een tweede proef twee temperaturen toegepast in combinatie met drie zuurstofniveaus.

2. METHODE

In beide proeven is chrysant, ras 'Reagan', het toetsgewas.

2.1 Teeltomstandigheden

Proef 1:

In deze proef werden drie temperaturen, 18, 23 en 28 °C in het wortelmilieu toegepast in combinatie met twee zuurstofniveaus, 100% en 0% zuurstof. 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 tempeschijven. Deze waren voorzien van gaten waarin de chrysanteplantjes pasten. De verzadiging tot 100% zuurstof werd gerealiseerd door lucht door de voeding te pompen met behulp van een luchtpomp. In de bak werd de lucht verdeeld door de uitstroom van lucht via twee aquariumsteentjes (elk met een lengte van 12,5 cm) te later lopen. De aquariumsteentjes werden door middel van zuignapjes op de plaats gehouden. Het niveau van 0% werd gerealiseerd door in plaats van lucht stikstof door de voeding te pompen. 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 zand, werden in de voeding (samenstelling zie bijlage 1) gehangen op 16 oktober 1990. Overdag werd belicht met hogedruk kwiklampen (HPIT, 400 W), één lamp per 6 m. Verder werd de daglengte verlengd tot 16 uur. Vanaf de start werden alle behandelingen belicht met lucht, de temperatuur (dag en nacht) in de kas werd op 20 °C gehouden. De temperatuurniveaus werden ook direct aangelegd.

Op 26 oktober 1990 (t=0) werden de zuurstofniveaus ingesteld. De doorstromingsnelheid van het stikstofgas bedroeg 0,61 liter per minuut per bak. De temperatuur in de kas werd verlaagd naar 18 °C. Overdag kon de temperatuur oplopen tot 20 °C.

Als standaard-voedingsoplossing is gekozen voor het A.O.O.O-schema van chrysant (zie bijlage 1). 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.

Proef 2:

In deze proef werden twee temperaturen, 18 en 23 °C, toegepast in combinatie met twee zuurstofbehandelingen van 100 en 0% zuurstof in het wortelmilieu. Een extra zuurstofbehandeling van ± 45% werd bereikt door de voedingsoplossing niet te beluchten. De opstelling van deze proef was verder gelijk aan die van proef 1.

De stekken, opgekweekt in zand, werden in de voeding (samenstelling zie bijlage 1) gehangen op 3 december 1990. Overdag werd belicht met hogedruk kwiklampen (HPIT, 400 W), één lamp per 6 m. Verder werd de daglengte verlengd tot 16 uur. Vanaf de start werden alle behandelingen belicht met lucht, de temperatuur (dag en nacht) in de kas werd op 18 °C gehouden. De temperatuurniveaus werden ook direct aangelegd.

Op 11 december 1990 (t=0) werden de zuurstofniveaus ingesteld. De

doorstroomsnelheid van het stikstofgas bedroeg 0,61 liter per minuut per bak. Overdag kon de temperatuur oplopen tot 20 °C. In de voeding liep de temperatuur op tot 19 en 24 °C.

Als standaard-voedingsoplossing is gekozen voor het A.O.O.O-schema van chrysant (zie bijlage 1). Afhankelijk van de EC werden de bakken aangevuld met water of voedingsoplossing. Bij pH-daling werd met kaliumwaterstofcarbonaat (1 mol/l) gebruikt om deze te verhogen.

2.2 Waarnemingen

In de eerste proef zijn waarnemingen verricht op 13 november (t=18) en 27 november (t=32) 1990. In de tweede proef zijn de waarnemingen verricht op 21 december (t=10) 1990, 3 januari (t=23) en 17 januari (t=37) 1991. Per oogsttijdstip werden aan het gewas de volgende metingen gedaan:

- aan de spruit - de lengte in cm
 - het gewicht in g (vers/droog)
 - aantal bladeren per₂plant
 - bladoppervlak in cm met behulp van Area-metersysteem (Delta - T)
 - gewasanalyse, nutriënten in mmol/kg drooggewicht (Walinga e.a.,1989) van het laatste oogsttijdstip
- aan de wortel - het gewicht in g (vers/droog)
 - de ademhaling in mg O₂/(g wortel(droog) * uur) met behulp van een biologische zuurstofmonitor (YSI 5300) bij 18 en 23 °C
 - gewasanalyse, nutriënten in mmol/kg drooggewicht (Walinga e.a.,1989) van het laatste oogsttijdstip
- in de voeding - EC, pH en de samenstelling tijdens de teelt.
 - zuurstofgehalte in ‰

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 bladvers / g bladvers).

