DIAGNOSE VAN CHEMIESE- EN FISIESE EIENSKAPPE VAN SUBSTRATE VIR HOUERKULTURE IN SITRUSKWEKERYE

deur

JOHANNES GIDEON KRUGER COETZEE

Voorgelê ter vervulling van 'n deel van die vereistes vir die graad

D.Sc. (Agric.)

in die Fakulteit Landbouwetenskappe
Departement Tuinboukunde

Universiteit van Pretoria

PRETORIA
JULIE 1989

Promotor: Prof. Dr. L. C. Holtzhausen
Mede-promotor: Prof. Dr. R. O. Barnard

Eksterne eksaminatore: Prof. Dr. B. N. Wolstenholme
Dr. S. F. du Plessis

ON EVERY scientist's desk there is a drawer labelled UNKNOWN in which he files what are at the moment unsolved questions, lest through guesswork or impatient speculation he come upon incorrect answers that will do him more harm than good. Man's worst fault is opening the drawer too soon. His task is not to discover final answers but to win the best partial answers that he can, from which others may move confidently against the unknown, to win better ones.

- Homer Smith, From Fish to Philosopher

I N H O U D S O P G A W E

		Bladsy
UITTREKSEL		(iii)
ABSTRACT		(iv)
HOOFSTUK 1.	ALGEMENE INLEIDING EN LITERATUUROORSIG	1
	1.1 Inleiding	1
	1.2 Literatuuroorsig	3
	1.3 Doel van die studie	18
HOOFSTUK 2.	SOUTKONSENTRASIE EN PRODUKSIE VAN SITRUSSAAILINGE	21
	2.1 Die invloed van die konsentrasie van die voedingsoplossing	22
	2.2 Elektriese geleiding van die substraat	31
	2.3 Logingsvereiste van substrate	36
HOOFSTUK 3.	INVLOED VAN Na, Cl en Al OP PRODUKSIE VAN SITRUSSAAILINGE	56
	3.1 Die invloed van natrium en chloried op saailingproduksie	48
	3.2 Die invloed van die aluminiumkonsentrasie op vegetatiewe produksie van sitrussaailinge	57
HOOFSTUK 4.	BEKALKING VAN SUBSTRATE	65
	4.1 Kalkbehoefte van substrate in sitruskwekerye	65
	4.2 Bekalking van substrate	73
HOOFSTUK 5.	BEMESTING VAN SITRUSSAAILINGE IN KWEKERYHOUERS	79
	5.1 Die invloed van die ammonium-nitraatverhouding op die groei van saailinge	80
	5.2 Bemesting deur middel van volledige voedingsoplossings	87
	5.3 Kombinasies van bemestingsmetodes vir sitrussaailinge	103
	5.4 Fosforbronne vir sitrussaailinge	111

HOOFSTUK 6. ONTLEDINGSMETODES VIR KWEKERYBEDRYF 119
6.1 Blaarontledings 122
6.2 Die invloed van die waterinhoud van substrate op die bepaling van die brutodigtheid, P, K, Ca, Mg, pH en EG 128
6.3 Faktore wat die bepaling van lugruimtes van substrate beïnvloed 133

HOOFSTUK 7. FISIESE EIENSKAPPE VAN SUBSTRATE 140
7.1 Sande as substrate 141
7.2 Dennebas as substrate 146
7.3 Sand-bas-mengsels as substrate 150

HOOFSTUK 8. ALGEMENE GEVOLGTREKKING 153

HOOFSTUK 9. LITERATUURVERWYSINGS 169

HOOFSTUK 10. DANKBETUIGINGS 191

DIAGNOSE VAN CHEMIESE- EN
FISIESE EIENSKAPPE VAN SUBSTRATE
VIR HOUERKULTURE IN SITRUSKWEKERYE

deur

JOHANNES GIDEON KRUGER COETZEE

Promotor: Prof. Dr. L. C. Holtzhausen
Dept. Tuinboukunde,
Universiteit Pretoria

Mede-promotor: Prof. Dr. R. O. Barnard
Dept. Grondkunde en Plantvoeding,
Universiteit Pretoria

D.Sc. (Agric.)

U I T T R E K S E L

Alhoewel die Suid-Afrikaanse sitrusbedryf slegs 1,5% van die wêreldproduksie lewer, verdien dit 'n aansienlike hoeveelheid buitelandse valuta. As gevolg van die hoë standaarde wat deur die Sitrusverbetering- en Superplantskemas gestel word, is sitruskwekerye verplig om saailinge in houers te produseer.

Beheer oor die soutvlakke in die substrate en seleksie van substraatkomponente is as twee van die hoof probleme in die plaaslike bedryf geïdentifiseer. Hierdie studie is dan ook onderneem om normè en diagnostiese metodes vir die sitruskwekerybedryf daar te stel.

Vir growweskilsuurlemoensaailinge (GS), (<u>Citrus jambhiri</u> (L.) Lush.) is die kardinale konsentrasies van die voedingsoplossing tussen 150 en 300 mS m^{-1} vasgestel. Die optimale konsentrasies vir Troyer citrange (TC) (<u>Poncirus trifoliata</u> (L.) Raf. x <u>Citrus sinensis</u> (L.) Osbeck) is op 450 mS m^{-1} bepaal. Maatstawwe om die soutkonsentrasie in dié voedingsoplossing te bepaal, is visuele simptome en die elektriese geleiding van 'n blaarekstrak (EG_b). Die visuele simptome bestaan

uit tussennerfse vergeling wat simmetries op die punte begin en geleidelik na die middelnerf en blaarsteel versprei. Vir GS is die maksimum EG_b 500 en vir TC 360 mS m^{-1}.

Kritiese EG-grense vir 1:1,5-ekstrakte (EG_s), is afhanklik van die waterhouvermoë (WHV) van die substrate. Indien die WHV 100 cm^3 dm^{-3} is, is die maksimum EG_s 42, indien die WHV 200 en 300 cm^3 dm^{-3} is, is die maksimum EG_s 63 en 84 mS m^{-1} respektiewelik. Logingsvereiste (LV) van substrate is ook afhanklik van die WHV. Indien die WHV laer as 150 cm^3 dm^{-3} is, is die LV minder as 20% en indien die WHV meer as 150 cm^3 dm^{-3} is, is die LV meer as 20%.

Beide GS en TC is gevoelig vir aluminium teen konsentrasies so laag as 5 tot 10 mg dm^{-3}.

Hoër vegetatiewe produksie word met beide GS- en TC-saailinge behaal indien die voedingsoplossing 350 mg N dm^{-3}, waarvan 20 - 25% as ammonium voorkom, bevat. Die aanbevole konsentrasie vir ander voedingselemente is 25 mg P, 300 mg K, 272 mg Ca, 23 mg Mg en 76 mg S dm^{-3} mits die maksimum EG nie oorskry word nie.

Kombinasies van voorafverryking en voedingsbesproeiing, lewer dieselfde opbrengs as duurder, stadig oplossende misstowwe, maar beter opbrengste as voorafverryking of voedingsbesproeiing afsonderlik.

Die beste resultate is in die proewe met 3000 g superfosfaat plus 300 g geglasuurde mikro-element m^{-3} substraat vooraf in te meng, verkry. Die pH van die substraat word met dolomitiese kalk wat ook 'n bron van Ca en Mg is, reggestel. Die saailinge word dan met 'n oplossing wat 350 mg N en 300 mg K dm^{-3} bevat, besproei.

Die konsentrasie van die voedingselemente in blaarnommers 11 tot 15 vanaf die groeipunt, toon goeie korrelasie met die konsentrasie in die voedingsoplossing en substrate, maar nie met vegetatiewe opbrengs nie. Indien die konsentrasie egter in g per 100 blare, in plaas van g per 100 g blaarmateriaal uitgedruk word, verbeter die korrelasie met opbrengs.

Laboratoriummetodes om die fisiese eienskappe van substrate te bepaal moet die toestande in die kwekery simuleer, veral ten opsigte van die lengte van die substraatkolom, eksterne suigkrag en die omvang van kompaksie tydens die uitmetingsproses.

Die hoogste opbrengs van GS en TC is in substrate van silikasand, gevolg deur dennebas en dan dennebas-sand-mengsels, behaal. Die luginhoud (by 0 kPa) van die substrate wat die hoogste opbrengs gelewer het, strek van 10 tot 20% (v/v). Die hoogste opbrengs is met 'n sand-substraat wat 12,5% lug en 87% deeltjies kleiner as 500 mikron bevat, behaal. Die sand-bas-substraat wat die hoogste opbrengs gelewer het, bevat 11,7% lug en 75% deeltjies kleiner as 500 mikron. Vegetatiewe opbrengs is goed gekorreleer met die luginhoud van sand, sand-bas en bassubstrate, sowel as met die persentasie deeltjies kleiner as 250 mikron van die sandsubstrate.

DIAGNOSING CHEMICAL AND
PHYSICAL PROPERTIES OF SUBSTRATES
FOR CONTAINERIZATION IN CITRUS NURSERIES

by

JOHANNES GIDEON KRUGER COETZEE

Promoter: Prof. Dr. L. C. Holtzhausen,
Dept. Horticultural Science,
University Pretoria

Co-promoter: Prof. Dr. R. O. Barnard,
Dept. Soil Science and Plant Nutrition
University Pretoria

D.Sc. (Agric.)

ABSTRACT

Although the South African citrus industry produces only 1,5% of the world's citrus, considerable foreign exchange is earned. The crop is therefore of great economic importance to the region.

Due to the high standards set by the South African Citrus Improvement and Superplant Schemes, all nursery stock is at present produced in containers.

Salinity control and selection of components for substrates are major problems the nurseries have to face. These two and other related problems were investigated to set norms and develop diagnostic methods for the South African citrus nursery industry.

The cardinal concentrations of the nutrient solution for rough lemon seedlings (Citrus jambhiri (L.) Lush) (RL) were between 150 and 300 mS m^{-1} and the optimum for Troyer citrange (TC) (Poncirus trifoliata (L.) Raf. x Citrus sinensis (L.) Osbeck) was 450 mS m^{-1}. Plant parameters to identify high salt concentrations in the nutrient solution are visual symptoms and the electrical conductivity (EC) of an extract of

dried leaves. The symptom starts with chlorosis of the leaf tip and progresses inwards to the midrib and to the petiole. For RL the maximum EC of a leaf extract is 500 mS m^{-1} and for TC 360 mS m^{-1}.

Critical EC levels for the substrates are based on a 1:1,5 (v/v) extract and depend on the waterholding capacity (WHC) of the substrates. When the WHC was 100 cm^3 dm^{-3} the maximum EC was 42 mS m^{-1}. When the WHC was 200 or 300 cm^3 dm^{-3}, the maximum EC was 63 and 84 mS m^{-1} respectively. The leaching requirement (LR) of a substrate depends almost entirely on the WHC. When the WHC was less than 150 cm^3 dm^{-3}, the LR was less than 20%, but more than 20% if the WHC exceeded 150 cm^3 dm^{-3}.

Both rootstock cultivars were susceptible to soluble aluminium at concentrations exceeding 5 to 10 mg dm^{-3}.

Rough Lemon and TC seedlings grew better when the fertigation solution contained 20 to 25% of the total nitrogen (350 mg N dm^{-3}) in the ammonium form and contained 25 mg P, 300 mg K, 272 mg Ca, 23 mg Mg and 76 mg S dm^{-3}, provided the maximum EC is not exceeded.

A combination of pre-enrichment and fertigation gave yields comparable to the more expensive slow release fertilizers, and better yield than fertigation or pre-enrichment seperately. The substrate was pre-enriched with 3000 g superphosphate (10,5%) plus 300 g fritted trace elements per m^{-3}. The pH was adjusted to 6,5 with dolomitic lime which also serves as a source of calcium and magnesium. Through fertigation nitrogen and potassium were supplied at 350 and 300 mg dm^{-3} respectively.

Nutrient concentrations in leaf numbers 11 to 15 from the tip correlate with levels in the substrate and nutrient solution but not with yield. However, expressing the nutrient concentration in g per 100 leaves instead of g per 100 g leaf material correlated better with yield.

Laboratory methods to evaluate the physical properties of substrates should simulate conditions in the nursery in respect of column height, external suction and magnitude of compaction.

Rough lemon and TC seedlings yielded best in substrates consisting of silica sand, followed by composted pine bark, followed by mixtures of pine bark and sand. The air filled porosities (at 0 kPa) of the best performing substrates were between 10 and 20% (v/v). The highest yield was obtained in sand with an AFP of 12,5% and 87% of the particles smaller than 500 micron. The highest yield in a sand-bark mix was associated with an AFP of 11,7% and 75% of the particles less than 500 micron. Vegetative yields correlated well with AFP of sand, sand-bark and bark substrates as well as sand particles less than 250 micron.

HOOFSTUK 1

ALGEMENE INLEIDING EN LITERATUUROORSIG

1.1 INLEIDING

Brasilië was die grootste produsent van sitrus in die wêreld gedurende 1986/87 en lewer ongeveer 12,5 miljoen ton wat 26,7% van die wêreldproduksie uitmaak. Suid-Afrika beklee die 14de plek en produseer slegs sowat 1,5% van dié totaal (Anon., 1987). Hierdie relatief klein industrie het gegroei van 7,5 miljoen, 15 kg kartonne in 1949 tot bykans 20 miljoen eenhede in 1988, en het sowat R700 miljoen aan buitelandse valuta verdien. Die bedryf word ondersteun deur 'n sitruskwekerybedryf wat tans uit sowat 30 kwekerye bestaan. Ses-en-twintig van die kwekerye is reeds goedgekeur om sitrusboompies onder die Superplantskema te lewer.

Gedurende die sewentigerjare is die Sitrusverbeteringskema geloods. Hierdie skema se doel is om sitrusbome van hoogstaande gehalte aan die sitrusbedryf te lewer. As gevolg hiervan het sitruskwekerye gaandeweg van oopgrondverbouing na houerkulture oorgeskakel. Gedurende 1988 het slegs een kwekery boompies in oop grond geproduseer.

Hierdie oorskakeling is die gevolg van groter druk van die sitrusbedryf om siektevrye plantmateriaal in die boorde uit te plant. Oopgrondkwekers moes na elke aanplanting die kwekery verskuif na nuwe grond waar geen sitrus voorheen verbou was nie. Selfs dit het nie die produksie van siektevrye boompies verseker nie. Beskikbare persele om oopgrondkwekerye te vestig het skaarser geword en 'n verdere bydrae gelewer om na houerkulture oor te skakel. Houerkulture hou veral ten opsigte van fitosanitasie baie voordele in. Aangesien die boompies in geslote volumes substraat gekweek word, is dit baie makliker om die substrate siektevry te hou. Sintetiese substrate soos perliet hou natuurlik die voordeel in dat die vervaardigingsproses ook die materiaal steriliseer. Moore (1978) gebruik die voordele wat met houerkulture in navorsing oor sitrusverbouing verkry is as motivering om die tegniek, ook kommersieel, toe te pas. Hy noem as voordele gestandaardiseerde substrate, beter beheer oor bemesting, minder grondoppervlakte, minder koue skade, permanente kweekstrukture, potensiaal om te outomatiseer, beheer oor verbrakking en geen oorplantskok nie. Ander voordele is die beter

vervoerbaarheid (Joiner & Conover, 1965) en korter totale kweekperiode (Müller & Welgemoed, 1980) van die plante. Dit bring natuurlik mee dat beter bestuur vereis word, wat opsigself 'n nadeel kan wees.

Die grootste nadeel van houerkulture is die klein wortelvolume wat tot elke boompie se beskikking is. In hierdie klein volume (0,5 tot 5,0 dm^{-3}) moet voldoende voeding en water voorsien en die groeitoestande ook optimaal gehou word. Hoe groter die beskikbare wortelvolume per plant is, hoe kleiner sal die uitwerking van 'n verandering per se op die globale wortelomgewing wees. Castle, Adams & Dilley (1979) vind dat kwekerye geneig is om boompies met dunner stamme te voorsien sodra hulle in houers produseer. Dieselfde neiging kom hier in Suid-Afrika voor en pogings is al aangewend om besonder klein boompies gesertifiseer te kry. Meestal verg die klein boompies na uitplanting meer intensiewe versorging as boompies met dikker stammetjies. Boompies met sulke dun stamme behou soms die agterstand na uitplanting alhoewel die opbrengs van vrugte nie noodwendig daaronder ly nie (Maxwell & Rouse, 1980). 'n Verdere nadeel is die koste van die substraat. Aangesien die volume substraat waarin die boompie gekweek word saam met die boompie verkoop word, moet die kwekery die volle koste daarvan by die prys van die boompies insluit. Moore (1978) waarsku ook dat houerkulture nie probleemvry is nie en noem pH-beheer, mikro-elementtekorte, houergebonde wortels, brakbeheer en die voorkoming van siektes as knelpunte.

Die sitruskwekerybedryf het die afgelope drie jaar (1986 tot 1988) jaarliks meer as 2 miljoen gesertifiseerde ogies vanaf die Outspan Grondvesblok vir okulering ontvang. Hierdie saailinge word feitlik almal in houerkulture gekweek. Die voordele wat houerkulture bied, kan slegs benut word indien voldoende tegniese inligting beskikbaar is. Die belangrikste twee probleme waarmee die bedryf tans te kampe het, is die beheer van die soutgehalte en die keuse van 'n geskikte substraat.

Hierdie studie is dan ook onderneem om die bestaande kennis vir die verbouing van sitrussaailinge in houers aan te vul sodat die bedryf minstens 'n redelike vertrekpunt sal hê. 'n Belangrike aspek van die studie was om maatstawwe en diagnostiese tegnieke daar te stel sodat evaluasie en beheer vergemaklik kan word.

1.2 LITERATUUROORSIG

Een belangrike vertakking van navorsing oor die houerkulture is die daarstelling van resepte vir die gebruik van '<u>n</u> substraat vir '<u>n</u> gewas. Sodoende is 'n hele aantal sogenaamde standaardsubstrate en resepte vir sekere gewasse geïdentifiseer (Swain & Morgan en Anon, datums onbekend). Ackerman (1979) het mengsels van Kanadese veen, vermikuliet, perliet en 'n verskeidenheid sande as substrate vir die verbouing van sekere subtropiese gewasse geëvalueer. Henry (1979) beproef weer uitgediende sampioenkompos vir ses loofplante, terwyl Poole & Conover (1979) die gebruik van melaleucabas beproef. Ander bassoorte het die afgelope jare baie aandag geniet (Cappaert, Verdonck & De Boodt, (datum onbekend); Verdonck & Cappaert, 1978; Prasad, 1980; Pudelski, 1980). Sintetiese stowwe soos plastiekskuim in 'n verskeidenheid vorms en formulasies geniet ook heelwat aandag (Werminghausen, datum onbekend; Verwer, 1975 en Jörgensen & Ottosson, 1978).

Wat sitrus betref, is die inligting skraps en moet dikwels op inligting van kommersiële boorde teruggeval word. Nauer (1964) stel in 'n interne omsendbrief die vereistes vir sitrus redelik vaag, naamlik sanitasie, goeie dreinering en die beheer oor pH. Die basis van dié substraat is Kanadese veen, redwood-skaafsels en sandgrond. Verder word baie aandag aan bemesting en vooraf verryking, veral met mikro-elemente, kalk en fosfate bestee en in 'n latere publikasie (Nauer, Roistacher & Labanauskas, 1968) beklemtoon. Nog 'n verwysing na sitrus kom van Castle <u>et al</u>. (1979) maar weer eens is die substraat gebaseer op Kanadese veen saam met perliet en vermikuliet.

In die Benelux-lande is substrate gestandaardiseer om aan die een kant verbouingsprogramme te vereenvoudig, maar belangriker: om die gebruik van lae kwaliteit substrate te verhoed (Van Dijk & Van der Boon, 1971). In Holland neem vervaardigers van substrate vrywillig deel aan 'n kontrole skema. Hierdie skema, bekend as "Regeling Handelspotgrond Proefstations Aalsmeer, Boskoop en Naaldwijk" sien toe dat die formule vir enige substraat aan die vereiste van 'n kompos-spesialis moet voldoen (Boertje & Bik, 1975). Die addisionele voordele van die sisteem is dat die navorsers met 'n beperkte aantal formulasies van substrate kan eksperimenteer om sodoende die optimale resepte te formuleer.

In Suid-Afrika het ons geen standaardsubstrate nie. Trouens baie sitruskwekers is aangewys op hul eie inisiatief om substrate saam te stel. Standaardisasie word veral bemoeilik deur die gelokaliseerde voorkoms van komponente. In sekere dele is dennebas vrylik bekombaar terwyl dit in ander dele van Suid-Afrika slegs verkrygbaar is indien dit oor groot afstande teen hoë koste vervoer word. Kwekers is dus geneig om substrate saam te stel uit komponente wat in hul omgewing beskikbaar is. Dit plaas 'n addisionele las op navorsing, want resultate wat byvoorbeeld met dennebas behaal is, kan net beperk toegepas word. Dit is nie noodwendig toepaslik waar byvoorbeeld rooibosteereste as substraat gebruik word nie.

Om hierdie rede is die doel van hierdie studie om oorkoepelende eienskappe wat die groei van sitrussaailinge beïnvloed te ondersoek, asook maniere/tegnieke waarvolgens die eienskappe gemeet kan word sodat dit as diagnostiese hulpmiddels gebruik kan word. Hierdie benadering ontken nie die bestaan van spesifieke eienskappe van 'n substraatkomponent soos die ontwikkeling van 'n stikstofnegatiewe periode by houtprodukte (Allison, 1965) en fitotoksisiteite by harsagtige materiaal soos bas nie (Hoitink & Poole, 1980 soos aangehaal deur Allan, 1982).

Alhoewel sekere plante spesifieke vereistes aan die substraat stel, kan die algemene vereistes vir goeie substrate soos volg saamgevat word:

* Dit moet permanent wees of ten minste baie stadig afgebreek word (Jensen, datum onbekend). In sitruskwekerye is dit ook belangrik selfs al word die substraat saam met die bome binne 18 maande verkoop.

* As gevolg van die stygende koste van veen is 'n hele nuwe aksie in Europa begin om alternatiewe te soek. Die koste, veral omdat die substraat net eenkeer in sitruskwekerye gebruik word, moet so laag moontlik wees. In Nederland maak die koste van die substraat tussen 5 en 16% van die totale koste uit (Anon., 1980).

* Alhoewel organiese, aktiewe komponente soos veen goeie substrate vorm, het in-erte materiaal ook sekere voordele bo die natuurlik-organiese. Die belangrikste is dat voedingstowwe volgens voorskrif

bygevoeg kan word, en dat die materiaal makliker van onkruid en siektes gesuiwer kan word (Verdonck, De Vleeshauwer & De Boodt, 1980).

Hartmann & Kester (1975) voeg die volgende vereistes by bogenoemde:

* Die substraat moet genoegsame steun verleen om die plante regop te hou.

* Volume veranderings in die droë en nat toestand moet so klein moontlik wees.

* Alhoewel die tipe besproeiingstelsel gebreke in die waterhouvermoë kan aanvul, is die waterhouvermoë tog van belang.

* Goeie dreinasie moet verseker wees.

* Substrate moet onkruid-, siekte- en parasietvry wees.

* Sterilisasie moet nie die substraat benadeel of toksiese produkte skep nie.

* Die aanvanklike soutinhoud/brakvlak moet so laag moontlik wees.

* 'n Hoë katioonuitruilvermoë kan verliese van voedingstowwe verlaag maar is nie altyd 'n vereiste nie.

* Substrate met 'n lae brutodigtheid sal hantering en vervoerkoste beperk.

Omdat al die probleme nie in die ondersoek wat volg, aangespreek kan word nie is daar begin deur die mees praktiese probleme van die plaaslike sitruskweker te ondersoek.

1.2.1 **Verbrakking deur totale soute**

Verbrakking is een van die algemeenste probleme wat in sitruskwekerye ondervind word. Die oorsaak kan die gevolg van onvoldoende loging, te veel voedingstowwe in oplossing, te groot dosisse kunsmis of die teenwoordigheid van te veel natrium en chloried in die substraat en/of

besproeiingswater wees. Die vlak waar die soutinhoud van die wortelomgewing plantproduksie benadeel, hang onder andere af van die groeistadium, cultivar, osmotiese druk, opname van voedingstowwe, omgewingsfaktore en selfs belugting van die wortels (Schwarz, 1985). Die resultaat van verbrakking is meestal slegs waarneembaar deur 'n afname in produksie. Teen die tyd dat simptome sigbaar is, het produksie gewoonlik lankal afgeneem. Afname in produksie is die gevolg van verskeie faktore waarvan die sogenaamde "fisiologiese droogte", wat deur 'n lae waterpotensiaal veroorsaak word, 'n voorbeeld is. Hierdie soort spanning het deformasie van makromolekules deur hul skild van gebonde water te onderbreek, tot gevolg. Sulke veranderings het weer hormonale steurings tot gevolg wat weer neerslag vind in die stomata-openinge, CO_2-opname, verlies aan transpirasie, chlorose en uiteindelik vertraagde groei.

Volgens Schwarz (1985) kom hierdie verbrakking meestal voor indien die soutkonsentrasie 1500 mg dm^{-3} oorskry, maar afhangende van ander toestande kan dit selfs by 'n konsentrasie van 500 mg dm^{-3} voorkom. Grieve (1983) toon dat growweskilonderstam (<u>Citrus jambhiri</u> (L.) Lush) (GS) meer gevoelig is vir hoë konsentrasie natrium en chloried as Troyer citrange (<u>Poncirus</u> <u>trifoliata</u> (L.) Raf. x <u>Citrus</u> <u>sinensis</u> (L.) Osbeck) (TC). Verbrakking gaan ook soms gepaard met opbou van karbonate in die substraat wat weer die opname van fosfaat kan benadeel (Chandra, Yamdagni & Singh, 1985).

Cole (1983) berig ook dat die vrugproduksie van Washington-nawels op GS onderstam afneem indien die elektriese geleiding (EG) van die besproeiingswater 400 mS m^{-1} oorskry. In die algemeen stel Steiner (1980) die maksimum soutvlak op 2000 mg dm^{-3} of 'n EG van ongeveer 320 mS m^{-1}. Vir tamaties word die plafonwaarde op 400 tot 450 mS m^{-1} en vir komkommers op 250 mS m^{-1} gestel (Johnson, 1980).
Daar kon egter geen inligting oor die invloed van verskillende konsentrasies soute op die vegetatiewe produksie van sitrussaailinge in houerkulture gevind word nie. Hierdie aspek word in die studie ondersoek, spesifiek met die doel om die grense vir voedingsoplossings ten opsigte van EG van sulke oplossings daar te stel.

1.2.2 Verbrakking en loging

Uit 'n praktiese oogpunt is dit noodsaaklik dat die sitruskwekerybedryf ook oor metodes moet beskik om verbrakking te voorkom of reg te stel. Die vernaamste oorsaak van verbrakking is die gebrek aan loging. Alhoewel dit redelik algemeen aanvaar word dat 'n logingsvereiste van 20% van die waterhouvermoë van die substraat verbrakking sal voorkom, kon nêrens enige gepubliseerde verwysing hierna gevind word nie. In 'n handleiding wat in Holland versprei word, word aangeraai dat verbrakking voorkom moet word deur "genoeg" water toe te dien (Anon., 1980). Kontrole oor die ophoping van soute kan geskied deur die EG van die loog te meet. Die tempo van verbrakking sal uiteraard afhang van die waterverbruik van die plante (Van Elk & Groenen, 1978) asook die kwaliteit van die besproeiingswater (Gabriëls, 1978). Daar is egter weinig voorskrifte wat gevolg kan word om te voorkom dat die wortelomgewing verbrak. Aangesien loging meer vrywater in die kwekery sal beteken, wat weer siektetoestande kan bevorder, moet loging met die minimum volume water geskied. Dit is dus 'n verdere knelpunt wat in hierdie studie ondersoek sal word.

1.2.3 Verbrakking deur spesifieke soute

Natrium en chloried is alomteenwoordig en kan ongewenste hoë konsentrasies, veral in die besproeiingswater, bereik. Alhoewel chloried- en natriumvrye kunsmis gebruik word, kan die besproeiingswater soms probleme skep veral as kwekerye op so 'n waterbron aangewese is. Die gevoeligheid van sitrus vir Na en Cl is 'n genetiese eienskap (Behboudian, Törökfalvey & Walker, 1986a) en sitrus word allerweë as 'n soutgevoelige gewas beskou met spesifieke verwysing na natrium en chloried. Heelwat inligting oor die invloed van natrium en chloried op die produksie vam kommersiële boorde is bekend (Bielorai, Shalhevet & Levy, 1978) maar geen oor die invloed van die ione op vegetatiewe groei van sitrussaailinge in houerkulture nie. Aangesien ook besproeiingswater geëvalueer moet word, is plafonwaardes vir Na en Cl baie belangrik.

CRW

1.2.4 Suurtoestande en aluminium

Smith (1971) toon in 'n omvattende studie dat sitrussaailinge gevoelig is vir die waterstofioon en dat wortelgroei en loofproduksie by pH 4 benadeel word. In 'n suuromgewing waar aluminiumhoudende materiale soos grond teenwoordig is, kan ook newe-effekte van 'n lae pH verwag word. In kommersiële boorde word beide opbrengs en interne gehalte van sitrusvrugte deur 'n suurwortelomgewing beïnvloed (Anderson, 1971). Du Plessis & Koen (1986) toon dat die oplosbare aluminiumkonsentrasie in die gronde van Citrusdal 'n groter effek op produksie het as die pH. Die invloed van aluminiumkonsentrasie op vegetatiewe produksie van sitrussaailinge is egter onbekend. Alhoewel grond as sodanig nie as komponent in substrate vir sitruskwekerye gebruik word nie, is genoegsaam as kontaminant teenwoordig om onder suurtoestande oplosbare aluminium te voorsien. Hierdie aspek sal ook ondersoek word.

1.2.5 Suurtoestande en bekalking

Sommige komponente van substrate vir sitruskwekerye in Suid-Afrika het 'n natuurlike lae pH byvoorbeeld dennebas en sekere sande. Die kalkbehoefte van substrate het min aandag geniet. Meeste aanbevelings is veralgemeen (onder andere Pokorny, 1979) ten spyte dat boomspesies en toestande waaronder veroudering en kompostering plaasvind 'n invloed op die pH van die bas kan hê. Alhoewel daar 'n verskeidenheid metodes, waarvolgens die kalkbehoefte bepaal kan word, beskikbaar is (McLean, 1982), is besluit om eerstens die kalsiumhidroksiedmetode te evalueer. Bekalking van substrate kan op twee tye geskied. Voor kompostering of versakking wanneer dit moontlik is om die kalk deeglik met die substraat te meng. Hier teenoor, nadat die saailinge in die substraathouers gekweek is, kan versuring ook voorkom (Bunt, 1976a) en bekalking kan dan net van bo af toegedien word. Die effektiwiteit van so 'n toediening is onbekend, asook die hoeveelheid wat toegedien moet word.

1.2.6 Bemesting

Bemesting is 'n belangrike aspek wat die produksie van sitrusboompies in kwekerye kan bespoedig. Dit is veral belangrik as in gedagte gehou word dat elke saailing 'n beperkte volume het om vir water en voedingstowwe te ontgin. In houerkulture is die reserwe poel van voedingstowwe ook baie

kleiner in vergelyking tot die beskikbare poel. Die klem van houerkulture val ook op die tempo waarteen boompies gekweek kan word. Castle *et al* (1979) maak dan ook daarop aanspraak dat sitrusboompies binne een jaar vanaf saad in houerkulture geproduseer kan word. Die voorsiening van voedingstowwe moet dus optimaal in konsentrasie en ioonvorm wees. Op hierdie stadium is dit nodig om tussen twee hoof tegnieke van bemesting vir houerkulture te onderskei. Aan die een kant is die sogenaamde waterkulture waar groot volumes voedingsoplossings gereeld toegedien word. 'n Voorbeeld is waterkulture waar die plante in deurlugte voedingsoplossing vir navorsingsdoeleindes gekweek word. Kommersieël word die tegniek gebruik om plante soos komkommers en tamaties net te anker in 'n substraat soos steenwol of gruis en dan voortdurend voedingsoplossing uit 'n relatief groot reservoir toe te dien. Die ander tegniek is waar die substraat in die houer op sigself as 'n reservoir vir water en voeding vir wisselende periodes moet dien. Sitruskwekerye maak net van hierdie metode gebruik omdat die produk wat verkoop word die plant self is en vir oorplanting bedoel is.

Bestaande bemestingstegnieke vir houerkulture in kwekerye kan in vyf groepe verdeel word naamlik

* voorafverryking
* kunsmis met beheerde beskikbaarstelling van voedingstowwe
* sporadiese toedienings
* voedingsbesproeiing
* kombinasies van bogenoemde.

1.2.6.1 **Voorafverryking**

Voorafverryking met organiese verbindings soos bloed- en karkasmeel, kompos, ens. is een van die oudste metodes vir houerkulture. Die bekendste hier is die UC mixes (Baker, 1957) en die John Innes-mengsel (Bunt, 1976a). Volgens Bunt (1976a) is die grootste nadeel hieraan verbonde die onbeheerde vrystelling van ammoniumstikstof tydens ontbinding. 'n Eietydse probleem met die metode is die hoë koste van organiese materiaal asook die beskikbaarheid daarvan. Byvoeging van anorganiese misstowwe soos ureum, superfosfaat en kalk stimuleer die komposteringsproses (Yates & Rogers, 1981) en dien ook as voedingstowwe. Voorafverryking word beperk deur logingsverliese; daarom word swak oplosbare materiale gewoonlik bygevoeg. Superfosfaat, rotsfosfaat, kalk

(onder andere Marcussen, 1979), gips (Handreck, 1986) en geglasuurde mikro-elemente (Holden, Page & Wear, 1964; Roll-Hansen, 1975) is geskikte bronne van voedingstowwe in die voorafverrykingsproses. Nog 'n aspek van voorafverryking is waar stadigoplossende misstowwe (SOM) wat voedingstowwe oor gekose periodes teen gekose konsentrasies vrystel, by die substraat, voor versakking, gemeng word.

1.2.6.2 Stadigoplossende misstowwe (SOM)

Die doel van die formulering van SOM is om te verseker dat die plante gereeld genoegsame hoeveelhede voedingstowwe ontvang sonder die gevaar van te veel, soos by sporadiese toedienings of by die aanvang van gebruik van voorafverrykte substrate (Oertli, 1980). Verskeie meganismes word gebruik en wissel van korrelgrootte (byvoorbeeld Magamp - Grace, 1968) tot spesiale harse (Nutricote - Chisso-Asaki Fertilizer) en membrane (Osmocote - Smaal, 1984). Hierdie SOM het nog nie in plaaslike sitruskwekerye posgevat nie, hoofsaaklik as gevolg van die beperkte beskikbaarheid en hoë koste (Offer & Allan, 1987).

1.2.6.3 Sporadiese toedienings

Sporadiese toedienings is sekerlik van die swakste maniere om saailinge te bemes. Gewoonlik loop dit uit op te veel oplosbare soute net na toediening, tot te min etlike maande later voor die daaropvolgende toediening. Toedienings van so min as 5 g kaliumnitraat 10 dm^{-3} sandleem laat die weerstand van 1500 tot 430 ohms daal (Coetzee, 1981). Alluf (1986) toon dat 2 g kalksteenammoniumnitraat 5 dm^{-3} dennebas 8,3% van die GS plante beskadig.

1.2.6.4 Voedingsbesproeiing

Voedingsbesproeiing is 'n tegniek wat in kommersiële boorde vinnig veld wen. In sitruskwekerye is swak besproeiingstelsels een van die redes waarom nie meer plaaslike kwekerye van die tegniek gebruik maak nie. Mits die besproeiingstelsel doeltreffend is, is gelykmatige verdeling en verspreiding van voedingstowwe, toediening van gereelde klein dosisse opgeloste voedingstowwe, konstante optimale voedingstofkonsentrasie en outomatisasie, van die belangrikste voordele van sproeibemesting (Aendekerk, 1976). Een nadeel is die hoë koste van die toerusting en in Suidelike Afrika ook die beskikbaarheid van kwaliteit misstowwe geskik

Tabel 1.2.1 Voorbeelde van voedingsoplossings wat hoofsaaklik in proefwerk (Hoagland), kommersiële verbouing in hidrokulture (Steiner) en vir sitrussaailinge (Van der Merwe) geformuleer was (mg dm^{-3}).

Element	Hoagland en Arnon (1950) 1	2	Steiner (1980)	Van der Merwe (1949)
N	210	210	166	143
P	32	31	48	36
K	234	214	281	74
Ca	200	200	180	190
Mg	48	48	48	48
S	64	64	110	64
Cu	0,03	0,03	0,10	0,50
Fe	**	**	3 - 5	2,50
Mn	0,51	0,51	1 - 2	0,50
Zn	0,05	0,05	0,4 - 0,5	*
B	0,51	0,51	0,5 - 2,0	0,50
Mo	0,01	0,01	0,1	*

* As kontaminant

** Sporadies volgens behoefte bygevoeg.

CRW

vir sproeibemesting. In die samestelling van 'n voedingsoplossing is die konsentrasie van die ione indiwidueel en in totaal, die onderlinge verhouding en in die geval van stikstof ook die vorm, van belang. Volgens Steiner (1980) kan 'n voedingsoplossing saamgestel word deur die chemiese samestelling van 'n goed groeiende plant van die betrokke spesie te ontleed. Alhoewel die benadering gekritiseer kan word, is dit by gebrek aan beproefde norme 'n bruikbare vertrekpunt. Sodoende kan die voedingstowwe wat verwyder is, vervang word. Selfs die onderlinge ioonverhoudings kan deur plantontledings bepaal word. Ongelukkig is geen inligting in die verband vir sitrussaailinge bekend nie. Moore (datum onbekend) beveel drie alternatiewe voedingsoplossings vir sitrussaailinge aan. Die oplossing wat N, K, Ca en Mg bevat is daarop gemik om die pH te beïnvloed. Volledigheidshalwe word in Tabel 1.2.1 die samestelling van die universele voedingsoplossing van Steiner (1980) vergelyk met die van Hoagland & Arnon (1950) en Van der Merwe (1949).

1.2.6.5 **Onderlinge ioonverhoudings**

Wat die onderlinge ioonverhoudings betref, is veral NH_4^+ en NO_3^- van belang. Aangesien ammonium teen hoë konsentrasies fitotoksies kan wees (Van der Merwe, 1949) en ook omdat nitrate goed oplosbaar is en as balanserende ioon van K, Ca en Mg dien, word nitrate vrylik in die formulasies van voedingsoplossings gebruik. Maar indien stikstof slegs in die nitraatvorm toegedien word, sal die pH van die voedingsoplossing styg (Bunt, 1976a); daarom behoort ammonium ingesluit te word. Van der Merwe (1949) toon ook dat sitrussaailinge beter groei indien die voedingsoplossing nie meer as 50% ammoniumstikstof bevat nie. Moore (1978) beveel 40% ammoniumstikstof vir sitrussaailinge aan.

1.2.6.6 **Draers van voedingstowwe**

Wat die verskillende draers betref is dit stikstof en fosfor wat 'n keuse bied. In Suidelike Afrika is ammonium, nitraat en ureum die belangrikste vorms van stikstof. Soos reeds genoem toon Van der Merwe (1949) dat meer as 50% ammoniumstikstof fitotoksies is. Alhoewel nitrifikasie wel in dennebaskulture voorkom (Niemiera & Wright, 1987) is die tempo nog onbekend en kan dit na sterilisasie afneem. Ureum word wel in dennebas gehidroliseer (Wright, 1987), maar ander inligting toon dat ureum 'n swak bron van stikstof vir houerkulture is (Klougart, 1976; Ogden & Mills,

1988). Bronne van fosfor wissel van wateronoplosbare produkte soos beenmeel en ru-fosfaat tot fosforsuur. Veen het 'n inherente, lae fosforvasleggingsvermoë en die verliese van ortofosfaat toon 'n eksponensiële verband met die volume loog (Bunt, 1973). In hersirkulerende sisteme presipiteer die ekstra fosfor, kalsium en magnesium wat weer verstoppings veroorsaak (Bunt, 1976b). Meer as 33% van toegediende superfosfaat is oor 'n periode van 9 weke uit 'n veen-vermikulietsubstraat geloog (Marconi & Nelson, 1984). Yeager & Barrett (1984) vind dat groot verliese van fosfor deur loging voorkom indien die loging direk na toediening plaasvind. Gedurende die eerste 24 uur word 20 tot 30% van die fosfor uit bas-veen- en sand-mengsels geloog. Byvoegings van aluminiumasetaat verminder die fosforverliese deur loging (Yeager & Barrett, 1986). As gevolg van die fitotoksisiteit van aluminium is dié metode moontlik nie vir die praktyk bedoel nie. Fosfor is dus ook aan loging onderworpe en voorsiening gedurende die groeiperiode van sitrussaailinge is noodsaaklik. Hierdie aspek sal ook ondersoek word.

1.2.6.7 Kombinasies van bemestingsmetodes

'n Meer praktiese uitvloeisel van al die bemestingsmetodes is 'n kombinasie van metodes sodat die nadele van 'n metode aangevul kan word deur voordele van 'n ander. So byvoorbeeld kan 'n kombinasie van voorafverryking en voedingsbesproeiing meer prakties wees. Die goedkoopste SOM-bronne kan gebruik word (byvoorbeeld kalk en superfosfaat) en dan kan die hoogsoplosbare elemente soos N en K deur voedingsbesproeiing voorsien word. Soortgelyke kombinasies is beproef vir komkommers (Milia, Murta & Spanu, 1976), sierplante (Garibaldi, Busoccu & Morino, 1976) en tamaties (Barragry & Morgan, 1978). Dit is moontlik om sitrussaailinge op verskeie maniere te bemes. Omstandighede in die kwekery sal ook bepalend in die finale keuse van 'n bemestingstegniek wees. In dié studie sal 'n paar praktiese moontlikhede ondersoek en geëvalueer word.

1.2.7 Diagnostiese metodes

Maniere om die groeitoestande van saailinge in die kwekery voortdurend te monitor is feitlik onontbeerlik. Soos Schwarz (1985) met verbrakking gevind het dat groei vertraag word lank voordat sigbare simptome verskyn, kan soortgelyke remming met ander ongunstige toestande ook verwag word. Grond- en blaarontledings is bekende metodes om groei-

toestande in konvensionele verbouing te monitor. Vir houerkulture kan dit sekerlik ook toegepas word en soos vir konvensionele verbouing vereis dit ook kalibrasie. Blaarmonsters moet van 'n spesifieke blaar en plantposisie en verkieslik op 'n sekere fisiologiese stadium geneem word. Vir baie kommersiële gewasse is voorskrifte vir die neem van blaarmonsters bekend (Reuter & Robinson, 1986). Ongelukkig bestaan daar geen voorskrif en norme vir sitrussaailinge nie. Alluf (1986) maak van Steiner (1980) se beginsel gebruik en gebruik die chemiese samestelling van 'n goed groeiende plant as basis vir die daarstel van blaarnorme. Een van die hoofdoelwitte van houerkulture is om plante vinniger te produseer. 'n Sitrussaailing sal derhalwe blare van verskillende fisiologiese ouderdomme bevat. Dit is nog 'n kompliserende aspek en die tipe blaar wat gemonster moet word, moet nog opgeklaar word. By sitrussaailinge kan die tipe onderstam en enthout ook kompliserende faktore wees wat die blaarsamestelling beïnvloed (Smith, 1975; Iyengar, Iyer & Sulladmath, 1984). By kommersiële sitrusboorde word 'n onderskeid tussen die blaarsamestelling op grond van cultivar getref. Hierdie verskille word bepaal aan die hand van vrugproduksie (Embleton, Jones, Labanauskas & Platt, 1971). Of vegetatiewe groei dieselfde eise stel, is 'n ope vraag. Ander metodes wat in navorsingsprojekte gebruik word, is stamlengte, -deursnit, totale plantmassa (Offer & Allan, 1987) en blaaroppervlak (Snelgar & Thorp, 1988).

1.2.8 **Fisiese eienskappe van die substraat**

Een van die grootste nadele van houerkulture wat ook die hoogste eise aan bestuur stel, is dié van 'n beperkte volume substraat wat deur die wortels benut kan word. In sitruskwekerye moet die boompies tussen 12 en 24 maande in die substraat groei. Die fisiese eienskappe van die substraat behoort dus gunstig en stabiel te wees. Gestandaardiseerde substrate is in baie lande nie moontlik nie omdat die kwekers bykans enige komponent gebruik. Omgewingsbewustes wil ook van baie afvalprodukte ontslae raak en houerkulture is blykbaar een kanaal waardeur die ongewenste materiaal kan verdwyn; gevolglik is bas (onder andere Conover & Poole, 1983), snoeisels van appelbome en wingerde (Manios, Tsikalas & Verdonck, 1985), houtafval (Pudelski, 1985), gebruikte sampioenkompos (Wang, Lohr & Coffey, 1984), makadamiadoppe en rooibosteereste van die enkele komponente wat al gebruik is. Die literatuur is ook vol van resultate van eksperimente met verskillende substrate vir produksie van 'n ewe groot verskeidenheid gewasse. Hierdie

benadering verg uitgebreide proefneming om die ideale toestande te bepaal. 'n Meer bevredigende benadering sal die identifisering en definiëring van substraateienskappe wat meetbaar is, wees. Sodoende kan 'n substraat deur 'n reeks toetse oor 'n kort periode geëvalueer word. Joiner & Conover (1965) het so 'n poging aangewend en katioon-uitruilvermoë en beskikbare water (albei op 'n volumebasis) as twee parameters geïdentifiseer. Volgens Whitcomb (1979) is te veel water en swak dreinering een van die grootste oorsake van swak produksie in houerkulture.

1.2.8.1 **Waterinhoud van substrate**

Die water- en lughuishouding van substrate is indirek verwant (Aendekerk, 1979). De Boodt & Verdonck (1972) kwalifiseer die verband in terme van cm waterspanning of pF. Hiervolgens is die watervrystellingskromme (pF-kromme) van substrate bepaal en gevind dat die klassieke punte van veldwaterkapasiteit en verwelkpunt ver buite die waterspanningskromme van substrate val. Die skrywers gebruik twee arbitrêre punte naamlik 10 en 50 cm waterspanning (pF1 en pF1,73) en 'n bewese derde (De Boodt & De Waele, 1969) (pF2 of 100 cm waterspanning) om die water in substrate te karakteriseer. Tussen pF0 en 1 sal die water vrylik uit die substraat dreineer. Water wat tussen pF1 en pF1,73 vrygestel word, staan bekend as maklik beskikbare water en die tussen pF1,73 en pF2 as waterbuffervermoë. Hoe kleiner dié waarde hoe vinniger stort die watervoorsiening in duie en die plant verwelk gou (Maas & Adamson, 1975). Water wat beskikbaar raak bokant 'n spanning van 100 cm (pF2) verg soveel energie deur die plant dat produksie daaronder ly. Hierdie drie punte kan dus in die evaluasie gebruik word. James & Richards (1986) en Lennox & Lumis (1987) gebruik dan ook die drie parameters om die invloed van hidrofiele jels op die waterhouvermoë (WHV) van substrate te bepaal. Beardsell, Nichols & Jones (1979) vind dat die WHV van 'n substraat voorspel kan word uit die WHV van sy komponente. Die besproeiingstelsel kan ook ingespan word om tekortkominge in die waterhouvermoë van substrate aan te vul en moet dus ook in die finale vertolking in ag geneem word. Omdat die waterleweringsvermoë van substrate en besproeiing 'n omvangryke studie op sigself is, is dit net in gedagte gehou by proefwerk van die studie en nie ondersoek nie.

'n Ander aspek van sitrusverbouing waar die waterhouvermoë van die substraat 'n rol speel, is kort na oorplanting in die boord. Costello & Paul (1975) vind dat die substraat in die grond vinniger uitdroog as die omringende grond of die substraat in die houers. Nelms & Spomer (1983) toon dan ook dat 30 - 85% van die water in die substraat binne ure na oorplanting daaruit na die omringende grond beweeg. Alhoewel die bevindings nie direk met die keuse van substrate vir houerkulture te doen het nie, moet dit tog in gedagte gehou word. Die sukses van 'n kwekery hang ook af van die mortaliteit van die saailinge na oorplanting. Hierdie aspek sal ook nie ondersoek word nie.

1.2.8.2 **Luginhoud van substrate**

Die luginhoud van substrate is ewe-eens belangrik (Gabriëls, Verdonck & Mekers, 1986) en word gedefinieer as die volume luggevulde porieë by houerkapasiteit. Beworteling van poinsettiasteggies neem af soos die luginhoud van die substrate afneem (Gislerod, 1983). Ongunstige luginhoud kan ook die vertraagde blom van krisante vererger (Bunt, 1972). 'n Belangrike aspek vir die sitrusbedryf is die voorkoms van wortelpatogene. <u>Phytophthora cinnamomi</u> infiltreer plantwortels indien die luggevulde porieë minder as 10% is terwyl geen infeksie by 10 tot 20% lug voorkom nie (Filmer, MacDonald, Paul & Leiser, 1986). In vergelyking met grond het substrate 'n baie hoë luginhoud. Grable & Siemer (1968) toon dat die kritieke luginhoud van grond (op 'n v/v basis) vir mieliewortelgroei tussen 14 en 18% vir fyn tekstuur grond is en neem toe tot 40% vir growwe teksture. Bik (1972) beredeneer die aspek uit 'n oogpunt van suurstofdiffusietempo en kom tot die gevolgtrekking dat 20 tot 30% lug voldoende vir houerkulture behoort te wees. Puustjärvi (1973) sluit hierby aan en vind dat die koolsuurgasinhoud van Finse veen afneem soos die luginhoud toeneem en stel 15 - 25% lug as die minimum vereiste. Bugbee & Frink (1986) vind dat die groei van vier sierplante skerp afneem indien die luginhoud tot 5% daal. Tussen 11 en 20% is daar geen verskil, maar 'n afname in groei word bokant 33% lug verkry. Smith & Church (datum onbekend) stel die vereiste van avokado Duke 7-onderstamme op 30 - 40%.

Die luginhoud hang nou saam met die deeltjiegrootte van die substraat. Handreck (1983) vind dat die deeltjies kleiner as 0,5 mm die fisiese eienskappe van dennebas bepaal. Maar die deeltjies in dié grootte het verskillende uitwerkings op luginhoud (LI) en waterhouvermoë (WHV) by

'n suigspanning kleiner as 10 kPa. Deeltjies met 'n deursnit tussen 0,25 en 0,5 mm verminder die LI minder as dié tussen 0,1 en 0,25 mm. Laasgenoemde fraksie het ook 'n WHV van ongeveer dubbeld dié van die 0,25 tot 0,50 mm fraksie. Hy stel ook 'n tabel voor wat as riglyn kan dien om bassubstrate met 'n spesifieke luginhoud saam te stel. Richards, Lane & Beardsell (1986) stel voor dat die lae WHV van bassubstrate waar sand bygevoeg is, verkry kan word deur net die deeltjiegrootte van die baskomponent te manipuleer. Min verandering word aan die res van die fisiese eienskappe aangerig. Hulle stel ook 'n "Coarseness Index" voor waarvolgens die deeltjiegrootte verspreiding van substrate beskryf en met fisiese eienskappe gekorreleer kan word. Tilt & Bilderback (1987) pas dan ook die manipulasie van deeltjiegroottes toe om die regte substraat vir drie houtagtige sierplante daar te stel.

1.2.8.3 **Evaluasiemetodes vir substrate**

Verdonck, Cappaert & De Boodt (1978) bespreek die probleme wat in Europa bestaan om substrate sinvol te evalueer. Hulle noem die volgende aspekte:

- Vele metodes bestaan en feitlik elke laboratorium gebruik sy eie metode wat sy eie resultaat gee.

- Eenvoudige metodes word benodig wat die enkele minimum vereistes vinnig en akkuraat kan evalueer.

- Fisiese toestande tydens die ontledingsproses moet die in die kwekery naboots.

Hierdie probleme kom baie ooreen met die toestand van plaaslike grondontledings, etlike jare gelede. Dit is dus ook belangrik dat die toegepaste metodes verantwoordelik gekies moet word en dat plaaslike laboratoria so gou doenlik standaardiseer.

Weinig beskrywings van fisiese eienskappe van substrate vir die kweek van sitrus is beskikbaar. Anon (1973, 1979a, 1979b) asook Müller (1981) het etlike publikasies die lig laat sien, maar geen beskrywing van die substrate anders as om die komponente te noem, word gedoen nie. In hierdie studie sal enkele definieerbare eienskappe van substrate teenoor groei van sitrussaailinge geëvalueer word.

Ontledings van substrate, soos gronde, lewer ook 'n kwota probleme wat ontstaan vanaf monsterneming regdeur tot by die vertolking van die resultate. Die probleme het dan ook aanleiding gegee tot 'n verskeidenheid "oplossings" soos elke navorser dit in sy spesifieke situasie benader. Die eerste probleem lê by die voorbereiding van die monsters. Aangesien substrate 'n hoë waterhouvermoë het, kan die waterinhoud by ontvangs groot verskille in die resultate veroorsaak; gevolglik is droging oorweeg, maar as gevolg van die herbenattings-probleem van veral veen en bas (Bunt, 1986) en die vertraging wat droging teweegbring, is dit as onprakties beskou. Ander besware teen droging word deur Pokorny, Mills & Napier (1977) geopper met hul bevinding dat meer NO_3^--N uit gedroogde bas as ongedroogde bas geëkstraeer word. Markus & Steckel (1980) voeg K, Ca, Mg en P by die lys. Ten einde die invloed van die waterinhoud van die substraat voor ontleding te oorkom, stel Sonneveld, Van den Ende & Van Dijk (1974) voor dat 'n deel van die substraat by pF1,5 op 'n sandkas in ewewig gebring word. Hierna word 'n volume uitgemeet vir ekstraksie. Nog 'n aspek van substraat-voorbereiding is die sif-proses. Aangesien die ontleding van klam substrate meer getroue resultate lewer, is fynmaal onmoontlik en ook ongewens (Prasad, 1979). Dit is blykbaar wenslik om die substraat in dieselfde fisiese toestand as wat dit ontvang is, te ontleed. As gevolg van die lae brutodigtheid van organiese substrate soos veen en bas en ook die feit dat plante 'n beperkte volume substraat moet benut, is die ontledings op 'n volumebasis feitlik algemeen aanvaar. Die grootste probleem is egter om 'n herhaalbare volume van 'n growwe substraat met 'n lae brutodigtheid uit te meet. Verskeie maniere word voorgestel. Wilson (1980) vul 'n 50 cm^3 houer met substraat deur dit liggies te tik. Volgens die Livington-metode (Johnson, 1980) word 'n 1000 cm^3 silinder met die hand gevul terwyl Sonneveld et al. (1974) samedrukking teen 500 g cm^{-2} gebruik om 'n volume substraat uit te meet.

Uit 'n roetine oogpunt sal dit meer prakties wees om die klam monster soos ontvang, te ontleed deur die waterinhoud te bepaal en die nodige aanpassings te maak. Die benadering is nog nie ondersoek nie en sal in die studie aandag geniet. Die uitmeet van 'n volume substraat kan meer herhaalbaar gemaak word deur van 'n eksterne saamdrukkrag gebruik te maak. Of samedrukking teen 500 g cm^{-2} (Sonneveld et al., 1974) toepaslik is, sal in die studie bepaal word. Die verdere moontlike aanpassing sal dan ook aandag geniet.

Wat die ekstraksie van voedingstowwe betref, is baie navorsing oor die verhouding van substraat tot ekstraeermiddel gedoen. Faber & Nelson (1984) en Nelson & Faber (1986) ondersoek die bruto-oplossing, Lucas, Rieke & Doll (1972) en Holcomb & White (1980) die versadigde substraatekstrak, Wright (1986) die deurspoelmetode en Sonneveld et al. (1974), die 1:1,5 ekstraksiemetode. Al hierdie metodes het verskeie voor- en nadele, maar as die basiese beginsels in ag geneem word, is die 1:1,5 volume ekstraksie die aanvaarbaarste omdat dit vinniger (Sonneveld et al., 1974), meer herhaalbaar en goed met planttoeganklikheid gekorreleer is (Prasad, Spiers & Ravenwood, 1981a & 1981b, Prasad, Spiers, Ravenwood & Johnstone 1981a, 1981b & 1981c). Die massaverhouding van water tot substraat (substrate met 'n lae brutodigtheid) is ook baie na aan die waterhuishouding by pF1,5 (Sonneveld et al., 1974). Hierdie metode word tans met groot sukses in die Nederlande (Sonneveld et al., 1974), Frankryk (Verdure, 1980), Guernsey en Nieu Seeland (Prasad et al., 1981a) gebruik. Behalwe vir die twee aspekte (invloed van waterinhoud en saamdrukkrag), wat aandag sal geniet, word die 1:1,5 volume ekstraksie-metode vir die doel van hierdie studie aanvaar en sal alle substraatontledings daarvolgens geskied.

1.3 Doel van dié studie

Soos uit die voorafgaande literatuurstudie blyk, is baie inligting beskikbaar vir die verbouing van plante in houers. Daar is egter minder inligting beskikbaar in daardie vertakkings van houerkulture waar die plant bestem is om oorgeplant te word. Nog minder inligting is beskikbaar wat op plaaslike sitruskwekerye toegepas kan word. Gevolglik is die studie onderneem om eerstens daardie aspekte waaroor geen of min inligting bestaan, aan te spreek. Die vernaamste doel van die studie is om meetbare eienskappe te vind en te kwantifiseer wat oor 'n verskeidenheid substrate toegepas kan word. Sodoende sal dit moontlik voortdurende eksperimentering met substrate beperk tot daardie eienskappe wat uniek in die betrokke substraat is.

Uit die praktyk en na die literatuurstudie is die volgende aspekte vir ondersoek in die studie geïdentifiseer.

* <u>Verbrakking</u> van die substrate as gevolg van te hoë soutkonsentrasies in die voedingsoplossing of weens onvoldoende loging is huidiglik een van die groot knelpunte. Die invloed van die totale soutkonsentrasie op die groei van sitrussaailinge sal ondersoek word. Twee onderstam cultivars naamlik growweskilsuurlemoen (<u>Citrus jambhiri</u> (L.) Lush.) en Troyer citrange (<u>Poncirus trifoliata</u> (L.) Raf. x <u>Citrus sinensis</u> (L.) Osbeck) is vir die doel gekies. Growweskilsuurlemoen (GS) verteenwoordig die meer soutgevoellige en Troyer citrange (TC) die minder gevoellige onderstam cultivars.

  Die twee onderstam cultivars word ook kommersieel die meeste gebruik.

  Onder hierdie afdeling sal ook loging van soute uit die substrate ondersoek word met die oog op die bepaling van logingsvereiste vir 'n betrokke substraat.

* <u>Natrium, chloried en aluminium</u> kom vrylik in water en grond voor. Eersgenoemde twee word algemeen met verbrakking geassosieer en aluminium met 'n suur wortelomgewing. Boorgatwater word ook as goeie bronne van water vir kwekerye beskou omdat dit feitlik vry van patogene is. Boorgatwater kan egter ook baie soute bevat.

  In sy onverwerkte vorm is die pH van gemaalde dennebas baie suur wat die moontlikheid van opgeloste aluminium in die wortelomgewing verhoog. Aluminiumsulfaat word ook vir die flokkulasie van vaste deeltjies in besproeiingswater gebruik en indien die substraat te suur is, kan dit toksiese vlakke bereik.

* Bekalking van substrate voor of na versakking berus meestal op ondervinding. 'n Metode om die kalkbehoefte van substrate te bepaal sal geëvalueer word.

* <u>Bemesting</u> van gewasse in houerkulture geniet deurentyd en wêreldwyd aandag. Die klem val meestal op gewasse wat nie vir oorplanting bedoel is nie. Inligting wat met hierdie navorsing behaal is, sal as vertrekpunt vir die bemesting van sitrussaailinge in houers gebruik word. Twee metodes van bemesting, naamlik voedingsbesproeiing en kombinasies van voorafverryking en voedingsbesproeiing sal beproef word.

* <u>Ontledingsmetodes</u> waarvolgens substrate ten opsigte van saailinggroei geëvalueer kan word, is gewoonlik goedkoper en minder tydrowend as wanneer die evaluasie deur middel van potproewe gedoen moet word. In hierdie studie sal na meetbare norme gesoek word wat op 'n verskeidenheid substrate toegepas kan word en wat met vegetatiewe groei van sitrussaailinge verband hou.

* Die <u>luginhoud</u> van die substraat is sekerlik die belangrikste fisiese eienskap. Die optimale luginhoud vir sitrussaailinge asook metodes om dit te bepaal, sal ondersoek word.

HOOFSTUK 2

SOUTKONSENTRASIE EN PRODUKSIE VAN SITRUSSAAILINGE

Hoë konsentrasies soute in die besproeiingswater (Cole, 1983), grondwater (Harding, Pratt & Jones, 1958) en voedingsoplossing (Timmer & Parton, 1984) het 'n afname in plantproduksie tot gevolg. Schwarz (1985) bespreek die fisiologiese reaksies wat plaasvind wanneer plante aan hoë soutkonsentrasies blootgestel word. Die belangrikste proses is die sogenaamde "fisiologiese droogte" wat deur 'n lae waterpotensiaal in die voedingsoplossing veroorsaak word. Tydens die proses styg die ioonkonsentrasie in die selsap met 'n gevolglike deformasie van die makromolekules wat weer hormoonversteurings en gevolglik 'n afname in produksie teweegbring. Die verskille tussen plantspesies in hul reaksie op hoë soutkonsentrasies is die resultaat van verskille in genetiese samestelling wat die uitskeiding van toksiese soute en osmotiese aanpassings beheer. Verskille in relatiewe gevoeligheid van die ensiemsisteme om die selomgewing aan te pas, word ook geneties beheer. Spiegel-Roy & Ben Hayyin (1985) het vier rasse uit <u>Citrus sinensis</u> 'Shamouti' geselekteer op grond van hul verdraagsaamheid teenoor natriumchloried.

Verbrakking, wat 'n redelik algemene verskynsel in plaaslike sitruskwekerye is, kan ontstaan as gevolg van te hoë totale voedingstofkonsentrasie in oplossing, ophoping van soute in die substrate as gevolg van te min loging, of die teenwoordigheid van toksiese vlakke van elemente soos natrium en chloried.

Hierdie ondersoek is daarop gemik om vas te stel

* wat die plafonwaarde van die konsentrasie van voedingstowwe in 'n voedingsoplossing is,

* tot watter mate substraatontledings as diagnostiese middel gebruik kan word en

* wat die substraat se bydrae tot loging van soute is.

2.1 DIE INVLOED VAN DIE KONSENTRASIE VAN DIE VOEDINGSOPLOSSING

In kommersiële sitrusboorde gaan hoë soutkonsentrasies in die boord gewoonlik gepaard met hoë konsentrasies natrium, chloried, boor en karbonate. In sitruskwekerye egter, kan te hoë soutkonsentrasies baie maklik teweeggebring word deur te hoë konsentrasies van voedingselemente soos stikstof, kalium en magnesium. In kwekerye word gepoog om vegetatiewe produksie te optimeer deur maksimum konsentrasie van die voedingselemente te handhaaf. Hierdie praktyk vergoed in 'n mate vir die klein volume substraat wat deur die wortels ontgin kan word. Hierdie praktyk kan egter maklik te hoë soutkonsentrasie in die groeimedium tot gevolg hê. Dit is dus noodsaaklik om die grense van die totale soutkonsentrasie in voedingsoplossings vir sitrusonderstamme te bepaal.

Hoë konsentrasie soute in die voedingsoplossing onderdruk die opname van water (Wadleigh & Ayers, 1945), die transpirasie tempo (Feigin, Zamir, Arbel & Keinan, 1984) en fotosintese (Schwarz, 1984a). Plante is egter daartoe in staat om deur 'n verhoging in die osmotiese druk van die selsap, vir 'n geleidelike verhoging in die soutkonsentrasie aan te pas (Bernstein, 1963). Hierdie soutgeïnduseerde aanpassing vereis egter baie energie (Schwarz, 1984b) en produksie ly daaronder. Steiner (1980) stel die plafonkonsentrasie van 'n universele voedingsoplossing op 2000 mg sout dm^{-3} water, ongeveer gelykstaande aan 'n osmotiese druk van 0,72 atmosfere, of 'n spesifieke elektriese geleiding (EG) van 320 mS m^{-1}. Waterkwaliteit is dus ook belangrik, want dit plaas 'n beperking op die massa voedingstowwe wat opgelos kan word. Tolley (1982) stel die perk op slegs 350 mg soute dm^{-3}.

In hierdie studie is die invloed van die totale soutkonsentrasie van 'n gebalanseerde voedingsoplossing op vegetatiewe produksie van twee sitrus onderstamcultivars, nagegaan.

PROSEDURE

Growweskilsuurlemoen- en TC-saailinge is in silikasand gekweek. Aanvanklik is agt saailinge in 'n agt dm^3 houer geplant. Gedurende die vestigingsperiode is die saailinge selektief tot twee per houer uitgedun. Met tussenposes van drie weke is die langste en kortste

Tabel 2.1.1 Samestelling van die voedingsoplossing (mg dm^{-3} water) wat toegedien is ten einde die optimale EG van die voedingsoplossing tydens voedingsbesproeiing van growweskilsuurlemoen- en Troyer citrange saailinge, te bepaal.

Element	Behandeling-nommer								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N	71	147	222	303	360	455	591	740	889
P	20	41	60	83	100	117	151	182	229
K	110	226	330	441	550	680	890	1116	1331
Ca	85	169	310	312	401	455	600	730	885
Mg	25	53	81	87	110	127	159	191	229
Na	1	3	3	2	3	3	4	4	4
Cl	11	41	40	45	39	41	43	42	44
S	36	75	115	158	190	229	306	384	451
Cu	0,04	0,09	0,12	0,16	0,21	0,25	0,33	0,41	0,47
Fe	2,44	5,00	7,00	8,00	11,00	13,00	15,00	21,00	25,00
Mn	0,07	0,15	0,20	0,33	0,40	0,49	0,69	0,75	0,98
Zn	1,70	3,50	5,00	7,70	10,00	10,90	15,00	18,90	22,60
B	0,79	1,50	2,35	3,20	4,05	4,90	6,10	8,30	9,10
Mo	0,03	0,07	0,10	0,16	0,19	0,22	0,34	0,41	0,50
EG mS m^{-1}	75	150	225	300	375	450	600	750	900

In behandelings 10 en 11 is behandelings 2 en 7 afwissellend vir 2 en 4 weke toegepas.

saailing per houer verwyder totdat slegs twee saailinge per houer oorgebly het. Gedurende dié periode is alle saailinge bemes met 'n volledige voedingsoplossing waarvan die EG 150 mS m^{-1} (EG_o) was soos in behandeling 2 (Tabel 2.1.1). Dié EG_o sal na alle waarskynlikheid nie nadelig wees nie en nogtans voldoende voedingstowwe voorsien. Die vestigingsperiode het agt weke geduur, waarna met die behandelings begin is. Drie herhalings (drie houers met twee plante elk) is per behandeling gebruik. Aanvanklik is die saailinge elke tweede dag met 450 cm^3 van die spesifieke voedingsoplossing per agt dm^3 houer, benat. Later is die besproeiingsvoeding verhoog tot 450 cm^3 per houer per dag sodat die daaglikse waterverlies nie die reserwe maklik beskikbare water (De Boodt & Verdonck, 1972) oorskry nie. Hierdie volumes is ook gebruik om loging van opgehoopte soute te verseker. Periodieke metings van die EG van die loog is gebruik om te verseker dat die loging voldoende is om die EG konstant te hou.

Voedingsoplossings is uit 'n mengsel van kraan-, gedeioniseerde water en Aquapon$^{(R)}$ I en II berei. Tabel 2.1.1 bevat die besonderhede vir elk van die nege behandelings wat gebruik is. Die finale EG_o was 150, 300, 450, 600, 750 en 900 mS m^{-1} vir die eerste reeks (1984) en 75, 150, 225, 300, 375 en 450 mS m^{-1} vir die tweede reeks (1985). Hierdie EG_o is verkry deur slegs die volume Aquapon$^{(R)}$ I en II wat verdun moet word, te wissel. Die pH van die oplossing is met 1,0 g mol dm^{-3} kaliumhidroksied tot 6,5 verhoog. In behandelings 10 en 11 is die EG_o beurtelings na 150 of 600 mS m^{-1} verander. By behandeling 10 is dit elke vier, en by behandeling 11 elke twee weke, verander.

Die saailinge is na 16 weke onder behandeling geoes, deur die stammetjies net bokant die substraatvlak af te knip. Die vars massa van elk van die ses saailinge is bepaal. Diagnostiese blare is by elke saailing versamel deur die elfde tot vyftiende volwasse blaar vanaf die groeipunt te pluk. Die blare vanaf die twee saailinge wat in dieselfde houer gekweek is, is saamgevoeg. Die asinhoud van die blare is bepaal deur twee gram blaarmateriaal vir drie ure by 800°C te veras en die massa van die residu (as) te meet. 'n Blaarekstrak is verkry deur een gram droë, gemaalde blaarmateriaal in 25 cm^3 gedistilleerde water vir 60 minute teen 180 slae per minuut te skud. Die EG van die ekstrak is bepaal (EG_b). Die konsentrasies van die makrovoedingselemente in die blaarmonsters is ook bepaal. Die blaarmonsters is by 70°C in 'n waaieroond tot

konstante massa gedroog. Daarna is dit gemaal om deur 'n 1,0 mm opening te gaan, weer vir 16 uur gedroog waarna sub-massas vir ontleding uitgemeet is. Vir die bepaling van K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn en B is twee gram blaarmateriaal vir 16 uur by 550°C veras. Vervolgens is die residu met 6 g mol dm^{-3} HCl op 'n waterbad verhit en drooggedamp. Die residu is daarna in 5 cm^3 6 g mol dm^{-3} HNO_3 opgelos en tot 100 cm^{-3} verdun. In die oplossing is Ca, Mg, Cu, Fe, Mn en Zn met behulp van 'n (Perkin Elmer 2380) atoomabsorpsiespektofotometer deur atoomabsorpsiefotometrie en K en Na deur emissie bepaal. In dieselfde oplossing is boor met behulp van 'n outo-analiseerder bepaal (Basson, Böhmer & Stanton, 1969). Vir die bepaling van stikstof en fosfor is 250 mg blaarmateriaal in swawelsuur volgens die Kjeldahlmetode verteer en op 'n outo-analiseerder bepaal (Anon., 1977). Swawel is bepaal deur plantmateriaal in 'n perchloorsuur-salpetersuurmengsel te verteer. Die residu is verdun en op 'n outo-analiseerder ontleed met bariumchloried as die vernaamste reagens (Coetzee, persoonlike ondervinding).

