

CODEN: IBBRAH (13-87) 1-74 (1988)

ISSN 0434-6793

I N S T I T U U T V O O R B O D E M V R U C H T B A A R H E I D

RAPPORT 13-87

TEELT VAN LAANBOMEN EN CHRYSANT OP STEENWOL BUITEN

With a summary: Outdoor production of Acer and Chrysanthemum on rockwool

door

J. VAN DER BOON

1511 241762

1988

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003,
9750 RA Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 13-87 (1988) 74 pp.

INHOUD

1. Teelt van Acer op steenwol buiten: concentratie en aard van de voedingsoplossing, frequentie van watergeven en grootte van het steenwolblok. Onderzoek in 1981, 1982, proef IB 5063	5
1.1. Inleiding	5
1.2. Opzet IB 5063 (1981)	5
1.3. Resultaten	8
1.3.1. Groei op steenwol	8
1.3.1.1. Acer, 1981	8
1.3.1.2. Acer, Morus, Liriodendron en Corylus, 1981	9
1.3.2. Groei na uitplanten in 1982	10
1.3.3. Gewasonderzoek	14
1.3.3.1. Acer	14
1.3.3.2. Acer, Morus, Liriodendron en Corylus	15
1.3.4. Analyseresultaten van steenwolvocht	15
1.3.4.1. pH-H ₂ O in proef met Acer	15
1.3.4.2. EC in proef met Acer	17
1.3.4.3. pH-H ₂ O en EC in proef met vier gewassen	19
1.3.4.4. Gehalte aan kat- en anionen	19
1.3.4.5. Gehalte aan spoorelementen	20
1.3.5. De verbruikte hoeveelheid voedingsoplossing	22
2. Teelt van Prunus en Ulmus op steenwol buiten: steenwolblok, -granulaat en potgrootte. Onderzoek in 1982, 1983, proef IB 5067	27
2.1. Inleiding	27
2.2. Opzet IB 5067 (1982)	27
2.3. Resultaten	29
2.3.1. Groei van Prunus en Ulmus op diverse potvullingen en -grootten	30
2.3.1.1. Prunus in 1982	30
2.3.1.2. Ulmus in 1982	31
2.3.1.3. Prunus en Ulmus in 1982	31
2.3.1.4. Prunus en Ulmus na uitplanten in 1983	34
2.3.2. Groei van Prunus op RHP met toenemende hoeveelheid granulaat	35
2.3.3. Onderzoek van steenwolvocht en grond	36
2.3.4. De verbruikte hoeveelheid voedingsoplossing	41

3. Teelt van chrysant op steenwol buiten: RHP-B-potgrond/steenwol-granulaat, mate van aandrukken, frequentie watergeven. Onderzoek in 1983, proef IB 5076	45
3.1. Inleiding	45
3.2. Opzet IB 5076 (1983)	45
3.3. Resultaten	48
3.3.1. Groei en bloei van chrysant in 1983	48
3.3.2. Onderzoek van grond en afzuigvocht	51
3.3.3. Fysische kenmerken	54
3.3.3.1. Watercapaciteit	54
3.3.3.2. De pF-bepaling	54
3.3.3.3. Relatie tussen groei van de plant en fysische kenmerken van de potgrond	58
3.3.4. De verbruikte hoeveelheid voedingsoplossing	61
4. Discussie	65
5. Samenvatting	67
6. Summary	71
7. Literatuur	74

1. TEELT VAN ACER OP STEENWOL BUITEN: CONCENTRATIE EN AARD VAN DE VOEDINGSOPLOSSING, FREQUENTIE VAN WATERGEVEN EN GROOTTE VAN HET STEENWOLBLOK. Onderzoek in 1981, 1982, proef IB 5063

1.1. Inleiding

De in dit hoofdstuk beschreven proef (IB 5063) vormt een voortzetting van het onderzoek naar de groei van boomkwekerijgewassen op steenwol (De Jong, 1978; Niers, 1980; Van der Boon en Miljoen-Van den Handel, 1987).

Doel van het onderzoek in IB 5063 (1981) was na te gaan of teelt op kleinere steenwolblokken dan de tot nu toe gebruikte van 6 liter met succes mogelijk was. Indien dit bevestigend zou worden beantwoord, zou het transport van de bomen naar de afnemers handzamer zijn. Daar de waterhuishouding en het niveau van de gehalten aan voedingsstoffen in kleinere blokken moeilijker te handhaven zijn, werd niet alleen de concentratie van de oplossing gevarieerd, maar ook de dagelijkse frequentie van watergeven.

De proef werd met twee voedingsoplossingen, die in de loop van het groeiseizoen afzonderlijk van concentratie veranderden, uitgevoerd. De oplossingen werden bovendien gecombineerd met 3 steenwolblokgrootten en 2 frequenties van druppelen. Na afloop van het groeiseizoen werd de invloed van de behandelingen en verschillende overwinteringsmethoden op het aanslaan bij uitplanten in de vollegrond en op de groei daarna onderzocht.

In de proef werd daarnaast het onderzoek met moeilijk te telen gewassen (IB 5061), gestart in 1980, voortgezet.

1.2. Opzet IB 5063 (1981)

In 1981 werd naast de "grote" proef tevens een "kleine" proef uitgevoerd.

De grote proef omvatte 12 behandelingen die in 2 herhalingen werden uitgevoerd met 8 planten per veldje. De 12 behandelingen werden gevormd door 2 verschillende voedingsoplossingen, die in de loop van het groeiseizoen afzonderlijk van concentratie werden veranderd, gecombineerd met 3 steenwolblokgrootten (1, 3 en 6 l) en met 2 frequenties van druppelen

(1 resp. 3 maal per dag) (tabel 1.1). Als gewas werd genomen *Acer saccharinum* 'Pyramidale', waarvan op 14 mei goed beworteld stek buiten in de grote proef werd uitgezet. Er werd aanvankelijk 1 x gedruppeld in de namiddag bij alle objecten. Tijdens het groeiseizoen in 1981 vond verandering van de concentraties plaats op 28 mei, 25 juni en 3 september.

TABEL 1.1. Verandering van de concentratie tijdens het groeiseizoen in 1981.

TABLE 1.1. Change of concentration during the growing season in 1981.

Grote proef			Kleine proef		
datum verand.	opl. I	opl. II	datum verand.	opl. I	opl. II
14/5	1/2 c NH_4	1/2 c NH_4	2/6	1/2 c NO_3	1/2 c NH_4
28/5	c NH_4	3/4 c NH_4	16/6	c NO_3	c NH_4
25/6	1 1/2 c NH_4	9/8 c NH_4	14/7	1 1/2 c NO_3	1 1/2 c NH_4
3/9	c NH_4	3/4 c NH_4	8/9	c NO_3	c NH_4

c NO_3 = 1 g kalksalpeter + 0.833 g Nutriflora-t 2+11+40+5 per liter = 152 mg NO_3 -N en 200 mg Ca + 17 mg N, 40 mg P, 276 mg K, 25 mg Mg, 100 mg S, 0.58 mg Fe, 1.08 mg Mn, 0.33 mg B, 0.25 mg Zn, 0.058 mg Mo en 0.017 mg Cu per liter.

c NH_4 = 0.95 g kalksalpeter + 0.833 g Nutriflora-t + 0.036 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ per liter. Dit betekent 7 mg N als NH_4 -N en 8 mg S per liter meer en 10 mg Ca/l minder t.o.v. c NO_3 .

Voor het samenstellen van de voedingsoplossing werd het produkt Nutriflora-t gebruikt. De normale concentratie "c" bevatte 0.833 g Nutriflora-t 2+11+40+5 (+ spoorelementen) + 1.0 g kalksalpeter per liter demi-water. Het toedienen van de voedingsoplossing in iedere druppelbeurt werd voortgezet totdat de steenwolblokken gingen doorlekken.

In de herfst van 1981 werden de 16 planten die per behandeling aanwezig waren opgedeeld in vier zoveel mogelijk gelijkwaardige groepen, waarvan één groep werd afgeogst en de andere drie op verschillende wijzen overwinterden (tabel 1.2), op dezelfde wijze als in de proef IB 5055 (1979) en IB 5061 (1980) (Van der Boon en Miljoen-Van den Handel, 1987). Van de drie laatste groepen werden exemplaren na de overwintering uitgeplant op zand in Haren en op klei op de Proeftuin "De Boutenburg" te Lienden.

De kleine proef bestond uit 2 behandelingen die in 6 herhalingen werden uitgevoerd, één voedingsoplossing met stikstof uitsluitend als nitraat en één met nitraat en 5% NH_4 -N. Elk van de 12 veldjes was

samengesteld uit 8 planten, geplaatst op 6-liter steenwolblokken, met de vier aanwezige plantesoorten elk in tweevoud. De twee behandelingen bestonden uit twee verschillende voedingsoplossingen, die evenals bij de grote proef in de loop van het groeiseizoen afzonderlijk van concentratie werden veranderd en wel op 16 juni, 14 juli en 8 september (tabel 1.1). Als gewassen van de kleine proef waren duurdere en/of moeilijk te kweken gewassen genomen als *Acer cappadocium* 'Rubrum' (esdoorn), *Liriodendron tulipiferum* (tulpeboom), *Corylus colurna* (boomhazelaar) en *Morus alba* (moerbei). De planten waren afkomstig van de in 1980 uitgevoerde proef IB 5061, en gedurende de winter vorstvrij overgehouden in de kas. De planten werden op 8 mei bemest met 100 ml Kristallijn-oplossing (1 g per liter), nadat de blokken eerst vochtig waren gemaakt met demi-water. Op 2 juni werd de proef volgens schema opgesteld en gestart met druppelen. De frequentie van druppelen was bij de kleine proef afhankelijk van de waterbehoefte van de plant.

In de herfst van 1981 werden de 48 planten die per behandeling in de kleine proef aanwezig waren, opgedeeld in twee zoveel mogelijk gelijkwaardige groepen, waarvan één groep (1 plant per cultivar per veldje) werd afgeoogst; de overige planten werden uitgeplant op zand.

TABEL 1.2. Wijze van opdelen van de 16 planten van de grote proef in najaar 1981 naar behandeling: afoogsten, overwinteringsmethoden en uitplanten.

TABLE 1.2. Method of partition of the 16 plants in the large experiment in the autumn of 1981 into harvesting, method of wintering, and planting.

Groeps-nummer	Overwinteringsmethode	Grondsoort waarop uitgeplant ¹⁾	Aantal planten
1	geen: materiaal werd afgeoogst		4
2	herfst uitgeplant	zand	2
		klei	2
3	herfst, winter in de kas, in voorjaar uitgeplant	zand	2
		klei	2
4	herfst, winter buiten in de steenwolblokken op de grond, in het voorjaar uitgeplant	zand	2
		klei	2

1) zandgrond IB te Haren
kleigrond "De Boutenburg" te Lienden

Tijdens het groeiseizoen 1981 werden de planten beoordeeld op verschillende eigenschappen.

Stamdikte en stamlengte van elke plant werden maandelijks gemeten. Stand en kleur werden per veldje geschat.

Versgewicht, drooggewicht en % drogestof tijdens het groeiseizoen in pas volgroeid blad werden per veldje bepaald bij de grote proef en per gewas in tweevoud bij de kleine proef.

Aan het einde van het groeiseizoen zijn het totale versgewicht, drooggewicht en % drogestof in het blad en hout bepaald na afoogsten van twee planten per veldje bij de grote proef en één plant per cultivar per veldje bij de kleine proef.

1.3. Resultaten

1.3.1. Groei op steenwol

1.3.1.1. Acer, 1981. De groei van het gewas werd door schattingen en metingen tijdens het groeiseizoen vastgelegd.

Bij statistische analyse bleken potgrootte en frequentie van watergeven als hoofdeffect statistisch betrouwbare verschillen te geven bij de stand- en kleurcijfers en bij de stamlengte- en stamdiktemetingen vanaf midden augustus. De concentratie van de voedingsoplossing had alleen een significant effect op de kleurcijfers. Bij de verschillende gewassenmerken was alleen de interactie tussen potgrootte en frequentie van watergeven betrouwbaar.

De stamlengte en -dikte bleven achter bij de planten op de 1-1 blokken, terwijl die voor planten op 3- en 6-1 blokken geen verschillen vertoonden, ook niet aan het eind van het seizoen (tabel 1.3, fig. 1.1). De stand- en kleurcijfers van de planten op de grootste blokken werden nog iets hoger gewaardeerd dan die van de planten op 3-1 blokken (tabel 1.4). De planten hadden een betere stand en kleur en groeiden aan het eind van het seizoen verder uit als driemaal per dag voedingsoplossing werd bijgedruppeld in plaats van eenmaal per dag.

De interactie tussen potgrootte en frequentie van watergeven gaf aan dat de groei in de 1-1 blokken bij eenmaal druppelen per dag sterk achterbleef (figuur 1.2). Dit was bij dezelfde blok grootte veel minder het geval als de voedingsoplossing driemaal per dag werd bijgedruppeld. De groei bij eenmaal druppelen nam toe naarmate het blok groter was. Bij driemaal druppelen waren stand, kleur en groei op de diverse tijdstippen in het seizoen herhaaldelijk het beste bij de planten op het 3-1 blok.

TABEL 1.3. Invloed van de behandelingen op stamdikte van Acer.
TABLE 1.3. Effect of treatments on stem thickness of Acer.

Behandeling	Stamdikte, mm					
	12/5	16/6	14/7	18/8	17/9	14/10
Voedingsopl.						
I hogere conc.	3.52	4.48	7.51	12.06	15.28	16.17
II lagere conc.	3.49	4.48	7.52	12.19	15.24	16.29
Freq. water						
1 x	3.52	4.52	7.53	11.85	14.70	15.68
3 x	3.49	4.44	7.50	12.40	15.82	16.78
Potgrootte						
1 1	3.56	4.40	7.31	11.57	14.39	15.19
3 1	3.47	4.51	7.68	12.54	15.78	16.80
6 1	3.50	4.53	7.56	12.26	15.61	16.70
Stat. verw.						
voedingsopl.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
freq. drupp.	n.s.	n.s.	n.s.	++	+++	+++
potgrootte	n.s.	n.s.	+	+++	+++	+++
freq. x potgr.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	+	(+)

Bij de eind oogst op 14 oktober bleek dat frequenter druppelen een significant hoger gewicht aan blad en hout gaf, terwijl de 1-1 blokken statistisch betrouwbaar in opbrengst achterbleven (tabel 1.5). De hierboven gesignaleerde wisselwerking tussen deze twee factoren was bij de gemiddelden nog duidelijk waarneembaar, zij het niet statistisch betrouwbaar.

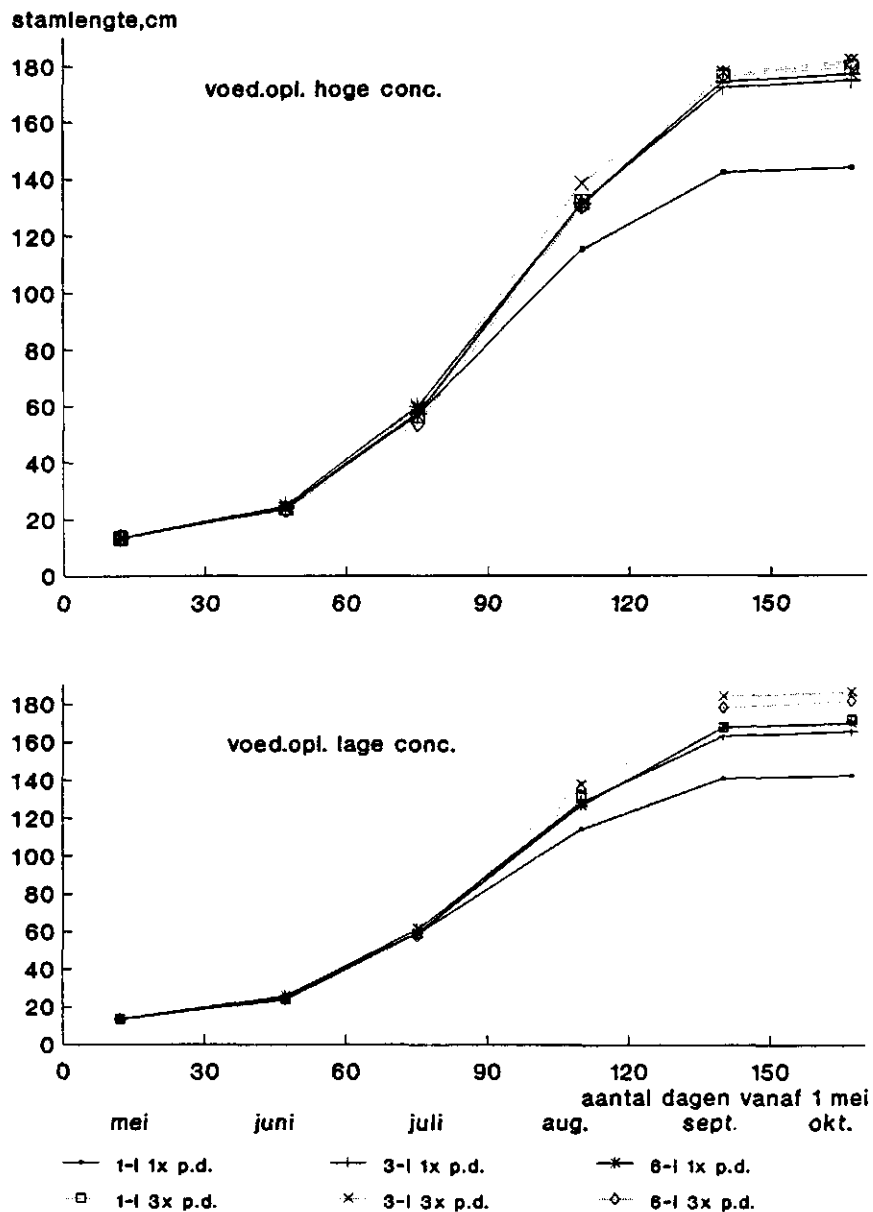
Bij de toediening van de voedingsoplossing met een lagere concentratie - van oplossing II drie vierde van oplossing I - bleef aan het eind van de zomer het gewas enigermate in stand en groei achter, terwijl de kleur lichter groen was.

1.3.1.2. *Acer*, *Morus*, *Liriodendron* en *Corylus*, 1981. Het onderzoek naar teeltmogelijkheden van de vier moeilijker te telen gewassen op steenwol, dat in 1980 was gestart, werd voortgezet. Ook in het tweede jaar werd geen duidelijk statistisch betrouwbaar verschil in effect op groei gevonden tussen de voedingsoplossing met stikstof uitsluitend in nitraatvorm en de oplossing die 5% van de N in ammoniumvorm bevatte. De gewassen groeiden redelijk goed. Bij de ene plantesoort leidde ammoniumtoediening wel tot een donkerder groene bladkleur, bij de andere niet. Ook de

eindopbrengst aan hout en blad was naar plantesoort verschillend (tabel 1.6).

1.3.2. Groei na uitplanten in 1982

Tabel 1.7 geeft de resultaten van de invloed van verschillende overwinteringsmethoden op de groei van Acer op de standplaatsen Haren en Lienden, en de nawerking van de behandelingen in het vorige seizoen.



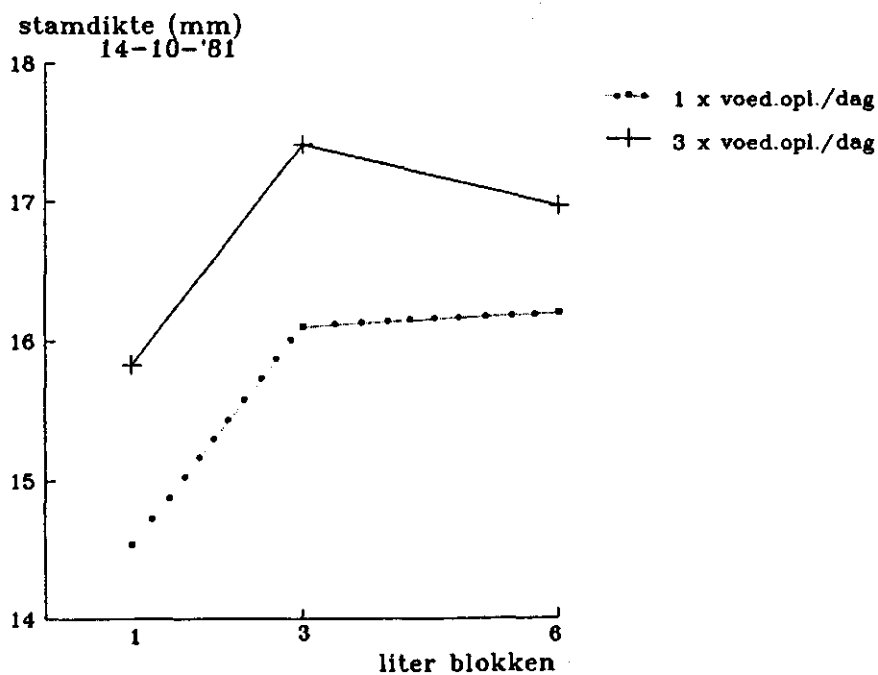
Figuur 1.1. Stam lengte van Acer in de loop van het groeiseizoen 1981 bij de verschillende behandelingen op steenwol.

Figure 1.1. Stem length of Acer in the course of the growing season 1981 as affected by the various treatments on rockwool.

TABEL 1.4. Invloed van de behandelingen op stand en bladkleur.
TABLE 1.4. Effect of treatments on plant mass and leaf colour.

Behandeling	Stand*				Kleur*		
	15/7	19/8	17/9	14/10	19/8	17/9	14/10
Voedingsopl.							
I hogere conc.	7.5	7.3	7.6	7.9	8.3	8.0	8.0
II lagere conc.	7.5	7.5	7.6	7.7	7.6	7.4	7.6
Freq. water							
1 x	7.3	6.9	7.0	7.3	7.4	7.1	7.3
3 x	7.7	8.0	8.1	8.3	8.5	8.3	8.3
Potgrootte							
1 l	6.9	6.7	6.3	6.8	7.4	6.8	7.1
3 l	7.8	7.8	8.1	8.1	8.0	7.9	8.1
6 l	7.8	7.8	8.4	8.6	8.4	8.3	8.2
Stat. verw.							
voedingsopl.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	++	+	+
freq. drupp.	+	++	++	+++	+++	+++	+++
potgrootte	+++	++	+++	+++	++	++	+++
freq. x potgr.	n.s.	(+)	+	+	n.s.	n.s.	n.s.

* schaal 1-10 van slecht naar goed



Figuur 1.2. Wisselwerking van potgrootte en watergeven op de stamdikte van Acer.

Figure 1.2. Interaction of effects of pot size and frequency of irrigation on Acer.

TABEL 1.5. Invloed van de behandelingen aan het eind van het seizoen op het gewicht van blad en hout van Acer (g/plant).

TABLE 1.5. Effect of treatments on weight of leaf and wood of Acer (g/plant).

Behandeling	Hout		Blad	
	vers gew.	droog gew.	vers gew.	droog gew.
Voedingsopl.				
I hogere conc.	158	70.8	195	46.5
II lagere conc.	155	69.6	186	43.3
Freq. drupp.				
1 x	139	62.2	177	41.3
3 x	174	78.3	204	48.5
Potgrootte				
1 l	129	58.3	163	39.2
3 l	171	76.4	206	48.3
6 l	170	76.0	201	47.2
Stat. verw.				
freq. drupp.	+++	+++	++	++
potgrootte	+++	+++	++	++
freq. x potgr.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabel 1.6. Bladkleurbeoordeling en blad- en houtopbrengst van Acer, Morus, Liriodendron en Corylus in 1981.

Table 1.6. Visual rating of leaf colour, and leaf and wood yield of Acer, Morus, Liriodendron and Corylus in 1981.