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

3. RESULTATEN

3.1 Voedingsanalyse

Proef 1:

De resultaten van de voedingsanalyse uit proef 1 staan in tabel 1. Aan de start was de samenstelling van de voeding voor elke behandeling gelijk. Aan het einde van de teelt treden enkele verschuivingen op. Er ontstaat een verhoging in concentraties van nitraat, kalium en ammonium bij de beluchting met lucht (100% zuurstof) als de temperatuur hoger is, terwijl het omgekeerde geldt voor de beluchting met stikstof (0% zuurstof). Opvallend is ook de relatief hoge EC-waarde bij 28 °C als er wordt belucht met lucht.

Tabel 1. Voedingscijfers aan de start en het einde van de teelt per behandeling in proef 1.

		start	einde			einde		
			lucht		stikstof			
			18	23	28	18	23	28
Ec	mS/cm	1,57	1,23	1,26	1,60	1,36	1,35	1,36
Cl	mmol/l	0,37	0,48	0,45	0,48	0,46	0,53	0,53
NO ₃	"	9,6	7,2	7,5	10,1	8,2	7,1	6,4
P ³	"	0,86	0,76	0,74	0,95	0,85	0,80	0,77
K	"	4,5	2,4	2,9	4,5	3,8	3,5	3,3
Mg	"	0,99	0,92	0,93	0,97	0,88	0,86	0,82
Ca	"	2,8	2,8	2,7	2,8	2,6	2,2	2,1
NH ₄	"	0,81	0	0,18	0,53	0,46	1,92	1,80
Na	"	0,55	0,86	0,87	0,88	0,84	0,85	0,84

Het verloop van de pH tijdens de teelt is weergegeven in figuur 1. De pH van de met lucht beluchte behandeling is significant ($p < 0.001$) lager.

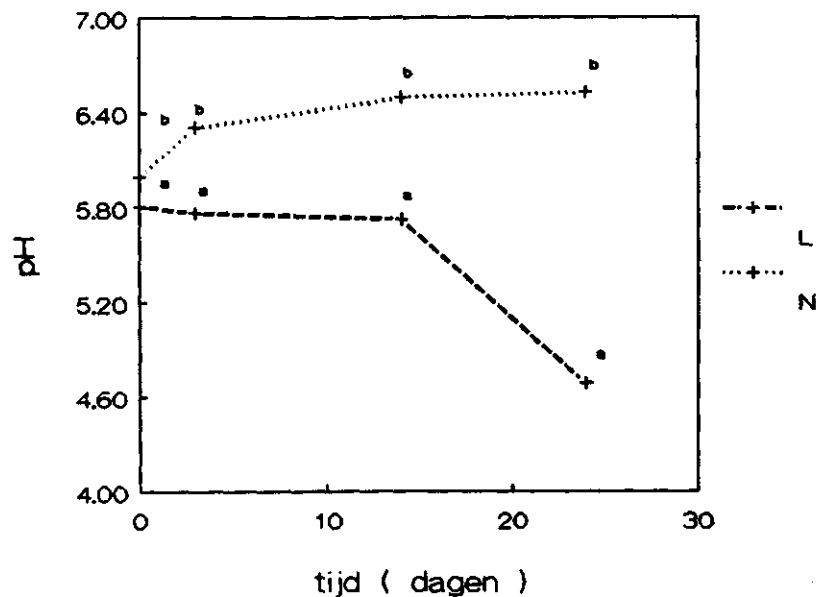


Fig. 1. Verloop van de pH in de tijd
Verschillende letters geven significante verschillen aan ($p < 0.001$)

Proef 2:

De resultaten van de voedingsanalyse aan het einde van proef 2 staan in tabel 2. Natrium en kalium konden door een defect aan de vlamfotometer niet worden bepaald. De behandeling, belucht met stikstof, had een iets hogere EC-waarde. Ook in deze proef loopt de concentratie van nitraat en ammonium op bij een hogere temperatuur bij beluchting met lucht. In mindere mate gaat dit ook op voor de behandeling die niet wordt belucht (stilstaand). En evenals in de eerste proef neemt de concentratie van deze elementen af bij een stijgende temperatuur en beluchting met stikstof.

Tabel 2. Voedingscijfers aan het einde van de teelt in proef 2 per behandeling.

	lucht		stilstaand		stikstof	
	18	23	18	23	18	23
EC ms/cm	1,07	1,27	1,09	1,11	1,31	1,31
Cl mmol/l	0,18	0,23	0,15	0,16	0,14	0,41
NO ₃ "	5,53	7,70	5,67	6,07	6,62	5,25
P ³ "	0,51	0,63	0,56	0,58	0,70	0,67
Mg "	0,82	0,90	0,83	0,86	0,87	0,85
Ca "	2,26	2,43	2,23	2,37	2,20	2,37
NH ₄ "	0	0,10	0	0	0,32	0,16

3.2 Zuurstofconcentratie in de voeding

Proef 1:

Het verloop van de zuurstofconcentratie in de voeding van de met lucht beluchte behandelingen is weergegeven in figuur 2. Na elf dagen zet zich een daling in die zich voortzet gedurende de teelt bij alle behandelingen.