Elke planthouer is op 'n plastiekvel omgekeer, die wortels verwyder en die substraat deeglik gemeng waarna 'n verteenwoordigende monster geneem is. Op die monster is die EG, pH en konsentrasies P, K, Ca, Mg en Na van 'n waterekstrak (Sonneveld et al., 1974) bepaal. Fosfor is kolorimetries volgens die molibdeenblou-metode (Anon., 1980) en die K, Ca, Mg en Na soos vir blaarmonsters met behulp van 'n Perkin Elmer 2380-atoomabsorpsiespektrofotometer bepaal.

Die wortels is van alle sanddeeltjies en die reste wat tydens die uitdunningsproses gelaat is, bevry. Die wortels is visueel ondersoek vir moontlike simptome. Vervolgens is die wortels by 70°C gedroog waarna die massa bepaal is.

Die houers is in rye in die skaduhuis gerangskik en die behandelings is toevallig aan elke houer toegeken (bloklose proefontwerp). Die interry-spasiëring was 750 mm. Die eenrigting variansie analise is uitgevoer en volgens die Student-Newmann-Keulsmetode (Van Ark, 1981) toegepas. Slegs die verwerkte data word hier gerapporteer maar die oorspronklike data is op versoek beskikbaar.

Figuur 2.1.1 Waar TC- en GS-saailinge met hoë konsentrasies voedingsoplossing besproei word, verskyn chlorotiese vlekke simmetries om die buiterand van die oudste blare.

Figuur 2.1.2 Soos die konsentrasie van die voedingsoplossing toeneem, dring die chlorotiese vlekke nader aan die middelnerf en blaarsteel. Blaarval en terugsterwing van die lote kom voor.

Figuur 2.1.3 Indien die konsentrasie van die voedingsoplossing skielik verhoog word, toon die jong blare onsimmetriese nekrotiese vlekke.

RESULTATE EN BESPREKING

Blaarsimptome

Na verloop van 5 tot 6 weke het die eerste blaarsimptome verskyn en soos die proefperiode gevorder het, het die blaarsimptome toegeneem. By 'n EG_o van 300 mS m^{-1} het blare van GS geel vertoon. Hierdie simptome vererger soos EG_o toeneem. Die simptome bestaan uit chlorotiese vlekke om die buiterand van die oudste blare (Figuur 2.1.1). Soos die toestand vererger, dring die chlorotiese vlekke nader na die middelnerf. By 600 mS m^{-1} is blaarval by GS waargeneem, wat tot terugsterwing van die lote by 900 mS m^{-1} gelei het (Figuur 2.1.2).

Troyer citrange toon dieselfde simptome, maar in 'n veel ligter graad. Eers by 450 mS m^{-1} is vergeling van die blaarpunte waargeneem (Figuur 2.1.1). Blaarval het eers by 750 mS m^{-1} voorgekom. Growweskilsuurlemoen het bokant 600 mS m^{-1} en TC bokant 750 mS m^{-1} ook nekrotiese kolle op die jong blare getoon (Figuur 2.1.3).

By albei onderstamcultivars het die chlorotiese vlekke geleidelik en die nekrotiese kolle in 'n kort periode ontwikkel. Die nekrotiese kolle is net op die jong blare en die chlorotiese vlekke meestal op die ouer blare aangetref. Hierdie twee simptome stem ooreen met 'n geleidelike (chlorotiese vlekke) en 'n skielike verbrakking (nekrotiese kolle) soos wanneer te veel kunsmis aan saailinge toegedien word.

Opbrengs

In Tabel 2.1.2 word die vars massa-opbrengs na 16 weke van GS en TC aangegee. Vir GS is daar twee stelle gegewens - die vir 1984 en vir 1985. Die proef is herhaal omdat die konsentrasies in die eerste proef (1984) nie laag genoeg en die intervalle te groot vir GS was.

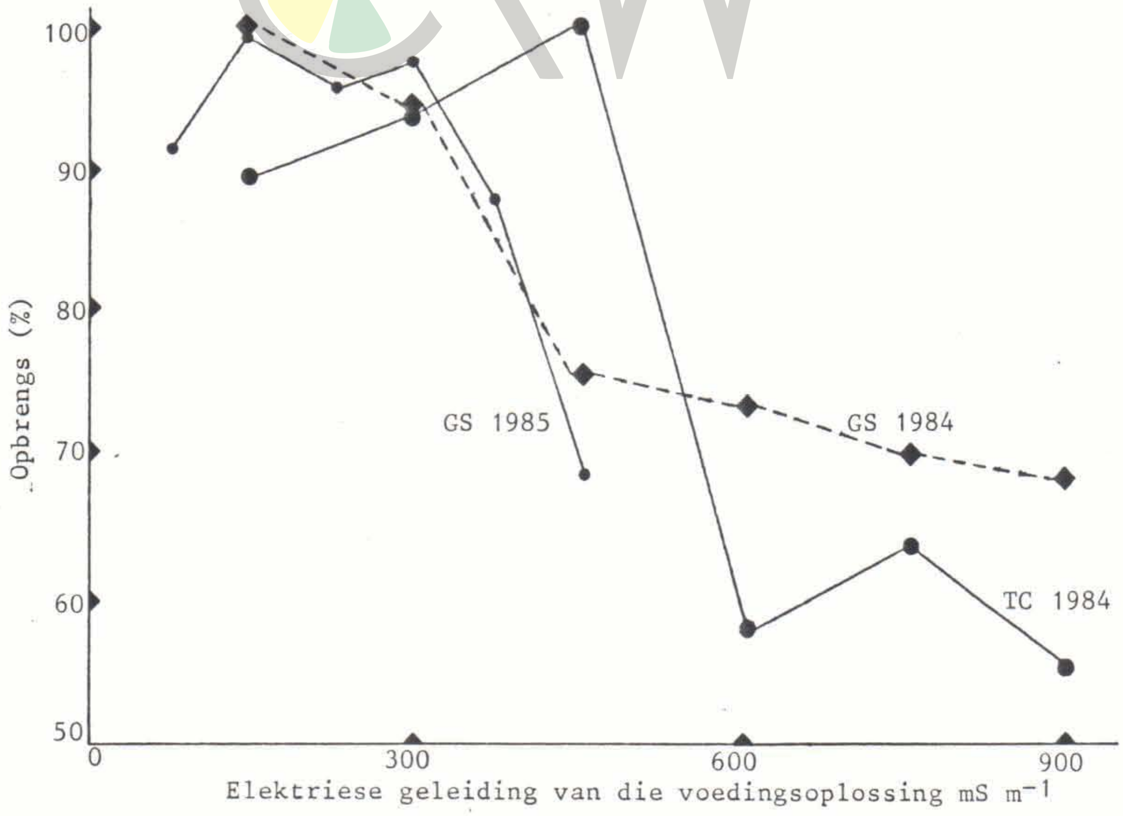
Albei onderstamcultivars toon 'n aanvanklike toename in vegetatiewe opbrengs, soos die EG_o bokant die laagste vlak van 75 mS m^{-1} styg (Figuur 2.1.4 en Tabel 2.1.2). In Figuur 2.1.4 word die opbrengs as % van die hoogste opbrengs per groep aangegee omdat die drie stelle resultate sodoende vergelykbaar is.

Tabel 2.1.2 Invloed van die elektriese geleiding (EG) van die voedingsoplossing op vegetatiewe opbrengs van growweskilsuurlemoen- (GS) en Troyer citrange (TC) saailinge

Behandeling	EG $mS\ m^{-1}$	Gemiddelde opbrengs (g $boom^{-1}$) GS 1984	GS 1985	TC 1984	As % van hoogste opbrengs GS 1984	GS 1985	TC 1984
1	75		57,28			91	
2	150	74,28	63,27	28,12	100	100	89
3	225		60,40			95	
4	300	69,30	61,37	29,37	93	97	93
5	375		55,35			87	
6	450	56,73	42,38	31,57	76	67	100
7	600	54,08		18,08	73		57
8	750	52,07		20,02	70		63
9	900	50,12		17,50	67		55
10	150/600	62,37		23,55	84		75
11	150/600	67,42		23,17	91		74
KBV (0,01)		3,14	3,71	1,33			
KV (%)		11,61	7,86	12,49			

Die hoogste vegetatiewe opbrengs vir GS word tussen 150 en 300 mS m^{-1} en vir TC by 450 mS m^{-1} behaal. Bokant dié konsentrasie neem opbrengs vinnig af. Vir GS lê die optimale soutkonsentrasie vir vegetatiewe groei dus tussen 150 en 300 mS m^{-1}. Hierdie waarde stem ooreen met dit wat Steiner (1980) as 'n universele maksimum, naamlik 320 mS m^{-1} beskou. Aangesien die blare van GS by 'n EG_o van 300 mS m^{-1} reeds chloroties vertoon het, moet die vlak as die absolute maksimum vir GS beskou word. Troyer citrange kan egter hoër soutkonsentrasie verdra. Hierdie bevinding strook ook met die huidige opvatting dat TC meer bestand is teen hoë soutkonsentrasies as GS, waar egter meer spesifiek na natrium en chloried verwys word (Cole, 1983; Grieve, 1983). In die huidige proewe was die natrium- en chloriedkonsentrasies baie laag, naamlik ongeveer 45 mg Cl dm^{-3} en 3 mg Na dm^{-3}.

Cole (1983) berig ook dat die vrugproduksie van Washington-nawels op GS-onderstam afneem indien die EG van die besproeiingswater 400 mS m^{-1} oorskry. Nawelproduksie neem ook af indien die EG van die versadigde grondekstrak 300 mS m^{-1} oorskry (Harding, et al., 1958).



Figuur 2.1.4 Verband tussen die elektriese geleiding van die voedingsoplossing en die opbrengs van growweskilsuurlemoen (GS) vir 1984 en 1985 Troyer Citrange (TC) vir 1984. (Vergelyk Tabel 2.1.1 vir betekenisvolheid).

Tabel 2.1.3 Invloed van die elektriese geleiding van die voedingsoplossing (EG_o) op die EG van 'n blaarekstrak (EG_b) en die asinhoud van blare van growweskilsuurlemoen (GS) en Troyer Citrange (TC).

Behandeling	Elektriese geleiding mS m^{-1}			As (%)	
		EG_b			
	EG_o	GS	TC	GS	TC
2	150	372	333	10,06	10,50
4	300	497	330	13,00	11,50
6	450	560	360	14,00	12,00
7	600	580	420	15,10	11,80
8	750	700	440	14,70	11,95
9	900	690	470	15,10	11,50
K B V (0,05)		15,11	21,40	1,84	0,21
K V (%)		4,29	5,39	4,33	2,88

Troyer citrange toon dieselfde patroon as GS met die verskil dat die optimale vlak by 450 mS m^{-1} is. Ook hier het die blare reeds chloroties by 'n EG_o van 450 mS m^{-1} vertoon. Dit moet dus, net soos by GS, as die absolute maksimum beskou word. Hierdie blaarsimptome is dus 'n goeie maatstaf om die soutkonsentrasie in die substraat te evalueer. Growweskilsuurlemoen en TC het albei die eerste simptome by EG_o-vlakke wat goeie opbrengste lewer (93 tot 97% vir GS en 100% vir TC), getoon. Die gevaar is egter dat die maksimum maklik oorskry kan word sonder dat dit met die blaarsimptome onderskei kan word. Dit is dus noodsaaklik dat ander, meer gevoelige, metodes gevind sal word. Hierdie blaarsimptome verskyn sodra die maksimum EG-grense genader of bereik word. Dit is dus moeilik om dan te bepaal of 'n afname in vegetatiewe produksie reeds gely is. 'n Belangrike aspek word beter hier met TC uitgelig, naamlik dat die opbrengs in verhouding skerper daal indien die optimale konsentrasie van die voedingsoplossing oorskry word, as by suboptimale konsentrasies. Vir TC is die opbrengs slegs 57% by 600 mS m^{-1} teenoor 100% by 450 mS m^{-1}. By 300 mS m^{-1} is die opbrengs 93% en by 150 mS m^{-1} 89%. Dit is dus veiliger om die soutkonsentrasies van die voedingsoplossing effens laer as die maksimum te hou as om die risiko te loop om die maksimum te oorskry. Die tydelike ongunstige EG_o-toestande wat met behandelings 10 en 11 geskep is, het opbrengs onderdruk. Growweskilsuurlemoen is nie tot dieselfde mate as TC benadeel nie. Die voedingsoplossingkonsentrasies wat gebruik is (150 en 600 mS m^{-1}) was geen een vir TC optimaal nie. Growweskilsuurlemoen, daarenteen, het die helfte van die tyd by die optimale EG_o van 150 mS m^{-1} gegroei.

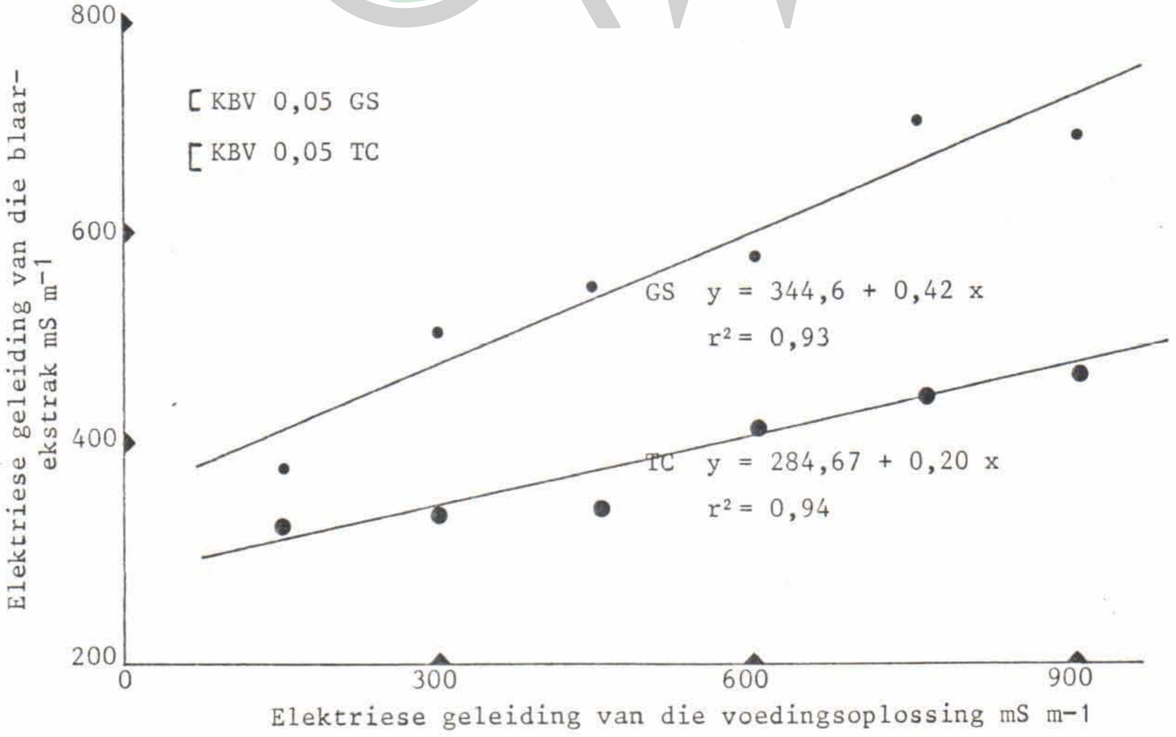
Asinhoud en EG van die blaarekstrak

Die moontlikheid om asinhoud van die blare en EG van 'n blaarekstrak as maatstaf van die hoeveelheid soute wat opgeneem is te gebruik, is ondersoek. In Tabel 2.1.3 word die asinhoud en EG van die blaarekstrakte (EG_b) vir GS en TC vir behandelings 2, 4, 6, 7, 8 en 9 aangegee. Hierdie gegewens toon twee uitstaande kenmerke. Eerstens neem die EG_b in beide GS en TC toe, soos die EG_o toeneem. Die verband is sterk (Figuur 2.1.2) alhoewel die EG_b van TC minder gevoelig is vir veranderings in die EG_o. Tweedens is die EG_b-waardes van

GS hoër as die van TC. Troyer citrange neem dus minder soute op. Dit bied 'n verklaring vir die weerstandbiedendheid van TC teenoor hoë soutkonsentrasies.

Die asinhoud van blare van GS en TC, hou verband met die soutkonsentrasie van die voedingsoplossing (Tabel 2.1.3). Die maatstaf is egter te ongevoelig om diagnosties toe te pas. Weer eens, soos met die EG_b, is die asinhoud van blare van GS hoër as die van TC (Tabel 2.1.3). Dit dui weer eens op 'n laer soutopname deur TC.

By 'n voedingselementkonsentrasie van 150 mS m^{-1} het GS 74,28 g loofmateriaal geproduseer wat 10,06% as bevat het. By 600 mS m^{-1} was dit 54,08 g wat 15,10% as bevat het (Tabelle 2.1.2 en 2.1.3). Dit wil sê 7,47 en 8,17 g as by 150 en 600 mS m^{-1} respektiewelik. Die laer asinhoud by 'n laer EG_o is dus nie net as gevolg van 'n verdunningseffek weens die hoër massa loofmateriaal nie, maar waarskynlik ook as gevolg van 'n laer opname van soute.



Figuur 2.1.5 Verband tussen die elektriese geleiding (EG) van blaarekstrakte van growweskilsuurlemoen (GS) en Troyer citrange (TC) en die EG van die voedingsoplossing.

BLAAR- EN SUBSTRAATONTLEDINGS

Alhoewel baie goeie korrelasies tussen die konsentrasie van die voedingselemente (N P K Ca Mg en S) in die voedingsoplossing en dié in die substraat en blare gevind is, was dit swak met opbrengs gekorreleer. Om die rede word dié resultate nie hier aangegee nie, maar is beskikbaar.

WORTELDATA

Wortelopbrengste by die verskillende behandelings was minder deur die verskillende soutkonsentrasies van die voedingsoplossing beïnvloed as loofgroei. Geen betekenisvolle verskille tussen enige behandeling kon aangetoon word nie alhoewel GS geneig het om 'n hoër massa wortels by 150 mS m^{-1} as enige van die ander behandelings te produseer. Geen sigbare simptome wat aan hoë soutkonsentrasie toegeskryf kan word, is waargeneem nie.

GEVOLGTREKKING

Albei onderstamcultivars wat in die proewe gebruik is, toon 'n aanvanklike toename in vegetatiewe opbrengs, soos die EG_o bokant 75 mS m^{-1} toeneem. Die hoogste opbrengs vir GS word tussen 150 en 300 mS m^{-1} en vir TC by 450 mS m^{-1} aangetref. Bokant hierdie waardes neem vegetatiewe produksie skerp af. By TC word 'n baie skerp afname in opbrengs verkry indien die EG van 450 na 600 mS m^{-1} styg. Dit is dus belangrik dat die bepaalde maksimum soutkonsentrasies nie oorskry word nie. Die resultate toon ook dat die verlies in vegetatiewe produksie kleiner is indien by suboptimale- eerder as by te hoë konsentrasies geproduseer word.

Blaarsimptome word eerste by GS opgemerk en kom reeds by 'n EG_o van 300 mS m^{-1} voor. Troyer citrange toon eers simptome indien die EG_o 450 mS m^{-1} oorskry. Alhoewel blaarsimptome redelik spesifiek is, diagnoseer dit die probleem nadat vegetatiewe groei reeds benadeel is.

Ekstrakte van die gedroogde blare van GS en TC het 'n EG_b wat goed met die konsentrasie van die voedingsoplossing (EG_o) gekorreleer is. Dit kan dus as 'n diagnostiese metode dien om die soutkonsentrasie in die wortelsone oor 'n periode te evalueer. Die helling van die lyn vir TC is egter klein en laat die metode ongevoelig. Die asinhoud van blare van GS en TC is swakker met die soutkonsentrasie van die voedingsoplossing gekorreleer en as gevolg van die klein helling van die vergelykings is dié aanwyser te ongevoelig om as diagnostiese metode te dien. Die resultate bevestig egter dat TC meer verdraagsaam teenoor hoë soutkonsentrasies is as GS. 'n Moontlike meganisme is dat TC minder soute opneem en na die loof translokeer as GS, vandaar die hoër asinhoud en EG_b van GS.

Blaarontledings toon 'n goeie verband tussen die konsentrasie van die voedingselemente in die blare en dié in die voedingsoplossing, maar geen verband tussen die konsentrasies in die blare of voedingsoplossing en opbrengs nie. Op hierdie stadium kan blaar- en substraatontledings dus nie in die evaluasie van groeitoestande gebruik word nie. Wortelmassas het ook geen betekenisvolle verband met vegetatiewe opbrengs getoon nie.

Tabel 2.2.1 Enkele eienskappe van die silikasand en dennebas waaruit die substrate saamgestel is en waarin sitrussaailinge by verskillende soutvlakke van die voedingsoplossing verbou is.

	Sandnommer				Basnommer		
	1	2	3	4	1	2	3
Deeltjiegrootte (%)							
>4750 mikron	0,62	0	0	0	0	0	56,08
2000 - 4750	0,20	0	0	4,80	0	35,11	31,28
1000 - 2000	1,80	0,57	42,89	92,67	3,25	48,56	8,04
500 - 1000	9,09	62,18	52,84	2,52	29,87	8,01	1,51
250 - 500	51,35	34,35	3,97	0,13	42,96	3,79	0,74
106 - 250	31,34	2,77	0	0	16,82	2,86	1,09
<106	5,79	0,18	0	0	6,99	1,76	0,89
WHV cm^3 dm^{-3}	296	268	148	91	267	148	121
KUV me dm^{-3}	0,81	0,92	0,74	0,74	86,8	67,2	40,3

2.2 ELEKTRIESE GELEIDING VAN DIE SUBSTRAAT

In Hoofstuk 7 word proewe bespreek waar sitrussaailinge in 'n verskeidenheid substrate geplant en met dieselfde voedingsoplossing besproei is. Gedurende die proefperiode is die elektriese geleiding van die substrate (EG_S) met tussenposes bepaal ten einde die soutvlakke te kontroleer. Dit was opvallend dat die EG_S-waardes soveel laer as dié van die voedingsoplossing (EG_O) was. Nog meer verwarrend was die variasie in EG_S tussen substrate ten spyte van die gebruik van dieselfde voedingsoplossing.

Die plafonwaarde van die EG van 'n versadigingsekstrak van grond is 170 mS m^{-1} vir sitrusvrugproduksie (Maas & Hoffmann, 1977). Vegetatiewe produksie van GS is optimaal wanneer die EG_O 150 tot 300 mS m^{-1} is en die van TC 450 mS m^{-1} (kyk na 2.1). Hierdie EG_O-waardes is heelwat hoër as die wat vir die substraat-ekstrakte in Tabel 2.2.2 bepaal is. Riglyne vir die vertolking van EG_S-waardes vir 1:2 ekstraksie (Bunt, 1976a) en die versadigde ekstrak van substrate (Handreck & Black, 1984) maak geen melding van die invloed van die substraat self op die finale EG_S waarde nie. Onder die huidige opset sal sitruskwekerye van 'n verskeidenheid soorte substrate gebruik maak. Enige invloed wat die substraat op sigself op die ontledingsresultate mag hê, is dus belangrik. By substraatontledings word algemeen van geleiding as maatstaf van die soutinhoud gebruik gemaak. Verskillende metodes waarop die ekstrak berei word, word aangetref (Rutland, 1972). In hierdie studie is die 1:1,5 ekstraksiemetode (Sonneveld et al., 1974), gebruik.

Hierdie proef is uitgevoer om vas te stel watter substraateienskappe die EG_S beïnvloed.

PROSEDURE

Vir die eerste proef is 28 substrate uit vier grade silikasand en drie fynheidgrade dennebas (Tabel 2.2.1) berei deur gelyke volumes te meng. Die waterhouvermoë (WHV) is volgens die metode van Verdonck, Cappaert & De Boodt (1978) met wysigings soos in Hoofstuk 6.3 beskryf, bepaal. Die katioonuitruilvermoë (KUV) is volgens die metode van Fertilizer Society of S A (Anon., 1980) bepaal met dié verskil dat 'n volume in plaas van 'n massa geëkstraeer is. Saailinge in hierdie 28 substrate is met 'n

Tabel 2.2.2 Elektriese geleiding (EG_s) van 'n verskeidenheid substrate wat met dieselfde voedingsoplossing (EG_o = 200 mS m^{-1}) besproei is soos beïnvloed deur die WHV en KUV van die substrate.

Substraat nr	Samestelling	EG_s mS m^{-1}	WHV cm^3 dm^{-3}	KUV me dm^{-3}
1	S_1	63	296	0,81
2	S_2	58	268	0,92
3	S_3	38	148	0,74
4	S_4	22	91	0,74
5	B_1	60	267	86,82
6	B_2	33	148	67,21
7	B_3	30	121	40,33
8	S_1S_2	59	275	0,97
9	S_1S_3	66	322	0,73
10	S_1S_4	51	223	0,81
11	S_1B_1	79	389	50,02
12	S_1B_2	65	317	49,03
13	S_1B_3	51	239	24,34
14	S_2S_3	44	220	0,87
15	S_2S_4	50	228	0,73
16	S_2B_1	77	354	54,13
17	S_2B_2	49	214	48,77
18	S_2B_3	44	211	28,54
19	S_3S_4	26	123	0,76
20	S_3B_1	70	317	56,03
21	S_3B_2	38	171	45,34
22	S_3B_3	36	140	24,92
23	S_4B_1	76	354	54,67
24	S_4B_2	25	140	40,31
25	S_4B_3	36	148	25,45
26	B_1B_2	60	290	85,83
27	B_1B_3	45	214	69,81
28	B_2B_3	34	144	59,07

*Waterhouvermoë by houerkapasiteit.

**Katioonuitruilvermoë.

Vir meer detail aangaande sande (S_1, S_2, S_3 en S_4) en dennebas (B_1, B_2 en B_3) verwys na Tabel 2.2.1

voedingsoplossing waarvan die EG 200 mS m^{-1} was, besproei. Die volume wat gedurende die proefperiode toegedien is, was voldoende om 'n ophoping van soute in die substraat te verhoed.

In 'n tweede proef is agt substrate uit silikasand, dennebas en vermikuliet berei sodat 'n reeks verkry is met uiteenlopende WHV- en KUV-waardes. Die KUV en WHV is bepaal soos reeds beskryf. Die vermikuliet is bygevoeg om hoër KUV's in die substraat te bewerkstellig. Vervolgens is monsters van die substrate met voedingsoplossings waarvan die EG_o 190, 290, 440, 550 en 670 mS m^{-1} was, versadig en geloog. 'n Volume gelyk aan vyfkeer die WHV van elke substraat is gebruik vir versadiging en loging. Nadat die substrate vrylik gedreineer is, is dit by kamertemperatuur gedroog. Op hierdie lugdroë monsters is die EG_s bepaal deur een volume (180 dm^3) substraat met 1,5 volumes (270 dm^3) gedeïoniseerde water te benat en vir 30 minute te skud.

RESULTATE EN BESPREKING

Die gemete EG_s van die 28 substrate, asook die WHV en KUV van die substrate, word in Tabel 2.2.2 aangegee.

Alhoewel die EG van die voedingsoplossing 200 mS m^{-1} was, het die EG_s tussen 22 en 79 mS m^{-1} gewissel. Die KUV van die substrate wissel tussen 0,73 en 86,8 me dm^{-3} en die WHV tussen 91 en 389 cm^3 dm^{-3} en gee 'n reglynige verband met die EG_s. Hierdie verband is betekenisvol, maar geen verband tussen die KUV van die substrate en EG_s kon vasgestel word nie.

In die resultate van die tweede proef (Tabel 2.2.3) word weer eens 'n sterk verband tussen EG_s en WHV, maar ook EG_s en KUV en EG_s en EG_o aangedui. In hierdie proef was die KUV van die substrate sodanig dat dit ook verband hou met die WHV. In Tabel 2.2.2 is dit egter duidelik dat sande met verskillende deeltjiegroottes, dieselfde KUV het, maar nie dieselfde WHV nie. So het sand S_1 en S_4 'n WHV van 296 en 91 cm^3 dm^{-3} maar is die KUV 0,81 en 0,74 me dm^{-3} respektiewelik. Aangesien net twee sande in proef 2 ingesluit is, was dié eienskap nie so 'n deurslaggewende faktor nie. Waar meer sande met verskillende WHV gebruik is, was KUV van minder belang en WHV die bepalende eienskap.

Tabel 2.2.3 Die KUV, WHV en elektriese geleiding (EG_s) van agt substrate nadat dit met vyf voedingsoplossings (met verskillende elektriese geleiding (EG_o) benat, geloog en gedroog is.

EG_o mS m^{-1}	Substraatnommer 1	2	3	4	5	6	7	8	KBV 0,01	KV %
190	65,67	44,33	46,67	24,67	28,00	95,33	42,67	28,33	326	13,04
290	78,33	64,67	58,00	41,67	39,33	95,67	52,00	33,00	3,14	9,44
440	100,00	87,00	74,00	47,67	52,67	126,33	60,00	52,00	3,18	7,37
550	132,00	100,33	86,67	56,67	67,00	153,33	83,67	57,33	3,48	6,57
670	173,67	116,67	100,67	78,67	73,33	154,67	103,33	67,33	4,69	7,50
KUV me dm^{-3}	566,7	383,3	246,7	1,00	93,3	736,7	130,0	0,92		
WHV $cm^3\ dm^{-3}$	353	296	242	171	161	504	217	102		
KBV 0,05	10,48	10,10	8,39	7,63	6,66	13,34	8,81	6,93		
KV %	6,72	8,12	7,63	10,23	8,56	7,13	8,60	9,72		

EG_s 190 = 1,35 + 0,18 WHV r^2 = 0,93

EG_s 290 = 15,56 + 0,17 WHV r^2 = 0,99

EG_s 440 = 21,07 + 0,21 WHV r^2 = 0,95

EG_s 550 = 23,93 + 0,27 WHV r^2 = 0,95

EG_s 670 = 39,61 + 0,27 WHV r^2 = 0,79

EG_s 1 = 15,56 + 0,22 EG r^2 = 0,95

EG_s 2 = 19,19 + 0,15 EG r^2 = 0,99

EG_s 3 = 25,36 + 0,11 EG r^2 = 1,00

EG_s 4 = 7,47 + 0,10 EG r^2 = 0,94

EG_s 5 = 0,63 + 0,10 EG r^2 = 0,99

EG_s 6 = 62,41 + 0,15 EG r^2 = 0,93

EG_s 7 = 15,40 + 0,12 EG r^2 = 0,94

EG_s 8 = 11,35 + 0,08 EG r^2 = 0,98

WHV = 126,79 + 6,16 afsnit r^2 = 0,73

Die verskil tussen EG_s en EG_o kan ook deels rekenkundig verklaar word mits die twee verdunningsfaktore in aanmerking geneem word en wel soos volg. Indien 'n substraat met 'n voedingsoplossing versadig word, sal dit na vrye dreinasie 'n sekere volume voedingsoplossing gelyk aan WHV en dus 'n sekere massa soute absorbeer. By uitdroging bly die soute in die substraat. Tydens die bepaling van EG_s word 'n volume van die substraat en dus ook 'n sekere massa van die soute in water opgeskud. Afhangende van die WHV van die substraat sal die massa soute dus wissel wat weer 'n variasie op EG_s vir dieselfde EG_o te weeg sal bring.

As voorbeeld dien substrate 4 en 6 wat met 'n voedingsoplossing met EG_o van 440 mS m^{-1} versadig is (Tabel 2.2.4).

Tabel 2.2.4 Vergelyking tussen die EG van substrate (EG_s) 4 en 6 wat met 'n voedingsoplossing (EG_o = 440 mS m^{-1}) versadig, geloog, gedroog en daarna ontleed is.

Eienskap	Substraat 4	Substraat 6
WHV $cm^3\ dm^{-3}$	171	504
*mg sout dm^{-3} substraat na ** 1:1,5 verdunning	482	1419
mg sout dm^{-3} ekstrak	321	946
Verwagte EG_s	50	148
Gemete EG_s	48	126

* EG x 6,4 = mg sout per dm^{-3} (Richards, 1954)

** a.g.v. die 1:1,5 ekstraksiemetode (Sonneveld *et al.*, 1974).

Tabel 2.2.5 Elektriese geleiding (EG_s) van die agt substrate nadat dit met 'n voedingsoplossing waarvan die EG_o tussen 190 en 670 mS m^{-1} wissel, benat, gedroog en 'n 1:1,5 ekstraksie verdunning gemaak is.

EG mS m^{-1}		Substraatnommer 1	2	3	4	5	6	7	8		r^2
190	EG_s´	66	44	47	25	28	95	43	28		0,9368
	EG_s	45	37	31	22	20	64	27	13	EG_s´=	1,05 + 0,7 EG_s
290	EG_s´	78	65	58	42	39	96	52	33		0,9865
	EG_s	68	57	47	33	31	97	42	20	EG_s´=	-16,8 + 1,14 EG_s
440	EG_s´	100	87	74	48	53	126	60	52		0,9519
	EG_s	104	87	71	50	47	148	64	30	EG_s´	-24,4 + 1,33 EG_s
550	EG_s´	132	100	87	57	67	153	84	57		0,9474
	EG_s	129	109	89	63	59	185	80	37	EG_s´	-26,4 + 1,31 EG_s
670	EG_s´	174	117	101	79	73	155	103	67		0,7968
	EG_s	158	132	108	76	72	225	97	46	EG_s´	-28,7 + 1,32 EG_s

EG_s = Elektriese geleiding van die substraat.

EG_s´= Berekende EG van die substraat indien twee verdunningsfaktore in aanmerking geneem word.

CRW

Tabel 2.2.5 toon op dieselfde wyse as Tabel 2.2.4 die verwagte (EG_S') teenoor die gemete EG_S van agt substrate wat met die vyf voedingsoplossings benat is. Volgens dié verwantskap verklaar die twee verdunningsfaktore 80 - 99% van die variasie in EG_S. Waar EG_O van 670 mS m^{-1} gebruik is, was die verband 80%, maar by die ander vier EG_O-vlakke (190, 290, 440 en 550 mS m^{-1}) verklaar die WHV 94 tot 99% van die variasie in EG_S.

GEVOLGTREKKING

Gedurende die proefperiode waaroor Hoofstuk 7 verslag doen, is gevind dat die elektriese geleiding van die substraat (EG_S) heelwat laer is as die elektriese geleiding van die voedingsoplossing (EG_O) waarmee die substrate benat is. Verder is ook gevind dat die EG_S tussen substrate verskil en waardes tussen 22 en 79 mS m^{-1} is aangeteken.

In hierdie ondersoek is gevind dat dié verskil tussen EG_S en EG_O aan twee verdunningsfaktore toegeskryf kan word. Eerstens is daar die verdunning wat in die 1:1,5 ekstraksieproses (Sonneveld et al., 1974) ter sprake kom. Die tweede verdunning word deur die waterhouvermoë (WHV) van die substraat te weeg gebring. Wanneer byvoorbeeld 'n substraat met 'n WHV van 200 cm^3 dm^{-3} na versadiging vrylik dreineer, sal slegs 200 cm^3 van die oplossing waarmee dit benat is, deur 1000 cm^3 substraat vasgehou word. Die 200 cm^3 bevat 'n sekere massa sout wat minder of meer sal wees as wat 'n ander substraat met 'n laer of hoër WHV sou vashou. Wanneer die EG_S van sulke substrate bepaal word, sal dit dus verskillende massas sout in oplossing vrystel wat die EG_S beïnvloed. Deur hierdie twee verdunningsfaktore in berekening te bring kan die EG_S met tussen 80 en 99% akkuraatheid voorspel word.

Omdat die WHV van substrate wissel sal die omvang van die gemete EG_S dus ook wissel selfs al word met dieselfde water besproei. Die verdunning in die 1:1,5 ekstraksie is egter konstant en gevolglik is dit nodig dat die drumpelwaardes vir EG_S volgens die WHV van die substraat aangepas moet word. In Tabel 2.2.6 is die EG_S-waardes bereken deur die vergelykings wat in Tabel 2.2.3 vir GS en TC en by

EG_o van 290 en 450 mS m^{-1} bepaal is, te gebruik. Hierdie waardes kan as maatstawwe vir EG_s gebruik word met inagneming van die WHV van die substrate.

Tabel 2.2.6 Maksimum grense vir EG_s gebaseer op WHV van die substraat en EG_o plafonwaardes vir GS en TC wat in die vergelykings
EG_s 290 = 15,56 + 0,17 WHV en
EG_s 440 = 21,07 + 0,21 WHV (Tabel 2.2.3) gestel is.

EG_s	WHV
EG_o 300* tot EG_o 450**	$cm^3\ dm^{-3}$
33 tot 42	100
42 - 53	150
50 - 63	200
59 - 74	250
67 - 84	300
76 - 95	350
84 - 105	400
93 - 116	450
100 - 126	500

EG_s = Elektriese geleiding van substraat (mS m^{-1}).
EG_o = Elektriese geleiding van voedingsoplossing (mS m^{-1})
*Maksimum grens vir growweskilsuurlemoen (GS).
**Maksimum grens vir Troyer citrange (TC).

2.3 LOGINGSVEREISTE VAN SUBSTRATE

Onder konvensionele sitrusverbouing is loging van soute, veral waar gereeld besproei word, baie belangrik. In meeste gevalle kan nog op reën om loging aan te help, gereken word. In die kwekerybedryf is loging moontlik belangriker veral waar voedingsbesproeiing ook toegepas word. Gewoonlik is die EG van die voedingsoplossings baie hoër as die van besproeiingswater. Verder word die logingseffek van reën deur die bedekkings van kwekerye, aansienlik verminder. Waar sproeibemesting toegepas word, sal loging beteken dat 'n aansienlike volume voedingsoplossing verlore kan gaan. Dreinering en wegvoer van die logingswater uit die kwekery moet dus voorsien word. Te veel vrywater in die kwekery kan egter siektetoestande vererger. Loging moet dus met die kleinste moontlike volume geskied. Die logingsvereiste (LV) van die substraat moet dus bepaal kan word sodat daadwerklik aandag aan loging van soute uit die substrate geskenk kan word.

Logingsvereiste kan gedefinieer word as daardie gedeelte van die besproeiingswater/voedingsoplossing wat deur die wortelsone moet beweeg ten einde al die opgehoopte soute te verwyder. In die praktyk beteken dit dat enige besproeiing genoeg water deur die substraat moet laat om die soute van die vorige besproeiing uit te loog. By Boskoop en Haren (Nederland) is gepoog om met modelle loging met daaglikse evapo-transpirasie en watervoorsiening in verband te bring. Daar is gevind dat loging dieselfde is in die aan- of afwesigheid van plante (Van der Boon & Van Elk, 1986). 'n Logingsvereiste van 20% WHV word algemeen aanvaar, maar geen literatuurverwysing hierna kon gevind word nie. 'n Reeks proewe is dus beplan om die loging van soute, hoofsaaklik voedingselemente afkomstig van voedingsoplossing, uit substrate na te gaan.

MATERIAAL EN METODES

Vir die doel van hierdie ondersoek is drie substrate (sand, sandbasmengsel en dennebas) met drie konsentrasies van 'n voedingsoplossing benat. Die drie substrate is so berei dat die WHV ongeveer 100, 200 en 300 cm^3 dm^{-3} sal wees. Die drie konsentrasies voedingstowwe is so gekies dat 'n EG_s van tussen 50 en 250 bereik kan word. Daarna

is die substrate met gedistilleerde water tot 50% waterhouvermoë (WHV) benat en in plastieksakke vir 'n week gelaat. Meer besonderhede oor die eienskappe van die drie substrate word in Tabel 2.3.1 aangegee.

Tabel 2.3.1 Soutkonsentrasie in mS m^{-1} en mg dm^{-3} van sand (S_1, S_2 en S_3), bas (B_1, B_2 en B_3) en sand-bas-mengsels (SB_1, SB_2 en SB_3) asook dié WHV van dié substrate voordat dit geloog is.

Eienskap	Tipe substraat					
	Kode	Sand	Kode	Sand/bas	Kode	Bas
EG mS m^{-1}	S_1	55	SB_1	64	B_1	84
	S_2	71	SB_2	128	B_2	155
	S_3	84	SB_3	185	B_3	240
WHV cm^3 dm^{-3}		124		236		306
mg sout dm^{-3}substraat	S_1	525	SB_1	610	B_1	800
	S_2	680	SB_2	1220	B_2	1480
	S_3	800	SB_3	1770	B_3	2300

CRW

Tabel 2.3.2 Die soute wat met 25 cm³ porsies gedistilleerde en kraanwater uit die substrate (S_1, SB_1 en B_1) geloog is, as persentasie van die oorspronklike soutinhoud van die Substrate (Laagste soutvlak).

	Gedistilleerde wàter			Kraanwater		
	S_1	SB_1	B_1	S_1	SB_1	B_1
	53,37	19,10	11,20	47,13	13,60	6,27
	21,20	16,63	9,53	21,17	12,13	6,00
	8,83	14,50	8,87	7,93	11,37	5,77
	4,90	12,03	7,07	3,50	10,40	5,70
	3,30	9,37	6,50	2,53	8,63	5,53
	2,17	8,07	5,73	2,00	6,90	5,40
	1,07	4,17	5,10	1,57	5,50	5,17
	0,90	3,23	4,73	1,40	4,87	4,97
	0,80	2,17	4,33	1,33	4,27	4,93
	0,63	1,53	3,60	1,20	3,70	4,30
	0,57	1,20	3,50	1,17	2,97	3,67
	0,40	0,87	3,20	1,13	2,43	3,30
	0,27	0,63	3,00	1,13	2,13	3,03
		0,43	2,87		1,80	2,77
			2,53		1,50	2,47
			2,30		1,47	2,30
			2,03			2,07
			1,73			1,83
			1,47			1,57
			1,23			1,43
			1,00			1,33
			0,83			
			0,70			
			0,47			
KV %	9,62	14,13	15,60	26,26	6,13	26,92
KBV 0,05	2,33	3,20	2,08	6,05	1,24	3,61
0,01	3,11	4,27	2,75	8,08	1,66	4,77

Proef 1

Hierdie drie substrate is vervolgens in kolomme gepak deur dit teen 'n druk van 500 Pa saam te pers en sodoende 'n volume van 500 cm^3 uit te meet. Die saamdrukking is geneem uit die metode soos deur Sonneveld et al (1974) beskryf. Die substraatkolomme is met gedistilleerde (EG = 1,1 mS m^{-1}) en kraanwater (EG = 29,5 mS m^{-1}) geloog deur 25 cm^3 elke 30 minute bo-op die kolom te plaas. Die loog is in 25 cm^3 porsies versamel waarvan die EG bepaal is.

Proef 2

Dieselfde drie substrate is ook in 2 dm^3 plastieksakkies geplaas. In elke sakkie is 20 koringsade gesaai. Koring is gekies omdat enige plant benodig is om waterverlies uit die houers te bespoedig en ook omdat koring vinniger as sitrus 'n groot biomassa daar kan stel. Die substrate is met kraanwater en ook twee keer per week met 'n verdunde, volledige voedingsoplossing benat. Nadat die koring 25 cm hoog gegroei het, is die volgende logingsbehandelings toegepas. Uit die waterhouvermoë (WHV) van die substrate (Tabel 2.3.1) is 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40 en 50% WHV bereken en die volumes is addisioneel tot die waterverlies by elke besproeiing gevoeg. Die besproeiingsvereiste is bepaal deur elke houer se massa, aanvanklik by houerkapasiteit en daarna twee keer per week te bepaal. Die verlies in massa is met water aangevul om elke houer weer tot die massa by houerkapasiteit te bring. Hierby is dan ook die water bygevoeg om loging gelyk aan 0 tot 50% WHV te weeg te bring. Hierdie substrate is na verloop van twintig besproeiings met water met EG 150 mS m^{-1} uit die houers geskud, gemeng en monsters geneem vir die bepaling van die elektriese geleiding van 'n 1:1,5 volume ekstrak (Sonneveld et al., 1974).

Tabel 2.3.3 Soute wat met 25 cm³ porsies gedistilleerde- en kraanwater uit die substrate (S_2, SB_2 en B_2) geloog is, as persentasie van die oorspronklike soutinhoud van die substrate (Middelste soutvlak).

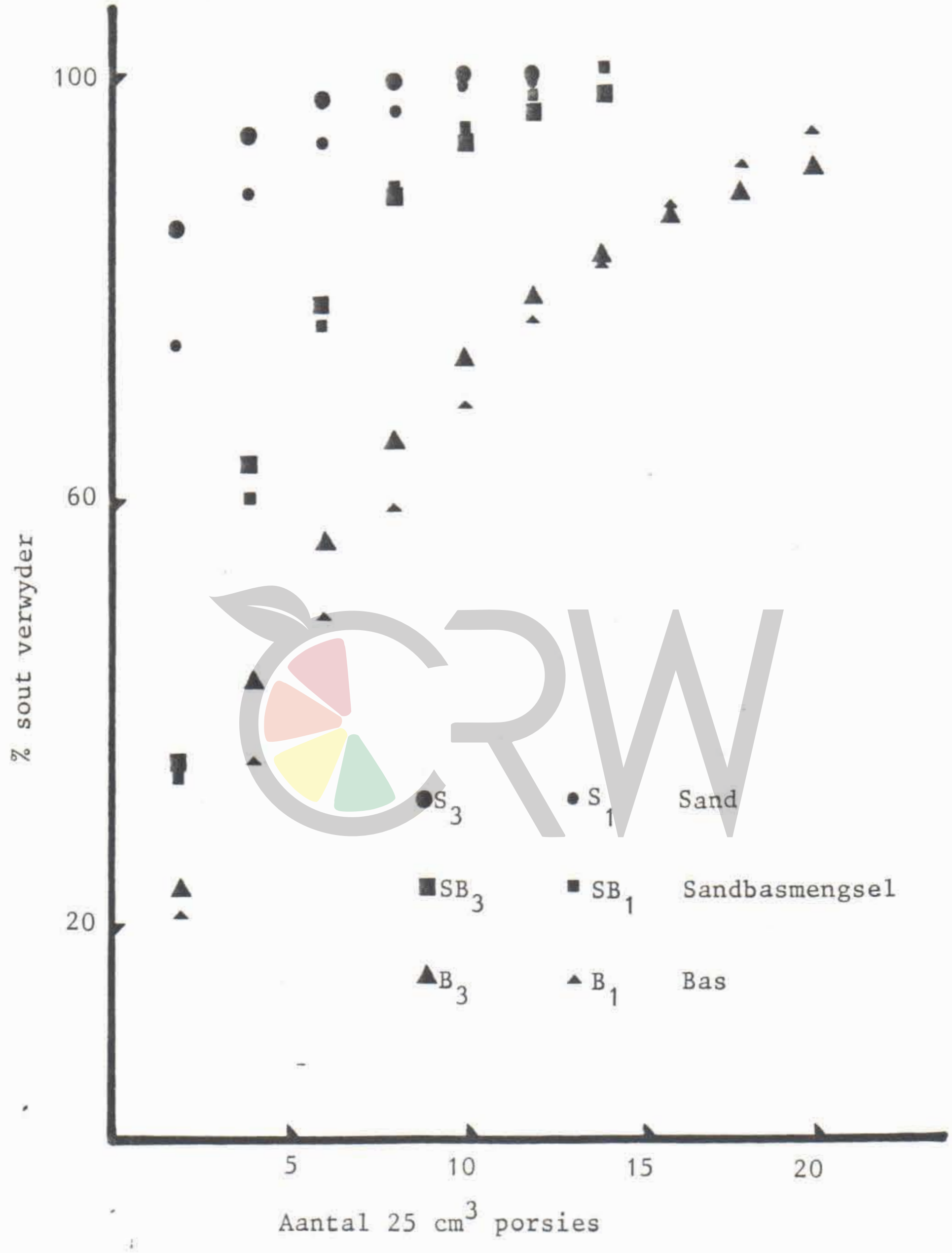
	Gedistilleerde water			Kraanwater		
	S_2	SB_2	B_2	S_2	SB_2	B_2
	52,73	14,77	9,73	48,33	16,57	11,13
	25,73	13,27	9,53	22,67	12,43	10,53
	9,63	11,17	9,10	9,60	10,63	9,63
	4,03	10,53	8,17	5,33	9,93	8,53
	2,27	9,07	7,43	3,40	8,33	7,73
	1,67	6,83	6,50	1,90	7,07	6,73
	1,10	6,03	5,87	1,63	6,17	5,67
	0,77	4,87	5,47	1,33	5,10	4,63
	0,47	4,20	4,67	1,17	4,27	3,97
	0,43	3,80	3,90	1,07	3,43	3,70
	0,33	3,23	3,57	0,93	3,00	3,23
	0,30	2,60	3,23	0,87	2,40	2,80
	0,23	2,03	2,80	0,80	2,13	2,53
	0,13	1,73	2,33	0,77	1,73	2,37
	0,10	1,33	2,03		1,47	2,23
		1,10	1,90		1,17	2,00
		0,90	1,77		1,03	1,80
		0,70	1,60		0,93	1,60
		0,53	1,47		0,80	1,40
		0,37	1,30		0,70	1,30
			1,17		0,67	1,13
			1,07			1,10
			0,93			1,03
			0,87			0,97
			0,80			0,87
			0,70			
			0,60			
			0,47			
KV %	7,95	36,08	23,42	8,64	6,93	13,17
KBV 0,05	1,82	6,21	3,16	1,97	1,20	2,35
0,01	2,42	8,20	4,18	2,64	1,59	1,80

RESULTATE EN BESPREKING

Die EG-waardes wat in elke 25 cm³ loog gemeet is, is omgereken na mg sout dm⁻³ deur die faktor:- mg sout dm⁻³ = EG mS m⁻¹ x 6,4 (Richards, 1954). Hierdie soutinhoud is weer verder as 'n persentasie van die totale massa sout in die 500 cm³ substraat uitgedruk. In Tabelle 2.3.2, 2.3.3 en 2.3.4 word die soute wat per 25 cm³ geloog is, as persentasie van die aanvanklike totale soutinhoud vir die drie soutvlakke van die drie substrate aangegee.

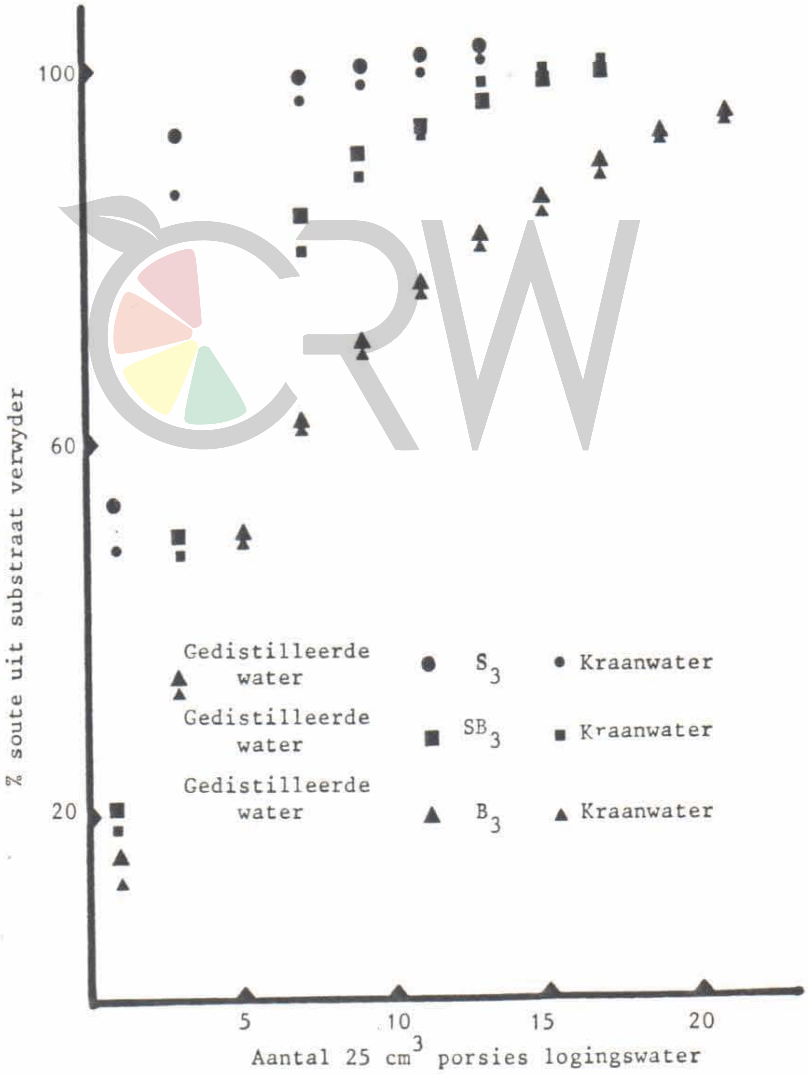
Tabel 2.3.4 Soute wat met 25 cm³ porsies gedistilleerde- en kraanwater uit die substrate (S_3, SB_3 en B_3) geloog is, as persentasie van die oorspronklike soutinhoud van die substrate (Hoogste soutvlak).

	Gedistilleerde water			Kraanwater		
	S_3	SB_3	B_3	S_3	SB_3	B_3
	58,57	18,27	14,17	50,17	19,40	12,70
	26,53	16,00	10,80	25,70	16,80	10,73
	6,40	13,80	8,80	10,37	13,17	9,73
	2,87	11,17	8,07	4,83	10,30	8,77
	1,67	9,13	7,47	2,57	8,43	7,57
	1,00	8,03	6,47	1,47	6,57	6,47
	0,77	6,27	5,33	1,03	5,70	5,30
	0,60	4,90	4,60	0,87	4,50	4,40
	0,43	3,57	3,73	0,73	3,50	3,67
	0,37	2,80	3,27	0,70	2,77	3,50
	0,23	1,80	3,07	0,63	2,20	3,13
		1,27	2,77	0,53	1,67	2,77
		0,87	2,47	0,53	1,27	2,43
		0,63	2,23		0,97	2,20
		0,47	2,10		0,73	1,97
			1,93		0,63	1,80
			1,80		0,53	1,67
			1,67		0,47	1,50
			1,43			1,40
			1,30			1,30
			1,10			1,17
			1,03			1,03
			0,90			0,93
			0,77			0,83
			0,63			0,77
			0,50			0,70
KV (%)	8,13	8,98	10,83	3,18	16,39	9,87
KBV 0,01	3,38	2,63	1,47	0,83	0,17	1,30
0,05	2,49	1,97	1,92	1,12	0,22	1,70



Figuur 2.3.1 Die invloed van die aantal porsies op die persentasie soute wat uit die substrate (S_1 en S_3; B_1 en SB_3; B_3 en B_3 en B_3) agtereenvolgens (25 cm^3 500 cm^{-3} substraat) geloog is.

Figure 2.3.1, 2.3.2 en 2.3.3 stel van die resultate in Tabelle 2.3.2 en 2.3.4 grafies voor. Figuur 2.3.1 toon dat gedistilleerde water feitlik dieselfde persentasie soute uit S_1 en S_3 per 25 cm^3 loog uit die substraat verwyder. Dieselfde geld vir die ander twee substrate, SB_1 en SB_3 asook B_1 en B_3. Uit 'n praktiese oogpunt is die aanvanklike konsentrasie soute in die substraat dus nie van belang nie. Loging van die soute vind persentasiegewys tot dieselfde omvang plaas want alhoewel die bas-substrate aanvanklik 800 mg (B_1) en 2300 mg (B_3) sout dm^{-3} bevat het (Tabel 2.3.1), het die eerste 25 cm^3 loog tussen 11,20 en 14,17% van die oorspronklike soute verwyder.



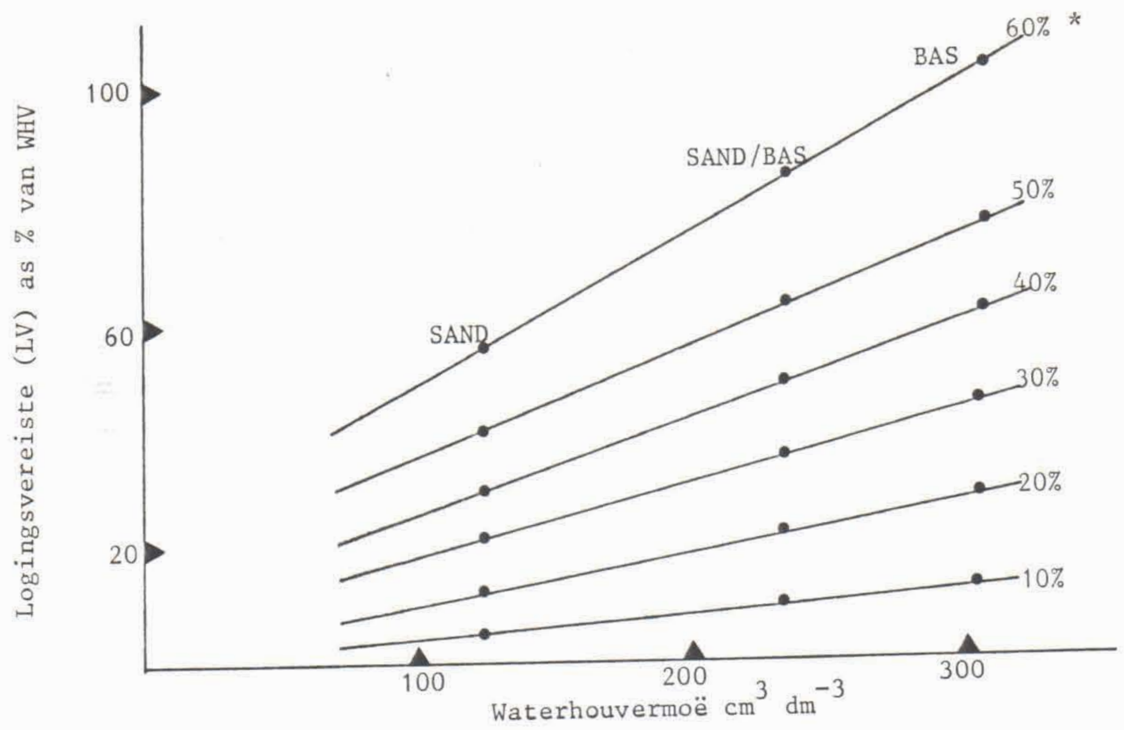
Figuur 2.3.2 Die invloed van die aantal porsies op die verloop van loging met gedistilleerde en kraanwater in terme van % soute wat uit substrate S_3, SB_3 en B_3 met 25 cm^3 verwyder is.

Figuur 2.3.3 Die invloed van die volume loog as % van die WHV op die persentasie soute wat met 25 cm^3 porsie water uit die substrate (S_1, SB_1 en B_1) geloog is.

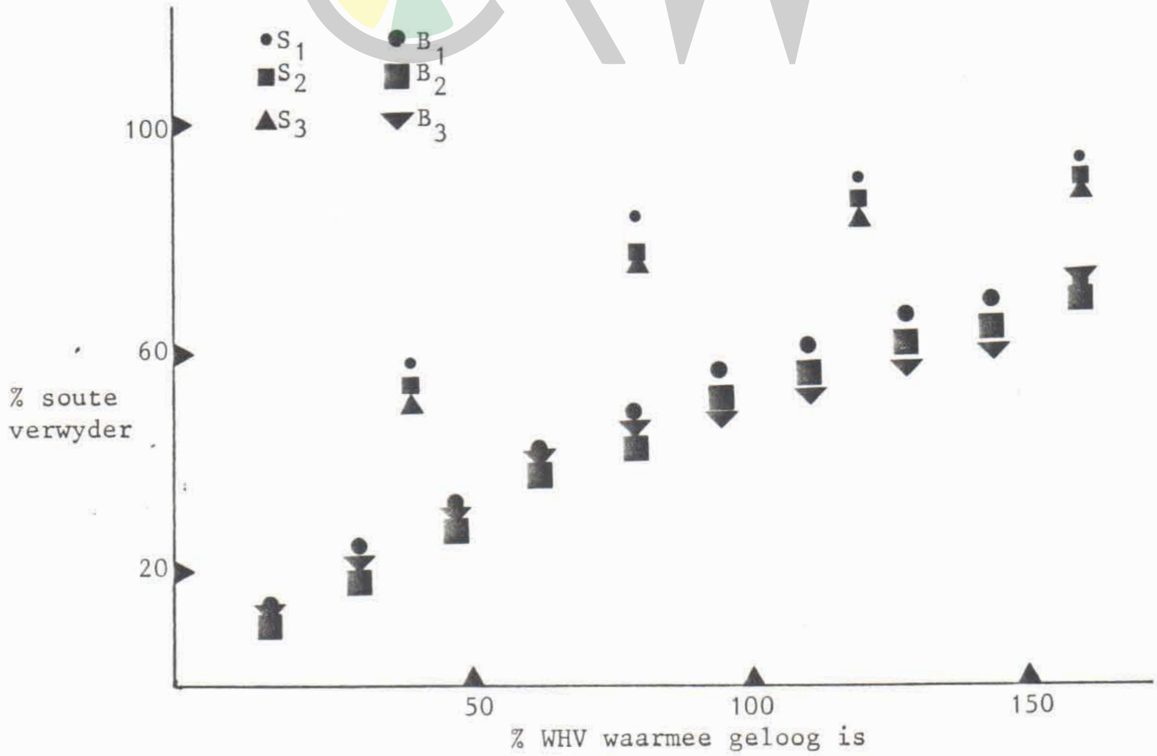
Figuur 2.3.2 toon die kumulatiewe persentasie sout wat in 25 cm^3 loog gevind is waar die substrate met kraan- en gedistilleerde water geloog is. Die patroon is dieselfde as in Figuur 2.3.1. Hieruit is dit duidelik dat die konsentrasie soute in die logingswater ook nie belangrik is, wanneer soute uit die substrate geloog moet word nie. Dit moet egter in gedagte gehou word dat logingswater met 'n hoër soutinhoud nooit dieselfde lae EG in die loog sal kan bereik as byvoorbeeld 'n logingswater met 'n laer soutinhoud nie. Die laagste soutvlak van die loog waarop gereken kan word, sal nie laer as die van die logingswater kan wees nie.

'n Ander belangrike waarneming uit Tabel 2.3.2, is dat sand vinniger geloog word as sand-bas en dìt weer vinniger as bas. So byvoorbeeld het die eerste 25 cm^3 loog 53,37% van die aanvanklike sout uit die sand, 19,10% uit die sand-bas en 11,20% uit die bas, geloog.

Figure 2.3.1 en 2.3.2 het duidelik aangetoon dat die hoeveelheid sout wat per 25 cm^3 loog aangetref word, verskil tussen sand, sand-bas en bas. Volgens Tabel 2.3.1 is 25 cm^3 loog per 500 cm^3 substraat gelyk aan 40,32% WHV van die sand, 21,19% van die sand-bas en 16,34% van die bas. Dit is dus te wagte dat die eerste 25 cm^3 loog meer sout uit die sand sal verwyder as uit die bas. Indien die 25 cm^3 logingswater as persentasie van die WHV uitgedruk word, is daar nog steeds 'n verskil in die persentasie soute wat met vergelykbare % WHV uit sand en bas geloog word (Figuur 2.3.3). Die verskil sal klaarblyklik in die omgewing van 300% WHV uitgewis word. Uit Figuur 2.3.3 kan ook afgelei word dat 50% van die soute uit S_1 verwyder sal word deur met 34% WHV te loog. By B_1 is dit 100% WHV en vir SB_1 is die logingsvereiste 63%. Soortgelyk kan die % WHV wat vir loging nodig is om 10, 20, 30, 40, 50 en 60% van die soute te verwyder uit Figuur 2.3.3 afgelei word. Hierdie gegewens kan weer gebruik word om die verband tussen WHV en logingsvereistes (LV) as % van WHV vir die verskillende peile van soutloging te bepaal.



Figuur 2.3.4 Die verband tussen LV benodig om 10 tot 60% van die opgehoopte soute (*) uit die substraat te verwyder, teenoor die WHV van die substraat.



Figuur 2.3.5 Die persentasie soute wat uit die substrate (S_1 en B_1) met porsies water (uitgedruk as % van die waterhouvermoë van die substrate) geloog is.

In Figuur 2.3.4 word die LV in terme van WHV om 10 tot 60% van die soute te verwyder, as 'n afhanklike van die WHV aangedui. In Hoofstuk 2.2 is aangetoon dat die hoeveelheid soute wat 'n substraat sal absorbeer direk afhanklik is van die WHV van die substraat. Indien die WHV van 'n substraat dus na nul streef, sal daar ook geen soute geabsorbeer word nie en sal die LV ook na nul streef. Die lyne in Figuur 2.3.4 behoort dus almal die nulpunt te sny. Aan die anderkant sal 'n substraat met 'n lae WHV, 'n lae reële LV hê al is dit ook persentasiegewys hoog. So byvoorbeeld sal 'n substraat met 'n WHV van 50 cm^3 dm^{-3} 'n LV van 26% of 13 cm^3 dm^{-3} benodig om 50% sout te verwyder - wat in ieder geval baie min is (Figuur 2.3.4). Daarteenoor, sal 'n substraat met 'n WHV van 300 cm^3 dm^{-3} 'n LV van 74% of 222 cm^3 vereis om 50% soute te verwyder. Vir die praktyk is die vorm van die kromme by 'n lae WHV dus nie so belangrik nie.

In die praktyk vind verbrakking van die substrate hoofsaaklik plaas as gevolg van gereelde toevoeging van soute deur die besproeiingswater en voedingsoplossing, sonder dat dié soute weer onderuit die houer geloog word. Die gegewens in Figuur 2.3.4 kan dus gebruik word om die logingsvolume te bepaal en wel soos volg:

* Bepaal die % soute wat verwyder moet word. Om ophoping te voorkom, moet die massa soute wat geloog word dieselfde wees as die wat deur die water bygevoeg word.

* Bepaal die maksimum toelaatbare soutvlak.

* Druk EG uit as % van laasgenoemde.

* Bepaal die WHV van die substraat en lees die LV (in % WHV) af vanaf die betrokke sout-logingslyn by die betrokke WHV.

So byvoorbeeld sal 'n substraat met 'n WHV van 100 cm^3 dm^{-3} 'n LV van 9% WHV = 9 cm^3 dm^{-3} benodig om 20% soute te loog; Daarteenoor sal 'n substraat met 'n WHV van 300 cm^3 dm^{-3} egter 28% WHV = 84 cm^3 dm^{-3} benodig vir dieselfde loging (Figuur 2.3.4).

Tabel 2.3.5 Die massa sout wat met 25 cm^3 porsies water uit die substraat geloog is, uitgedruk as % van die soutinhoud van die substraat net voordat die water bygevoeg is.

Substraat	S			S/B			B		
Soutvlak	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	53,37	52,53	58,57	19,10	14,77	18,27	11,20	9,73	14,17
	45,48	54,43	64,16	20,56	15,57	19,57	10,75	10,56	12,60
	34,73	44,72	42,98	22,57	15,52	21,14	11,22	11,27	11,74
	29,54	33,92	33,87	24,19	17,33	21,56	10,10	11,40	12,20
	28,42	28,83	29,87	24,83	18,05	22,52	10,33	11,73	12,87
	26,33	29,85	25,68	28,53	16,59	25,61	10,13	11,62	12,81
	23,02	28,15	26,39	24,81	17,57	26,81	10,60	11,98	12,11
	22,46	26,97	28,11	27,33	17,19	28,60	11,20	12,55	11,92
	24,31	21,05	27,29	29,25	17,92	29,15	11,71	12,21	10,97
	28,42	24,65	32,02	27,51	19,79	32,25	12,16	11,65	10,82
KBV 0,01	1,83	1,61	1,54	0,75	0,50	1,06	NB	NB	NB
0,05	1,34	1,18	1,12	0,55	0,37	0,78	NB	NB	NB
KV %	11,20	9,04	8,07	5,85	5,72	9,07	11,92	7,40	10,45

S = Sand S/B = Sandbasmengsel B = Bas NB = Nie betekenisvol

Soutvlakke: Kyk na Tabel 2.3.1

Alhoewel die logingspatroon vir dieselfde substraat by verskillende soutvlakke effens verskil (Figuur 2.3.5), is die verskille nie sodanig dat dit in die praktyk enige aanpassing vir die LV verg nie. Wanneer gedistilleerde water vir loging gebruik word, kan aanvaar word dat dié water geen soute in die substraat sal agterlaat nie. Deur die mg soute wat deur enige 25 cm^3 porsie water verwyder is, af te trek van wat net voor loging teenwoordig was, gee dit elke keer 'n ander aanvang-soutvlak. Die sout wat deur die volgende 25 cm^3 uit dieselfde substraat geloog word, kan dus ook as 'n % van die nuwe begin-konsentrasie uitgedruk word. Tabel 2.3.5 toon dan ook dat die persentasie sout wat uit 'n sand-substraat met 25 cm^3 water geloog kan word, by 'n lae soutvlak (S_1), afneem soos die soutvlak afneem, maar aan-vanklik effens toeneem en dan afneem by hoër soutvlakke (S_2 en S_3). Die afname in die persentasie soute wat by die sande geloog word, kan deels aan die baie lae werklike konsentrasies toegeskryf word. Volgens Tabel 2.3.2 word meer as 80% van die soute uit sande na drie logings verwyder.

Met sand-basmengsels as substraat word 'n geleidelike toename in die persentasie soute wat per 25 cm^3 geloog word, verkry (Tabel 2.3.5). Maar weer eens is die werklike soutkonsentrasie na die sewende loging kleiner as 5% van die oorspronklike totaal en is reeds meer as 80% van die soute geloog (Tabel 2.3.2). Sewe logings verteenwoordig 148% WHV van die sand-basmengsel. Bas alleen as substraat, toon geen verandering in die persentasie soute wat per 25 cm^3 geloog word nie (Tabel 2.3.5). Na 14 logings is meer as 80% van die oorspronklike soute verwyder. Veertien logings verteenwoordig 229% WHV van die bas (Tabelle 2.3.1 en 2.3.2). Hierdie resultate bevestig die bevindings in Figuur 2.3.4 naamlik dat substrate met 'n hoë WHV, meer water vir loging benodig om 'n sekere persentasie soute te verwyder as substrate met 'n laer WHV.