Grootheid	Datum	Acer		Morus		Corylus		Liriodendron	
		opl. I cNO ₃	opl. II cNH ₄	opl. I cNO ₃	opl. II cNH ₄	opl. I cNO ₃	opl. II cNH ₄	opl. I cNO ₃	opl. II cNH ₄
Kleur¹⁾	15/7	8.2	8.3	6.3	6.8	7.7	7.3	7.3	7.5
	6/8	8.3	8.0	6.9	7.3	7.7	7.2	6.9	7.8
	9/9	8.3	8.1	5.0	5.4	6.7	5.8	5.2	5.9
Hout	15/10								
vers gew. ²⁾		253	261	637	563	157	146	554	648
dr. gew. ²⁾		127	131	297	251	84	77	241	285
Blad	15/10								
vers gew. ²⁾		113	144	237	168	43	46	165	202
dr. gew. ²⁾		37	47	63	47	18	19	45	55

1) schaal 1 - 10 van slecht naar goed

2) g/pot

Bij de statistische toetsing van de nawerking kwam ook voor het hoofd-effect van concentratie voedingsoplossing significantie voor, maar niet meer voor de interactie tussen potgrootte en frequentie van watergeven.

Overwinteren in de kas bleek voor esdoorn-boompjes, na uitplanten op zand in Haren en klei in Lienden, het gunstigst. Het in de herfst uitplanten van de boompjes had een vrij slechte invloed op de lengtegroei in Haren en tevens de dikte- en lengtegroei te Lienden. Buiten op de grond staande overwinteren had voornamelijk een negatief effect op de stand, dikte en wortelkluit van de boompjes te Haren.

De sterkere groei van boompjes in het vorige seizoen, waarbij de frequentie van driemaal per dag druppelen werd toegepast, zette zich na de overwintering hoofdzakelijk bij de diktegroei in Lienden voort. Bij gebruik van 1-1 blokken bleven de planten ook na de overwintering duidelijk achter in groei. Opvallend is dat bij de bomen in Haren de langste en dikste stammen werden verkregen met voedingsoplossing II (de lagere concentratie), maar in Lienden met voedingsoplossing I (de hogere concentratie).

TABEL 1.7. Beoordeling van overwinteringsmethode met statistische betrouwbaarheid van behandelingen in nawerking bij Acer (1982).

TABLE 1.7. Evaluation of wintering methods, with statistical evaluation of after effects of treatments for Acer (1982).

Grootheid ¹⁾	Datum ²⁾ 1982		Voedings-		Freq. drupp.		Potgrootte			Gem.	Stat. toetsing			
			opl.I hogere conc.	opl.II lagere conc.	1xp.d.	3xp.d.	1 1	3 1	6 1		voed. opl. conc.	freq. drupp.	pot- grootte	voed.opl.x freq.dr.x potgrootte
Massa Haren	22/10	u	5.8	6.3	6.1	6.0	5.5	6.4	6.3	6.0	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
		b	5.7	5.8	6.1	5.4	5.6	5.9	5.8	5.8	n.s.	n.s.	n.s.	+
		k	6.8	7.6	7.3	7.0	6.5	7.4	7.6	7.2	+	n.s.	+	+
Lengte Haren	22/10	u	156	177	158	174	151	171	176	166	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
		b	181	180	186	175	181	186	173	180	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
		k	214	232	228	218	209	232	228	223	(+)	n.s.	n.s.	++
Dikte Haren	22/10	u	20.0	21.4	20.5	20.9	19.4	20.9	21.8	20.7	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
		b	19.7	20.2	19.9	20.0	18.5	21.0	20.4	19.9	n.s.	n.s.	(+)	n.s.
		k	22.2	23.2	23.3	22.2	19.9	24.5	23.8	22.7	n.s.	n.s.	+	n.s.
Wortel- kluit Haren	22/10	u	7.1	7.0	7.2	6.9	6.4	7.5	7.3	7.0	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
		b	7.1	5.9	6.7	6.3	6.5	6.4	6.6	6.5	(+)	n.s.	n.s.	n.s.
		k	7.8	6.7	7.5	7.0	6.8	7.6	7.4	7.3	+	n.s.	n.s.	n.s.
Lengte Lienden	21/10	u	212	195	198	209	203	209	199	204	n.s.	n.s.	n.s.	+
		b	241	232	241	231	233	236	241	236	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
		k	278	255	261	271	251	261	286	266	+	n.s.	+	n.s.
Dikte Lienden	21/10	u	21.9	20.9	20.4	22.4	20.6	21.9	21.8	21.5	n.s.	+	n.s.	(+)
		b	23.5	22.4	22.7	23.3	22.8	23.0	23.1	23.0	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
		k	26.3	25.4	25.2	26.6	24.0	26.1	27.5	25.9	n.s.	(+)	++	n.s.

1) lengte in cm, dikte in mm, schaal 1-10 voor beoordeling van massa en wortelkluit

2) overwinteringsmethode: u = uitgeplant in de herfst op zandgrond (IB, Haren) of kleigrond (De Boutenburg Lienden), b = buiten zonder bescherming, steenwolblokken op de grond staande, k = overwinterd in een kas; b en k in voorjaar uitgeplant

1.3.3. Gewasonderzoek

1.3.3.1. *Acer*. Aan het eind van het seizoen werd de chemische samenstelling van het laatst volgroeide *Acer*-blad in tweevoud onderzocht.

De behandelingen met voedingsoplossing I (de hogere concentratie) gaven een hoger percentage drogestof en hoger P_2O_5 -gehalte, en lagere gehalten aan CaO en MgO op de drogestof dan oplossing II met een lagere concentratie (tabel 1.8).

TABEL 1.8. Invloed van de behandelingen op bladsamenstelling van *Acer*.
TABLE 1.8. Effect of treatments on leaf composition of *Acer*.

	N%	P_2O_5 %	K_2O %	CaO%	MgO%	% dr.stof
Voedingsopl.						
I hogere conc.	3.87	1.25	3.98	1.17	0.33	25.0
II lagere conc.	3.88	1.19	3.99	1.23	0.36	24.2
Freq. water						
1 x	3.98	1.22	4.15	1.28	0.38	24.0
3 x	3.77	1.23	3.81	1.13	0.32	25.1
Potgrootte						
1 liter	4.02	1.21	4.06	1.27	0.38	24.4
3 liter	3.81	1.23	4.00	1.18	0.34	24.7
6 liter	3.80	1.22	3.89	1.16	0.32	24.7
Stat. verw.						
Voed.opl.	n.s.	(+)	n.s.	+	+++	+
Freq. drupp.	+	n.s.	+++	+++	+++	++
Potgrootte	+	n.s.	++	++	+++	n.s.
Freq. x potgr.	n.s.	(+)	++	(+)	(+)	n.s.

Door frequenter toedienen van zowel oplossing I als II (3 x p.d. druppelen i.p.v. 1 x p.d.) daalden de N-, K_2O -, CaO- en MgO-gehalten, maar nam het % drogestof toe. Bij de planten in de grotere potten waren de K_2O -, CaO- en MgO-gehalten van het blad betrouwbaar lager. Ook het stikstofgehalte was verlaagd. De afname van het kaligehalte kwam vooral naar voren bij de lagere dagelijkse watergift. De bijna betrouwbare interactie tussen watergeven en potgrootte voor het fosfaat- en calciumgehalte gaf daarentegen een sterke daling te zien voor de grotere potten bij driemaal druppelen, en bij eenmaal druppelen een geringere daling voor calcium of zelfs een stijging in het geval van fosfaat. De gevonden verlaging van diverse elementen tegelijk kan berusten op de betere

uitgroei van de plant, gepaard gaande met verdunning van de gehalten in het gewas, waarmee de opname geen gelijke tred houdt. Bij de behandelingen met de beste groei, 3 x p.d. druppelen op de 3-liter of 6-liter-blokken, was de gemiddelde samenstelling van het blad: 3.6-3.8% N, 1.2-1.3% P_2O_5 , 3.8-3.9% K_2O , 1.0-1.2% CaO en 0.28-0.33% MgO.

1.3.3.2. *Acer*, *Morus*, *Liriodendron* en *Corylus*. Voor drie van de vier gewassen was het drogestofgehalte van het blad hoger bij de oplossing met alleen NO_3 -N (tabel 1.9).

TABEL 1.9. Gewassamenstelling van vier gewassen bij twee N-soorten in de voedingsoplossing.

TABLE 1.9. Leaf composition of four crops for two forms of nitrogen in the nutrient solution.

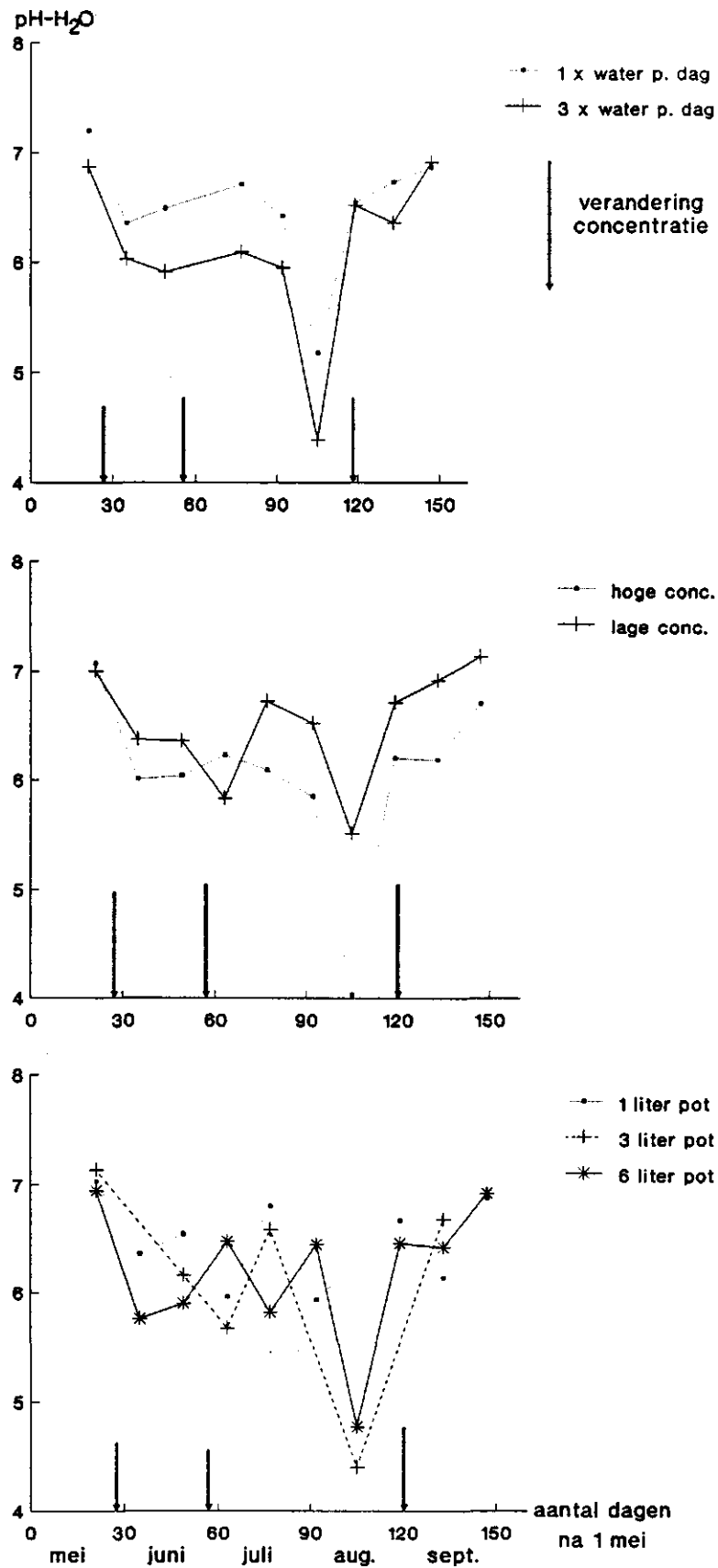
Gewas	Behandeling ¹⁾	% dr. stof	% op drogestof				
			N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Acer	G	30.6	3.36	1.34	3.66	0.65	0.23
	H	29.8	3.50	1.39	3.65	0.60	0.29
Morus	G	26.5	3.87	1.12	4.87	1.29	0.17
	H	28.9	3.98	1.02	4.54	0.92	0.16
Liriodendron	G	26.4	2.72	1.06	4.47	2.03	0.15
	H	26.2	3.43	1.10	4.61	1.47	0.15
Corylus	G	40.8	2.68	1.19	2.74	1.21	0.23
	H	39.2	3.30	1.10	2.55	0.81	0.19

1) G = 1/2c-c-1 1/2c-c NO_3 in het seizoen
H = 1/2c-c-1 1/2c-c NH_4 in het seizoen
zie tabel 1.1.

De invloed van de twee behandelingen op de chemische bladsamenstelling van de vier onderzochte gewassen varieerde voor de diverse elementen. Alleen het N-gehalte steeg door toevoeging van ammonium in alle vier gevallen, en het calciumgehalte nam af. Dit is in overeenstemming met het algemene beeld: stikstof in ammoniumvorm wordt gemakkelijk opgenomen. De opname van kationen zoals calcium wordt geremd.

1.3.4. Analyseresultaten van steenwolvocht

1.3.4.1. pH- H_2O in proef met *Acer*. In figuur 1.3. zijn de resultaten van de wekelijkse controle in 1981 van de pH- H_2O in de steenwolblokken weergegeven.



Figuur 1.3. pH-H₂O van het vocht in de steenwolblokken bij de verschillende behandelingen in 1981.

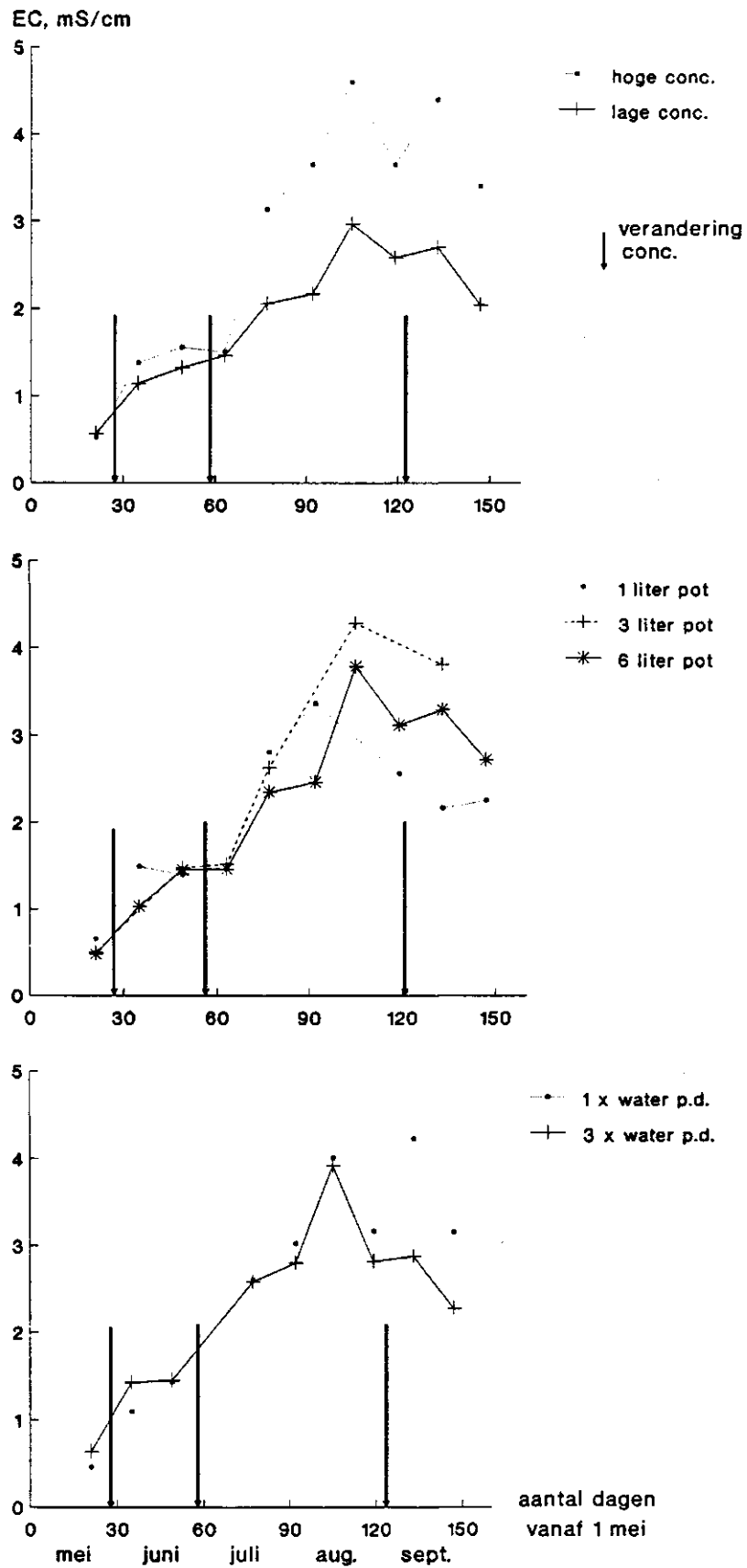
Figure 1.3. pH-H₂O of the liquid in the rockwool blocks for the different treatments in 1981.

De pH was over het geheel gezien wat aan de hoge kant vergeleken met wat voor rozen op kunstmatig substraat wordt aangehouden, nl. pH 5-6 (De Kreij, 1985). Het bleek dat er niet alleen tussen de concentraties van de twee voedingsoplossingen, maar ook tussen de frequenties van druppelen duidelijke verschillen in pH-H₂O waren.

Voor beide concentraties geldt dat 1 x p.d. druppelen gemiddeld een hogere pH (6.32 - voed.opl. I, 6.87 - voed.opl. II) opleverde dan 3 x p.d. (5.90 - voed.opl. I, 6.44 - voed.opl. II). Wordt alleen naar de concentraties van de toegediende voedingsoplossing gekeken, dan blijkt dat voedingsoplossing II (6.64), voornamelijk na 16 juli, gemiddeld een hogere pH-H₂O gaf dan voedingsoplossing I (6.09). De zure voedingsoplossing drong dus bij hogere concentratie en frequenter druppelen het alkalisch milieu van de steenwol meer terug. De samenhang tussen pH-H₂O en blokgrootten was zwak. De grootten zijn, gemiddeld over de 12 behandelingen, als volgt te rangschikken van lage naar hoge pH-H₂O: 6 l (6.18), 3 l (6.21), 1 l (6.54).

1.3.4.2. EC in proef met Acer. De EC steeg bij alle behandelingen van beginwaarden van 0.34-0.75 mS/cm op 21 mei tot een maximum op 13 augustus (2.89-5.24 mS/cm) (figuur 1.4). Een maand na de concentratieverhoging op 25 juni waren de EC's in het steenwolvocht op het niveau van de toegediende concentraties, maar daarna ging de stijging door. Het gewas nam meer water op dan zouten. Vanaf midden juli moet de EC, zeker bij toepassing van de voedingsoplossing I met hogere concentratie, als ongewenst hoog worden beschouwd, als men uitgaat van de grenzen die voor de roos worden aangehouden, nl. 2.0-2.4 mS/cm (De Kreij, 1985).

Bij de hogere concentratie (voedingsoplossing I) lag de EC gemiddeld over de gehele periode (2.64 mS/cm) duidelijk hoger dan bij de lagere concentratie (oplossing II, 1.80 mS/cm). De schommelingen in de gemeten EC-waarden tussen de andere behandelingen waren in augustus en september groter bij de hoge concentratie dan bij de lage. Bij rangschikken van de behandelingen naar blok grootte ontstond de volgorde van een lage naar hoge "gemiddelde EC": 1 l (2.03 mS/cm), 6 l (2.30 mS/cm), 3 l (2.34 mS/cm). Vooral aan het eind van het groeiseizoen was het zoutgehalte in de grootste blokken hoger. Frequenter druppelen betekende een geringe verlaging van de gemiddelde EC.



Figuur 1.4. EC-waarde van het vocht in de steenwolblokken bij de verschillende behandelingen in 1981.

Figure 1.4. EC-values of the liquid in the rockwool blocks for the different treatments in 1981.

1.3.4.3. pH-H₂O en EC in de proef met vier gewassen. De vervanging van 5% van de nitraatstikstof door ammonium leidde slechts tot een geringe verlaging van de pH-H₂O in vergelijking met uitsluitend nitraatvoeding. De pH's waren gemiddeld over het seizoen resp. 6.28 en 6.32. De zoutophoping (EC) was met de ammonium/nitraathoudende voedingsoplossing wat minder groot, gemiddeld 2.50 mS/cm t.o.v. 2.78 bij alleen nitraataanbod.

1.3.4.4. Gehalte aan kat- en anionen. Op vier tijdstippen werd het steenwolvocht bemonsterd en de monsters door het laboratorium van het Proefstation te Naaldwijk onderzocht op kat- en anionen. Bij de laatste bemonstering op 3 september werd niet voldoende vocht voor de analyse gewonnen in de kleinste steenwolblokken en in de 3-1 blokken met eenmaal druppelen per dag. Zoals vanzelf spreekt waren de gehalten lager na dagelijkse toediening van de voedingsoplossing van lage concentratie dan na die van hoge concentratie (gegevens van twee bemonsteringsdata in tabel 1.10). Bij driemaal daags druppelen werden de gehalten aan sulfaat, kalium, calcium en magnesium in de loop van het seizoen lager en dat aan fosfaat hoger dan bij 1 x druppelen per dag. Verondersteld kan worden dat frequenter druppelen, iedere keer tot verzadiging, bijdraagt aan een grotere uitspoeling van opgehoopte voedingsstoffen, maar dat fosfaat door een grotere mate van neerslaan door het calcium van het steenwolblok hieraan ontkomt. Ook bij rangschikking naar potgrootte had een verschuiving in de tijd plaats. In de grote potten hoopten nitraat en fosfaat zich tot de derde bemonstering op 23 juli op. Voor sulfaat, kalium, magnesium en ook enigszins voor calcium waren de gehalten in de grote potten aanvankelijk duidelijk lager, maar eind juli was er geen systematisch verschil meer tussen de steenwolblokken van verschillende grootten.

De gehalten aan kat- en anionen waren op 23 juli voor het object met de beste groei (d.i. 3 x druppelen per dag op het 3-1 blok met toediening van de voedingsoplossing van de lagere concentratie) in vergelijking met de door het Proefstation bij de analyse-uitslag gegeven normen voor normaal, vermeld tussen haakjes, resp. voor NO₃ 8.7 (8.1-12.0), SO₄ 4.5 (1.0-2.0), P 1.2 (1.1-1.5), K 8.7 (4.1-6.0), Ca 4.5 (3.6-5.0) en Mg 1.5 (1.1-1.5) mmol/l. Het gehalte aan sulfaat in het steenwolvocht was dus meer dan het dubbele van de norm. Ook het kaligehalte was aan de hoge kant, maar de overige kat- en anionen lagen binnen de grenzen van de klasse normaal. Bij de analyse op 3 september waren de gehalten voor N, SO₄, K, Ca en Mg sterk gestegen. De stikstof- en fosfaatgehalten

voldeden praktisch nog aan de waarderingsnorm van normaal, resp. 14 en 1.1 mmol, de andere waren veel te hoog (10.0 mmol SO_4 , 15.0 mmol K, 8.7 mmol Ca en 3.0 mmol Mg/l).

TABEL 1.10. Gehalten aan kat- en anionen in het steenwolvocht (mmol/l).
TABLE 1.10. Cation and anion contents of rockwool liquid (mmol/l).