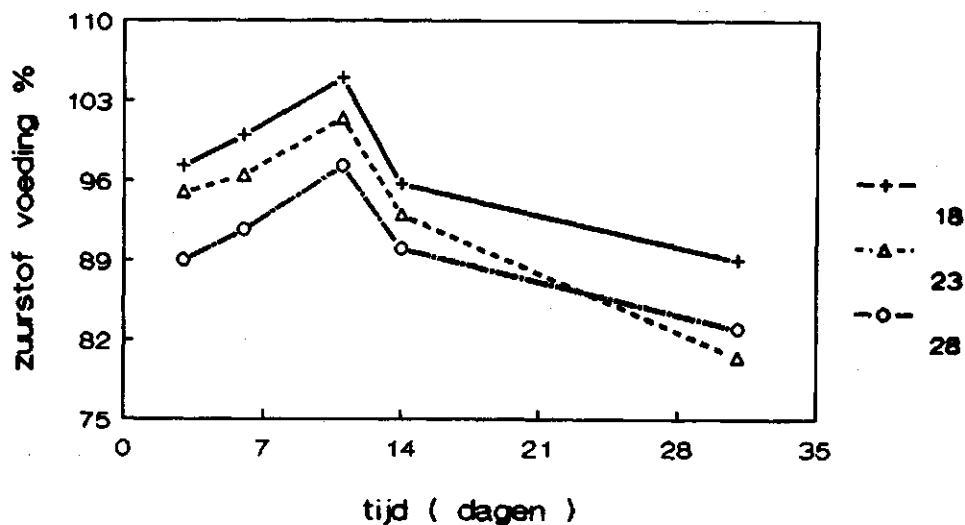


Fig. 2. Zuurstofconcentratie in de voeding in de tijd in % van proef 1.

Bij de stikstif behandelingen was de zuurstofconcentratie gedurende de teelt bij 18 en 23 °C 0% en bij 28 °C 0.5 - 1%.

Proef 2:

Ook hier was in de tijd een daling van de zuurstofconcentratie waarneembaar, met uitzondering echter van de behandeling met stikstof (0% zuurstof). De zuurstofconcentratie in deze behandeling liep op.

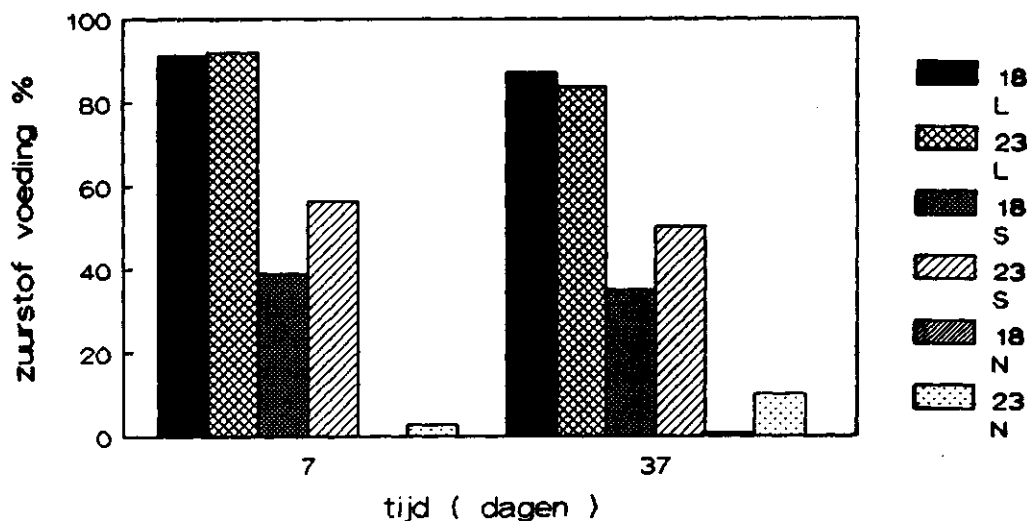


Fig. 3. Zuurstofconcentratie in de voeding in % op t=7 en t=37 in proef 2. (behandelingen: L=lucht; S=stilstaand; N=stikstof; 18=18 °C; 23=23 °C).

Opvallend is de hogere zuurstofconcentratie bij 23 °C bij stilstaand en stikstof behandelingen.

3.3 Ademhaling en porositeit van de wortel

De wortelademhaling is in beide proeven bij 18 en 23 °C bepaald. In proef 1 is dit gebeurd in de eerste oogst en in proef 2 in elke oogst. Tabel 3 geeft een overzicht.