Vir die berekening van LV word drie denkbeeldige substrate (A, B en C) met WHV van 0,1; 0,2 en 0,3 $dm^3\ dm^{-3}$ as voorbeeld gebruik. Uit Hoofstuk 2.2 kan bepaal word dat die maksimum vir sitrussaailinge 33 tot 42, 50 tot 63 $mS\ m^{-1}$ en 67 tot 74 $mS\ m^{-1}$ vir die drie sub-strate onderskeidelik moet wees. Gestel nou dat die EG van die voedings-oplossing (EG_0) waarmee besproei word 150 $mS\ m^{-1}$ is. Die logingsvereiste kan dan soos volg bereken word.

1. **Persentasie soute wat verwyder moet word, kan uit die volgende bereken word:**

1.1 Soute bygevoeg

mg soute in oplossing EG_o x WHV dm^3 dm^{-3}.

Vir substraat A (WHV = 0,10) is mg soute bygevoeg.

= EG_o x 6,4 x WHV

= 96 mg dm^{-3} substraat.

Vir substraat B (WHV = 0,20)

= 192 mg dm^{-3} en

Vir substraat C (WHV = 0,30)

= 288 mg dm^{-3}

1.2 Maksimum toelaatbare konsentrasie soute in substraat (Vergelyk Hoofstuk 2.2)

Vir substraat A is die maksimum 40 mS m^{-1} en dit is gelyk aan 384 mg soute* dm^{-3} substraat.

Vir substraat B = 60 mS m^{-1} = 576 mg soute en

Vir substraat C = 70 mS m^{-1} = 672 mg soute.

*mS m^{-1} = 6,4 x EG_s x 1,5 (verdunningsfaktor) mg sout dm^{-3} substraat.

1.3 Persentasie sout wat verwyder moet word is dus gelyk aan die % wat bygevoeg word om sodoende die soutvlak konstant te hou.

Vir substraat A is dit $\frac{96}{384}$ x 100 = 25%,

Vir substraat B = 33% en

Vir substraat C = 43%

2. **Logingsvereiste as % WHV**

Uit Figuur 2.3.4 kan die % WHV wat nodig is om 25, 33 en 43% soute uit substrate met 'n WHV van 0,1; 0,2 en 0,3 dm^3 dm^{-3} te loog, bepaal word naamlik

Vir substraat A is dit 14% van 0,1 dm^3 = 14 cm^3 dm^{-3} substraat,
Vir substraat B is dit 34% van 0,2 dm^3 = 68 cm^3 dm^{-3} substraat, en
vir substraat C is dit 65% van 0,3 dm^3 = 195 cm^3 dm^{-3}

Gevolglik sal een dm^3 van substraat A met genoeg van die voedingsoplossing besproei moet word om dit tot by houerkapasiteit te bring plus 14 cm^3 om loging te verseker en opbou van soute te voorkom. Vir substrate B en C is dit 68 en 195 dm^3 respektiewelik.

Hierdie logingsvolumes beklemtoon 'n groot nadeel in die gebruik van substrate met hoë WHV. Die kwekery wat substraat C gebruik, sal voorsiening moet maak vir die wegvoer van 195 cm^3 logingswater vir elke dm^3 substraat in die kwekery teenoor 14 cm^3 vir die wat substraat A gebruik. Substraat A sal egter meer dikwels as B of C besproei en geloog moet word. Hierdie berekening word in Proef 2 getoets waar verskillende % WHV as LV gebruik word.

Gedurende die proefperiode (proef 2) waar koring in die substrate gekweek is, is verskillende vlakke van loging toegepas. Dit was opvallend dat daar geen logingsvloeistof uit die 0 % logingsvereiste (LV) by die sandsubstraat gevloei het nie. Water het onder by die dreinasie-openinge versamel maar geen vrye vloei het voorgekom nie. By die sand-basmengsel het vry-logingswater voorgekom en by die bassubstraat het daar na elke besproeiing loogwater onder uitgeloop. By nadere ondersoek is gevind dat die bas nie egalig benat word nie. Gevolglik het droër en natter sones in die volume substraat voorgekom. Indien die nat sone dus met die volgende watertoediening die gemiddelde toediening sou ontvang, was sekere sones oorversadig en het loging voorgekom. Herbenatting van die

Tabel 2.3.6 Elektriese Geleiding (EG) van die substraat na 20 besproeiings teen agt verskillende logingsvlakke (uitgedruk as persentasie van die waterhouvermoë).

Logingsvlak % van WHV	Substrate		
	S	SB	B
0	227,3	232,3	248,7
5	178,0	252,7	255,7
10	99,3	223,3	208,3
15	62,7	163,3	166,7
20	64,7	107,3	135,0
30	61,7	66,7	121,7
40	54,3	64,0	90,3
50	54,0	65,3	86,7
KBV			
0,01	8,18	9,79	11,60
0,05	5,91	7,06	8,37
KV %	12,24	8,76	10,60

droë sones was heelwaarskynlik ook 'n probleem by bas. Die sand het egalig uitgedroog en is egalig benat wat gevolglik 'n beter beheer oor die loging moontlik gemaak het.

In Tabel 2.3.6 word die EG van 'n 1:1,5 volume ekstrak van die substrate aangegee. Die sand-substraat toon 'n egalige afname in EG soos die % LV toeneem. Dit word toegeskryf aan die beter beheer oor die loging as gevolg van egaliger uitdroging en herbenatting. Die sand-bas en bas-substrate toon meer wisseling in die afname van EG soos LV toeneem.

In die voorafgaande Proef 1 is beskryf hoe die LV bereken kan word deur die WHV en die soutvlak van die water in aanmerking te neem. Volgens dié berekening sal die soutvlak van substraat S_1 op 55 mS m^{-1} gehandhaaf kan word met 'n LV van 22,5% WHV vir water met EG van 150 mS m^{-1}. Vir substraat SB_1 is die LV 36,9% WHV en vir B_1 36,4% WHV. Indien die soutvlak van die substrate na 50 mS m^{-1} verlaag moet word, is LV van 24,8% WHV vir S_1, 47,8% WHV vir SB_1 en 61,2% WHV vir B_1 nodig. Tabel 2.3.6 toon dat S_1 'n soutvlak van 62,7 mS m^{-1} met 'n LV van 15% WHV bereik en dat hoër LV nie 'n betekenisvol laer soutvlak sal handhaaf nie. By 'n LV 40% WHV is die soutvlak 54,3 mS m^{-1}. Die beproefde LV is dus tussen 15 en 30% WHV teenoor die berekende LV van 22,5% WHV. Die berekende waarde is dus redelik akkuraat vir S_1. Vir SB_1 toon die EG_s 'n konstante vlak by 'n LV van tussen 30 en 50% WHV. Die berekende LV vir SB_1 is 37%. Soortgelyk bereik die EG_s vir B_1 'n konstante vlak by 'n LV van 40 tot 50% WHV. Die berekende LV is 36,4% WHV wat laer is as die beproefde LV.

Vir substrate met 'n lae WHV (S_1 = 124) kan loging voldoende geskied by 'n LV laer as die berekende. Maar by substrate met 'n hoë WHV (B_1 = 306) is die berekende LV weer laer as wat nodig is om 'n konstante EG_s te handhaaf. Nietemin bewys die resultate in Proef 2 dat die logingsvereiste van 'n substraat tot 'n aanvaarbare akkuraatheid bereken kan word deur die WHV en EG_o en optimale EG_s in berekening te bring. Die aanvaarde LV-norm van 20% van die WHV is dus effens te laag vir substrate met 'n WHV meer as 150 tot 200 cm^3 dm^{-3}.

GEVOLGTREKKING

In sitruskwekerye vind loging van soute uit die substrate meestal net plaas indien doelbewus oorbesproei word. Aangesien onoordeelkundige oorbesproeiing in meer as een opsig ongewens is, is dit nodig dat die logingsvereiste van 'n substraat bepaalbaar en toepasbaar moet wees. Besproeiingswater en voedingsoplossings is die hoofbronne van soute in kwekerye. Die verloop van loging van die opgehoopte soute uit die substraat het eerstens getoon dat die persentasie soute wat per volume loog verwyder word feitlik dieselfde is vir dieselfde substraat, ongeag die aanvanklike soutvlak. Dit is natuurlik noodwendig dat die opgehoopte soute ook maklik oplosbaar moet wees. Indien stadig oplosbare soute ook aanwesig is, kan dit die verloop van die logingsproses beïnvloed. Uit die kumulatiewe persentasie soute wat deur gedistilleerde en kraanwater uit die substrate verwyder is, blyk dit ook dat die soutkonsentrasie van die water waarmee geloog word, binne perke, nie van belang is nie.

Verder is bepaal dat sand vinniger as sand-bas-mengsels en dìt weer vinniger as bas loog. Selfs al word die logingsvolume as persentasie van die WHV uitgedruk, benodig substrate met 'n hoë WHV 'n groter volume logingsvloeistof as 'n substraat met 'n lae WHV om die opgehoopte soute te verwyder. Substrate met 'n lae WHV (124 $cm^3\ dm^{-3}$) verloor meer as 80% van die opgehoopte soute nadat met 60% WHV geloog is. Indien die WHV van 'n substraat 306 $cm^3\ dm^{-3}$ is, word 80% van die opgehoopte soute deur 229% WHV uit die substraat geloog. Substrate met 'n hoë WHV, soos bas, verloor die soute na 'n lang logingsperiode teen feitlik 'n konstante tempo. Uit die verband tussen persentasie soute wat uit die substrate geloog is en WHV kon krommes daargestel word waarvolgens die logingsvereiste (LV) van 'n substraat bereken kan word. Deur die aanvanklike soutinhoud, die massa wat verwyder moet word, die WHV en die drumpelwaardes vir EG_s in berekening te bring kan die LV redelik akkuraat bepaal word.

HOOFSTUK 3

INVLOED VAN NATRIUM, CHLORIED EN ALUMINIUM OP DIE PRODUKSIE VAN SITRUS SAAILINGE

Die gevaar van te veel opgeloste soute in die wortelomgewing word in sitruskwekerye hoofsaaklik deur 'n ophoping van die voedingselemente veroorsaak. Ander elemente veral natrium, chloried en aluminium kan egter toksies by relatief lae konsentrasies wees. Natrium en chloried kom algemeen in besproeiingswater voor en in Nederland (Anon, 1980) is die konsentrasie van die twee elemente saam met die EG die basis waarop water geklassifiseer word. Chloriede is ook goedkoop draers van noodsaaklike voedingstowwe soos kalium en magnesium. 'n Presiese kwantifisering van die omvang van natrium- en chloriedtoksisiteite vir sitrussaailinge kan meehelp om die kwaliteit van besproeiingswater en sekere bemestingstowwe beter te evalueer.

Aluminiumtoksisiteite word meestal met 'n suuromgewing geassosieer (McLean, 1976) en betrek 'n wye reeks fisiologiese prosesse (Foy, 1988). Alhoewel aluminium hoofsaaklik van klei-minerale afkomstig is, kan substrate van houerkulture ook aluminiumhoudende materiale bevat. Onder die regte toestande kan die aluminium oplosbaar raak en fitotoksiese konsentrasies bereik.

In hierdie studie sal die invloed van Na, Cl en Al op die vegetatiewe produksie van sitrussaailinge ondersoek word.

3.1 DIE INVLOED VAN NATRIUM EN CHLORIED OP SAAILINGPRODUKSIE

Alhoewel natrium (Na) en chloried (Cl) in sekere gevalle plantproduksie verhoog (Meyer, Anderson & Böhning, 1965), word dit nie algemeen as noodsaaklike voedingselemente beskou nie en is hulle meer belangrik vanweë hul remmende uitwerking op produksie. Besproeiingswater en grond bevat meestal voldoende hoeveelhede Na en Cl om enige moontlike tekorte uit te skakel. In kwekerye mag die twee elemente egter in die substraat ophoop. Chloriede is ook meestal goedkoper bronne van katione as byvoorbeeld nitrate en meer oplosbaar as byvoorbeeld fosfate en word derhalwe in kunsmisstowwe gebruik.

Die invloed van natrium en chloried op produksie is die gevolg van 'n hele aantal aspekte wat deur die twee ione beïnvloed word. Saailingwortels wat vir 'n kort periode aan hoë vlakke van verbrakking (220 mS m^{-1}) blootgestel is, was meer vatbaar vir Phytophthora parasitica, maar cultivarverskille kom ook voor (Blaker & MacDonald, 1986). Alhoewel TC-saailinge met die kort blootstelling aan hoë verbrakking geen infeksie getoon het nie, is 30% van die totale wortellengte deur Phytophthora besmet nadat dit vir nege weke aan verbrakte grond (EG = 300 tot 400 mS m^{-1}) blootgestel was.

Die gevoeligheid van sitrus vir Na en Cl is 'n genetiese eienskap. Die gevoeligheid van die kommersiële boom is die resultaat van die onderstam en bo-stam se soutverdraagsaamheid (Behboudian et al., 1986a) en die omgewing (Lloyd, Kriedemann, Prior & Grieve, 1986). Sitrus word allerweë as 'n soutgevoelige gewas beskou. Harding et al., (1958) toon aan dat die produksie van nawels met ongeveer 12% afneem vir elke 100 mS m^{-1} toename in die EG van die versadigde grondekstrak bokant 100 mS m^{-1}. 'n Soortgelyke afname is met chloried in die oplossing, vir Valencia op TC gevind (Bingham, Mahler, Parra en Stolzy, 1974). Heller, Shalhevet en Goëll (1973) rapporteer 'n afname van 20% in die opbrengs van 'Satsuma' op suurlemoenonderstam wanneer die chloriedvlak van die versadigde grondekstrak 10 me dm^{-3} oorskry. Vir 'Shamouti' word 'n afname van 4,3% in opbrengs verkry vir elke toename van een me Cl dm^{-3} in die besproeiingswater. In 'n langtermyn proef met pomelobome is 'n afname in opbrengs van 1,45% vir elke toename van een me Cl dm^{-3} bokant 'n plafonwaarde van 4,5 me Cl dm^{-3} van die versadigde grondekstrak verkry (Bielorai et al., 1978). Die totale soutkonsentrasie, eerder as natriumadsorpsieverhouding het die grootste verlies in produksie teweeggebring (Bielorai et al., 1978). Totale waterverbruik het ook afgeneem soos die soutkonsentrasie in die grond toeneem. Blykbaar verlaag NaCl ook die doeltreffendheid van waterbenutting (Behboudian, Walker & Törökvalvy, 1986b). Hoë soutkonsentrasies het 'n groter effek as droogte en blare kan selfs afsterf as gevolg van dehidrasie (Flowers & Yeo, 1986). Blaargroei is gevoeliger vir hoë konsentrasies sout as wortelgroei en die beperkende faktor op blaargroei lê heelwaarskynlik in die waterstatus van die wortel. Chloriedopname hang baie af van die cultivar. Uit Valencia, Washington-nawels, Marsh-pomelo en Ellendale-nartjie het nawels die meeste Cl opgeneem, met 0,67% Cl in die blare. Ellendale het die minste naamlik 0,05% Cl opgeneem (Cox, datum onbekend). Valencia op verskeie onderstamme toon dat sitrus op hoë

Tabel 3.1.1 Konsentrasies natrium en chloried wat by die voedingsoplossing gevoeg is, die EG van die oplossing en die vegetatiewe loofopbrengs van GS en TC-saailinge wat daarin gekweek is.

Behandeling	mg dm^{-3} voedingsoplossing		EG mS m^{-1}	Opbrengs g per saailing	
	Na	Cl		GS	TC
1	3	44	190	73,83	24,17
2	103	194	240	74,00	23,67
3	203	344	280	70,17	24,00
4	503	794	385	64,33	24,67
5	103	44	250	76,00	24,17
6	203	44	300	74,83	25,50
7	503	44	450	61,00	22,67
8	3	224	250	70,67	23,50
9	3	404	295	67,67	24,50
10	3	944	425	49,50	24,17
KBV 0,05				1,89	NB
0,01				2,54	NB
KV %				12,03	13,75

NB = Geen betekenisvolle verskille nie.

konsentrasies NaCl reageer deur die osmotiese druk in die plant te verhoog (Walker, Törökfalvy, Grieve & Prior, 1983), maar die verskillende onderstamme ('Rangpur'- lemmetjie en 'Cleopatra'-manderyn) verloor hul turgor indien die NaClkonsentrasie te hoog raak. Hierdie twee onderstamme blokkeer blykbaar die translokasie van Cl na die loof.

Kwekerye maak van water van wissellende gehalte gebruik en dit is dus ook nodig om die invloed van spesifiek natrium en chloried op saailingproduksie te ondersoek aangesien dit van ekonomiese belang vir die kwekerybedryf kan wees. Hierdie studie is dus onderneem om die invloed van Na en Cl op loofgroei van sitrussaailinge na te gaan.

PROSEDURE

Growweskilsuurlemoen- en TC-saailinge is in silikasand gekweek en vir 12 weke met 'n volledige voedingsoplossing besproei. Hierna is verskillende konsentrasies natrium plus chloried, natrium en chloried by die voedingsoplossing gevoeg (Tabel 3.1.1). Oplossings van NaCl, Na_2SO_4 en $CaCl_2$ is gebruik om die verlangde konsentrasies natrium en chloried te verkry. In elke houer is aanvanklik agt plante gekweek wat na twee plante per houer uitgedun is. Drie herhalings, dus drie houers en ses plante is per behandeling gebruik. Alle saailinge is aanvanklik elke tweede dag met die volledige voedingsoplossing besproei en later elke dag. By die toepassing van die natrium- en chloried-behandelings het die besproeiing daagliks geskied. Ophoping van sout (insluitende Na en Cl) is voorkom deur voldoende loging toe te laat.

Na verloop van 16 weke is die plant- en substraatmonsters soos in Hoofstuk 2.1 beskryf, versamel. Chloried is bepaal deur die gedroogde gemaalde blare of substraat met 1,0 N HNO_3 te ekstraeer en dan die chloriedkonsentrasie potensiometries met behulp van $AgNO_3$ te bepaal.

'n Bloklose proefontwerp is gebruik en die resultate is, tensy anders genoem, met behulp van 'n variansie analise statisties geëvalueer (Van Ark, 1981).

Tabel 3.1.2 Meervoudige regressie van vegetatiewe opbrengs van GS op Na- en Cl-konsentrasies asook die EG van die voedingsoplossing.

Veranderlike	Bydrae tot variasie in opbrengs (%)	Vergelyking	P
Na	3,83		NB
Cl	57,88	Y = 73,3 - 0,02X	0,01061
EG	71,73	Y = 92,8 - 0,08X	0,00199

NB = nie betekenisvol nie.
Y = opbrengs
X = Cl of EG

RESULTATE EN BESPREKING

Sigbare blaarsimptome

Opvallend was dat TC geen simptome by enige van die behandelings getoon het nie. Growweskilsuurlemoensaailinge, daarenteen, het by behandeling drie (503 mg Na + 344 mg Cl dm^{-3}) chlorotiese blare gehad, maar die simptome het nie algemeen voorgekom nie. Behandelings 5 tot 7 het geen blaarsimptome gewys nie. Behandelings 8 tot 10 het toenemend chlorotiese blare getoon. Baie min ou blare is aan die stammetjies gevind en terugsterwing was algemeen by behandelings 9 en 10. Zid & Grignon (1986) vind ook blaarval in die winter indien 3000 mg KCl of NaCl dm^{-3} aan Citrus aurantium (Gawl.) -saailinge toegedien is.

Die blaarsimptome wat by behandelings 4, 9 en 10 aangetref is toon 'n vergeling op die punte en buiterand van die voorste helfte van die blaar. Namate die blare verouder of die konsentrasie Na, Cl en totale soute toeneem, versprei die vergeling in die rigting van die blaarsteel en binnewaarts na die middelnerf. Nuwe blare vertoon soms verkreukel. Geen definitiewe nekrotiese kolle of droë blaarpunte en bruinvlekke soos deur Smith (1962) beskryf, is selfs by die hoë natriumbehandelings waargeneem nie. Hierdie simptome stem baie ooreen met die wat by hoë elektriese geleidingswaardes van die voedingsoplossing gevind is (vergelyk Figuur 2.1.1). Genoemde voedingsoplossings het egter baie min natrium en chloried bevat. Vir GS het die simptome by 'n EG groter as 300 mS m^{-1} en vir TC by 450 mS m^{-1} en meer voorgekom. Die EG_o in dié proef waarby chlorose verkry is, was hoogstens 425 mS m^{-1} (behandeling 10). Die simptome het egter ook voorgekom waar die EG_o slegs 295 mS m^{-1} was (behandeling 9). Meervoudige regressie van opbrengs op Na, Cl en EG toon dat EG die grootste bydrae tot die variasie in opbrengs lewer (Tabel 3.1.2).

Dit wil dus voorkom asof die simptoom nie spesifiek is nie, maar op hoë totale soute en/of chloried dui. Aangesien geen simptome by behandelings 5 tot 7 waargeneem is nie, is natrium blykbaar nie direk hierby betrokke nie.

Opbrengs

In Tabel 3.1.1 word die vegetatiewe loofopbrengs van GS en TC aangegee. Volgens dié gegewens is die hoogste opbrengs van GS met behandelings 5 en 6 verkry. Lae konsentrasies natrium (kleiner as 203 mg dm^{-3}) stimuleer vegetatiewe opbrengs maar onderdruk dit by hoër konsentrasies. Troyer citrange toon geen statisties betekenisvolle resultate nie, maar behandeling 6 het gemiddeld die hoogste opbrengs gelewer. Die hoogste opbrengs vir GS is by behandeling 5 gevolg deur 6, aangeteken. In beide behandelings 5 en 6 was die chloriedkonsentrasie net 44 mg dm^{-3}. Die natriumkonsentrasie was 103 en 203 mg dm^{-3} respektiewelik. Indien die natriumkonsentrasie na 503 mg dm^{-3} verhoog word, daal die vegetatiewe produksie van 76,0 tot 61,0 g per saailing, 'n verlaging van 33%. Die maksimum natriumkonsentrasie vir GS sal dus net bokant 203 mg dm^{-3} wees.

Wanneer die chloriedkonsentrasie van 44 na 224 mg dm^{-3} verhoog word, (behandeling 8) daal die opbrengs van GS na 70,7 g (of met 7%). By 'n konsentrasie van 404 mg Cl dm^{-3} is die produksie 67,7 g of 11% laer. By behandeling 2 waar 103 mg Na en 194 mg Cl dm^{-3} toegedien is, was die opbrengs slegs 3% laer as die maksimum opbrengs. Aangesien 103 mg Na en 44 mg Cl dm^{-3} die hoogste opbrengs gelewer het, kan dié konsentrasie van Cl (194 mg Cl dm^{-3}) as die maksimum beskou word. Dit blyk dus dat ongeveer 200 mg Cl en 200 mg Na dm^{-3} die heel maksimum konsentrasies is.

'n Meervoudige regressie van opbrengs op Na, Cl en EG gesamentlik toon 'n hoogs betekenisvolle (P = 0,0007) liniêre passing. Die vergelyking Opbrengs (g per boom) = 94,55 + 0,016 mg Na dm^{-3} - 0,007 mg Cl dm^{-3} - 0,089 EG mS m^{-1} voorspel 89,5% van die variasie in opbrengs (Tabel 3.1.2 0,007 mg Cl dm^{-3} - 0,089).

Volgens Harding <u>et al</u>. (1958) daal die vrugproduksie van nawels met 12% vir elke 100 mS m^{-1} styging in EG van die versadigde grondekstrak bokant 100 mS m^{-1}. Vir vegetatiewe produksie word 'n afname van 12% verkry indien die EG 84 mS m^{-1} bokant 250 mS m^{-1} styg (verwys na Hoofstuk 2.1). Alhoewel die twee toestande (versadigde ekstrak

Tabel 3.1.3 Konsentrasies Na en Cl in die substraat, voedingsoplossing en blare van GS-saailinge wat met verskillende konsentrasies Na en Cl besproei is. Slegs die wat betekenisvolle verskille en/of neigings getoon het, word gelys.

Element	Behandelings										KBV	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0,01	0,05
Na_b	0,06	0,16	0,44	0,91	0,11	0,40	0,85	0,08	0,07	0,06	0,03	0,02
Cl_b	0,08	0,34	0,58	1,72	0,06	0,05	0,06	0,46	0,59	2,42	0,04	0,03
Na_s	1	5	7	11	4	8	12	1	1	1	1,02	0,76
Na_o	3	103	203	503	103	203	303	3	3	3		
Cl_s	1	7	13	16	1	2	1	7	12	21	1,26	0,92
Cl_o	44	194	344	694	44	44	44	224	404	944		

Voetnotas b = blaarinhoud (%)
s = substraatinhoud (mg dm^{-3})
o = voedingsoplossing (mg dm^{-3})

Tabel 3.1.4 Verwantskappe tussen Na en Cl in substrate, voedingsoplossing en blare van G S waar die saailinge met verskillende konsentrasies Na en Cl besproei is.

Verwantskap	r^2	Vergelyking
Na_b en Na_s	0,91	Na = 1,24 + 12,30 Na
Na_b en Na_o	0,98	Na = - 21,51 + 587,62 Na
Cl_b en Cl_s	0,84	Cl = 2,91 + 8,17 Cl
Cl_b en Cl_o	0,97	Cl = 54,69 + 398,29 Cl
EG_o en EG_s	0,67	EG = 134,17 + 3,76 EG

Na_o = Natrium in voedingsoplossing
Na_b = Natrium in blaar
Na_s = Natrium in substraat
en dieselfde vir Cl = chloried

en voedingsoplossing) nie heeltemal vergelykbaar is nie dui dit daarop dat vegetatiewe produksie heelwaarskynlik gevoeliger vir hoë EG as vrugproduksie is.

Samestelling van die blare en substrate

Alhoewel die blaarmonsters volledig vir al die voedingselemente ontleed is en die data beskikbaar is, word slegs die natrium en chloriedkonsentrasies in Tabel 3.1.3 aangegee. Die ander elemente het geen verband met die behandelings of opbrengs getoon nie. Om dieselfde rede word slegs die natrium- en chloriedkonsentrasies van die substrate en voedingsoplossing in Tabel 3.1.3 aangegee. Tabel 3.1.5 bevat ook die K en Ca waardes van die blare vir sekere behandelings, want hier is beduidende verskille aangeteken.

Blaarontledingsresultate van GS (Tabel 3.1.3) toon dat die hoogste opbrengs (behandeling 5) geassosieer is met 'n blaarinhoud van 0,11% Na en 0,06% Cl. Behandeling 6 wat statisties dieselfde opbrengs gelewer het, het 'n blaarinhoud van 0,40% Na en 0,05% Cl tot gevolg. Behandeling 2 wat 74 g plantmateriaal (of 97%) geproduseer het, toon 'n blaarinhoud van 0,16% Na en 0,34% Cl. Die blaarnorme vir GS kan dus tentatief op 'n maksimum van 0,40% Na en 0,34% Cl gestel word.

Soortgelyk as die blaarontledings toon die substraatontledings dat die grense op 'n maksimum van 8 mg Na en 7 mg Cl dm^{-3} substraat gestel kan word.

In Tabel 3.1.4 word die verwantskappe van Na en Cl in die blare, substraat en voedingsoplossing aangegee. Hieruit is dit duidelik dat die Na- en Cl-konsentrasie in die blaar, substraat en voedingsoplossing as voorspellers gebruik kan word. Die hoogste opbrengs is geassosieer met 0,11% Na en 0,06% Cl in die blaar, 4 mg Na en 1 mg Cl dm^{-3} in die substraat en 103 - 203 mg Na en 0 - 44 mg Cl dm^{-3} in die voedingsoplossing. Op grond van die KBV vir opbrengs en die natrium- en chloriedkonsentrasies in die blare, substraat en voedingsoplossing kan die volgende perke gestel word.

Natrium	Blaarinhoud	<0,20%
	Substraatinhoud	<8 mg dm^{-3}
	Voedingsoplossing	<100 mg dm^{-3}

Tabel 3.1.5 Blaarsamestelling (%) van GS- en TC-saailinge wat met verskillende konsentrasies (mg dm^{-3}) Na en Cl besproei is.

Voedingsoplossing		GS				TC			
Na	Cl	Na	K	Ca	Cl	Na	K	Ca	Cl
3	44	0,06	4,05	1,82	0,08	0,01	2,67	2,55	0,06
103	44	0,11	3,80	2,01	-	0,04	2,60	2,48	-
203	44	0,40	3,81	1,73	-	0,06	2,91	2,65	-
503	44	0,85	3,46	1,58	-	0,11	3,11	2,26	-
3	244	-	3,94	2,71	0,46	-	2,86	2,25	0,26
3	404	-	4,16	3,24	0,59	-	2,38	2,61	0,39
3	944	-	3,88	3,52	2,42	-	2,37	3,14	1,22
	KBV 0,05	0,019	0,053	0,053	0,026	0,006	0,053	0,053	0,038

Chloried	Blaarinhoud	<0,30%
	Substraatinhoud	<7,0 mg dm^{-3}
	Voedingsoplossing	<190 mg dm^{-3}

Opvallend is die lae plafonwaardes vir die substraat. In die ontledingsproses is daar egter twee verdunnings ingebou. Die eerste is die 1:1,5 ekstraksieverhouding (verdunningsfaktor van 0,67). Tweedens het die waterhouvermoë van die substrate (in die geval 190 cm^3 water dm^{-3} substraat) ook 'n verdunningseffek (vergelyk Hoofstuk 2.3). Na besproeiing sal slegs 190 cm^3 voedingsoplossing dm^{-3} substraat geabsorbeer word. Die konsentrasie soute sal dus met 'n verdere 0,190 verdun word. Indien die substraat met 'n chloriedoplossing van 100 mg dm^{-3} besproei word, sal die substraat dus 100 x 0,67 x 0,190 = 12,7 mg chloried dm^{-3} ekstrak bevat. Dit verklaar egter net gedeeltelik die lae substraatwaardes. Tabel 3.1.4 toon egter dat die verwantskap EG_O en EG_S nie baie sterk is nie.

Volgens die opbrengste het die Na- en Cl-konsentrasies in die voedingsoplossing geen invloed op die vegetatiewe loofopbrengs van TC gehad nie. Die Na- en Cl-inhoud van TC se blare is ook heelwat laer as die van GS (Tabel 3.1.5). Dit wil dus voorkom asof die weerstandbiedendheid van TC teen Na en Cl ontstaan omdat die cultivar minder Na en Cl opneem. Grobler (1979) se resultate met TC en GS toon dieselfde neigings alhoewel die EG_O baie hoër as in die proewe was. Ben-Hayyim & Kochba (1983) het dieselfde resultaat met NaCl-weerstandbiedende rasse van 'Shamouti'-lemoene verky. Kalsium het 'n beskermende invloed op NaCl- bestande rasse. Indien Ca uit die voedingsoplossing gelaat word, ly NaCl-weerstandbiedende rasse meer daaronder as NaCl-sensitiewe rasse. Grobler (1979) sluit hierby aan en vind 'n toename in groei van GS indien meer kalsiumnitraat by die voedingsoplossing gevoeg word. Sykes (1985) gebruik die eienskap om sitrussaailinge in teelprogramme te selekteer. NaCl-sensitiewe rasse toon 'n groter verlies aan K^+ as bestande-rasse (Ben-Hayyim, Spiegel-Roy & Neuman, 1985). Kawasaki, Shimizu & Moritsugu (1983) vind ook dat natrium die opname van beide K en P onderdruk. Volgens Tabel 3.1.5 het die K-waardes vir GS (die soutgevoelige cultivar) afgeneem van 4,05 tot 3,46% soos wat die natrium toegeneem het. TC (die soutbestande cultivar) het egter 'n toename in die kaliuminhoud van die blare van 2,67 tot 3,11% getoon. Volgens Walker (1986) sal trifoliata (<u>Poncirus</u>

trifoliata), weerstand bied teen konsentrasies Na onderkant 2300 mg dm^{-3} sodat die Na:K verhouding konstant bly. In hierdie proef het beide GS en TC 'n toename in die konsentrasie natrium van die blare (Na_b) getoon alhoewel blare van TC slegs 0,11% Na by 'n toediening van 503 mg Na dm^{-3} bevat het. Kaliumopname soos weerspieël deur die blaarinhoud (K_b) het egter by TC toegeneem, maar die Na:K verhouding het afgeneem. Cleopatra manderyn (Citrus reticulata Blanco) toon egter ook 'n afname in die kaliuminhoud van die blare soos die NaCl-konsentrasie in die voedingsoplossing toeneem. Die reaksie van Cleopatra stem ooreen met die van GS en TC waar die K_b afneem en Na_b toeneem met die gevolglike skerp styging in Na:K-verhouding.

GEVOLGTREKKING

Vegetatiewe groei van GS-saailinge word aanvanklik deur toenemende konsentrasies natrium gestimuleer. By 200 mg Na dm^{-3} word 'n afname in vegetatiewe produksie verkry. Chloried onderdruk vegetatiewe produksie reeds by veel laer konsentrasies. 'n Konsentrasie van 44 mg Cl dm^{-3} in die voedingsoplossing lewer die hoogste opbrengs. 'n Chloriedkonsentrasie van 194 mg dm^{-3} is gekoppel aan 'n afname in produksie van 3%. 'n Meervoudige regressie van Na, Cl en EG op vegetatiewe produksie toon dat Na slegs 3,8% tot die variasie in opbrengs bydra. Chloried dra 57,9% en die EG bly steeds die grootste onderdrukker van opbrengs en dra 71,7% tot die variasie in opbrengs by.

Die hoogste vegetatiewe loofopbrengs is geassosieer met relatief lae Na- en Cl-konsentrasies in die blare naamlik 0,11% Na en 0,06% Cl. Hoër konsentrasies natrium (0,40%) en chloried (0,16%) in die blare is egter nog steeds aan goeie opbrengste gekoppel (beter as 97% van die beste opbrengs).

Die vegetatiewe produksie van TC word egter nie deur enige van die konsentrasies natrium (3 tot 503 mg dm^{-3}) of chloried (44 tot 944 mg dm^{-3}) beïnvloed nie. Blaarontledings toon dat TC minder Na en Cl as GS uit dieselfde voedingsoplossing opneem. Hierdie resultate bevestig die vorige bevinding (Hoofstuk 2) dat TC minder deur hoë konsentrasies soute of in die geval Na en Cl beïnvloed word, omdat die onderstamcultivar minder soute opneem.

Uit die goeie korrelasies tussen blaar-, substraat- en voedingsoplossingskonsentrasies van Na en Cl blyk dit dat enige van die parameters as diagnostiese metodes gebruik kan word. Vir natrium is die aanbevole maksimum konsentrasies 0,20%, 8 mg dm^{-3} en 100 mg dm^{-3} vir die blare, substraat en voedingsoplossing respektiewelik. Die ooreenstemmende plafonwaardes vir chloried is 0,30%, 7,0 mg dm^{-3} en 190 mg dm^{-3}.

3.2 DIE INVLOED VAN ALUMINIUMKONSENTRASIE OP VEGETATIEWE PRODUKSIE VAN SITRUSSAAILINGE

'n Te suur wortelomgewing benadeel die kommersiële produksie van sitrus. Anderson (1971) bevind dat beide opbrengs en interne gehalte van sitrusvrugte daardeur benadeel word. Yuda (1985) vind dat die blaardak van 'Satsuma'- bome die helfte kleiner is indien die bome by pH 4 teenoor pH 5 gekweek word. In 'n suurwortelomgewing is dit hoofsaaklik die H^+- en Al^3-ione wat toksiese vlakke bereik. Smith (1971) bepaal dat die konsentrasie van die H^+-ioon as sodanig die groei van sitrussaailinge benadeel. Hy vind ook dat die bron van H^+ nie belangrik is nie.

Die oplosbaarheid van aluminium in klei-minerale is afhanklik van die pH (Thomas, 1988). McLean (1976) bepaal dat feitlik geen oplosbare aluminium tussen pH (H_2O) 4,7 tot 7,5 in die grond voorkom nie. Onderkant pH 4,7 vind toenemende dissosiasie van die $Al(OH)_3$-molekuul vinnig plaas sodat Al^{3+} die oorheersende ioonspesie is. Die oplosbare Al-ioon is fitotoksies. Foy (1988) bespreek die invloed van 'n suurgrondomgewing op plantegroei en onderstreep die volgende:

* Aluminium toksisiteite is 'n ernstige produksiefaktor en kom meestal by 'n pH onderkant 5 voor.
* Aluminium akkumuleer meer in plantwortels as in die loof. Presipitasie van aluminium vind ook op die wortels plaas.
* Weerstandbiedende plante besit die vermoë om opgeneemde aluminium in 'n onaktiewe vorm vas te vang. Die meganisme berus op die kompleksvorming van Al met organiese sure.
* Alhoewel die konsentrasie van Al in blare meestal 'n swak indikator van Al-toksisiteit is, kan dit tog onder streng gedefinieerde toestande as diagnostiese metode gebruik word.
* Al-toksisiteit kan ook in 'n kalsium- of magnesiumgebrek uitdrukking vind weens die kompetisie van Al met Ca en Mg.
* Al-toksisiteite verlaag ook die fosforinhoud van die loof, maar dié van wortels word verhoog. Sekere Al-weerstandbiedende Pinus spesies kan Al-P-komplekse opneem, maar min translokasie na ander plantdele vind plaas.
* Aluminium kan ook die selle van plantwortels sodanig beskadig dat wateropname afneem.

Tabel 3.2.1 Konsentrasie aluminium in en pH van die voedingsoplossing wat gebruik is om GS- en TC-saailinge te besproei.

NO.	BESKRYWING
	Voedingsoplossing (pH 3)
1	Met 0 mg Al dm^{-3}
2	Met 5 mg Al dm^{-3}
3	Met 10 mg Al dm^{-3}
4	Met 25 mg Al dm^{-3}
	Voedingsoplossing (pH 5)
5	Met 0 mg Al dm^{-3}
6	Met 5 mg Al dm^{-3}
7	Met 10 mg Al dm^{-3}
8	Met 25 mg Al dm^{-3}

CRW

* Aluminium kan ook die fosfor in DNS (Deoksiribonukleïensuur) bind en sodoende seldeling benadeel.
* Al beïnvloed ook die funksie van die Golgi-apparaat en inhibeer sodoende die vorming van selmembrame.

In grondlose kulture soos substrate wat uit bas en veen saamgestel is, word aluminiumtoksisiteit nie verwag nie. Kleiminerale kan egter in die materiaal aangetref word, al is dit ook net as kontaminante. Die natuurlike pH van ongekomposteerde dennebas lê tussen 3 en 5. Indien enige aluminiumhoudende materiaal teenwoordig is, sal oplosbare Al^{3+}-ione wat saailingproduksie mag beïnvloed, gevorm word. Aluminiumverbindings word ook in die watersuiweringsproses van kwekerye gebruik. Onvolledige flokkulasie kan dus ook 'n bron van aluminium wees. Versuring van die substraat tydens die kweekperiode kan voorkom (Bunt, 1976a), en Al-toksisiteite bevorder.

Hierdie proef is gevolglik uitgevoer om die omvang van aluminiumtoksisiteite op sitrussaailinge te bepaal.

MATERIAAL EN METODES

Growweskilsuurlemoen- en TC-saailinge is in silikasand gekweek (kyk na Hoofstuk 2.1) en aan die behandelings wat in Tabel 3.2.1 beskryf word, onderwerp. Drie houers met twee plante per houer is in 'n bloklose proefontwerp (Van Ark, 1981) gebruik. Variansie-analise is volgens die Student-Newman-Keulsmetode uitgevoer.

Voedingsoplossings

Uit Aquapon$^{(R)}$ I en II konsentrate is voedingsoplossings berei en die pH van die oplossings is met 5,0 N swawelsuur verstel om waardes van pH 3 en pH 5 te gee. Hierdie waardes is gekies omdat dit die pH-gebied van onbekalkte substrate dek. Die finale elektriese geleiding (EG_o) van die voedingsoplossings was 150 mS m^{-1} vir GS en 300 mS m^{-1} vir TC. By dié voedingsoplossings is 5, 10 en 25 mg Al dm^{-3} gevoeg. Omdat substrate vir sitruskwekerye min kleiminerale bevat, is relatief lae Al-konsentrasie meer waarskynlik. Hierdie voedingsoplossings is gebruik om die saailinge, aanvanklik elke tweede dag en later daagliks te benat. Voldoende van die voedingsoplossing is toegedien om loging te

Tabel 3.2.2 Die invloed van die konsentrasie aluminium in die voedingsoplossing (Al_o mg dm^{-3}) op vegetatiewe produksie (g per boom) van growweskilsuurlemoen- en Troyer citrangesaailinge by twee pH-vlakke van die voedingsoplossing.

	Growweskil				Troyer citrange			
Al_o	pH 3		pH 5		pH 3		pH 5	
	g	%	g	%	g	%	g	%
0	89,83	100	81,67	100	23,67	100	24,83	100
5	68,17	76	65,33	80	20,83	88	22,00	89
10	64,00	71	63,67	78	19,83	84	21,83	88
25	64,83	72	68,83	84	16,83	71	17,83	72
KV %	15,31		13,21		13,12		14,05	
KBV 0,05	11,34		9,54		2,75		3,14	
0,01	18,08		15,20		4,38		5,00	

bewerkstellig en sodoende te verseker dat geen soute in die substraat ophoop nie. Die EG van die loog is van tyd tot tyd bepaal om verbrakking te monitor.

Afgesien van die waarnemings en kontrole oor die voedingsoplossing is geen ander bepalings gedurende die proefperiode uitgevoer nie.

Na verloop van 16 weke is plant- en substraatmonsters soos in Hoofstuk 2 beskryf, versamel. Die wortels is met gedeioniseerde water gewas om alle sandkorrels te verwyder. Die reste van die saailinge wat tydens die uitdunningsproses afgeknip is, is ook verwyder. Hierdie wortels is ondersoek vir enige simptome. Vervolgens is die wortels by 70°C gedroog waarna die aluminiuminhoud bepaal is. Aluminium is in die wortels, blare en substraat volgens die aluminon-metode (McLean, 1965) bepaal.

RESULTATE EN BESPREKING

Waarnemings gedurende die proefperiode

Saailinge van GS wat by pH 3 gekweek is, toon effense gevoude blare. Andersins is die blare donkergroen en die saailinge groeikragtig. Geen sigbare simptome is by pH 5 waargeneem nie. Aluminiumbehandelings het geen simptome op die loof getoon nie. Die donkergroen kleur kan moontlik simptomaties van Al-toksisiteit wees (Robinson, 1983), maar dit was nie spesifiek net op die aluminumbehandelings van toepassing nie. Sekere plante toon egter eers by baie hoë Al-konsentrasies enige spesifieke simptome. Raaigras het eers by 'n toediening van 500 mg Al dm^{-3} blaarsimptome getoon (Ray & Robinson, 1984). Troyer citrange saailinge vertoon groen en lewendig by alle behandelings. Alhoewel wortelmisvorming 'n algemene simptoom van aluminiumvergiftiging is (Robinson, 1983) kon geen afwykings by enige van die behandelings gevind word nie.

Opbrengs

In Tabel 3.2.2 word die vegetatiewe loofproduksie van GS en TC in g per boom en as 'n persentasie van die hoogste opbrengs, aangegee.

By GS word 'n betekenisvolle afname reeds by 5 mg Al dm^{-3} gevind. Bokant die konsentrasie is daar geen verdere afname nie. Die gemiddelde afname met 5 mg Al dm^{-3} is 21 g of 24% vir GS. Uit die vergelyking

wat die verband tussen Al in die voedingsoplossing (Al_o) en opbrengs beskryf (Tabel 3.2.5), word bereken dat 'n afname van 10% in produksie by 'n konsentrasie van 0,5 mg Al dm^{-3} by pH 3 en 0,8 mg Al by pH 5 verkry word. Die inhibisie van opbrengs deur Al vind ook by gort en koring by baie lae konsentrasies Al_o plaas. Kinraide, Arnold & Baligar (1985) vind 'n 90% afname in wortelgroei by 0,009 mg Al dm^{-3}. Sheppard & Floate (1984) vind dat 0,9 mg Al dm^{-3} geen effek op wortelgroei het nie maar dat 1,8 mg Al dm^{-3} dit feitlik heeltemal onderdruk. Liebig (1942) het bevind dat 'n Al_o van 0,1 mg dm^{-3} loofgroei van lemoensaailinge onderdruk. Pratt (1966) stel vir sitrus Al_o-vlak op 0,1 tot 5,0 mg Al dm^{-3} afhangende van omgewingsfaktore. Dié bevindings beklemtoon die nadelige uitwerking van Al (selfs by baie lae konsentrasies) op vegetatiewe groei.

By dieselfde Al_o-vlak word opbrengs meer benadeel by pH 3 as by pH 5. So lewer 5 mg Al dm^{-3} 76% opbrengs by pH 3, maar 80% by pH 5 in die geval van GS. Kinraide et al. (1985) vind ook dat die effek van Al_o afneem sodra die pH van die oplossing toeneem. Hierdie afname in toksisiteit met toename in pH kan ook die gevolg wees van die konsentrasie van die H^+-ioon, wat in groter konsentrasie by pH 3 as pH 5 teenwoordig is asook presipitasie van die Al.

Anders as GS- toon TC-saailinge 'n geleidelike afname in produksie soos Al_o toeneem (Tabel 3.2.2) alhoewel dit eers betekenisvol by Al_o = 25 mg dm^{-3} is. Sulke verskille in weerstandbiedendheid kom ook in ander plantspesies voor (Lee & Pritchard, 1984). Hierdie verskille kan aan 'n aantal meganismes, onder andere die stikstofmetabolisme, toegeskryf word (Foy & Flemming, 1982). Nogtans word 'n betekenisvolle afname van 12% by pH 3 en 5 mg Al dm^{-3} aangetoon. By pH 5 word ook 'n geleidelike afname gekry, maar dit is eers betekenisvol by meer as 10 mg Al dm^{-3}. Tabel 3.2.2 beklemtoon die feit dat selfs 'n lae konsentrasie aluminium produksie onderdruk. Uit die verband tussen Al en opbrengs (Tabel 3.2.5) sal 'n afname van 10% in produksie deur 1,0 mg Al by pH 3 en 3,0 mg Al dm^{-3} by pH 5 veroorsaak word. Soos by GS is minder Al by 'n lae pH nodig om dieselfde afname in produksie as by 'n hoër pH (pH 3 teenoor pH 5) te weeg te bring.

Die wortelmassas het geen statisties betekenisvolle verskille getoon nie alhoewel die kontrole (0 mg Al dm^{-3}) effens hoër gemiddelde opbrengste gelewer het. As gevolg van die swak reaksie op die

Tabel 3.2.3 Die invloed van die konsentrasie aluminium in die voedingsoplossing (Al_o mg dm^{-3}) op die aluminiuminhoud van die blare (mg kg^{-1}) van growweskilsuurlemoen- en Troyer citrange -saailinge by twee pH-vlakke van die voedingsoplossing.

Al_o	Growweskil		Troyer citrange	
	pH 3	pH 5	pH 3	pH 5
0	16,67	15,33	14,67	14,00
5	41,33	50,00	85,33	130,33
10	75,33	90,33	125,33	294,67
25	140,33	120,33	215,33	440,33
KV	14,23	14,35	10,97	10,48
KBV 0,05	13,21	13,43	16,40	31,27
0,01	24,64	25,05	30,58	58,31

Tabel 3.2.4 Die invloed van die aluminiumkonsentrasie in die voedingsoplossing (Al_o mg dm^{-3}) by twee pH-vlakke op die aluminiuminhoud van die substraat, (mg Al dm^{-3}) na afloop van die proef.

Al	Growweskil		Troyer citrange	
	pH 3	pH 5	pH 3	pH 5
0	2,67	1,67	2,57	2,07
5	18,33	18,33	31,33	11,67
10	35,67	20,33	48,33	37,33
25	42,33	30,67	56,33	48,33
KV	20,33	21,33	19,07	23,09
KBV 0,05	6,83	5,14	9,03	7,83
0,01	12,73	9,58	16,84	14,61

behandelings word die resultate nie hier aangegee nie. Die gebrek aan statistiese verskille kan onder andere aan die hoë koëffisiënt van variasie asook die lae totale massa opbrengs toegeskryf word. Die droë massa-opbrengs van behandeling 1 was gemiddeld 6,50 g per plant en die vir behandeling 5 slegs 2,0 g per plant.

Blaarsamestelling

In Tabel 3.2.3 word die aluminiuminhoud van die blare (Al_b) van GS en TC aangegee. Goeie verwantskappe heers tussen Al_b en Al_o (Tabel 3.2.5) en Al_b kan dus as 'n maatstaf gebruik word om die Al_o te beskryf. By pH 3 en Al_o van 5 mg dm^{-3} bevat die blare van TC meer aluminium as die van GS. Die verskynsel geld ook vir die ander Al_o- vlakke. TC translokeer dus meer aluminium na die loof. In meeste gevalle sal Al_o nie noodwendig net uit die Al in die water en voedingsoplossing bestaan nie, maar kan ook opgeloste aluminium vanaf die substraat insluit. Blaarontledings kan dus gebruik word om die aluminiumstatus in die wortelomgewing te evalueer. Wagatsuma (1984) vind ook 'n goeie verband tussen die aluminiuminhoud van die loof en die van die voedingsoplossing. Hy skryf die verskil in die helling van die regressielyne toe aan verskille tussen spesies ten opsigte van aluminiumtranslokasie. By baie hoë konsentrasies van Al_o neem AL_b vinnig toe. Bokwiet toon aanvanklik lae AL_b totdat 'n sekere maksimum aluminiumkonsentrasie in die wortels oorskry word. Translokasie van Al na die loof word blykbaar gereguleer deur die epidermis, hipodermis en endodermis langs die protoxileem. Sodra die regulatoriese funksie deur hoë Al_o verbreek word, word abnormaal groot hoeveelhede aluminium na die loof vervoer (Wagatsuma, 1984). Indien die meganisme ook by sitrus aangetref word, moet blaarontledings egter met omsigtigheid hanteer word. 'n Lae Al_b beteken dan onder andere dat die regulatoriese funksie nog behoue is, maar nie noodwendig dat die Al_o nie te hoog is nie.

Volgens Tabel 3.2.5 is opbrengs goed met Al_b gekorreleer (r^2 = 0,66 tot 0,93). 'n Afname van 10% in opbrengs is verwant aan 'n Al_b vlak van 27 mg kg^{-1} by pH 3 en 30 by pH 5 vir GS, 40 by pH 3 en 100 by pH 5 vir TC. Liebig (1942) vind 28 mg Al kg^{-1} in die blare van gesonde plante maar 22 mg Al kg^{-1} in blare van plante waarvan die opbrengs deur aluminium onderdruk is. Dit maak Al_b dus 'n swak

Tabel 3.2.5 Die omvang van verwantskappe tussen verskeie parameters wat die invloed van die aluminiumkonsentrasie in die voedingsoplossing op vegetatiewe produksie van GS- en TC-saailinge weerspieël.

r^2	Vergelyking van die Verwantskap	Cultivar	pH
0,96	Opbrengs = 85,36 $Al_o^{-0,06}$	GS	3
0,74	= 89,07 $Al_o^{-0,04}$	GS	5
0,83	= 90,50 $Al_o^{-0,05}$	TC	3
0,96	= 92,93 $Al_o^{-0,03}$	TC	5
0,84	Al_s = 3,93 + 0,31 Al_b	GS	3
0,91	Al_s = 0,68 + 0,25 Al_b	GS	5
0,90	Al_s = 6,64 + 0,26 Al_b	TC	3
0,98	Al_s = 0,49 + 0,11 Al_b	TC	5
0,99	Al_b = 18,71 + 4,94 Al_o	GS	3
0,88	Al_b = 28,58 + 4,01 Al_o	GS	5
0,95	Al_b = 32,19 + 7,69 Al_o	TC	3
0,92	Al_b = 52,97 + 16,46 Al_o	TC	5
0,79	Al_o = 10,12 + 1,46 Al_s	GS	3
0,84	Al_o = 7,57 + 1,02 Al_s	GS	5
0,75	Al_o = 16,26 + 1,84 Al_s	TC	3
0,85	Al_o = 6,92 + 1,80 Al_s	TC	5
0,98	Opbrengs = 114,32 $Al_s^{-0,16}$	GS	3
0,79	= 104,38 $Al_s^{-0,10}$	GS	5
0,75	= 116,94 $Al_s^{-0,10}$	TC	3
0,86	= 105,60 $Al_s^{-0,05}$	TC	5
0,80	Al_b = 148,06 Opbrengs	GS	3
0,66	Al_b = 126,55 Opbrengs	GS	5
0,85	Al_b = 130.30 Opbrengs	TC	3
0,93	Al_b = 114,56 Opbrengs	TC	5

Al_o = Aluminium in voedingsoplossing mg dm^{-3}

Al_s = Aluminium in substraat mg dm^{-3}

Al_b = Aluminium in blare mg kg^{-1}

Opbrengs in g per boom

Vir betekenisvolheid sien Tabelle 3.2.2 tot 3.2.4.

parameter. Die feit dat Al die meeste skade aan die wortels aanrig (Wagatsuma, Kaneko, Hayasaka, 1987) en dat translokasie na die loof swak is, plaas blaarontleding as diagnostiese metode onder verdenking. Die resultate van hierdie eksperiment bewys egter die teendeel naamlik dat Al_b wel as maatstaf bruikbaar is mits ander faktore soos pH ook in aanmerking geneem word. Hoe laer die pH van die voedingsoplossing hoe laer is die plafonwaarde van Al_o. Dit sluit aan by Ray & Robinson (1984) se gevolgtrekking dat die opname van Al ook deur die pH van die voedingsoplossing beïnvloed word. Ten einde Al_b-waardes reg te vertolk, moet die toestande in die substraat soos die pH en die aluminiumvlak ook in aanmerking geneem word.

Substraatontledings

Tabel 3.2.4 toon dat oplosbare aluminium in die substraat wat geen aluminiumtoedienings ontvang het nie, teenwoordig was. Hierdie 1,67 (pH 5) en 2,67 (pH 3) mg Al dm^{-3} substraat van GS is heel waarskynlik afkomstig vanaf die substraat self. Alhoewel die pH van die voedingsoplossings 3 en 5 onderskeidelik was, bevat dit geen aluminium nie. By sulke lae pH's sal aluminium in die substraat (Al_s) egter oplos en vir opname beskikbaar wees. Dit beklemtoon net weer die sekondêre effek van 'n te lae pH. In dié geval was die substraat gewaste silikasand wat baie minder aluminium behoort te bevat as byvoorbeeld substrate wat ook kleiminerale insluit. Die pH van die substrate (pH_s) het geen verskil tussen behandelings getoon nie. Die pH_s het ook nie die lae vlak van 3 en 5 onderskeidelik soos die van die voedingsoplossing bereik nie. By die pH 3 behandeling was die gemiddelde pH 4,2 en by pH 5 - 5,4.

Goeie korrelasies is tussen Al_o, Al_s, Al_b en opbrengs gevind (Tabel 3.2.5). Uit die vergelykings van die verband tussen opbrengs en Al_s is gevind dat 'n afname van 10% in opbrengs van GS deur 6 mg Al dm^{-3} substraat te weeg gebring word. Die pH van die voedingsoplossing het geen invloed gehad nie en die Al_s-vlak was dieselfde by pH 3 en 5. Vir TC is 'n afname van 10% in opbrengs deur 14 en 15 mg Al dm^{-3} by pH 3 en 5 respektiewelik teweeggebring. Volgens Du Plessis & Koen (1986) is 30 mg Al kg^{-1} grond die plafonwaarde vir sitrusproduksie van kommersiële boorde. Indien die brutodigtheid van

grond op 1,6 geneem word is 30 mg Al kg^{-1} gelyk aan ongeveer 19 mg Al dm^{-3} wat goed vergelyk met die Al_s-waardes vir TC, maar veel hoër is as dié vir GS.

WORTELONTLEDINGS

Die aluminiuminhoud van die wortels (Al_w) van beide GS en TC het geen verband met opbrengs of Al_b of Al_o getoon nie. Die Al_w-waardes was besonder hoog (meer as 500 mg Al kg^{-1}) en kan aan kontaminasie van die wortelmateriaal toegeskryf word, veral indien aluminiumkomplekse op die wortels neergeslaan het soos Clarkson (1967) en McCormick & Borden (1974) gevind het. Dit was nie moontlik om met dié metodes tussen geabsorbeerde en gepresipiteerde aluminium te onderskei nie en gevolglik word die data nie hier aangebied nie maar is beskikbaar.

GEVOLGTREKKING

Simptome van aluminiumtoksisiteit kon nie op die blare of wortels van GS en TC waargeneem word nie. Effens gevoude, donkergroen blare is wel by pH 3 waargeneem maar dit het nie die aluminiumbehandelings weerspieël nie. Geen verwronge of verdikte-verkorte wortels is selfs by die hoogste aluminiumtoediening (25 mg Al dm^{-3} voedingsoplossing) waargeneem nie.

Loofopbrengs van beide GS en TC is deur aluminium in die voedingsoplossing (Al_o) verlaag. 'n Konsentrasie so laag as 0,5 mg Al_o dm^{-3} by pH 3 het 'n afname van 10% in vegetatiewe produksie van GS veroorsaak. Dié resultaat toon dat GS baie gevoelig vir aluminiumtoksisiteite is. 'n Hoër pH (pH 5) verminder die toksisiteit van Al en 0,8 mg Al_o dm^{-3} sal 'n afname van 10% in vegetatiewe opbrengs van GS veroorsaak. Lae pH's in die voedingsoplossing en substraat moet dus vermy word. Lae pH sal nie net die konsentrasie van Al^{3+} (McLean, 1976), maar ook die van H^+ (Smith, 1971), verhoog. Die gekombineerde effek is kumulatief en verlaag produksie meer as enige van die twee afsonderlik. Troyer citrange toon dieselfde tendens maar 'n afname van 12% in vegetatiewe produksie word eers by 5 en 10 mg Al_o dm^{-3} by pH 3 en 5 respektiewelik ondervind.

Volgens die literatuur sal aluminiumtoksisiteite hoofsaaklik die wortels beskadig en meestal daar ophoop en word die aluminiuminhoud van die blare (Al_b) nie as 'n goeie diagnostiese metode beskou nie. In die studie is egter 'n goeie korrelasie tussen Al_b en opbrengs gevind. Vir GS word 'n afname van 10% geassosieer met 'n Al_b van 30 mg kg^{-1}. Die pH van die voedingsoplossing speel ook 'n rol in die grootte van die plafonwaarde. Gevolglik is dit nodig dat die pH van die voedingsoplossing of die substraat ook in aanmerking geneem word. Vir TC word die plafonwaarde op 40 mg Al_b kg^{-1} gestel. Cultivarverskille kompliseer die vertolking van blaarontledingsdata verder.

Met 'n afname van 10% in opbrengs van GS as maatstaf is die plafonwaarde vir aluminium in die substraat (Al_s) 6 mg dm^{-3}. Vir TC is die plafonwaarde 15 mg Al_s dm^{-3}. Die pH van die voedingsoplossing of die substraat het egter geen invloed op dié plafonwaardes nie.

Die aluminiuminhoud van die wortels het nie enige bydrae tot die diagnose van aluminiumtoksisiteit van sitrussaailinge gelewer nie.

Opsommend kan afgelei word dat die aluminiumkonsentrasie van die voedingsoplossing minder as 1 mg dm^{-3}, die van die blare van GS minder as 30 mg kg^{-1} en die van die substraat minder as 6 mg dm^{-3} moet wees. Vir TC is die waardes 10 mg dm^{-3}, 40 mg kg^{-1} en 15 mg dm^{-3} respektiewelik. Die plafonwaardes vir Al_s en Al_o kan nog laer wees indien die pH van die substraat kleiner as 5,0 is. Hoe laer die pH, hoe gevoeliger is die sitrussaailinge vir aluminium.

HOOFSTUK 4

BEKALKING VAN SUBSTRATE

Vars, ongekomposteerde bas het 'n pH van 3,0 tot 5,0 in 'n waterekstrak. Gedurende kompostering kan die pH tot so hoog as 6,3 styg (Worrall, 1978). Nogtans word algemeen aanbeveel (o.a. Pokorny, 1979) dat vier tot ses kg kalk m^{-3} tydens kompostering toegedien moet word. 'n Ander belangrike komponent van substrate vir sitruskwekerye in RSA is sand of sanderige grond. Die pH hiervan kan bykans enigiets wees. In Hoofstuk 3.2 is die remmende invloed van opgeloste aluminium op die vegetatiewe opbrengs van GS en TC bewys. Opgeloste aluminium is die gevolg van 'n suuromgewing waarin klei-minerale teenwoordig is. Grond-pH is sterk verwant aan die teenwoordigheid van oplosbare aluminium. Thomas & Hargrove (1984) vind dat bokant 'n pH van 5,5 feitlik geen oplosbare aluminium aangetref word nie. Aluminium begin oplos onderkant 'n pH van 5,0 en by 'n pH van 4,5 of minder kan Al^{3+} 20 tot 70% van die uitruilkompleks beslaan. Alhoewel substrate vir sitruskwekerye meestal geen grond bevat nie, kan kleiminerale/grond as kontaminant voorkom. Smith (1971) het ook bewys dat sitrussaailinge gevoelig is vir H^+. Hoë konsentrasies aluminium of H^+ kan geneutraliseer word deur bekalking. Versuring van die substraat na versakking en tydens die kweekperiode kan voorkom en die omvang hang onder andere af van die kwaliteit van die besproeiingswater, bemesting (Bunt, 1976a) en die tipe substraat. Die plaaslike sitruskwekerybedryf het met ten minste drie veranderlikes wat pH beïnvloed, te kampe, naamlik 'n wye verskeidenheid substrate, soms unieke bemestingsprogramme en die groot verskeidenheid tipes water wat gebruik word. Bekalking kan dus nie veralgemeen word nie. Oorbekalking is ook 'n wesentlike probleem en veral mikro-elementvoeding word daardeur benadeel. Selfs in veen, waar chelerende verbindings teenwoordig is, sal oorbekalking opname van mikroelemente onderdruk (Haber, 1975). Waar bekalking dus nodig is, is dit noodsaaklik dat die regte massa toegedien word. Metodes om die kalkbehoefte van substrate te bepaal is dus nodig.

Tabel 4.1.1 Enkele eienskappe van die substrate waarvan die kalkbehoefte met die kalsiumhidroksiedmetode geëvalueer is.

Eienskap	Substraatnommer				
	4	5	6	25	44
Samestelling	S*	B*	B	B/S	B/S
Waterhouvermoë (cm^3 dm^{-3})	91	267	198	148	229
Gloeiverlies (%)	0,1	41,5	84,0	18,5	23,9
pH (1:1,5-suspensie)	5,0	5,3	4,7	4,2	5,2
Totale porieruimtes (%)	53,7	37,2	60,7	59,8	49,6
Deeltjiegroottes (%)					
Kleiner as 106 mikron	0,0	7,0	1,8	0,2	2,4
106 - 250 mikron	0,0	16,8	2,9	0,3	7,8
250 - 500 mikron	0,1	43,0	3,8	0,5	24,6
500 - 1000 mikron	2,5	29,9	8,0	2,6	39,7
1000 - 2000 mikron	92,7	3,3	48,6	82,8	24,6
2000 - 4750 mikron	4,8	0,0	35,1	10,7	0,4
Groter as 4750 mikron	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0

*Gekomposteerde dennebas = B

*Silikasand = S

4.1 KALKBEHOEFTEBEPALING VAN SUBSTRATE

Volgens McLean (1982) kan die metodes vir kalkbehoeftebepalings in drie groepe verdeel word, naamlik inkubasie, titrasie en bufferewewigte. Die inkubasietegnieke word ook vir substrate gebruik (Handreck & Black, 1984).

Hierdie ondersoek is uitgevoer om die kalsiumhidroksiedmetode ('n titrasie-tegniek) te beproef en ook bekalking van substrate voor versakking te ondersoek.

MATERIAAL EN METODES

Vyf substrate (Tabel 4.1.1) is geleidelik oor 'n periode van 30 dae met 2M HCl versuur om 'n pH van tussen 4 en 5 te bereik. Daarna is die substrate met gedistilleerde water gewas totdat die elektriese geleiding van die loog ongeveer 100 mS m^{-1} was. Vervolgens is die substrate by kamertemperatuur lugdroog gemaak.

Waterhouvermoë

Die metode van Sonneveld et al. (1974) is gebruik, maar die lengte van die substraatkolom was tussen 240 en 250 mm. Die substrate is oor 'n periode van 48 uur met water versadig, waarna dit toegelaat is om vrylik te dreineer. Die volume water in die substraat is bepaal en aangedui as die waterhouvermoë (WHV) in cm^3 dm^{-3}.

Gloeiverlies

Twee gram oonddroë (70°C) substraat is vir 16 uur by 800° C veras. Die verlies in massa word aangedui as gloeiverlies.

Kalkbehoefte

By 100 cm^3 substraat (afgemeet volgens die metode van Sonneveld et al., 1974), is 0, 100, 200, 300 cm^3 van 'n versadigde kalsium-hidroksiedoplossing (0,0302N) plus 300, 200, 100 en 0 cm^3 gedistilleerde water in reagensbottels in drievoud gevoeg. Die substraat-suspensie is vir 10 minute teen 180 stote per minuut geskud. Na kontakperiodes van een, twee, ses, 24, 72 en 96 uur is die suspensies vir 10 minute geskud waarna die pH bepaal is. Die massa kalsium-

Tabel 4.1.2 pH-waardes van vyf substrate nadat dit vir ses verskillende kontaktye met vier volumes kalsiumhidroksiedoplossing (0,0302N) in suspensie verkeer het

Sub-straat	*	Kontaktyd in ure 1	2	6	24	72	96	KBV 0,05	KV (%)
4	0	5,47	5,27	5,33	5,27	5,27	5,30	NB	4,6
	100	11,57	11,27	11,63	11,27	11,13	11,23	NB	4,0
	200	11,87	11,77	11,87	11,53	11,37	11,47	NB	3,6
	300	12,13	11,87	12,07	11,77	11,47	11,47	NB	3,5
5	0	5,57	5,63	5,60	5,47	5,47	5,57	NB	6,5
	100	7,07	6,87	6,63	6,13	6,27	6,27	0,21	5,1
	200	9,37	8,47	7,57	7,43	6,77	6,67	0,22	4,7
	300	10,37	9,57	8,17	8,03	6,97	6,97	0,22	4,3
6	0	4,57	4,77	4,87	4,57	4,57	4,60	NB	5,7
	100	9,53	8,23	7,63	5,97	5,53	5,53	0,22	6,5
	200	10,57	9,63	8,77	6,93	6,13	6,10	0,22	4,5
	300	11,03	10,10	9,233	7,47	6,53	6,57	0,24	4,6
25	0	4,07	4,10	4,13	4,03	4,03	4,12	NB	6,9
	100	10,63	10,07	9,07	7,53	6,17	6,17	0,27	5,3
	200	11,47	10,77	10,07	9,47	8,67	8,77	0,28	4,5
	300	11,67	11,07	10,47	10,23	9,23	9,23	0,27	4,2
44	0	5,37	5,63	5,23	5,33	5,20	5,37	NB	6,7
	100	7,60	7,27	7,00	6,07	5,93	6,00	0,22	5,2
	200	9,67	9,43	8,47	7,10	6,73	6,80	0,23	4,7
	300	10,73	9,97	9,20	7,87	7,60	7,63	0,34	6,1

NB = Nie betekenisvol by P = 0,05 nie.

* = cm^3 kalsiumhidroksied 100 cm^{-3} substraat.

hidroksied wat nodig is om die pH van die substrate tot pH 6,5 te verhoog, na verloop van 96 uur, is dan uit die neutralisasiekromme bereken (kyk ook na Hoofstuk 3.2).

Evaluasie van kalkmateriaal

Drie kalkmateriale naamlik kalsiumhidroksied, dolomitiese kalk en kalsitiese kalk is volgens die harsmetode van Fölscher & Bornman (1985) geëvalueer. Met die metode word die relatiewe neutralisasievermoë (RN) van die kalkmateriale as % van suiwer kalsiumkarbonaat uitgedruk. Op grond van die evaluasie deur die harsmetode is die massas dolomitiese en kalsitiese kalk wat nodig is vir die bekalking van die vyf substrate, uit die gemiddeld van drie herhalings, bereken.

Bekalking voor versakking

Bekalking voordat die substrate in sakke geplaas word, geskied in die praktyk deur vermenging van die kalkpoeier met die substraat. Die benodigde massas kalsitiese kalk, dolomitiese kalk en kalsiumhidroksied is uit Tabel 4.1.4 bereken en met 1000 cm^3 klam substraat gemeng. (Die vyf substrate is vooraf tot 50% van hul waterhouvermoë benat). Na vermenging is die houers met kleefplastiek verseël en vir 96 uur gelaat waarna 300 cm^3 minus 50% WHV (water wat reeds in die substraat is), water by 100 cm^3 substraat gevoeg is. Die suspensie is vir 10 minute geskud en die pH is na 30 minute bepaal. Hierdie bepaling is in drievoud vir elke substraat herhaal.

Die resultate is statisties volgens die Student-Newmann-Keulsmetode (Van Ark, 1981) vir variansie-analise uitgevoer. Die passing van waterhouvermoë en gloeiverlies op pH is op die liniêre-, mags-, kwadratiese- en eksponensiële-metode (Anon., 1982) uitgevoer.

RESULTATE EN BESPREKING

Kalkbehoefte-bepaling

Tabel 4.1.2 bevat die pH-waardes van die substraat-kalsiumhidroksied-suspensies, met toenemende volumes 0,0302N $Ca(OH)_2$ en verskillende tye van kontak.

Na 'n kontakperiode van een uur neem die pH van die suspensies toe soos die volume $Ca(OH)_2$-oplossing toeneem. Die omvang van die toename verskil egter tussen die substrate. Substraat 4 toon 'n styging tot

Tabel 4.1.3 Die verwantskappe tussen die waterhouvermoë of gloeiverlies van substrate met die waargenome pH-waardes waar 300 cm^3 $Ca(OH)_2$-oplossing by 100 cm^{-3} substraat gevoeg is.