	NO_3		SO_4		P	
	25/6	3/9	25/6	3/9	25/6	3/9
Voedingsopl.						
I hoge conc.	7.8	28.0	4.0	13.8	0.9	2.3
II lage conc.	6.6	11.5	3.1	12.4	0.7	0.7
Freq. water						
1 x	6.5	20.0	3.5	15.5	0.7	1.2
3 x	7.9	19.5	3.5	10.7	0.9	1.8
Potgrootte						
1 liter	6.7		3.6		0.8	
3 liter	7.5	21.0	3.6	11.5	0.8	1.8
6 liter	7.4	19.0	3.5	12.7	0.7	1.5
	K		Ca		Mg	
Voedingsopl.						
I hoge conc.	7.5	22.3	3.3	15.0	1.3	4.7
II lage conc.	5.5	16.0	3.1	8.9	1.0	3.6
Freq. water						
1 x	6.5	21.5	3.2	13.2	1.2	3.8
3 x	6.4	16.8	3.2	10.7	1.1	3.5
Potgrootte						
1 liter	7.2		3.5		1.4	
3 liter	6.2	18.0	3.2	11.4	1.1	3.8
6 liter	6.1	18.5	2.9	11.6	1.1	4.1

1.3.4.5. Gehalte aan spoorelementen. Tweemaal in het seizoen werd het steenwolvocht onderzocht op spoorelementen (tabel 1.11).

Het Fe-, Zn-, B- en Cu-gehalte steeg tussen 25 juni en 3 september bij alle bemestingsmethoden, maar het Mn-gehalte daalde in vier van de zes behandelingen die nog voldoende vocht leverden voor de analyse (grotere potten en/of frequentere watergift). De sterkste stijgingen werden bij het Fe- en B-gehalte geconstateerd.

Uit tabel 1.11 volgt dat, met uitzondering van de gehalten aan Fe en Mn, het gemiddelde gehalte aan spoorelementen hoger was bij 1 x p.d.

druppelen dan bij 3 x p.d. druppelen. Voor Mn lagen de hoogste gemiddelde gehalten bij het 3 x daags druppelen. In de 6-1 blokken waren de Zn-, B-, en Cu- gehalten op 25 juni lager en het Mn-gehalte hoger dan die van het steenwolvocht in de kleinere blokken, maar op 3 september waren de verschillen in gehalten tussen 3-1 en 6-1 blokken gering en daarbij waren de gehalten soms in de andere richting omgeslagen.

TABEL 1.11. Gehalte aan spoorelementen in het steenwolvocht ($\mu\text{mol/l}$).
TABLE 1.11. Microelement contents of rockwool liquid ($\mu\text{mol/l}$).

	Fe		Mn		Zn	
	25/6	3/9	25/6	3/9	25/6	3/9
Voedingsopl.						
I hoge conc.	4.9	29.0	11.0	10.8	6.1	11.7
II lage conc.	3.0	19.3	6.6	4.3	5.2	10.1
Freq. water						
1 x	3.1	25.0	6.6	5.9	6.0	12.5
3 x	4.8	23.3	11.0	9.2	5.4	9.3
Potgrootte						
1 liter	4.1		6.4		7.1	
3 liter	3.7	25.5	9.5	9.4	4.9	9.8
6 liter	4.0	23.0	10.5	7.5	5.0	10.7
	B		Cu			
Voedingsopl.						
I hoge conc.	34.2	94.5	2.4	4.2		
II lage conc.	27.2	71.3	2.1	3.7		
Freq. water						
1 x	31.0	84.5	2.6	4.6		
3 x	30.3	81.3	1.9	3.2		
Potgrootte						
1 liter	34.3		3.0			
3 liter	28.8	84.5	2.2	3.6		
6 liter	29.0	81.3	1.5	3.8		

Volgens de normen van het Proefstation te Naaldwijk was bij de eerste bemonstering op 25 juni het ijzergehalte aan de lage kant, 3.0-4.9 μmol i.p.v. 11-20 μmol , en het kopergehalte hoger dan de waarderingsklasse normaal, 2.1-2.4 μmol t.o.v. 0.5-1.0 μmol . Op 3 september waren de gehalten voor Zn en B verschoven naar de waarderingsklasse vrij hoog. Het Cu-gehalte was zeer hoog, maar het Mn-gehalte vrij laag tot normaal.

1.3.5. De verbruikte hoeveelheid voedingsoplossing

In tabel 1.12 staat de hoeveelheid voedingsoplossing vermeld welke gedurende het seizoen per plant en via de steenwolblokken van 1, 3 en 6 liter totaal werd toegediend. Ook de daarmee gegeven hoeveelheden voedingselementen werden berekend.

TABEL 1.12. Gegeven hoeveelheid voedingsoplossing en -elementen per plant in het gehele seizoen.

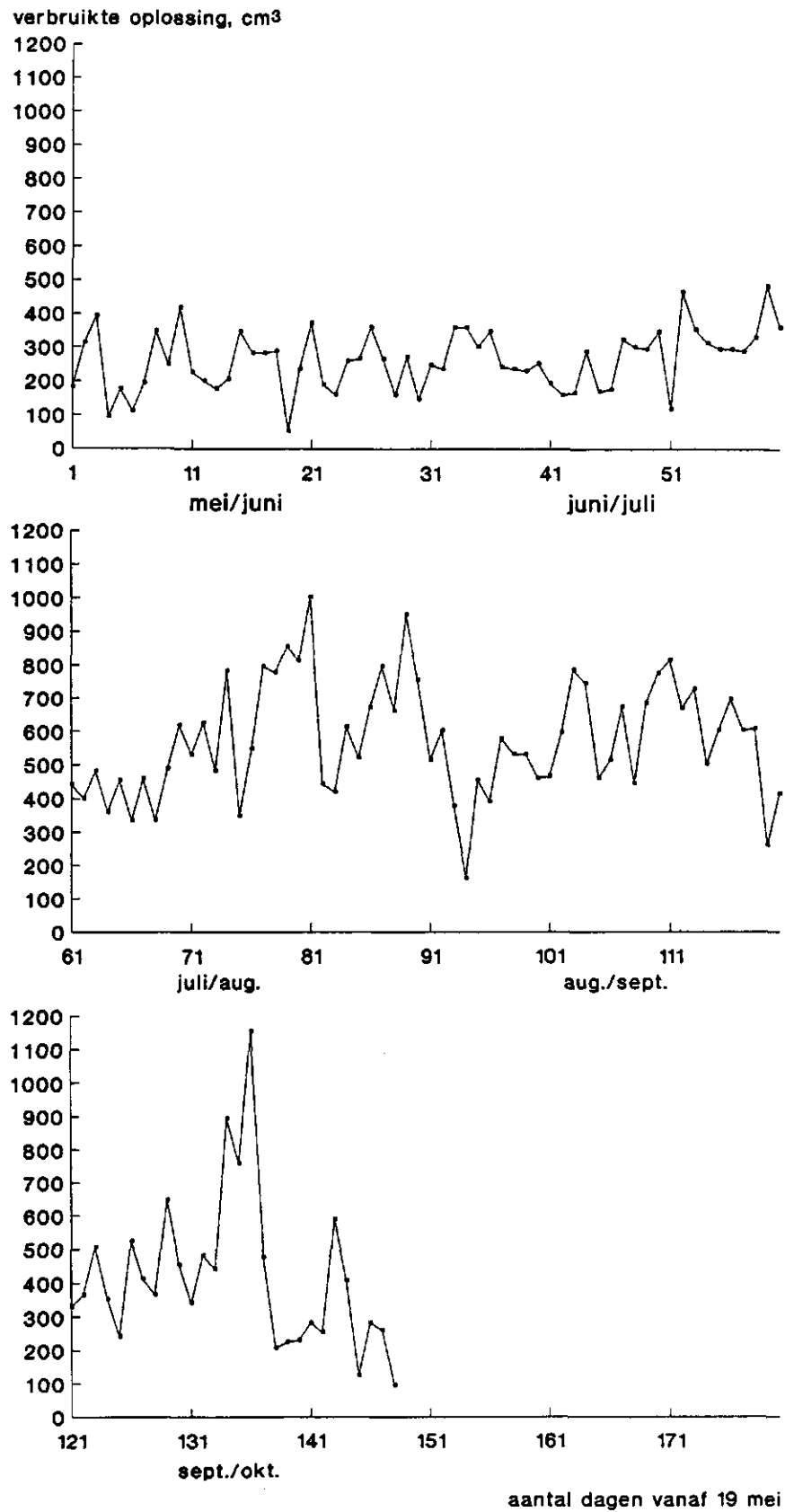
TABLE 1.12. Amount of nutrient solution and elements given per plant during the growing season.

Per plant	Behandelingen					
	1 x per dag druppelen			3 x per dag druppelen		
	1	3	6 liter	1	3	6 liter
Voedingsoplossing I						
Totaal verbruik in l	30.5	42.0	41.1	56.4	61.1	61.4
Gemidd. hh. p.d., cc	208	286	280	384	416	418
Max. hh. p.d., cc	871	951	960	1867	2018	1742
N (g)	6.6	8.4	8.7	12.2	13.0	13.0
P ₂ O ₅ (g)	3.6	4.6	4.7	6.6	7.1	7.1
K ₂ O (g)	12.9	16.5	17.2	23.9	25.7	25.6
MgO (g)	1.6	2.1	2.2	3.0	3.2	3.2
Voedingsoplossing II						
Totaal verbruik in l	34.0	37.0	42.2	58.1	55.6	61.7
Gemidd. h.h. p.d., cc	231	251	288	395	379	420
Max. hh. p.d., cc	912	1007	1092	1986	1798	1845
N (g)	5.5	6.0	6.8	9.4	9.0	9.9
P ₂ O ₅ (g)	3.0	3.2	3.7	5.1	4.9	5.4
K ₂ O (g)	10.8	11.7	13.4	18.5	17.6	19.5
MgO (g)	1.4	1.5	1.7	2.3	2.2	2.4

Bij de behandelingen 3 keer p.d. druppelen op 3-liter resp. 6-liter blokken, waarmee een goede groei werd bereikt, is aan Acer gemiddeld verstrekt: 61 liter voedingsoplossing I, met 13.0 g N, 7.1 g P₂O₅, 25.6 g K₂O, 3.2 g MgO en 58.7 liter voedingsoplossing II, met 9.5 g N, 5.2 g P₂O₅, 18.6 g K₂O, 2.3 g MgO. Bij de kleinere 1-liter blokken werd, als driemaal daags werd gedruppeld, maar weinig minder voedingsoplossing gebruikt (5%) dan bij de grote. Dit was bij 1 maal druppelen sterker het geval. Daar werd op de 1-liter blokken 21% minder toegediend dan op de grote. Het driemaal druppelen leidde tot een 1.5 maal groter verbruik t.o.v. 1 x per dag druppelen. Per dag werd maximaal 1 liter gegeven bij 1 x p.d. druppelen en 2 liter bij 3 x per dag toedienen van de voedingsoplossing.

Figuur 1.5 geeft een overzicht van de hoeveelheid voedingsoplossing die per dag per plant in een bepaalde behandeling werd toegediend. Er werd gedruppeld al naar gelang de vochttoestand van het steenwolblok tot verzadiging toe. De per behandeling (opl. II, 6-1 blok, 3 x druppelen per dag) gedruppelde hoeveelheid varieerde van 50 tot 1150 cm³ per dag. Er werd aanvankelijk een vrij constante hoeveelheid per dag van circa 250 cm³ toegediend tot midden juli. Daarna steeg het verbruik tot een maximum in begin augustus, maar ook daarna werd meer verbruikt dan in het begin.

De vraag kan worden gesteld in welke mate de dagelijks gegeven hoeveelheid voedingsoplossing afhangt van weersomstandigheden of van de grootte van de boom. Om dat te bepalen werd de mate van lineaire correlatie berekend van de hoeveelheid voedingsoplossing die op een bepaalde dag was gegeven met de op die dag of op één en twee dagen ervoor heersende weersomstandigheden en ook met de boomdikte (tabel 1.13). De gegevens geven zeer duidelijk de verwachte samenhang weer: meer watergebruik bij hogere maximumtemperatuur, hogere gemiddelde temperatuur en lagere gemiddelde luchtvochtigheid. De correlatie met de globale straling was het minst duidelijk. Bij 3 x druppelen waren de correlaties het hoogst als de gemiddelde of maximum temperatuur van dezelfde dag werd genomen. Bij 1 x druppelen was de correlatie hoger met de weersfactoren van dezelfde en voorgaande dag tezamen. In de correlatieberekening waren ook de dagelijkse verdampingscijfers opgenomen van het KNMI-weerstation te Eelde. Hoewel in dit verdampingscijfer diverse weersfactoren zijn verdisconteerd, zoals straling, temperatuur, windsnelheid, luchtvochtigheid, was er toch geen correlatie met de verbruikte hoeveelheid. Een sterkere samenhang dan met weersfactoren bestond tussen de gegeven hoeveelheid voedingsoplossing en stamdikte. Een gedeelte van de samenhang met weersfactoren kan het gevolg zijn van het verder uitgroeien van de bomen in de zomer. Dan zijn de bomen groter, maar ook de temperatuur hoger die de verdamping bevordert. Om de koppeling tussen weersfactoren en boomgrootte te ontgaan werden partiële correlatiecoëfficiënten berekend (tabel 1.14). Hierbij bleek de samenhang tussen verbruik en hoogte van de gemiddelde of maximum temperatuur te worden vergroot, als de invloed van de boomgrootte bij de berekening was verwijderd.



Figuur 1.5. Per dag toegevoegde voedingsoplossing tijdens het groei-seizoen (cm³/6-1 blok, 3 x per dag water).

Figure 1.5. Amount of nutrient₃solution supplied daily during the growing season (cm³/6-1 block 3 x per day irrigation).

TABEL 1.13. Correlatie tussen de toegediende hoeveelheid voedingsoplossing, stamdikte en weersfactoren in 1981.

TABLE 1.13. Correlations between amount of nutrient solution supplied, stem thickness and weather factors in 1981.

Grootheid	Periode*	Behandelingen			
		Voedingsoplossing I			
		1 x per dag druppelen		3 x per dag druppelen	
		1 liter	6 liter	1 liter	6 liter
Globale str.	1	0.015	0.072	0.069	0.107
	2	0.148(+)	0.299+++	0.008	0.086
	3	0.049	0.155(+)	-0.077	-0.016
	1+2	0.104	0.226++	0.053	0.109
	1+2+3	0.095	0.227++	0.007	0.073
Max. temp.	1	0.327+++	0.393+++	0.347+++	0.432+++
	2	0.349+++	0.442+++	0.239++	0.313+++
	3	0.265++	0.342+++	0.162+	0.194++
	1+2	0.382+++	0.472+++	0.330+++	0.405+++
	1+2+3	0.372+++	0.465+++	0.296+++	0.362++
Gem. temp.	1	0.284+++	0.343+++	0.271++	0.350+++
	2	0.266++	0.317+++	0.191+	0.240++
	3	0.216++	0.231++	0.146(+)	0.155(+)
	1+2	0.304+++	0.365+++	0.254++	0.313+++
	1+2+3	0.295+++	0.344+++	0.234++	0.279+++
Rel. vocht.	1	-0.248++	-0.324+++	-0.293+++	-0.373+++
	2	-0.365+++	-0.527+++	-0.227++	-0.334+++
	3	-0.179+	-0.255++	-0.036	-0.139(+)
	1+2	-0.388+++	-0.537+++	-0.328+++	-0.433+++
	1+2+3	-0.380+++	-0.530+++	-0.267++	-0.396+++
Stamdikte		0.543+++	0.442+++	0.539+++	0.507+++

* 1 = dezelfde dag, 2 = voorgaande dag, 3 = twee dagen ervoor

TABEL 1.14. Correlatie van toegediende hoeveelheid voedingsoplossing met gemiddelde en maximum temperatuur, al of niet bij dezelfde boomgrootte (partiële correlatiecoëfficiënt).

TABLE 1.14. Correlation between amount of nutrient solution supplied and mean and maximum temperature, with and without correction for tree size (partial correlation coefficient).

Correlatie	Behandeling			
	1 x per dag druppelen		3 x per dag druppelen	
	1 liter	6 liter	1 liter	6 liter
	correlatiecoëfficiënt			
Gemidd. temp.	0.284	0.343	0.271	0.350
Maximum temp.	0.327	0.393	0.347	0.432
	partiële correlatiecoëfficiënt			
Gemidd. temp.	0.461	0.487	0.454	0.535
Maximum temp.	0.482	0.517	0.512	0.598

2. TEELT VAN PRUNUS EN ULMUS OP STEENWOL BUITEN: STEENWOLBLOK, -GRANULAAT EN POTGROOTTE. Onderzoek in 1982, 1983, proef IB 5067

2.1. Inleiding

In voorgaande proeven werd aangetoond dat laanbomen met succes zijn te telen op steenwolblokken van 6 liter (De Jong, 1978; Niers, 1980; Van der Boon en Miljoen-Van den Handel, 1987). Voordeel hiervan is dat het mogelijk is zo bomen op te kweken met een wortelstelsel vrij van bodem-parasieten. Na de opkweek werden de bomen uitgeplant op zand- of klei-grond. Over het algemeen was de aanslag en verdere uitgroei redelijk.

Een nadeel van het gebruikte steenwolblok van 6 liter was het grote volume. Dit maakt het transport minder handzaam. In de hier beschreven proef werd daarom nagegaan of de bomen ook op een kleiner volume met succes op te kweken zouden zijn. Bovendien werd steenwolgranulaat als nieuw medium beproefd, dat bij het uitplanten een kluit zou kunnen geven die losser is en gemakkelijk uit elkaar te halen zodat eventueel sterk ineengedraaide wortels beter vrijkomen; dit zou ook het geval kunnen zijn bij potgrond of potgrond gemengd met steenwolgranulaat. Daarom zijn die ook in het onderzoek opgenomen. In de proef werd gewerkt met wateropnemend, maar ook met water-afstotend granulaat en met twee boomsoorten, *Prunus* en *Ulmus*, waarvan de eerste na het eerste proefjaar op zand en de tweede op kleigrond werd uitgezet.

2.2. Opzet IB 5067 (1982)

Er werd een grote proef opgezet met 24 veldjes, waarbij op elk vier bomen *Prunus padus* 'Colorata' en vier bomen *Ulmus carpinifolia* 'Wredei' werden geplant, en een kleine proef met 24 potten waarop ook *Prunus* werd gezet. De grote proef omvatte combinaties van de volgende behandelingen in tweevoud:

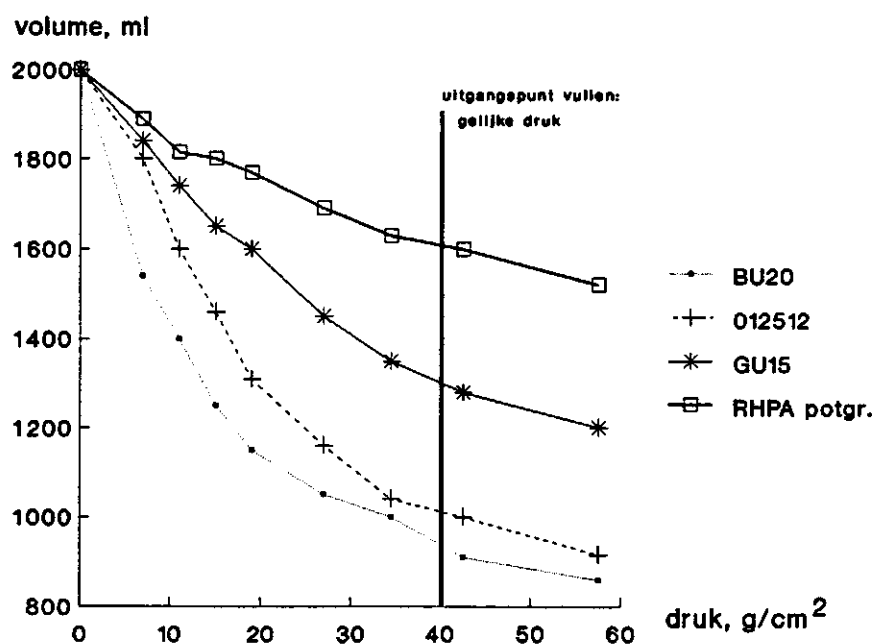
- a) drie potgrootten: 1, 3 en 6 liter
- b) vier substraten
 - 1. steenwolblokken
 - 2. potten met grof, wateropnemend steenwolgranulaat (Groen 012512)
 - 3. potten met RHP-A-potgrond (60 vol.% tuinturf + 40 vol.% turf-

strooisel, waaraan per m^3 50 liter zand en 4 kg Dolokal waren toegevoegd)

4. potten met 75% RHP-A-potgrond (zie 3) en 25% fijn, waterafstotend steenwolgranulaat (Blauw BU 20).

In de kleine proef werden 7 substraten beproefd, waarvan 1 in duplo, in 3-liter potten. Het waren mengsels van RHP-A-potgrond met toenemende (0,25, 50 en 75 vol.%) hoeveelheden fijn, waterafstotend steenwolgranulaat (Blauw BU 20) en dezelfde hoeveelheden fijn, wateropnemend steenwolgranulaat (Groen GU 15).

Om de potten met een gelijke druk te kunnen vullen werd het verband tussen druk en volume voor de diverse materialen vastgesteld (figuur 2.1). Droog woog het veerkrachtige, vlokkige steenwolgranulaat Groen 012512 in losse toestand 70 g per liter, het minder veerkrachtige vlok-kige granulaat Blauw BU 20 72,5 g, het korrelige granulaat Groen GU 15 125 g en de vulvochtige RHP-A-potgrond 445 g. De potten werden gevuld met een druk van 40 g/cm^2 voor alle substraten. Per liter potinhoud werden met de vier potgrondsoorten resp. 138 g droog, 153 g droog, 192 g droog en 553 g vulvochtig ingevuld.



Figuur 2.1. Verband tussen druk en samengedrukt volume van drie droge steenwolgranulaten en vulvochtige RHP-A-potgrond met 2 l los volume als uitgangspunt.

Figure 2.1. Relation between pressure and compressed volume of three dry rockwool granulates and RHP-A-potting soil, consisting of several kinds of peat, with 2 l loose volume as starting point.

In juli-augustus 1980 waren op de Proeftuin "De Boutenburg" in Lienden Prunus- en Ulmusstekken gesneden, welke in het najaar waren beworteld. In 1981 groeiden de stekken op 1-liter potten met RHP-potgrond met lichte bemesting op tot 40-60 cm lengte. Eind december 1981 werden ze verstuurd naar Haren, waar ze werden opgeplant in een 1:1 steenwolgranulaatmengsel van Grodan Groen en Blauw. De bomen werden 24 en 25 mei 1982 buiten op de blokken en potten geplant. Tijdens het aanslaan werd met water begoten. Eenmaal werd voeding gegeven in de vorm van een oplossing van een mengmeststof (1 g/l NPK-meststof Kristallijn 18+6+18). Op 4 juni werd gestart met de voedingsoplossing, de helft van de gebruikelijke standaardconcentratie: 0.833 g Nutriflora-t + 1.0 g kalksalpeter per liter demiwater, waarin echter 5% van de nitraatstikstof was vervangen door ammonium. Op elke pot of blok werd driemaal daags de voedingsoplossing gedruppeld, totdat het vocht er onderuit kwam. De concentratie van de voedingsoplossing was in de loop van het groeiseizoen niet dezelfde. Spoedig, op 14 juni, werd de concentratie verhoogd tot driekwart en vanaf 12 juli tot $9/8$ x de normale standaardconcentratie. Op 31 augustus werd weer overgegaan naar een $3/4$ oplossing en op 30 september werd het bijdruppelen van de voedingsoplossing beëindigd.

Op 6 tijdstippen werden EC en pH bepaald van het steenwolvocht in de grote proef, en op twee tijdstippen bovendien de voedingselementen. Bij mestonderzoek van de potgrond volgens de methode van het Proefstation voor de Glastuinbouw te Naaldwijk in het 1:1 $1/2$ volume extract had twee keer plaats van het materiaal in de grote proef en eenmaal (eind september) in de kleine proef.