Tabel 3. Wortelademhaling bij 18 en 23 °C in mg O₂/(per gram wortel(droog) * uur) van proef 1 en proef 2. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0,05).

tijd	Proef 1		tijd	Proef 2	
	18	23		18	23
t1-18	2,99 a	4,28 b	t1-10	3,14	4,29
			t2-23	2,77	3,16
			t3-35	3,46 a	5,20 b

Een hogere temperatuur geeft een significant hogere wortelademhaling.

De porositeit van de wortel is alleen in proef 2 bepaald aan het einde van de teelt. Tabel 4 geeft de resultaten weer.

Tabel 4. Porositeit van de wortel aan het einde van de teelt in %

	L	S	N
18	1,96	4,01	5,66
23	1,94	4,55	5,27

Hieruit blijkt dat bij een dalende zuurstofconcentratie de wortelporositeit stijgt.

3.4 Groei en ontwikkeling bij wortel en spruit

Proef 1:

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

Tabel 5. Wortelgewicht (g vers, droog), drogestof (%) bij de verschillende temperaturen en behandelingen (L=lucht, N=stikstof) aan het einde van de teelt. Verschillende letters geven significante verschillen aan ($p < 0.05$).

	18		23		28	
	L	N	L	N	L	N
wortelvers	3,85 b	0,23 a	3,30 ab	0,31 a	0,69 a	0,33 a
worteldroog	0,16 b	0,02 a	0,17 b	0,02 a	0,04 a	0,03 a
% drogestof	4,25	7,22	5,09	6,93	6,39	9,18

Een temperatuur van 28 °C gaf bij beide behandelingen een slechte groei. Beluchten (L) gaf bij 18 en 23 °C significante betere resultaten. Het percentage drogestof is over alle temperaturen significant lager bij beluchten met lucht. Figuur 4 geeft het wortel versgewicht op t1=18 en t2=32.

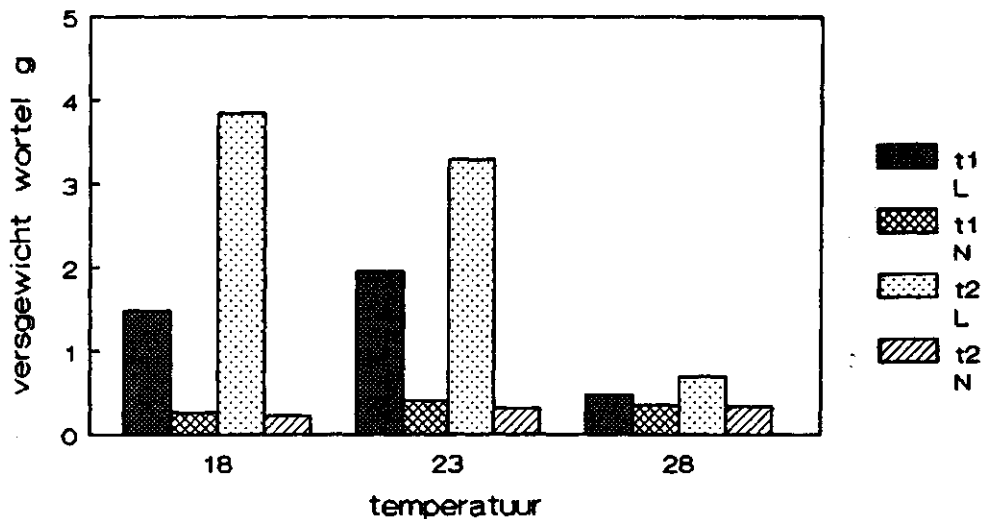


Fig. 4 Versgewicht wortel in g op t1=18 en t2=32

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

Tabel 6. Steellengte (cm), steelgewicht (g vers, droog), bladgewicht (g vers, droog), aantal bladeren, bladoppervlak (cm² per plant) en het percentage drogestof (%) bij de verschillende temperaturen en behandelingen (L=lucht, N=stikstof) aan het einde van de teelt. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0.05).

	18		23		28	
	L	N	L	N	L	N
steellengte	56,6 b	53,0 b	51,2 b	50,4 b	33,6 a	42,6 a
steelvers	14,9	10,5	14,2	11,0	4,39	7,10
steeldroog	1,51	1,37	1,40	1,29	0,51	0,76
bladvers	23,9 b	13,1 a	24,5 b	15,7 a	5,31 a	10,7 a
bladdroog	1,92	1,28	1,93	1,56	0,92	1,04 a
nblad	22	21	23	22	19	19
bladoppervlak	661 b	419 ab	663 b	459 ab	150 a	461 ab
% drogestof	8,82 a	11,2 ab	8,61 a	10,7 ab	15,3 b	9,98 ab

Er zijn significante verschillen bij steellengte, bladgewicht vers, bladoppervlak en percentage drogestof. Geen of nauwelijks significante verschillen zijn er in de combinatie van temperatuur X beluchting bij steelvers, steeldroog, bladdroog en aantal bladeren. Wel waren er significante temperatuureffecten voor steellengte, steel (vers, droog), blad (vers, droog), nblad, bladoppervlak en percentage drogestof. De oorzaak van deze temperatuureffecten kan voornamelijk worden toegeschreven aan de slechte ontwikkeling bij 28 °C. Figuur 5 geeft het bladoppervlak in de tijd weer.