Verband tussen	r^2	Vergelyking
Waterhouvermoë en afname in		
pH na 96 uur	0,7935	$y = 0,005x^{-1,649}$
pH na 1 uur	0,9865	$y = 13,0747x^{-0,01002}$
Gloeiverlies en afname in		
pH na 96 uur	0,9951	$y = 1,1626x^{0,2921}$
pH na 1 uur	0,5757	$y = 11,6449x^{-0,018}$
waterhouvermoë	0,7709	$y = 125,4311x^{0,139}$

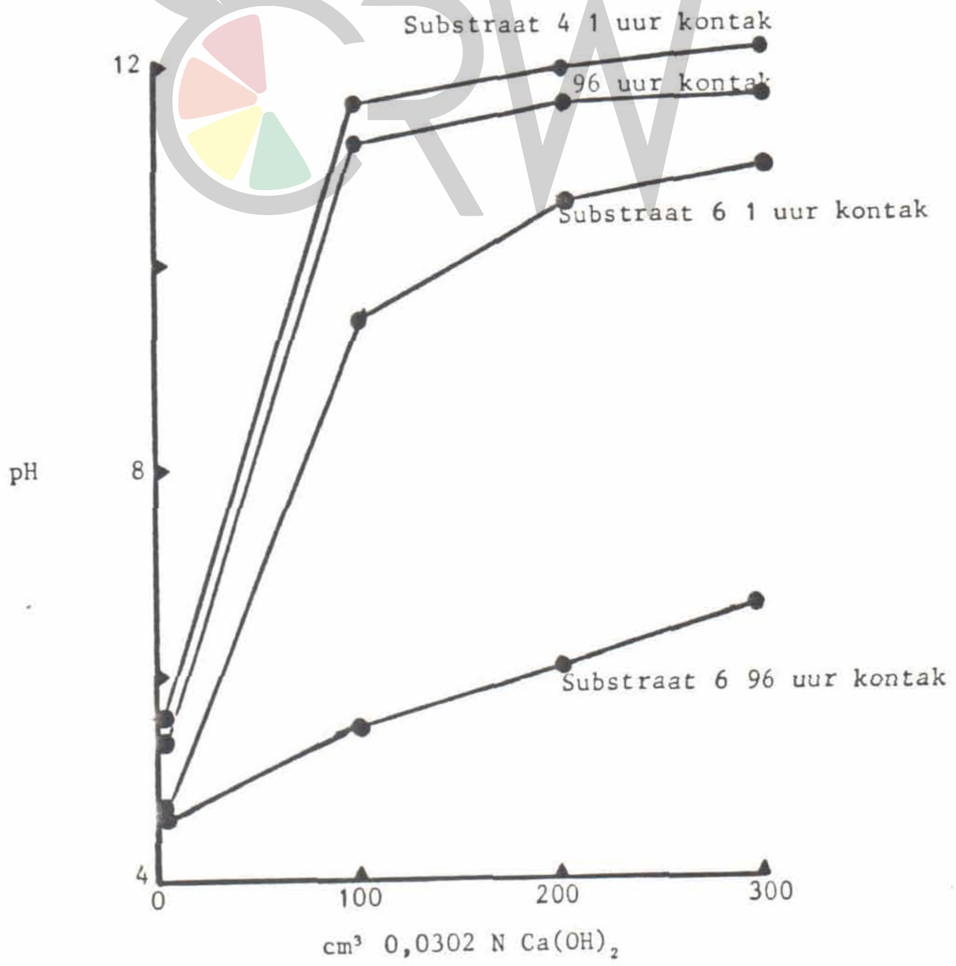
Tabel 4.1.4 Vergelykende gegewens van die drie kalkmateriale wat gebruik is om die pH van die substrate te neutraliseer.

Samestelling		Soort kalk		
		Dolomiet	Kalsiet	Kalsium-hidroksied
Kalsium	%	19,22	28,16	71,35
Magnesium	%	12,74	1,72	0,02
R N*	%	85,40	92,14	127,20

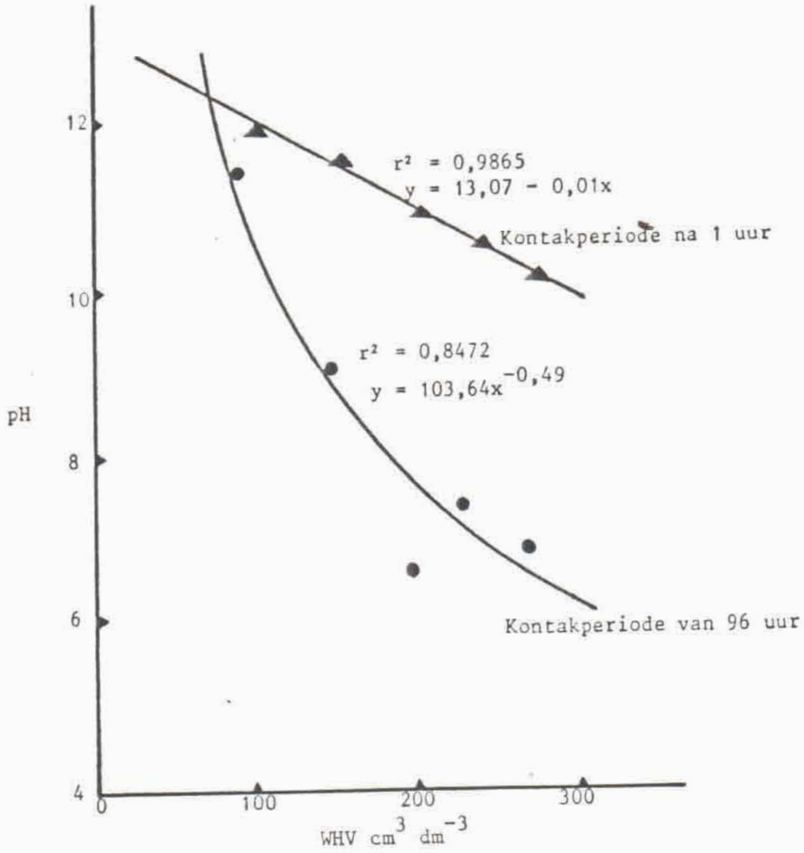
*Relatiewe neutralisasievermoë volgens die harsmetode van Fölscher & Bornman, (1985).

pH 11,6 en substraat 5 tot slegs 7,1 met die byvoeging van 100 cm^3 $Ca(OH)_2$-oplossing. Namate die kontaktyd toeneem, neem die pH van die suspensies weer af en stabiliseer na 72 tot 96 uur. Weer eens verskil die omvang van die afname tussen substrate.

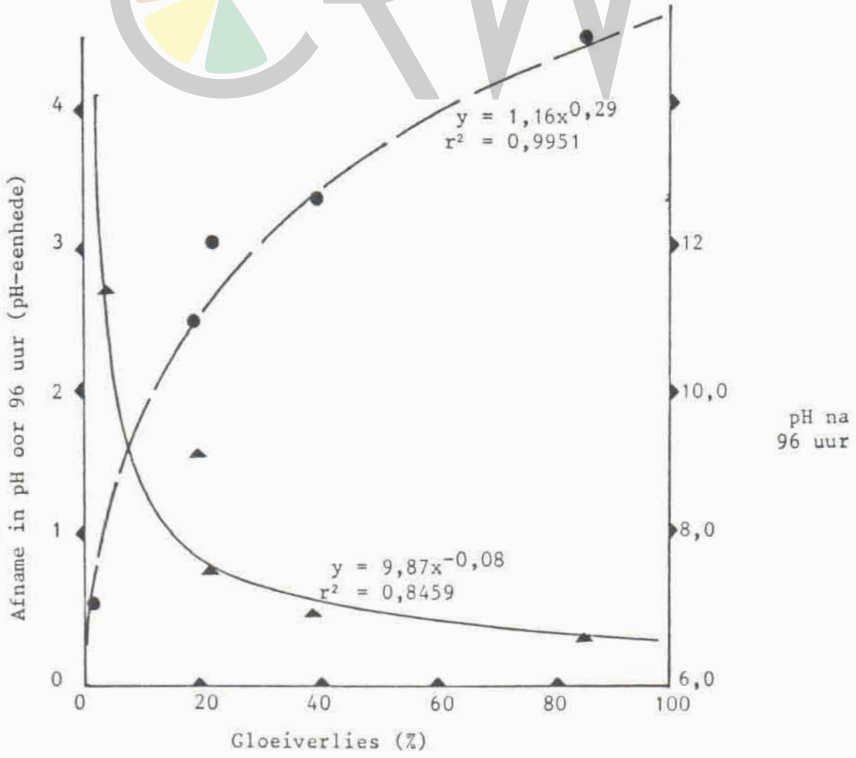
'n Kontaktyd van minstens 96 uur is dus nodig. Handreck & Black (1984) stel 'n inkubasietyd van drie weke vir bekalking in die praktyk voor, maar die substraat word dan slegs aangeklam en nie in 'n suspensie gehou nie. Williams, Peterson & Utzinger (1988) vind dat die neutraliseringsreaksie van dolomiet binne 14 dae onder kwekerytoestande volkome verloop het. *Figuur 4.1.1 toon die kontras in die reaksies van* substrate 4 en 6 nadat dit vir een en 96 uur in kontak met die $Ca(OH)_2$-oplossing was. Substraat 4, 'n silikasand, toon weinig verandering in pH met tyd. Substraat 6, 'n dennebas, toon egter 'n daling vanaf pH 11˙ (na een uur van kontak) tot pH 6,6 na 96 uur. Inherente substraateienskappe soos buffervermoë en waterhouvermoë (WHV) is klaarblyklik hier betrokke.



Figuur 4.1.1 Die invloed van toenemende volumes $Ca(OH)_2$-oplossing op die pH van substrate 4 en 6 oor periodes van een en 96 uur. (Verwys na Tabel 2.3.2 vir betekenisvolheid).



Figuur 4.1.2 Die verband tussen WHV en die pH van die substrate na een en 96 uur van kontak met $Ca(OH)_2$-oplossing.



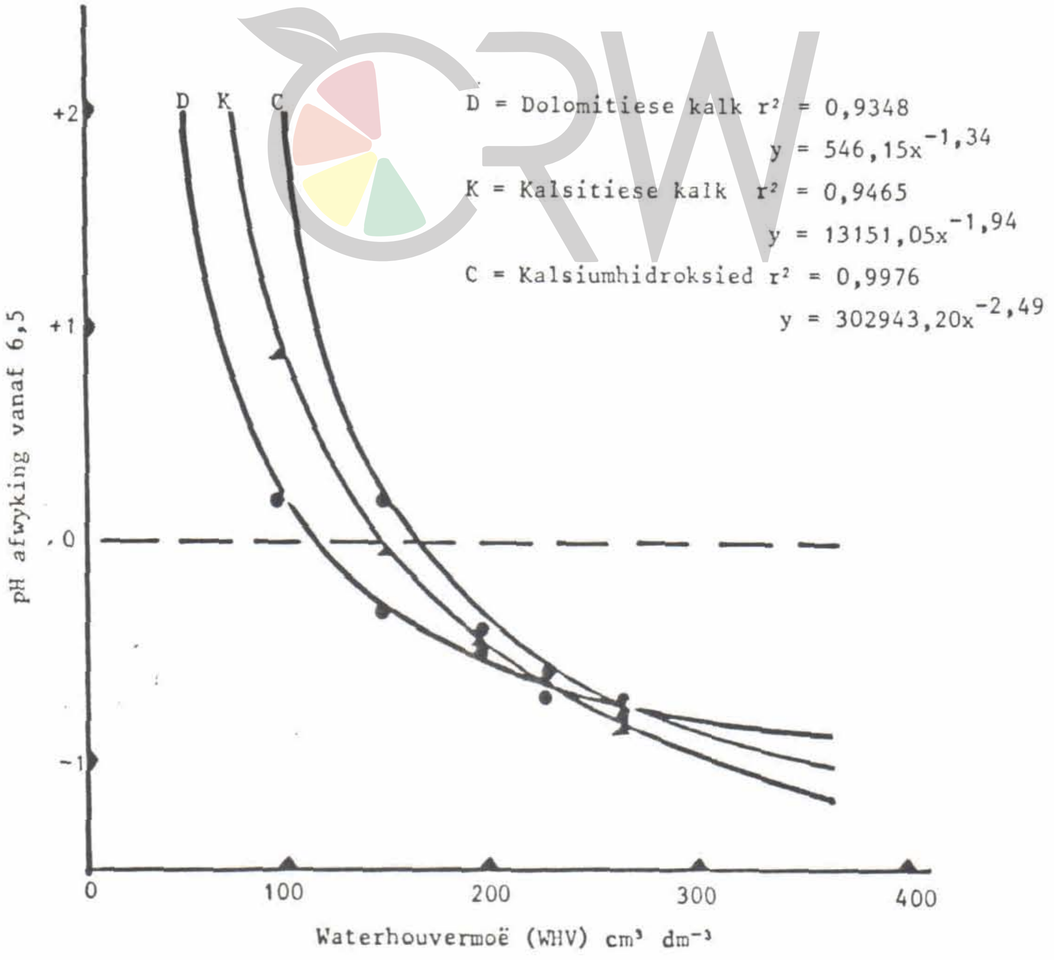
Figuur 4.1.3 Die verband tussen die pH na 96 uur (regterkantste y-as) en gloeiverlies (▲-▲) van die substrate, asook die verband tussen gloeiverlies en die afname in pH vanaf 1 na 96 uur in kontak met die kalsiumhidroksiedoplossing (●-●).

Volgens Tabel 4.1.3 is ten minste twee eienskapppe van die substraat by die reaksies wat die pH beïnvloed, betrokke. Die WHV van die substraat (Figuur 4.1.2) het 'n baie sterk invloed op die pH wat na een uur van kontak bereik word (r^2 = 0,9865). Volgens Figuur 4.1.2 sal substrate met 'n lae WHV die grootste styging in pH toon. Soos die WHV toeneem, neem die styging na een uur af. By substraat 4 was die pH verhoging na een uur van kontak en 300 cm^3 $Ca(OH)_2$-oplossing 6,6 pH-eenhede en by substraat 5, slegs 4,8 pH-eenhede. Die WHV van substraat 4 is 91 en die van substraat 5 267 cm^3 dm^{-3} (Tabel 4.1.1). In die loop van die volgende 96 uur van kontak word nog $Ca(OH)_2$ geneutraliseer. Tabel 4.1.2 toon dan ook dat die pH van substraat 6 byvoorbeeld, van 11,0 tot 6,6 daal (300 cm^3 $Ca(OH)_2$-oplossing en 96 uur kontak). Tabel 4.1.3 toon ook dat die afname in pH vanaf een uur na 96 uur van kontak (300 cm^3 $Ca(OH)_2$ bygevoeg) sterk verwant is aan die WHV van die substrate (r^2 = 0,7935). Hoe hoër die WHV, hoe meer neutralisasie vind plaas gedurende die 96 uur van kontak (Figuur 4.1.2). Hieruit is dit ook duidelik dat die kalkbehoeftebepaling ook die WHV van die substrate in ag moet neem. 'n Bepaling waar kleiner volumes $Ca(OH)_2$-oplossing gebruik is, sou meer korrekte waardes vir substraat 4 aangegee het as die hoër volumes wat vir substraat 6 gebruik moet word.

Die gloeiverlies van die substraat is die ander eienskap wat die neutralisasietempo van bygevoegde $Ca(OH)_2$-oplossing beïnvloed. Figuur 4.1.3 beskryf die verband. Hoe hoër die gloeiverlies van die substraat, hoe laer is die pH na 96 uur (0-0, Figuur 4.1.3). Die afname in die pH van een uur en 96 uur van kontak, is groter namate die gloeiverlies toeneem (0-0 Figuur 4.1.3). Gloeiverlies is 'n eienskap wat op die organiese fraksie van grond, veen en bas dui, wat weer 'n invloed op die waterhou-, buffer- en adsorpsievermoë het. Gloeiverlies kan dus 'n bruikbare evaluasiemetode wees. Vir sintetiese organiese substrate soos polisterene sal dit egter die buffervermoë nie so goed evalueer nie. By anorganiese substrate soos vermikuliet en sand sal die gloeiverlies ook nie die buffervermoë kan evalueer nie.

Tabel 4.1.5 Die gemete pH (b) en pH-afwyking (c) vanaf die verwagte pH nadat verskillende massas (a) dolomitiese-, kalsitiese kalk en kalsiumhidroksied by versuurde substrate gevoeg is om die pH tot 6,5 te verhoog.

Substraat nr	Dolomitiese kalk Massa (a)	pH (b)	Afwyking (c)	Kalsitiese kalk Massa (a)	pH (b)	Afwyking (c)	Kalsiumhidroksied Massa (a)	pH (b)	Afwyking (c)
4	350	6,70	+0,20	370	7,35	+0,85	240	9,30	+2,80
5	2230	5,80	-0,70	2400	5,70	-0,80	1540	5,75	-0,75
6	5760	6,05	-0,45	5100	6,05	-0,45	3290	6,10	-0,40
25	2240	6,20	-0,30	2380	6,45	-0,05	1540	6,70	+0,20
44	2940	5,80	-0,70	3140	5,90	-0,60	2030	5,90	-0,60



Figuur 4.1.4 Verwantskap tussen WHV en die verskil tussen die verwagte en gemete pH van die substrate wat met kalsiumhidroksied, kalsitiese kalk en dolomitiese kalk behandel is.

Bekalking voor versakking

Tabel 4.1.5 bevat die massas kalk, die gemete pH en die grootte van die afwyking van die gemete pH vanaf pH 6,5 vir die drie kalkmateriale wat gebruik is. Substraat 4 toon pH-waardes hoër as 6,5 vir al drie bekalkingsmateriale. Met dolomitiese kalk word 'n pH van 6,70, kalsitiese kalk 7,35 en kalsiumhidroksied 9,30, bereik. Die $Ca(OH)_2$-suspensiemetode oorskat dus die kalkbehoefte van substraat 4. Die oorskatting kan grootliks aan die metode van kalkbehoeftebepaling toegeskryf word. Indien kleiner volumes $Ca(OH)_2$ gebruik is, sou die oorskatting kleiner gewees het. Nogtans onderstreep dit die belangrike rol wat WHV in die bekalking van substrate speel. Die ander substrate toon almal laer pH-waardes as wat verwag is. Hier onderskat die metode weer die kalkbehoefte.

Indien die afwykings vanaf die verwagte pH teenoor die WHV van die substrate gestel word, vorm dit 'n definitiewe patroon (Figuur 4.1.4). Figuur 4.1.4 beklemtoon twee belangrike resultate. Eerstens dat substrate met 'n lae WHV maklik oorbekalk word. Hoe laer die WHV, hoe groter is die gevaar van oorbekalking. Die invloed van die WHV van substrate op die kalkbehoefte neem ook af soos die WHV toeneem. Substrate met WHV tussen 200 en 300 $cm^3\ dm^{-3}$ verskil nie veel in hul reaksies teenoor bekalking nie, maar wel dié met 'n WHV kleiner as 100 $cm^3\ dm^{-3}$. Tweedens is die oorskatting van die kalkbehoefte by substrate met 'n lae WHV groter, hoe hoër die RN (Tabel 4.1.4) van die kalk is. By kalsiumhidroksied (RN = 127,2%) was die gemete pH vir substraat 4 2,80 eenhede en vir dolomitiese kalk (RN = 85,4%) slegs 0,20 eenhede hoër as die verwagte pH-waarde. Kalsitiese kalk (RN = 92,14%) lê iewers tussen die twee met 'n oorskatting van 0,85 pH-eenhede. Bekalking van substrate met 'n WHV in die omgewing van 150 $cm^3\ dm^{-3}$, toon dat die kalkbehoeftebepaling met die $Ca(OH)_2$-suspensiemetode baie naby aan die verwagte waardes kom. Substraat 25 toon afwykings vanaf die verwagte pH van slegs -0,30 tot +0,20 pH eenhede vir al drie kalkmateriale.

Versigtigheid, wanneer substrate met lae WHV bekalk moet word, is dus belangrik. Deur die pH-mikpunt op die pH-$Ca(OH)_2$-suspensiegrafiek vir substrate met 'n WHV kleiner as 150 $cm^3\ dm^{-3}$ (Figuur 4.1.1), een tot 1,5 eenhede laer as 6,5 te neem, kan 'n meer akkurate

massa bekalkingsmateriaal bereken word. Soortgelyk kan die kalkbehoefte vir substrate met 'n WHV hoër as 150 cm^3 dm^{-3} beraam word deur die pH-mikpunt 0,5 tot 1,0 pH-eenhede hoër as mikpunt van pH 6,5 te stel. Bekalking van substrate met materiale met 'n lae RN-waarde (dolomitiese kalk en selfs kalsitiese kalk), het 'n laer risiko vir substrate met lae WHV's as die met 'n hoë RN-waarde (kalsiumhidroksied). Vir substrate met 'n WHV hoër as 150 cm^3 dm^{-3}, is die bron nie so belangrik nie. Williams et al. (1988) vind dat die alkaliniteit van die besproeiingswater die aanvanklike kalkbehoefte kan verminder. Die karbonate, bikarbonate en hidroksiede in die water neutraliseer die suur. Dit is egter 'n ope-vraag of dit raadsaam is om die pH geleidelik reg te stel eerder as om reg te begin. Nauer et al. (1968) vind ook dat die aanvanklike bekalkingsvlak 'n invloed op die pH van die loog en dus die substraat het. Bekalking is dus nie 'n enkelvoudige aspek nie, maar moet in geheel met die substraat, besproeiingswater en voedingsoplossing beskou word.

GEVOLGTREKKING

Sitrussaailinge is gevoelig vir te lae pH's en hoë konsentrasies H^+ in die wortelomgewing. Die suurtoestand is gewoonlik die gevolg van te suur substraatkomponente of as gevolg van versuring deur onder andere bemestingstowwe wat tydens die kweekproses toegedien word. Bekalking is dus nodig en aangesien oorbekalking ook 'n wesentlike probleem is, is 'n metode beproef om die kalkbehoefte van substrate te bepaal.

Die kalsiumhidroksiedsuspensie-metode is beproef en dit is gevind dat die pH van die substraat-suspensies aanvanklik (binne 1 uur) vinnig toeneem maar dat die pH van sommige substrate oor 'n periode van 96 uur tot meer as 4 pH-eenhede kan daal. Die gevolgtrekking is dus dat met die kalsiumhidroksied-suspensiemetode die kontaktyd ten minste 72 maar liefs 96 uur moet wees. Substrate soos silikasand met 'n lae WHV bereik gouer ewewig maar die met 'n hoë WHV soos dennebas bereik eers ewewig, na 72 uur. Indien dié suspensiemetode gebruik word om die kalkbehoefte van substrate te bepaal, toon substrate met 'n WHV van ongeveer 150 cm^3 dm^{-3} dat die metode effektief aangewend kan word. Indien die WHV egter meer as 150 cm^3 dm^{-3} is, onderskat die $Ca(OH)_2$-suspensiemetode die kalkbehoefte. Die omvang van die onderskatting neem toe soos die WHV toeneem. Hierdie afwyking kan oorkom word deur die pH-mikpunt 0,5 tot 1,0 eenhede hoër as die vereiste pH te

stel. Dit sal egter meer betroubaar wees indien verder ondersoek ingestel kan word na langer kontakperiodes. Aangesien die pH van substrate met 'n WHV hoër as 150 $cm^3\ dm^{-3}$ geleidelik oor 'n periode van 96 uur afneem, kan 'n langer kontakperiode dalk 'n meer akkurate kalkbehoefte aandui. Vir substrate met 'n WHV kleiner as 150 $cm^3\ dm^{-3}$ oorskat die suspensiemetode die kalkbehoefte. Kleiner volumes $Ca(OH)_2$ per 100 cm substraat kan die kalkbehoefte vir substrate met 'n lae WHV moontlik beter voorspel. Nog 'n aspek wat bygedra het tot die oor- en onderskatting van die kalkbehoefte was die relatiewe neutralisasievermoë (RN) van die kalkmateriale. Hoe hoër die RN-waardes vir 'n kalkmateriaal hoe groter was die oorskatting en andersom. Hierdie aspek verg ook verdere aandag.

'n Ander eienskap wat ook die kalkbehoefte van die substrate beïnvloed het is die gloeiverlies van die substrate. Hoe kleiner die gloeiverlies hoe kleiner was die verandering in pH van die substraat - $Ca(OH)_2$)-suspensie oor die 96 uur van kontak.

4.2 BEKALKING VAN SUBSTRATE IN SITRUSKWEKERYE NA VERSAKKING

Sitrusboompies moet tot 24 maande in dieselfde houers groei voordat dit in die boord oorgeplant word. Tydens dié periode kan versuring, hoofsaaklik as gevolg van die nitraatammoniumverhouding (Bunt, 1976a) plaasvind. Nauer et al, (1968) toon dan ook dat die tipe voedingsoplossing die pH kan laat styg van 5,9 tot 7,8 of laat daal na 6,4; 5,9 en 4,4 na verloop van vyf, sewe of elf maande. Die kwaliteit en samestelling van die besproeiingswater het ook 'n invloed op die omvang van die versuring van substrate gedurende die kweekproses. Penningsfeld (1978) toon dan ook dat voortdurende besproeiing met karbonaatryke water die pH van veen bykans drie pH-eenhede laat toeneem. Versuring as gevolg van nitrifikasie kom ook in houerkulture voor. Meganismes wat versuring tydens die kweekperiode veroorsaak, moet deur bekalking na versakking reggestel kan word want Smith (1971) vind dat die konsentrasie van H^{+}-ioon onderkant pH 5, wortelgroei en loofproduksie rem. Du Plessis & Koen (1986) vind verder dat 'n toename in vrugopbrengs van sitrusbome in sandgrond voorkom indien die pH van 4,4 tot 6,1 verhoog word. Oorbekalking kan egter eweneens probleme skep (Haber, 1975). Wanneer die substrate na versakking versuur het, is bekalking op die oppervlak, die enigste manier om kalk toe te dien.

Hierdie ondersoek is uitgevoer om die beweging van kalk deur die substraat te ondersoek.

MATERIAAL EN METODES

Vyf substrate (Tabel 4.1.1) is geleidelik oor 'n periode van 30 dae met 2 g mol dm^{-3} HCl versuur totdat 'n pH van tussen 4 en 5 bereik is. Daarna is die substrate met gedistilleerde water gewas totdat die elektriese geleiding van die loog ongeveer 100 mS m^{-1} was. Vervolgens is die substrate by kamertemperatuur lugdroog gemaak.

Een enkele kalktoediening

Die kalkbehoefte van die substrate om pH 6,5 te bereik is volgens die kalsiumhidroksied-substraatsuspensiemetode bepaal. Vanaf die waardes is die benodigde massas dolomitiese kalk en kalsiumhidroksied bereken deur ook die relatiewe neutralisasiewaarde (Fölscher & Bornman, 1985) in berekening te bring (Tabel 4.1.4).

Substrate wat tot 50% van hul waterhouvermoë (WHV) benat is, is in gesegmenteerde silinders teen 500 Pa vasgedruk. Die bepaalde massas dolomitiese kalk en kalsiumhidroksied wat nodig is om die pH tot 6,5 te verhoog (Tabel 4.2.1), is bo-op geplaas. Vervolgens is die substrate stadig benat met 'n volume water gelyk aan 25% van hul WHV. Die volumes water is vir 10 dae agtereenvolgens toegedien. Na die tien benattings (een per dag) is die kolomme in 40 mm segmente verdeel en die pH volgens die 1:1,5-ekstraksiemetode (Sonneveld et al., 1974) bepaal.

Verdeelde kalktoedienings

Dieselfde massas dolomitiese kalk en kalsiumhidroksied as hierbo gebruik, is in twee verdeel en vyf dae na mekaar toegedien. Na elke toediening is vyf volumes water gelyk aan 25% WHV oor 'n periode van vyf dae toegedien. Na verloop van 10 dae in totaal, is die substrate in 40 mm segmente verdeel en die pH van elke segment soos hierbo beskryf, bepaal.

Tabel 4.2.1 Die totale massas dolomitiese kalk en kalsiumhidroksied (mg dm^{-3}) wat bo-op die substrate geplaas en deur loging afwaarts gevoer is om die suurtoestand te neutraliseer.

Substraat nr.	Massa: Dolomitiese kalk	Massa: Kalsiumhidroksied
4	350	240
5	2230	1540
6	5760	3290
25	2240	1540
44	2940	2030

Tabel 4.2.2 pH-waardes van 40 mm segmente, vanaf die bopunt van 'n 240 mm substraatkolom, nadat die substraatkolom met een toediening kalsiumhidroksied behandel en herhaaldelik besproei is.

Sub-straat nr	pH van 40 mm segmente						KV %	KBV 0,05
	0-40	40-80	80-120	120-160	160-200	200-240		
4	6,90	7,03	6,73	6,70	6,70	6,73	3,29	NB
5	7,77	6,87	5,23	4,97	5,13	5,10	4,19	0,15
6	8,67	6,23	5,67	4,93	4,73	4,77	3,83	0,14
25	7,77	6,83	6,47	5,73	5,00	5,03	3,99	0,15
44	7,93	5,97	5,07	5,03	4,97	4,93	5,01	0,18

NB = nie betekenisvol by P = 0,05 nie.

CRW

Tabel 4.2.3 pH-waardes van 40 mm segmente, vanaf die bopunt van 240 mm substraatkolom, nadat die substraatkolom met twee halwe dosisse kalsiumhidroksied behandel en herhaaldelik besproei is.

Sub-straat nr	pH van 40 mm segmente						KV %	KBV 0,05
	0-40	40-80	80-120	120-160	160-200	200-240		
4	7,0	6,87	6,87	6,73	6,83	6,73	3,87	NB
5	7,17	7,07	6,73	6,07	5,43	4,97	5,07	0,20
6	7,67	6,97	6,53	5,87	5,23	5,03	5,09	0,20
25	7,27	7,17	6,90	6,23	5,33	5,03	4,19	0,16
44	7,17	6,93	6,03	5,43	5,20	4,87	5,05	0,19

N B = Nie betekenisvol by P = 0,05 nie.

RESULTATE EN BESPREKING

Versuring van substrate tydens die groeiperiode is 'n algemene verskynsel. Bekalking kan onder hierdie omstandighede net as 'n oppervlakte toediening geskied. Die diepte van indringing van die kalkmateriale is dus belangrik. Tabel 4.2.2 gee die pH-waardes van ses 40 mm segmente van 'n substraatkolom wat met een dosis kalsiumhidroksied bekalk is. In Tabel 4.2.3 word soortgelyke waardes vir twee half dosisse aangegee. Tabelle 4.2.4 en 4.2.5 bevat die ooreenstemmende waardes vir dolomitiese kalk.

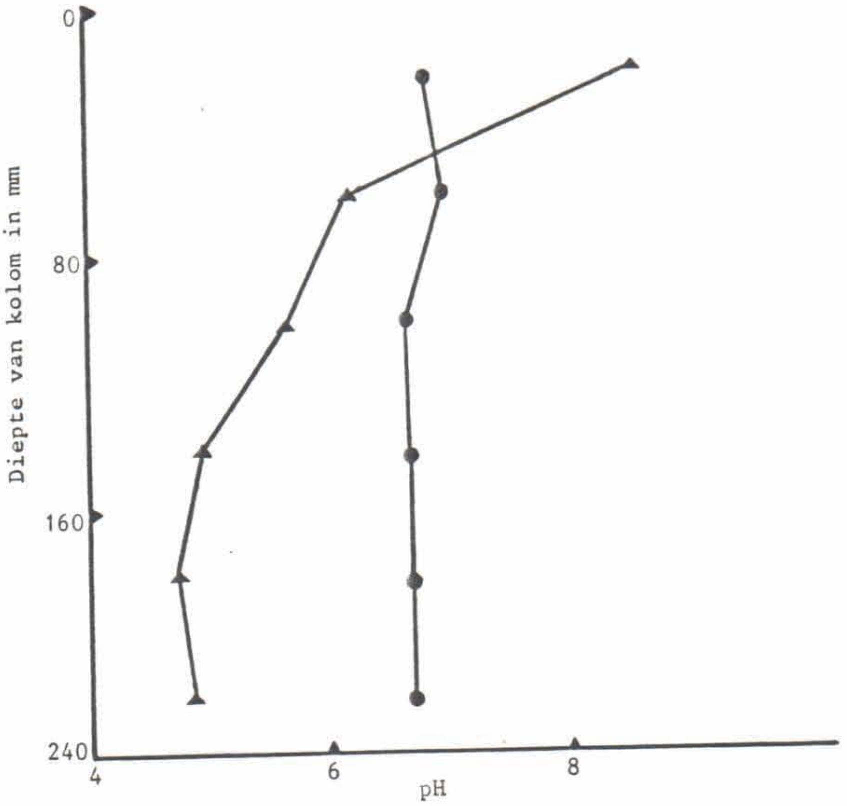
Tabel 4.2.4 pH-waardes van 40 mm segmente van 'n 240 mm substraatkolom nadat die dosis dolomitiese kalk van bo-af behandel en herhaaldelik besproei is.

Sub-straat nr	pH van 40 mm segmente						KV	KBV
	0-40	40-80	80-120	120-160	160-200	200-240	%	0,05
4	7,03	6,93	6,60	6,63	6,57	6,57	3,90	0,16
5	7,17	6,87	5,13	5,07	4,97	5,03	4,29	0,15
6	7,47	6,67	5,77	5,07	4,90	4,87	5,46	0,20
25	7,57	6,77	6,37	5,43	4,90	5,03	5,26	0,20
44	7,57	6,00	5,37	5,23	5,23	5,13	4,26	0,15

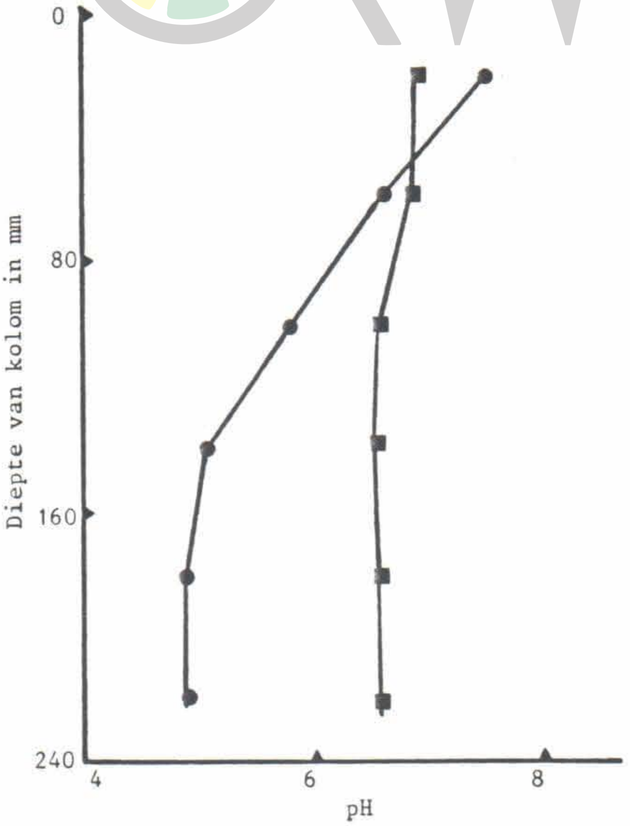
Tabel 4.2.5 pH-waardes van 40 mm segmente van 'n 240 mm substraatkolom nadat dit van bo-af met twee halfdosisse dolomitiese kalk behandel is en herhaaldelik besproei is.

Sub-straat nr	pH van 40 mm segmente						KV	KBV
	0-40	40-80	80-120	120-160	160-200	200-240	%	0,05
4	7,03	7,03	6,97	7,07	6,87	6,83	3,51	NB
5	7,03	6,97	6,67	6,50	6,00	5,73	4,08	0,16
6	7,23	6,90	6,37	5,97	5,43	5,03	3,98	0,15
25	7,07	7,03	6,77	6,23	5,73	5,27	3,86	0,15
44	7,17	6,93	6,63	6,07	5,63	5,33	3,83	0,15

NB = nie betekenisvol by P = 0,05 nie.

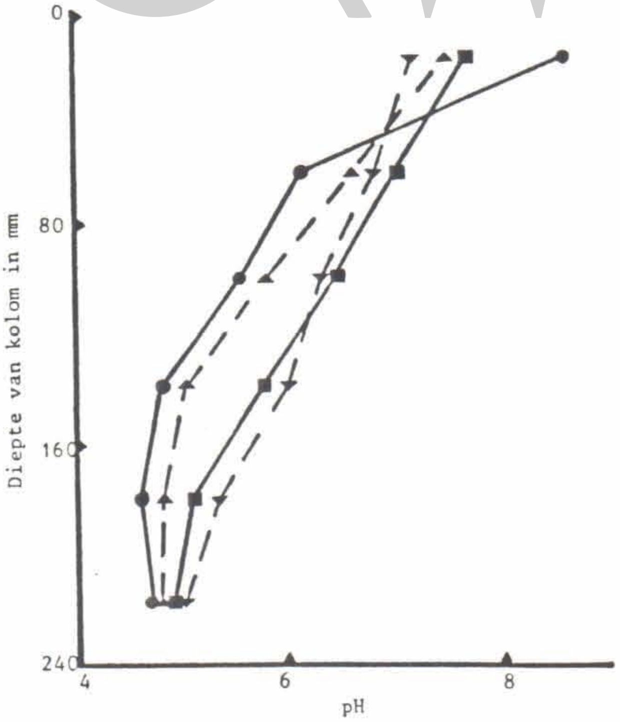


Figuur 4.2.1 pH-profiel van substrate 4 (●) en 6 (▲) na een dosis kalsiumhidroksied. (Vir betekenisvolheid verwys na Tabel 4.2.2).

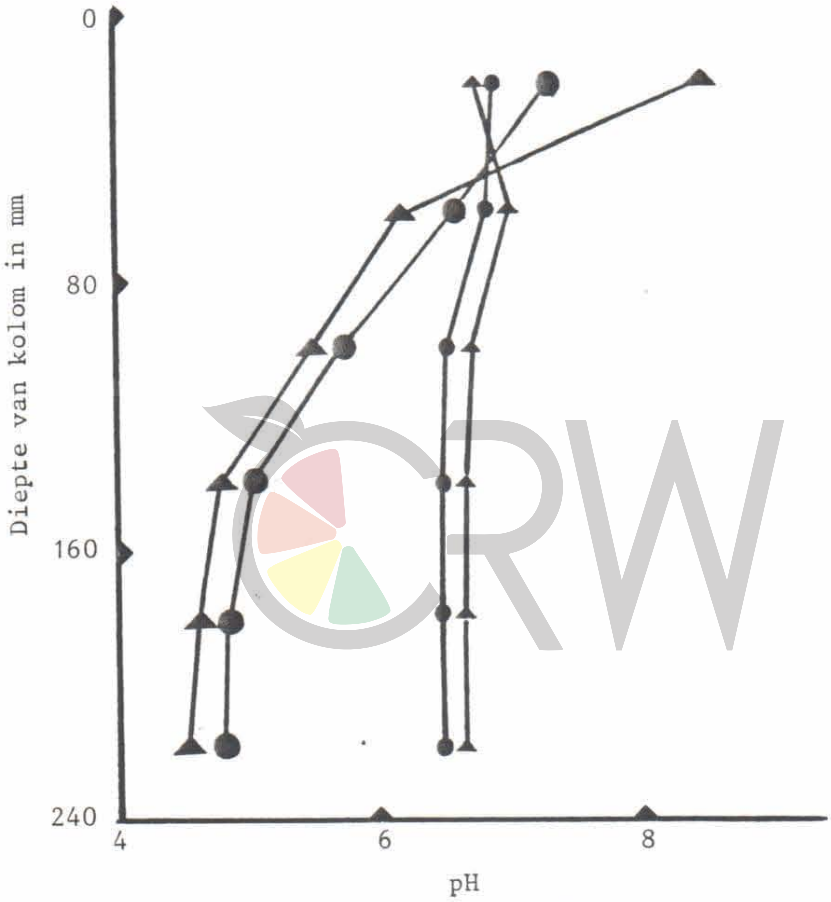


Figuur 4.2.2 pH-profiel van substrate 4 (●) en 6 (■) nadat een dosis dolomitiese kalk toegedien is (Verwys Tabel 4.2.4)

Waar kalsiumhidroksied gebruik is (Tabel 4.2.2), is die pH van die heel boonste segmente (0 - 40 mm) hoër as die beoogde pH 6,5. By substraat 6 is die pH so hoog soos 8,7 - 'n ongewenste toestand. Nauer et al (1968) toon dat sitrussaailinge swakker presteer by pH 7,8 as by 6,4 en selfs laer. Haber (1975) toon aan dat bekalking, selfs in veen, opname van mikroelemente verminder. Die tweede segment (40 - 80 mm) toon ook 'n pH-verhoging maar veel minder as die eerste segment. In dié segment is die pH van sommige substrate hoër en ander laer as die beoogde pH 6,5. Die tendens duur voort tot by die heel onderste segment. Kalsiumhidroksied wat in een dosis toegedien is, dring dus die substraatkolomme tot verskillende dieptes in. Die diepte van indringing word dus deur die soort substraat bepaal. In Figuur 4.2.1 word die verskil in die diepte van indringing van $Ca(OH)_2$, by substrate 4 en 6, as voorbeeld aangetoon. Waar substraat 4 (silikasand) tot by die onderste segment (240mm) geneutraliseer is, word substraat 6 (dennebas) slegs tot 'n diepte van 60mm geneutraliseer. Met dolomitiese kalk word dieselfde tendense verkry (Tabelle 4.2.4 en 4.2.5 en Figuur 4.2.2), alhoewel die pH in die heel boonste segment effens laer is as die waar $Ca(OH)_2$ gebruik is (Figuur 4.2.4).



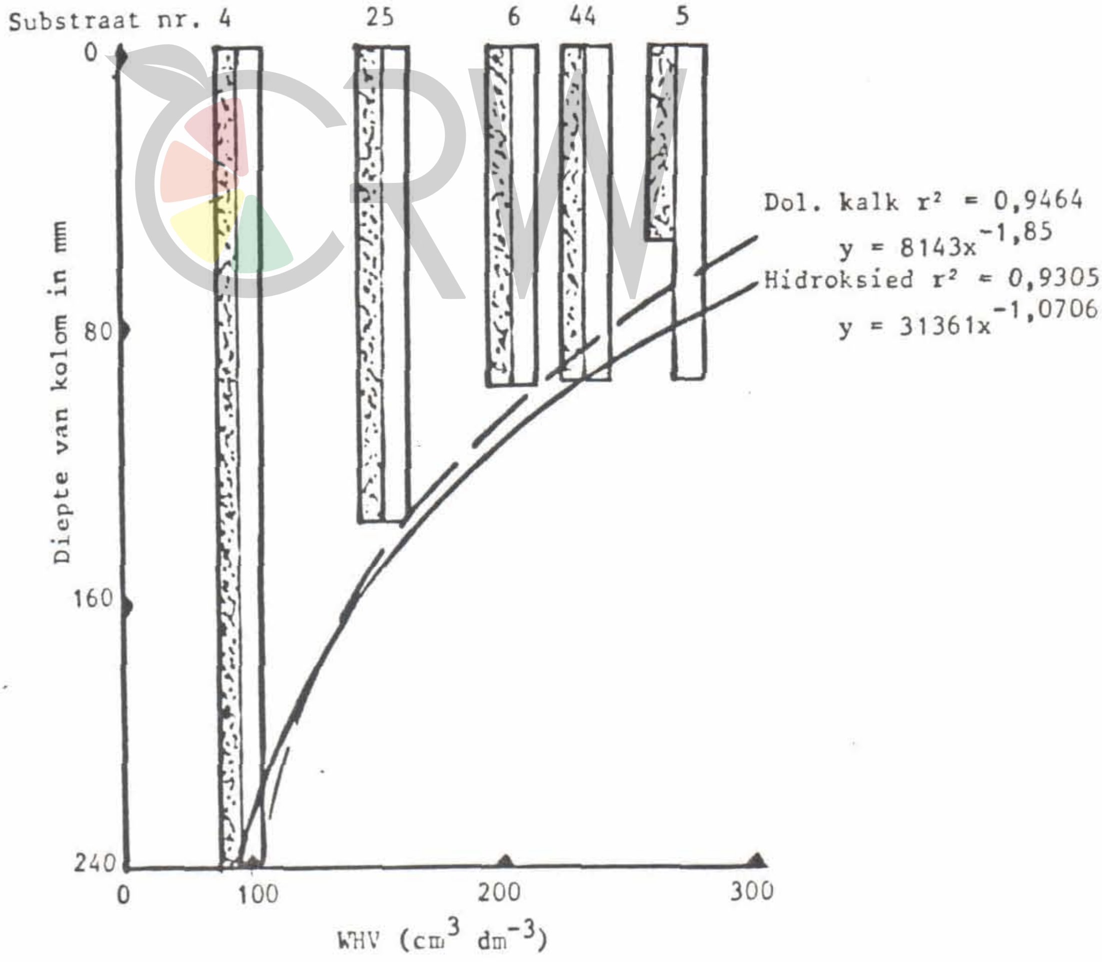
Figuur 4.2.3 pH-profiel van substraat 6 na een vol (▲) en twee halwe dosisse (▼) dolomitiese kalk en een vol (●) en twee halwe dosisse (■) kalsiumhidroksied (Verwys Tabelle 4.2.2 - 4.2.5).



Figuur 4.2.4 Vergelykende pH-profiele van substraat 4 (● dolomitiese kalk) (▲ kalsiumhidroksied) en substraat 6 (● dolomitiese kalk) (▲ kalsiumhidroksied) na een vol dosis. (Verwys Tabelle 4.2.2 tot 4.2.5).

Figuur 4.2.5 toon die diepte wat die kalk binnegedring en die pH tot 6,5 verhoog het, teenoor die WHV van die substrate. Die WHV van die substrate het dus 'n wesentlike invloed op die diepte van neutralisasie. 'n Belangrike bevinding is dat dolomitiese kalk tot dieselfde diepte indring as kalsiumhidroksied alhoewel magnesiumkarbonaat minder oplosbaar as kalsiumhidroksied is.

Verdeelde toedienings (twee halwe dosisse) dring dieper in (Tabelle 4.2.3 en 4.2.5 en Figuur 4.2.3) as een enkele toediening. Met pH 6,5 as mikpunt, het een dosis dolomitiese kalk die pH van substraat 6 tot 'n diepte van 70 mm reggestel, maar twee halwe dosisse het tot 100 mm ingedring (Figuur 4.2.3). Verdeelde toedienings verhoed ook dat die pH van die heel boonste segment te hoog word. Met kalsiumhidroksied by substraat 6 het een toediening 'n pH van 8,7 en verdeelde toedienings 'n pH van 7,7 in die boonste segment tot gevolg gehad.



Figuur 4.2.5 Diagrammatiese voorstelling van die invloed van WHV op die diepte wat dolomitiese kalk ( ) en kalsiumhidroksied ( ) die substraatkolom indring.

GEVOLGTREKKING

Na versakking is die diepte waartoe oppervlak-toegediende bekalkingsmateriale die substraat indring en neutraliseer belangrik. Indien die kalkbehoefte bepaal word en dit in een dosis toegedien word, word gevind dat $Ca(OH)_2$ die pH van die boonste segment tot 8,7 laat styg. Een dosis het gevolglik dié nadeel dat die pH van die heel boonste segment te veel verhoog word. Die volgende lae se pH hang af van die WHV en kan ook te hoog wees. Verdeelde toedienings lewer meer bevredigende resultate omdat die pH van die heel boonste segment nie sulke uiterste hoë waardes bereik nie. Verder toon die verdeelde toediening ook 'n dieper indringing as een dosis. Die moontlikheid dat verdere verdelings nog meer bevredigende resultate sal lewer, behoort ondersoek te word.

Alhoewel dolomitiese kalk minder oplosbaar as kalsiumhidroksied is, het laasgenoemde nie dieper as dolomiet ingedring om die suur te neutraliseer nie. Toegediende $Ca(OH)_2$ is tot klontvorming geneig wat moontlik tot die laer effektiwiteit bygedra het.

HOOFSTUK 5

BEMESTING VAN SITRUSSAAILINGE IN KWEKERYHOUERS

Na aanleiding van die inligting uit die literatuur en uit praktiese ondervinding is daar drie bemestingsmetodes wat vir die plaaslike sitruskwekerye geskik is. Eerstens kan van stadigoplossende misstowwe (SOM) gebruik gemaak word. Hierdie metode is deur Lee, Alexander & Du Toit (1983), Rabe & Von Broembsen (1983) en Offer & Allan (1987) met verskeie sitrusonderstamcultivars beproef. Sekere van die SOM (soos Nutricote^R en Fertilinz^R) is in al drie studies gebruik en die verskille in resultate dui daarop dat eksterne faktore ook die prestasie van 'n sekere SOM beïnvloed. Offer & Allen (1987) noem loging en Rabe & Von Broembsen (1983) plasing van die SOM as moontlike redes wat die prestasie kan beïnvloed. Nutricote^R word in bogenoemde twee publikasies genoem. Die vrystelling van voedingstowwe in die Nutricote^R-korrels word deur hars- en ander porieuse bedekkings beheer. Alhoewel Nutricote^R nie in al die proewe die beste gevaar het nie, het dit onder die beste SOM getel.

Voedingsbesproeiing (die tweede metode) hou verskeie voordele in (Aendekerk, 1976) en alhoewel die plaaslike sitruskwekerybedryf nog relatief min van die tegniek gebruik maak, is die moontlikheid dat dit toenemend gebruik sal word, goed. Veral aangesien voedingsbesproeiing ook in kommersiële boorde meer byval vind. By voedingsoplossings is veral twee aspekte van belang, naamlik onderlinge ioonverhoudings en die werklike konsentrasie van die ione.

Die derde moontlike bemestingsmetode vir sitruskwekerye in Suid-Afrika is die kombinasie van vooraf verryking en voedingsbesproeiing. Die tegniek leen hom tot die benutting van die voordele van beide metodes om hul nadele te oorkom. (Sien ook Hoofstuk 1.2.6.1 en 1.2.6.4 vir bespreking van die voor- en nadele van die twee tegnieke).

In die volgende studie sal voedingsbesproeiing en kombinasies van voedingsbesproeiing met voorafverryking in die produksie van sitrussaailinge, ondersoek word. Voedingsbesproeiing sal ten opsigte van die totale ioonkonsentrasie waar die onderlinge verhoudings konstant gehou word, wisselende konsentrasies van N of P of K of Ca of Mg of S terwyl die ander voedingstowwe se konsentrasies konstant gehou word, en

verskillende verhoudings van ammonium tot nitraat bestudeer word. Aangesien Nutricote[R] goed presteer het onder verskillende toestande (Lee et al., 1983, Rabe & Von Broembsen, 1983 en Offer & Allan, 1987) word die behandeling in die kombinasiemetode as kontrole gebruik.

5.1 DIE INVLOED VAN AMMONIUM-NITRAATVERHOUDING OP GROEI VAN SAAILINGE

In die ammonium-nitraatverhouding van 'n voedingsoplossing, lê drie probleme verskuil. In die eerste plek kan hoë konsentrasies ammonium fitotoksies wees (Goyal, Lorenz & Huffaker, 1982; Lemaire & Dartigues, 1984; Magalhaes & Wilcox, 1984). Een meganisme van die toksisiteit is dat die suikervoorraad tydens ammoniummetabolisme uitgeput raak en wortels afsterf (Ganmare-Neumann & Kafkafi, 1983). Tweedens onderdruk hoë konsentrasies NH_4^+-N die opname van K, Ca en Mg en kan selfs tekorte veroorsaak (Feigin, Ginzburg, Ackerman & Gilead, 1984). Hartman, Mills & Jones (1986) vind 'n positiewe verband tussen die konsentrasie NH_4^+-N in die voedingsoplossing en die voorkoms van blom-ent-vrot ('n kalsiumgebreksimptoom) by tamaties. Die derde aspek is dié van pH-verandering. Johnson & Moore (1984) gebruik die NO_3:NH_4-verhouding om die pH van substrate vir houerkulture van sitrus te reguleer. Plantwortels sal H^+ uitskei indien katione vinniger as anione opgeneem word. Die teenoorgestelde vind ook plaas en indien anione vinniger opgeneem word, sal HCO_3^- en OH^- uitgeskei word. Watter van die twee reaksies plaasvind, word onder andere deur die NO_3:NH_4 verhouding bepaal (Willumsen, 1984). Van der Merwe (1949) stel voor dat die voedingsoplossing vir sitrus minder as 60% ammonium-N moet bevat en Moore (datum onbekend) stel dit op 40%. Volgens Bunt (1976a) sal die pH van die substraat onveranderd bly indien die NO_3:NH_4 verhouding 1:1,33 is. Volgens hierdie gegewens behoort die NO_3:NH_4-verhouding tussen 1:0,67 en 1:1,5 te val. Van der Merwe (1949) het die invloed van 10:0, 8:2, 6:4, 4:6 en 2:8 (NO_3^--N:NH_4^+-N) op groei van sitrussaailinge breedvoerig ondersoek. Hy het saailinge aanvanklik met 'n 10:0 oplossing gekweek en die ammoniumbehandelings het vir drie maande geduur. Die toename in blare was die hoogste by die 10:0 gevolg deur die 8:2 behandeling. Indien totale plantmassa as parameter dien, lewer 8:2 die beste opbrengs gevolg deur 10:0 en 5:5 tweede.

Tabel 5.1.1 Ammonium-nitraat-verhoudings en konsentrasies van die voedingsoplossing wat gebruik is om GS en TC-saailinge te bemes.

BEHANDELING NR.	VERHOUDING NO_3^--N: NH_4^+-N	KONSENTRASIE mg dm^{-3}		EG
		NO_3^--N	NH_4^+-N	mS m^{-1}
1	1:1	60	60	270
2	1:1	140	140	300
3	3:1	90	30	250
4	3:1	210	70	300
5	1:0	120	0	225
6	1:0	280	0	300

Die pH-aspek van NO_3:NH_4-verhoudings is nie 'n wesentlike probleem by die huidige opset nie. Substrate word nie bemes met hersirkulerende voedingsoplossings nie en die loging wat 'n integrale deel van besproeiing/voedingsbesproeiing moet vorm, sal pH-veranderings ook teëwerk. Buitendien is die NO_3:NH_4-verhouding vir pH-beheer (naamlik 1:1,33 Bunt, 1976a) buite die optimale verhouding soos deur Van der Merwe (1949) gespesifiseer.

'n Ander aspek wat die verhouding van NO_3:NH_4 belangrik maak, is dat die nitrate (kalium, kalsium en magnesium) minder beskikbaar en ook duurder is as ammoniumsoute (ammoniumnitraat, ammoniumsulfaat en ook ureum). Gevolglik is besluit om weer eens die invloed van die NO_3:NH_4-verhouding op saailinggroei na te gaan. Anders as in Van der Merwe se studie sal die saailinge van meet af met die verskillende NO_3:NH_4-verhoudings behandel word.

Prosedure

Saailinge van GS en TC is op 50 mm lengte-stadium in silikasand oorgeplant. Agt saailinge is per agt dm^3-houer geplant en soos in Hoofstuk 2 beskryf, versorg. Die behandelings is volgens Tabel 5.1.1 direk nadat die saailinge oorgeplant was, toegepas. Behalwe die stikstof wat as NO_3 en NH_4 voorsien is, is die plante van 'n volledige voedingsoplossing (Steiner, 1980) deur middel van voedingsbesproeiing, voorsien. Die effek wat die NO_3:NH_4-verhouding op die pH van die wortelomgewing kon gehad het, is grootliks geneutraliseer deurdat die substrate elke dag deeglik met die voedingsoplossing geloog is. Na verloop van 24 weke is die saailinge geoes deur die stammetjies net bokant die substraatvlak te knip. Die varsmassa van elke plant is bepaal en blaar- en substraatmonsters is soos in Hoofstuk 2 beskryf, versamel en ontleed. Die wortels is soos in Hoofstuk 2 beskryf, van substraat bevry, ondersöek, gedroog en die massa bepaal. As gevolg van die sterk moontlikheid dat die wortelmonsters deur die voedingsoplossing gekontamineer kan word, is geen chemiese ontledings hierop uitgevoer nie. Die statistiese verwerking van die bloklose proef was volgens die Student-Newman-Keulsmetode gedoen (Van Ark, 1981).

Tabel 5.1.2 Vegetatiewe opbrengs van sitrussaailinge soos beïnvloed deur nitraat:ammonium-verhoudings in voedingsoplossing.

BEHANDE-LING NR.	VERHOUDING $NO_3:NH_4$	TOTALE N mg dm^{-3}	OPBRENGS g per boom GS	TC	OPBRENGS % GS	TC
1	1:1	120	42,83	18,50	73	84
2	1:1	280	49,17	21,00	83	95
3	3:1	120	57,00	19,83	97	90
4	3:1	280	59,00	22,00	100	100
5	1:0	120	53,00	20,00	90	91
6	1:0	280	55,33	20,50	94	93
KBV	0,05		2,99	1,17		
	0,01		3,98	1,56		
KV	%		8,73	8,89		

GS = Growweskilsuurlemoen.

TC = Troyer citrange.

CRW

RESULTATE EN BESPREKING

Blaarsimptome

Volgens Van der Merwe (1949) het blaarsimptome redelik algemeen op alle behandelings behalwe 100% nitraat voorgekom. Die foto's en beskrywing van die simptome dui op magnesium/mangaan/sink-tekortsimptome. In hierdié proef is vergeling van die ouer blare van GS waargeneem. Hierdie vergeling kom baie ooreen met die simptome wat in Hoofstuk 2 aan te hoë totale soutkonsentrasie toegeskryf is. Die 100% nitraat-behandelings het ook effense vergeling getoon. Die EG van die voedingsoplossings was baie naby die boonste grens vir optimale groei van GS-saailinge soos in Hoofstuk 2 bepaal.

Troyer citrange toon geen vergeling by enige van die ses behandelings nie. Die EG van die voedingsoplossings was in die optimale gebied vir TC. Om hierdie rede word die vergeling van GS aan die hoë konsentrasies soute in die voedingsoplossings en nie aan die NO_3:NH_4-verhouding, toegeskryf nie.

Opbrengs

In Tabel 5.1.2 word die varsmassa-opbrengs van die hele saailing van GS en TC per behandeling aangegee. Om vergelykings tussen die twee onderstamcultivars te vergemaklik word die massas ook as persentasie van die hoogste opbrengs uitgedruk. Growweskil het die hoogste opbrengs met behandeling 4 bereik. Alhoewel dié opbrengs hoër is as met behandeling 3, is dit nie statisties betekenisvol nie. Die hoër konsentrasie stikstof gee 'n effens hoër opbrengs. Die verhouding van 3:1 nitraat:ammonium lewer beter opbrengs as enige van die ander twee verhoudings (1:1 en 1:0), maar behandeling 6 is nie statisties swakker as behandeling 3 nie. Nietemin ondersteun dit die resultate van Van der Merwe (1949), naamlik dat GS-saailinge 'n hoër vegetatiewe opbrengs in die aanwesigheid van 20 - 25% ammoniumstikstof lewer. Troyer citrange toon dieselfde tendens, maar behandeling 2, waar die nitraat-ammonium-verhouding 1:1 was, het nie betekenisvol swakker presteer as die 3:1 of 1:1 verhoudings nie.

Tabel 5.1.3 Die invloed van nitraat-ammonium-verhoudings op die samestelling van die blare van GS-saailinge en die substraat waarin dit gegekweek is.

BEHANDELING NR.	VERHOUDING $NO_3:NH_4$	OPBRENGS g per boom	BLAARSAMESTELLING % N	P	K	Ca	Mg	SUBSTRAATWAARDES pH	EG*
1	1:1	42,83	2,80	0,29	2,63	1,45	0,25	6,23	29,33
2	1:1	49,17	3,16	0,28	2,38	1,30	0,23	6,37	27,33
3	3:1	57,00	2,81	0,25	2,51	1,49	0,24	6,40	29,67
4	3:1	59,00	3,11	0,26	2,54	1,32	0,24	6,63	31,00
5	1:0	53,00	2,83	0,21	2,55	1,63	0,28	6,53	31,00
6	1:0	55,33	3,24	0,18	2,67	1,73	0,30	6,90	32,00
KV %		8,73	3,34	6,65	3,93	6,72	11,16	2,17	7,68
KBV 0,01		3,98	0,10	0,016	0,097	0,097	NB	0,137	NB
0,05		2,99	0,07	0,011	0,068	0,068	NB	0,096	NB

* $mS\ m^{-1}$

NB = Nie betekenisvol nie.

Van der Merwe (1949) stel voor dat ammoniumstikstof minder as 60% en Moore (datum onbekend) minder as 40%, van die totale stikstof moet wees. Hierdie resultate toon egter dat 50% ammoniumstikstof (behandelings 1 en 2) 'n afname in opbrengs van 17 tot 27% by GS en 5 tot 16%, by TC tot gevolg het. Vyftig persent ammonium is reeds te veel vir GS. Moore (datum onbekend) se 40% kan dus ook onder verdenking kom en Van der Merwe se "minder-as-60%" is beslis nie spesifiek genoeg nie. Van der Merwe het die hoogste opbrengs by 20% en in hierdie proef is dit by 25% ammoniumstikstof behaal. Gevolglik sal 'n ammoniuminhoud van 20 - 25% optimaal wees en kan dit as norm gebruik word. Ingram & Joiner (1982) vind ook dat 'n 100% nitraatoplossing produksie van Quercus shumordii onderdruk wanneer stamdikte, maar nie boomhoogte, as maatstaf gebruik word. Ikeda & Osawa (1984) vind ook dat 'n kombinasie van ammonium en nitraat beter resultate met tamaties gee as nitraat of ammonium alleen.

Baie formulasies van misstowwe vir voedingsbesproeiing maak net van nitrate gebruik (byvoorbeeld Aquapon^{R}, Agrilab Pretoria en Larsen, 1976) maar die proefresultate bevestig die van Van der Merwe (1949) dat 100% nitraat-N die opbrengs van sitrussaailinge onderdruk.

Blaarontleding

Ammonium-nitraat-verhoudings beïnvloed ook die samestelling van die blare en substraat. In Tabel 5.1.3 word die makro-elementinhoud vir blare van GS asook van die EG van die substraat waarin dit vir 24 weke gegroei het, aangegee. Die stikstofinhoud van die blare (N_b) (Tabel 5.1.3) toon twee kenmerkende reaksies. Eerstens is daar geen verskil in N_b vir die laer stikstofkonsentrasie van die voedingsoplossing (N_o) (120 mg N dm^{-3}) nie. By die hoër vlak (280 mg N dm^{-3}) is daar klein verskille. Hierdie gebrek aan beduidende verskille dui daarop dat sitrussaailinge beide vorms van stikstof ewe goed opneem. Davies, Fergusón & Marler (1988) sluit hierby aan en noem dat sitrus behalwe ammonium en nitraat ook ander vorme van stikstof (soos amiene) kan opneem. Tweedens het die N_b-waardes 'n sterk verband met die N_o-waardes (r^2 = 0,96). By 'n N_o van 120 mg dm^{-3} is N_b gemiddeld 2,81% en by 280 mg dm^{-3} is die N_b-waarde 3,17%. Daar is egter geen verband (r^2 = 0,10) tussen N_b en die opbrengs nie en die resultate stem dus met dié van Davies et al. (1988) ooreen. Hulle het gevind dat sitrus stikstof in luukse konsentrasies sal opneem, maar nie dienooreenkomstig vegetatief groei nie. Massey & Winsor

Tabel 5.1.4 Die invloed van nitraat-ammonium-verhoudings op die samestelling van die blare van TC-saailinge en die substraat waarin dit gekweek is.

BEHANDELING NR.	VERHOUDING $NO_3:NH_4$	OPBRENGS g per boom	BLAARSAMESTELLING % N	P	K	Ca	Mg	SUBSTRAATWAARDES pH	EG*
1	1:1	18,50	3,53	0,38	2,52	1,73	0,28	6,60	25,33
2	1:1	21,00	3,75	0,37	2,64	1,53	0,27	6,20	24,33
3	3:1	19,83	3,61	0,34	2,44	2,03	0,27	6,30	27,33
4	3:1	22,00	3,64	0,34	2,33	1,70	0,25	6,43	24,67
5	1:0	20,00	3,62	0,34	2,75	2,50	0,25	6,60	27,00
6	1:0	20,50	3,62	0,32	2,86	2,38	0,25	6,67	26,67
KV %		8,89	2,75	4,93	2,34	5,08	5,40	2,19	10,30
KBV 0,01		1,56	NB	0,017	0,059	0,097	NB	0,137	NB
0,05		1,17	NB	0,012	0,041	0,068	NB	0,096	NB

* $mS\ m^{-1}$

NB = Nie betekenisvol by nie.

(1980) haal verskeie navorsingsresultate aan wat daarop dui dat 'n verskeidenheid plante optimaal produseer met N_o-konsentrasies so laag as 0,1 mg N dm^{-3}. Die uiters hoë doeltreffendheid van opname word as een rede hiervoor aangevoer.

GS lewer deurgaans hoër opbrengste by 280 mg N dm^{-3} as by 120 mg N dm^{-3} vir dieselfde NO_3:NH_4-verhouding (Tabel 5.1.2). Dit dui daarop dat die N_o-konsentrasie tog belangrik is, maar dat die resultaat deur ander faktore gekompliseer word. Cobb & Keever (1984) vind ook dat hulle toetsplante 'n toename in opbrengs toon met toename in N_o.

'n Ander aspek wat deur die NO_3:NH_4-verhouding beïnvloed word, is die opname van ander ione. In Tabel 5.1.3 neem die fosforinhoud van die blare (P_b) af soos die nitraatinhoud van die voedingsoplossing toeneem. By 50% nitraat is P_b 0,28 tot 0,29% en by 100% nitraat 0,18 tot 0,21%. Die verband is sterk (r^2 = 0,91) en toon dus dat verhoogde nitraatkonsentrasies blaarvlakke van fosfor verlaag. Die verlaging het egter geen verband met produksie nie en die vlak van 0,18% P kan dus nog as voldoende gereken word. Massey & Winsor (1980) voer aan dat fosfor-toksisiteite een rede is waarom sulke hoë stikstofkonsentrasies in die voedingsoplossing nodig is, maar kan geen bewyse met tamaties vind nie. In hul proef is P_b van 0,29 tot 0,18% verlaag en produksie het dienooreenkomstig met 29% gestyg - 'n resultaat wat die invloed van nitraat in die voedingsoplossing meer kompliseer.

Na verwagting sal ammoniumstikstof ook die opname van katione soos K, Ca en Mg beïnvloed. Alhoewel die kaliumvlakke in die blare verskil, kan geen bewyse gevind word dat 'n verhoogde ammoniumkonsentrasie in die voedingsoplossing kaliumopname benadeel nie. Die hoogste K_b is by 50% en 0% ammoniumstikstof aangeteken. Die blaarvlakke van kalsium (Ca_b) toon 'n definitiewe toename soos die nitraatinhoud van die voedingsoplossing toeneem. Die liniêre verband is redelik (r^2 = 0,65) met Ca_b = 1,73% by 100% en 1,45% by 50% nitraatstikstof. By dieselfde verhouding van nitraat:ammonium gee die hoër konsentrasie ammonium laer Ca_b waardes. So byvoorbeeld is Ca_b = 1,45 en 1,30% met 'n 1:1 verhouding en 60 en 140 mg NH_4-N dm^{-3}.
Waar geen ammonium teenwoordig is nie (behandelings 5 en 6) neem die Ca_b toe met toename in die konsentrasie N_o.

Magnesiumkonsentrasie in die blare van GS toon geen reaksie op die konsentrasie of verhouding van N_o nie.

Troyer citrange toon soortgelyke reaksie op die behandelings as GS (Tabel 5.1.4).

Substraatontleding

Bunt (1976a) wys op die veranderings in pH van die voedingsoplossing/substraat wat die NO_3:NH_4-verhouding teweegbring. Hierdie resultate bevestig genoemde literatuur dat voedingsoplossings die omgewing versuur namate die ammoniumkomponent styg. By 'n 1:1-verhouding was die pH van die substraat 6,23 en 6,37 en by 'n 100% nitraatoplossing 6,53 en 6,90 (Tabel 5.1.3). Selfs onder hierdie toestande waar die substrate elke 24 uur deeglik met vars voedingsoplossing geloog is, het die toename in pH geskied.

Die elektriese geleiding van 'n 1:1,5 ekstrak van die substraat toon geen variasie nie en is binne die perke soos in Hoofstuk 2 gestel. Troyer citrange toon soortgelyke resultate as GS alhoewel TC minder deur die behandelings beïnvloed is (Tabel 5.1.4).

WORTELOPBRENGS

Geen wortelsimptome is waargeneem nie en die droë wortelopbrengste het geen bydrae tot die vertolking van die resultate gelewer nie. As gevolg van groot koëffisiënte van variasie, kon geen betekenisvolle neigings aangedui word nie.

GEVOLGTREKKING

Die blaarsimptome wat deur Van der Merwe (1949) as ammoniumtoksisiteite beskryf is, is in hierdie ondersoek aan 'n oormaat totale soute soos in Hoofstuk 2 beskryf, toegeskryf. Net GS het die simptome getoon omdat die EG van die voedingsoplossing aan die plafonwaarde gegrens het. Troyer citrange het nie die simptome getoon nie omdat die EG van die voedingsoplossing binne die perke soos in Hoofstuk 2 gestel, was. Vegetatiewe groei van GS-saailinge word deur die NO_3:NH_4-

verhouding in die voedingsoplossing beïnvloed. 'n Optimale verhouding van 20 tot 25% ammoniumstikstof van die totaal word aanbeveel. Troyer citrange toon dieselfde tendens dog dit is minder gevoelig.

Die samestelling van die blare word ook deur die NO_3:NH_4-verhouding van die voedingsoplossing beïnvloed, maar die reaksie is kompleks. Eerstens toon die blaarontledings hoë stikstofwaardes wat nie met opbrengs verband hou nie en op luukse opname dui. Hoë nitraat-vlakke in die voedingsoplossing verminder die fosforinhoud van die blare. Die fosforvlakke hou nie verband met produksie nie en dui ook op luukse opname. Die kalium- en magnesiumkonsentrasie in die blare word nie deur NO_3:NH_4-verhouding beïnvloed nie, maar Ca wel. Die invloed van hoë ammoniumkonsentrasies op katioonopname is dus nie konstant nie.

Sodra die ammoniumkomponent van die totale stikstof in die voedingsoplossing styg, versuur die substraat en andersom vir 'n verhoging in die nitraatkomponent. Indien die verhouding van 3:1 (NH_4^+ tot NO_3^-) gehandhaaf word, sal die pH effens toeneem. Indien nitrifikasie egter 'n beduidende omvang aanneem kan die substraat egter versuur. Daar moet dus teen veralgemening gewaak word, veral waar organiese substrate gebruik word.