Eind september werden 2 planten per veldje in de grote proef (één van elke boomsoort) geoogst en gewogen. De resterende bomen van de grote proef werden in de kas overwinterd, die van de kleine proef met Prunus werden in de herfst uitgeplant op de zandgrond van het instituutsterrein. In het voorjaar van 1983 werd de Prunus uitgeplant in Haren en de Ulmus op de kleigrond van de proeftuin "De Boutenburg" in Lienden. Aan het einde van het groeiseizoen in 1983 werden metingen en schattingen verricht van de ontwikkeling van de bomen ter bepaling van het na-effect van de behandelingen.

2.3. Resultaten

De groei van beide proefgewassen, Prunus en Ulmus, was over het geheel gezien, niet goed. Vooral de stand van de Ulmus was matig. Er waren

tussen de veldjes geen duidelijke kleurverschillen. Op het blad van *Prunus*, en in nog sterkere mate op het blad van *Ulmus*, kwamen op alle veldjes bruine vlekken voor, met krullende punten en randen aan het blad. De beter groeiende bomen per plantesoort, vooral voor *Ulmus*, werden in het algemeen aangetroffen bij de grotere potten, gevuld met RHP-A-potgrond of mengsels met granulaat, zoals bleek bij de beoordeling op 5 augustus.

2.3.1. Groei van *Prunus* en *Ulmus* op diverse potvullingen en -grootten
De stand en bladkleur werden voor beide gewassen hoger gewaardeerd bij planten geteeld op RHP dan bij planten op steenwol; planten geteeld op grotere potten hadden een betere stand en bladkleur dan planten geteeld op kleinere.

2.3.1.1 *Prunus* in 1982. De lengtegroei van *Prunus* was op RHP-A-potgrond in juni statistisch zeer betrouwbaar beter dan die op steenwol (tabel 2.1).

TABEL 2.1. Lengte van *Prunus* en *Ulmus* in de loop van het seizoen op steenwol en RHP bij diverse potgrootten en al of niet met steenwolgranulaat.

TABLE 2.1. Height of *Prunus* and *Ulmus* during the growing season on rockwool and RHP potting soil for several pot sizes and with or without rockwool granulate.

Behandeling	Prunus in cm				Ulmus in cm			
	3/6	8/7	5/8	13/9	3/6	8/7	5/8	13/9
Steenwolblok	71.2	75.9	96.1	98.1	71.9	73.3	78.1	78.4
Steenwolgranulaat	74.2	79.5	99.0	100.8	74.6	76.4	81.9	82.2
Stat. verw.	++				+	+		
RHP 100%	73.5	79.8	92.4	92.0	72.5	75.5	83.4	82.4
RHP 75%/gran. 25%	77.7	80.4	99.0	98.4	71.4	74.2	79.5	80.0
Stat. verw.	+++							
Stwl. (blok + gran.)	72.7	77.7	97.6	99.5	73.3	74.8	80.0	80.3
RHP (100% + 75%)	75.6	80.1	95.7	95.2	71.9	74.9	81.4	81.2
Stat. verw.	+++				(+)			
Potgrootte 11	75.2	79.0	92.9	93.3	72.0	74.4	78.6	77.6
31	72.6	76.4	97.3	98.4	70.8	73.1	80.6	80.4
61	74.6	81.2	99.6	100.2	74.9	77.1	83.0	84.2
	++	(+)			++	++		(+)
Stat. verw. interacties								
(blok-gran.)*potgrootte	+++	+	++	+	++	++	+	(+)
(RHP100%-75%)*potgrootte	+++				+++	++	(+)	

Later in augustus was de groei op steenwol sneller, zodat de lengte van de Prunus op 13 september uiteindelijk iets groter was op steenwol dan op RHP-A-grond, zij het zonder betrouwbaar verschil. Het voorgaande houdt in dat het aanslaan op RHP-A-potgrond aanvankelijk beter verliep, maar dat de groeisnelheid uiteindelijk op de steenwol hoger lag. Aan het eind van het seizoen was voor de teelt op steenwol het grootste bewortelingsvolume het beste, bij de RHP-A potgrond was dit met de 3-1 pot het geval met minder grote, statistisch bijna betrouwbare, verschillen. De groei was op steenwolgranulaat vooral in het begin beter dan op steenwolblok. Toevoegen van granulaat aan de RHP-grond verbeterde de ontwikkeling van de Prunus.

Bij de stamdikte van Prunus waren groeiverschillen minder duidelijk. De diktegroei was op steenwolblok groter dan op RHP. Het mengsel 75% RHP/25% steenwolgranulaat gaf (bijna) statistisch betrouwbaar grotere diktegroei voor alle vier maandelijkse metingen te zien dan op 100% RHP. Aan het eind van het groeiseizoen werd één boom per veldje geoogst en gewogen. De bomen op de steenwolblokken waren het zwaarst; op steenwolgranulaat werd de maximale groei bereikt op de 3-1 potten.

2.3.1.2. *Ulmus* in 1982. Bij *Ulmus* was de groei op RHP later in het seizoen wat sterker dan op steenwol (tabel 2.1). Steenwolgranulaat gaf een betere groei van de *Ulmus* dan steenwolblokken, maar granulaat toegevoegd aan RHP deed de *Ulmus* minder groeien. De *Ulmus* groeide sterker op de grotere potten. De groeistimulans van een groter potvolume kwam sterker naar voren bij toevoeging van granulaat aan RHP dan bij 100% RHP.

De diktegroei van *Ulmus* was statistisch betrouwbaar groter bij teelt op RHP dan op steenwol. Op de steenwolblokken nam de diktegroei toe met toenemend potvolume, maar op steenwolgranulaat was de diktegroei minder groot. Toevoegen van granulaat aan RHP verbeterde de toename in aanwas van de stamomtrek.

2.3.1.3. *Prunus* en *Ulmus* in 1982. De groei van *Prunus* en *Ulmus* te zamen genomen geeft de invloed van de behandelingen op de teelt van laanbomen op blokken of potten nog beter weer (tabel 2.2). Lengtegroei was groter in de laatste twee maandelijkse metingen op de grotere potten. De planten groeiden het best op 6-1 steenwolblokken en op 3-1 steenwolgranulaat; bij RHP en RHP/granulaat was 3 l de potgrootte met de beste groei. Lengtegroei was op steenwolgranulaat iets beter dan op steenwolblok.

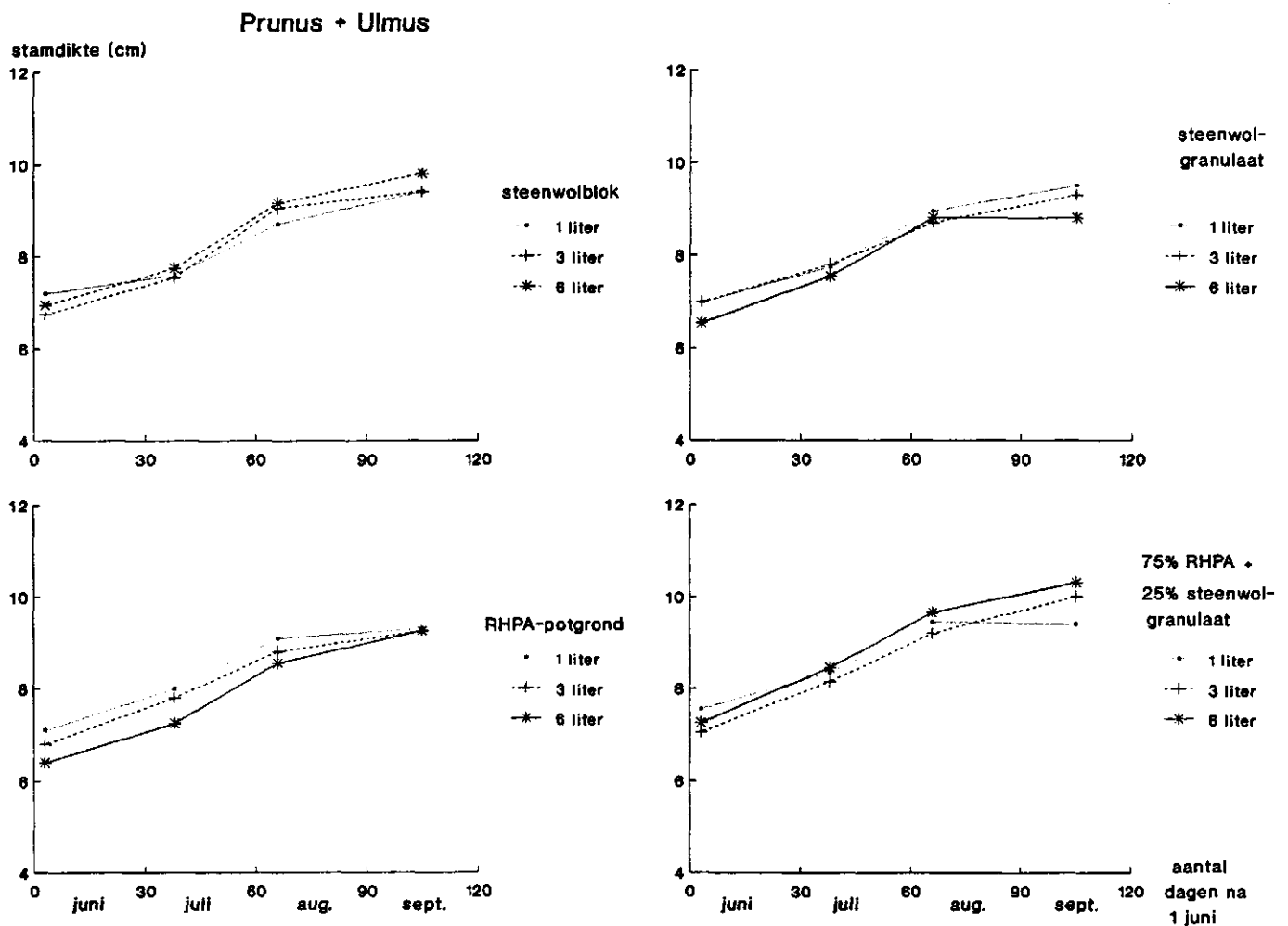
Stamdikte was uiteindelijk iets groter op de RHP dan op de steenwol (figuur 2.2 a-d). Vervanging van een deel van de RHP-potgrond door steenwolgranulaat had een sterkere diktegroei tot gevolg en de in november afge oogste bomen waren daardoor zwaarder. Stand en kleur van de planten op de grotere potten en blokken waren op 13 september beter; dit was in sterkere mate het geval op RHP dan op steenwol.

TABEL 2.2. Gemiddelde lengte van *Prunus* en *Ulmus* (cm) op 13 september 1982 op steenwol of RHP bij diverse potgrootten en al of niet met steenwolgranulaat.

TABLE 2.2. Average height of *Prunus* and *Ulmus* (cm) on 13 September 1982 on rockwool or RHP potting soil for several pot sizes and with or without rockwool granulates.

	Potgrootte			Gemiddeld
	1 1	3 1	6 1	
Steenwolblok	89.0	78.2	97.6	88.2
Steenwolgranulaat	85.6	96.3	92.7	91.5
gemiddeld	87.3	87.2	95.1	89.9
RHP-potgrond	83.9	90.6	87.1	87.2
75% RHP/25% granulaat	83.3	92.7	91.5	89.2
gemiddeld	83.6	91.6	89.3	88.2
Totaal gemiddelde	85.4	89.4	92.2	
Stat. verwerking				
potgrootte	++			
(blok-gran.) * steenwol	++			

Middels verschillen in lengte tussen *Prunus* en *Ulmus* tijdens de groei werd getracht vast te stellen of het ene gewas anders reageerde op de behandelingen dan het andere. In het begin van het seizoen was *Prunus* korter dan *Ulmus* op steenwol en langer op RHP, later in het seizoen was dat omgekeerd. De *Prunus* groeide dus op steenwol sneller dan de *Ulmus*. Toevoeging van granulaat aan RHP-potgrond deed bij *Prunus* de lengtegroei toenemen, maar niet bij *Ulmus*. Wat potgrootte betreft, voor *Prunus* was 1 1 RHP/steenwol (75%/25%) een goed groeimedium, beter dan voor *Ulmus*. Bij 100% RHP liet *Prunus* op de 3-1 pot een betere groei zien. *Prunus* bleef in de loop van het seizoen t.o.v. *Ulmus* in stamdiktegroei achter, vooral op de RHP-potgrond. In kleinere potten met steenwolgranulaat bleef de stamdiktegroei van *Prunus* sterker achter bij *Ulmus* dan in grotere potten, maar bij steenwolblokken was het omgekeerde het geval.



Figuur 2.2. Gemiddelde stamdikte van Prunus en Ulmus in de loop van het groeiseizoen op steenwol en RHP-potgrond, al of niet met waterafstotend granulaat.

Figure 2.2. Mean stem thickness of Prunus and Ulmus during the growing season, grown on rockwool and RHP-potting soil with or without water-repelling rockwool granulate.

2.3.1.4. *Prunus* en *Ulmus* na uitplanten in 1983. In 1983 waren er tegenstrijdige resultaten tussen de behandelingen in nawerking, die moeilijk te interpreteren zijn (tabel 2.3).

TABEL 2.3. Lengte van hoofdschot van *Prunus* (cm) op 7 december 1983 een jaar na uitplanten op zand in Haren en lengte van *Ulmus* (cm) in november 1983 op rivierklei in "De Boutenburg".

TABLE 2.3. Length of *Prunus* main shoot (cm) on 7 December 1983, a year after having been planted out on sandy soil in Haren, and length of *Ulmus* (cm) in November 1983 on river clay soil in the experimental garden "De Boutenburg".

	Potgrootte			Gemiddeld
	1 1	3 1	6 1	
Prunus				
Steenwolblok	39.5	25.4	30.4	31.8
Steenwolgranulaat	28.0	34.8	33.8	32.2
gemiddeld	33.8	30.1	32.1	32.0
RHP potgrond	33.2	24.3	32.8	30.1
75% RHP/25% granulaat	28.0	39.9	44.2	37.4
gemiddeld	30.6	32.1	38.5	33.7
Totaal gemiddelde	32.2	31.1	35.3	
Ulmus				
Steenwolblok	35.0	89.0	132.6	85.5
Steenwolgranulaat	101.7	53.2	49.7	68.2
gemiddeld	68.4	71.1	91.1	76.9
RHP potgrond	83.5	54.7	118.0	85.4
75% RHP/25% granulaat	33.2	116.6	76.3	75.3
gemiddeld	58.3	85.6	97.1	80.4
Totaal gemiddelde	63.3	78.4	94.1	
Stat. verwerking				
Prunus				
potgrootte * steenwol	+			
RHP/75% RHP	+			
potgrootte * RHP	+			
Ulmus				
potgrootte * steenwol	(+)			

De *Prunus* afkomstig van grotere potten met steenwolgranulaat was groter dan die van kleine potten. Van de steenwolblokken leverde de kleinste maat de grootste boom. Hetzelfde geldt resp. voor de grote

potten met RHP met 25% steenwolgranulaat en voor de kleinste potten met uitsluitend RHP-potgrond. De beworteling was beter na teelt in het 75% RHP/25%-steenwolgranulaatmengsel dan in 100% RHP.

De verschillen in lengte van *Ulmus* aan het eind van het groeijaar na uitplanten op de kleigrond van de proeftuin "De Boutenburg" waren op één interactie na niet statistisch betrouwbaar. De interactie tussen steenwolsoort en potgrootte in nawerking geeft aan dat de bomen afkomstig van grote steenwolblokken een sterkere lengtegroei hadden dan bomen geteeld op kleine blokken. Na teelt in grote potten met steenwolgranulaat was de groei echter minder goed (tabel 2.3).

2.3.2. Groei van *Prunus* op RHP met toenemende hoeveelheid granulaat

1982

Bij de metingen in augustus en september waren enkele effecten en interacties statistisch (bijna) betrouwbaar (tabel 2.4). Bijmengen van steenwolgranulaat bevorderde de groei van de *Prunus* in het algemeen niet. Met toenemende hoeveelheid werd de groei minder, vooral bij gebruik van veel wateropnemend steenwolgranulaat Groen GU 15. Het mengsel 25% RHP/75% waterafstotend steenwolgranulaat BU 20 leek beter dan het 50%/50% mengsel, en het 75%/25% mengsel was het slechtst. Bijmenging van RHP met 25% steenwolgranulaat Groen GU 15 leverde de beste resultaten voor lengte- en stamdiktegroei, en was dus nog beter dan 100% RHP (figuur 2.3.a,b).

1983

Metingen op 7 december 1983, na een jaar groei buiten na uitplanten, lieten voor *Prunus* die in 1982 was opgekweekt op 100% RHP een betere groei zien, in vergelijking met granulaattoevoeging (statistisch bijna betrouwbaar). Over het geheel was de groei van de bomen bij toenemende hoeveelheid granulaat minder goed, behalve bij 25% groen GU 15. Ook de beworteling werd lager gewaardeerd. Bij het 25% RHP/75% steenwolgranulaatmengsel was het waterafstotend BU 20 Blauw een beter bijmengingsprodukt dan het wateropnemend GU 15.

TABEL 2.4. Groei van Prunus op RHP/steenwolgranulaatmengsels en na het uitplanten op zandgrond.

TABLE 2.4. Growth of Prunus on mixtures of RHP-potting soil and rockwool granulates and after planting out on sandy soil.

Kenmerk	Datum	RHP/Blauw BU 20				RHP/Groen GU 15		
		(vol. fractie/vol. fractie)						
		100%	75/25	50/50	25/75	75/25	50/50	25/75
1982								
Lengte, cm	5/8	102	81	88	97	107	81	80
Stamdikte, mm	5/8	9.1	8.5	8.4	8.8	9.9	7.0	7.9
1983								
Tot. lengte, cm	7/12	133	109	120	132	145	109	103
Stamdikte, mm	7/12	15.7	14.7	14.5	14.7	15.5	13.7	13.2
Massa bewor- teling*	7/12	6.5	6.7	5.7	5.7	6.3	5.0	5.3
Stat. verwerking **								
1982								
Lengte 5/8 RHP t.o.v. BL. + Groen					(+)			
hoeveelheid granulaat lin.					(+)			
Stamdikte 5/8 soort * h.h. gran. lin.					+			
1983								
Tot.lengte 7/12 h.h. granulaat lin.					(+)			
soort * h.h. gran.					+			
Stamdikte 7/12 RHP t.o.v. BL. + Gr.					(+)			
h.h. granulaat lin.					+			
Beworteling 7/12 h.h. granulaat lin.					(+)			

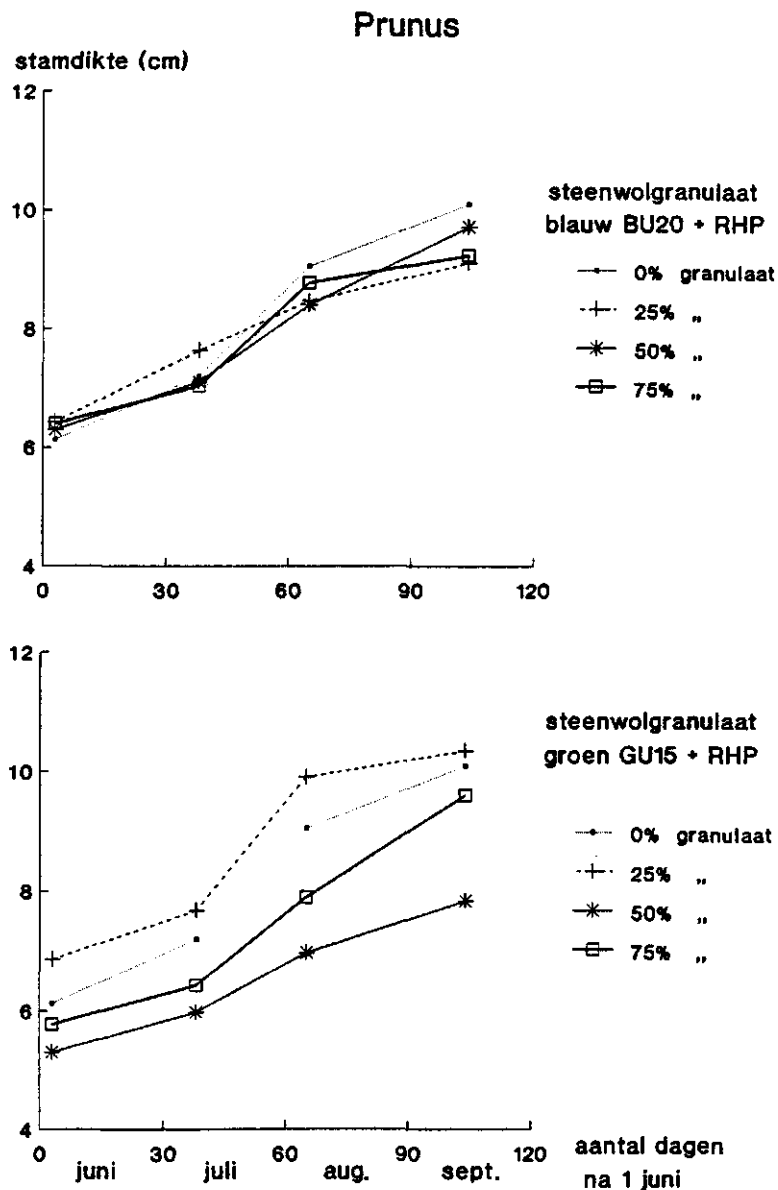
* schaal 0-10 voor massa van wortels

** P = 0.10: (+), P = 0.05: +, P = 0.01: ++, P = 0.001: +++

2.3.3. Onderzoek van steenwolvocht en grond

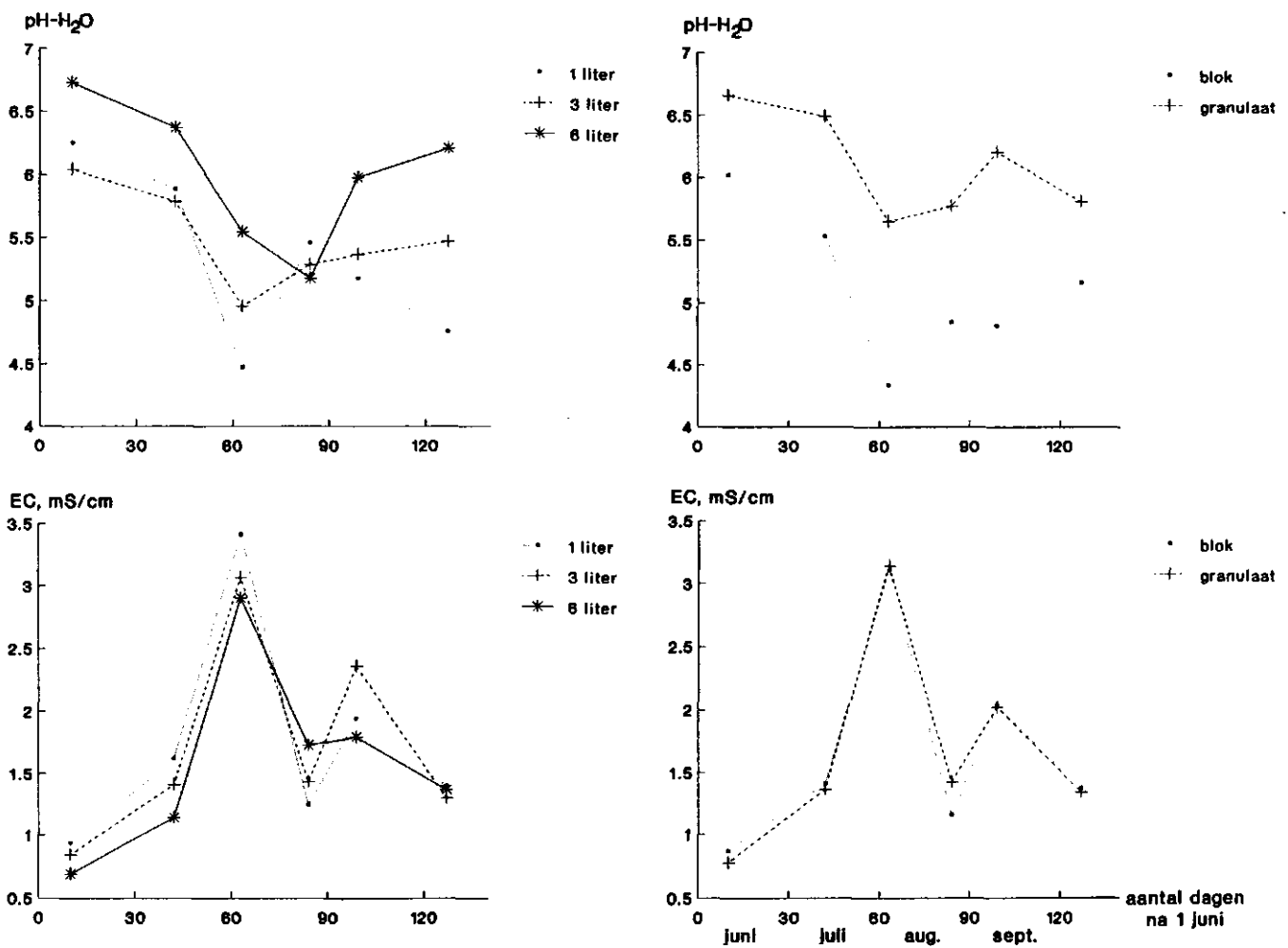
Maandelijks werden de pH en EC bepaald van het afzuigvocht van steenwolblok- en granulaat bij drie potgrootten (figuur 2.4 a-d). Tot begin augustus daalde de pH, om daarna weer wat op te lopen tot begin oktober waarden van 0.3 tot 1.5 pH-eenheid beneden de uitgangstoestand werden bereikt. Een en ander hangt samen met de lagere pH van de voedingsoplossing als de concentratie werd verhoogd. Bij oplossingen met 1/2, 3/4, en 9/8 van de "normale concentratie" waren de pH's respectievelijk 5.79, 5.44 en 4.30. Gemiddeld over de soort steenwol was de pH in de grote volume-eenheden hoger dan in de kleinere. De geconcentreerde zuurdere oplossing in de zomer had dus meer effect in de kleinere steenwolblokken. De pH in het steenwolgranulaat was hoger dan die in het steenwolblok.