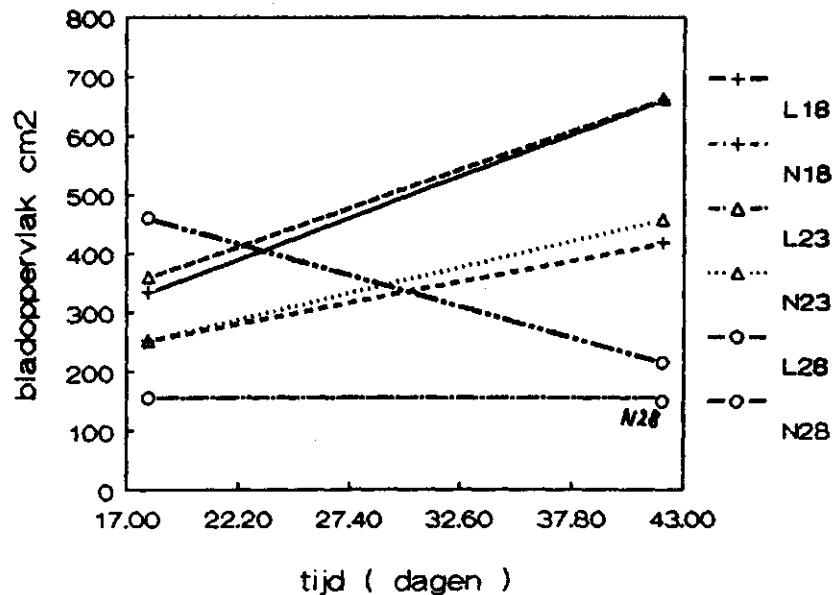


Fig. 5 Bladoppervlak in de tijd van de verschillende behandelingen.

Opvallend zijn de cijfers bij de met lucht beluchte behandeling bij 28 °C. Deze behandeling zag er op de bak ook slecht uit. De planten waren vooral dunner van steel, korter en hadden ook kleinere bladeren.

De berekende parameters spruitwortelverhouding (vers/droog), Specific Leaf Area en Leaf Weight Ratio worden weergegeven in tabel 7. Ook hier kunnen de significante temperatuurverschillen in grote maten worden toegeschreven aan de slechte ontwikkeling bij 28 °C.

Tabel 7. Spruitwortelverhouding (g/g(spruit/wortel)), Specific Leaf Area (bladoppervlak cm /bladgewicht droog) en de Leaf Weight Ratio (bladgewicht g droog/plantgewicht g droog) bij verschillende temperaturen en behandelingen (L=lucht, N=stikstof) aan het einde van de teelt. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0.05).

	18		23		28	
	L	N	L	N	L	N
s/w-vers	10,5	101,5	12,0	97,2	14,2	52,2
s/w-droog	21,8 a	157,4 b	20,3 a	154,8 a	33,5 a	56,8 a
SLA	348	330	348	293	160	492
LWR	0,53	0,48	0,55	0,55	0,63	0,58

De spruitwortelverhouding (vers/droog) verschilde significant als het de behandeling met lucht of stikstof betrof.

Proef 2:

In tabel 8 worden het wortelgewicht (vers/droog) en het percentage drogestof weergegeven. Behandelen met stikstof gaf de slechtste groei onafhankelijk van de temperatuur. Er waren geen significante verschillen in het gewicht (vers/droog) tussen beluchten met lucht en niet beluchten (stilstaand). Het percentage drogestof was bij behandelen met stikstof significant hoger ten opzichte van beluchten met lucht en niet beluchten.

Tabel 8. Wortelgewicht (g vers, droog), drogestof (%) bij de verschillende temperaturen en behandelingen (L=lucht, N=stikstof, S=stilstaand) aan het einde van de teelt. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0.05).

	L		S		N	
	18	23	18	23	18	23
wortelvers	7,21	6,88	5,67	4,86	0,72	1,59
worteldroog	0,40	0,44	0,26	0,24	0,09	0,13
% drogestof	5,66 a	6,56 ab	4,56 a	4,56 a	13,18 b	8,36 b

De behandeling met stikstof komt er als slechtste uit. Opvallend is dat bij 18 °C het wortelgewicht relatief klein is ten opzicht van dat bij 23 °C.

Figuur 6 geeft een overzicht van het percentage drogestof in de wortel in de tijd.