5.2 BEMESTING DEUR MIDDEL VAN VOLLEDIGE VOEDINGSOPLOSSINGS

Voedingsoplossings vir die kweek van plante is aanvanklik vir proefdoeleindes gebruik (Hoagland & Arnon, 1950). Hierdie tegniek het ook aanleiding gegee tot kommersiële verbouing van gewasse op dié manier. Tans kan tussen twee hoofrigtings in die toepassing van die tegniek onderskei word. Eerstens is daar die metodes waar 'n relatief groot reservoir van voedingsoplossing aan die plante beskikbaar is en deur hersirkulasie voorsien word. Substrate word slegs gebruik om die plante te steun en gewoonlik word die opbrengs bemark en is die plante nie bedoel vir oorplanting nie. Voorbeelde is die "Nutrient Film Technique" en Ein-Gedi-sisteem (Soffer, 1984). Op hierdie gebied is baie navorsing gedoen om die ideale samestelling van die voedingsoplossing daar te stel (onder andere Steiner, 1980). Die "ideale" oplossing bevat ongeveer 2000 mg soute dm^{-3} (Steiner, 1980).

Die tweede ontwikkelingsrigting is waar die substraat waarin die plant gekweek word ook as die reservoir vir langer of korter periodes moet dien. Hierdie metode van verbouing is veral geskik waar die plante as sodanig bemark word en vir oorplanting bedoel is, soos in sitruskwekerye. Die voedingstowwe word in verdunde oplossing, meestal saam met die besproeiingswater, voorsien. Die waterhouvermoë van sand, sand-bas-mengsels en dennebas wissel tussen 150 tot 400 cm^3 dm^{-3} en is dus 'n relatief klein reservoir. Dit is dus te bevraagteken of die universele voedingsoplossing van Steiner (1980) voldoende sal wees.

In die volgende twee proewe word die invloed van verskillende konsentrasies van die voedingselemente op die groei van GS- en TC-saailinge beproef. In proef 1 word die konsentrasie van een van die voedingselemente (N, P, K, Ca, Mg of S) gewissel, terwyl die res soos in die universele oplossing van Steiner (1980) konstant gehou word. In proef 2 sal die onderlinge verhoudings van die voedingselemente dieselfde bly maar die totale konsentrasie word verhoog.

Tabel 5.2.1 Die samestelling van die voedingsoplossings wat as 24 behandelings gebruik is om GS- en TC-saailinge te besproei (Proef 1).

BEHANDE-LING NR.	KONSEN-TRASIE NR	Voedingselementkonsentrasie (mg dm^{-3}) N NO_3^-	N NH_4^+	P	K	Ca	Mg	S	Cl	EG mS m^{-1}	pH GEBIED
1	1	46	18	47	214	100	45	153	107	250 - 275	6,3 - 6,7
2	2	89	33	47	209	120	45	148	71	300 - 320	6,3 - 6,6
3	3	201	73	47	215	183	45	144	0	410 - 435	6,2 - 6,6
4	4	262	94	47	215	235	45	144	0	460 - 485	6,5 - 6,7
5	1	139	139	23	215	131	45	186	142	340 - 365	6,7 - 6,7
6	2	139	139	47	215	131	45	186	142	350 - 380	6,5 - 6,8
7	3	139	139	94	215	131	45	186	142	385 - 410	6,3 - 6,5
8	4	139	139	141	215	131	45	186	142	415 - 440	6,1 - 6,5
9	1	142	143	47	64	144	45	190	28	330 - 375	6,4 - 6,7
10	2	139	139	47	150	122	45	187	71	340 - 365	6,5 - 6,8
11	3	139	135	47	300	102	45	216	99	380 - 415	6,4 - 6,8
12	4	139	140	47	504	80	45	263	142	435 - 465	6,5 - 6,9
13	1	139	140	47	215	107	23	156	99	305 - 330	6,7 - 6,9
14	2	139	140	47	215	107	46	206	99	345 - 370	6,6 - 6,9
15	3	139	140	47	215	107	96	236	99	420 - 450	6,5 - 6,9
16	4	139	140	47	215	107	142	266	99	490 - 515	6,5 - 6,8
17	1	131	133	47	236	41	45	186	0	320 - 345	6,5 - 6,7
18	2	131	133	47	236	121	45	186	142	340 - 365	6,4 - 6,7
19	3	134	134	48	220	272	45	257	142	460 - 481	6,5 - 6,8
20	4	134	134	48	220	367	45	257	312	500 - 520	6,6 - 6,9
21	1	134	134	86	216	103	42	21	279	260 - 285	6,7 - 6,9
22	2	134	133	86	216	103	42	76	142	290 - 320	6,6 - 6,9
23	3	127	130	86	216	159	42	152	74	400 - 430	6,7 - 6,9
24	4	129	130	86	216	182	50	239	0	490 - 520	6,6 - 6,9

PROSEDURE

Proef 1

Saailinge van GS en TC is in silikasand soos in Hoofstuk 2 beskryf, uitgeplant. Die behandelings wat in Tabelle 5.2.1 en 5.2.2 aangegee word, is reg van die begin toegepas. Na die vestigingsperiode waartydens die saailinge tot twee per houer uitgedun is, is die saailinge vir nog 48 weke aan die behandelings onderwerp. Na die periode is die opbrengs gemeet en blaar- en substraatmonsters is versamel soos beskryf in Hoofstuk 2. Bykomend is die substraat ook ontleed deur 'n 1:10 (v/v) ekstrak met 0,1N HCl te berei. 'n Hoë volume logingsekstrak is ook berei deur 45 cm^3 substraat met 25 cm^3 porsies gedistilleerde water te loog tot 'n finale volume van 250 cm^3 verkry is. Die doel van hierdie twee bykomende ekstrakte is om die reserwe voedingselemente in die substrate te evalueer.

Statistiese ontledings is soos in Hoofstuk 4.1 uiteengesit (Van Ark, 1981), uitgevoer. Worteldata is soos in Hoofstuk 5.1 beskryf, versamel.

Tabel 5.2.2 Samestelling van die voedingsoplossing (mg dm^{-3} water) waarmee GS- en TC-saailinge besproei is (Proef 2).

ELEMENT	BEHANDELING NR.					
	1	2	3	4	5	6
N	71	147	222	303	360	455
P	20	41	60	83	100	117
K	110	226	330	441	550	680
Ca	85	169	250	312	401	455
Mg	25	53	81	87	110	127
Na	1	3	3	2	3	3
Cl	11	41	40	45	39	41
S	36	75	115	158	190	229
Cu	0,04	0,09	0,12	0,16	0,21	0,25
Fe	2,44	5,00	7,00	8,00	11,00	13,00
Mn	0,07	0,15	0,20	0,33	0,40	0,49
Zn	1,70	3,50	5,00	7,70	9,00	10,90
B	0,79	1,50	2,35	3,20	4,05	4,90
Mo	0,03	0,07	0,10	0,16	0,19	0,22
EG mS m^{-1}	75	150	225	300	375	450

Tabel 5.2.3 Werklike en aangepaste opbrengsgegewens vir GS by verskillende konsentrasies (1 tot 4) van N, P, K, Ca, Mg en S in die voedingsoplossing.

ELEMENT	KONSENTRASIE NR.**** 1	2	3	4	KBV 0,05	KV %	r²***
N	54*	67	59	71	6,7	10	0,36
	54**	70	79	118			0,86
P	85	50	64	63	4,7	7	0,01
	92	57	76	84			0,01
K	59	50	66	60	5,2	8	0,15
	62	54	79	93			0,86
Ca	57	64	65	56	6,0	9	0,01
	59	69	108	112			0,95
Mg	60	51	45	62	5,6	5	0,01
	63	56	64	103			0,70
S	55	66	52	59	4,8	8	0,01
	55	68	70	112			0,86

*Werklike opbrengs g per boom.

**Aangepaste opbrengs g per boom.

***Liniêre korrelasie koëffisiënt. Waardes groter as 0,80 is betekenisvol by 'n toetspeil van 10% (Van Ark, 1981)

****Vergelyk Tabel 3.2.1.

CRW

Proef 2

Proef 2 is reeds in Hoofstuk 2 volledig beskryf (Kyk na Hoofstuk 2.1). Die resultate word ook hier bespreek aangesien die proef benewens 'n toename in EG van die voedingsoplossing, ook gelyktydige toename in die konsentrasie van al die voedingselemente evalueer. In hierdie bespreking sal die klem na die konsentrasies van die individuele elemente verskuif word.

RESULTATE EN BESPREKING

Blaarsimptome

In Hoofstuk 2 is blaarsimptome beskryf wat geïdentifiseer is as simptome van te hoë konsentrasies soute in die substraat of voedingsoplossing. Hierdie simptome is ook in altwee dié proewe aangetref. Die simptome het net op die ouer blare voorgekom en progressief na bo afgeneem. By Proef 1 het die EG-waardes (Tabel 5.2.1) gewissel tussen 250 en 520 mS m^{-1} wat die maksimum waarde vir GS grootliks oorskry. Vir TC het 11 van die behandelings 'n ongunstige EG gehad en minder simptome is dan ook op TC aangetref. In Proef 2 het die EG van 75 tot 450 mS m^{-1} gewissel en is geen blaarsimptome by TC aangetref nie (sien ook Hoofstuk 2.1).

Opbrengs - Proef 1

Die invloed van die EG van die voedingsoplossing (EG_o) is reeds in Hoofstuk 2 bespreek waar aangetoon is dat dit 'n wesentlike invloed op vegetatiewe produksie het. Volgens Hoofstuk 2 sal 'n styging van 150 mS m^{-1} bokant 300 mS m^{-1} 'n afname van tussen 13 en 19% in die opbrengs van GS tot gevolg hê. Vir TC word 'n afname van 43% verkry indien die EG_o met 150 bokant 450 mS m^{-1} toeneem.

In Tabel 5.2.3 word die opbrengs van GS by verskillende vlakke van N, P, K, Ca, Mg en S in die voedingsoplossing aangegee. Die tabel bevat ook aangepaste waardes, gegrond op die invloed van EG op vegetatiewe produksie soos in Hoofstuk 2 bepaal. Tabel 5.2.4 toon ook die liniêre verband tussen opbrengs en die konsentrasie van die voedingselemente in die oplossing wat toegedien is. Fosfor toon in beide gevalle (aangepaste

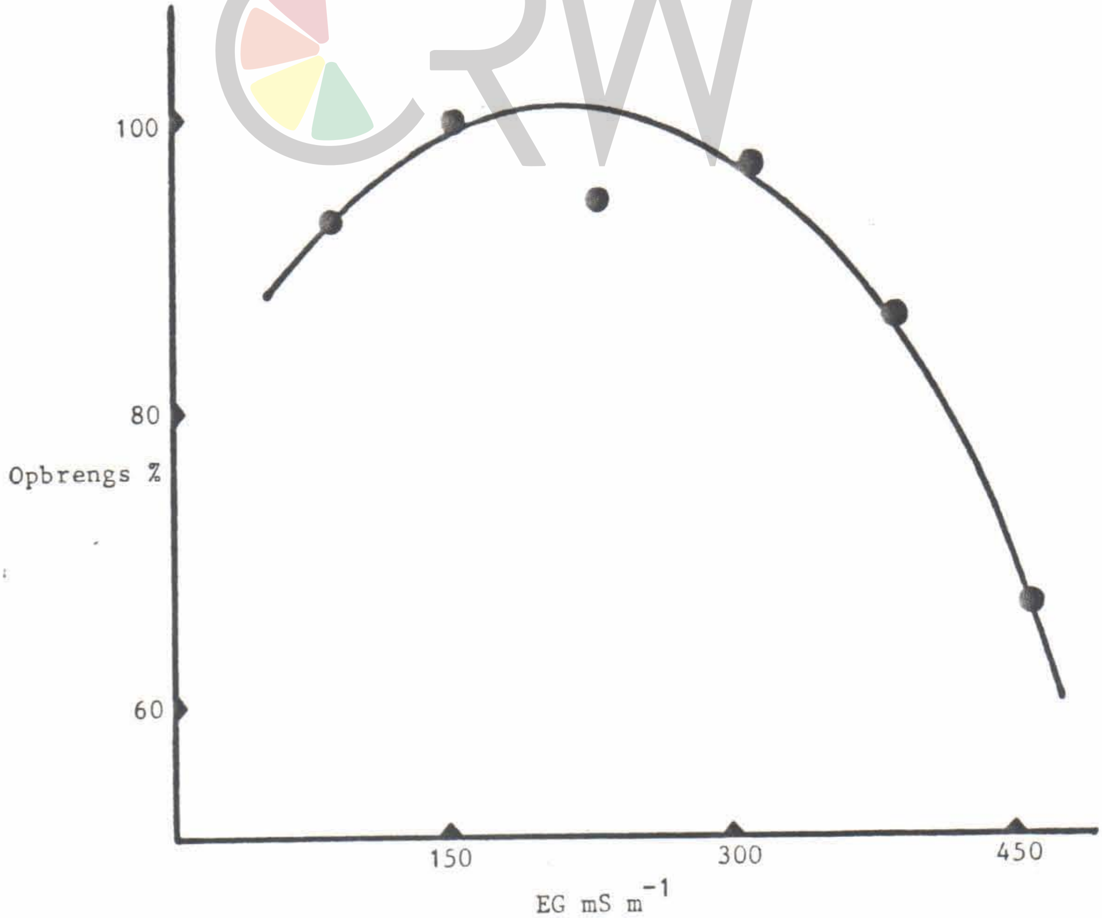
*Tabel 5.2.4 Die korrelasie koëffisiënte** van die liniêre verband tussen vegetatiewe opbrengs van GS en die konsentrasie van die voedingselemente in die oplossing en blare asook die verband tussen die konsentrasie in die blare en voedingsoplossing.

ELEMENT	OPBRENGS TEENOOR		OPLOSSING TEENOOR BLAAR-SAMESTELLING
	OPLOSSING	BLARE	
N	0,86	0,76	0,90
P	0,01	0,00	0,30
K	0,86	0,53	0,79
Ca	0,95	0,96	0,99
Mg	0,70	0,61	0,96
S	0,86	0,72	0,96

*Waardes groter as 0,80 is betekenisvol by 'n toetspeil van 10% (Van Ark, 1981)

en werklike data) geen verband nie en dié van magnesium is daarnaas die swakste, naamlik 0,70. Of hierdie aangepaste opbrengssyfers geregverdig is, is debatteerbaar. In Figuur 5.2.1 dui die verband tussen die EG_o en opbrengs van GS dat laasgenoemde afneem indien EG_o 300 mS m^{-1} oorskry.

Verder dui die verband tussen opbrengs en elementkonsentrasie op 'n sterk verbetering indien die aangepaste opbrengs gebruik word. Dus, indien die onderdrukkende effek van die EG_o as sodanig oorbrug kan word, is veel hoër konsentrasies van die voedingselemente in die oplossing toelaatbaar - konsentrasies veel hoër as die universele voedingsoplossing van Steiner (1980). Nogtans is die aspek nog nie bewys nie en regverdig verdere ondersoek na die optimale konsentrasie van die voedingselemente in 'n oplossing waar die EG_o nie beperkend is nie.



Figuur 5.2.1 Die invloed van die elektriese geleiding van die voedingsoplossing (EG_O) op die vegetatiewe opbrengs van growweskilsuurlemoensaailinge.

Opbrengs - Proef 2

Hierdie resultate is breedvoerig in Hoofstuk 2 bespreek waar aangetoon is dat die optimale EG_o vir GS tussen 150 en 300 en vir TC by 450 mS m^{-1} geleë is.

Stikstof - Proef 1 & 2

Die hoogste konsentrasie stikstof wat in Proef 1 gebruik is, was 356 mg N dm^{-3} (Tabel 5.2.1) en die aangepaste sowel as die werklike opbrengs toon nie 'n afplatting nie. Timmer & Parton (1984) gebruik dieselfde tegniek as in Proef 2 en lei daaruit die konsentrasiegrense vir die voedingselemente af. Volgens Proef 2 se gegewens (Figuur 5.2.1) beteken dit dat die maksimum konsentrasie stikstof in die voedingsoplossing (N_o) 350 mg dm^{-3} moet wees. Indien die onderdrukkende bydrae van EG_o buite rekening gelaat word, sal 'n toename in N_o bokant 350 mg dm^{-3} 'n afname van meer as 10% in opbrengs tot gevolg hê. Omdat die opbrengste van Proef 1 geen afplatting, tot by 'n N_o van 356 mg dm^{-3} toon nie, kan nie aangeneem word dat 350 mg N_o dm^{-3} die maksimum N_o is nie. Die werklike maksimum konsentrasie word grootliks deur die EG_o bepaal. Hierdie aspek verg nog navorsing, omdat die gebruik van nog hoër konsentrasies N_o ook ekonomiese implikasies het. 'n Deel van die voedingstowwe wat op die manier toegedien word, is aan loging onderworpe. Voedingsoplossings is daagliks aan die plante toegedien in hoeveelhede wat ophoping van soute in die substraat sal teëwerk. Dit het ook meegebring dat baie voedingstowwe verlore gaan. Die benutting van toegediende N was dus redelik laag, moontlik een rede waarom 'n verhoging in N_o verhoogde opbrengs gee. Die vraag ontstaan dus of meer gereelde toedienings, maar teen laer konsentrasies, nie dieselfde opbrengs kan lewer nie. In teenstélling met Larsen (1976) en Steiner (1980) vind Clement, Hopper, Canaway & Jones (1974) dat 'n baie lae konsentrasie stikstof voldoende is om raaigras optimaal te voorsien. Coltman (1987) vind ook dat tamaties optimaal kan produseer indien die stikstofvoorsiening ongeveer 0,2 van die "normale" konsentrasie is. In 'n volgende studie (Coltman, 1988) word die nitraatkonsentrasie in die blaarsteel as maatstaf vir die toedieningsvlak van stikstof gebruik. 'n Meer effektiewe benutting van stikstof word so verkry. Ander metodes om die benutting van toegediende stikstof te verhoog, verg nog aandag. Aspekte soos hoë frekwensie-

Tabel 5.2.5 Opbrengs en blaarsamestelling van GS en die substraatontledings soos beïnvloed deur vier stikstofkonsentrasies (NO_3:NH_4 = 3:1) (mg N dm^{-3}) van die voedingsoplossing.

	Konsentrasie N in oplossing				K B V		%
	64	122	274	356	0,01	0,05	Var.
Opbrengs g/boom	53,8	66,5	59,0	71,0	9,1	6,7	10
Konsentrasie in blare (%)							
N	2,81	2,69	3,19	3,44	0,14	0,11	1
P	0,26	0,24	0,25	0,24	NB	NB	18
K	2,56	2,58	2,55	2,70	NB	NB	4
Ca	1,45	1,47	1,35	1,17	0,14	0,11	7
Mg	0,22	0,24	0,23	0,22	NB	NB	13
S	0,25	0,25	0,25	0,24	NB	NB	7
Cl	0,23	0,11	0,05	0,06	0,10	0,07	18
Konsentrasie in blare (mg kg^{-1})							
Cu	6,0	5,6	3,7	4,3	NB	NB	34
Fe	283	145	284	108	22,7	16,0	7
Mn	100	100	115	82	16,9	11,9	11
Zn	44	48	39	51	NB	NB	122
B	135	136	135	135	NB	NB	8
Konsentrasie in substraatekstrak (1:1,5) (mg dm^{-3})							
pH	6,10	6,70	6,30	6,17	0,32	0,22	3
EG mS m^{-1}	30	16	40	35	6,0	4,2	12
P	82	62	89	67	7,5	5,3	6
K	42	36	41	33	NB	NB	15
Ca	42	22	75	53	15,7	11,0	21
Mg	3,0	3,0	5,0	2,7	NB	1,0	27

NB = Nie betekenisvol nie.

toedienings met laer konsentrasies N_o sodat die werklike hoeveelheid N wat per plant toegedien word, in ooreenstemming met die hoeveelheid wat in die plant aangetref word, sal wees. Indien bemesting geskied soos dit in die proewe plaasgevind het, is die massa voedingselemente wat toegedien is baie hoër as wat in die plante aangetref is.

In Tabel 5.2.5 word die blaarontledingsgegewens vir GS vir die vier stikstofbehandelings aangegee. Die stikstofinhoud van die blare (N_b) neem toe soos N_o (bo 122 mg dm^{-3} toeneem (r^2 = 0,90) (Tabel 5.2.4). Die hoogste opbrengs is geassosieer met 3,44% N in die blaar. Volgens Steiner (1980) kan die blaarinhoud van die hoogste presteerder as 'n norm gebruik word. Tabel 5.2.7 bevat die blaarontledingsgegewens in Proef 2 (toenemende totale konsentrasies) en toon dat N_b toeneem soos N_o toeneem. Hierdie luukse opname van N hou egter geen verband met produksie nie, deels omdat die EG van die voedingsoplossing die reaksie oorheers. Waar die N_o trapsgewys verhoog is, dui die positiewe verband tussen aangepaste opbrengs en N_b (r^2 = 0,76) (Tabel 5.2.4) daarop dat blaarontledings as 'n norm gebruik kan word. Die konsentrasie van N_b van 3,44% is egter op die stadium net tentatief. Verdere navorsing word nog vereis om te bepaal wat die optimale waarde, vir maksimum opbrengs, behoort te wees.

Ander aspekte wat uit Tabel 5.2.5 ter sprake kom is die invloed van verhoogde konsentrasies N_o op die opname van ander ione. Indien die blaarsamestelling as maatstaf gebruik word, het verhoogde N_o geen invloed op P_b, K_b, Mg_b en S_b nie. Slegs die opname van Ca soos weerspieël in Ca_b neem af namate N_o toeneem (r^2 = 0,86) (Tabel 5.2.4). Feigin <u>et al</u> (1984) en Wilcox, Magalhaes & Silva (1985) vind dat verhoogde konsentrasie NH_4-N-, K-, Ca- en Mg-tekorte kan induseer. In die proewe was die NO_3:NH_4-verhouding 3:1 (Proef 1) en 1:0 (Proef 2) en kan verwag word dat die invloed van NH_4 deurgaans dieselfde was.

Onder die mikro-elemente toon Fe en Mn variasies. Die enigste werklike verskil is dat die blaarinhoud van albei die elemente 'n laagtepunt bereik by die hoogste N_o-konsentrasie. Elamin & Wilcox (1986) vind dat verhoogde NH_4 Mn-toksisiteite ophef en Mn_b laat afneem.
Die substraatontleding (1:1,5-metode) bied geen addisionele verklaring vir die variasie in Fe en Mn asook die veranderende Ca_b waardes nie.

Tabel 5.2.6 Opbrengs en blaarsamestelling van TC en substraatontledings soos beïnvloed deur vier stikstofkonsentrasies ($NO_3:NH_4$ = 3:1) van die voedingsoplossing (mg N dm^{-3}).

	Konsentrasie N in voedingsoplossing				K B V		%
	64	122	174	356	0,01	0,05	Var.
Opbrengs g/boom	19,7	18,7	23,8	24,7	6,7	4,9	9
Konsentrasie in blare							
N*	3,20	3,60	3,65	4,36	0,22	0,16	4
P*	0,33	0,35	0,34	0,36	NB	NB	9
K*	2,59	2,45	2,32	2,68	0,16	0,11	4
Ca*	2,32	2,04	1,71	1,63	0,22	0,16	7
Mg*	0,29	0,27	0,25	0,29	NB	NB	13
S*	0,33	0,32	0,30	0,31	NB	NB	8
Cl*	0,11	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02	37
Cu**	8,7	7,7	6,7	9,3	NB	NB	24
Fe**	404	344	573	377	47	33	7
Mn**	110	110	94	115	NB	NB	11
Zn**	50	50	39	44	NB	NB	17
B**	167	163	159	165	NB	NB	6
Konsentrasie in substraat (1:1,5)							
pH	6,47	6,37	6,30	6,27	NB	NB	3
EG***	22	25	29	19	4,7	3,3	12
P****	86	77	97	87	NB	NB	10
K****	25	28	32	32	NB	NB	17
Ca****	30	42	44	15	9	6	18
Mg****	3,3	3,0	3,0	2,3	NB	NB	54

NB = Nie betekenisvol nie.

*% ** mg kg^{-1} *** mS m^{-1} **** dm^{-3}

Tabel 5.2.6 bevat die blaar- en substraatontledingsresultate vir TC. In wese verskil die resultate nie van die wat met GS behaal is nie alhoewel die omvang van die reaksie op die behandelings kleiner is. So byvoorbeeld verskil die opbrengste, maar die hoogste konsentrasie verskil nie betekenisvol by 'n toetspeil van 5% nie. So ook die twee laagste konsentrasies. Die Ca_b-waardes neem ook af met toename in N_o. Faita, Ochatt, Calvar, Covatta & Herrero (1984) rapporteer ook 'n goeie reaksie van GS op N toediening en 'n swak reaksie van TC.

Tabel 5.2.7 Blaarsamestelling van GS soos beïnvloed deur die verskillende konsentrasies van voedingstowwe in oplossing soos deur EG (mS m^{-1}) weerspieël.

ELEMENT	EG VAN VOEDINGSOPLOSSING						KBV		KV
	75	150	225	300	375	450	0,01	0,05	%
N*	2,51	3,07	3,15	3,19	3,38	3,46	0,13	0,09	6,39
P*	0,20	0,22	0,23	0,24	0,26	0,28	0,013	0,009	8,40
K*	2,33	2,76	3,50	4,50	4,65	4,74	0,091	0,066	3,77
Ca*	2,06	2,31	2,26	2,30	2,32	2,32	0,064	0,047	4,42
Mg*	0,35	0,36	0,32	0,29	0,28	0,25	0,013	0,010	6,67
S*	0,30	0,31	0,33	0,33	0,33	0,35	NB	0,009	17,62
Fe**	69	88	132	130	150	127	5,82	4,24	7,80
Cu**	3,00	3,67	3,67	3,33	4,67	3,33	NB	NB	31,33
Mn**	33	45	51	57	64	75	3,51	2,56	10,07
Zn**	28	38	43	49	65	78	3,91	2,85	12,13
B**	99	114	121	142	150	163	6,23	4,54	7,37

NB = Nie betekenisvolle verskille

* % ** mg kg^{-1}

Fosfor

Volgens die gegewens in Tabel 5.2.3 neem die werklike opbrengs sowel as die aangepaste syfers af namate die konsentrasie fosfor in die voedingsoplossing (P_o) toeneem. Dit wil dus voorkom asof meer as 23 mg P dm^{-3} in die voedingsoplossing (Tabel 5.2.8) fitotoksies is. Fosfortoksisiteite is bekend by Proteaceae (Thomas, 1974) en Grevillea sp (Nichols, Jones & Beardsell, 1979), maar geen verwysing daarna vir sitrus kon opgespoor word nie. Simpson (1965) kom na 'n literatuurstudie tot die gevolgtrekking dat fosfortoksisiteite 'n groter omvang aanneem as wat besef word. Asher & Loneragan (1967) vind chlorose as gevolg van oormaat P wanneer konsentrasies so laag as 0,15 tot 0,76 mg P dm^{-3} oorskry word. In teenstelling hiermee verhoog Larsen (1976) die P_o van 31 tot 48 mg P dm^{-3} vir kweekhuistamaties en vind Massey & Winsor (1980) geen negatiewe effek met P_o wat van 5 tot 200 mg dm^{-3} verhoog word nie.

Faita et al. (1984) vind dat GS goed op stikstofbemesting reageer, maar geen reaksie op fosfortoedienings kon verkry word nie. Tabel 5.2.5 toon ook 'n baie swak verband tussen opbrengs en P_o, opbrengs en P_b asook tussen P_o en P_b. Die morfologie van die sitruswortel kan moontlik 'n verklaring bied vir die swak reaksie op fosfortoedienings. Itoh & Barber (1983) vind dat die lengte van die wortelhare grootliks die opname van P beïnvloed. Sitruswortels het nie baie wortelhare nie. Kafkafi, Dayan & Akiri (1984) vind dat tamaties P teen 'n konstante tempo opneem, ongeag 'n vyfvoudige verskil in die konsentrasie P in die sirkulerende voedingsoplossing. Dit strook met die huidige opvatting dat produserende sitrusbome fosfor oor die hele jaar opneem. Wanneer opname verbruik oorskry, word dit in die weefsel gestoor vir periodes wanneer die vraag opname oorskry.

In Tabel 5.2.6 word ook die blaarontledingsgegewens vir die P-behandelings aangegee. Die hoogste P_b-waarde van 0,36% is heelwat hoër as die norm van 0,11 tot 0,14 vir produserende bome. Volgens Massey & Winsor (1980) word fosfortoksisiteite waargeneem by tamaties indien P_b 0,73 tot 0,82% oorskry. Asher & Loneragan (1967) vind toksisiteitsimptome by Vulpia myuros en klawers indien P_b 0,9 tot 1,8% beloop. Die reikgebied vir die normale vlakke van tamatieblare is 0,30 tot 0,90% afhangende van die plantdeel en ouderdom (Reuter &

Tabel 5.2.8 Opbrengs en blaarsamestelling van GS en substraatontledings soos beïnvloed deur vier fosforkonsentrasies (mg P dm^{-3}) in die voedingsoplossing.

	Konsentrasie P in oplossing				K B V		%
	23	47	94	141	0,01	0,05	Var.
Opbrengs g/boom	85,3	50,3	64,0	62,8	6,4	4,7	7
Konsentrasie in blare (%)							
N	3,15	3,19	3,38	3,07	NB	NB	5
P	0,26	0,27	0,34	0,29	NB	0,04	11
K	2,55	3,00	2,68	2,15	0,22	0,16	5
Ca	1,63	1,30	1,48	1,01	0,14	0,11	7
Mg	0,24	0,24	0,25	0,18	NB	0,03	13
S	0,25	0,26	0,24	0,24	NB	NB	8
Cl	0,24	0,21	0,29	0,11	0,05	0,03	13
Konsentrasie in blare (mg kg^{-1})							
Cu	4,0	4,3	8,7	2,7	3,1	2,2	39
Fe	254	153	265	178	33	23	10
Mn	107	97	119	80	NB	NB	16
Zn	40	41	44	51	NB	NB	14
B	135	134	134	132	NB	NB	7
Konsentrasie in substraatekstrak (1:1,5) (mg dm^{-3})							
pH	5,70	6,03	6,20	6,50	0,32	0,22	3
EG mS m^{-1}	30	50	31	42	7,7	5,4	13
P	44	63	82	1223	7,8	5,4	6
K	32	43	31	65	6,3	4,4	9
Ca	32	79	42	52	8,2	5,8	10
Mg	3,0	4,3	2,3	5,3	NB	NB	40

NB = Nie betekenisvol nie.

Robinson, 1986). Die P_b-waarde van 0,34 vir GS is bykans driemaal hoër as dié vir produserende bome en fosfortoksisiteit kan moontlik wel voorkom. Indien konifere en lupiene in dieselfde substraat geplant word, toon konifere geen fosfortoksiese simptome nie, maar lupiene wel. Die blaarinhoud van die konifere is 0,3% P en die van lupiene 2,2% (Massey & Winsor, 1980) wat daarop dui dat fitotoksisiteit aan luukse opname gekoppel is.

Die substraatontleding (Tabel 5.2.8) toon 'n toename in die fosforvlak (P_s) soos P_o toeneem. Die verband is baie sterk (r^2 = 0,98), maar werp nie meer lig op die patroon van opname en opbrengs nie.

Troyer citrange toon weer eens soortgelyke resultate (Tabel 5.2.9) as GS.

Tabel 5.2.9 Opbrengs en blaarsamestelling van TC en substraatontledings soos beïnvloed deur vier fosforkonsentrasies (mg P dm^{-3}) in die voedingsoplossing.

	Konsentrasie P in oplossing				K B V		%
	23	47	94	141	0,01	0,05	Var.
Opbrengs g/boom	22,7	18,0	17,7	17,8	3,2	2,3	11
Konsentrasie in blare (%)							
N	4,00	3,83	3,58	3,86	0,22	0,16	4
P	0,34	0,40	0,42	0,47	0,05	0,04	8
K	2,39	2,62	2,59	2,94	0,22	0,16	5
Ca	1,77	1,54	1,28	1,55	0,22	0,16	9
Mg	0,27	0,27	0,25	0,26	NB	NB	12
S	0,28	0,30	0,31	0,30	NB	NB	9
Cl	0,09	0,09	0,08	0,11	NB	NB	28
Konsentrasie in blare (mg kg^{-1})							
Cu	8,7	10,3	10,3	8,7	NB	NB	23
Fe	281	944	800	425	122	86	13
Mn	106	95	88	101	NB	NB	12
Zn	47	41	48	43	NB	NB	15
B	160	137	138	158	NB	NB	8
Konsentrasie in substraatekstrak (1:1,5) (mg dm^{-3})							
pH	6,00	6,23	6,27	6,27	NB	NB	3
EG mS m^{-1}	27	34	27	60	4,9	3,4	8
P	67	69	95	128	12,3	8,6	9
K	28	26	25	26	NB	NB	22
Ca	33	23	19	21	6,9	4,8	18
Mg	3,3	2,0	1,7	1,7	NB	NB	46

NB = Nie betekenisvol nie.

Tabel 5.2.10 Opbrengs en blaarsamesteling van GS en substraatontledings soos beïnvloed deur vier kaliumkonsentrasies (mg K dm^{-3}) in die voedingsoplossing.

	Konsentrasie K in oplossing				K B V		%
	64	150	300	504	0,01	0,05	Var.
Opbrengs g/boom	58,5	50,3	65,7	59,5	7,0	5,2	8
Konsentrasie in blare (%)							
N	3,32	3,07	3,17	3,21	NB	NB	4
P	0,29	0,29	0,24	0,26	NB	NB	15
K	2,18	2,42	2,32	2,94	0,24	0,16	6
Ca	1,28	1,40	0,70	0,89	0,14	0,11	9
Mg	0,23	0,26	0,19	0,18	0,05	0,03	9
S	0,24	0,24	0,24	0,25	NB	NB	9
Cl	0,14	0,20	0,10	0,21	0,03	0,02	13
Konsentrasie in blare (mg kg^{-1})							
Cu	6,0	5,0	4,7	3,7	NB	NB	43
Fe	176	311	157	248	16,6	18,6	8
Mn	88	122	54	67	33	23	25
Zn	50	40	38	39	NB	NB	18
B	134	134	134	134	NB	NB	8
Konsentrasie in substraatekstrak (1:1,5) (mg dm^{-3})							
pH	6,37	6,27	6,20	6,50	NB	NB	2
EG mS m^{-1}	29	29	32	49	20,7	14,5	12
P	74	73	64	99	25,2	17,7	7
K	26	26	36	65	6,3	4,4	10
Ca	32	22	47	49	8,2	5,7	13
Mg	5,0	3,3	4,3	5,3	NB	NB	32

NB = Nie betekenisvol nie.

CRW

Kalium

In Tabel 5.2.10 word die opbrengste en blaarontledingsgegewens van GS soos beïnvloed deur vier konsentrasies kalium in die voedingsoplossing (K_o) aangegee. Die opbrengs bereik 'n maksimum by 300 mg K dm^{-3} en plat af na weerskante van die konsentrasie. Timmer & Parton (1984) vind dieselfde tendens met rooiden. By 64 mg K dm^{-3}, die laagste konsentrasie van kalium, is die opbrengs egter hoër as by 150, maar dieselfde as by 504 mg K dm^{-3}. Die liniêre verband tussen K_o en opbrengs is swak (r^2 = 0,15). Indien vir die verhoging in EG_o van 330 tot 465 mS m^{-1} gekompenseer word, verbeter die verwantskap (r^2 = 0,86), die hoogste opbrengs is dan by 504 mg K dm^{-3}. Timmer & Parton (1984) maak nie voorsiening vir die remmende invloed van EG_o op vegetatiewe produksie nie en gebruik die paraboliese opbrengskromme om die twee konsentrasiegrense van die voedingselemente in oplossing te bepaal.

Die optimale K_o is dus 300 mg dm^{-3} met 'n sterk moontlikheid dat indien die EG_o beheer kan word, nog hoër konsentrasies beter opbrengste kan lewer. Soos die geval met stikstof is dit 'n aspek wat ondersoek moet word.

Die blaarontledings toon dat die hoogste opbrengs by 'n K_b van 2,32% K en die hoogste aangepaste opbrengs by 2,94% K verkry word. Die K_b van 2,94% verteenwoordig dus 'n luukse opname of, indien die kompensasie in ag geneem word, bevestig dit dat hoër K_o benodig word om hoër produksies te bewerkstellig. Hierdie tendens is ook met stikstof en 'n mindere mate met fosfor verkry. Die hoër K_b wat by die hoogste K_o aangetref word, is dus aan luukse opname te wyte of weerspieël weer eens die remmende invloed van die hoë EG_o op vegetatiewe produksie.

Hoë konsentrasies van kalium in die voedingsoplossing het geen invloed op die blaarkonsentrasie van N, P en S nie. Die Ca_b-waardes toon verskille, maar geen definitiewe patroon is waarneembaar nie. By 'n K_o van 64 word 1,28% Ca in die blare aangetref wat styg na 1,40 (K_o = 150) en dan afneem na 0,70% (K_o = 300) en 0,89% (K_o = 500). Opname van magnesium word onderdruk en by die twee laagste K_o-vlakke is die Mg_b die hoogste, naamlik 0,23 en 0,26% wat

Tabel 5.2.11 Opbrengs en blaarsamestelling van TC en substraatontledings soos beïnvloed deur vier kaliumkonsentrasies (mg K dm^{-3}) in die voedingsoplossing.

	Konsentrasie K in oplossing				K B V		%
	64	150	300	504	0,01	0,05	Var.
Opbrengs g/boom	17,3	18,7	21,7	19,0	2,4	1,7	9
Konsentrasie in blare (%)							
N	3,79	3,92	3,90	3,75	NB	NB	4
P	0,41	0,37	0,38	0,40	NB	NB	9
K	1,45	2,43	2,81	2,87	0,16	0,11	4
Ca	0,80	1,79	1,54	1,35	0,16	0,11	7
Mg	0,23	0,26	0,26	0,26	NB	NB	11
S	0,31	0,30	0,30	0,31	NB	NB	9
Cl	0,04	0,06	0,04	0,08	NB	0,02	30
Konsentrasie in blare (mg kg^{-1})							
Cu	2,7	9,0	10,7	8,0	3,7	2,6	31
Fe	775	287	810	805	61	43	6
Mn	39	105	89	78	19	13	15
Zn	51	49	44	39	NB	NB	18
B	95	163	162	155	17	12	8
Konsentrasie in substraatekstrak (1:1,5) (mg dm^{-3})							
pH	6,07	6,13	6,07	6,07	NB	NB	3
EG mS m^{-1}	82	33	60	40	7,4	5,2	9
P	54	59	61	65	NB	NB	12
K	74	63	396	457	21	15	5
Ca	18	27	37	49	8,0	5,6	15
Mg	2,7	3,0	3,3	3,3	NB	NB	40

NB = Nie betekenisvol nie.

daal na 0,19 en 0,18% Mg indien K_o na 300 - 500 mg dm^{-3} verhoog word. Hierdie onderdrukkende invloed van K op Mg is 'n ou bekende in sitrusverbouing en word algemeen in kommersiële boorde aangetref (Reuther, Batchelor & Webber, 1968). Soos hierbo aangedui, is die blaarvlakke van N, P en K vir kwekerye, waar die hoogste opbrengs behaal is, heelwat hoër as die norme wat vir kommersiële boorde gebruik word. In dié lig is die Mg_b van 0,18 en 0,19% wat by die hoë K_o-vlakke verkry is, besonder laag. Die normale Mg_b vir kommersiële boorde is 0,35 tot 0,50%. Die voedingsoplossing het 45 mg Mg dm^{-3} bevat, wat volgens Steiner (1980) voldoende is vir die meeste plante. 'n Verhouding van 300:45 K_o tot Mg_o en meer, rem dus die opname van magnesium. Volgens die resultate van Proef 2 (Tabel 5.2.7), waar die onderlinge verhouding van die elemente konstant gehou is, neem Mg_b steeds af namate K_o en Ca_o toeneem. Alhoewel Mg_o van 25 na 127 mg dm^{-3} toegeneem het, het Mg_b van 0,35 tot 0,25% afgeneem. Hierdie resultaat is belangrik en stel 'n perk aan die K_o wat gebruik kan word. Volgens Figuur 5.2.1 is die hoogste opbrengs van GS tussen 150 en 300 mS m^{-1} verkry. Dit stem ooreen met K_b van 2,76 tot 4,50% wat heelwat hoër is as die 2,32% K wat by 300 mg K dm^{-3} in die voedingsoplossing verkry is. Selfs die K_b by 500 mg K dm^{-3} is laag (2,94%) in vergelyking met die 4,50% K van Proef 2, waar K_o slegs 441 mg dm^{-3} was. Albei proewe toon dat kalium in luukse hoeveelhede opgeneem word en dat die K_b nie aan die opbrengs gekoppel kan word nie. Indien die voorstel van Steiner (1980) gevolg word om die samestelling van die beste presteerder as norm te neem, sal 'n K_b van tussen 2,32% (Proef 1) en 2,76% (Proef 2) as norm kan dien.

Die kaliuminhoud van die substraat (K_s) neem toe soos die K_o bo 150 mg dm^{-3} toeneem (Tabel 5.2.10). Waar K_o 64 mg dm^{-3} was het K_s 26 mg dm^{-3} ontleed wat toegeneem het tot 65 mg dm^{-3} mét K_o 500 mg dm^{-3}. Die gegewens dra nie by om die vorige te verklaar nie. Gekoppel aan die hoogste opbrengs is 'n K_s van 36 mg dm^{-3} wat effens laer is as die norm wat in Holland vir veenmengsels saamgestel is.

Tabel 5.2.12 Opbrengs en blaarsamestelling van GS en substraatontledings soos beïnvloed deur vier kalsiumkonsentrasies (mg Ca dm^{-3}) in voedingsoplossing.

	Konsentrasie Ca in oplossing				K B V		% Var.
	41	121	272	367	0,01	0,05	
Opbrengs g/boom	56,5	63,7	65,2	56,0	NB	6,0	9
Konsentrasie in blare (%)							
N	3,52	3,17	3,19	3,21	0,16	0,11	3
P	0,27	0,30	0,27	0,26	NB	NB	15
K	2,82	2,71	2,90	2,16	0,36	0,25	8
Ca	0,56	0,92	1,45	1,73	0,16	0,11	9
Mg	0,22	0,21	0,24	0,22	NB	NB	13
S	0,25	0,25	0,25	0,24	NB	NB	8
Cl	0,05	0,13	0,28	0,46	0,04	0,03	11
Konsentrasie in blare (mg kg^{-1})							
Cu	4,7	3,3	8,0	3,7	NB	2,0	37
Fe	286	148	171	97	35	25	13
Mn	79	73	101	101	NB	12,8	13
Zn	50	42	42	39	NB	NB	8
B	131	131	129	125	NB	NB	8
Konsentrasie in substraatekstrak (1:1,5) (mg dm^{-3})							
pH	6,27	6,50	6,03	6,37	NB	NB	4
EG mS m^{-1}	27	30	37	39	4,9	3,4	9
P	67	70	59	65	NB	NB	8
K	26	30	41	40	8,0	5,6	15
Ca	28	26	45	52	7,6	5,3	13
Mg	3,3	4,3	4,0	3,0	NB	NB	35

NB = Nie betekenisvol nie.

Tabel 5.2.13 Opbrengs en blaarsamestelling van TC en substraatontledings soos beïnvloed deur vier kalsiumkonsentrasies (mg Ca dm^{-3}) in die voedingsoplossing.

	Konsentrasie Ca in oplossing				K B V		% Var.
	41	121	272	367	0,01	0,05	
Opbrengs g/boom	23,0	22,5	14,2	14,2	2,2	1,6	8
Konsentrasie in blare (%)							
N	4,23	3,69	3,73	3,52	0,22	0,16	4
P	0,41	0,39	0,46	0,35	NB	0,04	8
K	2,60	2,48	2,31	2,12	0,22	0,16	6
Ca	1,01	1,55	1,59	2,26	0,16	0,11	6
Mg	0,29	0,25	0,25	0,23	NB	NB	24
S	0,30	0,31	0,29	0,30	NB	NB	9
Cl	0,02	0,07	0,09	0,19	0,04	0,02	24
Konsentrasie in blare (mg kg^{-1})							
Cu	8,3	5,3	6,7	7,7	NB	NB	33
Fe	146	241	755	206	35	25	7
Mn	81	63	107	109	16	11	11
Zn	39	42	50	39	7	5	10
B	164	117	149	147	18	12	8
Konsentrasie in substraatekstrak (1:1,5) (mg dm^{-3})							
pH	6,27	6,00	6,07	6,00	NB	NB	4
EG mS m^{-1}	18	21	36	44	5,9	4,1	12
P	66	68	54	41	10,6	7,5	12
K	51	61	48	66	NB	NB	16
Ca	11	10	52	72	8,7	6,1	15
Mg	2,7	2,7	1,3	1,3	NB	NB	58

NB = Nie betekenisvol nie.

Troyer citrange toon dieselfde tipe reaksie op verhoogde toedienings van kalium deur die voedingsoplossing (Tabel 5.2.11). Die hoogste opbrengs word by K_o = 300, K_b = 2,81 en K_s = 396 aangetref.
Anders as by GS word magnesium-opname nie deur die verhoogde K_o onderdruk nie.

Kalsium

Die resultate van Proef 1 in Tabel 5.2.12 toon die reaksie van GS op vier konsentrasies van kalsium in die voedingsoplossing (Ca_o). Die vegetatiewe opbrengs bereik die hoogste vlak by Ca_o van 121 en 272 mg dm^{-3}. Volgens die resultate van Proef 2 word die hoogste opbrengs met Ca_o van 169 mg Ca dm^{-3} behaal. Volgens die paraboliese opbrengskromme word die hoogste opbrengs by 254 mg Ca dm^{-3} behaal. Die twee konsentrasies van die twee proewe lê bymekaar (254 en 272 mg Ca dm^{-3}) maar is aansienlik hoër as die in die universele oplossing van Steiner (1980) naamlik 180 mg Ca dm^{-3}.

Verhoogde Ca_o konsentrasies verhoog die kalsiuminhoud van die blare (Ca_b) van GS (Tabel 5.2.12). Met Ca_o gelyk aan 41 mg dm^{-3} is Ca_b 0,56% wat toeneem tot 1,73% by Ca_o van 367 mg dm^{-3}.
Tabel 5.2.7 toon egter dat indien al die ander elemente ook saam met Ca verhoog word, die Ca_b aanvanklik wel toeneem, maar by Ca_o van 2250 mg dm^{-3} afplat. In Proef 1 is die hoogste opbrengs met 'n Ca_b van 1,45% Ca geassosieer (Tabel 5.2.12). In Proef 2 is die hoogste opbrengs met Ca_b van 2,31% Ca geassosieer. Die twee waardes verskil wesentlik. Die kalsiuminhoud van die blare van sitrusbome wissel veral met die ouderdom van die blare (Reuther _et al_., 1968). Alhoewel blare van dieselfde plantposisie gepluk is, kan ouderdomsverskille ten minste vir 'n deel van die wye variasie verantwoordelik gewees het.

Verhoogde Ca_o beïnvloed N_b, K_b en Fe_b van GS, maar geen vaste patroon kon waargeneem word nie. By 'n baie lae Ca_o (41 mg Ca dm^{-3}) is N_b op sy hoogste (3,52%) wat afneem en geen verskil by Ca_o van 121 tot 367 mg dm^{-3} toon nie. Die kaliuminhoud van die blare, daarenteen, toon weer net 'n verskil by die hoogste Ca_o. Dit wil dus voorkom asof 'n Ca_o van meer as 272 mg dm^{-3} kaliumopname benadeel.

Tabel 5.2.14 Opbrengs en blaarsamestelling van GS en substraatontledings soos beïnvloed deur vier magnesiumkonsentrasies (mg Mg dm^{-3}) in die voedingsoplossing.

	Konsentrasie Mg in oplossing				K B V		%
	23	46	96	142	0,01	0,05	Var.
Opbrengs g/boom	59,7	51,3	44,5	62,0	7,6	5,6	5
Konsentrasie in blare (%)							
N	3,19	3,10	3,16	2,98	NB	0,11	3
P	0,28	0,29	0,30	0,26	NB	NB	15
K	2,47	2,75	2,65	2,32	0,16	0,11	4
Ca	1,33	1,34	1,06	1,03	0,16	0,11	8
Mg	0,21	0,26	0,29	0,34	0,05	0,03	11
S	0,23	0,25	0,22	0,24	0,03	0,02	7
Cl	0,18	0,23	0,16	0,10	0,04	0,03	14
Konsentrasie in blare (mg kg^{-1})							
Cu	7,3	6,7	3,7	2,7	NB	2,0	36
Fe	197	227	250	184	27	19	8
Mn	113	126	100	93	NB	14	11
Zn	42	45	47	50	NB	NB	11
B	134	130	131	129	NB	NB	7
Konsentrasie in substraatekstrak (1:1,5) (mg dm^{-3})							
pH	6,93	6,60	6,50	6,27	0,28	0,19	3
EG mS m^{-1}	32	29	19	24	NB	5,4	19
P	66	73	56	56	8,7	6,2	9
K	39	34	29	26	6,6	4,6	13
Ca	35	22	16	20	6,0	4,2	16
Mg	2,0	3,0	4,3	6,0	NB	1,6	38

NB = Nie betekenisvol nie.

Uit die substraatontledingsresultate (Tabel 5.2.12) word 'n toename in kalsiuminhoud van die substraat (Ca_s) aangetoon. Die hoogste opbrengs is met Ca_s van 45 mg dm^{-3} geassosieer. Dit is laer as die 60 - 80 mg Ca dm^{-3} van Naaldwijk (Anon., datum onbekend).

Troyer citrange reageer heeltemal anders teenoor toenemende Ca_o as GS. By 41 en 121 mg Ca dm^{-3} is die hoogste opbrengste aangetref wat skerp afneem by Ca_o van 272 en 367 mg dm^{-3}. Die Ca_b neem toe soos Ca_o toeneem en die hoogste opbrengste is met Ca_b van 1,01 en 1,55% geassosieer wat goed vergelyk met die 1,45% Ca_b van GS. Die onderdrukkende effek van Ca by hoë Ca_o-vlakke op die opname van K word beter deur TC as GS geïllustreer. By Ca_o van 41 mg dm^{-3} is K_b 2,60% wat afneem na 2,12% by Ca_o van 367. Die N_b is, soos by GS, die hoogste (4,23%) by die laagste Ca_o, dit neem dan af tot 3,52% by Ca_o van 367 mg dm^{-3}. Die mikro-elementkonsentrasie in die blare toon verskille by verskillende behandelings, maar geen patroon kom na vore nie. Substraatontledings toon 'n toename in Ca_s soos Ca_o toeneem, maar die laagste vlak van 10 tot 11 mg dm^{-3} word by die hoogste opbrengs en laagste Ca_o aangetref.

Magnesium

In Tabel 5.2.14 word die resultate vir die vier magnesiumbehandelings aangegee. Die hoogste opbrengs is geassosieer met 'n magnesiumkonsentrasie van 23 en 142 mg Mg dm^{-3} in die voedingsoplossing (Mg_o), die twee uiterste konsentrasies van Proef 1. In Proef 2 word die hoogste opbrengs met Mg_o van 53 tot 79 mg dm^{-3} geassosieer. Hierdie twee konsentrasies is baie na aan dié twee wat swak in proef 1 presteer het, naamlik 46 en 96 mg Mg dm^{-3}. Steiner (1980) beveel 'n Mg_o van 48 mg dm^{-3} aan wat meer ooreenstem met die resultate vir Proef 2.

Toenemende Mg_o het 'n toename in die magnesiuminhoud van die blare (Mg_b) van GS tot gevolg. Die hoogste opbrengs in Proef 1 is met 'n Mg_b van 0,21 en 0,34% geassosieer. By Proef 2 was die hoogste opbrengste by Mg_b van 0,32 tot 0,36 bereik. Hierdie waardes stem ooreen met dié wat vir kommersiële boorde gebruik word (Reuther et al., 1968). Alluf (1986) koppel 'n goeie prestasie aan Mg_b van 0,40%.

Tabel 5.2.15 *Opbrengs en blaarsamestelling van TC en substraatontledings soos beïnvloed deur vier magnesiumkonsentrasies (mg Mg dm^{-3}) in die voedingsoplossing.*

	Konsentrasie Mg in oplossing				K B V		%
	23	46	96	142	0,01	0,05	Var.
Opbrengs g/boom	20,5	14,2	20,3	17,3	2,6	1,9	10
Konsentrasie in blare (%)							
N	3,86	3,87	3,70	3,68	NB	NB	4
P	0,40	0,38	0,37	0,38	NB	NB	8
K	2,67	2,58	2,49	2,48	NB	NB	6
Ca	1,64	1,59	1,64	1,56	NB	NB	11
Mg	0,27	0,27	0,30	0,33	NB	NB	4
S	0,29	0,30	0,31	0,29	NB	NB	7
Cl	0,07	0,07	0,06	0,06	NB	NB	29
Konsentrasie in blare (mg kg^{-1})							
Cu	9,3	9,7	9,7	7,7	NB	NB	34
Fe	167	184	133	128	26	18	11
Mn	109	103	97	94	NB	NB	12
Zn	38	40	44	47	NB	NB	17
B	163	161	159	157	NB	NB	7
Konsentrasie in substraatekstrak (1:1,5) (mg dm^{-3})							
pH	5,83	6,10	6,20	6,13	NB	NB	3
EG mS m^{-1}	13	38	13	28	5,3	3,8	15
P	50	68	51	64	10,9	7,7	12
K	62	61	62	126	15,1	10,6	12
Ca	24	23	17	21	NB	NB	22
Mg	2,0	3,3	3,0	5,0	NB	NB	51

NB = Nie betekenisvol nie.

Verhoogde Mg_o bo 46 mg dm^{-3} verminder die Ca_b by GS. In Proef 1 daal die Ca_b van 1,33% tot 1,03% indien Mg_o van 23 en 46 tot 142 mg dm^{-3} styg. Die K_b-waardes wissel, maar sonder 'n definitiewe patroon. In Proef 2 word die invloed van verhoogde Mg_o op die K_b, Mg_b en Ca_b deur wisselwerking tussen K_o en Mg_o vertroebel.

Die substraatontledings in Proef 1 toon 'n afname in Ca_s, K_s en P_s maar geen verskil in Mg_s nie soos die Mg_o toeneem. Die hoogste opbrengs is met Mg_s van 2,0 en 6,0 mg Mg dm^{-3} geassosieer. Die waardes is baie laer as die wat in Holland as norm gebruik word (Anon, datum onbekend).

Troyer citrange toon soortgelyke resultate as GS. Die hoogste opbrengs is met 23 en 96 mg Mg_o dm^{-3}, 0,27 tot 0,30% Mg_b en met 2,0 en 3,0 mg Mg_s dm^{-3} geassosieer.

Swawel

Volgens die blaarontledingsnorme vir kommersiële boorde bevat blare van sitrusbome meer swawel as fosfor (Stanton & Basson, 1970). In Proef 1 is die hoogste opbrengs met 'n konsentrasie van 76 mg S dm^{-3} voedingsoplossing (S_o) verkry (Tabel 5.2.16). In Proef 2 is die S_o waardes 72 tot 108 mg S dm^{-3}. Die waardes stem goed ooreen met dié van Steiner (1980) se universele oplossing.

'n Toename in S_o het 'n definitiewe afname in kalsiuminhoud van die blare (Ca_b) tot gevolg. Indien S_o 21 mg dm^{-3} is, is Ca_b 1,46% wat afneem tot 0,88% Ca met S_o 239 mg dm^{-3}. Dit kan deels as gevolg van die presipitasie van kalsium as die sulfaat wees, maar die substraatontleding bevestig nie die afleiding nie. Die swawelinhoud van die blare (S_b) neem toe soos S_o toeneem. In Proef 1 is die hoogste opbrengs met S_b gelyk aan 0,26% geassosieer. By Proef 2 is die S_b 0,31% tot 0,33% by die hoogste opbrengs. Hierdie S_b-waardes stem goed ooreen met die S_b van vrugdraende lote waar die norm 0,20% tot 0,30% is.

Tabel 5.2.16 Opbrengs en blaarsamestelling van GS en substraatontledings soos beïnvloed deur vier swawelkonsentrasies (mg S dm⁻³) in die voedingsoplossing.

	Konsentrasie S in oplossing				K B V		% Var.
	21	76	152	239	0,01	0,05	
Opbrengs g/boom	55,3	66,3	52,2	59,0	6,5	4,8	8
Konsentrasie in blare (%)							
N	3,13	2,91	2,90	3,39	0,16	0,11	3
P	0,29	0,28	0,25	0,31	0,06	0,05	14
K	2,45	2,28	2,24	2,43	NB	NB	4
Ca	1,46	1,17	0,90	0,88	0,16	0,11	9
Mg	0,26	0,22	0,22	0,22	NB	NB	12
S	0,20	0,26	0,34	0,38	0,04	0,03	9
Cl	0,34	0,25	0,07	0,04	0,03	0,02	13
Konsentrasie in blare (mg kg^{-1})							
Cu	3,7	4,0	4,7	4,7	NB	NB	42
Fe	144	188	268	202	28	20	9
Mn	130	106	86	82	21	15	13
Zn	40	41	45	41	NB	NB	11
B	127	127	127	129	NB	NB	8
Konsentrasie in substraatekstrak (1:1,5) (mg dm^{-3})							
pH	6,10	6,47	6,27	6,40	NB	NB	4
EG mS m^{-1}	24	26	20	20	NB	NB	14
P	53	71	64	60	8,36	6,22	8
K	39	35	25	29	6,00	4,47	12
Ca	16	14	16	13	NB	NB	19
Mg	2,7	3,3	1,7	2,0	NB	NB	51

NB = Nie betekenisvol nie.

Tabel 5.2.17 Opbrengs en blaarsamestelling van TC en substraatontledings soos beïnvloed deur vier swawelkonsentrasies (mg S dm⁻³) in die voedingsoplossing.

	Konsentrasie S in oplossing				K B V		% Var.
	21	76	152	239	0,01	0,05	
Opbrengs g/boom	12,2	16,3	16,2	16,5	2,6	1,9	12
Konsentrasie in blare (%)							
N	3,60	3,82	3,91	3,82	0,16	0,11	3
P	0,39	0,39	0,41	0,38	NB	NB	8
K	2,33	2,41	2,38	2,38	NB	NB	4
Ca	1,52	1,60	1,61	1,63	NB	NB	6
Mg	0,27	0,26	0,26	0,26	NB	NB	11
S	0,32	0,40	0,44	0,41	0,04	0,03	6
Cl	0,16	0,09	0,06	0,03	0,03	0,02	26
Konsentrasie in blare (mg kg^{-1})							
Cu	8,3	10,7	6,7	7,3	NB	NB	25
Fe	138	274	598	138	34	24	7
Mn	120	125	131	101	NB	12	9
Zn	41	42	45	44	NB	NB	10
B	150	149	152	150	NB	NB	13
Konsentrasie in substraatekstrak (1:1,5) (mg dm^{-3})							
pH	6,07	6,13	6,37	5,90	NB	NB	4
EG mS m^{-1}	22	23	101	220	24	17	17
P	47	39	61	30	8,3	5,8	12
K	48	45	53	58	NB	NB	14
Ca	10	12	53	69	10,8	7,6	19
Mg	1,0	1,3	5,0	1,7	1,9	1,33	53

NB = Nie betekenisvol nie.

Troyer citrange lewer die beste prestasie indien S_o tussen 76 en 239 mg S dm^{-3} en 'n S_b tussen 0,40 en 0,41% S is (Tabel 5.2.17). Wortelopbrengste het geen betekenisvolle verskille getoon nie.

GEVOLGTREKKING

Die konsentrasie van die voedingselemente in die voedingsoplossing is swak met opbrengs gekorreleer. Indien aanpassings om vir die hoë EG van die oplossings te kompenseer gemaak word, word betekenisvolle korrelasies tussen opbrengs en die konsentrasie van N, K, Ca en Mg verkry. Alhoewel die aanpassings moontlik nie regverdigbaar is nie, dui dit egter daarop dat die konsentrasies van die elemente moontlik veel hoër kan wees mits die EG binne perke gehou kan word.

Die stikstofkonsentrasie in die voedingsoplossing het gewissel van 64 tot 356 mg N dm^{-3} en geen afplatting in opbrengs is verkry nie. Hoër opbrengste is dus moontlik met hoër konsentrasies, maar weer eens moet die EG van die voedingsoplossing binne perke gehou word. Die totale massa stikstof wat oor die groeiperiode toegedien is, was baie meer as dié wat deur die plant opgeneem is. Die doeltreffendheid was dus laag. Indien die doeltreffendheid verbeter kan word, kan heelwaarskynlik met veel laer konsentrasies optimaal geproduseer word. Kalium, Ca en Mg toon soortgelyke reaksie as N en alhoewel oor die algemeen 'n toename in opbrengs met toename in konsentrasie van die elemente in die voedingsoplossing verkry is, was daar baie uitsonderings wat die resultaat kompliseer.

Die hoogste opbrengs is by die laagste fosforkonsentrasie verkry wat op moontlike fosfortoksisiteit by hoër konsentrasies dui. Troyer citrange het soortgelyke resultate as GS gegee maar is minder sensitief.

Die volgende konsentrasies van die voedingselemente in oplossings behoort groei van GS en TC-saailinge baie goed te onderhou:

N: meer as 350 mg dm^{-3}
P: 25 mg dm^{-3}
K: 300 mg dm^{-3}
Ca: 120 tot 272 mg dm^{-3}
Mg: 25 mg dm^{-3}
S: 75 mg dm^{-3}

Die konsentrasie van die voedingselemente in die blare korreleer goed met dié in die voedingsoplossing. Die korrelasie tussen blaarinhoud en opbrengs is egter swak. Hoë konsentrasies van die elemente in die blare, dui op luukse opname by hoë konsentrasies in die voedingsoplossing.

Substraatontledings volg dieselfde patroon as blaarontledings. Goeie verwantskappe tussen substraatinhoud en die konsentrasie van die voedingselemente in die oplossing is gevind, maar die korrelasies tussen substraatinhoud en opbrengs is swak.

CRW

Tabel 5.3.1 Beskrywing van die van bemestingsmetode wat gebruik is om GS- en TC-saailinge in silikasand te kweek.

BEHANDELING NR.	BESKRYWING
1 en 8	Volledige voedingsoplossing saamgestel uit Aquapon I en II met EG van 200 mS m^{-1}
2	1500 g Superfosfaat plus 1000 g dolomitiese kalk plus 300 g FTE 504 m^{-3} plus N & K deur die besproeiingswater teen 250 mg N en 150 mg K dm^{-3}
3 en 9	Soos 2 maar met 3000 g Superfosfaat.
4	Soos 2 maar met 500 g magnesiumsulfaat en 1000 g gips in plaas van dolomitiese kalk.
5	Soos 4 maar met 300 g Superfosfaat.
6 en 13	3000 g Nutricote^{R} m^{-3}.
7 en 14	6000 g Nutricote^{R} m^{-3}.
10	Soos 3 maar met 4500 g superfosfaat m^{-3}.
11	Soos 4 maar sonder magnesiumsulfaat maar met magnesium teen 50 mg dm^{-3} in die besproeiingswater.
12	Soos 11 maar met 4500 g superfosfaat.

In behandelings 1 tot 7 is die plante vir 16 weke en in behandelings 8 tot 14 vir 28 weke gekweek.

5.3 KOMBINASIES VAN BEMESTINGSMETODES VIR SITRUSSAAILINGE

In Hoofstuk 5.2 is voedingsbesproeiing geëvalueer en sekere voordele en beperkings veral ten opsigte van die EG van voedingsoplossing (EG_o) is uitgelig. Die gebruik van stadigoplossende misstowwe (SOM) is deur verskeie navorsers vir gebruik in sitruskwekerye beproef (o.a. Lee, et al, 1983).

Die doel van hierdie faset van die ondersoek is om voedingsbesproeiing en SOM te kombineer om sodoende die koste van SOM en die hoë elektriese geleiding van die voedingsoplossing vir sproeibemesting te oorbrug. Sekere kunsmisstowwe wat algemeen vir landbou gebruik word, kan as SOM dien. So byvoorbeeld kan superfosfaat, wat stadiger as ander wateroplosbare misstowwe loog, en gips of kalk gebruik word.

In die resultate van Lee et al. (1983) en Offer & Allan (1987) het Nutricote^R goed presteer en, ten einde 'n vergelyking tussen die drie belangrikste metodes vir bemesting van sitrussaailinge te tref, is Nutricote^R as kontrole ingesluit. Verskeie fosforbronne wat wissel in die wateroplosbare komponent, is beskikbaar. Hierdie bronne kan as SOM dien en die verskillende bronne sal ook geëvalueer word.

Prakties gesproke, sal kombinasies van goedkoop voedingselementbronne soos gips, kalk en fosfate, gekombineer met 'n voedingsoplossing wat daardie element bevat wat maklik uit die substraat loog of wat duur is om as SOM aan te wend, wenslik wees. 'n Relatief goedkoop bemestingsprogram kan dus geformuleer word. Kalsium reageer maklik met fosfate en sulfate om onoplosbare soute te vorm, wat weer in voedingsoplossings probleme skep. Indien die kalsium dus vooraf ingemeng kan word, sal dit ook die probleem verlig.

Prosedures

Verskeie kombinasies is in twee proewe gedurende 1984 en 1985 geëvalueer. Behandelings 1 tot 7 is in 1984 en 8 tot 14 in 1985 op saailinge van GS toegepas. In Tabel 5.3.1 word die behandelings beskryf. Die aangeduide massas is met een m^3 silikasand (kyk na Tabel 2.1.1, sand nommer 2, vir eienskappe van die sand) gemeng voordat dit in agt dm^{-3} swart plastieksakkies geplaas is. Die superfosfaat wat gebruik is, bevat 10,5% wateroplosbare fosfor en 20,7% kalsium. Dié dolomitiese kalk bevat

22,54% Ca en 10,46% Mg met 'n neutralisasievermoë (HCl-metode) van 87%. Die magnesiumsulfaat bevat 8,9% Mg en 13,2% S en die gips 23,1% Ca en 17,9% S. Die mikro-elemente is voorsien deur 300 g m^{-3} FTE504[R] wat 3,8% B, 7,0% Cu, 14,0% Fe, 0,07% Mo, 7,0% Zn en 7,0% Mn in 'n glasuurde vorm bevat. Nutricote[R] bevat 13% N, (5,5% NH_4-N), 5,8% P en 9,1% K plus die ander elemente in ongespesifiseerde hoeveelhede. Die 270 dae formulasies is gebruik.

In behandelings 1 en 8 was die EG_o 200 mS m^{-1}, en in behandelings 2, 3, 4, 5, 9 en 10 was die EG_o 180 mS m^{-1}. By behandelings 11 en 12 was die EG_o 190 mS m^{-1}. In Hoofstuk 2.1 is beskryf hoe die saailinge versorg en uitgedun is totdat twee saailinge per agt dm^3-sak oorgebly het. Hierdie twee saailinge per houer is vir nog 16 weke (1984) en 28 weke (1985) aan die behandelings onderwerp. Die langer kweekperiode gedurende 1985 is ingebring in 'n poging om die SOM uit te put.

Die substrate is gemonster voordat die eerste besproeiing plaasgevind het, op 10 weke en nadat die saailinge geoes is en volgens die 1:1,5 (v/v)-metode (Sonneveld et al., 1974) ontleed. Die monsters op die 10 weke stadium is versamel deur 'n 25 mm pyp in die houer te druk en sodoende 'n snit van bo tot onder uit die houer te neem. Waar Nutricote[R] gebruik is, is die substraat deur 'n 2 mm sif van die SOM-korrels geskei. Dit is gedoen om te verhoed dat die Nutricote[R]-korrels ekstra voedingselemente tydens ekstraksie vrystel.

Teen die einde van die proefperiode is die blaar- en substraatmonsters versamel en ontleed soos in Hoofstuk 2.1 beskryf. Statistiese verwerkings is ook soos in Hoofstuk 2.1 genoem, uitgevoer. As gevolg van die gebrek aan reaksie wat met wortelmonsters in vorige proewe verkry is, is geen worteldata versamel nie.

RESULTATE EN BESPREKING

Geen blaarsimptome is opgemerk nie, maar die blare van kleiner plante was ook kleiner as dié van groter plante.

Tabel 5.3.2 Vegetatiewe opbrengs van growweskilsuurlemoensaailinge soos deur verskeie bemestingsmetodes beïnvloed.

1984 BEHANDELING NR.	OPBRENGS 1984 g	%*	%**	1985 BEHANDELING NR.	OPBRENGS 1985 g	%*
1	48,50	80	83	8	82,50	88
2	55,00	90	94	9	76,00	81
3	60,83	100	104	10	87,00	93
4	48,00	79	82	11	83,00	89
5	51,50	85	88	12	80,50	86
6	51,67	85	89	13	63,50	68
7	58,33	96	100	14	93,50	100
KBV 0,01	3,75				NB	
0,05	2,85				6,31	
KV %	8,51				14,55	

g = g per boom.

* = % van hoogste opbrengs.

** = % van kontrole, behandeling 7.

Opbrengs

Die plantmassas wat met die verskillende behandelings geproduseer is, word in Tabel 5.3.2 aangegee. Die tabel bevat ook die opbrengs as persentasie van die hoogste opbrengs (afsonderlik vir behandelings 1 tot 7 en 8 tot 14) asook die opbrengs as persentasie van die kontrole (Nutricote^R-behandelings 7 en 14). Vir behandelings 8 tot 14 is die twee persentasiewaardes dieselfde en net een word aangegee.

Behandelings 1 en 8 is eenders maar die proefperiodes verskil. Die behandelings bestaan uit voedingsbesproeiing met 'n volledige voedingsoplossing. Oor 'n periode van 16 weke presteer voedingsbesproeiing swakker as die meeste van die ander behandelings. Wanneer die proefperiode egter na 28 weke verleng word, presteer voedingsbesproeide plante naas Nutricote^R (behandeling 14) die beste. Voedingsbesproeiing is dus 'n goeie bemestingsmetode in vergelyking met kombinasies en SOM. Die rede waarom saailinge wat voedingsbesproeiing ontvang aanvanklik swakker vaar, bly egter onbeantwoord. Te oordeel aan die prestasie van behandeling 3 lê die antwoord moontlik in die vlakke van P, Ca en Mg in die substraat.