De EC van het steenwolafzuigvocht liep sterk op tot begin augustus, nadat vanaf 12 juli de hoge concentratie (9/8) werd toegediend. De volgende bemonstering in eind augustus liet aanzienlijk lagere waarden zien, hoewel de lagere concentratie (3/4 c) nog niet was ingevoerd. De zoutconcentratie was in de drie eerste bemonsteringen het laagst in de grootste potten. Over het geheel genomen was de EC van het steenwolgranulaat iets lager dan die van de steenwolblokken.



Figuur 2.3. Stamdikte van Prunus in de loop van het groeiseizoen op RHP-potgrond, met toenemend aandeel aan wateropnemend of -afstotend steenwolgranulaat.

Figure 2.3. Stem thickness of Prunus during the growing season on RHP-potting soil, with increasing proportions of water-absorbing or -repelling rockwool granulate.



Figuur 2.4. pH en EC van steenwolvocht in de loop van het seizoen bij diverse potgrootten en bij steenwolblok of -granulaat.

Figure 2.4. pH and EC of rockwool liquid during the growing season for three pot sizes and for rockwool block or granulate.

Op vier tijdstippen werden afzuigmonsters van de steenwol geanalyseerd door het Routinelaboratorium van het Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk. De cijfers werden vergeleken met de streefcijfers voor het wortelmilieu bij rozen op substraatteelt (De Kreij, 1985). De nitraatcijfers waren eind juni en midden juli nog vrij laag, gemiddeld resp. 4.7 en 8.7 mmol/l, vergeleken met het streefcijfer voor rozen bij substraatteelt, n.l. 12.5 mmol/l (tabel 2.5). Eind juni waren de cijfers voor de andere kat- en anionen in het algemeen ook te laag. Begin augustus lagen de nitraatgehalten ver boven het gehalte dat het gewas nodig zou hebben. Op 10 augustus werd gemiddeld 19.8 mmol/l gevonden. Er waren geen duidelijke verschillen naar potgrootte. In het steenwolblok waren de nitraatcijfers wat hoger dan bij steenwolgranulaat. Ook de fosfaatcijfers bereikten pas begin augustus het optimaal geachte niveau van 1.5 mmol H_2PO_4 /l. De cijfers voor fosfaat waren daarbij duidelijk lager voor de grote potten. Gehalten in steenwolgranulaat vielen lager uit dan in steenwolblokken. Sulfaatgehalten waren in midden juli en begin september op het voor rozen gewenste niveau, maar begin augustus aan de bovengrens van toelaatbare gehalten. Grote blokken hadden wat lagere gehalten dan blokken van kleiner volume. Het K-gehalte bleef in de grote blokken duidelijk achter bij de andere, voor de kleinste blokken werd begin juli al meer dan het streefcijfer voor rozen van 6 mmol/l gevonden. Het calcium- en magnesiumgehalte was pas begin augustus het voor rozen gewenste gehalte gepasseerd. Grote blokken waren lager in oplosbaar calcium en magnesium dan kleine. In granulaat was het Ca-gehalte wat lager dan in steenwolblokken.

TABEL 2.5. Streefcijfers voor de roos in substraatteelt (De Kreij, 1985) en chemische analyse in het steenwolvocht op twee data. Gemiddelde cijfers voor 3-1 pot.

TABLE 2.5. Target figures for roses growing on substrate (De Kreij, 1985) and chemical analyses of rockwool liquid on two dates. Averages for 3-1 pot size.

	EC (mS/cm)	pH	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu
			(mmol/l)						(μmol/l)				
Streefcijfer roos	2.2	5.5	12.5	1.5	3	6	5	2	25	3	3.5	20	1
3-1 blok 14/7	1.7	6.0	8.5	0.4	2.8	5.3	3.7	1.0	5.4	8.0	4.3	31	1.9
9/9	2.3	5.4	12.5	1.2	3.9	7.4	5.3	1.9	9.2	20.0	8.0	48	1.4

De EC bereikte midden juli al redelijke gehalten, maar was op 10 augustus volgens de norm voor roos van 2.2 mS/cm te hoog, n.l. 3.2 mS/cm. De vrij hoge pH in begin juli van 6.2 daalde daarna tot een meer aanvaardbaar niveau.

De spoorelementgehalten van het steenwolvocht liepen duidelijk op van midden juli tot begin september. Het Fe-gehalte bleef aanzienlijk onder het streefcijfer voor rozen (tabel 2.5). De andere onderzochte spoorelementen waren aanzienlijk hoger dan de normen, vooral mangaan, zesmaal, de andere driemaal. In grote blokken waren de gehalten minder hoog dan in kleine.

Op 11 augustus en 14 oktober werden de potten met RHP-A-potgrond en 75% RHP/25% granulaatmengsels bemonsterd en de monsters daarna volgens het bijmestonderzoek in Naaldwijk onderzocht.

In vergelijking met normale waarden bleken de analysecijfers van 11 augustus als gevolg van de dagelijkse bijdruppeling van de voedingsoplossing zeer hoog te zijn, behalve voor Mg (tabel 2.6).

TABEL 2.6. Waarderingscijfers volgens het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk en chemisch onderzoek van de 3-1 potgrond RHP en RHP, voor 25% gemengd met steenwolgranulaat in het 1:1 1/2 volume-extract op 11 augustus en 14 oktober.

TABLE 2.6. Optimum concentrations according to the Glasshouse Crops Research and Experiment Station at Naaldwijk, and results of chemical analysis of a 1:1.5 volume extract from 3-1 pots with RHP-potting soil and 75% RHP/25% rockwool granulate on 11 August and 14 October.

	EC (mS/cm)	pH-H ₂ O	N	H ₂ PO ₄	SO ₄	K	Ca	Mg
			(mmol/l)					
Waarderings-								
cijfers normaal	<1.5	5.0-6.5	4.6	0.5	1.5	1.8	1.5	0.8
Analyse 11/8	2.0	4.8	12.3	0.9	2.6	7.2	4.1	1.3
14/10	0.65	5.3	2.2	0.5	1.2	1.9	0.9	0.4

De concentraties zijn begin oktober, na het stopzetten van de toediening van de voedingsoplossing in begin september, sterk teruggevallen.

Sommige waarden zijn dan al als matig te beschouwen (als het het volle seizoen zou betreffen). Wat de samenhang betreft van de analysecijfers met de potgrootte en bijmenging van het steenwolgranulaat, de meeste analysecijfers waren lager in de potgrond afkomstig van grote potten,

zoals voor NH_4 (op 11/8), NO_3 , P (op 14/10), K, en EC (op 14/10). De pH-water was daarentegen hoger. In de monsters van 11 augustus waren de gehalten aan voedingselementen in het extract van met steenwolgranulaat gemengde RHP-potgrond hoger dan die van 100% RHP. In de tweede bemonstering op 14 oktober was dat op laag niveau voor enkele analysecijfers nog het geval. Ook de pH was hoger in de mengsels.

Op 14 oktober werden monsters van RHP en RHP-steenwolgranulaatmengsels in de kleine proef gestoken. De potgrondanalysecijfers voor de voedingsstoffen waren over het algemeen hoger bij een groter aandeel steenwolgranulaat in de potgrond, behalve voor fosfaat (tabel 2.7). Bijmenging van inert materiaal zou tot verlies moeten leiden door extra uitspoeling. De verschillen in analysecijfers tussen waterafstotend granulaat BU 20 en wateropnemend granulaat GU 15 waren echter gering, al wezen sommige in de richting van sterker uitlekken bij toevoeging van waterafstotend materiaal. Hogere cijfers bij meer granulaat suggeren dat het uitlekken door bijmenging van steenwolgranulaat geremd zou zijn. Het lagere fosfaatcijfer kan het gevolg zijn van bindingen door calcium en lagere oplosbaarheid bij hogere pH door het toegevoegde granulaat.

TABEL 2.7. Chemisch onderzoek van mengsels van RHP-potgrond met steenwolgranulaat Blauw BU 20 en Groen GU 15 op 14 oktober in het 1:1 1/2 volume extract.

TABLE 2.7. Chemical analyses of RHP-potting soil and mixtures with rockwool granulate BU 20 and GU 15 on 14 October in the 1:1.5 volume extract.

	EC (mS/cm)	pH	mmol/l					
			NO_3	H_2PO_4	SO_4	K	Ca	Mg
100% RHP	0.70	5.80	1.9	0.62	1.9	2.3	1.4	0.6
25% RHP/75% gr.	1.10	6.25	3.4	0.51	3.3	2.9	2.8	1.0
Granulaat BU 20	0.87	5.87	2.4	0.56	2.5	2.5	1.9	0.7
GU 15	1.03	6.00	3.0	0.52	2.8	2.4	2.5	0.9

2.3.4. De verbruikte hoeveelheid voedingsoplossing

De voedingsoplossing werd in de grote proef drie keer per dag vanuit zes vaten toegediend totdat de oplossing uit de blokken en potten begon te lekken. Per toevoerbuiss waren drie potgrootten afzonderlijk verbonden, zowel voor steenwolblok en -granulaat te zamen als voor de RHP-potgrond, al of niet bijgemengd met granulaat. Dagelijks werd de toegediende

hoeveelheid voedingsoplossing gemeten, wat voor de zes gecombineerde behandelingen leidde tot het in tabel 2.8 vermelde verbruik. Tevens werd berekend hoeveel aan voedingsstoffen op deze wijze was toegediend. In de kleine proef werd via een watermeter vastgesteld hoeveel oplossing was toegediend in twee groepen van potten met resp. 0-25% en 50-75% aan de RHP-potgrond bijgevoegd granulaat.

TABEL 2.8. Gegeven hoeveelheid voedingsoplossing en -elementen per plant over het gehele groeiseizoen.

TABLE 2.8. Consumption of nutrient solution and elements per plant during the growing season.

Verbruik	Steenwol (bl + gr)			RHP (0-25% gran.)			RHP	
	1 1	3 1	6 1	1 1	3 1	6 1	0-25% gran.	50-75% gran.
Totaal verbruik in 1 (125 dagen)	46.2	52.3	49.5	42.9	45.5	53.0	41.0	49.1
Hoeveelheid per dag, cm ³	370	419	396	343	364	424	328	393
Max. hoeveelheid per dag, cm ³	897	1029	1037	897	1094	1182	1071	1667
Totaal N (g)	6.82	7.73	7.36	6.31	6.79	7.87	6.18	7.36
P ₂ O ₅ (g)	3.93	4.45	4.24	3.63	3.91	4.54	3.56	4.24
K ₂ O (g)	14.27	16.16	15.39	13.19	14.20	16.47	12.92	15.40
MgO (g)	1.79	2.02	1.93	1.65	1.78	2.06	1.62	1.93

Bij driemaal druppelen per dag werd gemiddeld over het groeiseizoen wat meer voedingsoplossing gebruikt bij de 6-1 potten, nl. 51.3 l, dan bij de 1-1 potten (44.6 liter). Er was geen duidelijk verschil in de grote proef tussen de hoeveelheid vloeistof toegediend aan de steenwol en aan de RHP-potgrond, al of niet met granulaat. In de kleine proef met RHP-potgrond nam met toenemende hoeveelheid granulaat het verbruik, gemiddeld over waterafstotend en wateropnemend granulaat, toe.

Uit de hoeveelheid toegediende voedingsoplossing valt te berekenen wat de boom totaal aan N, P, K en Mg ontving. Deze hoeveelheden zijn groot en zouden bij een plantdichtheid van 29.000 bomen in opkweek per ha voor de 1- en 6-1 potten resp. neerkomen op 190 en 221 kg N, 110 en 127 kg P₂O₅, 398 en 462 kg K₂O en op 50 en 58 kg MgO per ha. Het verbruik lag duidelijk lager dan bij de proef in 1977 met Salix (Van der Boon and

Niers, 1980). Dit kan liggen aan het gewas, de krachtig groeiende wilg, en aan het weer, maar ook zal de toenemende ervaring en zorg voor het milieu bij de verdere voortgang van de proeven hieraan debet zijn geweest.

Voor een betere beheersing van het verbruik is het zaak meer inzicht te verwerven in de invloed van het weer zodat dan mogelijk beter kan worden ingespeeld op de waterbehoefte. Om dit inzicht te verkrijgen werden de dagelijkse hoeveelheden toegediende voedingsoplossing in een correlatieberekening gerelateerd aan weersgegevens die door het KNMI-weerstation in Eelde waren verzameld. De berekeningen vonden plaats met de weersgegevens van dezelfde dag waarop de oplossing werd toegediend, maar ook met die van één of twee dagen ervoor en ook met het gecumuleerde effect van twee of drie dagen (tabel 2.9).

TABEL 2.9. Correlatie van de hoeveelheid dagelijks verbruikte voedingsoplossing met weersfactoren.

TABLE 2.9. Correlation between amount of nutrient solution given and weather conditions.

Grootheid	Periode*	Steenwol(blok+gran.)		RHP(0 - 25% gran.)	
		1 l pot	6 l pot	1 l pot	6 l pot
Globale straling	1	0.249**	0.561	0.427	0.598
	2	0.179	0.483	0.292	0.511
	1+2	0.248	0.603	0.414	0.641
Max. temperatuur	1	0.453	0.623	0.463	0.675
	2	0.478	0.581	0.431	0.617
	1+2	0.503	0.646	0.476	0.693
Gemiddelde temp.	1	0.458	0.637	0.461	0.691
	2	0.453	0.610	0.442	0.640
	1+2	0.481	0.655	0.470	0.699
Rel. vochtigheid	1	-0.366	-0.590	-0.485	-0.624
	2	-0.279	-0.492	-0.345	-0.543
	1+2	-0.368	-0.614	-0.469	-0.662
Neerslag	1	-0.104	-0.175	-0.032	-0.182
	2	-0.154	-0.196	-0.121	-0.200
	1+2	-0.157	-0.225	-0.091	-0.232
Verdamping	1	0.303	0.616	0.472	0.667
	2	0.226	0.541	0.345	0.578
	1+2	0.298	0.650	0.457	0.700

* 1 = dezelfde dag, 2 = dag ervoor

** P = 0.05: 0.195; P = 0.01: 0.254; P = 0.001: 0.321

De correlatie van het verbruik met de weersfactoren was vrij hoog, die voor de verdampingscijfers, gemiddelde en maximum temperatuur het hoogst. Daarop volgden relatieve vochtigheid en straling, terwijl de relatie met de neerslag zwak was. Hoewel in de verdampingscijfers meer weersinvloeden als temperatuur, relatieve vochtigheid, straling en windsnelheid verdisconteerd zijn, was de correlatie van het verbruik hiermee niet hoger dan die met de gemiddelde en maximum temperatuur.

De correlatie was het hoogst als de weersgegevens werden genomen van dezelfde dag waarop het verbruik was genoteerd met die van de dag ervoor. De correlatie was iets lager met de weersgegevens van alleen de dag ervoor, maar de correlaties met die van twee dagen ervoor waren duidelijk minder voorspellend over het te verwachten verbruik. De correlaties waren het hoogst voor het verbruik bij de 6-1 potten en het laagst voor de 1-1 potten. Bij de grote potten bepaalde het weer blijkbaar duidelijker de hoeveelheid in de potten achtergebleven hoeveelheid water. Duidelijke verschillen in de grootte van de correlaties tussen steenwolblok en -granulaat enerzijds en RHP-potgrond en RHP/granulaat anderzijds werden niet geconstateerd.

In de kleine proef lagen de correlaties wat hoger voor de potten met een groter aandeel aan granulaat dan in de RHP-potgrond met 0 of 25 vol.% granulaat.

In de loop van het groeiseizoen zouden de bomen naar verwachting meer water verbruiken. Dit zou de correlatie van het verbruik van de voedingsoplossing met de weersgegevens kunnen verstoren. Via de berekening van partiële correlatiecoëfficiënten werd voor de invloed van de boomgrootte gecorrigeerd, maar dit leidde alleen bij de kleine potten tot een geringe verhoging van de correlatie van het verbruik van de voedingsoplossing met de weersfactoren.

3. TEELT VAN CHRYSANT OP STEENWOL BUITEN: RHP-B-POTGROND/STEENWOL-GRANULAAT, MATE VAN AANDRUKKEN, FREQUENTIE WATERGEVEN. Onderzoek in 1983, proef IB 5076

3.1. Inleiding

In voorgaande proeven bleek het mogelijk laanbomen op 6-1 steenwolblokken te telen. Hierbij werden variaties in de toegediende voedingsoplossing toegepast om de meest gewenste voeding van de plant te verkrijgen (De Jong, 1978; Niers, 1980; Van der Boon en Miljoen-Van den Handel, 1987).

De 6-1 steenwolblokken zijn echter aan het eind van het groeiseizoen voor transport onhandig. In 1982 werd daarom onderzocht of telen in kleinere blokken ook mogelijk zou zijn, hoewel misschien de dagelijkse frequentie van toedienen van de voedingsoplossing opgevoerd zou moeten worden. Ook alternatieven werden onderzocht, waarbij niet werd uitgegaan van vaste steenwolblokken, maar van steenwolgranulaat in potten. Verondersteld werd dat het wortelstelsel en wortelkluit hierbij een minder vast geheel zouden vormen en bij het uitplanten van de boom het wortelstelsel gemakkelijker uitgespreid zou kunnen worden.

In de hier beschreven proef werd meer aandacht besteed aan de fysische eisen die aan potgrondmengsels moeten worden gesteld, in dit geval mengsels van normale veenhoudende potgrondbestanddelen met wateropnemend en waterafstotend steenwolgranulaat. De proef werd uitgevoerd met laat uitgeplante chrysant, nadat de aanslag van platanen was mislukt.

3.2. Opzet IB 5076 (1983)

De proef omvatte 9 "grote" objecten, combinaties van twee behandelingsfactoren in drie trappen:

- a) drie watergiften: 1 x, 2 x en 3 x per dag bijdruppelen van voedingsoplossing tot doorlekken; en
- b) drie sterkten van aandrukken van de potgrond bij het vullen:
 - 1) los gevuld met een druk van 7.5 g/cm^2
 - 2) normaal gevuld met een druk van 37.5 g/cm^2
 - 3) vast gevuld met 75 g/cm^2

De potgrond werd in de pot op de plaats gehouden met nylongaas.

De "grote" objecten werden uitgesplitst in 15 subobjecten. Per object en per veldje stonden 15 potten, die als volgt waren gevuld in mengverhoudingen van RHP-B-potgrondmengsel met:

- a) fijn waterafstotend steenwolgranulaat Blauw BU 20 in verhoudingen van 100/0, 80/20, 60/40, 40/60 en 20/80 vol.%;
- b) grof wateropnemend steenwolgranulaat Groen 012512 in verhoudingen van 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 en 0/100 vol.%, en
- c) fijn wateropnemend steenwolgranulaat Groen GU 15 in de mengverhoudingen zoals genoemd onder b).

De RHP-B-potgrond was samengesteld uit 50 vol.% veenmosveen St 400B0, 20 vol.% turfstrooisel en 30% vol.% tuinturf, waaraan per m³ 4.5 kg Dolokal 5 was toegevoegd. De kwaliteit van de tuinturf werd nader gepreciseerd door de watercapaciteit te meten na drogen. Deze was 298 g/100 g, terwijl voor het gehele RHP-B-potgrondmengsel de watercapaciteit 635 g water per 100 g drogestof bedroeg.

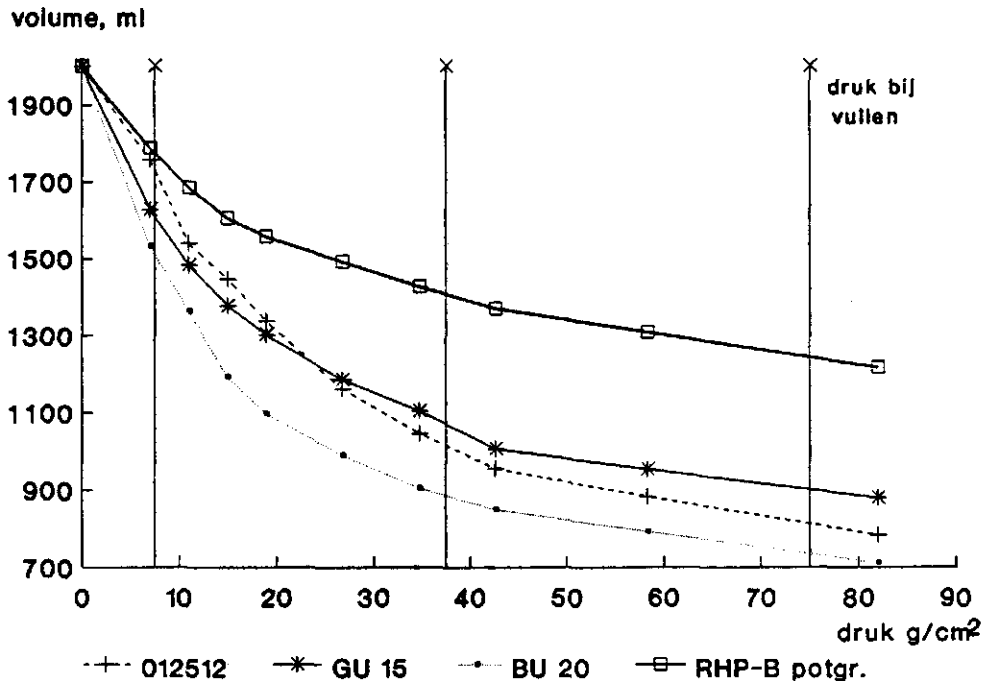
Om de 1-1 Testadur potten exact te kunnen vullen op basis van het drooggewicht van de diverse materialen en van vulvochtige RHP-B-potgrond werd het verband tussen druk en resterend volume, uitgaand van los 2 l, vastgesteld (figuur 3.1, tabel 3.1).