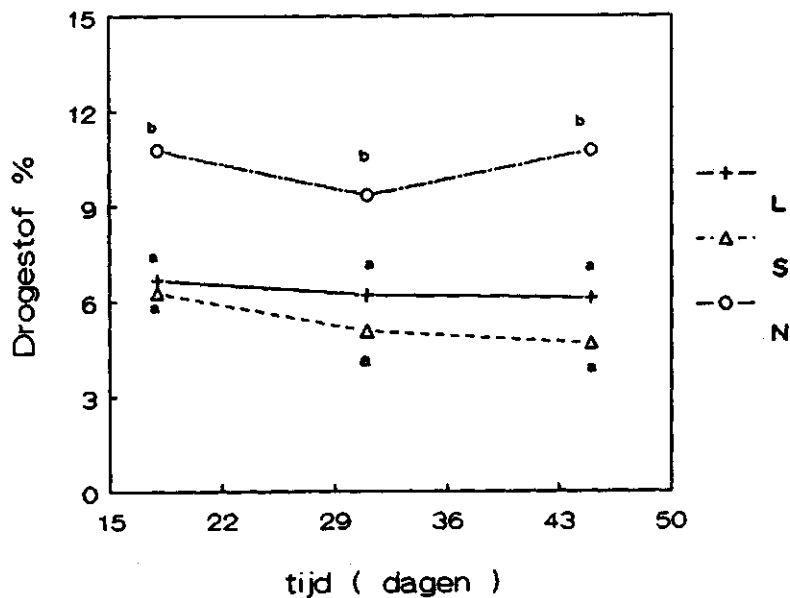


Fig. 6 Percentage drogestof in % op t1=10, t2=23 en t3=35 in de wortel. Verschillende letters geven significante verschillen aan ($p < 0.05$).

Niet beluchten gaf een significant hoger percentage drogestof.

Tabel 9 geeft weer de steellengte, steelgewicht (vers/droog), bladgewicht (vers/droog), aantal bladeren, bladoppervlak en het percentage drogestof.

Tabel 9. Steellengte (cm), steelgewicht (g vers, droog), bladgewicht (g vers, droog), aantal bladeren, bladoppervlak (cm^2 per plant) en het percentage drogestof (%) bij de verschillende temperaturen en behandelingen (L=lucht, N=stikstof, S=stilstaand) aan het einde van de teelt. Verschillende letters geven significante verschillen aan ($p < 0.05$).

	L		S		N	
	18	23	18	23	18	23
steellengte	64,8 b	65,1 b	65,0 b	59,7 b	40,9 a	58,8 b
steelvers	19,6	25,9	18,5	15,9	5,29	11,2
steeldroog	2,28	3,16	2,32	1,79	1,28	1,60
bladvers	27,1	33,9	23,8	22,1	4,7	12,6
bladdroog	4,11	3,38	2,54	2,22	0,72	1,44
nblad	23	24	22	22	18	24
bladoppervlak	784	945	658	663	171	430
% drogestof	15,1	11,0	11,4	10,5	20,6	12,7

Behandelen met stikstof geeft significant lagere waarden voor steellengte, steelgewicht (vers/droog), bladgewicht (vers/droog), nblad en bladoppervlak ten opzichte van beluchten met lucht of in stilstaande voedingsoplossing, onafhankelijk van de temperatuur.

De berekende parameters spruit/wortelverhouding (vers/droog), Specific Leaf Area en Leaf Weight Ratio worden weergegeven in tabel 10.

Tabel 10. Spruit/wortelverhouding (g/g(spruit/wortel)), Specific Leaf Area (bladoppervlak cm / bladgewicht droog) en de Leaf Weight Ratio (bladgewicht g droog/plantgewicht g droog) bij verschillende temperaturen en behandelingen (L-lucht, N-stikstof) aan het einde van de teelt. Verschillende letters geven significante verschillen aan ($p < 0.05$).

	L		S		N	
	18	23	18	23	18	23
s/w-vers	6,52	8,96	7,46	7,80	14,55	15,32
s/w-droog	16,89	14,94	18,56	17,06	22,50	23,40
SLA	232	279	269	305	239	302
LWR	0,58	0,48	0,34	0,46	0,50	0,52

Er waren geen significante verschillen in spruit/wortelverhouding (vers/droog), Specific Leaf Area en Leaf Weight Ratio.

3.5 Gewasanalyse

Proef 1:

De resultaten van de gewasanalyses worden weergegeven per kilogram droog/vers gewicht in tabel 11. De berekende drooggewichtconcentraties van P, K, Zn en NO_3^- zijn significant hoger als men belucht met lucht. Behalve NO_3^- zijn er geen temperatuureffecten waarneembaar. Berekening van de versgewichtconcentraties laat zien dat bij de behandeling van 28 °C N total, P, K, Mg, Ca, Zn, en Cl significant hoger zijn als men belucht met lucht. Mn geeft bij een hogere temperatuur en beluchten met lucht een significant hoger gehalte.