In die eerste proef waarin die plante vir 16 weke gekweek is, het behandeling 3 die hoogste opbrengs gelewer. Behandeling 3 (Tabel 5.3.1) is 'n kombinasie waar superfosfaat, dolomitiese kalk en FTE504 as SOM gebruik is om P, Ca, Mg, S en mikro-elemente te voorsien, terwyl die voedingsoplossing N en K voorsien het. Hierdie behandeling is egter nie betekenisvol beter as behandeling 7 (Nutricote^R) nie.

Indien die ekonomiese faktore ook in aanmerking geneem word, sal behandeling 3 goedkoper as behandeling 7 wees (Offer & Allan, 1987). Alhoewel superfosfaat in die substraat meer aan loging as in grond onderworpe is (Bunt, 1976b), was die 3000 g m^{-3} voldoende om die plante vir 24 weke (16 weke plus 8 weke van die vestigingsperiode) optimaal van fosfor te voorsien. In die tweede proef (1985, behandelings 8 tot 14) het Nutricote die beste gevaar. Dit was egter nie betekenisvol beter as behandeling 10 (die ekwivalent van behandeling 3 in 1984) nie. Behandeling 10 was weer nie betekenisvol beter as behandeling 1 nie.

Die kombinasie deur superfosfaat, dolomitiese kalk en FTE vooraf met die substraat te meng en N en K deur die besproeiingswater te voorsien, het in albei proewe goed presteer (behandelings 2, 3, 9 en 10). Die opbrengste was 90, 100, 81 en 93% met 'n gemiddeld van 91%. Behandeling 2, waar 1500 g superfosfaat m^{-3} gebruik is, het swakker gevaar as behandeling 3 waar 3000 g superfosfaat gebruik is. Indien die resultate in terme van die kontrole (Nutricote®) uitgedruk word, het behandeling 3 die beste presteer gevolg deur behandelings 2, 10 en 9. Behandelings 3 en 9 is identies maar 9 is oor 'n periode van 28 weke (teenoor 16) gekweek. Dit wil dus voorkom asof 3000 g superfosfaat m^{-3} nie voldoende fosfor oor die lang periode kon voorsien nie. Behandeling 10 waar 4500 g superfosfaat m^{-3} toegedien is, het oor 28 weke beter as 3000 g presteer. Hierdie bevinding kan ook as verduideling dien waarom behandeling 2 swakker as 3 gevaar het. By behandeling 2 is 1500 en by behandeling 3 is 3000 g superfosfaat m^{-3} toegedien en die groeiperiode was kort, naamlik 16 weke. Hierdie bevinding dui op 'n tekortkoming in die kombinasiemetode want die 3000 g superfosfaat wat vooraf toegedien is, en aanvanklik goed presteer het, het oor 28 weke uitgesak. Om die aanvanklike toediening nog verder te verhoog is ongewens, weens die koste, moontlike toksisiteite (Massey & Winsor, 1980) en logingsverlies (Bunt, 1976b). Aanvullende fosfaattoedienings is dus nodig maar die spesifikasies soos massa wat vooraf ingemeng moet word en grootte en frekwensie van aanvullende toedienings moet nog ondersoek word. Aangesien die kweekperiodes meestal 52 weke en langer is, behoort die proefperiode dus ook ten minste 52 weke te duur. Die resultate wat met voedingsbesproeiing (behandelings 1 en 8) verkry is, asook die met behandeling 3, dui 'n moontlike oplossing aan. Met voedingsbesproeiing presteer die plante aanvanklik swak en later beter. Deur behandelings 3 en 1 te kombineer kan moontlik hierdie aanvanklike swakker prestasie van voedingsbesproeiing en die latere swak prestasie van behandeling 9, oorbrug word. Hierdie aspek lyk belowend en behoort verder ondersoek te word.

Behandelings 4 en 5 waar Mg vooraf as magnesiumsulfaat ingemeng is en Ca deur gips voorsien word, het swak presteer (Tabel 5.3.2). Een verklaring is dat die Mg uitgeloog het en ontoereikend was. Volgens die blaarontledingsresultate (Tabel 5.3.3) is die magnesiuminhoud baie laag (0,13%). Behandeling 7 het dieselfde magnesiuminhoud in die blare (Mg_b) maar indien die massa Mg deur die plant opgeneem, bereken word, het behandelings 4 en 5 - 62,4 en 67,0 mg Mg en behandeling 7,

Tabel 5.3.3 Blaarontledingsgegewens van GS-saailinge wat onder 14 verskillende metodes van bemesting gekweek is.

BEHANDELING	BLAARINHOUD %				
NR.	N	P	K	Ca	Mg
1	3,33	0,23	2,61	2,69	0,30
2	3,24	0,15	2,52	2,54	0,14
3	3,00	0,17	2,36	2,34	0,14
4	3,49	0,17	2,40	2,65	0,13
5	3,24	0,15	2,43	2,69	0,13
6	3,35	0,17	2,78	2,57	0,15
7	3,33	0,18	2,54	2,17	0,13
8	3,33	0,24	2,63	2,69	0,26
9	3,17	0,23	2,71	2,51	0,16
10	3,08	0,13	2,53	2,57	0,22
11	3,20	0,23	2,44	2,60	0,25
12	3,30	0,22	2,44	2,49	0,27
13	3,39	0,22	2,68	2,60	0,19
14	3,43	0,21	2,46	2,10	0,19
KBV 0,01	NB	NB	NB	NB	0,011
0,05	NB	0,007	NB	NB	0,008
KV %	5,28	14,08	5,57	6,87	16,73

75,8 mg Mg opgeneem. Behandeling 3 wat die beste presteer het, het 85,2 mg Mg opgeneem. Dié resultate verklaar ongelukkig nie voldoende die laer opbrengs van behandelings 4 en 5 nie. Die magnesiuminhoud van die blare (Mg_b) hou geen verband met opbrengs nie. Van die hoogste presteerders (behandeling 7) het dieselfde Mg_b-waarde as die wat swakker gevaar het (behandeling 4) en selfs laer as die tweede swakste naamlik behandeling 1. Die substraatontledings (Tabel 5.3.4) toon dat behandelings 4 en 5 dieselfde magnesiuminhoud (Mg_s) het as behandeling 1 op die stadium nadat die saailinge geoes is. Dit moet egter in gedagte gehou word dat behandeling 1 nog steeds 'n gereelde toevoer van Mg gehad het (vanaf die voedingsbesproeiing) terwyl behandelings 4 en 5 net van die voorsiening uit die substraat afhanklik was. Dit impliseer ook dat 'n Mg_s-waarde van 5 en 6 mg Mg dm^{-3} laag is indien geen addisionele Mg voorsien word nie.

In die tweede proef (behandelings 11 en 12) is Mg deur voedingsbesproeiing voorsien en die opbrengs was dieselfde as behandeling 10 waar Mg deur dolomitiese kalk wat vooraf ingemeng is, voorsien is. Die Mg_b-waardes toon ook dat behandelings 10, 11 en 12 die saailinge van genoegsame Mg voorsien het. Weer eens hou die Mg_b nie verband met opbrengs nie, want behandeling 14 wat die beste presteer het, het 'n Mg_b van 0,19% teenoor 0,22 tot 0,27% Mg van behandelings 10 tot 12 respektiewelik.

Behandelings 6 en 7 en 13 en 14 is as kontrole gebruik deur Nutricote[R] vooraf in te meng. Oor 'n kweekperiode van 16 weke het 3 kg m^{-3} swakker presteer as 6 kg m^{-3} maar die verskil is nie betekenisvol nie. Wanneer die kweekperiode egter verleng word na 28 weke is die verskil betekenisvol (Tabel 5.3.2). Dit beteken dat die aanvanklike voedingstofkonsentrasie van die 3 kg m^{-3} byna voldoende was oor die kort kweekperiode, maar dat die langer periode die voorraad uitgeput het en die plante gebrek gely het.

Blaarontledings

In Tabel 5.3.3 word die blaarontledingsresultate van die GS aangegee. Alhoewel die opbrengste tussen 48 en 61 g per saailing in die eerste proef (behandeling 1 tot 7) en 64 en 94 g in die tweede proef (behandelings 8 tot 14) gewissel het, toon die stikstof-, kalium- en kalsiumwaardes geen verskil nie. Fosforwaardes verskil betekenisvol by

Tabel 5.3.4 Ontledingsgegewens (in mg dm^{-3}) van die substraatekstrakte (1:1,5) voordat ("Voor") die GS-saailinge gevestig is, 10 weke ("10") later en nadat ("Na") die GS-saailinge geoes is.

BE-HAN-DELING	Fosfor			Kalium			Kalsium			Magnesium			pH			EG mS m		
	VOOR	10	NA	VOOR	10	NA	VOOR	10	NA	VOOR	10	NA	VOOR	10	NA	VOOR	10	NA
1	1	27	68	1	17	54	4	19	48	2	3	6	7,00	6,90	6,67	12	17	36
2	182	192	134	2	21	40	46	192	147	17	24	8	6,90	7,63	7,20	45	61	54
3	299	311	244	2	17	24	39	251	160	14	39	10	7,03	7,70	7,20	47	69	61
4	168	174	110	2	15	33	19	170	37	43	74	5	6,80	6,80	6,87	68	69	36
5	308	299	225	3	20	22	21	273	20	44	44	6	6,87	6,87	6,73	69	73	42
6	9	11	60	20	27	21	12	11	31	2	3	6	6,83	6,70	6,30	12	20	26
7	7	21	76	15	41	56	10	26	46	1	5	9	6,73	6,50	6,20	18	29	30
8	1	26	75	1	18	80	3	18	47	1	6	7	6.80	7,00	7,03	9	18	36
9	300	284	202	2	13	85	24	214	92	11	39	23	7,10	7,00	7,13	47	61	58
10	365	293	110	3	17	93	24	212	171	8	39	5	7,00	7,03	7,07	46	65	53
11	199	186	108	2	23	89	22	149	157	2	10	7	6,93	7,10	7,07	25	39	56
12	352	296	116	2	20	93	30	142	210	3	12	5	7,00	6,97	7,07	29	46	54
13	8	15	3	12	43	17	14	21	19	2	5	3	6,87	6,80	6,97	11	22	11
14	10	24	96	19	44	71	13	29	35	2	12	14	7,00	7,03	6,97	18	30	30
KBV 0,01		1,55			0,77			1,31			0,43			0,02			0,69	
0,05		1,22			0,60			1,03			0,34			0,01			0,54	
KV %		10,11			24,94			15,88			32,89			2,04			16,15	

'n toetspeil van 5% en Mg by 1%. Die gemiddelde N_b is 3,28%, P_b 0,20%, K_b 2,54%, Ca_b 2,52% en Mg_b 0,19%. Die gebrek aan korrelasie tussen opbrengs en blaarvlakke laat blaarontleding 'n ongevoelige diagnostiese metode om te bepaal of die regte konsentrasie van voedingselemente voorsien was.

Substraatontledings

In Tabel 5.3.4 word drie stelle substraatontledingsyfers aangegee. Die "Voor" is die evaluasie nadat die misstowwe ingemeng, maar voordat die saailinge geplant en besproei was. Twee verdere bepalings op 10 weke en nadat die saailinge geoes is, is ook uitgevoer.

By behandelings 1 en 8 word 'n toename in die fosforvlakke van die substraat (P_s) aangetoon. Hierdie toename is heelwaarskynlik as gevolg van 'n toename in die totale fosforvlak as gevolg van presipitasie van die fosfor afkomstig uit die voedingsoplossing.

Loging van fosfor uit substrate neem 'n groter omvang aan as loging uit grond (Bunt, 1976b). Waar fosfate in die voorafverryking gebruik is, neem die P_s af met toename in die kweekperiode. Die afname is deels as gevolg van opname, maar ook as gevolg van loging en presipitasie. Die metode wat gebruik is bepaal net die wateroplosbare fraksie. Behandelings 3, 7, 10 en 14 lewer die hoogste opbrengste en die P_s-vlakke na 10 weke was 311, 21, 293 en 24 mg P dm^{-3} respektiewelik. Die lae waardes was blykbaar nogtans voldoende om groei maksimaal te onderhou terwyl die hoë waardes 'n groot reserwe aandui. Die gemiddelde P_s van behandelings 7 en 14 is 22,5 mg P dm^{-3} en kan as 'n maatstaf vir substraatontledings dien. Behandelings 6 en 13 is dieselfde as 7 en 14 maar teen die helfte van die konsentrasie. Die P_s-waardes is ook heelwat laer. Behandeling 1 wat ook 'n lae opbrengs gelewer het, het egter 'n P_s van 26 mg P dm^{-3} wat dieselfde is as die vorige aanvaarde norm van 22,5 mg P dm^{-3}. Dus, alhoewel daar aanduidings is waarvolgens norme vir substraatontledings opgestel kan word, is daar ook heelwat waardes wat probleme skep. Die P_s-waardes op die stadium nadat die saailinge geoes is, toon dat die bemestingsmetode en die tyd onder "behandeling" ook in aanmerking geneem moet word wanneer substraatontledings vertolk word.

Onder behandelings 8 tot 14, waar die kweekperiode 28 weke was, het behandelings 10 en 14 die beste presteer. Indien die konsentrasie van die voedingselemente in die substraat na 28 weke as norm vir voldoende "voorsiening" geneem word, kan die volgende vir 'n 1:1,5 ekstrak geld:

P_s 75 - 110 mg dm^{-3}
K_s 80 - 95 mg dm^{-3}
Ca_s 50 - 170 mg dm^{-3}
Mg_s 5 - 15 mg dm^{-3}

Die boonste grense vir P en Ca kan heel moontlik meer wees as wat werklik nodig is aangesien groei goed onderhou is by die onderste vlakke.

By behandelings 1, 6, 7, 8, 13 en 14 is die substraatvlakke laag. P_s is gemiddeld 63 mg dm^{-3}, K_s 50 mg dm^{-3}, Ca_s 38 mg dm^{-3} en Mg_s 8 mg dm^{-3}. Hierdie behandelings het egter almal aanvullende reserwes: Behandelings 1 en 8 vanaf die volledige sproeibemesting en die res vanaf Nutricote[R] 'n stadig oplossende misstof. Daarteenoor toon behandelings 2, 3, 9 en 10 hoë konsentrasie van veral P omdat dit ook die grootste deel van die reserwe insluit. Dit is gevolglik ook belangrik om by die vertolking van die resultate die aanvullende meganismes, indien enige, in ag te neem.

GEVOLGTREKKING

Kombinasies van voorafverryking en voedingsbesproeiing kan gebruik word om die nadele van die twee onderskeie bemestingsmetodes te oorbrug. Fosfor kan as superfosfaat vooraf teen 3000 g m^{-3} ingemeng word. Saam met dolomitiese kalk en FTE 504 in kombinasie met voedingsbesproeiing van N en K, lewer dit dieselfde opbrengs as Nutricote[R] wat as 'n goeie bemestingstof beskou word. Ander konsentrasies van superfosfaat lewer swakker resultate as die 3000 g m^{-3}. Selfs voedingsbesproeiing met 'n volledige voedingsoplossing lewer laer opbrengs as genoemde kombinasie.

Indien die kweekperiode egter van 16 na 28 weke verleng word, lewer Nutricote[R] en 3000 g superfosfaat m^{-3} die hoogste opbrengs. Die superfosfaattoediening en substraatbemesting met 'n volledige

voedingsoplossing verskil egter nie betekenisvol nie. 'n Ekonomies, doeltreffende kombinasie van bemestingsmetodes vir skoon silikasand wat aanbeveel kan word, is:

3000 g superfosfaat (10,3%P) plus dolomitiese kalk om die pH tot tussen 6,0 en 6,5 te verhoog plus 300 g FTE 504 m^{-3} substraat vooraf ingemeng en gekombineer met voedingsbesproeiing wat 250 mg N en 150 mg K dm^{-3} bevat.

Alhoewel die substraatontledings nie met opbrengs korreleer nie, kan sekere riglyne wel daaruit afgelei word. Voedingselemente sal voldoende voorsien word indien die substraat volgens die 1:1,5 ekstrak

75 tot 110 mg P dm^{-3}
80 tot 95 mg K dm^{-3}
50 tot 170 mg Ca dm^{-3} en
5 tot 15 mg Mg dm^{-3} bevat.

Die omvang en aard van die reserwe van voedingselemente sal egter ook in aanmerking geneem moet word, voordat die resultate sinvol toegepas kan word.

Tabel 5.4.1 Enkele eienskappe van die twee substrate wat gebruik is om die verloop van loging van soute uit substrate na te gaan.

	SAND	BAS
Deeltjie grootte (%)		
Groter as 4750 mikron	0	0,84
2000 - 4750 mikron	0	10,78
1000 - 2000 mikron	42,89	17,80
500 - 1000 mikron	52,84	23,55
250 - 500 mikron	3,97	29,84
106 - 250 mikron	0	12,71
Kleiner as 106 mikron	0	4,42
Waterhouvermoë cm^3 dm^{-3}	148	290
As %	100	45,7
Katioonuitruilvermoë me dm^{-3}	0,2	21,4
1:1,5 (v/v) Waterekstrak		
pH	6,3	6,5
EG van mS m^{-1}	11	44
Fosfor mg dm^{-3} (voor verryking)	3	128
Totale fosfor (mg dm^{-3}) (voor verryking)	18	511

CRW

5.4 FOSFORBRONNE VIR SITRUSSAAILINGE

In die kombinasiemetode wat in Hoofstuk 5.3 beskryf is, is susperfosfaat as fosforbron gebruik. Die superfosfaat dien ook as stadigoplossende misstof (SOM) wat die hele kweekperiode, wat tot 24 maande kan duur, in die fosforbehoefte van die saailinge moet voorsien. Loging van fosfor uit substrate neem 'n veel groter omvang aan as uit minerale grond (Bunt, 1976b). Die omvang van die logingsverlies sal dan ook 'n invloed hê op die massa wat vooraf ingemeng moet word. Die hoë toedienings van superfosfaat voor versakking kan egter aanleiding gee tot fosfortoksisiteite (Vereecke, 1975). Le Roux (1969) vind ook dat baie hoë superfosfaat-toedienings die groei van lemoensaailinge in suurgrond benadeel.

'n Balans tussen die logingsverlies en die toksisiteit van fosfor vanaf superfosfaat, moet dus gevind word. Ander moontlike oplossings vir die probleem is eerstens ander fosforbronne. Langfos en Calmafos is twee vrylik beskikbare fosforbronne wat nie wateroplosbaar is nie en moontlik as SOM vir fosfor kan dien. Le Roux (1969) het die bronne geëvalueer deur lemoensaailinge in 'n suurgrond (pH water 5,8) te kweek. In sy studie het Langfos en Calmafos beter as superfosfaat gevaar.

'n Tweede moontlike oplossing is die aanvulling van fosfor deur die besproeiingswater. Die metode kan egter ook probleme skep deurdat kalsium en magnesium (Bunt, 1976b) en selfs sink en koper (Uren & Edwards, 1984) in die pypleiding as fosfate neerslaan wat weer die druppers verstop.

Die volgende proewe is beplan om eerstens die omvang van logingsverlies van superfosfaat, Calmafos en Langfos teenoor Nutricote^{R} in sand en bas te evalueer. Die tweede proef is beplan om die drie bronne van fosfor in terme van sitrussaailingproduksie te evalueer.

PROSEDURE

Twee substrate wat algemeen in die Suider-Afrikaanse sitrusbedryf gebruik word, is sand en bas en mengsels daarvan. In die proewe is sand en bas gebruik. Die eienskappe van die substrate word in Tabel 5.4.1 aangegee.

Tabel 5.4.2 Byvoegings van verskillende bronne van fosfor by sand-substraat waarin growweskil-saailinge gekweek is.

BEHANDELING NR.	BRON	g m^{-3}
1	Superfosfaat plus oplossing A	2000
2	Superfosfaat plus oplossing A	3000
3	Superfosfaat plus oplossing A	4000
4	Calmafos plus oplossing A	4000
5	Calmafos plus oplossing A	6000
6	Langfos plus oplossing A	4000
7	Langfos plus oplossing A	6000
8	Superfosfaat plus oplossing B	4000
9	Superfosfaat Langfos plus oplossing A	1000 4000
10	Superfosfaat Calmafos plus oplossing A	1000 4000
11	Calmafos plus oplossing C	6000

Vir samestelling van oplossings A tot C sien Tabel 5.4.3

Hierdie substrate is met 3000 g superfosfaat, Calmafos en Langfos en 4500 g Nutricote^{R} verryk, effens aangeklam en in kolomme van 200 mm

hoog gepak deur samedrukking van 500 g cm^{-2}. Vervolgens is 25 cm^{-3} porsies gedistilleerde water bo-op elke kolom geplaas. Vier volumes is per 8 uur-dag bo-op die kolomme geplaas. Die loog is in 100 cm^{3}- porsies versamel en die fosforinhoud daarvan bepaal. Die proses is elke tweede dag herhaal. 'n Kontrole kolom waar geen fosfor bygemeng is, is ook geloog.

In die tweede proef is superfosfaat, Calmafos en Langfos met die sand-substraat gemeng en in agt dm^{3} plastieksakkies geplaas. Mikro-elemente is deur die byvoeging van 300 g FTE504 m^{-3} aangevul (Tabel 5.4.2).

In al die behandelings is met sekere voedingsoplossings (Tabel 5.4.3) besproei sodat die volgende geëvalueer kon word.

Tabel 5.4.3 Samestelling van voedingsoplossings wat gebruik is in die evaluasie van die fosforbronne (Tabel 5.4.2) vir sitrussaailinge

OPLOSSING	KONSENTRASIE mg dm^{-3}				
A	220 N	170 K	80 Ca	60 Mg	100 S
B	225 N	170 K		60 Mg	117 S
C	215 N	170 K	120 Ca		38 S

Tabel 5.4.4 Massa fosfor (mg dm^{-3} substraat) wat uit 500 cm^3 bas met 200 cm^3 water dm^{-3} bas, elke tweede dag geloog is

AANTAL LOGINGS	FOSFORBRON S	N	C	L	KBV 0,01	0,05	KV %
1	95,67	6,40	0,33	0,23	4,29	3,03	30
2	71,67	5,57	0,60	0,27	5,45	3,85	64
3	60,33	6,43	0,57	0,33	6,02	4,25	90
4	46,00	5,70	0,33	0,20	4,31	3,05	60
5	12,73	3,33	0,67	0,47	3,10	2,19	94
6	7,67	2,63	0,87	0,30	2,38	1,68	83
7	5,73	2,07	0,70	0,33	1,14	0,81	25
8	3,50	1,83	0,67	0,17	0,76	0,53	16
9	2,27	2,47	0,87	0,33	0,91	0,64	23
10	1,73	1,97	0,63	0,33	0,64	0,45	15
11	1,03	1,60	0,53	0,30	NB	NB	6
12	1,20	1,47	0,27	0,23	0,64	0,45	22
TOTAAL	310	42	7,04	3,49			
%	92	15	2,35	0,91			

S = Superfosfaat N = Nutricote C = Calmafos L = Langfos

Proef 1 Superfosfaat, Calmafos en Langfos as bronne van P (Behandelings 1 tot 7).

Proef 2 Mengsels van superfosfaat met Calmafos en Langfos as bronne van P (Behandelings 9 en 10).

Proef 3 Superfosfaat as bron van P en Ca (Behandeling 8).

Proef 4 Calmafos as bron van P en Mg (Behandeling 11).

Saailinge van growweskilsuurlemoen is in die 8 dm^3-houers met verrykte substraat oorgeplant en gevestig soos in Hoofstuk 2 beskryf. Na verloop van 16 weke (vestigingsperiode van 8 weke uitgesluit) is die saailinge geoes en gemonster soos in Hoofstuk 2 beskryf. Blaarontledings en statistiese verwerkings is soos in Hoofstuk 2 beskryf, uitgevoer.

Superfosfaat bevat 10,5% wateroplosbare en totale fosfor, Nutricote[R] bevat 5,8%, Calmafos 9,5 en Langfos 12,8% totale fosfor.

RESULTATE EN BESPREKING VAN DIE LOGINGSPROEF

In Tabelle 5.4.4 en 5.4.5 word die mg P dm^{-3} substraat aangegee soos dit met agtereenvolgende 100 cm^3 volumes water uit 500 cm^3 bas en sand geloog is. 'n Volume van 100 cm^3 water per 500 cm^3 bas is gelyk aan 69% van die waterhouvermoë (Tabel 5.4.1). Teen 'n logingsvereiste van 20% (Kyk ook na Hoofstuk 2.3) is die loging met 100 cm^3 water per 500 dm^{-3} bas gelykstaande aan 3,5 besproeiings. Uit die bas is 95,67 mg P dm^{-3} bas met 100 cm^3 water geloog (Tabel 5.4.4). Dit is ook dan die massa wat na 3,5 besproeiings uit die bas sal loog. Gedurende die eerste 3,5 logings tydens besproeiing word 95,67 mg P of 28,6% verwyder. Yeager & Barrett (1984) vind dat 30% van die toegediende fosfor uit 'n bas-veen-substraat gedurende die eerste dag deur loging verwyder word. In die daaropvolgende twintig dae word nog 36% verwyder. Die daaropvolgende loging in die proef het nog 71,67 mg P dm^{-3} verwyder. Na 12 logings was 92% van die toegediende fosfor deur loging verwyder - 'n aansienlike verlies. Bunt (1980) rapporteer 'n verlies van 84% aan fosfor afkomstig

Tabel 5.4.5 Massas fosfor (mg dm^{-3} substraat) wat uit sand met opeenvolgende logings van 200 cm^3 water dm^{-3} sand, elke tweede dag geloog is.

AANTAL LOGINGS	FOSFORBRON S	N	C	L	KBV 0,01	0,05	KV %
1	134,67	5,93	0,60	0,17	8,78	6,20	16
2	100,33	5,83	0,53	0,23	12,39	8,75	30
3	36,00	5,47	0,97	0,13	4,67	3,30	28
4	19,67	6,53	0,83	0,33	3,55	2,51	34
5	4,53	3,90	0,33	0,20	1,41	0,99	41
6	3,53	2,83	0,57	0,10	1,50	1,06	55
7	3,10	1,90	0,57	0,33	1,02	0,72	45
8	2,00	1,90	0,40	0,40	0,64	0,45	35
9	1,90	2,30	0,53	0,23	0,62	0,44	32
10	1,83	1,57	0,50	0,33	0,49	0,34	30
11	1,73	1,87	0,43	0,37	0,80	0,57	47
12	1,47	1,77	0,40	0,50	NB	NB	135
TOTAAL	311	42	6,66	3,32			
%	97	15	2,31	0,89			

S = Superfosfaat N = Nutricote C = Calmafos L = Langfos

van superfosfaat uit 'n veen-sandmengsel oor 'n periode van 6 maande. Die verliese neem nie opname deur die plante in aanmerking nie en die verliese in terme van die massa toegedien kan dus moontlik minder wees.

Nutricote[R] is ook in die logingsproef ingesluit omdat dit 'n goeie bron van voedingstowwe vir sitrussaailinge is (Lee et al, 1983). Die massa fosfor wat dus vanaf Nutricote[R] geloog word, kan ook as maatstaf gebruik word om "voldoende" konsentrasies aan te dui. Die fosfor wat geloog is, is wateroplosbaar en voor loging beskikbaar vir opname. Vanaf die negende loging was die konsentrasie van fosfor in die loog vanaf superfosfaat dieselfde as vanaf Nutricote[R]. Dit kan dus afgelei word dat gedurende die periodes superfosfaat voldoende oplosbare fosfor beskikbaar gestel het, ten spyte van die vorige verliese. Selfs tydens die twaalfde loging het superfosfaat dieselfde konsentrasie fosfor as Nutricote[R] gelewer. Die leweringsvermoë van superfosfaat neem geleidelik af. Die 12 logings verteenwoordig 'n periode wat kan wissel van 42 tot 168 weke afhangende van die omstandighede in die kwekery, veral die kwaliteit van die besproeiingswater wat weer die frekwensie van loging beïnvloed.

Calmafos en Langfos wat geen wateroplosbare fosfor bevat nie, toon ook min verliese uit die bassubstraat. Slegs 2,35 en 0,91% van die toegediende fosfor word met 12 logings verwyder. Bunt (1980) vind ook dat beenmeel en rotsfosfate min logingsverliese gee. In vergelyking met Nutricote[R] wat as maatstaf vir voldoende fosfor dien, lewer Calmafos en Langfos dus te min fosfor oor die periode van die 12 logings. In die loog waar Nutricote[R] toegedien is, word ten minste 1,47 mg P dm^{-3} substraat aangetref en by Calmafos en Langfos hoogstens 0,87 en 0,47 mg P dm^{-3} respektiewelik.

Die logingsverliese van fosfor uit die sand verskil van dié uit bas. Die eerste 100 cm^3 logingswater verwyder 134,67 mg P wat gelyk is aan 42%. Dit is meer as wat dieselfde volume loog uit die bas verwyder het, naamlik 29%. Die tweede 100 cm^3 volume het nog 100,33 mg P verwyder, 'n verdere 31%, wat ook meer is as die verlies uit die bas naamlik 22%. Hierdie hoër verlies uit die sand kan egter net deels aan die 100 cm^3 porsie logingswater, wat 68% van die waterhouvermoë van die sand verteenwoordig, toegeskryf word. (By die bas was dit net 34%).

Tabel 5.4.6 Die vegetatiewe opbrengs van growweskilsuurlemoensaailinge soos beïnvloed deur verskillende fosforbronne.

BEHANDELING NR.	BRON*	OPBRENGS g/boom	OPBRENGS %**
1	S	47,2	50
2	S	85,2	90
3	S	95,0	100
4	C	53,0	56
5	C	70,7	74
6	L	17,0	18
7	L	22,5	24
8	S	46,2	49
9	S/L	79,8	84
10	S/C	56,6	59
11	C	46,7	49
KBV 0,05		2,34	
0,01		3,05	
KV %		12,47	

*S = Superfosfaat C = Calmafos L = Langfos (Tabel 5.4.2)

** Van die hoogste opbrengs (Behandeling 3)

Yeager & Barrett (1984) vind ook dat die verliese van superfosfaat uit sanderige substrate meer is as uit veen/bassubstrate vir dieselfde volume loging.

Na verloop van 12 logings lewer superfosfaat minder fosfor as Nutricote^{R} alhoewel die verskil nog nie statisties betekenisvol is nie. Dit sal dus belangrik wees om vas te stel of die konsentrasies fosfor in verdere logings nog meer sal afneem en tweedens of die konsentrasie van ongeveer 1,5 tot 2,0 mg P dm^{-3} substraat voldoende is om die groei van sitrussaailinge te onderhou. Bunt (1976b) vind dat krisante in die vroeëre stadium van groei net 16% van die finale droë massa, maar reeds 34% van die finale fosforkonsentrasie in die plante bevat. Hierdie bevinding onderstreep die kompleksiteit van voeding. 'n Konstante voorsieningsvlak is dus nie noodwendig die beste nie.

RESULTATE EN BESPREKING VAN DIE PROEF IN VERBAND MET PLANTOPNAME

Tabel 5.4.6 toon die massa vars bogrondse plantmateriaal wat onder die verskillende behandelings geproduseer is. Behandeling 3 (4000 g superfosfaat m^{-3}) het die hoogste opbrengs gelewer. Gedurende die proefperiode is die saailinge 168 keer besproei en loging is elke keer toegepas teen 10% waterhouvermoë. Die resultate in Tabel 5.4.5 sal dus hier toegepas kon word, maar elke 100 cm^{3} loog het 15,6 besproeiings verteenwoordig. Dit wil sê die saailinge is gedurende die 10de loging geoes. In vergelyking met Nutricote^{R} was die fosforvoorsiening dus nog voldoende. Behandeling 2 (3000 g superfosfaat m^{-3}) het dieselfde fosfortoediening ontvang as die logingsproef maar het 'n laer opbrengs gelewer. Dit dui moontlik daarop dat die konsentrasie P soos in Tabel 5.4.5 aangedui, veral dié vanaf die vyfde loging, moontlik nie voldoende is nie.

Die derde beste opbrengs is met behandeling 9 verkry. Hier is superfosfaat en Langfos gekombineer. Die ander behandelings het hoogstens 74% van die hoogste opbrengs bereik. Naas superfosfaat is die ander twee bronne dus swak voorsieners van fosfor aan sitrussaailinge. Bunt (1980) vind ook dat superfosfaat van die beste bronne is, selfs al is dit soveel aan loging onderworpe. In proewe met gras en 13 fosforbronne, is gevind dat alhoewel 85% van die toegediende superfosfaat uitgeloog kan word, dit die hoogste opbrengs gee. Hoë aanvanklike toedienings van

superfosfaat is die een manier waarop genoegsame fosfor voorsien kan word. Vereecke (1975) vind dat 600 tot 1800 mg P dm^{-3} veen dieselfde opbrengs soetrissie gee, wat beter is as 0 en 5400 mg P dm^{-3}. Hierdie waardes is ten minste dubbeld wat in dié proef met sitrus gebruik is. Adams & Winsor (1984) vind dat 2000 g superfosfaat m^{-3} die beste opbrengs komkommers gee.

Calmafos en Langfos blyk swak bronne en superfosfaat die beste bron van fosfor vir sitrussaailinge te wees. Die resultate strook nie met dié van Le Roux (1969), wat gevind het dat superfosfaat toksies vir soetlemoenonderstamsaailinge is nie. Hy het egter in suurgronde met konsentrasies van 6250 mg P kg^{-3} grond geëksperimenteer. In sy proef het ander fosforbronne soos Langfos en Calmafos beter presteer. Graham & Timmer (1985) toon aan dat mikorissa die benutting van rotsfosfate deur sitrus verbeter. Hierdie is egter nie as sodanig in kwekerye van toepassing nie. Die substrate word gewoonlik gesteriliseer voor versakking. Inenting met mikorissa sal dus agterna gedoen moet word. Dit is egter 'n belowende benadering wat ondersoek behoort te word.

Behalwe die evaluasie van superfosfaat, Calmafos en Langfos (behandelings 1 tot 7) is superfosfaat ook as bron van kalsium in behandeling 8 geëvalueer. Geen kalsium is deur die voedingsoplossing B voorsien nie. Die opbrengs was slegs 49% teenoor dié van behandelings 3 (100%) en 2 (90%) waar addisionele kalsium deur sproeibemesting voorsien is. In Tabel 5.4.7 word die blaarontledingsgegewens aangegee en die kalsiumvlakke in die blare (Ca_b) van behandeling 8 is hoër as die van behandelings 2 en 3. Hierdie onverklaarbare resultaat ondersteun die bevinding in die vorige hoofstukke, naamlik dat blaarontleding 'n swak diagnostiese metode vir sitruskwekerye is.

In behandeling 11 is Calmafos ook as bron van magnesium geëvalueer. Behandeling 11 gee 'n relatiewe opbrengs van slegs 49% teenoor die 74% van behandeling 5 (Calmafos plus magnesium deur voedingsbesproeiing). Calmafos kan dus ook nie as enigste bron van magnesium dien nie. Die blaarontledings (Tabel 5.4.7) toon dit ook duidelik aan. Die magnesium-inhoud van die blare (Mg_b) by behandeling 5 is 0,35, teenoor 0,19% van behandeling 11.

Die fosforinhoud van die blare (P_b) toon geen verband met opbrengs nie, maar die hoogste P_b waarde is by die hoogste opbrengs aangeteken naamlik 0,19% P.

Tabel 5.4.7 Blaarsamestelling van GS-saailinge soos beïnvloed deur verskillende bronne van fosfor.

BEHAN-DELING	%					mg kg^{-1}
NR	N	P	K	Ca	Mg	Zn
1	4,15	0,133	1,57	1,36	0,363	38,3
2	3,24	0,133	1,55	1,14	0,333	35,3
3	2,38	0,190	1,38	1,03	0,243	25,3
4	3,05	0,183	1,39	1,13	0,307	20,7
5	3,12	0,173	1,33	1,20	0,353	34,0
6	4,16	0,100	1,34	1,21	0,447	37,3
7	4,38	0,103	1,30	1,21	0,470	34,0
8	3,96	0,110	1,41	1,52	0,483	44,3
9	2,73	0,157	1,32	1,34	0,263	17,7
10	3,63	0,103	1,38	1,51	0,337	35,3
11	2,57	0,173	1,22	1,24	0,190	18,3
KBV 0,01	0,06	0,004	NB	0,06	0,02	1,71
0,05	0,05	0,003	NB	0,05	0,01	1,29
KV %	4,16	7,04	7,25	11,22	11,26	12,36

NB = Nie betekenisvol nie.

GEVOLGTREKKING

Superfosfaat is 'n relatief goedkoop bron van fosfor en reageer soos 'n stadigoplossende misstof (SOM). Logingsverliese van fosfor uit superfosfaat is egter veel hoër vir substrate as grond. Die kumulatiewe verlies kan 97% bereik, afhangende van die volume loog en die waterhouvermoë. Logingsverlies van fosfor uit Calmafos en Langfos is laag en selfs laer as wat uit Nutricote^R en SOM, plaasvind; nogtans is superfosfaat 'n baie goeie bron van P vir sitrussaailinge. Dit lewer dieselfde resultate as Nutricote^R en beter opbrengste as Calmafos en Langfos. Selfs kombinasies van superfosfaat met Calmafos of Langfos vaar swakker as superfosfaat alleen.

Uit die logingstudies kon afgelei word dat die konsentrasie oplosbare P vanaf Calmafos (0,27 tot 0,87 mg P dm^{-3}) en Langfos (0,17 tot 0,47 mg P dm^{-3}) te laag is om groei te onderhou. Nutricote^R lewer 'n P-konsentrasie van 1,47 tot 6,43 mg dm^{-3} en superfosfaat 1,03 tot 95,67 mg P dm^{-3} wat blykbaar voldoende is om die groei van sitrussaailinge te onderhou. Hieruit kan afgelei word dat 'n substraatinhoud van ongeveer 1,0 tot 1,5 mg P dm^{-3} voldoende behoort te wees, mits daar voldoende aanvulling is om opgeneemde P te vervang.

CRW

HOOFSTUK 6

ONTLEDINGSMETODES VIR KWEKERYBEDRYF

Onder konvensionele verbouing van landbouprodukte speel grond en blaarontleding 'n belangrike rol. Beide chemiese en fisiese grond-eienskappe word geëvalueer. Hiervolgens word die nodige aanpassings in veral die bemestingsprogram gemaak ten einde optimale groeitoestande te skep. In houerkulture word 'n baie klein volume substraat deur elke plant benut. Enige nadelige toestand in, of eienskap van die substraat het dus 'n groter invloed op produksie.

Monsterneming van substrate of komponente van substrate voordat dit versak word, lewer gewoonlik nie baie probleme nie. Dit is egter belangrik dat die hele profiel van die hoop gemonster word. Dit wil sê, bo-, onder-, buite- en binnekant, veral as die hoop 'n geruime tyd onverstoord gelaat is. Probleme word egter ondervind met die neem van monsters uit houers nadat die plante gevestig is. Die verspreiding van die voedingselemente deur die substraat in die houers raak heterogeen met tyd. Die heterogeniteit is die grootste by P, K en NO^3-N (Wadsworth, 1980). Voedingselemente is geneig om in die boonste laag van die substraat te konsentreer, heelwaarskynlik as gevolg van verdamping van water vanaf die oppervlakte en kunsmis toegedien. Die mees verteenwoordigende monsters, na versakking, word verkry deur minstens 30 silindriese kerne vanaf die oppervlak tot die volle diepte te neem. Die boonste 25 mm van die kern word nie ingesluit nie (Wadsworth, 1980).

Voorbereiding van die monsters bied ook probleme. Aangesien substrate 'n hoë waterhouvermoë het, kan die waterinhoud by ontvangs groot verskille in die resultate veroorsaak. Droging is gevolglik oorweeg, maar as gevolg van die herbenattingsprobleem van veral veen en bas (Bunt, 1986) en die vertraging wat droging in die ontledingsproses teweegbring, is dit as onprakties beskou. Ander besware teen droging word deur Pokorny, Mills & Napier (1977) geopper met hul bevinding dat meer NO_3-N uit gedroogde bas as ongedroogde bas geëkstraeer word. Markus & Steckel (1980) voeg K, Ca, Mg en P by die lys. Ten einde die invloed van die waterinhoud van die substraat voor ontleding te oorkom stel Sonneveld _et al_. (1974) voor dat 'n deel van die substraat by pF1,5 op 'n sandkas in ewewig gebring word. Hierna word 'n volume uitgemeet vir ekstraksie. Nog 'n aspek van substraatvoorbereiding is die sif-proses. Aangesien die

ontleding van klam substrate meer getroue resultate lewer, is fynmaal nie moontlik nie en ook ongewens (Prasad, 1979). Dit is blykbaar wenslik om die substraat in dieselfde fisiese toestand as wat dit ontvang is, te ontleed.

As gevolg van die lae brutodigtheid van organiese substrate soos veen en bas en die feit dat plante in houerkulture 'n beperkte volume substraat benut, word ontleding op 'n volume basis feitlik algemeen aanvaar. Die grootste probleem is egter om 'n herhaalbare volume van 'n growwe substraat met 'n lae brutodigtheid uit te meet. Verskeie maniere word voorgestel. Wilson (1980) vul 'n 50 cm^3 houer met substraat deur dit liggies te tik. Volgens die Livington-metode (Johnson, 1980) word 'n 1000 cm^3 silinder met die hand gevul, terwyl Sonneveld et al. (1974) samedrukking teen 0,5 kg cm^{-2} gebruik om 'n volume substraat uit te meet. Hierdie metode blyk die belowendste te wees omdat die konstante druk meer herhaalbare resultate behoort te gee. Die vraag bly egter watter druk gebruik moet word.

Wat die ekstraksie van voedingstowwe betref, is baie navorsing oor die verhouding van substraat tot ekstraeermiddel uitgevoer. Lucas et al. (1972) en Holcomb & White (1980) ondersoek die versadigde substraat-ekstrak, Sonneveld et al. (1974) die 1:1,5-ekstraksie, Faber & Nelson (1984) en Nelson & Faber (1986) die bruto-oplossing en Wright (1986) die deurspoelmetode. Al hierdie metodes het verskeie voor- en nadele, maar as die basiese beginsels in aggeneem word, is die 1:1,5 volume ekstraksie die aanvaarbaarste. Dit is vinniger (Sonneveld et al., 1974), herhaalbaar en goed met plantopname gekorreleer (Prasad, Spiers & Ravenhood, 1981a & 1981b; Prasad et al., 1981a, 1981b & 1981c). Die massaverhouding van water tot substraat, vir substrate met 'n lae brutodigtheid, is ook baie na aan die waterhuishouding by pF1,5 (Sonneveld et al., 1974). Hierdie metode word tans met groot sukses in die Nederlande (Sonneveld et al., 1974), Frankryk (Verdure, 1980), Guernsey en Nieu Seeland (Prasad et al., 1981a) gebruik. Genoegsame bewyse is uit die literatuur gevind wat die 1:1,5-volume-ekstraksiemetode as die werkbaarste bewys. Daar is egter die aspekte van saamdrukking en waterinhoud wat ondersoek moet word.

Die fisiese eienskappe moet ook vooraf evalueerbaar wees en 'n aantal metodes is hiervoor beskikbaar. 'n Belangrike eienskap is dat die water- en lughuishouding van substrate indirek verwant is (Aendekerk, 1979).

De Boodt & Verdonck (1972) kwalifiseer dié verband in terme van cm waterspanning of pF. Omdat die waterleweringsvermoë van substrate en besproeiing 'n omvangryke studie op sigself is, is dit net in gedagte gehou by proefwerk in die studie en nie ondersoek nie. Die water-lug-verwantskap word egter gebruik om die luginhoud te bepaal. Verdonck et al. (1978) bespreek die probleme wat in Europa bestaan om substrate sinvol te evalueer. Hulle noem die volgende aspekte:

- Vele metodes bestaan en feitlik elke laboratorium gebruik sy eie metode wat sy eie resultaat gee.

- Eenvoudige metodes word benodig wat die minimum vereistes vinnig en akkuraat kan evalueer.

- Fisiese toestande tydens die ontledingsproses moet dié in die kwekery naboots.

Hierdie laaste aspek kan probleme lewer, want die suigkrag, lengte van houer, dreinasie-openinge, ens. kan die fisiese evaluasie beïnvloed. Hierdie aspekte sal hier ondersoek word.

Die doel van hierdie ondersoek is om bestaande tegnieke vir ekstraksie- en fisiese bepalings toe te pas en die ondersoek te beperk tot bronne van variasie soos plaaslik ondervind word. Aangesien substraatontledings op die stadium net deur enkele laboratoriums in Suid-Afrika onderneem word, is dit wenslik om te poog om prosedures van meet af so ver moontlik te standaardiseer.

Blaarontledings gee tradisioneel minder probleme as substraat- of grondontledings. By blaarontledings word die totale voedingstofinhoud bepaal en by substrate net die "beskikbare" fraksie. By substraat- of grondontledings is die ekstraksiemetode die grootste bron van variasie en verskille. By blaarontledings is die tipe blaar wat gemonster word weer die bron van variasie. Die blaarouderdom, plantposisie en vele ander aspekte is van belang (Embleton, Jones, Labanauskas & Reuther, 1973). In kommersiële sitrusboorde in Suid-Afrika word 7 tot 9 maande oue blare gemonster. Die tegniek kan egter nie sonder verdere ondersoek op sitrussaailinge toegepas word nie. In hierdie hoofstuk word enkele knelpunte met blaar- en substraatontledings ondersoek.

Tabel 6.1.1 Verskeie bemestingsmetodes wat gebruik is om growweskil-suurlemoensaailinge in silikasand te kweek.

BEHANDELING NR	BESKRYWING
1	Volledige voedingsoplossing teen 200 mS m^{-1} deur die besproeiingswater.
2	2500 g MagAmp plus 300 g FTE504 m^{-3}.
3	5000 g MagAmp plus 300 g FTE504 m^{-3}.
4	7500 g MagAmp plus 300 g FTE504 m^{-3}.
5	1500 g Superfosfaat plus 1000 g dolomitiese kalk plus 300 g FTE m^{-3} met 250 mg N en 150 mg K dm^{-3} deur besproeiingswater.
6	Net soos 5 maar met 3000 g superfosfaat m^{-3}.
7	Soos 5 maar sonder dolomitiese kalk plus 50 mg Mg dm^{-3} voedingsoplossing.
8	Soos 6 maar sonder dolomitiese kalk plus magnesium in die voedingsoplossing soos in 7.
9	Een Fertilinz tablet 8 dm^{-3}.
10	Twee Fertilinz tablette 8 dm^{-3}.
11	Soos 10 plus 300 g FTE 8 dm^{-3}.
12	3000 g Nutricote^{R} m^{-3}.
13	6000 g Nutricote^{R} plus 300 g FTE m^{-3}.

6.1 BLAARONTLEDINGS

By kommersiële sitrusboorde word blaarontledings vir die diagnose van voedingstofstatus, algemeen gebruik. In Suidelike Afrika is dit sedert 1967 op 'n kommersiële basis toegepas. In die talle navorsingsberigte wat die instelling van die kommersiële diens voorafgegaan het, word talle faktore wat die samestelling van die blaar beïnvloed, uitgewys. Embleton et al. (1973) som die resultate tot 1972 op en noem dat blaarouderdom die faktor is wat die meeste ondersoek is. Chapman (1968) toon dat die waterinhoud van nawelblare met ouderdom afneem en dienooreenkomstig neem die asinhoud toe. Die konsentrasie van die elemente sal dus ook wissel afhangende van die blaarouderdom.

Blaarsamestelling is afhanklik van 'n aantal faktore wat ook 'n invloed op die groeiproses het. Smith (1966) toon dat sitrusblare van lote met nuwe groei, verskil van dormante lote. Steyn (1961) toon weer dat sitrusblaargrootte die samestelling beïnvloed. In sitruskwekerye is die saailinge voortdurend in 'n vegetatiewe groeifase. Die grootte van die blare asook hul fisiologiese ouderdom oorspan 'n wye reeks. Wanneer blaarmonsters geneem word, kan 'n verskeidenheid blaarouderdomme ingesluit word. In vorige proewe is ook waargeneem dat sekere saailinge kleiner blare as ander het.

Ten einde blaarontleding as 'n diagnostiese tegniek te kan toepas is dit eerstens nodig dat 'n spesifieke blaar geselekteer word. Die samestelling van die blaar moet verband hou met die parameter vir opbrengs. Die volgende proef is gevolglik beplan sodat verskeie tipes blare vir monsterneming geëvalueer kan word.

Prosedure

Growweskilsuurlemoensaailinge is in silikasand (soos in Hoofstuk 2 beskryf) gevestig. Verskeie metodes van bemesting is gebruik. In Tabel 6.1.1 word die 13 verskillende bemestingsmetodes aangegee. Meer volledige beskrywing van Nutricote^{R}, FTE504, superfosfaat, dolomitiese kalk en die voedingsoplossing word in Hoofstuk 5.4 aangegee. MagAmp^{R} is 'n magnesium-ammoniumkaliumfosfaat wat 7% N, 17,4% P, 5% K en 12% Mg bevat. Fertilinz^{R} bevat 20% N, 6,7% P en 8,3% K plus mikro-elemente. Nutricote^{R}, MagAmp en Fertilinz is stadig-oplossende misstowwe. Hierdie verskeidenheid bemestingstowwe en

Tabel 6.1.2 Vegetatiewe opbrengs van GS-saailinge en die massa van vars en gedroogde stingels asook massa van groepe blare 1 tot 5, 6 tot 10 en 11 tot 15 vanaf die groeipunt.

BEHANDELING NR.	OPBRENGS g/boom	VARSMASSA VAN VYF BLARE 1-5	6-10	11-15	KBV 0,05 0,01	KV %	DROë MASSA VAN VYF BLARE 1-5	6-10	11-15	STINGELS VARS	DROOG
1	48,5	3,73	5,00	5,10	0,30 0,41	4	0,93	1,68	1,76	16,83	7,97
2	44,3	3,37	4,09	3,70	0,26 0,36	5	0,88	1,30	1,31	13,63	6,53
3	47,2	2,90	3,92	3,87	0,30 0,41	6	0,72	1,25	1,38	15,25	7,32
4	49,5	3,42	4,39	5,00	0,21 0,29	3	0,99	1,49	1,74	17,22	8,27
5	55,0	4,27	5,02	5,31	0,26 0,36	4	1,11	1,58	1,89	20,42	9,77
6	60,8	4,01	5,35	6,52	0,30 0,41	4	1,48	1,68	2,27	22,67	10,90
7	48,0	4,10	5,40	4,31	0,15 0,21	2	0,98	1,70	1,59	16,12	7,65
8	51,5	4,45	5,71	4,89	0,21 0,29	3	1,29	1,84	1,72	17,17	8,30
9	36,7	3,25	3,88	3,15	0,15 0,21	3	1,04	1,15	1,10	12,65	6,47
10	48,7	2,97	4,13	4,51	0,21 0,29	4	0,68	1,29	1,58	18,00	8,65
11	40,5	3,35	3,89	3,47	0,15 0,21	3	1,03	1,16	1,22	12,50	6,00
12	51,7	3,71	4,92	5,27	0,21 0,29	3	0,96	1,59	1,88	20,02	9,55
13	58,3	5,31	6,56	5,85	0,21 0,29	2	1,59	2,04	2,05	21,60	10,37
KBV 0,01	1,91	0,06	0,05	0,05			0,02	0,02	0,02	0,33	0,18
0,05	1,48	0,05	0,04	0,04			0,02	0,02	0,02	0,25	0,14
KV %	11	5	3	3			6	4	4	5	6

-tegnieke is gekies omdat dit in 'n mindere of meerdere mate tans in die sitruskwekerybedryf gebruik word en dit bekend is dat die misstowwe 'n groot variasie in produksie te weeg bring. Na verloop van 24 weke (8 weke vir vestiging waartydens die saailinge tot twee per houer uitgedun is, plus 16 weke) is die plantmonsters soos volg versamel. Eerstens is die stamme bokant die substraatvlak geknip en die vars massa van elke saailing is bepaal. Die blare is vervolgens vanaf die groeipunt gemonster deur blaarnommers een tot vyf, ses tot 10 en 11 tot 15 saam te voeg. Die totale massa van die groepe blare asook die totale massa blare (16 en meer ingesluit) en stingels is vars en na droging bepaal. Hieruit is die massa per blaar bereken. Die blare is ook ontleed vir N, P, K, Ca en Mg volgens die metodes wat in Hoofstuk 3 beskryf is.

RESULTATE EN BESPREKING

Tabel 6.1.2 bevat die opbrengsresultate in terme van totale vars loofmassa per saailing asook die onderverdeling in blare 1 tot 5, 6 tot 10, 11 tot 15 en die stingels. As gevolg van die verskillende metodes van bemesting het die opbrengste tussen 36,7 (behandeling 9) en 60,8 g per boom (behandeling 6) gewissel, 'n aanvaarbare reeks opbrengswaardes om blaarmassa teen te evalueer.

Die blaarmassas van blare 1 tot 5 vanaf die groeipunt, 6 tot 10 en 11 tot 15 het in sekere gevalle betekenisvol (by 'n toetspeil $P = 0,05$) verskil (Tabel 6.1.2). Die vars massa van blare 1 tot 5 was deurgaans laer as dié van blare 6 tot 10, maar soms dieselfde as dié van blare 11 tot 15 (behandelings 9 en 11). In twee gevalle (behandelings 1 en 3) was die massas van blare 6 tot 10 dieselfde as 11 tot 15. Die massa van blare 11 tot 15 was by behandelings 2, 7, 8, 9, 11 en 13 laer as dié van blare 6 tot 10. Opsommend kan afgelei word dat die jongste blare (nommers 1 tot 5) deurgaans 'n laer varsmassa as die ouer blare gehad het. Die droë massas van blare 1 tot 5 is deurgaans laer as dié van 6 tot 10 en dié weer laer as blare 11 tot 15. Die varsmassas van die groepe blare toon egter nie dieselfde tendens nie. Die varsmassa van blare 11 tot 15 is soms hoër en soms laer as die van blare 6 tot 10 wat weer hoër as die van blare 1 tot 5 is.

Die liniêre verband tussen die droë of varsmassa per blaar vir die drie groepe met opbrengs word in Tabel 6.1.3 aangegee. Die beste passing word met die groep 11 tot 15 verkry. In beide gevalle is die verwantskap

beter as 90%. Dit dui daarop dat groter blare (of blare met 'n hoër massa) deur saailinge wat goed presteer, gevorm word. Waar remmende faktore soos onvoldoende voeding aanwesig is, wat die opbrengs beperk, sal die massa per blaar ook laer wees. Aangesien die konsentrasie van die voedingstowwe in die blare as 'n persentasie van die droë massa aangegee word, gaan die invloed van die blaargrootte/massa op die konsentrasie verlore. Ten einde die variasie in blaarmassa te behou, moet dit ingebou word in die parameter wat die konsentrasie van die voedingstowwe aandui. Tabel 6.1.3 toon dat beide die droë en varsmassa van die blare goed met opbrengs gekorreleer is. Enige van die twee maatstawwe kan dus in die parameter, wat die voedingselementkonsentrasie moet evalueer in terme van opbrengs, ingebou word.

Tabel 6.1.3 Die liniêre verband tussen die massas (vars en droog) van blare 1 tot 5, 6 tot 10 en 11 tot 15 vanaf die groeipunt en die totale vegetatiewe opbrengs van growweskilsuurlemoensaailinge.

BLAARGROEP	r^2-waarde* vir	
	VARS	DROë
1 - 5	0,4317	0,3644
6 - 10	0,5789	0,5890
11 - 15	0,9226	0,9321

*Waardes groter as 0,80 is betekenisvol by P = 0,001

Tabel 6.1.4 Blaarontledingsgegewens van growweskilsuurlemoensaailinge in g per 100 g droë blaarmateriaal (a) en g per 100 droë blare (b) asook die totale vegetatiewe opbrengs.

ELE-MENT		BEHANDELINGNOMMER 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N	a	3,33	3,43	3,37	3,08	3,24	3,00	3,49	3,24	3,34	3,55	3,61	3,35	3,33
	b	5,86	4,49	4,65	5,36	6,12	6,81	5,54	5,57	3,67	5,61	4,40	6,30	6,83
P	a	0,23	0,17	0,22	0,20	0,15	0,17	0,17	0,15	0,15	0,14	0,19	0,17	0,18
	b	0,40	0,22	0,30	0,35	0,28	0,39	0,27	0,26	0,17	0,24	0,23	0,32	0,37
K	a	2,61	2,84	2,72	2,63	2,52	2,36	2,40	2,43	2,59	2,61	2,65	2,78	2,54
	b	4,59	3,72	3,75	4,58	4,76	5,36	3,82	4,18	2,85	4,12	3,23	5,23	5,21
Ca	a	2,69	1,85	1,64	1,45	2,54	2,34	2,65	2,69	2,81	2,31	2,86	2,57	2,17
	b	4,73	2,42	2,26	2,52	4,80	5,31	4,21	4,63	3,09	3,65	3,49	4,83	4,45
Mg	a	0,30	0,41	0,83	1,42	0,14	0,14	0,13	0,13	0,15	0,14	0,12	0,15	0,13
	b	0,53	0,53	1,15	2,47	0,26	0,32	0,21	0,22	0,17	0,22	0,15	0,28	0,27
OPBRENGS g per saailing		48,5	44,3	47,2	49,5	55,0	60,8	48,0	51,5	36,7	48,7	40,5	51,7	58,3

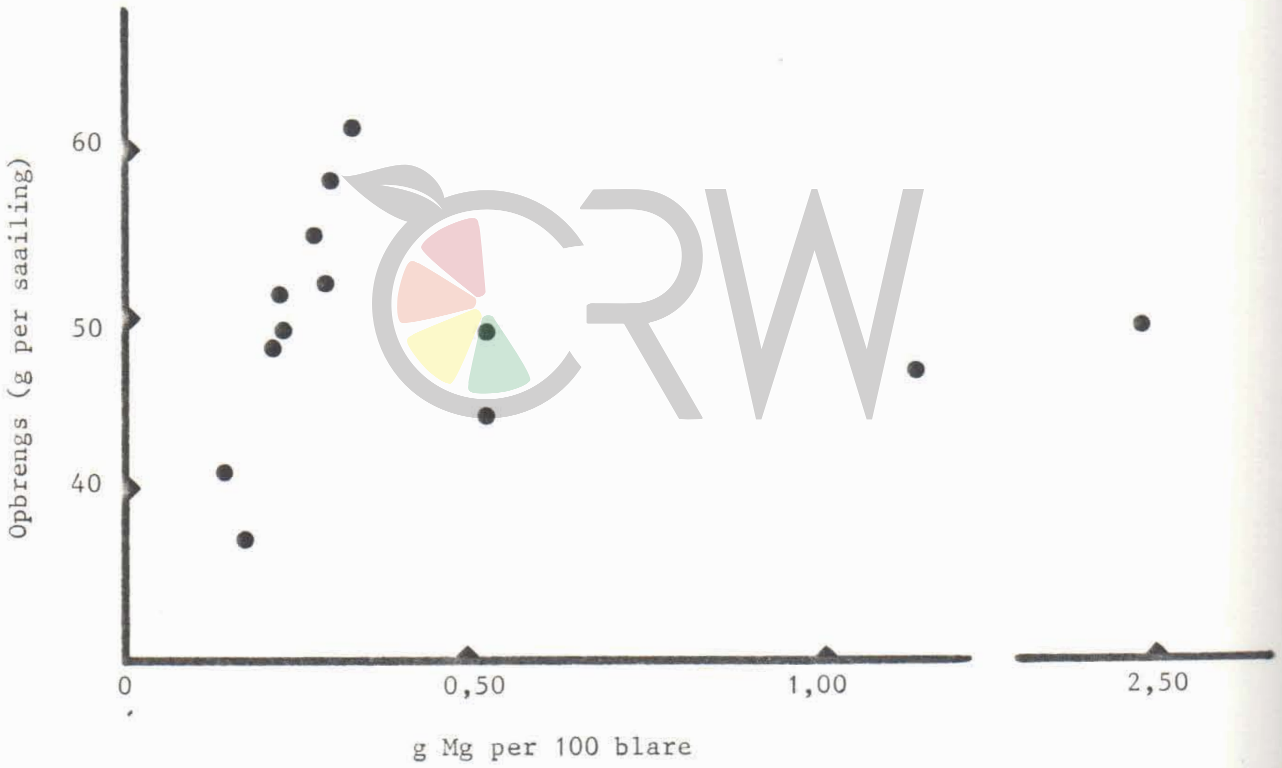
Vervolgens is die konsentrasie van die voedingselemente uitgedruk as mg per 100 gedroogde blare. Tabel 6.1.4 gee dan twee blaarkonsentrasiewaardes vir elke element aan. Die eerste (a) word as die persentasie (g 100 g^{-1}) aangegee. Die tweede waarde (b) word as die elementinhoud, g per 100 droë blare aangegee, deur die massa per blaar soos in Tabel 6.1.2 in aanmerking te neem. Die massas van die derde groep (blare 11 tot 15) word gebruik omdat dit die beste met opbrengs gekorreleer is.

Die liniêre verband tussen die twee uitdrukkings van voedingselementkonsentrasie en opbrengs word in Tabel 6.1.5 aangegee. Stikstof, P en K toon 'n verbetering in die verband, indien die konsentrasie N, P en K as g per 100 blare uitgedruk word.

Tabel 6.1.5 Die liniêre verband (r^2-waarde) tussen die konsentrasie van die voedingselemente per 100 g of per 100 blare en opbrengs growweskilsuurlemoensaailinge.

ELEMENT	KONSENTRASIE IN	
	g per 100 g	g per 100 blare
N	0,35*	0,89*
P	0,17	0,55
K	0,21	0,51
Ca	0,03	0,03
Mg	0,05	0,09

*r^2-waardes groter as 0,80 is betekenisvol by 'n toetspeil P = 0,001 en 0,48 by P = 0,10



Figuur 6.1.1 Die verband tussen die konsentrasie magnesium in die blare, aangegee as g Mg per 100 blare en die vegetatiewe opbrengs (g per boom) van growweskilsuurlemoensaailinge.

Kalsium en Mg gee 'n swak liniêre passing met opbrengs. Die data in Tabel 6.1.4 toon egter dat die kalsiuminhoud van die blare vir behandelings 2, 3 en 4 besonder laag is. Dit wissel van 2,26 tot 2,52 g per 100 blare teenoor ten minste 3,09 g per 100 blare (behandeling 9), vir die ander 10 behandelings. Hierdie drie behandelings (2 tot 4) is dieselfde en net verskillende massas Magamp[R] is gebruik. Magamp[R] bevat geen kalsium nie en 12% magnesium. Dit is moontlik dat die wanbalans afwykende resultate tot gevolg kan hê. Indien hierdie drie waardes (behandelings 2 tot 4) buite rekening gelaat word, word 'n liniêre passing van opbrengs op g Ca per 100 blare, wat hoogs betekenisvol is, (r^2 = 0,74 en waardes groter as 0,73 is betekenisvol by P = 0,01) verkry.

In Figuur 6.1.1 word aangetoon dat opbrengs toeneem soos g Mg per 100 blare toeneem. 'n Maksimum word by 0,32 g Mg per 100 blare bereik. Bokant die waarde neem die opbrengs af. Vier punte op die kromme dui op 'n afname met meer as 0,53 g Mg per 100 blare. Die verloop van die kromme bokant 0,32 g per 100 blare is egter nie bevredigend nie. Die magnesiuminhoud van die vier behandelings (1 tot 4) is egter baie hoër as die van die ander behandelings. Die hoë magnesiumkonsentrasie van behandeling 1 dui op 'n luukse opname indien voedingsbesproeiing gebruik word. Die waarneming is ook in vorige hoofstukke (Hoofstukke 2.1 en 5.2) gemaak. Behandelings 2 tot 4 toon ook baie hoë magnesiumwaardes in die blare. Dié drie behandelings het ook besonder hoë toedienings van magnesium deur Magamp[R] ontvang. Indien die uitskieters ook buite rekening gelaat word, is die verband tussen opbrengs en g Mg per 100 blare hoogs betekenisvol (r^2 = 0,85 en waardes groter as 0,79 is betekenisvol by P = 0,01).

Geeneen van die vyf verwantskappe toon 'n afplatting nie. Dit kan dus aanvaar word dat die optimale konsentrasies nog nie bereik is nie. In verdere ondersoeke behoort die konsentrasie van die voedingstowwe dus hoër te wees, maar die EG moet binne perke gehou word. Magnesiumkonsentrasie gee egter 'n aanduiding dat die maksimum tussen 0,32 en 0,53 g per 100 blare moet wees.

GEVOLGTREKKING

Alhoewel blaarontledings 'n goeie diagnostiese metode is om die voedingstatus van kommersiële boorde te bepaal, faal dit grootliks by kwekerye. Die grootste bron van variasie in blaarontledings vir kommersiële boorde word in die tipe blaar gevind (Embleton et al., 1971).

Blaarontledingsdata word tradisioneel in g 100 g^{-1} of in mg kg^{-1} aangegee. In hierdie studie is gevind dat die massa van 'n blaar afkomstig van saailinge in die sitruskwekery, verband hou met die totale massa. Hoogs betekenisvolle verwantskappe tussen opbrengs en die massa van vyf blare wat in posisies 11 tot 15 vanaf die groeipunt geneem is, is bepaal. Hierdie bron van variasie wat verband hou met opbrengs is vervolgens in die metode, waarvolgens die blaarkonsentrasie van die voedingselemente aangegee word, ingebou. In plaas daarvan om die konsentrasie in g 100 g^{-1} aan te gee is die massa van 100 blare in berekening gebring en word die konsentrasie in g per 100 blare aangegee.

Hiervolgens word 'n hoogs betekenisvolle verband tussen vegetatiewe opbrengs en g N of g P of g K per 100 blare aangetref. Van die kalsium- en magnesiumwaardes wat aangeteken is, verwring die verband tussen blaarinhoud (g per 100 blare) en opbrengs. Die uitskieters is geïdentifiseer en sluit besonder hoë magnesiumtoedienings in. Luukse opname van magnesium en lae voorsiening van kalsium is heelwaarskynlik die oorsaak van die afwykings. Indien dié uitskieters nie in berekening gebring word nie, verbeter die verband tussen opbrengs en g Ca of Mg per 100 blare en is hoogs betekenisvol by 'n toetspeil van $P = 0{,}01$. Hierdie resultate dui daarop dat blaarontledings ook gebruik kan word om die voedingstatus van sitrussaailinge te bepaal. Die tegniek moet egter nog ondersoek word. In so 'n toekomstige ondersoek sal dit nodig wees dat die konsentrasies van die voedingselemente binne redelike perke gehou moet word. Uiterstes kan verwringing veroorsaak wat die vertolking bemoeilik.

Tabel 6.2.1 Enkele eienskapppe van die twee substrate wat gebruik is om die invloed van die waterinhoud op die ontledings-resultate te bepaal.

EIENSKAP	SUBSTRAAT 1	SUBSTRAAT 2
Waterhouvermoë cm^3 dm^{-3}	389	248
Gloeiverlies %	16,3	84,0
% Deeltjies kleiner		
as 500 mikron	25,4	14,7
250 mikron	7,6	2,5
106 mikron	2,3	0,0
Brutodigtheid kg m^{-3}	630	260

CRW

6.2 INVLOED VAN DIE WATERINHOUD VAN SUBSTRATE OP DIE BEPALING VAN DIE BRUTODIGTHEID, P, K, Ca, Mg, pH EN ELEKTRIESE GELEIDING

Substrate vir kwekerye word uit baie komponente saamgestel. Hierdie komponente se brutodigtheid kan soveel as twintigvoudig verskil (Bunt, 1976a). Ontledingsresultate kan dus nie op 'n massa:massa-basis uitgedruk word nie. Gevolglik word 'n sekere volume van die substraat ontleed. Met die uitmeet van die volume kan groot variasies ontstaan indien die saamdruk-krag nie gespesifiseer word nie. 'n Baie populêre metode is dié van De Boodt & Verdonck (1972) of variasies daarvan (Verdonck et al., 1978; Van Dijk, 1980). In die metode van Verdonck et al. (1978) word die substraat teen 500 Pa in 'n 100 mm hoë silinder vasgedruk. 'n Segment van 40 mm word dan hieruit geneem waarop die bepalings uitgevoer word. In hierdie studie is verskeie maniere van samedrukking van substrate vergelyk met die brutodigtheid wat verkry word wanneer die substrate vir ses maande aan kwekerypraktyke onderwerp word.

'n Ander belangrike aspek by die ontleding van substrate is die waterinhoud tydens die analise. Organiese substrate soos veen en bas word moeilik herbenat indien dit eers uitgedroog het; daarom is laboratoria geneig om die bepalings op klam substrate uit te voer. Die voordeel is dat tyd bespaar word indien die drogingsproses vermy kan word. Een van die grootste besware teen droging is dat die ioon-verhouding tydens uitdroging versteur kan word (Markus & Steckel, 1980). 'n Verdere ondersoek is dus gedoen om die invloed van die waterinhoud van die substrate op die brutodigtheid en enkele chemiese ontledings te evalueer.

PROSEDURE

Twee substrate is vir die studie gekies. Substraat 1 verteenwoordig 'n mengsel van sand en gekomposteerde dennebas en substraat 2, hoofsaaklik dennebas. Enkele van die eienskappe van die substrate word in Tabel 6.2.1 aangegee.

Brutodigtheid in die kwekery

Die substrate is in agt dm^3 swart plastieksakke geplaas waarin twee GS-saailinge per sak, vir ses maande onder standaard kwekerypraktyke gekweek is. Tien herhalings is uitgevoer. Na die periode is die loofgedeeltes van die saailinge verwyder. Die substrate

is tot houerkapasiteit benat en toegelaat om te dreineer, waarna die volume en die massa van die substraat bepaal is. Na die metings is die waterinhoud asook die wortelmassa bepaal. Uit al die gegewens is die brutodigtheid van die oonddroë (70°C) substraat bereken. Hierdie waarde word as die norm vir elke substraat gebruik waarteen die laboratoriumtegnieke geëvalueer moet word.

Laboratoriumtegnieke vir die bepaling van brutodigtheid

Twee 40 mm hoë silinders met 'n deursnit van 52 mm is met kleefband teenmekaar geheg. Die een silinder se oop kant is met plastiekgaas bedek. In die so saamgestelde silinder is volumes oonddroë substrate en klam substrate (50% houerkapasiteit) uitgemeet en wel soos volg.

1. Albei silinders is met substraat gevul.

2. 'n Saamdrukking van 500 Pa en 100 Pa is vir 60 sekondes toegepas.