De watercapaciteit van het materiaal in de 1-1 Testadur potten werd bepaald. Voor het vastleggen van de grond-water-luchtverhoudingen werden pF-curven samengesteld voor de vier uitgangsmaterialen bij diverse drukken en mengverhoudingen.

De proef werd aangelegd als een split-plotschema met de grote objecten in drievoud als een gebalanceerd rooster, met drie behandelingen extra in een vierde herhaling.

Op 13 april werden plataanstekken, na behandeling met Rhizopon AA voor beworteling, geplaatst in bolstervereen, vermengd met scherp zand. Het bewortelen gelukte niet en aangezien het proefseizoen te ver was gevorderd, kon als proefgewas geen boomgewas meer worden gebruikt. Er werd uitgeweken naar chrysant, Gompys rood, waarvan op 16 juni 1 plant per pot werd geplaatst in de proefopstelling. Als normale voedingsoplossing werd uitgegaan van het praktijkmengsel van 0.833 g Nutriflora-t, en 1.0 g kalksalpeter per liter. In de proef werd echter 5% van de nitraatstikstof vervangen door ammoniumstikstof. Na het planten werd aanvankelijk de voedingsoplossing in de halve concentratie toegediend. Het was de bedoeling over te gaan op de normale concentratie als de planten goed aan de groei gekomen waren. Aangezien echter de groei van de chrysant

sterk was en het blad donkergroen, werd de concentratie op 25 juli slechts verhoogd tot 3/4 van de normale. Op 20 juni werd het gewas getopt, en wel zodanig dat per plant zich drie scheuten tot bloemtakken konden ontwikkelen.



Figuur 3.1. Verband tussen druk en samengedrukt volume van drie droge steenwolgranulaten en tamelijk droge RHP-B-potgrond met 2 l los volume als uitgangspunt.

Figure 3.1. Relation between pressure and compressed volume of three dry rockwool granulates and RHP-B-potting soil, consisting of several kinds of peat, with 2 l loose volume as starting point.

Tijdens het seizoen vonden kleurbeoordelingen plaats. De bloemtakken werden geoogst in de periode van 9 september tot 11 oktober. Door grondonderzoek volgens de 1:1 1/2 volume-extractmethode van het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas in Naaldwijk werd de uitgangstoestand op 21 juni en de eindtoestand op 6 oktober bepaald.

Het was de bedoeling afzuigvocht uit de potten te winnen en aan de hand van de pH en EC daarvan de voedingstoestand van het gewas te controleren. Dit bleek echter moeilijk; er werd alleen voldoende vocht voor onderzoek gewonnen uit de potten welke drie keer per dag werden bedruppeld, en wel door dit gedurende vier dagen te verzamelen. Aan het eind van het seizoen werd uit de potten met ongemengd steenwolgranulaat afzuigvocht verzameld voor de bepaling van de kat- en anionenbalans.

TABEL 3.1. Gewicht van 1 l droog steenwolgranulaat en vulvochtige RHP-B-potgrond bij los, normaal en vast aangedrukt, resp. bij 7.5, 37.5 en 75 g/cm².

TABLE 3.1. Weight of 1 l dry rockwool granulate and RHP-B-potting soil compressed at 7.5, 37.5 and 75 g/m² pressure.

Druk ₂ g/cm ²	Steenwolgranulaat (g/l)			RHP-B potgrond g (36% d.s.)
	Blauw BU 20	Groen 012512	Groen GU 15	
7.5	94	83	169	268
37.5	162	143	254	339
75.0	195	177	302	384

3.3. Resultaten

3.3.1. Groei en bloei van chrysant in 1983

Tien waarnemingen en schattingen werden verricht aan het gewas over de groei, bladkleur, lengte en gewicht van de geoogste takken, en het oogstijdstip. Daarbij werd ook het aantal door de wind uitgebroken takken genoteerd.

De correlaties tussen de waarnemingen werden berekend. Hierbij werd gevonden dat een hoger gemiddeld gewicht van de bloeitakken bij de oogst samenging met een geringer aantal nog op 23 september aanwezige bloeitakken en met een vroegere oogstdatum. Er was geen duidelijke relatie van het gewicht met de in augustus geschatte mate van bloei, noch met de eind augustus gegeven bladkleurcijfers. Het gewicht van de takken was kleiner naarmate de windschade ernstiger was geweest. Uit het voorgaande volgt dat de eerst-bloeiende tak het zwaarst was. Als er nog bloeiende takken eind september aanwezig waren, dan waren deze lichter en uiter-aard viel de oogstdatum later. Bij de door de wind aangebrachte schade sneuvelden de zwaardere takken eerder. Voor de planten waarvan eind augustus de bladkleur als minder groen werd beoordeeld viel de gemiddelde oogstdatum vroeger uit. De planten waren minder hoog als er eind september meer nog bloeiende takken aanwezig waren. De aanwezigheid van meer bloeitakken betekende natuurlijk een latere oogstdatum. Er is dus in zekere mate een tegenstelling tussen groei en bloei.

Het effect van de behandelingen op de groei en bloei werd in een variantie-analyse getoetst. Een behandeling welke bij alle waarnemingen een statistisch betrouwbaar of zeer betrouwbaar effect op de chrysant had was de hoeveelheid door de RHP-B-potgrond bijgemengd steenwolgranulaat. In meer dan de helft van het aantal gevallen was de interactie

tussen de druk waarmee de potten waren gevuld, en de trappen aan bijgevoegd granulaat statistisch betrouwbaar. De chrysant op 100 vol.% RHP-B-potgrond bleef sterk achter in lengte en gewicht aan takken bij de oogst; de kleur van het gewas was eind augustus daarbij lichter groen (tabel 3.2). Het aantal op 23 september nog aanwezige bloeitakken was echter groter en de gemiddelde oogstdatum later. Het gemiddelde gewicht van de drie takken bij de oogst was het grootst als 60-75% van het veen in de RHP-B-potgrond was vervangen door granulaat.

TABEL 3.2. Invloed van bijmenging van granulaat op groei en bloei van chrysant.

TABLE 3.2. Effect of proportion of rockwool granulate in potting soil on growth and flowering of chrysanthemum.

Toenemend aandeel granulaat	Blad- kleur 31-8-83	Gemidd. lengte drie tak- ken (cm)	Gemidd. gewicht drie tak- ken (g)	Aantal nog aanwezige bloeitakken, 23-9-83	Gemiddelde oogstdatum (dagen van- af 1 sept)
0%	1.5	50.8	69	2.1	27.0
20-25%	1.8	66.6	135	0.5	17.8
40-50%	1.8	65.9	142	0.3	17.0
60-75%	1.8	65.3	144	0.4	16.1
80-100%	1.8	65.3	140	0.4	17.0

Aandrukken van de potgrond bij het vullen had in vijf van de tien waarnemingen een (bijna) statistisch betrouwbaar effect. De chrysant werd, gemiddeld over de andere behandelingen, minder groot (tabel 3.3). Het aantal nog bloeiende takken eind september was het grootst bij planten op potten die met normale druk waren gevuld. De takken waren bij de oogst daar het zwaarst en de gemiddelde oogstdatum viel later.

TABEL 3.3. Invloed van de druk van vulling op groei en bloei van chrysant.

TABLE 3.3. Effect of compression of potting soil on growth and flowering of chrysanthemum.

Druk bij het vullen	Hoogte 27-7-1983, cm	Gemiddelde lengte drie takken, cm	Gemiddeld gewicht drie takken, g	Aantal nog aanwezige bloeiende takken, 23-9-1983
Los	22.0	64,4	125	0.61
Normaal	20.9	63,5	128	0.89
Vast	20.9	61,6	126	0.71

Bij analyse van de interactie tussen druk bij het vullen en trappen granulaat bleek de invloed van de druk bij de RHP-B-potgrond groter dan bij de mengsels met granulaat (tabel 3.4).

TABEL 3.4. Invloed van druk bij het vullen bij 100% RHP-B-potgrond en bij RHP-granulaatmengsels.

TABLE 3.4. Effect of compression during filling of pots with 100% RHP-B-potting soil and with RHP-granulate mixtures.

Druk bij vullen	Massa 31-8-83		Hoogte 27-7-83 cm		Aantal nog aanwezige bloeitakken 23 september		Oogstdatum dagen vanaf 1 september	
	RHP 100%	RHP +gran	RHP 100%	RHP +gran	RHP 100%	RHP +gran	RHP 100%	RHP +gran
Los	5.8	7.4	16.8	23.3	1.3	0.4	22.4	17.5
Normaal	3.8	7.8	11.9	23.1	2.5	0.5	29.4	17.7
Vast	4.4	7.6	11.4	23.2	2.4	0.3	29.2	15.7

Bij de 100% RHP-B-potgrond bleven door toenemende druk bij het vullen de massa en de lengte van de later op de potgrond groeiende chrysant achter en nam het aantal bloeiende takken nog aanwezig op 23 september toe en viel de gemiddelde oogstdatum later. Op de potten met RHP-granulaatmengsels was er nauwelijks van een invloed van de druk sprake. Op de vast-aangevulde potten kon de chrysant zelfs eerder worden geoogst. De groei van chrysant op 100% RHP-B-potgrond was minder goed dan die op de RHP/granulaatmengsels, bij de los gevulde RHP-B-potgrond was de groei-vertraging nog het geringst.

De frequentie van watergeven per dag vertoonde alleen bij de lengte-groei en de zwaarte van de takken statistisch betrouwbare verschillen. Driemaal per dag voedingsoplossing bijdruppelen gaf een langere plant en bracht zwaardere takken voort (tabel 3.5). Uit een eenmalig voorkomende statistisch betrouwbare interactie tussen de compactheid van de potgrond en de frequentie van het watergeven zou volgen dat de bloei in eind augustus was vertraagd door vaker watergeven in de losser gevulde potgrond, maar niet in de stevigst aangedrukte potgrond.

TABEL 3.5. Effect van aantal keren water geven per dag op groei van chrysant.

TABLE 3.5. Effect of frequency of irrigation per day on growth of chrysanthemum.

Frequentie water geven per dag	Hoogte 27-7-1983, cm	Gemidd. lengte drie takken op 27-7-1983, cm	Gemidd. gewicht drie takken bij oogst, g
1 x per dag	20.8	61.5	117
2 x per dag	21.2	62.9	126
3 x per dag	21.8	65.2	136

Weinig reactie was er op de drie soorten granulaat. Tweemaal werd er een statistisch betrouwbaar effect gevonden. Op 31 augustus was de bloei verder op mengsels met wateropnemend granulaat, het verst op mengsels met het fijne wateropnemend granulaat GU 15 (tabel 3.6). Bij de laatste was het gewicht van de takken het grootst.

TABEL 3.6. Invloed van bijgemengd soort granulaat op groei en bloei van chrysant.

TABLE 3.6. Effect of kind of granulate, mixed with the potting soil, on growth and flowering of chrysanthemum.

Soort granulaat	Hoogte 27-7-1983, cm	Gemidd. lengte drie takken op 27-7-1983, cm	Gemidd. gewicht drie takken bij oogst, g	Bloei* op 31-8-1983
Fijn, waterafstotend Blauw BU 20	21.5	62.3	123	0.13
Grof, water opnemend Groen 012512	21.0	63.5	125	0.21
Fijn, water opnemend GU 15	21.2	62.5	130	0.30

* 0 = geen bloei; 2 = volle bloei

3.3.2. Onderzoek van grond en afzuigvocht

De grondanalysecijfers van de RHP-B-potgrond en mengsels hiervan met gelijke volumes steenwolgranulaat (in het 1:1 1/2 volume extract) waren bij het begin van de proef op 21 juni buitengewoon laag. De noodzakelijke hoeveelheid voedingsstoffen werd geacht door het bijdruppelen aangevoerd te worden. Verschillen in groei zouden op deze wijze niet aan verschillen in chemische kwaliteit van potgrond en potgrondmengsels toe

te schrijven zijn. Wel was de pH-H₂O van 3.7 in de RHP-B-potgrond duidelijk lager, misschien wel te laag, dan van de mengsels met steenwolgranulaat met pH-H₂O tussen 5.3-5.7. Door het dagelijks bijdruppelen van de voedingsoplossing stegen de analysecijfers in de potgronden duidelijk, al was de EC begin oktober nog als vrij laag te beschouwen (tabel 3.7).

TABEL 3.7. Grondonderzoek in RHP-B-potgrond en mengsels hiervan met steenwolgranulaat aan eind van de proef (6-10-1983).

TABLE 3.7. Analysis of RHP-B-potting soil and mixtures with rockwool granulates at the end of the experiment (6-10-1983).

Behandeling/materiaal	pH	EC, mS/ cm	NH ₄	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	P
(mmol/l extract)									
Los gevuld, 1x drupp. p. d.	4.8	1.2	3.8	0.9	2.8	0.7	1.7	4.7	0.43
Los gevuld, 3x drupp. p. d.	5.1	1.0	4.2	1.2	1.6	0.4	1.9	3.0	0.58
Vast gevuld, 1x drupp.p. d.	4.6	0.9	2.5	0.6	2.1	0.5	2.3	2.9	0.39
Vast gevuld, 3x drupp.p. d.	4.7	0.7	2.5	0.6	1.2	0.3	2.5	1.6	0.45
100% RHP	4.0	0.9	3.7	0.7	1.4	0.4	1.5	2.7	0.51
60% RHP 40% stw.gran. BU 20	4.9	1.0	3.4	0.9	1.9	0.4	2.0	3.0	0.57
50% RHP 50% stw.gran.012512	5.1	1.2	3.0	0.9	3.0	0.8	2.5	4.3	0.29
50% RHP 50% stw.gran. GU 15	5.2	0.9	2.8	0.9	1.4	0.6	2.4	2.0	0.46

Ook het K- en Mg-gehalte was aan de lage kant volgens de normen opgesteld door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk. In de los-gepulde potten was het ammoniumgehalte hoger en het nitraatgehalte lager dan in de vast-gepulde, maar de totale hoeveelheid wateroplosbare stikstof lag op een niveau dat als normaal kan worden beschouwd. Bij driemaal druppelen was het N-gehalte weinig hoger dan bij eenmaal druppelen per dag, maar dat was bij P duidelijker het geval. Het sulfaatgehalte was lager als de potgrond vaster was aangedrukt en bij meermalen druppelen per dag. Dezelfde verschuivingen werden gevonden voor Ca en Mg. In mengsels met granulaat waren de NH₄- en P-gehalten lager en het NO₃-gehalte hoger dan in 100% RHP-B. In het 50% RHP/ 50% granulaat 012512-mengsel kwamen hogere Ca- en SO₄-gehalten voor.

Op 25 juli lag de gemiddelde pH in het afzuigvocht van de drie steenwolgranulaten tussen 5.6 en 5.8 en de EC tussen 0.8-1.0 mS/cm. De pH lag binnen het traject van 5-6, dat De Kreij (1985) aangeeft voor de teelt van rozen in kunstmatige substraten, maar de EC, waarvoor bij rozen

2-2.4 mS/cm wordt aangehouden was nog duidelijk te laag (de uitslag van 9 analyses lag tussen 0.6-1.0). De EC was lager in de los-gevulde potten, nl. 0.84 mS/cm, dan in de vast-gevulde potten met steenwolgranulaat, 0.98 mS/cm. De EC was het laagst voor het steenwolgranulaat BU 20 (0.80 mS/cm) en het hoogst voor steenwolgranulaat 012512, nl. 0.98. Bij de analyse van het afzuigvocht op 6 oktober bleek de EC in de potten met 100% steenwolgranulaat van beide soorten bijna tot het volgens De Kreij voor rozen gewenste niveau gestegen te zijn (tabel 3.8).

TABEL 3.8. Kat- en anionengehalten in het steenwolvocht op 6 oktober 1983 in los en vast gevulde potten met twee soorten steenwolgranulaat.

TABLE 3.8. Cation and anion concentration of rockwool liquid on 6 October 1983 in pots, filled with two kinds of rockwool granulate with and without compression.

Behandeling/materiaal	pH	EC	NH ₄	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	P
	(mmol/l vocht)								
Los gevuld, 1x drupp.p.dag	5.8	2.1	7.1	0.8	4.2	1.3	7.4	2.8	0.89
Los gevuld, 3x drupp.p.dag	5.9	1.9	6.7	1.0	3.4	1.1	7.8	3.3	0.89
Vast gevuld, 1x drupp.p.dag	6.5	2.0	7.9	1.4	3.2	1.0	8.2	3.3	0.98
Vast gevuld, 3x drupp.p.dag	5.9	2.0	7.8	1.1	3.1	1.0	8.0	3.5	0.85
100% steenw.gran. 012512	6.1	2.0	7.4	1.1	3.6	1.1	8.0	2.8	0.90
100% steenw.gran. GU 15	5.9	2.0	7.3	1.0	3.4	1.1	7.7	3.5	0.89

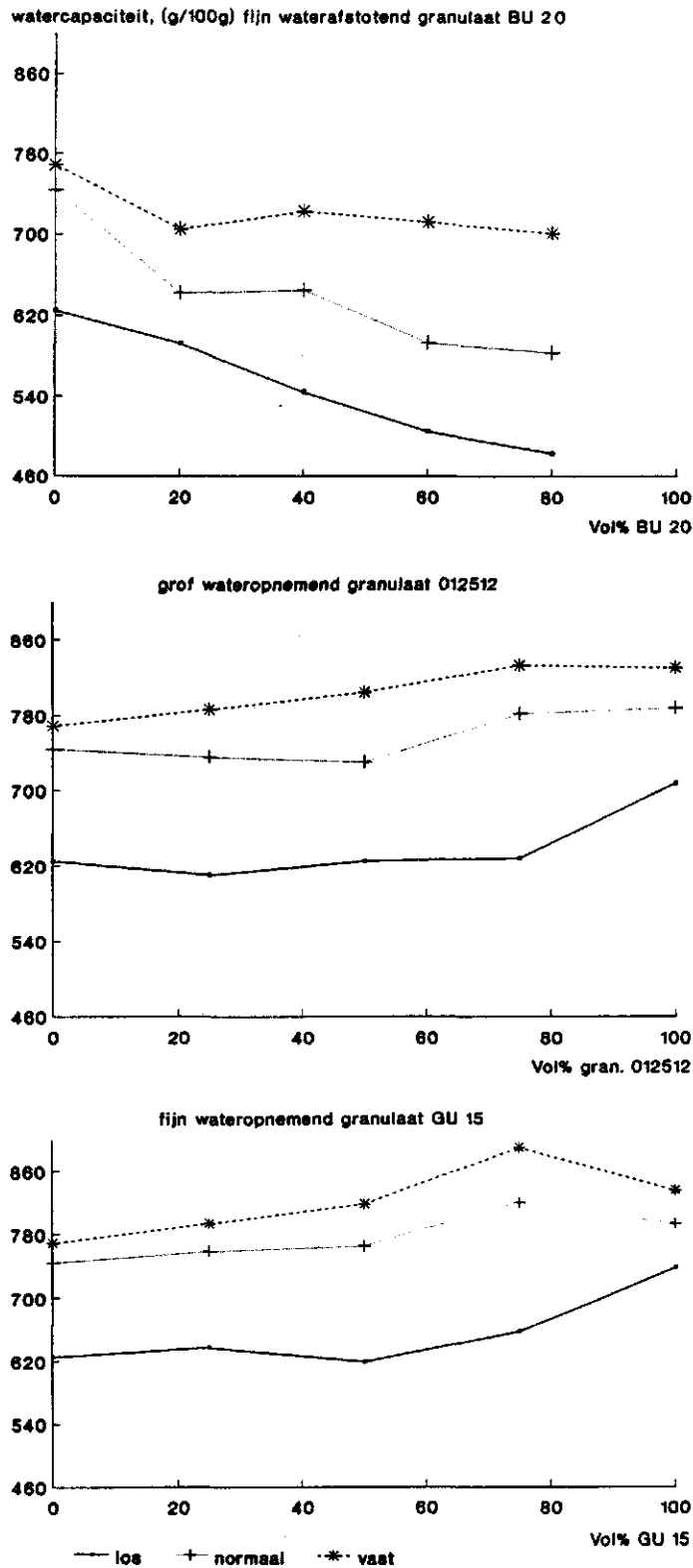
Het totale gehalte aan oplosbare stikstof was iets hoger dan normaal, maar de verhouding tussen ammonium- en nitraatstikstof van 1:1 was daarbij sterk afwijkend van de bij rozen na te streven verhouding van 0:1. Het hoge ammoniumgehalte wekt bevreemding gezien het gebruik van voedingsoplossing met slechts 5% van de stikstof in ammoniumvorm, te meer daar vele gewassen ammonium, t.o.v. nitraat, preferent opnemen. Het fosfaatgehalte in het afzuigvocht was bijna voldoende, maar het kaliumgehalte volgens bovengenoemde norm zeer laag. De behandelingen van druk, frequentie van watergeven en soort granulaat leidden tot slechts zeer geringe verschillen. In de vast-gevulde potten was het stikstof- en kaliumgehalte iets hoger en het calciumgehalte lager dan in het vocht van los-gevulde potten. Bij frequenter druppelen was het ammonium- en calciumgehalte wat lager. De gehalten van het afzuigvocht van steenwolgranulaat 012512 waren iets hoger dan die van het granulaat GU 15, behalve voor fosfaat.

3.3.3. Fysische kenmerken

3.3.3.1. Watercapaciteit. De hoeveelheid water die door de diverse potgronden, gevuld bij drie verschillende drukken, kon worden vastgehouden bij 100% watercapaciteit daalde naarmate meer fijn waterafstotend granulaat Blauw BU 20 door de RHP-B-potgrond was gemengd (Figuur 3.2). De daling was het sterkst in de los-gevulde pot. Bij de sterkst aangedrukte potgrond was de hoeveelheid vastgehouden water aanzienlijk hoger, maar er was weinig verschil aan te tonen binnen het traject 20 tot 80% toegevoegd granulaat. Als wateropnemend granulaat was toegevoegd nam de hoeveelheid vastgehouden water in de los-gevulde potten alleen toe bij de twee hoogste toevoegingen. In aangedrukte potten werd het waterhoudend vermogen reeds bij geringe toevoegingen hoger, vooral bij het fijne wateropnemende granulaat GU 15 en de sterkst aangedrukte potgrondmengsels.

Het luchtgehalte bij volkomen droge potten met 100% RHP-B-potgrond zou, zoals indirect afgeleid uit de watercapaciteitsbepaling, voor de drie drukken uiteenlopen van 38 tot 23 vol.%. Door bijmengingen met granulaat waren de uitersten 52 en 11 vol.%.

3.3.3.2. De pF-bepaling. De pF-bepaling leverde bij de uitvoering moeilijkheden op. Het soortelijk gewicht van de RHP-potgrond werd niet rechtstreeks bepaald, maar werd afgeleid uit het humusgehalte. Voor het soortelijk gewicht van het steenwolgranulaat werd de opgave gebruikt van Grodan-Divisie van Rockwool Lapinus in Roermond. Voor alle drie soorten steenwolgranulaat werd als soortelijk gewicht 2.8 g/cm^3 aangehouden. Bij bewerking van de gemeten gewichten voor grond met diverse vochtgehalten bleek bij lage vochtspanning soms een negatief luchtgehalte voor te komen in de vast-aangedrukte ringen. Verondersteld moet worden dat het materiaal in de ringen tijdens de pF-bepaling is teruggeveerd, zodat het uitgangsvolume niet meer klopte. Ook bleken de pF-bepalingen bij de zeer lage vochtspanningen van pF 0.48 en 0.70 soms iets lagere vochtgehalten te tonen dan die bij pF 1.0. Er moet bij eerstgenoemde vochtspanningen sprake zijn geweest van onvoldoende herbevochtiging, een "hysteresis-effect", gezien ook het feit dat het vochtgehalte bij het vullen van de ringen meer dan eens lager was en bij pF 0.48 en 0.70 dus water moest worden toegevoegd. In de hierna volgende bespreking van de proefresultaten worden daarom alleen de hogere vochtspanningen vanaf pF 1.0 behandeld. Hoewel de bepalingen in het samengedrukte materiaal dus niet geheel correcte waarden leverden voor het lucht- en vochtgehalte, wordt



Figuur 3.2. Hoeveelheid water (g/100 g dr.stof) bij 100% watercapaciteit (= verzadigd) voor RHP-B-potgrond en mengsels ervan met drie soorten steenwolgranulaat, ingevuld in de potten met drie verschillende drukken.