Tabel 11. Element gehalten in mmol/kg droog/vers gewicht en percentage drogestof in blad aan het einde van de teelt. Verschillende letters geven significante verschillen aan ($p < 0.05$).

	18		23		28	
	L	N	L	N	L	N
drooggewichtbasis						
N total	4303 b	3489 ab	4036 ab	3517 ab	3257 a	3808 ab
P	255 b	180 a	263 b	194 a	198	231
K	2211 b	1835 a	2111 b	1875 a	2017 a	2025 a
Mg	77 a	79 ab	83 ab	93 ab	118 b	98 ab
Ca	268	259	279	271	370	276
Zn	1,82 a	1,67 a	3,70 b	1,35 a	1,92 b	1,32 a
Cu	0,26 a	0,11 a	0,37 b	0,15 a	0,22 a	0,26 a
Mn	3,86 b	2,20 a	5,57 b	2,08 a	3,62 b	2,62 ab
NO_3^-	1323 c	940 b	1250 bc	777 a	521 a	740 a
Cl	89 a	166 a	124 a	192 a	313 b	269 b

	18		23		28	
	L	N	L	N	L	N
% drogestof	8,0	9,7	7,9	10,0	17,3	9,6
versgewichtbasis						
N total	344 a	339 a	307 a	352 a	564 b	366 a
P	20 a	18 a	20 a	19 a	34 b	22 a
K	177 a	178 a	161 a	187 a	349 b	194 a
Mg	6 a	8 a	6 a	10 a	20 b	9 a
Ca	21 a	25 a	21 a	27 a	64 b	27 a
Zn	0,15 a	0,16 a	0,29 ab	0,14 a	0,33 b	0,14 a
Cu	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03
Mn	0,31 ab	0,22 a	0,43 b	0,21 a	0,63 c	0,25 a
NO ₃	106	92	95	78	90	71
Cl	7 a	16 ab	10 a	20 ab	54 c	26 b

Opvallend is het hoge % drogestof bij de met lucht beluchte behandeling bij 28 °C.

Proef 2:

Tabel 12 geeft de resultaten weer van de gewasanalyses per kilogram droog/vers gewicht. De behandeling van 18 °C en belucht met lucht geeft voor N total, P, K, Zn, Mn, en NO₃ significant hogere concentraties ten opzichte van de andere behandelingen te zien. Een hoge temperatuur geeft significant hogere gehalten bij Cl, Mn, en Zn (het Zn-gehalte is echter ook afhankelijk van de zuurstof concentraties). Berekening op basis van versgewicht geeft, voor de behandeling van 18 °C en belucht met lucht, voor N total, P, K, Mg, Ca, Mn, Fe en NO₃ een significant hoge concentratie ten opzichte van de andere behandelingen te zien.

Tabel 12. Element gehalten in mmol/kg droog/vers gewicht en percentage drogestof in blad aan het einde van de teelt. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0.05).

	L		S		N	
	18	23	18	23	18	23
drooggewichtbasis						
N total	4047 b	3563 b	3611 b	3595 b	2784 a	3328 ab
P	285 c	214 bc	227 bc	229 bc	134 a	196 ab
K	1881 c	1688 bc	1748 c	1767 c	1041 a	1424 bc
Mg	80	84	51	59	66	59
Ca	211	219	125	191	121	145
Zn	1,50 a	5,89 c	1,30 a	2,80 b	1,02 a	1,45 a
Cu	0,60	1,10	0,63	0,76	1,29	0,59
Mn	6,58 c	9,50 d	3,27 a	4,64 b	3,41 a	3,89 ab
Fe	2,47	2,09	2,36	2,90	2,02	2,72
NO ₃	1465 bc	1008 b	1006 b	987 b	224 a	610 ab
Cl	68	105	55	93	123	169

L

S

N

	18	23	18	23	18	23
% drogestof	15,2	10,0	10,5	10,0	15,6	11,4
versgewichtbasis						
N total	615 b	351 a	380 a	360 a	434 a	379 a
P	43 b	24 a	24 a	23 a	21 a	23 a
K	286 b	164 a	184 a	177 a	162 a	163 a
Mg	12 c	8 ab	5 a	6 a	10 bc	7 ab
Ca	32 b	21 ab	13 a	19 ab	19 ab	17 ab
Zn	0,23	0,50	0,14	0,28	0,16	0,17
Cu	0,09	0,13	0,07	0,08	0,20	0,07
Mn	1,00 c	0,78 bc	0,34 a	0,46 ab	0,54 ab	0,44 ab
Fe	0,38 b	0,21 a	0,25 ab	0,29 ab	0,42 b	0,31 ab
NO ₃	223 b	101 a	106 a	99 a	37 a	71 a
Cl	10	16	6	10	19	19

4. DISCUSIE

Proef 1:

De voedingsanalyse laat zien dat de pH bij de met lucht beluchte behandeling (figuur 1) significant lager is ten opzichte van de stikstof-beluchte behandeling. De pH-daling is waarschijnlijk het gevolg van de hogere ammoniumopname (tabel 1) bij de met lucht beluchte behandeling. De daling van de zuurstofconcentratie in de tijd is waarschijnlijk evenredig aan de groei van het gewas.