3. Vervolgens is die boonste silinder verwyder deur 'n snit deur die kleefband te maak.

4. Die massa van dié volume substraat in die onderste silinder is bepaal.

5. Die waterinhoud van die substraat is ook bepaal.

Hierdie proef is herhaal deur van 'n 240 mm hoë silinder gebruik te maak.

Waterinhoud van substrate

Genoemde twee substrate is tot 50% van hulle houerkapasiteit benat en vir 48 uur in verseëlde houers gelaat. Vervolgens is die substrate op plastiekvelle oopgesprei en toegelaat om uit te droog. Submonsters is van tyd tot tyd geneem waarop die waterinhoud, elektriese geleiding, pH, P, K, Ca en Mg bepaal is. Al die chemiese ontledings is op 'n 1:1,5 volume ekstraksie uitgevoer (Sonneveld et al., 1974).

Tabel 6.2.2 Brutodigtheid van twee substrate soos beïnvloed deur waterinhoud, lengte van die silinder waarin dit uitgemeet is en die krag van saamdrukking.

			Brutodigtheid	
Waterinhoud % van HK*	Lengte van die silinder	Saamdrukkrag (Pa)	Substraat 1	Substraat 2
0	40	100	584	226
0	40	500	630	263
0	240	500	601	238
50	40	100	581	226
50	40	500	622	255
50	240	500	608	234
0	Sakkie**	-	640	274
KBV (P 0,01)			9,27	7,55
KV (%)			2,96	5,98

*Houerkapasiteit.

**Natuurlike verdigting onder kwekerytoestande in 'n 8 dm^{-3} plastieksak.

RESULTATE EN BESPREKING

Brutodigtheid

Die brutodigthede van substrate 1 en 2 soos deur die verskillende metodes bepaal, word in Tabel 6.2.2 aangegee. Tabel 6.2.2 toon drie belangrike bevindings. Eerstens verskil die brutodigtheid van die klam en droë monsters nie betekenisvol nie. Die waterinhoud speel dus geen rol, solank die substraat nie met water versadig is nie. Sulke substrate hanteer moeilik, kleef aan die toerusting vas en verlies van water tydens die samedrukking kan foutiewe resultate ten opsigte van chemiese ontledings tot gevolg hê. Die tweede aspek wat die resultate toon, is dat die brutodigtheid van die substrate in die sakkies die hoogste is. Tydens die periode van ses maande onder verbouing het daar dus 'n mate van kompaksie plaasgevind. Derdens dat vasdrukking teen 500 Pa in 'n 40 mm hoë silinder vir beide die klam en droë substraat die brutodigtheidswaarde (by 'n toetspeil van P = 0,01) van die sakkies, die beste voorspel. In die praktyk kan dus van klam (minder as 50% houerkapasiteit) tot oonddroë substrate gebruik gemaak word om die brutodigtheid te bepaal.

Chemiese ontledings

Submonsters van die substrate is met water in die verhouding 1:1,5 geëkstraeer en die resultate word in Tabel 6.2.3 aangegee.

In Tabel 6.2.3 is dit opvallend dat die konsentrasies van die voedingsoplossings toeneem soos die waterinhoud afneem. Dit stem nie ooreen met die resultate van Graomley (1970) (soos aangehaal deur Roberts, 1987) nie. Hy vind dat die waterinhoud van veen tussen 32 en 85% (dit is blykbaar op 'n massabasis) geen invloed op die kaliumkonsentrasie, pH en geleiding het nie.

Indien die verdunningseffek wat deur die water in die klam substraat veroorsaak word in berekening gebring word, word die verskille in die P-, K-, Ca- en Mg-konsentrasies asook in geleiding uitgewis. Dit verklaar egter nie die verskille nadat die substrate in die oond by 70°C gedroog is nie. Die hoër konsentrasies van die elemente wat by oondgedroogde

Tabel 6.2.3 Die konsentrasie van enkele elemente, pH en EG van die 1:1,5-ekstrak soos deur die waterinhoud van die substrate by ontleding beïnvloed word..

						KBV	KV
Substraat 1						0,05	%
Waterinhoud (v/v) %	22,2	15,8	10,6	4,2*	0**	1,04	11,70
P mg dm^{-3}	26,7	28,7	30,7	34,7	40,7	2,87	10,3
K mg dm^{-3}	44,7	49,0	51,7	58,3	69,0	1,91	4,15
Ca mg dm^{-3}	42,7	46,7	50,3	55,0	77,7	2,51	5,47
Mg mg dm^{-3}	23,7	25,7	28,3	31,3	38,7	2,09	8,38
pH	6,1	6,1	6,1	6,1	6,3	NB	
EG mS m^{-1}	37,7	41,7	43,7	49,0	62,3	2,01	5,08
Substraat 2							
Waterinhoud (v/v) %	37,5	23,8	14,2	6,3*	0**	1,87	16,59
P mg dm^{-3}	15,7	19,0	21,3	24,7	31,3	2,36	12,52
K mg dm^{-3}	43,7	55,3	59,7	71,3	90,7	3,28	6,06
Ca mg dm^{-3}	31,3	38,7	42,7	49,7	37,3	3,03	9,00
Mg mg dm^{-3}	22,3	27,3	30,3	34,7	43,7	2,31	8,67
pH	6,5	6,5	6,5	6,5	7,3	0,05	9,50
EG mS m^{-1}	30,3	37,3	40,7	47,7	42,7	2,28	6,81

* = Lugdroog ** = Oonddroog 70°C.

substrate bepaal is, steun die bevindings van Markus & Steckel (1980). Die pH word slegs beïnvloed indien die substraat vooraf oonddroog gemaak is.

GEVOLGTREKKING

Die brutodigtheid van substrate wat in 'n 40 mm silinder saamgedruk is teen 500 Pa vir 60 sekondes, stem die beste ooreen met die brutodigtheid van dieselfde substrate, wat vir ses maande lank aan kwekerypraktyke onderwerp is. Die brutodigtheid kan op klam of oonddroë substrate bepaal word. Chemiese ontledings behoort op lugdroë substraatmonsters uitgevoer te word. Indien die waterinhoud in berekening gebring word, kan klam substrate ook gebruik word. Oondgedroogde substrate is nie geskik vir chemiese ontledings nie omdat hoër waardes as met klam of lugdroë substrate verkry word.

Die volgende prosedures word vir laboratoriumontledings voorgestel:

* By ontvangs moet die monsters oopgesprei en by kamertemperatuur gedeeltelik gedroog word. Sodra die monsters 'n waterinhoud bereik wat dit hanteerbaar maak, sonder dat die materiaal aan die toerusting kleef en sonder dat water uit die substraat gepars kan word, kan soos volg voortgegaan word:

* Bepaal die waterinhoud van die substraat deur 'n submonster by 70°C te droog en die massa-verlies te bereken.

* Meet een volume van die lugdroë substraat af deur dit teen 500 Pa saam te pers.

* Voeg 1,5 volume gedistilleerde water by en skud vir 30 minute.

* Filtreer en bepaal die pH, EG, P, K, Ca, Mg, Na en N in die filtraat.

* Kompenseer dié resultate deur die waterinhoud voor ekstraksie as 'n verdunningsfaktor te gebruik.

Met dié metode word van die grootste besware, naamlik tydsverlies as gevolg van langdurige droging, veranderings in die konsentrasie van die elemente tydens volledige droging en verlies van elemente wanneer water uit die substrate gepars word, grootliks oorbrug.

CRW

Tabel 6.3.1 Enkele eienskappe van die vier substrate wat gebruik is om die invloed van die kolomhoogte, grootte van dreineringsopeninge en benatters op die bepaling van die lugruimtes van substrate te evalueer.

	Silikasand		Dennebas	
	1	2	3	4
Gloeiverlies (%)*	0,3	0,4	41,5	84,0
Deeltjiegrootte (%)*				
Kleiner as 106 mikron	5,8	0,0	7,0	1,7
106 - 250	31,3	0,0	16,8	2,9
250 - 500	51,4	0,0	43,0	3,8
500 - 1000	9,4	2,5	29,9	8,0
1000 - 2000	1,8	92,6	3,2	48,6
2000 - 4750	0,2	4,8	0,0	35,0
Groter as 4750	0,0	0,0	0,0	0,0
WHV (cm^3 dm^{-3})	296	91	267	148
Totale porie-ruimte (%)**	42,5	53,7	37,2	60,7

WHV = waterhouvermoë *massa:massa **volume:volume basis

6.3 FAKTORE WAT DIE BEPALING VAN DIE LUGRUIMTES VAN SUBSTRATE BEÏNVLOED

Substrate vir kwekerye bevat meestal komponente met 'n lae brutodigtheid (Bunt, 1976a; Handreck & Black, 1984). In die ontledingsproses is dit dus noodsaaklik dat alle metings op 'n volume-basis geskied.

'n Baie populêre metode vir die bepaling van die lugruimtes (LR) en waterhouvermoë (WHV) van substrate, is dié van De Boodt & Verdonck (1972). Verskeie variasies hierop het ook al die lig gesien (Verdonck et al., 1978; Van Dijk, 1980). In die metode van Verdonck et al. (1978), word die substrate teen 500 Pa in 'n 100 mm hoë silinder vasgedruk. 'n Segment van 40 mm word dan hieruit geneem, waarop die bepalings uitgevoer word. Eksterne suigkragte, dit wil sê 'n spanning wat buite die houer aangebring word, soos 'n dreineringsmat of sandkas, word deurgaans gebruik.

Sitruskwekerye in Suidelike Afrika gebruik plastieksakkies as houers vir die substrate. Hierdie sakkies is 200 tot 300 mm hoog, met gate vir dreinering aan die onderkant en soms ook op die sye. Hierdie houers word bo-op stellasies gepak. Daar is geen eksterne suigkrag wat dreinering kan bevorder nie. Die laboratoriummetode waar 'n 40 mm segment en eksterne suigkrag gebruik word, verskil dus van die toestande in die kwekery. Uit die literatuur (o.a. Handreck & Black, 1984) is daar voldoende gegewens wat daarop dui dat hierdie verskille foutiewe resultate tot gevolg kan hê.

Hierdie studie is daarop gemik om die omvang van sekere van die faktore wat die LR-waardes kan beïnvloed, te ondersoek. Vier faktore naamlik, die hoogte van die kolom, eksterne suigkrag, dreineringsopeninge en die gebruik van benatters is geïdentifiseer en sal ondersoek word.

PROSEDURE

Vier substrate, bestaande uit silikasand en dennebas, is gebruik. In Tabel 6.3.1 word enkele eienskappe van die substrate aangegee.

Twee grade van fynheid vir die silikasand en dennebas is gebruik. Die dennebas is 'n kommersiële produk wat vooraf gekomposteer en daarna in verskillende fraksies gesif is.

CRW

Hoogte van die substraatkolom

'n Silinder is saamgestel deur sewe ringe van 40 mm hoog (56 mm binnedeursnit), met kleefband aanmekaar te heg. Die een opening van die onderste ring is met plastiekmaas (1,5 x 1,5 mm openinge) bedek en met kleefplastiek en kleefband waterdig verseël (sien ook Verdonck et al, 1978). Die massa van die silinder is bepaal.

Lugdroë substrate is in die silinder teen 500 Pa saamgedruk en die massa bepaal. Die finale hoogte van die substraatkolom was tussen 240 en 250 mm. Substraatkolomme is van bo-af oor 'n periode van 48 uur met water versadig. Die massa van die versadigde substraat en silinder is gemeet.

Vervolgens is die substraatkolomme toegelaat om vrylik (0 Pa) en onder die suigkrag van -1000 Pa te dreineer. Die suigspanning is bewerk deur van 'n sandkas gebruik te maak. Die sandkas is tot by die oppervlak met water versadig waarna die watervlak tot 10 cm onder die oppervlakte laat daal is.

Elke substraatkolom is vervolgens in 40 mm segmente verdeel en die massa van die nat en oonddroë segmente is bepaal en gebruik in die berekening van die lugruimtes. Lugruimtes (LR) van die substrate is bepaal deur massaverskille in die substraatkolomme by verskillende water-regimes te meet. So byvoorbeeld gee die massa-verskil, tussen die lugdroë substraatkolom en 'n waterversadigde-kolom, die volume van die totale lugruimtes.

Op dieselfde manier is die LR van 'n 40 en 240 mm hoë substraatkolom bepaal. Laasgenoemde was nie gesegmenteer nie. Alle bepalinge is in tienvoud uitgevoer.

Dreineringsopeninge

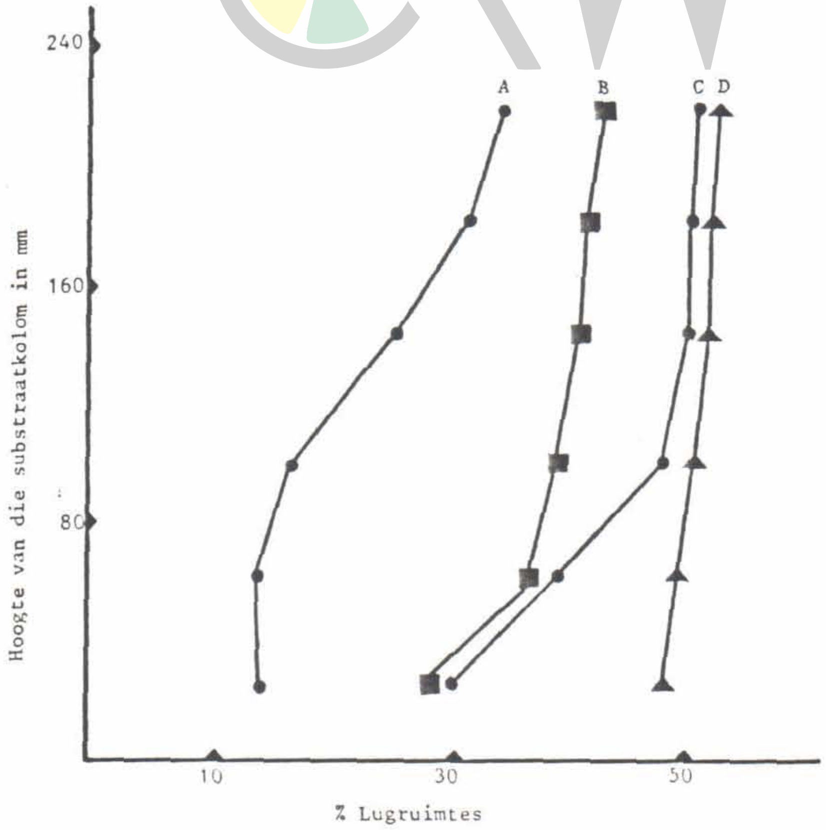
Dieselfde metode soos hierbo beskryf, is gebruik. Die onderste dreineringsopeninge is verklein deur plastiek aan die binnekant te heg; sodoende is die dreineringsopeninge verander van 100 na 75, 50 en 25% van die totale bodem van die silinder.

Tabel 6.3.2 Lugruimtes van die substrate by 0 Pa soos beïnvloed deur die hoogte van die substraatkolom.

Verwysings nr	Hoogte van kolom in mm	SUBSTRAATNOMMER 1	2	3	4
		Lugruimtes (%) (v/v)			
LR_{40}	40*	16,9	31,9	9,1	29,9
LR_{240}	240*	23,3	44,7	12,5	49,9
LR_6	200 - 240**	34,3	48,7	18,2	51,4
LR_5	160 - 200**	30,6	48,3	13,4	50,9
LR_4	120 - 160**	26,2	47,3	9,6	50,1
LR_3	80 - 120**	17,3	46,8	8,4	49,9
LR_2	40 - 80**	14,1	45,9	7,3	39,2
LR_1	0 - 40**	14,2	29,2	7,2	28,7
	KBV 0,01	0,75	1,36	0,53	1,44
	KV (%)	5,30	4,95	7,94	5,14

* Totale hoogte wat as 'n eenheid gebruik is.

**Relatiewe posisies van 40 mm segmente in 'n kolom met 'n totale hoogte van 240 mm.



Figuur 6.3.1 Lugruimteprofiel van substraat 1 by 0 Pa (A) en -1000 Pa (B) en substraat 4 by 0 Pa (C) en -1000 Pa (D) soos deur die hoogte van die substraatkolom beïnvloed.

Met die beperking in die dreinering is die LR by 'n suigkrag van nul en -1000 Pa gemeet.

Benatters

Herbenatting van substrate, veral bas- en veenmonsters, is moeilik. Benatters word gebruik om die proses te verbeter (Sheldrake & Matkin, 1971 en Airhart, Natarella & Pokorny, 1980).

In plaas van water alleen, is water plus 'n benatter (Kop G49[R]) teen 0,5 cm^3 dm^{-3}, gebruik om die substraatkolom te versadig. Die LR by nul Pa en -1000 Pa, asook die totale lugruimtes, is bepaal.

RESULTATE EN BESPREKING

Hoogte van die substraatkolom

Tabel 6.3.2 bevat die gegewens oor die LR van vier substrate met geen eksterne suigkrag (0 Pa). Vir elke substraat is daar drie stelle gegewens.

Opvallend is dat die LR-waardes van 'n 40 mm kolom (LR_{40}), deurgaans laer is as die LR-waardes van 240 mm kolom (LR_{240}). By substraat 1 ('n fyn sand) is die LR_{40} sowat 25% laer as LR_{240}. By 'n growwe sand (substraat 2) is die LR_{40} 29% laer as LR_{240}. By 'n substraat wat baie fyn bas bevat (substraat 3), is die verskil heelwaarskynlik van geen praktiese belang nie. Substraat 4 (growwe bas) toon egter 'n groot verskil tussen LR_{40} en LR_{240}. Die feit dat daar by sommige substrate wel 'n verskil tussen LR_{40} en LR_{240} is, maak dit noodsaaklik dat die hoogte van die substraatkolom by die laboratoriumtegniek wel in ag geneem moet word. Dié hoogte behoort dieselfde te wees, as die hoogte van die substraatkolom in die kwekery.

Lugruimte-waardes van die segment van 'n 240 mm substraatkolom beskryf die lugprofiel van so 'n kolom (Figuur 6.3.1). Al vier substrate toon 'n afname in LR, van bo na onder in die kolom. Dit strook met die algemene opvatting in dié verband (Handreck & Black, 1984). Die LR-waarde vir die boonste segment, is hoër as die LR_{240}-waarde vir dieselfde substraat (Tabel 6.3.2). In die onderste segment is die LR-waarde kleiner as LR_{240}. 'n Baie belangrike aspek van die lugprofiel is

Tabel 6.3.3 Lugruimtes van die substraat by -1000 Pa soos deur die hoogte van die substraatkolom beïnvloed.

Verwysings nr	Hoogte van kolom in mm	SUBSTRAATNOMMER 1	2	3	4
		Lugruimtes (%) (v/v)			
LR_{40}	40*	26,6	45,4	13,1	49,1
LR_{240}	240*	39,0	47,7	23,2	51,0
LR_6	200 - 240**	42,9	49,3	27,4	51,5
LR_5	160 - 200**	42,0	48,5	26,2	51,7
LR_4	120 - 160**	40,9	47,8	24,9	51,5
LR_3	80 - 120**	40,0	47,2	24,2	51,4
LR_2	40 - 80**	37,3	46,2	22,7	50,9
LR_1	0 - 40**	27,5	45,0	13,8	49,0
	KBV 0,01	1,08	NB	0,95	NB
	KV (%)	4,54	3,79	6,73	5,58

NB = Nie betekenisvol nie.

* Totale hoogte wat as 'n eenheid gebruik is.

** Relatiewe posisies van 40 mm segmente in 'n kolom met ' totale hoogte van 240 mm.

die lae LR-waarde van die onderste segment (LR_1) en selfs in die daaropvolgende segment (LR_2). By fyn substrate (nommers 1 en 3) is die LR_1 en LR_2 gelyk, maar laer as LR_{40}. Dit beteken dat water vanaf hoër segmente hier versamel. Dit is in teenstelling met die inligting wat Handreck & Black (1984) voorsien. Volgens hulle het die hoogte of wydte van die kolom geen invloed op die hoogte van die versadigde segment nie. In die onderste segment is die LR-waarde dus die laagste en sekerlik die eerste plek waar wortelsiektes, soos veroorsaak deur Phythophthora spp, sal floreer.

Growwe substrate toon dié verskynsel in 'n kleiner mate (substraat 2) of is totaal afwesig (substraat 4).

Eksterne suigkrag

Wanneer 'n eksterne suigkrag op die substrate toegepas word, verander die lugprofiel. Tabel 6.3.3 bevat dieselfde soort gegewens as Tabel 6.3.2, maar in dié geval is 'n eksterne suigkrag van 'n 100 mm waterkolom (-1000 Pa), op die substraat toegepas.

Soos by 0 Pa, is LR_{40} ook by -1000 Pa laer as LR_{240} by -1000 Pa. Die belangrikste verandering is dat LR_1 en LR_{40} nou dieselfde is. Die versamelde water van hoër segmente word deur die suigkrag verwyder. By 0 Pa is LR_1 deurgaans laer as LR_2 maar LR_1 verteenwoordig nog steeds 'n belangrike eienskap, naamlik die minimum lugruimte van 'n substraat. Die lugprofiele van die vier substrate het ook verander. By -1000 Pa neig die profiele van fyner substrate na dié van growwe substrate. Soos Figuur 6.3.1 toon, het die groot verskille wat tussen opeenvolgende segmente by 0 Pa bestaan het, by -1000 Pa verminder. Die lugprofiel van substraat 1 (fynsand) by 0 kPa neem die vorm aan van die lugprofiel van substraat 4 (growwe bas).

Die gemiddelde LR-waarde van 'n substraat word deur LR_{240} aangegee. Aangesien die houers in die sitruskwekerye 'n hoogte van 200 tot 300 mm het, gee LR_{240} 'n goeie meting van die LR van die substraat in die kwekery. Net so evalueer LR_1 die minimum waarde van 'n substraat, 'n baie belangrike eienskap. Albei die waardes behoort dus bepaal te word.

By 0 Pa kan die LR-waardes verskil van dié by -1000 Pa. So byvoorbeeld is LR_{40} by 0 Pa 16,9% en by -1000 Pa 26,6% vir substraat 1. Substraat 2 toon nie die verskil nie. Dit is dus nogtans nodig dat die suigkrag tydens die bepaling ook bekend moet wees, ten einde die resultate te kan vertolk.

Dreineringsopeninge

Tabel 6.3.4 bevat die resultate van LR-bepalings, soos deur die grootte van die dreineringsopeninge, beïnvloed. Soos die dreineringsopeninge kleiner word (vanaf 100% na 25% van die bodem), neem die LR-waardes ook af. Hierdie afname is egter by 0 Pa nie betekenisvol nie.

Sodra 'n eksterne suigkrag (-1000 Pa) egter toegepas word, is die grootte van die dreineringsóeninge tog belangrik. By substrate een tot drie, neem die LR-waarde af soos die openinge kleiner word. Waar slegs 25% van die bodem vir dreinering oopgelaat is, was daar 'n kleiner kontakoppervlak tussen substraat en sandkas. Dit is heelwaarskynlik die hoofrede waarom dreinering verswak namate die openinge verklein.

Tabel 6.3.4 Die invloed van die grootte van die dreinasie-openinge van 'n 240 mm hoë kolom en suigspanning op die lugruimte-waardes van substrate.

Substraat nr	Suig-spanning	Dreinasie-openinge as % van bodem: 100	75	50	25	KBV 0,01	KV %
		Lugruimtes (%) (v/v)					
1	0 Pa	22,3	21,5	20,7	20,0	NB	5,84
	-1000 Pa	38,4	35,2	33,1	30,3	1,76	4,55
2	0 Pa	44,7	44,0	43,0	42,5	NB	3,47
	-1000 Pa	46,3	44,2	42,7	40,9	2,39	3,45
3	0 Pa	10,5	10,1	9,3	8,4	NB	11,82
	-1000 Pa	24,3	20,1	16,3	12,4	2,15	7,40
4	0 Pa	49,0	49,2	48,3	47,8	NB	3,66
	-1000 Pa	49,3	50,2	48,7	47,2	NB	4,09

NB = Nie betekenisvol nie

Tabel 6.3.5 Die invloed van 'n benatter op die lugruimtewaardes van 240 mm hoë substraatkolomme, by twee suigspannings.

Substraat nr	Suigspanning	Benatter -	Benatter +	KBV 0,01	KV (%)
		Lugruimtes (%) (v/v)			
1	0 Pa	22,0	28,9	2,38	4,98
	-1000 Pa	40,0	43,0	3,04	2,85
	TLR*	46,2	46,4	NB	2,67
2	0 Pa	45,3	48,0	NB	3,93
	-1000 Pa	46,0	50,0	4,72	3,82
	TLR*	54,0	54,0	NB	2,97

NB = Nie betekenisvol nie

*Totale lugruimtes

CRW

Substraat 4 wat uit growwe bas bestaan, se LR-waarde by 0 Pa en -1000 Pa, word glad nie deur die verkleining van die dreineringsopeninge beïnvloed nie.

Benatters

Behalwe dat benatters fitotoksies kan wees (Airhart et al, 1980) kan dit die LR-waarde op minstens twee maniere beïnvloed. As gevolg van 'n laer oppervlakspanning dring die water beter tussen die substraatdeeltjies in. Meer lugruimtes word tydens versadiging met water gevul; sodoende word die lug makliker verplaas. Die totale lugruimte-waarde sal dus meer akkuraat wees as wanneer die vasgevangde lug nie deur water sonder 'n benatter, verplaas kan word nie. Tweedens sal die dikte van die waterlagie om die substraatdeeltjies afneem as gevolg van die benatter. Die resultaat sal ook hoër met foutiewe LR-waardes wees, want die volume water wat uit die substraat gedreineer het, is groter met benatter as daarsonder.

Ten einde die eerste moontlikheid uit te skakel, is slegs sande in die proef gebruik, want sande word makliker benat deurdat die lug makliker verplaas word. As kontrole is die totale lugruimte (TLR) ook gemeet.

In Tabel 6.3.5 word die uitwerking van 'n benatter op die LR-waarde aangedui. Weer eens is die LR by twee suigspannings 0 Pa en -1000 Pa, bepaal. Die TLR-waardes vir albei sande is dieselfde met, of sonder, die benatter. Dit beteken dat met 'n benatter, geen ekstra lugruimtes met water gevul is nie. Dit beteken ook dat enige verskil in die LR-waardes, as gevolg van die verandering in die dikte van die waterlagie om die deeltjies, sal wees.

By beide 0 Pa en -1000 Pa word hoër LR-waardes vir albei sande verkry waar die benatter gebruik is. Meer water het dus uit die kolom gedreineer. Dit dui daarop dat die waterlagie om die substraatdeeltjies dunner was. LR-waardes só verkry, is misleidend, want dit gee hoër LR-waardes as wat in die praktyk voorkom.

GEVOLGTREKKING

Wanneer die lugruimte (LR) van substrate bepaal word, is dit noodsaaklik dat die laboratoriumtegniek sekere kwekerytoestande ook in aanmerking moet neem.

Die hoogte van die substraatkolom in die laboratorium en dié in die kwekery moet dieselfde wees; sodoende word 'n gemiddelde LR-waarde verkry. Aangesien die onderste segment van die substraatkolom die laagste LR-waarde het, moet die minimum LR-waarde ook bepaal word.

By sitruskwekerye waar die houers op stellasies gepak word, heers geen eksterne suigkrag nie. Laboratoriumbepalings moet dus ook nie van eksterne suigspannings gebruik maak nie. In kwekerye waar eksterne suigkragte wel heers, moet die laboratoriums dieselfde grootte krag aanwend.

Waar geen eksterne suigkrag gebruik word nie, speel die grootte van die dreineringsopeninge geen rol nie. By eksterne suigspanning is dit wel belangrik.

Benatters moet nie gebruik word om die herbenatting van substrate te vergemaklik nie. Benatters gee hoër LR-waardes as skoon water omdat meer water uit die substraat dreineer as gevolg van die verlaging in oppervlakspanning deur benatters.

HOOFSTUK 7

FISIESE EIENSKAPPE VAN SUBSTRATE

Die fisiese vereistes wat plante aan substrate stel, is totaal anders as onder konvensionele verbouing. Die beperkte volume substraat huisves ook 'n veel hoër konsentrasie wortels as byvoorbeeld grond. Suurstoftoevoer en koolstofdioksiedafvoer is twee belangrike aspekte waaraan 'n substraat moet voldoen (Fölster, 1973). Gislerod (1983) vind dan ook dat suurstof-diffusietempo eerder as die luginhoud van die substraat, beworteling en wortelontwikkeling beïnvloed. Die lugkapasiteit van substrate is afhanklik van die komponente van die substraat en hul fisiese eienskappe, veral die fynheidsgraad (Bunt, 1973, Handreck, 1983; Richards et al., 1986), eienskappe van die individuele partikels (Bunt, 1973; Puustjärvi, 1973) en kompakteerbaarheid (Conover & Poole, 1981).

Volgens Whitcomb (1979) word meer plante in kwekerye beskadig deur te veel water/te min lug as enige ander faktor. In swak gedreineerde substrate word die luginhoud verlaag en saam daarmee wortelgroei en weerstand teen patogene. Sodra die suurstofkonsentrasie ontoereikend raak, neem wateropname af en 'n reeks reaksies word ontketen wat groei benadeel (Mastalerz, 1977). Beardsell et al. (1979) voer aan dat deurlugting die belangrikste fisiese eienskap van 'n substraat is. Die tweede belangrikste eienskap is die waterhouvermoë van die substraat (Beardsell et al., 1979). Alhoewel die waterhouvermoë en luginhoud van substrate onderling afhanklik is, vind Nelson (1978) dat die luginhoud verander kan word, sonder dat die waterhouvermoë noodwendig ook verander.

'n Ander belangrike fisiese aspek van substrate is hul stabiliteit oor 'n periode in die houers. Nash & Laiche (1981) vind dat volumeverlies, kompaktering en beweging van sanddeeltjies oor 'n periode van vyf maande, noemenswaardig in substrate wat bas, veen en sand bevat, voorkom. In Hoofstuk 6.2 is ook gevind dat die substraat onder kwekerypraktyke kompakteer.

In Suidelike Afrika word meestal dennebas en sand gebruik, alhoewel ander komponente soos steenkool-as (Müller, 1981), suikerriet- en tabakreste (Anon., 1973) ook gebruik is. Plaaslik bevind die kwekerybedryf hom tans in feitlik dieselfde situasie as waarin houerkultuuurkwekers in Nederland hul 'n aantal dekades gelede bevind het. Boertje & Bik (1975) noem dat

die vermenging van substrate deur die kweker self, aanleiding tot groot probleme gegee het. Baie van die probleme is uitgeskakel toe standaardformulasies gebruik is. Literatuur oor die onderwerp bevat ook menige verslae van proewe met allerlei komponente in substrate. Die meeste van die proewe vergelyk bekende, beproefde substrate met onbekende nuwes en gebruik slegs plantproduksie as maatstaf. Sulke resultate het weinig waarde aangesien 'n verandering van een komponent, 'n totaal ander substraat tot gevolg kan hê wat weer van meet af geëvalueer moet word.

Gabriëls et al. (1986) noem luginhoud en dreineringsvermoë as die belangrikste fisiese eienskap van substrate, gevolg deur maklik beskikbare water en porieëverspreiding. Smith & Church (datum onbekend) beweer dat substrate met 'n hoë luginhoud, moontlik probleme kan gee wanneer die saailinge in die boord oorgeplant word deurdat die watervoorraad in die beperkte wortelbal te klein is onder boordtoestande waar meestal teen 'n laer frekwensie as in die kwekery, besproei word.

In hierdie ondersoek is gepoog om die belangrikste eienskap, luginhoud as maatstaf teenoor plantprestasie te evalueer. Die motivering is dat die eienskap redelik akkuraat by herhaling, op enige substraat, bepaal kan word en volgens die beskikbare gegewens die belangrikste fisiese eienskap is.

7.1 **SAND AS SUBSTRAAT**

Sande van verskillende oorsprong en samestelling word algemeen in sitruskwekerye gebruik, soms sonder enige byvoeging en soms as komponent saam met dennebas (Joiner & Conover, 1965) of ander materiale (Anon., 1979a en 1979b). Sande hou verskeie voordele in. In Hoofstuk 2.3 is bevind dat sout makliker uit sande loog as byvoorbeeld uit bas. Aangesien verbrakking 'n wesentlike probleem in sitruskwekerye is, sal 'n sanderige substraat die beheer van die soutvlak vergemaklik. 'n Tweede voordeel van sande is dat fitotoksiese elemente soos organiese sure en fenole wat by bassubstrate 'n probleem kan skep, afwesig is. Sande is ook inert wat die bepaling van die invloed van fisiese eienskappe op sitrussaailinggroei vergemaklik.

Tabel 7.1.1 Vegetatiewe opbrengs van growweskilsuurlemoensaailinge wat in sand-substrate met verskillende fisiese eienskappe gekweek is.

Sub-straat nommer	Opbrengs		% Deeltjiegrootte (mikron)					Luginhoud %		BW*
	g	%	<106	106-250	250-500	<250	<500	0kPa	10kPa	%
1	30,65	85	2,73	14,97	38,33	17,77	56,10	8,27	30,83	22,56
2	35,62	99	5,97	31,47	50,53	37,07	87,60	12,43	33,37	20,94
3	36,03	100	2,93	10,73	38,23	12,70	50,93	15,27	33,97	15,70
4	30,58	85	1,37	7,00	23,77	8,03	31,80	19,07	39,90	20,83
5	28,40	79	0,13	2,73	28,87	2,80	31,67	24,53	41,87	17,34
6	28,17	78	0,97	4,93	9,70	5,97	15,67	31,13	41,43	10,30
7	23,08	64	0,13	0,70	8,33	1,40	9,73	34,57	45,27	10,70
8	20,73	58	0,10	0,10	2,20	0,17	2,37	40,10	45,80	5,70
KBV 0,05	1,85	5	0,13	0,21	0,53	0,51		0,47	1,28	
0,01	2,43	7	0,18	0,29	0,73	0,71		0,66	1,77	
KV %	15,38		15,03	4,80	4,42	9,94		4,18	6,79	

*Beskikbare water.

Prosedure

Uit vier fynheidsgrade silikasande, afkomstig van 'n gruisgroef, is substrate berei om 'n luginhoud van 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 en 40% by houerkapasiteit (OkPa) te gee. Hierdie substrate is in agt dm^3 plastieksakke geplaas en saailinge van GS is hierin, soos in Hoofstuk 2 beskryf, gevestig. Die saailinge is met 'n volledige voedingsoplossing benat. Aanvanklik is die houers elke tweede dag en later daagliks en nog later tweekeer per dag met voldoende voedingsoplossing benat om benewens die watervoorraad tot houerkapasiteit aan te vul, ook die opbou van soute teë te werk.

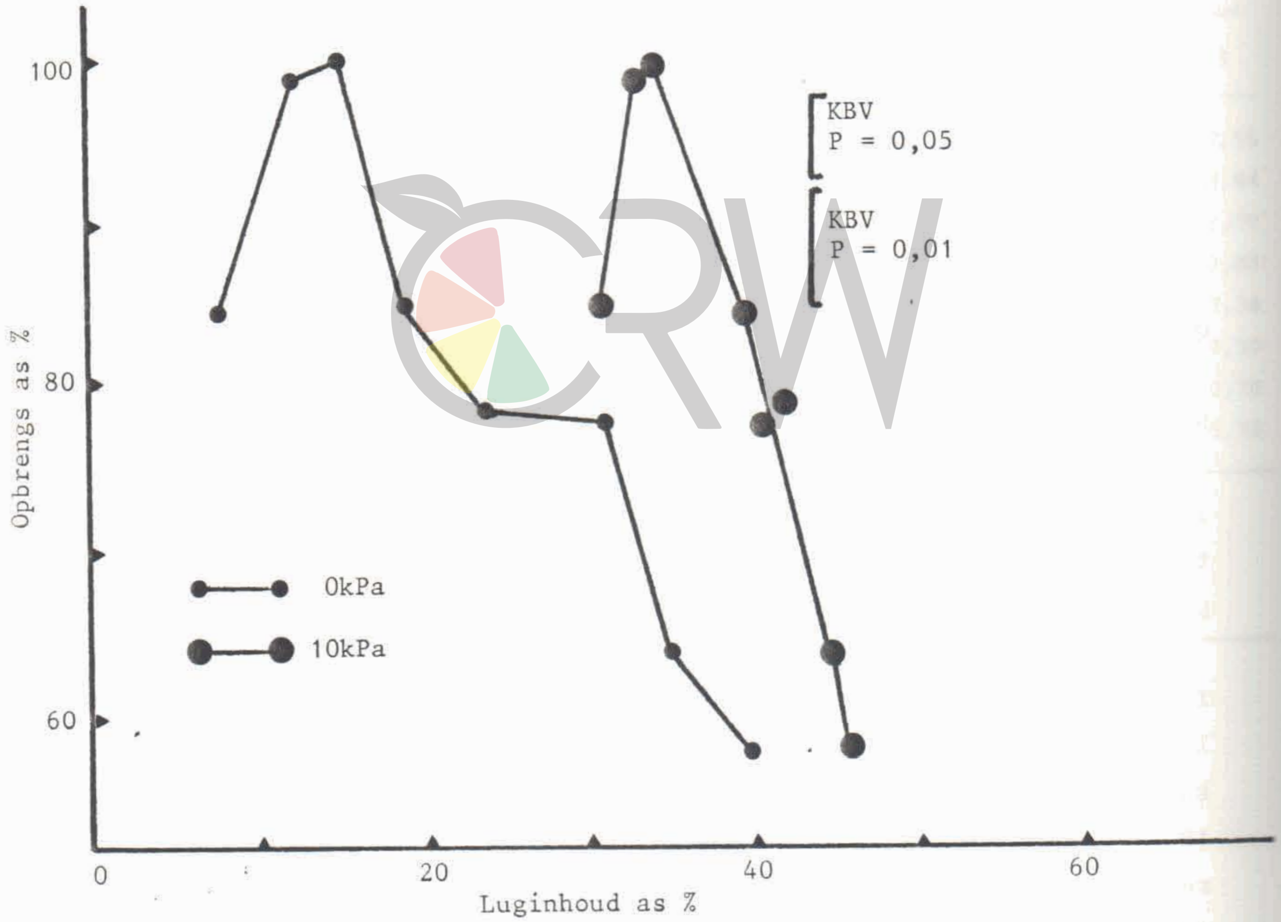
Nadat die saailinge tot twee per agt dm^3 houer uitgedun is, is dit vir 'n verdere 32 weke gekweek. Die saailinge is in geheel geoes en die totale varsmassa is bepaal.

Die substrate is by versakking ontleed vir hul deeltjiegrootte-verspreiding en luginhoud. Die metode van Verdonck, Cappaert et al. (1978), is grootliks gevolg, maar die bevindings in Hoofstuk 6.3 is in die metodes vervat.

RESULTATE EN BESPREKING

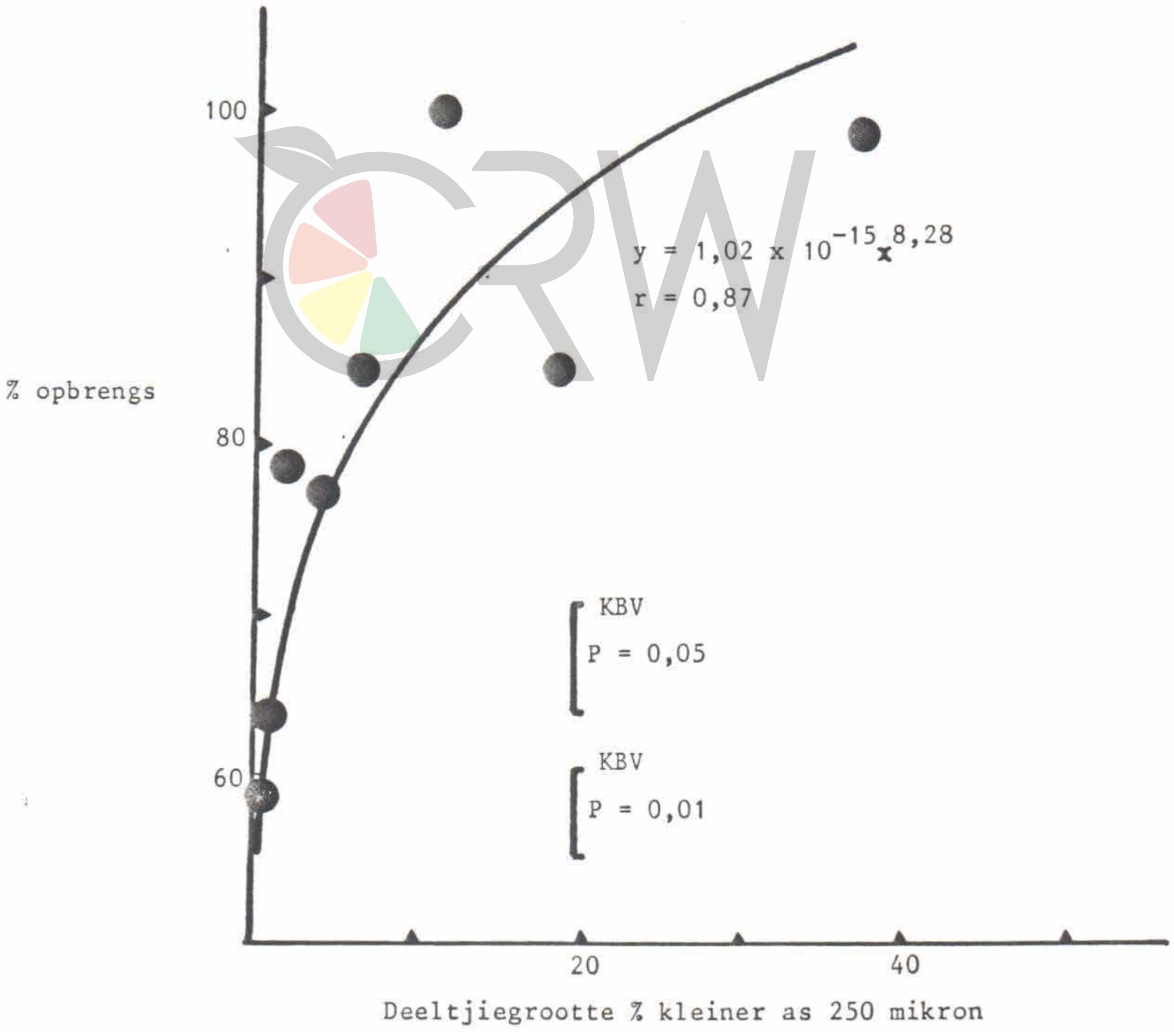
In Tabel 7.1.1 word sekere eienskappe van die substrate aangegee. Die tabel bevat ook die opbrengswaardes in g per saailing en ook uitgedruk as persentasie van die beste presteerder.

In Figuur 7.1.1 word die verwantskap tussen die varsmassaopbrengs en die luginhoud by OkPa en 10kPa aangegee. Waar geen eksterne suigkrag op die substraat toegepas word nie (OkPa), styg die opbrengs van 85 tot 99 en 100% indien die luginhoud (OPa) van 8,27 na 12,43 en 15,27% respektiewelik, toeneem. Daarna daal die opbrengs indien die luginhoud (OkPa) verder toeneem. By 19,07% lug is die opbrengs 85% en neem dit af na 58% by 40,10% lug (OkPa). Hierdie resultate toon dat die optimale luginhoud by houerkapasiteit van sandsubstrate vir sitrus tussen 10 en 17,5% lê. Meer as 95% produksie (Figuur 7.1.1) word tussen 10 en 17,5% lug behaal. Bugbee & Frink (1986) vind dat 4 sierplante die beste presteer indien die luginhoud (OPa) tussen 11 en 20% lê. Onderkant 5% en bokant 34% neem groei af. Hierdie waardes verskil van dié vir avokados-



Figuur 7.1.1 Verwantskap tussen die luginhoud by 0 en 10 kPa van silikasand en die vegetatiewe opbrengs van growweskilsuurlemoen-saailinge.

teggies (Smith & Church, datum onbekend), waar 'n toename in luginhoud van 5 tot 12% opbrengs verhoog en bokant 12% is daar steeds 'n geringe toename. Die GS-saailinge toon egter 'n afname indien die luginhoud 15% oorskry. Proewe wat met TC-saailinge uitgevoer is, (Anon, 1979a) lewer die hoogste opbrengs met die sogenaamde Nelspruit-mengsels gevolg deur die bekende John Innes-mengsel. Hierdie substrate is op diesefde manier ontleed as die agt in die proef. Die luginhoud (OkPa) was 10,00 en 13,96% vir die twee Nelspruitmengsels en 14,2% vir die John Innes-mengsel. Hierdie drie substrate het ook in ander lokaliteite goed presteer (Anon., 1979b).



Figuur 7.1.2 Die verband tussen die silika-sanddeeltjies kleiner as 250 mikron en vegetatiewe opbrengs van growweskilsuurlemoensaailinge wat daarin gekweek is.

Tabel 7.1.2 Betekenisvolle verwantskappe tussen die substraateienskappe onderling en vegetatiewe opbrengs van growweskilsuurlemoensaailinge wat in sand-substrate gekweek is.

Verwantskap	r^2
Opbrengs en % kleiner as 106 mikron	0,78
Opbrengs en % kleiner as 250 mikron	0,87
Opbrengs en % kleiner as 500 mikron	0,88
Opbrengs en % 106 - 250 mikron	0,89
Opbrengs en % 250 - 500 mikron	0,84
Luginhoud (0kPa) en % kleiner as 500 mikron	0,79*
Luginhoud (10kPa) en % kleiner as 500 mikron	0,78*

*r^2 liniêre verband en die res 'n magsfunksie.
Waardes groter as 0,71 betekenisvol by P = 0,05.

CRW

Handreck & Black (1984) vind 'n liniêre verband tussen die dennebasdeeltjies kleiner as 500 mikron en die luginhoud van die substrate. By hierdie sande is die liniêre verband tussen luginhoud (0kPa) en die persentasie deeltjies kleiner as 500 mikron sterk (r^2 = 0,79). Die verband met luginhoud (10kPa) is dieselfde, naamlik r^2 = 0,78. 'n Belangriker aspek is die verband tussen opbrengs en die verskillende groottefraksies. In Tabel 7.1.2 (ook Figuur 7.1.2) word die verwantskappe aangedui. Al vyf die grootte fraksies (kleiner as 106, 106 tot 250, kleiner as 250, 250 tot 500 en kleiner as 500 mikron) gee 'n goeie magsfunksie-verband met opbrengs. Al vyf die fraksies kan dus as maatstaf vir die evaluasie van sandsubstrate gebruik word. Handreck (1983) wys op die negatiewe uitwerking wat die deeltjies kleiner as 500 mikron op die luginhoud het. Volgens Allan (datum onbekend) sal sande met 'n eenvormige deeltjiegrootte tussen 0,25 en 1,0 mm, dreinering en deurlugting bevoordeel, sonder dat kompaksie 'n probleem word. Aangesien die luginhoud ook ander groeifaktore soos wortelpatogene direk beïnvloed, moet luginhoud liewer as finale maatstaf gebruik word. So byvoorbeeld infekteer _Phytophthora_ _cinnamomi_ wortels indien die luginhoud laer as 10% is terwyl geen infeksie tussen 10 en 20% voorkom nie (Filmer _et_ _al_., 1986). Dit is ook belangrik om in gedagte te hou dat hierdie sand wat gebruik is uit onafgeronde deeltjies bestaan wat heelwaarskynlik 'n ander pakkingspatroon as afgeronde korrels het. Dit sal ook die verwantskap tussen deeltjiegrootte en opbrengs beïnvloed. Die beste opbrengste is verkry in substrate met 'n groot persentasie deeltjies kleiner as 500 mikron (Tabel 7.1.1). Die fyn materiaal bewerkstellig 'n noue kontak tussen die wortels sodat opname van water en voedingstowwe beter kan geskied. Sitrus het min haarwortels en selfs die voedingswortel is relatief dik en gevolglik kan verwag word dat 'n sekere persentasie fyn materiaal beter kontak bied.

In Tabel 7.1.1 word die beskikbare water aangegee. Dit is bereken deur die verskil in die luginhoud by 0kPa en 10kPa. Substraat 8 bevat slegs 5,7% beskikbare water. In die 8 dm^{-3}-houer was dus 456 cm^3 water beskikbaar vir die twee saailinge. Die watervoorraad is tweekeer per dag aangevul. Volgens Bredell, Human & Müller (1981) benodig 'n sitrussaailing sowat 160 cm^3 water per dag en gevolglik was die water voorsiening van substraat 8 voldoende en kan aanvaar word dat dié produksiefaktor nie die opbrengs beïnvloed het nie.

GEVOLGTREKKING

Growweskilsuurlemoensaailinge groei goed in silikasand. Die kenmerkende eienskappe van die sandsubstraat wat die hoogste opbrengs gelewer het, was 'n luginhoud (0 kPa) van 15% by houerkapasiteit en 50,9% deeltjies kleiner as 500 mikron. Die verband tussen opbrengs en die fraksie kleiner as 500 mikron is hoogs betekenisvol (r^2 = 0,88). 'n Onderverdeling van die grootte fraksies kleiner as 500 mikron is ook sterk met opbrengs gekorreleer (Tabel 7.1.2).

Globaal geoordeel neem opbrengs toe en bereik 'n maksimum by 'n luginhoud (0 kPa) van 12,4% tot 15,3% by houerkapasiteit waarna die opbrengs weer afneem. By 'n luginhoud (0 kPa) van 40% by houerkapasiteit is die opbrengs slegs 58% in vergelyking met dié by 'n luginhoud van 15%. Die laagste opbrengs is ook met 'n grootte fraksie kleiner as 500 mikron van slegs 2,4% geassosieer. Die hoogste opbrengs is weer met 50,1% deeltjies kleiner as 500 mikron geassosieer. Dit blyk dat GS se wortels 'n sekere persentasie fyn deeltjies benodig om water en voedingstowwe optimaal op te neem, want sitrus het min haarwortels en selfs die voedingswortels is relatief dik.

Tabel 7.2.1 Fisiese eienskappe van die bas-substrate en vegetatiewe opbrengs van growweskilsuurlemoensaailinge wat in bas-substrate met verskillende fisiese eienskappe gekweek is.

Substraat nr	Opbrengs g	Opbrengs %	% Deeltjiegrootte (mikron) <106	106-250	<250	250-500	<500	Luginhoud % 0Pa	100Pa	Gloeiverlies %	BW* %
9	28,55	100	6,90	16,30	23,83	43,17	67,00	10,53	28,13	41,47	17,60
10	25,05	88	4,60	10,47	15,40	31,33	46,73	21,33	38,40	56,47	17,07
11	19,93	70	4,73	12,57	17,13	30,37	47,50	31,43	45,33	54,33	13,90
12	18,17	64	1,67	3,57	5,50	11,77	17,27	40,73	50,10	70,53	9,37
13	17,32	61	1,70	3,80	5,43	9,57	15,00	53,04	62,87	83,07	9,83
14	15,89	56	0,93	1,13	2,03	0,77	2,80	66,26	69,23	96,47	2,97
KBV 0,05	2,02	7	0,16	0,27	0,80	0,48		1,39	1,52	2,56	
0,01	2,67	9	0,23	0,38	1,13	0,69		1,97	2,16	3,63	
KV %	15,2		7,16	5,02	10,24	3,41		5,55	4,63	5,69	

*Beskikbare water

7.2 DENNEBAS AS SUBSTRAAT

Bas van verskeie dennespesies word toenemend as komponent in substrate gebruik. Die wêreld se veenbronne raak uitgeput terwyl bas as afvalproduk van die houtnywerheid beskikbaar is. Wêreldwyd word proewe uitgevoer om die geskiktheid van bas in verskeie kombinasies, vir 'n verskeidenheid ekonomiese gewasse te bepaal.

Verskeie studies om die eienskappe van bas met veen te vergelyk is uitgevoer (Joiner & Conover, 1967; Allan, datum onbekend). Allan (1982) vind dat gekomposteerde dennebas algemeen as 'n goeie plaasvervanger vir veen beskou kan word. Piner (1983) gebruik sand plus bas as substraat vir die kweek van sitrussaailinge in navorsingsproewe. Allan (datum onbekend) haal etlike navorsingsresultate aan en kom tot die gevolgtrekking dat dennebas 'n goeie komponent vir substrate is, alhoewel bas alleen, nie die beste substraat vir growweskilsuurlemoen-saailinge is nie.

In hierdie studie sal dennebas, op grond van luginhoud en deeltjie-grootte, as substraat vir growweskilsuurlemoensaailinge geëvalueer word.

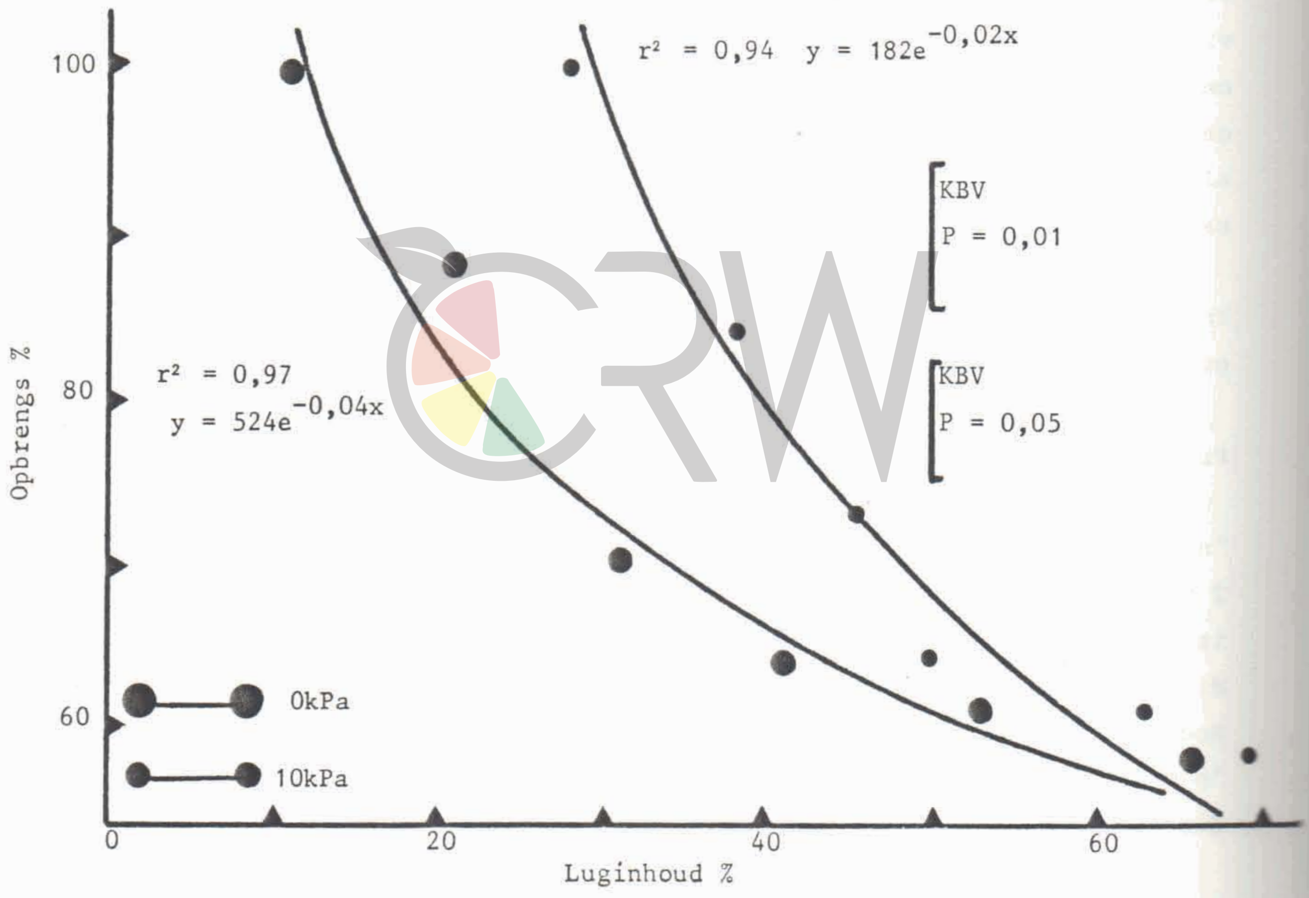
Prosedure

'n Kommersiële dennebasproduk is in drie fynheidsfraksies (kleiner as 2 mm, 2 tot 5 mm en groter as 5 mm) verdeel. Uit hierdie drie materiale is substrate saamgestel om 'n luginhoud van 10, 20, 30, 40, 50 en 60% in die substraat te gee. Die luginhoud en waterhouvermoë is soos in Hoofstuk 7.1 beskryf, bepaal. Die gloeiverlies is die massaverlies van 'n monster wat by 800°C vir 16 uur veras is, uitgedruk as persentasie van die droë massa.

Saailinge van growweskilsuurlemoen is in die substrate gekweek soos in Hoofstuk 7.1 beskryf. Die behandelings vir sand- en bassubstrate was verder presies dieselfde.

RESULTATE EN BESPREKING

Tabel 7.2.1 bevat die resultate van fisiese bepalings asook opbrengsdata. Growweskilsuurlemoensaailinge het 'n variasie van 56 tot 100% in opbrengs getoon. Die omvang van die fisiese eienskappe soos luginhoud dek ook



Figuur 7.2.1 Die verband tussen die luginhoud van bas-substrate by 0kPa en 10kPa en die vegetatiewe opbrengs van growweskilsuurlemoen-saailinge wat daarin gekweek is.

'n groot verskeidenheid. Die luginhoud van die substrate by OkPa wissel van 10,5 tot 66,3%. Die verband tussen produksie en die luginhoud (OkPa) word in Figuur 7.2.1 aangedui. Hierdie verband is baie sterk en die produksie neem af namate die luginhoud toeneem. Hieruit blyk dit dat GS-saailinge 'n redelik lae luginhoud verkies. Met sande is dieselfde gevind (kyk na Hoofstuk 7.1) en kan die grense vir optimale saailingproduksie in sand op 12,5 tot 17,5% lug (OkPa) gestel word. Met bas alleen lewer 10,5% lug die hoogste opbrengs. Die volgende punt op die grafiek (Figuur 7.2.1) is by 21,3% lug en lewer 88% van die opbrengs. Dit is dus moontlik dat die optimale gebied tussen 10,5 en 21,3% kan val en dus ooreenstem met die gevolgtrekking wat met sand alleen verkry is. Die verband tussen opbrengs en luginhoud (10kPa) is ook baie sterk (Tabel 7.2.2) en enige van die twee kan as maatstaf in die evaluasieproses gebruik word. Anders as wat Smith & Church (datum onbekend) met avokado-onderstamme gevind het, is die verband tussen luginhoud van die substraat en vegetatiewe opbrengs van GS, negatief. Verfyning van die grense kan dalk 'n draaipunt aandui indien byvoorbeeld vyf en 15% luginhoud ook in die behandelings ingesluit word.

Tabel 7.2.2 Die verband tussen vegetatiewe opbrengs van growweskil-suurlemoensaailinge en sekere eienskappe van die substraat, asook onderlinge verband tussen die eienskappe.

Eienskap	r^2*
Lug (0kPa) en opbrengs	0,97
Lug (10kPa) en opbrengs	0,95
Gloeiverlies en opbrengs	0,85
Fraksie <500 mikron en opbrengs	0,72
Fraksie 250 - 500 en opbrengs	0,93
Fraksie 106 - 250 en opbrengs	0,74
Luginhoud (0kPa) en fraksie <500 mikron	0,92
Luginhoud (10kPa) en fraksie <500 mikron	0,90
Luginhoud (0kPa) en fraksie <250 mikron	0,87
Luginhoud (10kPa) en fraksie <250 mikron	0,86

Waardes groter as 0,81 is betekenisvol by P = 0,05 en 0,73 by P = 0,10

*Almal magfunksies.

Die gloeiverlies (Tabelle 7.2.1 en 7.2.2) toon ook 'n goeie verband met opbrengs. Die gloeiverlies is in hierdie betrokke geval 'n meting van die persentasie bas in die substraat. Substraat 9 wat uit die fynste graad bas saamgestel is, het 'n gloeiverlies van 41,5% en bevat dus net sowat 42% organiese materiaal afkomstig van die bas. Die res is sand en as wat in die kommersiële bas voorkom, want die fynste basfraksie is die gedeelte van die kommersiële bas kleiner as 2 mm. Substraat 14 bevat 96,5% bas en dus feitlik geen sand nie. Die invloed van die bas as sodanig kan dus ook opbrengs rem. Alhoewel die kommersiële bas goed gekomposteer was, bestaan daar geen manier om die graad van kompostering te bepaal nie. Dit is dus nie uitgesluit dat die bas na die sif en mengproses weer fenole kan vrystel nie. Indien die opbrengste van die beste bas-substraat (nr 9) met die beste sand-substraat (nr 3, Tabel 7.1.1) vergelyk word, lewer die bas slegs 79% teenoor die sand. Beide substrate se luginhoud is in die optimale gebied. Kiemingstoetse met radyssaad kon nie die teenwoordigheid van remstowwe in die bas aandui nie. Organiese sure kan onder anaerobiese en nat toestande by die fermentasie van bas gevorm word en groei rem (Beardsell & Nichols, 1985). Die proses kon moontlik tydens opberging van die bas of tydens die kweekperiode in die sakkies plaasgevind het.

Deeltjiegroottes het 'n belangrike invloed op die lughuishouding van substrate. Handreck (1983) toon dat die persentasie deeltjies kleiner as 500 mikron hoofsaaklik verantwoordelik is vir die variasie in luginhoud. Liniêre verwantskappe tussen die deeltjies kleiner as 250 en 500 mikron en luginhoud van 0,86 tot 0,92 is aangetoon (Tabel 7.2.2). Hierdie twee groottes kan dus ook as maatstaf gebruik word om die bas-substraat te evalueer. Die hoogste opbrengs is verkry met 'n substraat wat 23,8% deeltjies kleiner as 250 mikron en 67% deeltjies kleiner as 500 mikron bevat. Dit is egter belangrik om daarop te let dat die 67% nie net uit bas bestaan nie. Die gloeiverlies van die substraat is 41,5% en 'n groot deel van die 67% bestaan dus uit fyn sand. Hierdie resultaat onderskryf dus die vorige (Hoofstuk 7.1) dat die saailinge beter vaar waar fyn materiaal in die substraat ingesluit is.

Substraat 14 het die laagste persentasie beskikbare water naamlik 2,97%. Die beskikbare water word bereken deur die verskil in luginhoud by 0 en 10kPa. 'n Agt dm^3-houer sal dus 238 cm^3 beskikbaar hou.
Hierdie watervoorraad is tweekeer per dag aangevul. Volgens Bredell <u>et</u>

al., (1981) benodig 'n sitrussaailing sowat 160 cm^3 water per dag. Dit is dus onwaarskynlik dat die watervoorsiening 'n invloed op die saailinggroei kan hê.

GEVOLGTREKKING

Dennebas is 'n belowende plaasvervanger vir veen en 'n goeie substraat vir houerkulture. In dié proef is egter gevind dat gekomposteerde dennebas swakker vaar as silikasand. Die hoogste opbrengs van GS-saailinge wat in dennebas gekweek is, is 28,6 g per boom (Tabel 7.2.1) teenoor die 36,0 g vir 'n saailing wat in sand gekweek is (Tabel 7.1.1). Die behandelings wat die saailinge ontvang het, was in alle opsigte dieselfde vir die twee tipes substrate. Die oorsaak van die laer produksie kon nie aan die hand van beskikbare inligting verklaar word nie.

Indien verskillende grootte fraksies bas as substraat geëvalueer word, is die hoogste opbrengs van GS-saailinge met 'n substraat verkry wat 10,5% lug (0 kPa) en 67% deeltjies kleiner as 500 mikron bevat. Die bas-substraat wat die laagste opbrengs gelewer het, het 'n luginhoud van 66% (0 kPa) en bevat net 2,8% deeltjies kleiner as 500 mikron. 'n Groot gedeelte van die deeltjies kleiner as 500 mikron van die beste bassubstraat is anorganies en bestaan heelwaarskynlik grootliks uit sand. Die gloeiverlies van die substraat is 41,5% teenoor 96,5% van die substraat wat die laagste opbrengs gelewer het.

Hier is dus twee komponente aanwesig wat groei beïnvloed. Soos in Hoofstuk 7.1 gevind is, het die sitruswortels 'n sekere persentasie fynsand nodig vir optimale groei. Die komponent is aanwesig in die beste en afwesig in die swakste substraat. Verder dui die literatuur op moontlike fitotoksiese verbindings afkomstig van die bas. Die beste substraat het 'n gloeiverlies van 41,5% en die swakste van 96,5%. Die beste substraat het dus minder bas-materiaal en moontlik ook 'n laer druk van fitotoksisiteite as die swakker substraat. Die beste bas-substraat het egter swakker gevaar as die beste sand-substraat, wat die remmende invloed van die bas-materiaal weer bevestig.

Tabel 7.3.1 Vegetatiewe opbrengs van growweskilsuurlemoensaailinge wat in sandbas-substrate met verskillende fisiese eienskappe gekweek is.

Substraat	Opbrengs		% Deeltjiegrootte (mikron)					Luginhoud %		Gloeiverlies %	BW*
nr	g	%	<106	106-250	<250	250-500	<500	0Pa	100Pa	lies %	%
15	18,20	71	2,47	7,83	10,00	24,60	34,60	6,83	44,27	23,87	37,44
16	19,90	78	4,87	23,07	27,33	48,37	75,70	11,73	46,07	22,47	34,34
17	25,58	100	4,60	25,17	17,13	43,60	73,97	14,33	41,37	13,03	27,04
18	21,33	83	1,00	3,93	4,50	10,83	15,33	19,93	38,37	11,03	18,44
19	20,98	82	6,50	8,03	31,10	39,10	39,13	24,37	35,93	22,67	11,56
20	16,50	65	0,33	1,57	1,63	22,57	24,20	29,23	47,27	16,27	18,04
21	19,85	76	0,33	0,37	0,57	3,67	4,24	36,13	48,13	13,87	12,00
22	17,53	69	0,20	0,17	0,43	2,83	3,26	40,63	52,87	17,73	12,24
23	16,30	64	0,33	0,50	0,80	2,83	3,63	45,00	57,73	33,07	12,73
KBV 0,05	1,13	4	0,09	0,42	0,46	0,44		0,56	1,16	0,56	
0,01	1,48	6	0,13	0,58	0,64	0,61		0,77	1,60	0,77	
KV %	13,88		12,56	12,82	11,68	4,89		5,24	5,99	6,84	

*Beskikbare water

7.3 MENGSELS VAN SAND EN BAS AS SUBSTRATE

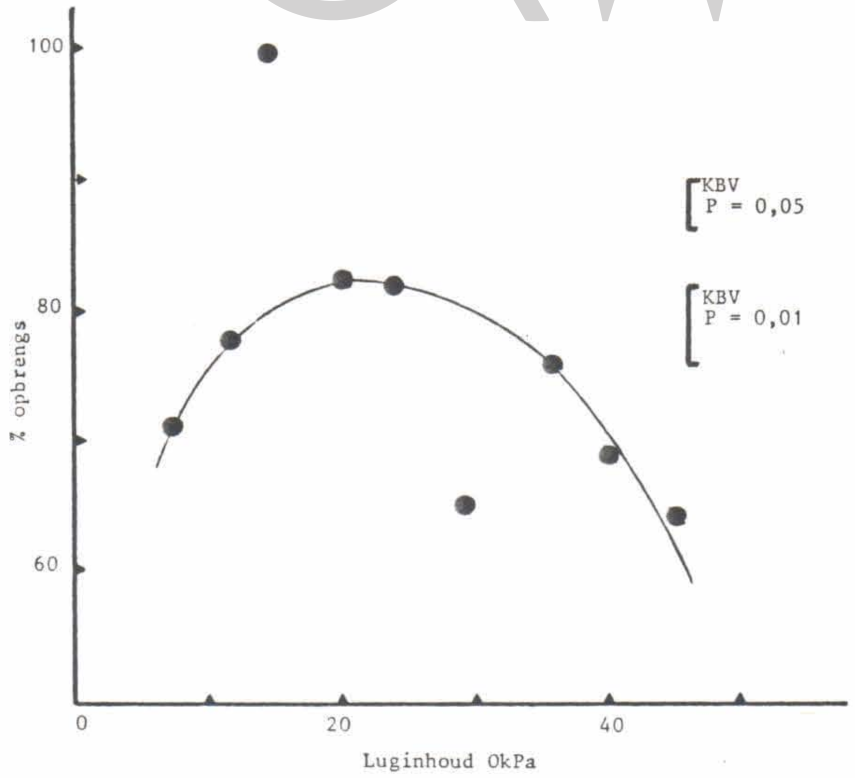
Dennebas en sand-grondmengsels word in sekere sitruskwekerye in Suid-Afrika gebruik. Die byvoeging van sand by bas verminder gewoonlik die herbenattingsprobleem, maar meestal word sand om ekonomiese redes bygevoeg.

Prosedure

Uit die vier sande en drie tipes dennebas wat in Hoofstuk 7.1 en 7.2 gebruik is, is nege mengsels saamgestel om substrate met luginhoud (OkPa) van ongeveer 5 tot 45% te gee. Saailinge van GS is in die substrate gekweek soos in Hoofstuk 7.1 beskryf. Die bepalings op die substrate is ook volgens die metodes in Hoofstuk 7.1 en 7.2 genoem, uitgevoer.

RESULTATE EN BESPREKING

In Tabel 7.3.1 word die ontledingsgegewens van die nege substrate en die opbrengs van GS aangegee. Die opbrengs wissel tussen 64 en 100%. Onder al die substraateienskappe wat gemeet is, is slegs die luginhoud by OkPa aan opbrengs verwant (Figuur 7.3.1).



Figuur 7.3.1 Die verband tussen die luginhoud van sand-bas-substrate en die opbrengs van growweskilsuurlemoensaailinge wat daarin gekweek is.

Tabel 7.3.2 Vergelykende vegetatiewe opbrengswaardes tussen sand-, bas- en sand-bas-substrate by dieselfde luginhoud, afgelei uit Figure 7.1.1, 7.2.1 en 7.3.1.

Luginhoud	Sand		Bas		Sand-Bas	
OPa	g	%	g	%	g	%
10	33,15	100	28,55	86	19,90	60
20	30,58	92	25,05	76	21,33	64
30	28,17	85	19,93	60	16,50	50
40	20,73	63	18,17	55	17,53	53

Tabel 7.3.3 Rangorde van presteerders in terme van vegetatiewe opbrengs (Tabelle 7.1.1, 7.2.1 en 7.3.1) van growweskilsuurlemoensaailinge in sand-, bas- en sand-bas-substrate.