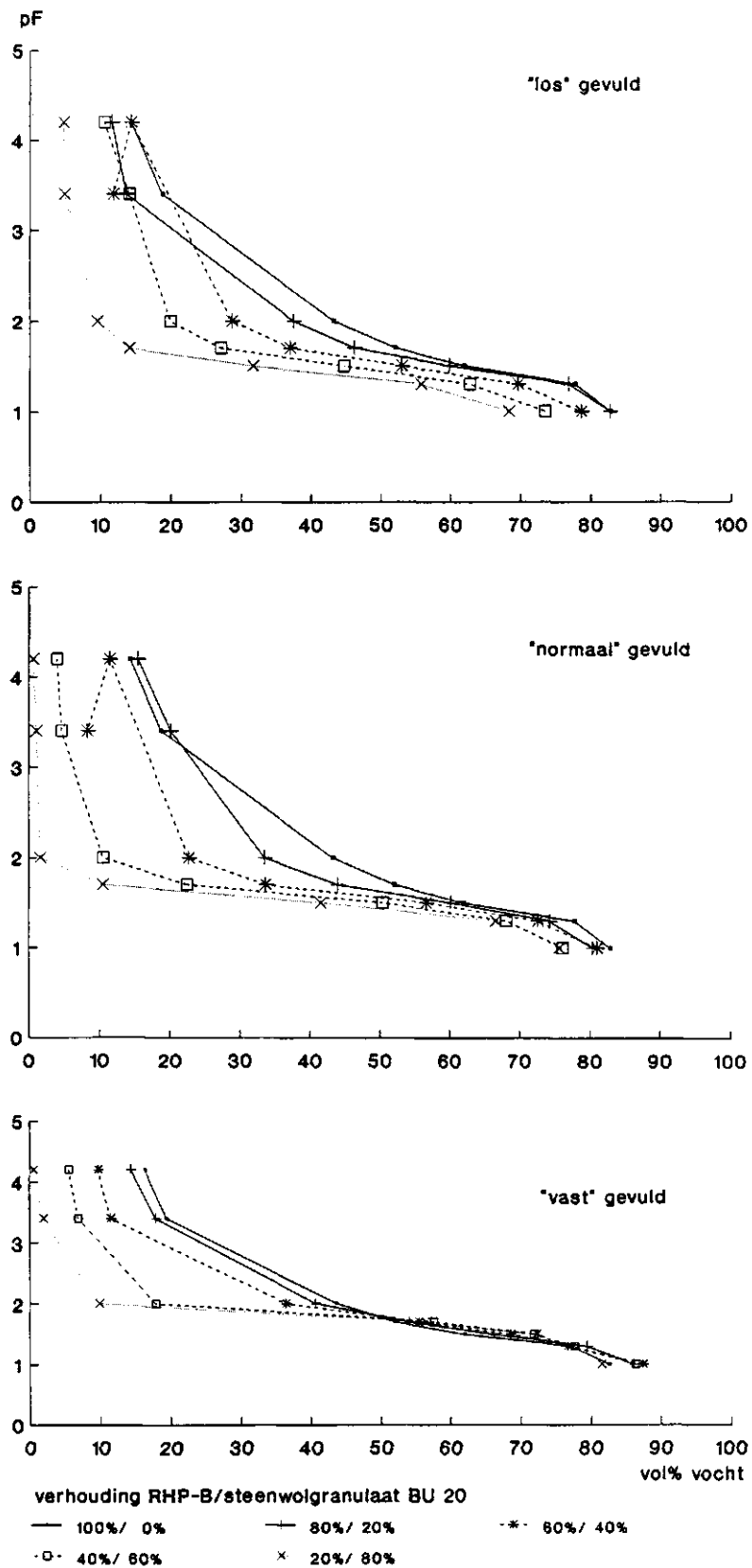
Figure 3.2. Amount of water (g/100 g dry matter) at 100% water capacity (= saturation) in RHP-B-potting soil, alone and mixed with three kinds of rockwool granulate, placed in pots at three different pressures.

toch aangenomen dat vergelijking tussen materialen en drukken toelaatbaar is, dat althans de volgorde in lucht- en vochtgehalte juist is gebleven, zij het niet in absolute waarde.

Uit de pF-curven waarin de pF is uitgezet tegen het volumepercentage vocht blijkt dat na het vaster vullen van de RHP-B-potgrond/steenwolgranulaat -BU 20-mengsels het vochtgehalte in de mengsels met veel granulaat bij een bepaalde vochspanning lager was, vooral bij de hoge vochtspanningen. Bij hoge vochtgehalten in de mengsels waren de verschillen in pF in de vaster aangedrukte potgronden kleiner dan in de minder aangedrukte. Tussen de vochtgehalten in het traject van 20 tot 40 vol.% waren de verschillen in pF voor de diverse drukken en materialen het grootst (figuur 3.3. a-c). Ook voor de twee andere, wateropnemende steenwolgranulaten ondergingen de pF-curven bij toenemende druk vergelijkbare veranderingen.

De grond/water/luchtverhouding van losser of vaster gevulde RHP-B/steenwolgranulaatmengsels leverde soms niet die lijnen op welke men met toenemend volumeaandeel granulaat zou verwachten. Dit komt onder meer doordat bij sterker aandrukken het gewichtsaandeel aan de veerkrachtigere RHP-B-potgrond ten opzichte van dat aan steenwolgranulaat wordt vergroot. Anderzijds speelt een rol dat het steenwolgranulaat geen fijne poriën bezit, zodat natte steenwol, bij droger worden, bij een pF van 1.8 geheel "leegloopt".

Met toenemende hoeveelheid waterafstotend steenwolgranulaat BU 20 nam het vochtgehalte bij pF 1.0 en bij pF 1.5 af en het luchtgehalte toe, vooral in de los-gevulde potten (tabel 3.9). Ook in los-gevulde RHP-B/grove wateropnemende steenwolgranulaat 012512-mengsels nam het vochtgehalte bij pF 1.0 af en het luchtgehalte toe met meer granulaat, maar niet in de vaster gevulde potten, want daar was het luchtgehalte in de mengsels laag, vooral in het 1:1 mengsel. Bij pF 1.5 nam het luchtgehalte van steenwolrijkere mengsels wel toe bij de vastere vullingen. Toevoegen van fijn wateropnemend granulaat GU 15 aan RHP-B-potgrond verlaagde het luchtgehalte bij pF 1.5 meer, naarmate meer veen was vervangen. Het luchtgehalte bij pF 1.0 was laag en wel het laagst voor de 1:1 mengsels; het 100% steenwolgranulaat GU 15 was wat dit kwaliteitsaspect betreft bij de drie uitgeoefende drukken even goed als 100% RHP-B-potgrond.



Figuur 3.3. pF-curve voor RHP-B/steenwolgranulaat-mengsels (waterafstotend granulaat BU 20), gevuld met drie verschillende drukken.

Figure 3.3. pF-curves for RHP-B/rockwool granulate mixtures (water-repelling granulate BU 20) placed in pots at three different pressures.

TABEL 3.9. Poriënvolume, lucht- en vochtgehalte en beschikbaar vocht bij pF 1.0-4.2 voor diverse potgrondmaterialen en drukken bij het vullen (vol.%).

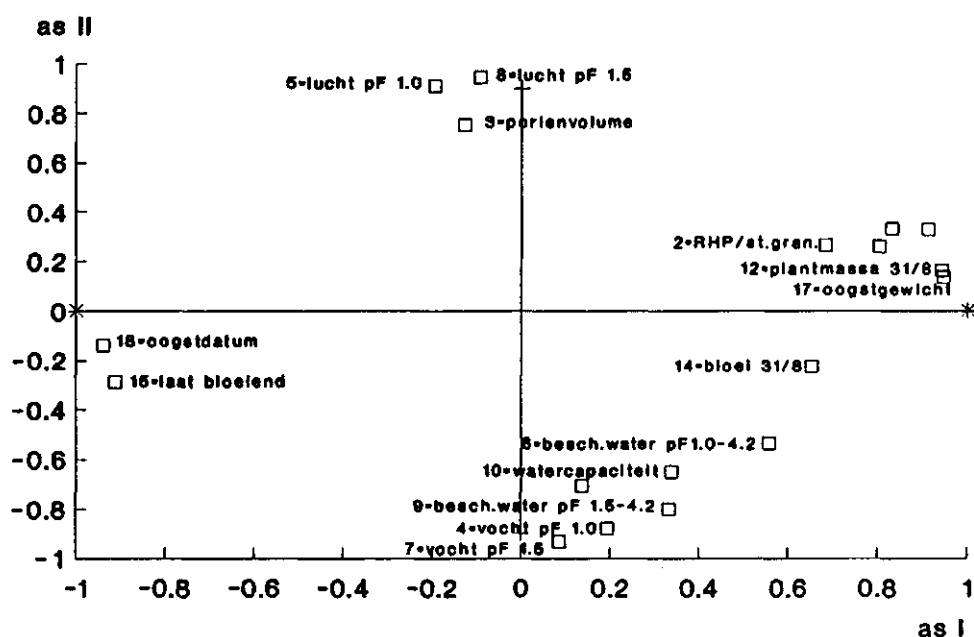
TABLE 3.9. Pore volume, air and water content and available water between pF 1.0-4.2 for the different potting soil materials and filling pressures (vol.%).

Potgrond	"los" gevuld				"normaal" gevuld			
	poriën volume	pF 1.0		besch. water pF 1.0-4.2	poriën volume	pF 1.0		besch. water pF 1.0-4.2
		vocht	lucht			vocht	lucht	
RHP-B 100%	92.4	82.9	9.5	68.5	90.9	85.1	5.8	67.9
RHP/st.gran. BU 20								
60%/40%	92.7	78.7	14.0	64.3	90.7	82.5	8.3	63.6
20%/80%	93.9	68.4	25.6	63.6	91.3	76.7	14.6	69.6
RHP/st.gran 012512								
50%/50%	93.2	81.0	12.2	69.5	91.5	86.6	4.8	71.7
0%/100%	95.6	75.6	20.0	75.0	93.0	90.7	2.3	89.8
RHP/st.gran. GU 15								
50%/50%	91.6	87.4	4.2	77.7	90.3	90.7	-0.3	79.3
0%/100%	92.2	81.5	10.6	81.0	90.8	86.1	4.7	85.5
"vast" gevuld								
	poriën volume	pF 1.0		besch. water pF 1.0-4.2				
		vocht	lucht					
RHP-B 100%	90.5	88.9	1.6	71.0				
RHP/st.gran. BU 20								
60%/40%	90.5	88.5	2.0	68.9				
20%/80%	90.6	86.6	4.0	78.8				
RHP/st.gran. 012512								
50%/50%	90.8	96.4	-5.6	80.1				
0%/100%	92.4	88.1	4.2	87.1				
RHP/st.gran. GU 15								
50%/50%	90.6	88.1	2.5	76.9				
0%/100%	88.8	85.7	3.1	85.0				

3.3.3.3. Relatie tussen groei van de plant en fysische kenmerken van de potgrond. Er werd gezocht naar een relatie tussen de groeikenmerken van het gewas en de fysische eigenschappen van de op diverse wijzen samengestelde potgronden, zoals pF- en watercapaciteit. In deze proef

waren de variabelen de drie drukken waarmee de potten waren gevuld, de vijf verhoudingen tussen de RHP-B-potgrond en het steenwolgranulaat en de drie soorten steenwolgranulaat, in totaal 45 combinaties. De onderlinge correlatiecoëfficiënten werden berekend, terwijl volgens de componentenanalyse van Hotelling (Thomson, 1951; Van der Boon, 1967) getracht werd de samenhang tussen groei en fysische eigenschappen in enkele gemeenschappelijke factoren samen te vatten.

In de componentenanalyse namen de eerste twee gemeenschappelijke factoren een groot deel van de aanwezige variantie tot zich, namelijk 75% van het totaal. De eerste gemeenschappelijke factor, as I in figuur 3.4, laat zich interpreteren als berustend op het onderlinge complex van gewaseigenschappen met de tegenstelling tussen oogstgewicht en oogstdatum, de tweede gemeenschappelijke factor, as II, wordt bepaald door de onderlinge samenhang tussen de bepaalde fysische eigenschappen van de potgrond, het poriënvolume en de tegenstelling tussen het lucht- en vochtgehalte.



Figuur 3.4. Twee gemeenschappelijke factoren in componentenanalyse.
Figure 3.4. Two factors in principal component analysis.

Van de variabelen die zich noch duidelijk langs de ene as hebben gegroepeerd, noch langs de andere as, en die dus met beide gemeenschappelijke factoren min of meer te maken hebben, kunnen worden genoemd variabele nr. 2, de verhouding tussen RHP/steenwolgranulaat; nr. 10, de watercapaciteit; nr. 14, de bloei op 31 augustus en als laatste, het

duidelijkst tussen de twee gemeenschappelijke factoren liggend, nr. 6, het beschikbare water tussen pF 1.0 en pF 4.2. Als selectie uit de variabelen voor de fysische eigenschappen van de potgrondmaterialen en de verschillende drukken die de grootste invloed op de gewasgroei hadden, komen in de eerste plaats de verhouding tussen de RHP/steenwol-granulaatmengsels en het beschikbare vocht tussen pF 1.0 en pF 4.2 in aanmerking. In de matrix van correlatiecoëfficiënten, waarin enerzijds binnen de fysische eigenschappen van de grond hoge correlaties voorkwamen en anderzijds tussen de diverse gewassenmerken, werd inderdaad de sterkste relatie van de groei gevonden met de genoemde twee variabelen (tabel 3.10).

TABEL 3.10. Relatie tussen groeikenmerken en fysische eigenschappen van de potgrond (correlatiecoëfficiënten).

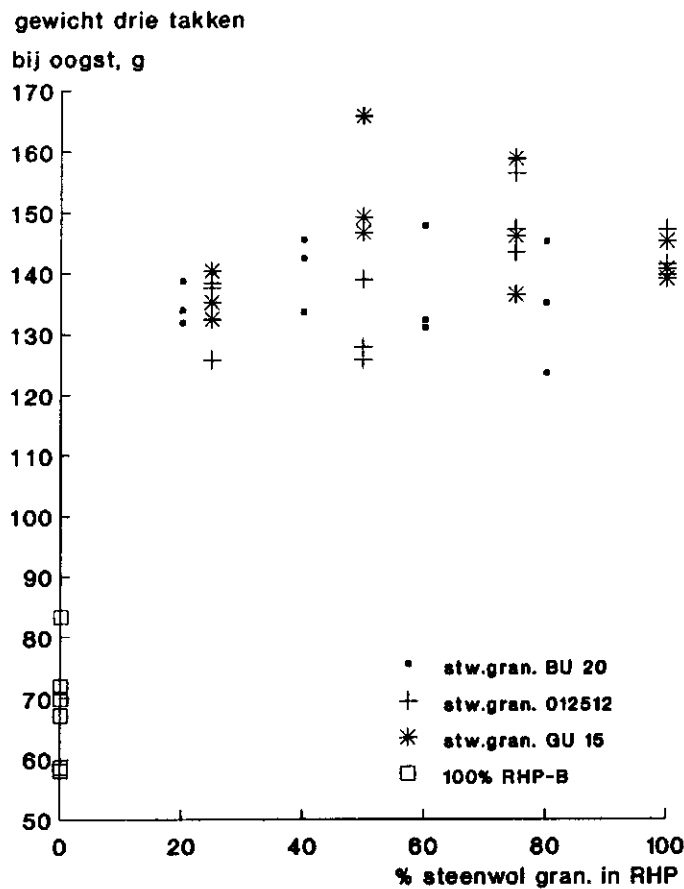
TABLE 3.10. Relation between growth characteristics and physical properties of the potting soil (correlation coefficients).

Potgrond eigenschap	Massa 31-8 -1983	Bloei 31-8 -1983	Aantal nog aanwezige bloei- takken, 23-9-1983	Gemidd. lengte drie takken (cm)	Gemidd. gewicht drie takken (g)	Gemidd. oogst- datum vanaf 1 sept.
Verhouding RHP-B/steenw. granulaat	0.59*	0.46	-0.61	0.55	0.66	-0.61
Beschikbaar vocht tussen pF 1.0-4.2	0.37	0.55	-0.25	0.22	0.43	-0.41

*) $P = 0.05$: 0.30; $P = 0.01$: 0.39; $P = 0.001$; 0.49

Bij het grafisch uitzetten van het oogstgewicht tegen de verhoudingen tussen RHP-B-potgrond en steenwolgranulaat blijkt echter het verband voor een groot deel te berusten op het lage opbrengstniveau op de 100% RHP-potgronden enerzijds en op het veel hogere niveau met onderling geringe verschillen voor de RHP-B/steenwolgranulaatmengsels anderzijds (figuur 3.5). Het lijkt erop dat een 50 vol.%/50 vol.% RHP/steenwol-granulaatmengsel met waterafstotende BU 20 in vergelijking met andere verhoudingen het beste voor de groei was, terwijl voor de twee andere, wateropnemende granulaten een verhouding van 25 vol.%/75 vol.% de voorkeur verdiende, al zijn de genoemde verschillen in het opbrengst-niveau tussen de verhoudingen gering. Ook bij het grafisch uitzetten van de opbrengst tegen het beschikbare vocht tussen pF 1.0 en 4.2 liggen de

opbrengsten op de 100 vol.% RHP-B duidelijk lager (figuur 3.6). Deze potgrond had inderdaad een vrij laag gehalte aan beschikbaar vocht, maar dit was blijkbaar niet de enige oorzaak van het achterblijven van de opbrengst. Voor de RHP-B/steenwolgranulaatmengsels nam de opbrengst toe naarmate de potgronden tussen pF 1.0 en 4.2 meer water konden vasthouden. De hoge vochtgehalten betekenen lage luchtgehalten. Toch reageerde de plant gunstig op een "overmaat" aan vocht, blijkbaar wist het wortelstelsel aan de buitenkant van de betrekkelijk kleine potten van 1 liter voldoende zuurstof te bemachtigen.

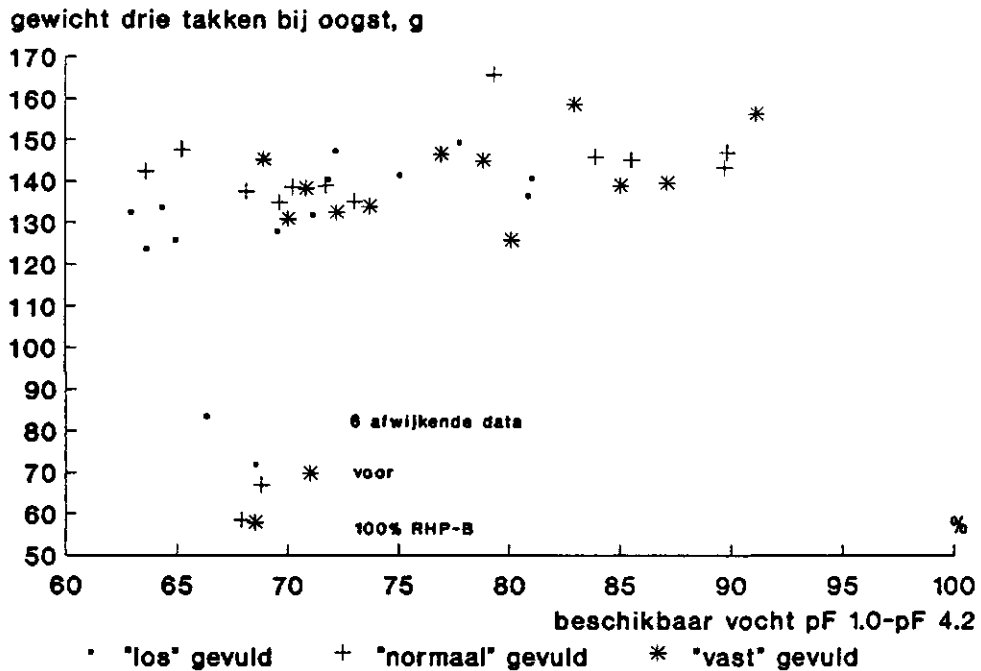


Figuur 3.5. Gewicht van de bloeitakken bij de oogst tegen de mengverhouding van RHP-B met drie soorten steenwolgranulaat.

Figure 3.5. Weight of flower stems at harvest plotted against the ratio between RHP-B and three kinds of rockwool granulates.

3.3.4. De verbruikte hoeveelheid voedingsoplossing

De potten werden al naar gelang de behandeling van 1 tot 3 keer per dag bijgedruppeld met voedingsoplossing tot uitlekken toe. Afhankelijk van het gebruikte materiaal als potgrondbestanddeel en het vastdrukken bij



Figuur 3.6. Gewicht van de bloeitakken bij de oogst tegen het gehalte aan beschikbaar vocht tussen pF 1.0 en 4.2.

Figure 3.6. Weight of flower stems at harvest plotted against the content of available water between pF 1.0 and 4.2.

het vullen zal de ene pot eerder uitlekken dan de andere. Elke toevoerbuïs was met meerdere veldjes verbonden, bestaande uit 15 potten met combinaties van soort en trap granulaat. De laatste lekkende pot zal bij een bepaalde toevoerbuïs de beëindiging van het druppelen bepaald hebben. Te verwachten is dat dit het vast aangedrukte, meest water-vasthoudende mengsel zal zijn geweest, tenzij juist dat potgrondmengsel nog het meeste water bevatte van een vorige ronde van watergeven.

Alleen de bij elke frequentie van watergeven toegediende hoeveelheid voedingsoplossing werd vastgelegd. In tabel 3.11 worden de verbruikte hoeveelheden oplossing en nutriënten weergegeven.

Wegens de onderlinge koppeling is verdere differentiatie naar de diverse behandelingen niet mogelijk en gezien het voorgaande ook niet juist. Naarmate meer-frequent water per dag werd gegeven, nam het dagelijks verbruik toe, maar niet in een verhouding van 1 tot 3, waarschijnlijk doordat bij de tweede en derde ronde water in de pot was achtergebleven van een vorige ronde van watergeven.

Het verbruik aan voedingsstoffen per plant was hoog; dit werd tot nu toe steeds bij de proeven met teelt van laanbomen op steenwol gevonden.

TABEL 3.11. Gegeven hoeveelheid voedingsoplossing en -elementen per plant over het gehele groeiseizoen van 24 juni t/m 8 oktober.

TABLE 3.11. Amount of nutrient solution and elements given per plant during the growing season from 24 June to 8 October.

Hoeveelheid gegeven	Frequentie watergeven per dag		
	1x	2x	3x
Totaal verbruik in l (107 dagen)	31.8	40.6	53.6
Hoeveelheid per dag, cm ³	297	380	501
Max. hoeveelheid per dag, cm ³	768	930	1117
Totaal N (g)	3.6	4.6	5.9
P ₂ O ₅ (g)	2.1	2.6	3.4
K ₂ O (g)	7.5	9.5	12.4
MgO (g)	0.9	1.2	1.6

Als voor de chrysant een plantafstand wordt aangehouden van 50 bij 50 cm, dan zou, niet rekening houdend met het eventueel niet bemesten van de paden tussen de planten, voor de drie frequenties van watergeven bruto aan stikstof resp. 142, 182 en 238 kg per ha gegeven zijn.