Een hogere temperatuur in het wortelmilieu gaf een significant hogere wortelademhaling (tabel 3, Berry e.a, 1949). Zichtbaar slecht was de temperatuurbehandeling van 28°C, dit onafhankelijk van de beluchting. Opvallend is de afname in versgewicht van wortel (tabel 5) en spruit (tabel 6) als de temperatuur stijgt. Ook dit onafhankelijk van de beluchting.

De gewasanalyses uitgerekend op drooggewichtbasis (tabel 11, Baas, 1991) geven voor alle elementen significant hogere gehalten voor de met lucht beluchte behandeling. Uitgerekend op versgewichtbasis zijn er geen significant hogere gehalten.

Proef 2:

Uit de voedingsanalyse lijken nitraat en ammonium moeilijker te worden opgenomen bij een hogere temperatuur (tabel 2). De zuurstofconcentratie was bij 28°C significant hoger in de behandelingen stilstaand en stikstof belucht. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan de convectiestroming (stroming in het water die ontstaat door temperatuurverschillen).

Ook hier een significant hogere wortelademhaling (tabel 3). Het versgewicht van wortel (tabel 8) en spruit (tabel 9) neemt toe bij een hogere temperatuur. Een uitzondering hierop is de behandeling stikstof belucht bij 18°C die significant minder was ten opzichte van de andere behandelingen.

Uit gewasanalyses berekend op versgewichtbasis blijkt dat de met lucht beluchte behandeling bij 18°C voor alle elementen (met uitzondering van zink en koper) significant hogere gehalten geeft. Bij de gewasanalyses berekend op drooggewichtbasis worden de significante verschillen hoofdzakelijk bepaald door de stikstofbehandeling bij 18°C.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

In oktober 1990 is een proef opgezet met chrysant om het effect van zuurstofbeschikbaarheid in het wortelmilieu in samenhang met de temperatuur te toetsen. Zes behandelingen zijn aangelegd, te weten beluchten met lucht of stikstof bij 18, 23 en 28°C. Aansluitend werd een tweede proef aangelegd in december 1990. Ook hier zes behandelingen, te weten beluchten met lucht, stikstof of niet beluchten bij 18 en 23°C.

Significante verschillen werden gevonden bij wortelademhaling, versgewicht wortel en spruit en elementgehalten in beide proeven als gevolg van de temperatuur en de zuurstofbehandelingen. Een interactie tussen zuurstofconcentratie en temperatuur kon echter niet worden aangetoond. Dit was waarschijnlijk toe te schrijven aan de convectiestroming in de bakken (de verwarming ligt onder in de bak).

6. LITERATUUR

- Baas, R., (1991). - Effect van zuurstofbeschikbaarheid in het wortelmilieu op trossanjer 'Adelfie'. PBN, Rapport nr. 109
- Berry, L.J. and W.E. Norris (1949). - Studies of onion root respiration: I Velocity of oxygen consumption in different segments of root at different temperatures as a function of partial pressure of oxygen. *Biochimica et Biophysica acta*, 3 : 593-606
- Jackson, B., (1980). - Aeration in the nutrient film technique of glasshouse crop production and the importance of oxygen, ethylene and carbon dioxide. *Acta Horticulturae* 98, 61 - 78
- Nieuwenhuizen, W.N., (1983). - The effect of solar radiation and nutrient solution temperature on the uptake of oxygen by submerged roots of mature tomato plants. *Plant and Soil* 70, 353 - 366
- Warmenhoven, M., R. Baas, (1990). - Effect van beschikbaarheid van zuurstof in het wortelmilieu bij snijbloemen. PBN, Rapport nr. 96

BIJLAGE 1

De voedingsoplossing voor chrysaant.

Bron: Voedingsoplossingen voor groenten en bloemen, geteeld in water of substraat. C. Sommeveld, N. Straver. Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw NO. 8

NO ₃	mmol/l	10,5
H ₂ PO ₄		1,0
SO ₄		1,0
NH ₄		1,0
K		5,0
Ca		2,75
Mg		1,0
Fe	umol/l	60
Mn		20
Zn		3
B		20
Cu		0,5
Mo		0,5