Via correlatieberekening werd nagegaan in hoeverre bepaalde weersfactoren leidden tot een kleiner of groter verbruik van voedingsoplossing. De correlaties werden berekend voor de hoeveelheid voedingsoplossing toegediend op een bepaalde dag met de gemiddelde dagtemperatuur, de maximum temperatuur, de globale straling, de relatieve luchtvochtigheid, de neerslag en de verdamping. Deze weersgegevens werden genomen voor dezelfde dag waarop de hoeveelheid werd gemeten, en ook voor de dag ervoor en van twee dagen ervoor. Ook werden deze weersgegevens gesommeerd over twee en drie dagen en als zodanig in de correlatieberekening opgenomen. Uitgangspunt bij de laatste berekening was de mogelijke invloed van het weer van voorgaande dagen op het verbruik voor een bepaalde dag. De berekende correlatiecoëfficiënten waren laag, zodat met de uitgezochte weersfactoren maar weinig van de schommelingen in het dagelijkse verbruik verklaard kon worden (tabel 3.12).

In tegenstelling met onderzoek met laanbomen op steenwol in 1980 (Van der Boon en Miljoen-Van den Handel, 1987) en met de vorige proef, IB 5067 (1982), was er geen relatie van het verbruik met de globale straling, mogelijk door het kortere groeiseizoen in de zomer. De correlatiecoëfficiënten zijn daarom weggelaten in tabel 3.12. Ook de verdampingscijfers van het KNMI-weersstation in Eelde die een resultante zijn van het effect van afzonderlijke factoren als temperatuur,

TABEL 3.12. Correlatie van dagelijks verbruikte voedingsoplossing met weersfactoren.

TABLE 3.12. Correlation between amount of nutrient solution supplied and weather factors.

Grootheid	Periode*	Frequentie watergeven per dag		
		1 x	2 x	3 x
Maximum temperatuur	1	0.320**	0.300	0.249
	2	0.394	0.298	0.187
	1 + 2	0.392	0.328	0.241
Gemiddelde temperatuur	1	0.302	0.244	0.171
	2	0.340	0.237	0.147
	1 + 2	0.347	0.261	0.174
Relatieve vochtigheid	1	-0.205	-0.261	-0.296
	2	-0.268	-0.276	-0.201
	1 + 2	-0.284	-0.323	-0.299
Neerslag	1	-0.252	-0.267	-0.291
	2	-0.254	-0.289	-0.213
	1 + 2	-0.304	-0.334	-0.305

*) 1 = dezelfde dag; 2 = een dag ervoor

**) P = 0.05: 0.195; P = 0.01: 0.254; P = 0.001: 0.321

straling, relatieve vochtigheid en windsnelheid, scoorden laag en boden weinig houvast voor het traceren van de schommelingen in het dagelijks verbruik aan voedingsoplossing. Een mogelijke verklaring voor de geringe correlatie met weersfactoren zou kunnen zijn dat de chrysant, een sterk groeiend gewas, elke dag bijna alle aangeboden voedingsoplossing verbruikte, zodat iedere dag de potten vrijwel geheel aangevuld werden. De chrysant groeide beter op de potten waar driemaal per dag werd bijgedruppeld, maar het verschil met eenmaal druppelen was niet zo groot dat dit het voorgaande argument duidelijk ondersteunt (tabel 3.5). Over het geheel gezien was de correlatie van het verbruik met de maximum temperatuur per dag het hoogst. De correlatie met het weer van dezelfde dag was vrijwel even hoog als die met het weer van de dag ervoor. De correlatie nam meestal iets toe als het weer over enkele dagen te zamen in de berekening werd opgenomen. Voor het verbruik op een bepaalde dag zou dus het weertype over enkele dagen genomen meer maatgevend zijn geweest dan het weer op dezelfde dag waarop de verbruikte hoeveelheid voedingsoplossing werd vastgelegd. De correlatie met de temperatuur, vooral met de gemiddelde temperatuur, was minder hoog als de voedingsoplossing driemaal per dag werd gegeven in plaats van eenmaal.

4. DISCUSSIE

De teelt van laanbomen op steenwolblokken van 6 l, die bij het vervolgens plaatsvindende transport minder handzaam zijn, blijkt ook met succes te kunnen worden uitgevoerd op 3-l blokken, zeker als de voedingsoplossing niet eenmaal, maar driemaal per dag wordt bijgedruppeld. Bij laatstgenoemde frequentie van watergeven is ook met teelt op 1-l steenwolblokken een bevredigende groei te verkrijgen, maar bij het daarna uitplanten in de grond bleven de bomen in groei achter.

Na teelt op steenwolblok is een vaste kluit aanwezig waarin de wortels zich bevinden of aan de buitenkant waarvan wortels in min of meer gedraaide vorm aanwezig zijn. Het maakt de indruk dat de wortels na het uitplanten in de grond minder goed zullen "weggroeien". Met het oog hierop bestond belangstelling voor de teelt op steenwolgranulaat of op veenhoudende potgrond, gemengd met steenwolgranulaat. Met twee boomsoorten werden geen sprekende verschillen tussen groei op steenwolblok en -granulaat aangetoond. De beide gewassen liepen in hun voorkeur uit een voor steenwolblok, -granulaat en RHP-A-potgrond. Ook een uitspraak over het al of niet beter aanslaan en uitgroeien van op steenwolgranulaat opgekweekte bomen bleek niet mogelijk wegens een wisselende reactie van boomsoorten op steenwolsoort en grootte van het wortelvolumen. Ook mengsels van RHP-potgrond met steenwolgranulaat lieten zich niet als bijzonder veelbelovend kenschetsen, althans niet beter dan teelt op steenwolblokken.

Bij het gebruik van steenwolgranulaat, evenals bij veenhoudende handelspotgronden, treedt als bijkomstige factor de dichtheid van de potgrond op als gevolg van losser of vaster aandrukken bij het vullen. De dichtheid die wordt verkregen hangt ook af van de steenwolsoort, te weten wateropnemend of waterafstotend, en de vochtigheid van de veenhoudende potgrond bij het vullen. Bovendien zal de reactie van de plant op de ruimtelijke opbouw van de potgrond mede worden bepaald door de frequentie van watergeven. In de proef met chrysant liep echter de groeikracht op RHP-B/steenwolgranulaatmengsels weinig uiteen ondanks de verschillen in steenwolsoort, druk bij het vullen en frequentie van watergeven. De groei op 100% RHP-B-potgrond bleef echter duidelijk achter, vooral in de aangedrukte potten. De geringere gevoeligheid van planten op RHP-B/steenwolgranulaatmengsels voor de mate van aandrukken

zou een voordeel kunnen zijn. Dit komt zeker voor nadere verificatie in aanmerking. De chrysant groeide beter naarmate de hoeveelheid beschikbaar water tussen pF 1.0 en 4.2. hoger was. Dit betekent zeer lage luchtgehalten in de potgrond, maar waarschijnlijk weet de chrysant aan de buitenkant van de potkluit voldoende zuurstof te bemachtigen, zodat dit niet leidt tot schade aan wortels, ondanks een door zuurstofgebrek te geringe aanwezigheid van wortels binnenin de wortelkluit. Het is echter de vraag voor welke plantesoorten dit ook geldt.

Het dagelijks verbruik aan voedingsoplossing bleek vaak samen te hangen met de gemiddelde dagtemperatuur en de maximum temperatuur. In de perioden met hoge temperatuur, met name in augustus, liep de EC van het steenwolvocht hoog op en de gevonden analysecijfers waren vaak veel hoger dan die welke in de steenwolteelt onder glas als gewenst worden aangehouden. Ondanks de hoge zoutcijfers was de groei op voedingsoplossingen met hogere concentraties beter dan die met minder hoge concentraties.

Bij teelt op steenwol is het verbruik aan voedingsstoffen per oppervlakte-eenheid hoog. Te overwegen valt de doorlekkende vloeistof op te vangen en weer als voeding voor de plant te gebruiken. Besmetting door bodemparasieten valt hierbij niet te vrezen als steenwol is gebruikt, en uitgegaan is van gezond plantmateriaal, terwijl de potten op een goed bodembedekkend materiaal zijn geplaatst dat besmetting vanuit de grond voorkomt. Als strikt fytosanitair wordt geteeld is dat laatste al noodzakelijk en kan dus mede worden gebruikt voor het opvangen van de door de steenwol lekkende voedingsoplossing.

5. SAMENVATTING

Teelt op steenwol geeft de mogelijkheid laanbomen op te kweken met een wortelstelsel vrij van bodemparasieten, wat exportbelemmeringen kan voorkomen. In vroeger onderzoek werd aangetoond dat buiten met succes laanbomen op 6-1 steenwolblokken te telen zijn.

Bij het transport na de opkweek is deze grootte van het steenwolblok minder handzaam. Ook geeft het steenwolblok een stevige wortelkruit, wat moeilijkheden bij de aanslag na uitplanten zou kunnen geven. In het in 1981-1983 voortgezette onderzoek werd gewerkt met kleinere steenwolblokken en met steenwolgranulaat, al dan niet gemengd met veenhoudende RHP-potgronden.

Proef 1981

In 1981 werd het effect van drie grootten van steenwolblokken onderzocht op de groei van *Acer saccharinum* 'Pyramidale'. Daar in kleinere volumina hogere eisen gesteld worden aan waterhuishouding en voeding waren de potgrootten gecombineerd met twee frequenties van watergeven per dag en twee concentraties voedingsoplossing. De "normale" standaardconcentratie van de voedingsoplossing was 0.833 g Nutriflora-t 2+11+40+5 en 1.0 g kalksalpeter per l. Voor een betere regeling van de pH van het steenwolvocht en een, blijkens eerdere ervaringen, betere groei was 5% van de nitraatstikstof door ammonium vervangen.

Acer bleef in groei achter op het 1-1 steenwolblok, vooral als de voedingsoplossing slechts 1 x per dag tot uitlekken toe werd bijgedruppeld. Zeer goede groei bleek mogelijk bij teelt op 3-1 blokken met 3 x per dag bijdruppelen van de voedingsoplossing. Met 3/4 van de standaardconcentratie van de voedingsoplossing met een verhoging naar 9/8 gedurende de zomermaanden werd een even goede groei verkregen als met de standaardconcentratie, verhoogd in de zomer naar 1.5. Na het groeiseizoen werden de bomen op drie verschillende wijzen overwinterd. Overwintering in de kas was het beste. De bomen werden uitgeplant op zand of op klei. De groei was bevredigend, maar de bomen opgekweekt op 1-1 steenwolblokken bleven daarbij in groei achter.

In een tegelijk lopende proef met vier moeilijker te telen gewassen op 6-1 steenwolblokken werd ook in het tweede teeltjaar een redelijke groei bereikt, waarbij het geen verschil uitmaakte of 5% van de nitraatstik-

stof in de normaal toegepaste voedingsoplossing was vervangen door ammoniumstikstof of niet.

Frequenter watergeven en gebruik van een voedingsoplossing met hogere concentratie leidden tot een lager gehalte aan calcium en magnesium van het gewas. Frequenter watergeven gaf ook een lager kaliumgehalte. De gehalten aan deze drie elementen waren ook lager bij teelt in de grotere potten, mogelijk een gevolg van sterkere groei.

De pH van het afzuigvocht uit de steenwol was lager bij een hogere concentratie van de voedingsoplossing en bij frequenter watergeven. De EC liep in de zomer zeer hoog op en de gehalten aan voedingselementen waren te hoog vergeleken met de normen ontwikkeld voor de teelt van rozen op steenwol onder glas. Bij frequenter watergeven waren de gehalten aan de meeste voedingselementen lager dan bij eenmaal watergeven per dag.

Het dagelijkse verbruik van voedingsoplossing was maximaal in begin augustus. De over het groeiseizoen gegeven dagelijkse hoeveelheid was positief gecorreleerd met weersfactoren (o.a. de gemiddelde en de maximum dagtemperatuur).

Proef 1982

In de proef in 1982 werd niet alleen het effect van de grootte van het steenwolblok onderzocht, maar ook dat van de grootte van potten gevuld met steenwolgranulaat of veenhoudende RHP-A-potgrond, al of niet met toevoeging van steenwolgranulaat. In tegenstelling tot de proefresultaten in andere jaren groeiden *Prunus padus* 'Colorata' en *Ulmus carpinifolia* 'Weredei' slechts matig. Het aanslaan van de *Prunus* was op de RHP-potgrond beter dan op de steenwol; later in het seizoen was de groeisnelheid op de steenwol hoger. De *Ulmus* groeide iets beter op de RHP-A-potgrond. De groei was het beste in de grote steenwolblokken van 6 l en op de 3-l potten met steenwolgranulaat in vergelijking met de grotere maten. Steenwolgranulaat gaf een wat beter resultaat dan steenwolblok. Na het uitplanten van de *Prunus* op zand en van *Ulmus* op klei werden tegengestelde groeieffecten waargenomen.

In een kleinere, tegelijk lopende, proef met *Prunus* werd over het geheel een minder goede groei bereikt naarmate meer steenwolgranulaat, waterafstotend of wateropnemend, aan de veenhoudende RHP-A-potgrond was toegevoegd. Alleen bijmenging van 25 vol.% fijne wateropnemende steenwol was gunstig.

De pH van het afzuigvocht uit het steenwolgranulaat was hoger dan die van het steenwolblok. In de grotere pot was de pH hoger en bleef de EC, die ook in deze proeven tijdens het seizoen sterk opliep, aanvankelijk lager. Terwijl de gehalten aan spoorelementen ook in het seizoen opliepen, bleef het ijzergehalte aan de lage kant. In de RHP-A-potgrond en het RHP-A/granulaatmengsel waren de analysecijfers in augustus hoog, iets minder voor de grotere potten en de 100% RHP-A-potgrond.

De dagelijks toegediende hoeveelheid voedingsoplossing was positief gecorreleerd met weersfactoren (o.a. de gemiddelde en de maximum temperatuur en de verdamping). Bij een groter aandeel granulaat in de RHP-potgrond werd meer voedingsoplossing verbruikt. Dit gold ook voor de grotere potten, waarbij de correlatie met de weersfactoren duidelijker was dan bij de kleine potten.

Proef 1983

In 1983 werd meer aandacht besteed aan de toevoeging van steenwolgranulaat, waterafstotend of wateropnemend, aan veenhoudende potgrond. Nu werd een RHP-B-potgrond gebruikt, bestaande uit een mengsel van veenmosveen, turfstrooisel en tuinturf. De fysische kwaliteit van de potgrond stond centraal. Er werden drie soorten steenwolgranulaat gebruikt in vijf trappen, en de potgrondmengsels werden bij het vullen van de potten onder drie verschillende drukken ingebracht. De grond/water/lucht-verhouding werd bovendien beïnvloed door drie frequenties van watergeven. Als proefgewas fungeerde chrysant, waarvan de lengte en het gewicht aan bloeiende takken achterbleven op de 100% RHP-potgrond, vooral bij de sterker aangedrukte potten. De zwaarste takken werden geoogst van de potten waar 60-75% van het veen was vervangen door de granulaten. Bij de RHP/granulaatmengsels had de bij het vullen uitgeoefende druk weinig invloed op de latere groei van de chrysanten. Frequenter watergeven, 3 x per dag in plaats van 1 x, gaf langere en zwaardere takken bij de oogst in september-oktober. Er waren slechts geringe verschillen in het effect van de drie soorten granulaat op groei en bloei van de planten. Fijn, wateropnemend granulaat gaf een wat vroegere bloei en een zwaardere bloeitak.

Bij chemisch potgrondonderzoek werden lagere gehalten aan ammoniumstikstof, sulfaat, calcium en magnesium, en hogere nitraatgehalten gevonden in de vast aangedrukte potten. In het afzuigvocht van steenwolgranulaatpotten was het ammoniumgehalte hoog, ondanks de geringe aanvoer van ammonium, 5% van de totaal aanwezige stikstof in de voedingsoplossing.

De verbruikte hoeveelheid voedingsstof per plant was hoog; de relatie tussen de dagelijks toegediende hoeveelheid voedingsoplossing en het weer was zwak bij chrysant die werd uitgeplant op 16 juni en geoogst in september-begin oktober.

In verzadigde toestand hield de RHP-B-potgrond in losse toestand minder water vast bij toenemende hoeveelheid waterafstotend granulaat. In vast aangedrukte toestand waren de verschillen in watervasthoudend vermogen tussen weinig en veel toegevoegd granulaat veel geringer. Met fijn wateropnemend steenwolgranulaat nam bij potgrondmengsels in losse toestand het waterhoudend vermogen pas toe bij de grootste hoeveelheden toegevoegd granulaat.

De pF-bepalingen leverden moeilijkheden op, waarschijnlijk doordat het vereiste volume bij de met verschillende druk samengeperste potgronden niet kon worden gehandhaafd. Ook was er bij herbevochtigen een hysteresiseffect. De luchtgehalten bij pF 1.0 bleken zeer laag te zijn in de samengedrukte mengsels van RHP-B met wateropnemend granulaat. Bij de componentenanalyse bleken met de twee gemeenschappelijke factoren voor gewassenmerken en voor fysische eigenschappen van de potgrond de verhouding tussen RHP en steenwolgranulaat en het beschikbare vocht tussen pF 1.0 en 4.2 een samenhang te vertonen. De groei van chrysant was duidelijk slechter op de 100% RHP. In de RHP-B/steenwolgranulaat-mengsels nam de gewichtsopbrengst aan bloeiende takken toe met een hoger gehalte aan beschikbaar vocht tussen pF 1.0 en 4.2.

6. SUMMARY

Growing nursery stock on rockwool has the advantage that the root system remains free from soil-borne parasites and pathogens. This may be important from the viewpoint of export restrictions. In earlier experiments it was shown that nursery trees could be grown successfully on 6-1 rockwool blocks.

The large blocks are not practical for transportation. Besides, a rather solid root ball is formed in the blocks, which may hamper root development after planting. Research was carried out in 1981-1983 with smaller rockwool blocks and with rockwool granulates, alone or in mixtures with peat-based RHP-potting soil.

Trial 1981

In 1981 the effect of three sizes of rockwool blocks on the growth of *Acer saccharinum* 'Pyramidale' was studied. Because higher demands are made upon the water and nutrient supply in smaller root volumes, the block sizes were combined with two frequencies of irrigation and two nutrient solution concentrations. The "normal" standard concentration of the nutrient solution consisted of 0.833 g Nutriflora-t 2+11+40+5, an NPK-compound with trace elements, and 1.0 g calcium nitrate per liter (see table 1.1). However, in this experiment 5% of the nitrate-N was replaced by ammonium. Growth of *Acer* was poorer on the 1-1 rockwool block, especially when the nutrient solution was supplied only once a day. Very good growth was obtained on 3-1 blocks irrigated with the nutrient solution 3 times a day. At $\frac{3}{4}$ of the standard concentration, increased during the summer months to $\frac{9}{8}$, growth of the trees equalled that of plants grown at the standard concentration, increased during the summer to 1.5. After the growing season the trees wintered following three different ways. Wintering under glass proved to be the best. The trees were planted on sandy or on clay soil. The growth was good, but the trees cultivated on 1-1 rockwool blocks remained behind.

The pH of the solution in the rockwool blocks was lower in the treatments with the higher nutrient solution concentration and more frequent irrigation. The EC increased sharply during the summer months and the concentration of the nutrient elements became too high.

Daily consumption of nutrient solution was maximum in the beginning of

August. During the growing season, daily consumption of nutrient solution was positively correlated with the mean and the maximum temperature.

Trial 1982

In 1982 not only the effect of the size of the rockwool blocks was investigated, but also that of pots of different size, filled with rockwool granulate or with peat-based RHP-A-potting soil, with and without added rockwool granulate. The test crops were *Prunus padus* 'Colorata' and *Ulmus carpinifolia* 'Wredei'. Initially, *Prunus* grew faster on the RHP-potting soil than on rockwool, later the growth rate on rockwool was faster. The results with *Ulmus* were better on RHP-potting soil. Growth was best on the large rockwool blocks (6 l) and on the 3-l pots with rockwool granulate in comparison with the other volumes of the same materials. Performance on rockwool granulate was somewhat better than on rockwool blocks.

In a smaller experiment, carried out in the same year with *Prunus*, growth was poorer as more rockwool granulate, be it water-absorbing or -repelling, was added to the RHP-potting soil, with the exception of the addition of 25 vol.% of fine water-absorbing rockwool granulate. The pH of the rockwool granulate liquid was higher than that of the liquid from the rockwool block. In the larger volumes a higher pH was found, and initially a lower EC. While the concentration of trace elements increased during the growing season, the iron concentration remained low.

Daily consumption of nutrient solution was positively correlated with the mean and the maximum temperature and with evaporatranspiration. Consumption was higher as the RHP-potting soil contained more rockwool granulate. Also, the plants on the larger pots consumed more solution than those on the smaller pots.

Trial 1983

In 1983 the effect of adding rockwool granulate to the potting soil was studied in more detail. Now a RHP-B-potting soil was used, consisting of a mixture of young sphagnum peat, white peat and garden peat. Purpose of the study was to establish the significance of the physical properties of the potting soils for growth. Three kinds of rockwool granulate were used at five rates; the pots were filled with the soils under three different pressures. The ground/water/air ratio was varied by using three different frequencies of irrigation. *Chrysanthemum* was shorter and

produced lighter flower stalks on 100% RHP-potting soil, especially when the soil was more strongly compressed. The heaviest stalks were obtained from the pots in which 60-75% of the peat was replaced by granulates. For the RHP/granulate mixtures the different pressures used for filling had little effect on later growth of the chrysanthemums. More frequent irrigation, 3 times instead of once a day, resulted in longer and heavier flower stalks at harvest in September-October. There were only small differences in the effects on growth and flowering of the plants among the three kinds of rockwool granulate.

Analysis of the potting soils showed that the ammonium, sulphate, calcium and magnesium content of the more compressed potting mixtures was lower and the nitrate content higher. The ammonium concentration of the liquid removed from the rockwool granulates with a syringe was high in spite of the low ammonium supply, being 5% of the total amount of nitrogen present.

Consumption of nutrient solution per plant was high; the relation between daily consumption and weather factors was weak.

Loosely packed, water-saturated RHP-potting soil held less water as more water-repelling rockwool granulate was added. In firmly compressed pots the differences in water-holding capacity between large and small additions of granulate were much smaller.

Air content at pF 1.0 was very low in the compressed RHP-B potting soil/rockwool granulate mixtures. Principal component analysis showed that the ratio between RHP/rockwool granulate as well as the available water content between pF 1.0 and 4.2 were related with the two loadings, the one indicating the mutual correlations between the plant characteristics and the other the complex of related physical properties of the potting soils. Growth of chrysanthemum was clearly poorer on 100% RHP; on the RHP-B/rockwool granulate mixtures, the weight of the flower stems increased with increasing content of available water between pF 1.0 and 4.2.

7. LITERATUUR

- Boon, J. van der, 1967. Analyse van de bodemvruchtbaarheid volgens de proefplekkenmethode bij een meerjarig tuinbouwgewas, de aardbei op zandgrond. Pudoc, Wageningen, 213 pp.
- Boon, J. van der en Miljoen-Van den Handel, M.C., 1987. Acer op steenwolblokken: Wisselende concentratie in het groeiseizoen. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 3-87, 57 pp.
- Boon, J. van der and Niers, H., 1980. Growing nursery trees on rockwool. Proc. Fifth Intern. Congr. on Soilless Culture, Wageningen, pp. 289-300.
- Jong, S.H. de, 1978. De invloed van twee verschillende voedingsoplossingen bij de teelt van boomkwekerijgewassen op steenwol. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota 52, 37 pp.
- Kreij, C. de, 1985. Voedingsoplossingen voor de teelt van rozen in kunstmatige substraten. Prfstn. Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, Prfstn. Bloemisterij, Aalsmeer, Consulentsch. Tuinbouw. Brochure september 1985, 44 pp.
- Niers, H., 1980. Salix en Acer op steenwolblokken: concentratie en frequentie van toedienen van de voedingsoplossing. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 4-80, 60 pp.
- Thomson, G., 1951. The factorial analysis of human ability. Univ. London Press, London, 383 pp.