Rangorde	Opbrengs		Soort Sub-straat	Luginhoud (OPa)
	g	%		%
1	36,03	100	Sand	15,27
2	35,62	99	Sand	12,43
3	30,65	85	Sand	8,27
4	30,58	85	Sand	19,07
5	28,55	79	Bas	10,05
6	28,40	79	Sand	24,53
7	28,17	78	Sand	31,13
8	25,58	71	Sand-Bas	14,33
9	25,05	70	Bas	21,33
10	23,08	64	Sand	34,57

Hierdie toename in produksie met toename in luginhoud (OkPa) gevolg deur 'n afplatting, stem deels ooreen met Smith & Church (datum onbekend) se bevindings met avokado-saailinge. Op Figuur 7.3.1 word twee uitskieters aangetref. Die opbrengs by 14,3% is die hoogste en heelwat hoër as wat uit die verloop van die figuur verwag sou word. Hierdie luginhoud stem ooreen met die maksimum opbrengs wat ook by sand en bas alleen behaal is. Indien die uitskieter geïgnoreer word, lê die optimale luginhoud in sand-bas-mengsels tussen 15 en 25% lug (OkPa). Hierdie gebied sluit luginhoud groter as die vir sand en bas wat tussen 12,5 en 17,5 vir sand en 10 en 20% vir bas bepaal is (Hoofstukke 7.1 en 7.2), in. Bik (1972) toon met behulp van suurstofdiffusie, dat 20% luginhoud voldoende vir die meeste plante behoort te wees, maar dit kan egter nodig wees om 'n hoër luginhoud gedurende die winter toe te laat omdat transpirasie laer is.

Indien die resultate van sand, bas en sand-bas vir dieselfde luginhoud met mekaar vergelyk word (Tabel 7.3.2), word die volgende tendense verkry. By 10% lug (OkPa) lewer sand die hoogste opbrengs (100%) en is die opbrengs van bas laer (86%) en sand-bas-mengsels nog laer (60%). Hierdie tendens word by 20, 30 en 40% lug (OkPa) gehandhaaf. Indien die opbrengste van GS in sand, bas en sand-bas verder vergelyk word (Tabelle 7.1.1, 7.2.1 en 7.3.1) kan die volgende orde van beste presteerdes opgestel word (Tabel 7.3.3). In hierdie rangorde van die beste 10 presteerders, neem sande die eerste vier plekke en nog drie ander in. Bas neem die vyfde en negende plekke in en sand-bas-mengsel slegs een, naamlik die agste posisie in. Growweskilsuurlemoensaailinge het dus beter presteer in sand as bas of mengsels van die twee.

Uit Tabel 7.3.3 blyk 'n verdere interessantheid naamlik dat die beste prestasie van GS in 'n sand met luginhoud (OPa) van 15,27% is. Met bas as substraat was die beste prestasie by 10,05 en bas-sand-mengsel by 14,33%. Die reeks bas-substrate het ongelukkig nie 'n luginhoud van 15% ingesluit nie. Uit Figuur 7.2 kan afgelei word dat 'n bassubstraat met 15% lug (OkPa) 'n opbrengs van ongeveer 92% sou lewer. 'n Norm van 15% lug by houerkapasiteit kan dus vir al drie substrate geld.

Geen bas-sand-substraateienskap anders as luginhoud (OkPa) is verwant aan opbrengs nie. Tilt & Bilderback (1987) het steggies van verskeie sierstruike in bassubstrate gekweek waarvan die luginhoud tussen 12 en 40% gewissel het, maar kon ook geen verband tussen enige fisiese eienskap en bewortelling vind nie. Adcock & Overcash (1983) vind ook geen verband

tussen die fisiese eienskappe van die substraat en die prestasie van sekere pekanneutkultivars nie. Soos reeds in Hoofstuk 7.1 en 7.2 beredeneer, sou die beskikbare water ook in dié geval nie 'n faktor kon gewees het nie.

GEVOLGTREKKING

Vegetatiewe produksie van GS-saailinge in 'n sand-bas-mengsel neem toe, bereik 'n maksimum en neem dan weer af soos die luginhoud (0 kPa) toeneem van 6,8% tot 45,0%. Die hoogste opbrengs is in 'n substraat met 14,3% lug en 74,0% deeltjies kleiner as 500 mikron, gevind. Slegs die luginhoud (0 kPa) van die sand-bas-mengsels toon enige verband met opbrengs.

Uit Figure 7.1.2, 7.2.1 en 7.3.1 kan die opbrengs van GS vir 10, 20, 30 en 40% lug (0 kPa) vir die drie tipes substrate (sand, bas en sand-bas-mengsels) bepaal word. Hieruit blyk dat 10% lug relatiewe opbrengste van 100% vir sand, 86% vir bas en 60% vir sand-bas-mengsels gee. 'n Luginhoud van 20% gee relatiewe opbrengste van 92% vir sand, 76% vir bas en 64% vir sand-bas-substrate.

Growweskilsaailinge benodig dus 'n relatief lae luginhoud (12% tot 17% by 0 kPa) en 'n sekere persentasie materiaal in die geval kleiner as 500 mikron. Substrate in sitruskwekerye behoort dus fynmateriaal kleiner as 500 mikron te bevat en die luginhoud by houerkapasiteit moet tussen 12% en 17% wees.

HOOFSTUK 8

ALGEMENE GEVOLGTREKKING

Hoofsaaklik as gevolg van fitosanitêre oorwegings is sitruskwekerye in Suidelike Afrika feitlik gedwing om na houerkulture oor te skakel. Alhoewel baie inligting oor die verbouing van plante in grondlose substrate beskikbaar is, is daar relatief min oor die verbouing van boompies wat vir oorplanting gekweek word, beskikbaar. Die enigste inligting oor die verbouing van sitrus in houerkulture is deur Moore (1978), Castle et al. (1979) en Anon. (1973; 1979a & b) bekend gemaak. Ongelukkig word geen meetbare norme gebruik om die fisiese vereistes te beskryf nie en die enigste bruikbare inligting word verkry deur die voorgestelde substrate te ontleed. In die plaaslike sitrusbedryf kan nie van voorskrifsubstrate gebruik gemaak word nie. Die bestanddele wissel en het substrate met wisselende fisiese en chemiese eienskappe tot gevolg. Om in die behoefte van die plaaslike bedryf te voldoen moet diagnostiese metodes gevind word wat 'n potensiële substraat en verbouingspraktyke kan evalueer sodat besluite, sonder om elke keer proewe uit te lê, geneem kan word.

Die doel van hierdie studie was dan ook om die beskikbare inligting te orden en dan deur aanvulling daardie aspekte wat vir sitrussaailing-produksie bepalend is, te kwalifiseer. Gedurende die verloop van die ondersoek het verskeie aspekte na vore gekom wat vir die plaaslike kwekerybedryf belangrik is. Pogings is aangewend om van die belangrikste vraagstukke aan te spreek en om bruikbare norme daar te stel waarvolgens die evaluasieproses aan die gang gesit kan word. Voortdurende verfyning sal nodig wees en die resultate word net as 'n vertrekpunt beskou.

Verbrakking

Een van die belangrikste knelpunte in die plaaslike sitruskwekerybedryf is verbrakking. Aangesien verbrakking hoofsaaklik die gevolg van bemesting en besproeiing is, is eerstens gepoog om die optimale soutkonsentrasie van die voedingsoplossing vir sitrussaailinge te bepaal. In die proewe (Hoofstuk 2.1) is die kardinale konsentrasies van voedingselemente in die voedingsoplossing, bepaal. Vir GS lê die kardinale konsentrasies tussen 150 en 300 mS m^{-1} (Figuur 2.1.4). Dit is ook

aangetoon dat 'n soutkonsentrasie effens hoër as die maksimum, meer nadelig is as 'n suboptimale konsentrasie. Veral TC word meer benadeel deur te hoë as te lae konsentrasies. Troyer citrange kan hoër soutkonsentrasies as GS verdra. Deur die asinhoud van die blare te bepaal is gevind dat dié van TC laer is as die van GS. Soortgelyk is die EG van 'n blaarekstrak van TC laer as die van GS. Altwee metodes dui daarop dat TC minder sout opgeneem of na die blare getranslokeer het. 'n Moontlike verklaring vir die meer verdraagsaamheid van TC. Dit is ook bewys dat tydelike ongunstige soutkonsentrasie 'n blywende uitwerking op produksie van saailinge het. Die tydsduur, vlak en frekwensie van so 'n ongunstige toestand het ook 'n invloed op die finale opbrengs. Sulke tydelike ongunstige toestande verlaag vegetatiewe opbrengs sonder dat enige simptoom waarneembaar is. Die kweker sal meestal geen afname in produksie vermoed nie omdat hy dit nie met opbrengs onder meer gunstige toestande kan vergelyk nie.

As diagnostiese metodes vir die soutkonsentrasie word die volgende voorgestel:

* Blaarsimptome wat twee tipes verbrakking aandui, is beskryf. Ongelukkig is blaarsimptome gewoonlik ontoereikende diagnostiese metodes en is slegs waarneembaar nadat die skade aangerig is. 'n Blaarsimptoom wat eerste op die oudste blare ontwikkel, bestaan uit simmetriese chlorotiese vlekke om die buiterand van die blare. Soos die toestand vererger dring die chlorotiese vlekke nader na die middelnerf. Hierdie simptoom is as gevolg van geleidelike verbrakking deur ophoping van soute in die substraat. Die ergste graad van die simptoom is waar die blare afgewerp word en kaal stamme tot gevolg het. Die simptoom hou nie verband met die tradisionele verbrakkingsoute soos Na en Cl nie, maar is 'n weerspieëling van die totale soutinhoud. Hierdie chlorotiese blare skep 'n swak indruk en sulke saailinge is gewoonlik nie aanvaarbaar vir die kweker nie.

'n Tweede blaarsimptoom wat verband hou met 'n skielike toename in die soutkonsentrasie van die substraat of voedingsoplossing, is gediagnoseer. Die simptoom kom ook in kommersiële boorde voor waar te veel kunsmis toegedien is. Dit bestaan uit nekrotiese kolle/vlekke wat gewoonlik, maar nie noodwendig nie, op die voorste helfte van die blaar voorkom en nie simmetries is nie.

* Die asinhoud van die blare toon 'n verband met die soutkonsentrasie van die voedingsoplossing, maar is nie gevoelig genoeg om in die diagnoseproses gebruik te word nie.

* Die elektriese geleiding van 'n waterekstrak van die blare is 'n beter metode om die soutkonsentrasie gedurende die groeiperiode te evalueer. Vir GS moet die EG van die blaarekstrak kleiner as 500 mS m^{-1} en vir TC kleiner as 360 mS m^{-1} wees. Wanneer gepoog word om verbrakking aan die hand van substraatontledings te diagnoseer, word soms geen bewyse gevind nie, want die soutvlakke van die substraat kan op dié stadium aanvaarbaar wees. Die soutvlak van die substraat kan baie wissel en indien die monster na 'n besproeiing geneem is, is die kanse om ongunstige soutvlakke te diagnoseer, skraal. Soos die substraat uitdroog, verswak die toestand en die soutvlakke styg. Hierdie verandering word wel deur die saailing beleef en die EG van 'n blaarekstrak sal dit weerspieël. Hierdie is 'n belangrike diagnostiese hulpmiddel en die enigste waarmee die soutvlakke wat oor 'n periode in die kwekery geheers het, geëvalueer kan word. Dit gee egter net 'n gemiddelde waarde en geen aanduiding van die werklike soutvlakke of die frekwensie nie. In die verfyning van die diagnostiese metode moet aandag aan veral die tipe blaar wat gemonster moet word sowel as die verhouding gedurende die ekstraksie, gegee word. Ou blare behoort meer soute te bevat en kan dalk meer gevoelige indikators wees as die diagnostiese blare wat in die proewe gemonster is. Soortgelyk sal 'n kleiner verhouding van blaarmateriaal tot water moontlik meer gevoelige metings lewer.

Substraatontledings en verbrakking

Soos grondontledings, behoort substraatontledings ook 'n aanduiding van die soutkonsentrasie te gee. In Hoofstuk 2.2 is die aspek ondersoek en bevind dat heelwat komplliserende faktore voorkom. Eerstens is gevind dat substrate wat met dieselfde voedingsoplossing besproei word, verskillende elektriese geleidingswaardes het. (Die 1:1,5-ekstraksie-metode van Sonneveld _et_ _al_, (1974) is gebruik). Die oorsake van die variasies word grootliks aan die waterhouvermoë (WHV) van die substrate toegeskryf. In hierdie studie word waterhouvermoë gedefinieer as die volume water wat in die substraat oorbly nadat dit versadig was en toegelaat is om, sonder eksterne suigkrag, te dreineer. Hoe hoër die WHV, hoe hoër is die EG van die substraat (EG_s) by dieselfde soutkonsentrasie van die

voedingsoplossing (EG_O). Substrate, veral bas, het 'n relatief hoë waterhouvermoë wat dus 'n groter volume voedingsoplossing en dus 'n groter massa sout in die substraat, in vergelyking met 'n growwe sand, hou. Die twee substrate word dan tot 'n sekere waterinhoud uitgedroog, waarna gelyke volumes vir EG-bepalings geneem word. Die bas sal dus meer soute per volume substraat as die sand in oplossing, tydens die EG-bepaling vrystel. Die bas sal dus 'n hoër EG_S as die sand gee. Hierdie bevinding het 'n belangrike invloed op die vertolking van EG_S-waardes. 'n Tabel word voorsien waarin die optimale EG_S-waardes vir die betrokke WHV aangegee word (Tabel 2.2.6). Die grense word verkry deur die maksimum EG_O vir GS en TC as onderste en boonste grens vir EG_S onderskeidelik by verskillende WHV te neem. Nog 'n belangrike aspek van die EG_S-waardes wat hier uitgewys is, was dat sulke optimale waardes (EG_S) deurgaans kleiner is as byvoorbeeld optimale EG_O-waardes. 'n Verklaring word hiervoor aangebied wat weer eens verband hou met die WHV van die substraat. Die WHV veroorsaak 'n verdunning deurdat minder as 1000 cm^3 voedingsoplossing dm^{-3} substraat vasgehou word. Hierdie verdunningseffek word in Hoofstuk 2.2 verduidelik. 'n Tweede verdunningseffek naamlik die 1:1,5-ekstraksieverhouding dra verder daartoe by dat die EG_S laer as EG_O is.

Die waterhouvermoë van die substraat kom hier na vore as 'n baie belangrike eienskap in die diagnostiese proses. Sonder inagneming van die WHV van die substraat kan 'n EG_S-waarde dus nie vertolk word nie en is dit nutteloos. Deur die deeltjiegrootte van sand-substrate te wissel is substrate met verskillende WHV, maar met dieselfde katioonuitruilvermoë (KUV) berei. Op dié manier is bewys dat WHV eerder as KUV vir die verskille in EG_S verantwoordelik is.

Loging

Soute wat in die substraat ophoop, moet daaruit geloog kan word. Dit is ook belangrik om bemestings/besproeiingsmetodes te vind wat sal verhoed dat die EG te hoog raak, want soos in Hoofstuk 2.2 gevind is, sal selfs 'n kortstondige hoë EG groei permanent rem. Loging van soute uit substrate is gevolglik ondersoek. Loging van soute uit sandsubstrate vind feitlik teen 'n konstante persentasie van die oorspronklike konsentrasie plaas. So is gevind dat die eerste loging 52 tot 58% van die oorspronklike massa sout uit sand verwyder, ongeag die oorspronklike

konsentrasie. Vir sand-bas-mengsels was dit 14 tot 19% en vir bas-substrate 9 tot 14% (Tabel 2.3.5). Met inagneming van die WHV kan dus vooraf bepaal word hoeveel soute verwyder kan word deur 'n sekere volume logingswater. Al wat vooraf bepaal moet word, is die WHV en EG van die substraat. Dan kan volgens Tabel 2.3.4, besluit word watter persentasie soute verwyder moet word en dienooreenkomstig die volume logingsvloeistof bepaal word. Hierdie bevinding hou belangrike implikasies in. Afgesien dat te veel logingswater onnodige hoeveelhede voedingstowwe verwyder, skep dit ook probleme met die afvoer van die logingswater uit die kwekery. Dit is dus moontlik om die minimum volume logingswater wat nodig is om die EG_S konstant te hou, te bereken. Alhoewel die metode met koring beproef is, is dit nodig dat dit eers onder sitruskwekery-toestande geëvalueer word, voordat dit kommersieel toegepas word. Dit sal nogtans nodig wees om EG-bepalings gereeld uit te voer. Die belangrikste toepassing is egter dat vooraf bereken kan word hoeveel water aan die kwekery voorsien moet word, insluitende om verbrakking te voorkom.

Met koring as toetsgewas is bevestig wat in vroeëre proewe gevind is, naamlik dat substrate met 'n WHV kleiner as 150 $cm^3\ dm^{-3}$ 'n logingsvereiste minder as 20% WHV nodig het om die EG_S konstant te hou. Indien die WHV meer as 150 $cm^3\ dm^{-3}$ is, is meer as 20% WHV nodig om die nodige loging te bewerkstellig.

'n Verdere bevinding is dat sande met 'n WHV laer as bas vinniger as bas loog. Uit Figuur 2.3.3 kan afgelei word dat 50% van die soute in 'n sand deur 34% WHV verwyder kan word. Vir sand-bas-mengsels is die waarde 63% WHV en vir bas-substrate 100% WHV. Dit is ook gevind dat die tempo van loging onafhanklik van die soutkonsentrasie van die logingswater is, behalwe dat die finale EG_S sal afhang van die EG van die logingswater.

Weer eens kom die WHV van die substrate na vore as 'n belangrike substraateienskap wat in die diagnostiese proses gebruik kan word. Deur die WHV te bepaal kan 'n goeie skatting van ander eienskappe soos logingsvermoë en maksimum EG_S gemaak word.

Natrium en chloried

Natrium en Cl in besproeiingswater kan te hoë konsentrasies bereik en verbrakking word tradisioneel aan die ione toegeskryf. Die gevoeligheid van sitrus vir die twee ione is gevolglik bepaal. Vegetatiewe produksie van GS word aanvanklik deur toenemende natriumkonsentrasies gestimuleer. Sodra die EG_o egter toeneem, is die onderdrukkende effek van die EG_o oorheersend. Natrium neem 'n minder belangrike rol in en selfs 200 mg Na dm^{-3} het groei nie noemenswaardig onderdruk nie. Uit die ontledingsgegewens kan afgelei word dat minder as 0,21% natrium in die blare, 8 mg Na dm^{-3} in die substraat en 100 mg Na dm^{-3} in die voedingsoplossing, as norm vir maksimum konsentrasie geneem kan word.

Alhoewel Cl vegetatiewe opbrengs van GS-saailinge onderdruk (maar nie van TC nie), geld dit net vir relatief hoë konsentrasies. As norm vir GS geld minder as 0,34% Cl in die blare, minder as 7 mg Cl dm^{-3} in die substraat en minder as 270 mg Cl dm^{-3} in die voedingsoplossing. Selfs by sulke hoë konsentrasies was die onderdrukkende effek van EG oorheersend. Dit bevestig net weer die belangrikheid van die EG van die voedingsoplossing. 'n Konsentrasie van 270 mg Cl dm^{-3} is gelyk aan 770 mg KCl dm^{-3} of te wel 300 mg K dm^{-3}. Kaliumchloried kan dus as 'n bron van kalium gebruik word. Dit is goedkoper as byvoorbeeld KNO_3. Nogtans is KCl nie aan te beveel nie.

'n Oplossing wat 770 mg KCl dm^{-3} bevat, bevat slegs 300 mg noodsaaklike voedingstowwe (net K). Daarteenoor sal 'n oplossing wat byvoorbeeld 770 mg KNO_3 bevat, 400 mg noodsaaklike voedingstowwe (300 mg K plus 100 mg N) bevat. Die EG van laasgenoemde sal dus per eenheid voedingstof laer wees.

Aluminium

Onder suurtoestande kan Al toksiese konsentrasies bereik. Alhoewel houerkulture meestal grondlose substrate gebruik, kan grond wat baie totale Al bevat nogtans in die substrate aangetref word. In hierdie studie is gevind dat veral GS-saailinge baie gevoelig vir Al is. 'n Afname van 24% in die vegetatiewe produksie van GS is met 5 mg Al dm^{-3} in die voedingsoplossing gevind. Aluminium en toestande wat die oplosbaarheid van Al bevorder, moet dus vermy word. Besproeiings-

water vir kwekerye word onder andere met aluminiumsulfate geflokkuleer. Dit is dus uiters belangrik dat die pH van die substraat naby neutraal gehandhaaf moet word. Hierdie aspek verg dringend aandag, want so min as moontlik oplosbare Al moet die saailinge bereik. Troyer citrange is minder gevoelig, maar bokant 10 mg Al dm^{-3} neem die opbrengs van TC met 28% af. As maatstawwe geld die volgende:

*Minder as 5 mg Al dm^{-3} in die voedingsoplossing;
*Minder as 27 mg Al kg^{-1} blaarmateriaal;
*Minder as 6 mg Al dm^{-3} substraat.

Dit is verder vasgestel dat die toksiese Al-konsentrasie laer is by pH 3 as by pH 5 en dat TC meer Al opneem as GS onder dieselfde toestande. Dit is opvallend dat TC, wat minder soute uit die voedingsoplossing as GS opneem, nou meer Al as GS opneem. Moontlik hou dit verband met die swak opname van mikro-elemente deur TC by hoë grond pH-waardes. Substraat- en blaarontledings is goeie diagnostiese metodes om Al-toksisiteite te bepaal.

Kalkbehoefte

As gevolg van die remmende uitwerking van Al op saailinggroei, die feit dat ongekomposteerde dennebas 'n pH van tussen 3 en 5 kan hê en versuring van die substraat tydens die kweekproses kan voorkom, is bekalking 'n noodsaaklikheid. Bekalking kan voor versakking, of nadat die saailinge 'n tydlank in die substraat gegroei het, vereis word. Met 'n paar aanpassings kan die kalkbehoefte van substrate, soos gronde, met behulp van die kalsiumhidroksiedmetode bepaal word. 'n Ekwilibrasie tyd van 96 uur is egter nodig. Hierdie ewewigstydperk rek die ontledingsproses uit, maar word belangrik geag omdat die waardes vir kalkbehoefte wat voor die 72 uur lesing verkry is, veral vir substrate met 'n hoë WHV, misleidend is. Die WHV van die substrate moet ook by die finale vertolking in aanmerking geneem word. Hierdie metode onderskat die kalkbehoefte van substrate met 'n hoë WHV (meer as 200 cm^3 dm^{-3}) en oorskat dit vir substrate met 'n lae WHV (kleiner as 150 cm^3 dm^{-3}) (Figuur 4.3.4). Meer verfyning is egter nodig.
Verdeelde toedienings van kalk aan reeds versakte substrate word aanbeveel. Dolomitiese en kalsitiese kalk is goeie bronne en lewer beter resultate as byvoorbeeld gebluste kalk. Neutralisasie vind stadig afwaarts plaas selfs met gebluste kalk. Gebluste kalk vorm klonte

wanneer dit benat word. Die klontvorming verlaag die doeltreffendheid van 'n anders effektiewe produk. Alhoewel die aantal verdelings bereken kan word (met inagneming van die volume wat in die bolaag bekalk word), is nog navorsing nodig om te bepaal wat die mees effektiewe verdeling van die kalktoediening is. Soos later aangetoon sal word, kan die pH van die substraat nie deur die NO_3:NH_4-verhouding gereguleer word nie. Bekalking is dus die enigste manier om die pH te verhoog. Aangesien Na as sodanig nie 'n wesentlike probleem is nie, en sitrussaailinge 'n redelike hoë konsentrasie Na kan weerstaan, behoort die gebruik van natriumkarbonaat en self-bikarbonaat as neutraliseermiddels beproef te word. Hierdie natriumsoute is hoogs oplosbaar en behoort selfs substrate met 'n hoë WHV diep binne te dring.

Ammonium:nitraatverhouding

Bemesting van sitrussaailinge in houerkulture is 'n belangrike aspek van die bedryf. In hierdie studie is voedingsbesproeiing, die verhouding van ammonium tot nitraat en kombinasies van stadigoplossende misstowwe, voorafverryking en voedingsbesproeiing beproef.

Wat die ammonium:nitraatverhouding betref, kon die grens nouer getrek word en word aanbeveel dat die voedingsoplossing 20 tot 25% ammoniumstikstof <u>moet</u> bevat. Baie verskaffers van misstowwe vir voedingsbesproeiing in kwekerye is geneig om die N slegs in die nitraatvorm te voorsien. Hierdie verhouding is egter nie voldoende om die pH van die voedingsoplossing of die substraat te beheer nie en gereelde pH-bepalings is noodsaaklik. Anders as in grond word die pH nie deur nitrifikasie van NH_4^+ beïnvloed nie. Die nitrifikasietempo is meestal redelik laag as gevolg van sterilisasie van die substraat voor versakking. Wanneer plante NH_4^+ opneem, word 'n balanserende katioon, gewoonlik H^+, in die voedingsoplossings vrygestel. Die verhoging in H^+ veroorsaak dan 'n daling in die pH van die substraat.

Besproeiingsvoeding

Voedingsbesproeiing met vyf konsentrasies van N, P, K, Ca, Mg en S is beproef. 'n Belangrike gevolgtrekking is dat die aanbevole konsentrasies van die ses elemente wat hieronder volg, nog aan verbeterings onderworpe is. Heelwat meer navorsing word nog benodig, veral onder toestande waar

die EG_o streng binne die perke vir elke onderstamcultivar gehandhaaf kan word. By hoë konsentrasies van die elemente het die invloed van EG_o oorheersend geraak, maar indien vir die invloed van EG_o gekompenseer word, kan verwag word dat hoër konsentrasies van die voedingselemente hoër produksie sal lewer. 'n Ander aspek wat nog ondersoek verg, is die kombinasie van konsentrasie van die element in die voedingsoplossing en die frekwensie van besproeiing asook die omvang van loging. In die proewe het baie voedingstowwe verlore gegaan omdat die voedingsoplossing ook gebruik is om loging te bewerkstellig. Die invloed van voedingsbesproeiing met lae konsentrasie voedingslemente, of afwissellend met skoon water, kan moontlik meer doeltreffende benutting van die voedingstowwe tot gevolg hê. Indien die EG van die substraat goed beheer kan word, kan heelwaarskynlik veel laer konsentrasie voedingselemente gebruik word. Die voorlopige aanduidings is dat 350 mg N, 25 mg P, 300 mg K, 121 tot 272 mg Ca, 23 mg Mg en 76 mg S dm^{-3} water vegetatiewe produksie sal onderhou. 'n Belangrike resultaat was dat die saailinge die hoogste opbrengs by die laagste fosforkonsentrasie gelewer het. Fosfortoksisiteit is dus nie uitgesluit nie. Dit is egter belangrik dat die EG_o binne perke gehou word. Geen duidelike verband tussen blaarontledingsgegewens en die ses elemente en opbrengs kon bepaal word nie. Op grond van die blaarsamestelling van die beste presteerders vir elke element kan die volgende voorlopige norme vasgestel word:

N: 3,44% (GS) en 4,36% (TC)
P: 0,26% (GS) en 0,34% (TC)
K: 2,32% (GS) en 2,81% (TC)
Ca: 1,45% (GS) en 1,01% (TC)
Mg: 0,34% (GS) en 0,27% (TC)
S: 0,26% (GS) en 0,41% (TC)

Hierdie norme is egter baie tentatief omdat vegetatiewe produksie nie daaraan verwant is nie. Heelwat gevalle kom voor waar die blaarinhoud voldoende is, selfs by swak presteerders.

Kombinasie-metodes

Kombinasies van bemestingsmetodes word toegepas om die doeltreffendheid te verhoog en koste te bespaar. In die studie is sekere konvensionele misstowwe gebruik en teen meer gesofistikeerde produkte asook voedings-

besproeiing geëvalueer. Gevolglik word aanbeveel dat dolomitiese kalk bygevoeg word om die pH tot 6,5 te verhoog. Daarna word ook 3000 g superfosfaat (10,5%) plus 300 g FTE 504 per m^3 voor versakking bygevoeg. Stikstof teen 250 en K teen 150 mg dm^{-3} word dan deur die besproeiingswater voorsien. Aangesien die fosfor in substrate meer aan loging onderworpe is as in grond, kan nog meer navorsing gedoen word om die voorsiening van fosfor te optimiseer. Voeg hierby die bevinding in die vorige hoofstuk dat te veel fosfor eintlik groei onderdruk, word heelwat meer navorsing oor die voorsiening van fosfor benodig. Indien die behandelings wat die beste presteer het as norm vir sandsubstrate gebruik word, geld die volgende:

P: 75 - 110 mg dm^{-3}
K: 80 - 93 mg dm^{-3}
Ca: 47 - 171 mg dm^{-3} en
Mg: 7 - 14 mg dm^{-3}.

Die boonste grense vir P en Ca sal heelwaarskynlik meer wees as wat nodig is, aangesien groei goed onderhou is by die onderste vlakke. Die vertolking van substraatontledings is egter meer kompleks as byvoorbeeld dié van grondontledings. In houerkulture is die reserwe plantvoeding baie kleiner as in meeste landbougronde. Aanvullings van die beskikbare vorm sal na verwagting stadig en minder wees. Die waterhouvermoë van die substraat bepaal, tot 'n groot mate, hoeveel voedingselemente in die substraat vasgehou kan word. Verder sal faktore soos die tydstip waarop die substraatmonster geneem is, ook belangrik wees. Indien dit net na 'n besproeiing geneem is, sal die resultate na verwagting wesentlik verskil van die toestand net voor besproeiing. Meer inligting moet dus die substraatmonsters vergesel ten einde die substraatontledingsresultate sinvol te vertolk.

Fosforbronne

Aangesien superfosfaat aan loging onderworpe is, is ander fosfaatbronne ondersoek. Calmafos en Langfos is as bronne van fosfor met superfosfaat en Nutricote[R] vergelyk. Alhoewel die logingsverlies van Calmafos en Langfos in vergelyking met superfosfaat laag is, was die prestasie van plante swak waar dié bronne fosfor moes voorsien. Selfs kombinasies van kleiner massa superfosfaat en Calmafos presteer swakker as superfosfaat teen 3000 g m^{-3}. Die tempo waarteen Calmafos en Langfos fosfor

beskikbaarstel, is klaarblyklik te laag. In die logingstudie het Calmafos en Langfos selfs minder fosfor vrygestel as Nutricote[R]. Calmafos kan ook nie as enigste bron van magnesium dien nie, terwyl superfosfaat ook nie voldoende kalsium voorsien nie.

Substraatontledings

Ontledings van substrate ten einde probleme of potensiële probleme op te spoor, of om die substrate vooraf te evalueer, is in die reël bruikbare hulpmiddels. In Suid-Afrika is substraatontledings egter redelik onbekend. In dié studie is bestaande metodes, wat veral in Nederland gebruik word, toegepas en waar nodig is knelpunte ondersoek en aanpassings gemaak. Aangesien meer-en-meer laboratoria by substraatontledings betrokke raak, is standaardisasie van metodes ook noodsaaklik.

Die belangrikste knelpunte in substraatontledings is die uitmeet van die volume wat ontleed moet word en die invloed van die waterinhoud op die resultate. Die brutodigtheid van sand, sand-bas-mengsels en bas waarin vir ses maande sitrus gekweek was, is as maatstaf gebruik om die "ware" brutodigtheid te bepaal. 'n Saamdrukkrag van 500 kPa vir 60 sekondes gee brutodigtheidswaardes vergelykbaar met die "ware" waardes.

Die waterinhoud van die substraat beïnvloed die ontledingsresultate ten opsigte van EG, P, K, Ca, Mg en Na maar nie pH nie. Hoe natter die substraat wanneer 'n volume vir ontleding uitgemeet word, hoe laer die genoemde elementkonsentrasies. Hierdie afwyking kan egter reggestel word deur die waterinhoud in berekening te bring. Substrate kan luggedroog, maar nie oondgedroog word nie. Afwykende resultate word met oondgedroogde substrate gevind waarvoor geen verklaring aangebied kan word nie. Die variasie in die konsentrasie van voedingselemente in luggedroogde substrate, kan aan die hand van die waterinhoud verklaar word.

Omdat uitdroging veranderings in die chemiese eienskappe kan veroorsaak, word voorgestel dat die substrate in 'n klam toestand uitgemeet en geëkstraeer word, maar dat die nodige aanpassings met in agneming van die waterinhoud, gedoen word.

Vertolking van substraatontledingsgegewens is kompleks. Die waardes wat deur 'n 1:1,5-ekstrak, of enige ander ekstrak, aangedui word, beteken slegs dat daardie konsentrasie van die elemente op daardie tydstip

teenwoordig is. Dit verskaf geen inligting oor die grootte van die reserwe of die aard daarvan nie. 'n Waarde van sê 10 mg P dm^{-3} kan beteken dat dit die totale hoeveelheid P is en of dit nog aangevul kan word uit 'n bron soos Nutricote®, in welke geval die vertolking totaal verskil. Die vertolking van substraatontledingsresultate moet dus met groot omsigtigheid en met meer agtergrondinligting gemaak word. Baie meer navorsing en ondervinding is nodig voordat substraatontledings sinvol gebruik kan word. Dit is ook belangrik dat die ander praktyke (veral bemesting, besproeiing en monsterneming) in ag geneem moet word. Dit kan heel moontlik in die toekoms gevind word dat verskillende stelle norme vir voedingsbesproeiing, voorafverrykte en stadigoplossende misstowwe nodig is.

Blaarontledings

Blaarontledings is 'n bruikbare en belangrike diagnostiese metode, in die evaluering van die voedingstatus, vir kommersiële boorde. In die voorafgaande studie is blaarontleding as 'n ongevoelige metode ondervind. Omdat blaarsamestelling deur 'n aantal faktore beïnvloed word, is blaarposisie en blaarmassa as bronne van variasie ondersoek. Dit is gevind dat die blaarmassas van blare 1 tot 5, 6 tot 10 en 11 tot 15 vanaf die groeipunt, in sekere gevalle betekenisvol verskil. Die beste passing van blaarmassa en opbrengs is met blare 11 tot 15 aangetref. Die voedingselementkonsentrasie is gevolglik in terme van g per 100 blare uitgedruk en passings van 89% is vir N, 55% vir P en 51% vir K, bereik. Indien die uitskieters in die verband tussen opbrengs en g Mg per 100 blare en opbrengs en g Ca per 100 blare buite rekening gelaat word, word ook betekenisvolle verwantskappe tussen die twee elemente en opbrengs verkry. Hierdie benadering blyk baie belofte in te hou, maar verg nog ondersoek.

Ontleding van fisiese eienskappe

Aangesien die fisiese eienskappe van substrate so belangrik is, is dit eweneens belangrik om metodes te vind om die eienskappe sinvol te evalueer. Die bestaande metodes het 'n aantal knelpunte opgelewer wat ondersoek is. Hierdie knelpunte raak die verwantskap tussen laboratoriumtegniek en die ware toestand in die kwekery, asook die moontlike interlaboratorium variasies. Dit is byvoorbeeld gevind dat die hoogte van die substraatkolom die luginhoud en WHV beïnvloed.

Gevolglik moet die hoogte van die kolom tydens die laboratoriumbepaling dieselfde wees as die in die kwekery en moet die monster gevolglik van genoegsame agtergrondinligting vergesel word. Soortgelyk beïnvloed eksterne suigkragte die luginhoud en WHV en moet dit ook ooreenstem met die toestande in die kwekery. In sitruskwekerye word die houers op stellasies gepak om besmetting te voorkom en word die kontak tussen die houer en die grond dus verbreek. Dreinasie van die substraat is net van interne kragte afhanklik. In ander kwekerye waar benattingsmatte gebruik word, moet die laboratoriumtegniek dienooreenkomstig aangepas word. Wanneer 'n sanddkas in die kwekery of laboratorium gebruik word om 'n eksterne suigkrag te bewerkstellig, is die grootte van die dreineringsopening (of kontakvlakke) belangrik. Weer eens moet die laboratoriumtegniek ooreenstem met die toestande in die kwekery. Dit is ook gevind dat benatters die waterlagie om die deeltjies verdun en dus foutiewe waardes vir luginhoud (te hoog) kan gee.

Luginhoud

Die fisiese eienskappe van 'n substraat bepaal, oor die algemeen, tot 'n groot mate die sukses waarmee so 'n substraat aangewend kan word. Onder die fisiese eienskappe is luginhoud van die belangrikste. Ander eienskappe soos deeltjiegrootte beïnvloed die luginhoud en waterhouvermoë direk en kan gebruik word om regstellings in die lug- en waterhuishouding te doen. Watervoorsiening is met besproeiing geïntegreer en dit is 'n studieveld op sigself wat nie hier aangeraak word nie. Min inligting oor die spesifieke vereistes van sitrussaailinge ten opsigte van die luginhoud is bekend. In die ondersoek is bepaal dat GS die beste presteer indien die sand-substraat 'n luginhoud by houerkapasiteit (0kPa) van 12,5 tot 17,5% het. In vergelyking met ander plante is dit 'n redelik lae vereiste en net-net bokant die vlak waar Phythophthora spp aktief raak. Nog 'n belangrike bevinding was dat GS in die teenwoordigheid van selfs groot persentasies fyn deeltjies (kleiner as 500 mikron) beter presteer. Die luginhoud moet egter in gedagte gehou word. Hierdie bevinding, saam met die lae lugvereiste, plaas baie vraagtekens oor die huidige siening van substrate in sitruskwekerye. As gevolg van die bedreiging wat wortelvrot inhou, neig die kwekerye na growwe substrate met 'n hoë luginhoud.

Wanneer bas as substraat gebruik word, is die optimale luginhoud by houerkapasiteit (OkPa) 10 tot 20%, waar 10,5% die hoogste opbrengs lewer. Weer eens is die persentasie deeltjies kleiner as 250 of 500 mikron, belangrik. Ook by bas wat meer aktiewe oppervlaktes as sand het, presteer 'n lae luginhoud die beste en is noue kontak soos deur fyner deeltjies bewerkstellig, wenslik. Sitruswortels verkies blykbaar om deur fynmateriaal omring te word. Dit kan moontlik die opname van water en voedingstowwe deur die relatief dik voedingswortels, bevorder. Mengsels van sand en bas toon dat die optimale luginhoud (OkPa) tussen 15 en 25% lê. Dit moet egter in gedagte gehou word dat die sand-bas-mengsels swakker presteer het as die sand-alleen-substrate. Die 25% luginhoud wat dus hier ter sprake is, is nie die beste nie. Globaal gesien het GS in sand-substrate met 'n relatief lae luginhoud, die beste presteer. Gevolglik kan afgelei word dat die optimale luginhoud vir GS in sand, bas en sand-bas-mengsels tussen 10 en 20% lê, waar die beste presteerders 'n luginhoud (OkPa) van om en by 10% het. As gevolg van die bedreiging van Phythophthora en die feit dat die swam onderkant ongeveer 12% luginhoud aktief raak, word aanbeveel dat die ideale luginhoud van substrate vir sitruskwekerye tussen 15 en 20% moet wees. 'n Verdere belangrike aspek is dat sulke substrate ook 'n groot persentasie (30 tot 50%) deeltjies kleiner as 500 mikron bevat. Die sande wat in die proewe gebruik was, was uit 'n steengroef afkomstig en die deeltjies was dus nie afgerond soos alluviale sande nie. Sitruskwekerye gebruik tans hoofsaaklik alluviale of eoliese sande. Gevolglik moet die resultate eers teen ander sandbronne geëvalueer voordat dit veralgemeen word, veral ten opsigte van deeltjiegrootte.

TOEPASBARE BEVINDINGS

Aan die hand van die resultate wat in die studie verkry is, kan met groter sekerheid gevolgtrekkings en aanbevelings oor die elektriese geleiding van die voedingsoplossing en substrate gemaak word. Die soutvlakke van die substraat en selfs die blare kan as maatstawwe gebruik word. 'n Tweede belangrike aspek naamlik die luginhoud van die substrate kan na aanleiding van die resultate objektief geëvalueer word. Derdens is meer orde in die ontledingsproses moontlik indien dié resultate toegepas word. 'n Ekonomiese bemestingsprogram is ook vir sandsubstrate ontwikkel.

TOEKOMSTIGE NAVORSING

Alhoewel baie bruikbare inligting oor die soutvlakke van voedingsoplossings, substrate en blare in die studie bekend geword het, is daar nog talle aspekte wat indringende ondersoek verg. Die belangrikste is sekerlik die toepassing van die resultate. Een van die aspekte wat aandag benodig is die daarstelling van 'n oplossing wat voldoende voedingstowwe voorsien sonder dat die EG die maksimum oorskry. Die grootste probleem is om geskikte draers te vind sodat balanserende ione soos veral Cl, S en selfs Ca tot die noodsaaklike minimum beperk kan word. In die toepassing van die norme rondom die soutvlak sal die algehele bestuur in die kwekery 'n belangrike rol speel. Verskeie metodes om die soutvlak binne perke te hou, behoort ondersoek te word.

Hierby geïnkorporeer is die optimale konsentrasies van die voedingselemente in oplossing. Daar is aanduidings gevind dat relatief lae konsentrasies van sekere elemente baie goed kan presteer. Maar, ander resultate dui weer daarop dat veel hoër konsentrasies van dieselfde elemente dalk resultate kan lewer. Die konsentrasie en metode van toediening is blykbaar interafhanklik.

Die relatief hoë verdraagsaamheid van GS en TC teen Na open die moontlikheid om natriumkarbonaat of selfs -bikarbonaat as bakalkingsmateriaal te gebruik. Die metode hou groot moontlikheid veral vir substrate met 'n lae WHV, in.

Alhoewel Al fitotoksies selfs teen lae konsentrasies is, word dit algemeen as flokkuleermiddel in die waterwerke van kwekerye voorsien. Hierdie aspek noodsaak dringende aandag.

Kombinasies van bemestingsmetodes toon belofte maar fosforvoorsiening behoort indringend ondersoek te word. Veral die moontlikheid om minder supersfosfaat vooraf in te meng en dit later weer aan te vul. Blaarvoeding is glad nie in die studie ondersoek nie maar is 'n moontlike tegniek wat dalk die EG-gevaar kan verminder.

Substraatontledings betrek twee velde. Eerstens laboratoriumtegnieke. Op die gebied kan meer ondersoek na beter metodes om die luginhoud te bepaal, ingestel word. 'n Metode wat herbenatting uitskakel behoort

byval by tegnici te vind. Vasgevangde lug tydens waterversadiging bly 'n wesentlike probleem wat die interlaboratoriumvariasie vergroot en ook onakkuraatheid bevorder.

Die tweede veld is die vertolking van die ontledingsresultate. 'n Ondersoek na die faktore wat in aggeneem moet word wanneer ontledings-resultate vertolk word, sal die hele proses se waarde verhoog.

Blaarontleding vir kwekerye verg nog baie ondersoek voordat dit toegepas kan word. Die konsep om die konsentrasie in g per 100 blare eerder as g kg^{-1} uit te druk, lyk belowend maar moet wyer beproef word.

Alhoewel sekere fisiese eienskappe geëvalueer is, word meer inligting benodig voordat dit algemeen toegepas kan word. So byvoorbeeld is dit nodig om te bepaal watter faktore tot die afname in die luginhoud tydens die kweekproses van 12 tot 24 maande bydra. Wortelbesetting van luggevulde porieë, ontbinding van organiese bestanddele en kompaksie en die totale beskikbare volume substraat kan moontlike beduidende bydrae lewer. Afhangende van die omvang van sulke faktore, sal die minimum luginhoud by versakking moontlik verhoog moet word. Hierdie faktore sal waarskynlik in omvang wissel afhangende van die tipe substraat en omgewingtoestande.

HOOFSTUK 9

LITERATUURVERWYSINGS

ACKERMAN, E.D., 1979. Tropical fruit tree potting media experiment. Proc. Fla State Hort. Soc., 92, 273-275.

ADAMS, P. & WINSOR, G.W., 1984. Some responses of cucumbers and lettuce grown in peat substrate to phosphorus and lime. Acta Hort., 245, 102-111.

ADCOCK, M.C. & OVERCASH, J.D., 1983. Effect of growing medium and cultivars on the container culture of pecan seedling rootstock. HortScience, 18, 330 - 331.

AENDEKERK, T.G.L., 1976. Bemesten via de regenleiding. Interne inligtingstuk. Consulentschap voor de Tuinbouw, Boskoop, Nederland.

AENDEKERK, T.G.L., 1979. De water-luchtverhouding van grondstoffen, verwerkt in potgronden. Inligtingspamflet Consulentschap voor de Tuinbouw, Boskoop, Nederland.

AIRHART, D.L., NATARELLA, N.J. & POKORNY, F.A., 1980. Wetting a milling pine bark potting medium with surfactants. Forest Product Journal, 30, 12, 30-33.

ALLAN, P. (datum onbekend). Potting mixes. Univ. Natal, Pietermaritzburg.

ALLAN, P., 1982. A comparison of different organic media for flower crops. Paper presented at S. Afr. Soc. Crop Prod. Ann. Congr., Nelspruit.

ALLISON, F.E., 1965. Decomposition of wood and bark sawdust in soil, nitrogen requirements and effects on plants. U.S. Dept Agric. Tech. Bull. no 1332.

ALLUF, S., 1986. Nutritional studies in a Ciskei citrus nursery. S. Afr. Citrus Journal, Oct. 1986, 6-7.

ANDERSON, C.A., 1971. Effect of soil pH and calcium on yields and fruit quality of young Valencia oranges. Proc. Fla State Hort. Soc., 84.

ANON., (datum onbekend). Bylaag by die ontledingsverslag. Proefstations Naaldwijk.

ANON., (datum onbekend). Chisso-Asaki Fertilizer Co. Coated fertilizers by poly olefin reserves. Information pamphlet, Tokyo, Japan.

ANON., 1973. Suikerrietafval vir grondmengsels in sitruskwekerye. NISSV. Inligtingsbulletin no. 6.

ANON., 1977. Technicon Industrial Systems. Simultaneous determination of nitrogen and phosphorus in acid digest. Industrial Method, 329 - 74.

ANON., 1979a. Grondmengsels vir sitrussaailinge. NISSV Inligtings-bulletin No. 79.

ANON., 1979b. Grondmengsels vir sitruskwekerye in die Oos-Kaap. NISSV Inligtingsbull. no. 85.

ANON., 1980. Soil analysis. Manual of methods. Fertilizer Soc. S. Afr. Publ., 74.

ANON., 1980. De Teelt van boomkwekerijgewassen in pot. Proefstations Boskoop, Nederland.

ANON., 1982. Hewlett-Packard Co. HP-41C Statpac Curve Fittings, p32.

ANON., 1987. Wêreldsitrusproduksie 1986/87-seisoen. Horticultural Products Review.

ASHER, C.J. & LONERAGAN, J.F., 1967. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. Soil Sci., 103, 225-233.

BAKER, K.F., 1957. The UC system for producing healthy container grown plants. UC Manual 23.

BARRAGRY, A.R. & MORGAN, J.V., 1978. Effect of mineral and slow release nitrogen combinations on the growth of tomato in coniferous bark medium. Acta Hort., 82, 43-53.

BASSON, W.D., BÖHMER, R.G. & STANTON, D.A., 1969. An automated procedure for the determination of boron in plant tissue. Analyst, 94, 1135 - 1141.

BEARDSELL, D. & NICHOLS, D., 1985. Toxic pine bark in potting mixtures. Australia Hort. Oct. 67 - 70.

BEARDSELL, D.G., NICHOLS, D.G. & JONES, D.L., 1979. The physical properties of nursery potting mixtures. Scientia Hort., 11, 1 - 8.

BEHBOUDIAN, M.H., TÖRÖKFALVY, E. & WALKER, R.R., 1986a. Effects of salinity on ionic content, water relations and gas exchange parameters in some citrus-scion rootstock combinations. Scientia Hort., 28, 105-116.

BEHBOUDIAN, M.H., WALKER, R.R. & TÖRÖKFALVY, E., 1986b. Effect of water stress and salinity on photosynthesis of pistachio. Scientia Hort., 29, 251-261.

BEN-HAYYIM, G. & KOCHBA, J., 1983. Aspects of salt tolerance in a Na Cl selected stable cell line of Citrus sinensis. Plant Physiol., 72, 685-690.

BEN-HAYYIM, G., SPIEGEL-ROY, P. & NEUMAN, H., 1985. Relation between ion accumulation of salt-sensitive and isolated stable salt-tolerant cell line of Citrus aurantium. Plant Physiol., 78, 144-148.

BERNSTEIN, L., 1963. Osmotic adjustments of plants to saline media. II Dynamic phase. Amer. J. Bot., 50, 360-370.

BIELORAI, L.T., SHALHEVET, J. & LEVY, Y., 1978. Grapefruit response to variable salinity in irrigation water and soil. Irrigation Sci., 1, 61-70.

BIK, R.A., 1972. Some thoughts on the physical properties of substrates with special reference to aeration. Acta Hort., 26, 149-157.

BINGHAM, F.T., MAHLER, R.J., PARRA, J. & STOLZY, L.H., 1974. Long term effects of irrigation salinity management in Valencia orange orchard. Soil Sci., 117, 369-377.

BLAKER, N.S. & MACDONALD, J.D., 1986. The role of salinity in the development of Phytophthora root rot of citrus. Phytopathology, 76, 970-975.

BOERTJE, G.A. & BIK, R.A., 1975. Potting substrates in the Netherlands. Acta Hort., 50, 135-142.

BREDELL, G.S., HUMAN, C.F. & MüLLER, P.J., 1981. Besproeiing in sitruskwekery. Verrigtinge van die 6de S. Afr. Sitruskwekery-vereniging Konferensie.

BUGBEE, G.J. & FRINK, C.R., 1986. Aeration of potting media and plant growth. Soil Sci., 141, 438 - 441.

BUNT, A.C., 1972. Factors contributing to the delay in the flowering of pot chrysanthemums grown in peat-sand substrates. Acta Hort., 26, 163-171.

BUNT, A.C., 1973. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. Acta Hort., 37, 1954-1965.

BUNT, A.C., 1976a. Modern potting compost. George Allen & Unwin Ltd, London, p195.

BUNT, A.C., 1976b. The use of phosphorus in liquid fertilizers. Acta Hort., 64, 93-101.

BUNT, A.C., 1980. Phosphorus sources for loamless substrates. Acta Hort., 99, 25-32.

BUNT, A.C., 1986. Problems in the analysis of organic and light weight potting substrates. HortScience, 21, 229-231.

CAPPAERT, I., VERDONCK, O. & DE BOODT, M., (Datum onbekend). Barkwaste as a growing medium for plants. (Onbekend).

CASTLE, W.S., ADAMS, W.G. & DILLEY, R.L., 1979. An indoor, container system for producing citrus nursery trees in one year from seed. Proc. Fla State Hort. Soc., 92, 3-7.

CHANDRA, A., YAMDAGNI, R. & SINGH, M., 1985. Phosphate uptake in rough lemon seedlings grown at different levels of calcium carbonate in washed silica sand medium. J. Nuclear Agric. Biol., 14, 19-21.

CHAPMAN, H.D., 1968. The mineral nutrition of citrus. The citrus industry II. Ed. W. Reuther, L. D. Batchelor and H. J. Webber, pp266-268. U C Press, Berkeley.

CLARKSON, D.T., 1967. Interactions between aluminium and phosphorus on the root surface and cell wall material. Plant & Soil, 27, 347-356.

CLEMENT, C.R., HOPPER, M.J., CANAWAY, R.J. & JONES, L.H.P., 1974. A system for measuring the uptake of ions by plants from flowing solutions of controlled composition. J. Exp. Bot., 25, 81-99.

COBB, G.S. & KEEVER, G.J., 1984. Effect of suplemental N on plant growth in fresh and aged pine bark. HortScience, 19, 127-129.

COETZEE, J.G.K., 1981. Potmengsels en die bemesting van sitruskwekerye. Verrigtinge van die 6de S. Afr. Sitruskwekeryvereniging Konferensie, pp19-27.

COLE, O.J., 1983. Some of the effects of salinity on citrus production. Australian Citrus News. Nov, pp10-11.

COLTMAN, R.R., 1987. Sampling considerations for nitrate quick tests of greenhouse tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 112, 922-927.

COLTMAN, R.R., 1988. Yield of greenhouse tomatoes managed to maintain specific petiole sap nitrate levels. HortScience, 23, 148-151.

CONOVER, C.A. & POOLE, R.T., 1981. Effect of soil compaction and physical properties of potting media and growth of Pilea subescens Liebm. (Silver tree). J. Amer. Soc. Hort. Sci., 106, 604 - 607.

CONOVER, C.A. & POOLE, R.T., 1983. Utilization of Melaleuca quinquenervia as a potting medium component for green house production of foliage plants. HortScience, 18, 886-888.

COSTELLO, L. & PAUL, J.L., 1975. Moisture relations in transplanted container plants. HortScience, 10, 371-372.

COX, J.E. (Datum onbekend). Chloride uptake by citrus from mixed fertilizer. Research News. p46.

DAVIES, F.S. FERGUSON, J.J. & MARLER, T., 1988. Fertilization of young citrus trees. The Citrus Industry, April, p21-26.

DE BOODT, M.F. & DE WAELE, N., 1969. Studies on the physical properties of artificial soils and growth of ornamental plants. Pedologie.

DE BOODT, M.F. & VERDONCK, O.F., 1972. The physical properties of substrates in horticulture. Acta Hort., 26, 37-44.

DU PLESSIS, S.F. & KOEN, T.J., 1986. Die waarde van 'n pH-bepaling om die kalkbehoefte van 'n gewas te bepaal. NISSV Inligtingsbull. no. 166, p12-13.

ELAMIN, O.M. & WILCOX, G.E., 1986. Manganese toxicity development in muskmelons as influenced by nitrogen form. J. Amer. Soc. Hort. Sci., III, 323-327.

EMBLETON, T.W., JONES, W.W., LABANAUSKAS, C.K. & PLATT, R.G., 1971. Leaf analysis and phosphorus fertilization of oranges. Citrograph, 56, 101-124.

EMBLETON, T.W., JONES, W.W., LABANAUSKAS, C.K. & REUTHER, W., 1973. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. In: The Citrus Industry. Vol. III, pp183-210. Univ. Press Univ. Calif.

FABER, W.R. & NELSON, P.V., 1984. Evaluation of methods for bulk solution collections from container root media. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 15, 1029-1040.

FAITA, E., OCHATT, S.J., CALVAR, J.L., COVATTA, F. & HERRERO, J., 1984. Nursery fertilization and growth responses of citrus root stocks. Proc. Int. Soc. Citriculture, 1, 156-159.

FEIGIN, A., GINZBURG, C., ACKERMAN, A. & GILEAD, S., 1984. Response of rose growing in a volcanic rock substrate to different NH_4:NO_3 ratios in the nutrient solution. ISOSC Proc., 207-213.

FEIGIN, A., ZAMIR, N., ARBEL, A. & KEINAN, M., 1984. A closed hydroponic system for experiments with plants growing in circulating nutrient solutions. Int. Soc. Soilless Cult. Proc., pp215-223.

FILMER, C.L.R., MACDONALD, J.D., PAUL, J.L. & LEISER, A.T., 1986. Influence of air filled porosity of container media on phytophthora root rot. HortScience, 21, 1010-1011.

FLOWERS, T.J. & YEO, A.R., 1986. Ion relations of plants under drought and salinity. Aust. J. Pl. Physiol., 75-91.

FöLSCHER, W.J. & BORNMAN, J.J., 1985. Suspensiemetode vir die evaluering van landboukalk. S. Afr. Tydskr. Plant Grond, 2, 45-51.

FöLSTER, O., (1973). Influence of the O_2 concentration in the nutrient solution of the development of cucumber plants. Acta Hort., 2046 - 2050.

FOY, C.D., 1988. Plant adaptation to acid, aluminium toxic soils. Commun. Soil Sci. & Plant Anal., 19, 959 - 988.

FOY, C.D. & FLEMMING, A.L., 1982. Aluminium tolerances of two wheat genotypes related to nitrate reductase activities. J. Plant Nutr., 11, 1313-1333.

GABRIëLS, R., 1978. The effect of irrigation water quality on the growing medium. Acta Hort., 82, 201-203.

GABRIëLS, R., VERDONCK, O. & MEKERS, O., 1986. Substrate requirements for pot plants in recirculating water culture. Acta Hort., 178, 93-99.

GANMARE-NEUMANN, R. & KAFKAFI, U., 1983. The effect of root temperature and NO_3:NH_4 ratio on strawberry plants. Agron. J., 75, 941-947.

GARIBALDI, E.A., BUSOCCU, L. & MORINO, W., 1976. Results of different methods of fertilization of some ornamentals grown in pots. Acta Hort., 64, 115-124.

GISLEROD, H.R., 1983. Physical conditions of propagation media and their influence on the rooting of cuttings. III The effect of air content and temperature in different propagation media on rooting of cuttings. Plant & Soil, 75, 1-14.

GOYAL, S.S., LORENZ, O.A. & HUFFAKER, R.C., 1982. Inhibitory effects of ammoniacal nitrogen on growth of radish plants. I Characterization of toxic effects of NH_4 on growth and its alleviation by NO_3. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 107, 125-129.

GRABLE, A.R. & SIEMER, 1968. Effects of bulk density aggregate size and soil water suction on oxygen diffusion, redox potentials and elongation of corn roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28, 610-614.

GRACE, W.R. & CO., 1968. Mag-amp the controlled release fertilizer. Technical Manual. W.R. Grace & Co. Maryland.

GRAHAM, J.H. & TIMMER, L.W., 1985. Rock phosphate as a source of phosphorus for vesicular arbuscular mycorrhizal development and growth of citrus in soilless medium. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 110, 489-491.

GRIEVE, A.M., 1983. Salt uptake by citrus trees. Australian Citrus News. Nov., 6-8.

GROBLER, P.J.L., 1979. Evaluering van vyf sitrusonderstamme vir brakverdraagsaamheid. M.Sc. (Agric.) verhandeling, Univ. Pretoria.

HABER, Z., 1975. Fertilizing and liming, factors influencing uptake of trace elements by ornamental plants grown in peat substrate. Acta Hort., 50, 115-118.

HANDRECK, K.A., 1983. Particle size and the physical properties of growing media for containers. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 14, 209 - 222.

HANDRECK, K.A., 1986. Gypsum and superphosphate as source of sulphur for plants in containers. Scientia Hort., 30, 19-35.

HANDRECK, K.A. & BLACK, N.D., 1984. Growing media for ornamental plants and turf. New South Wales Univ. Press, Kensington, NSW, Australia.

HARDING, R.B., PRATT, P.F. & JONES, W.W., 1958. Changes in salinity, nitrogen and soil reaction in differentially fertilized irrigated soils. Soil Sci., 85, 177-184.

HARTMANN, H.T. & KESTER, D.E., 1975. Plant propagation, principles and practices. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

HARTMAN, P.L., MILLS, H.A. & JONES, J.B., 1986. The influence of NO_3:NH_4 ratio on growth, fruit development and element concentration in Florada tomato plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 111, 487-490.

HELLER, J., SHALHEVET, J. & GOELL, A., 1973. Response of citrus orchard to soil moisture and soil salinity. Ecological Studies 4, 409-419.

HENRY, B.K., 1979. Production of six foliage crops in spent mushroom compost potting mixes. Proc. Fla State Hort. Soc., 92, 330-332.

HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I., 1950. The waterculture method for growing plants without soil. Circular 347. U C Berkeley.

HOLCOMB, E.J. & WHITE, J.W., 1980. Correlation among soil test values and elemental composition of chrysanthemums. Plant & Soil, 54, 45-50.

HOLDEN, E.R., PAGE, N.R. & WEAR, J.I., 1964. Properties and uses of micronutrient glasses in crop production. Information pamphlet, Ferro Trace Elements, Rotterdam.

IKEDA, H. & OSAWA, T., 1984. Lettuce growth as influenced by N source and temperature of nutrient solution. ISOSC Proc., 273-284.

INGRAM, D.L. & JOINER, J.N., 1982. Response of Quercus shumardii seedlings to nitrogen form and fertilization rate in a container medium. HortScience, 17, 825-827.

ITOH, S.& BARBER, S.A., 1983. A numerical solution of whole plant nutrient uptake for soil-root systems with root hairs. Plant & Soil, 70, 403-413.

IYENGAR, B.R.V., IYER, C.P.A. & SULLADMATH, V.V., 1984. Effect of rootstock on the leaf nutrient composition of some lemon cultivars. Indian J. Hort., 41, 230-236.

JAMES, E.A. & RICHARDS, D., 1986. The influence of iron source on the waterholding properties of potting media amended with water absorbing polymers. Scientia Hort., 28, 201-208.

JENSEN, M.H., (Datum onbekend). The sand culture system in controlled environment agriculture. Environmental Res. Lab., Tucson, Arizona.

JOHNSON, E.W., 1980. Comparisons of methods of analyses for loamless composts. Acta Hort., 99, 197-204.

JOHNSON, E.W. & MOORE, P., 1984. The use of ammonium N for controlling pH and iron availability in recirculating nutrient solutions. Acta Hort., 150, 397-403.

JOHNSON, H., 1980. Hydroponics: A guide to soilless culture systems. Div. Agric. Sciences. U. C., Leaflet 2947.

JOINER, J.N. & CONOVER, C.A., 1965. Characteristics affecting desirability of various media components for production of container grown plants. Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla, 25, 320-328.

JOINER, J.N. & CONOVER, C.A., 1967. Comparative studies of shredded pine bark and peat as soil amendments for container grown Pittosporum at different nutrient levels. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 90, 447 - 453.

JÖRGENSEN, G.H. & OTTOSSON, L., 1978. Cucumber experiments on mineral wool. Acta Hort., 82, 59-66.

KAFKAFI, U., DAYAN, E. & AKIRI, B., 1984. Nitrate and phosphate uptake by tomato from nutrient solutions in a commercial operation. ISOSC Proc., 291-298.

KAWASAKI, T., SHIMIZU, G. & MORITSUGU, M., 1983. Effect of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth and ion absorption in plants. Plant & Soil, 75, 87-93.

KINRAIDE, T.B., ARNOLD, R.C. & BALIGAR, V.C., 1985. A rapid assay for aluminium phytotoxity at submicromolar concentrations. Physiol. Plant., 65, 245-250.

KLOUGART, A., 1976. Urea as a nitrogen source for pot plants. Acta Hort., 64, 103-109.

LARSEN, J.E., 1976. Experience with the Steiner nutrient solution on greenhouse tomatoes. Proc. 4th Int. Soc. Soilless Culture, Las Palmas, 231-235.

LEE, A.T.C., ALEXANDER, C.J. & DU TOIT, M.M.W., 1983. Comparison of slow-release fertilizers on the growth of rough lemon seedlings. Ann. Rep. Tech. Dept., SACCE, 108.

LEE, J. & PRITCHARD, M.W., 1984. Al toxic expression on nutrient uptake, growth and root morphology of Trifolium repens L. Plant & Soil, 82, 101-116.

LEMAIRE, F. & DARTIGUES, A., 1984. Importance of the $NO_3:NH_4$-N ratio in the nutrient solution for the production of cuttings by pelargonium mother plants. ISOSC Proc., 301-315.

LENNOX, T.L. & LUMIS, G.P., 1987. Evaluation of physical properties of several growing media for use in aerial seeding containers. Can. J. For. Res., 17, 165-173.

LE ROUX, F.H., 1969. Effect of superphosphate on the growth of citrus seedlings in relation to its reactions with two acid soils. Fertilizer Soc. S. Afr. J., 2, 19-25.

LIEBIG, G.F., 1942. Aluminium. In: Diagnostic criteria for plants and soils. Ed H.D. Chapman, 1966 Aluminium, 5.

LLOYD, J., KRIEDEMANN, P., PRIOR, L. & GRIEVE, A., 1986. Citrus leaf fluorescense: water and salt effect. Acta Hort., 175, 333-337.

LUCAS, R.E., RIEKE, P.E. & DOLL, E.C., 1972. Soil saturated extract method for determining plant nutrient levels in peat and other soil mixes. 4th Int. Peat Congr., 2, 221-230.

MAAS, E.F. & ADAMSON, R.M., 1975. Peat, bark and sawdust mixtures for nursery substrates. Acta Hort., 50, 147-151.

MAAS, E.F. & HOFFMAN, G.J., 1977. Drop salt tolerance - current assessment. J. Irrig. Drainage Div., ASCE, 130, 115-134.

MAGALHAES, J.R. & WILCOX, G.E., 1984. Ammonium toxicity development in tomato plants relative to nitrogen form and light intensity. J. Plant Nutr., 10, 1477-1496.

MANIOS, V.I., TSIKALAS, P.E. & VERDONCK, O., 1985. Decompositon of vine-canes in heap and evaluation of the produced compost. Acta Hort., 172, 39-53.

MARCONI, D.J. & NELSON, P.V., 1984. Leaching of applied phosphorus in container media. Scientia Hort., 22, 275-285.

MARCUSSEN, K.H., 1979. Enriched rooting media. Development and use of soilless media for horticulture. Seminar papers. Hort. Res. Centre, Levin, NZ. No 19.

MARKUS, D.K. & STECKEL, J.E., 1980. Periodical analysis of artificial rooting media and tomato leaf analysis from New Jersey peats. Acta Hort., 99, 205-217.

MASSEY, D.M. & WINSOR, G.W., 1980. Some responses of tomato plants to phosphorus concentration in nutrient film culture. ISOSC Proc., 205-212.

MASTALERZ, J.W., 1977. The greenhouse environment. J. Wiley & Son, N.Y., pp342 - 410.

MAXWELL, N.P. & ROUSE, R.E., 1980. Growth and yield comparison of six year old container and field grown red grapefruit trees. J. Rio Grande Valley Hort. Soc., 34, 71-73.

MCCORMICK, L.H. & BORDEN, F.Y., 1974. The occurrence of Al-P precipitate in plant roots. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 38, 931-934.

MCLEAN, E.O., 1965. Aluminium. In: Methods of soil analysis, Part 2. Ed. C.A.Black. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconson, pp979 - 998.

MCLEAN, E.O., 1976. Chemistry of soil aluminium. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 7, 619 - 636.

MCLEAN, E.O., 1982. Soil and lime requirement. In: Methods of soil analysis. Part 2, Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconson, pp199 - 224.

MEYER, B.S., ANDERSON, D.B. & BÖHNING, R.H., 1965. Introduction to plant physiology. D. van Nostrand, London.

MILIA, M., MURTA, A. & SPANU, A., 1976. Poly-annual results on slow release fertilizers. IWOSC Proc., 261-276.

MOORE, P.W., (Datum onbekend). Soil mix and fertilizer program used for citrus by agricultural operations nursery, U.C.R.

MOORE, P.W., 1978. Propagation and growing citrus nursery trees in containers. Proc. Int. Soc. Citriculture, 129-131.

MüLLER, P.J., 1981. Verbrande steenkool as komponent vir sitrus grondmengsels. Verrigtinge 8ste SASKV Richardsbaai, pp24-28.

MüLLER, P.J. & WELGEMOED, C., 1980. Metodes om sitrusbome vinniger te kweek. NISSV Bul., no. 95, 7-12.

NASH, V.E. & LAICHE, A.J., 1981. Changes in the characteristics of potting media with time. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 12, 1011 - 1020.

NAUER, E.M., 1964. UC-type soil mix for citrus.

NAUER, E.M., ROISTACHER, C.N. & LABANAUSKAS, C.K., 1968. Growing citrus in modified U C potting mixtures. Calif. Citrograph, 53.

NELMS, L.R. & SPOMER, L.A., 1983. Water retention of container soil transplanted into ground beds. HortScience, 18, 863-866.

NELSON, P.V., 1978. Greenhouse operation and management. Reston Publications, Reston, Virginia, pp135 - 179.

NELSON, P.V. & FABER, W.R., 1986. Bulk solution displacement. HortScience, 21, 225-227.

NICHOLS, D.G., JONES, D.L. & BEARDSELL, D.V., 1979. The effect of phosphorus on the growth of Grevillea in soilless potting mixture. Scientia Hort., 11, 197-205.

NIEMIERA, A.X. & WRIGHT, R.D., 1987. Influence of ammonium nitrogen application on nitrification in a pine bark medium. HortScience, 22, 616-618.

OERTLI, J.J., 1980. Controlled release fertilizers. Fert. Res., 1, 103-123.

OFFER, B.V. & ALLAN, P., 1987. Fertilization of young citrus trees grown in containers in pine bark medium. Appl. Pl. Sci., 1, 71-74.

OGDEN, R. & MILLS, H., 1988. Availability of urea, ammonium and nitrate applied to pine bark. HortScience, 23, 175-177.

PENNINGSFELD, F., 1978. Substrates for protective cropping. Acta Hort., 82, 13-22.

PINER, G., 1983. Rapid citrus nursery tree propagation emphasizing container systems in a forcing environment. Unpubl. M.Sc. Agric. Thesis. Univ. Natal, Pietermaritzburg.

POKORNY, F.A., 1979. Pine bark container media - a review. Proc. Int. Pl. Prop. Soc., 29, 484-495.

POKORNY, F.A., MILLS, H.A. & NAPIER, P., 1977. Determination of nitrate in pine bark substrates. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 8, 87-95.

POOLE, R.T. & CONOVER, C.A., 1979. Melaleuca bark and salite as potential potting ingredients for foliage plants. Proc. Fla State Hort. Soc., 92, 327-329.

PRASAD, M., 1979. Analytical methods for soilless composts. Seminar papers. Hort. Res. Centre, Levin, 7, 1-7.

PRASAD, M., 1980. Evaluation of wood wastes as a substrate for ornamental crops watered by capillary and drip irrigation. Acta Hort., 99, 93-98.

PRASAD, M., SPIERS, T.M. & RAVENWOOD, I.C., 1981a. Soil testing of horticultural substrate. I Evaluation of 1:1,5 water extract for nitrogen. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 12, 811-823.

PRASAD, M., SPIERS, T.M. & RAVENWOOD, I.C., 1981b. Soil testing of horticultural substrate. III Evaluation of 1:1,5 water extract and Olsen's extract for phosphorus. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 12, 839-851.

PRASAD, M., SPIERS, T.M., RAVENWOOD, I.C. & JOHNSTONE, R.W., 1981a. Soil testing of horticultural substrate. II Desirable nitrogen values for the 1:1,5 water extract. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 12, 825-838.

PRASAD, M., SPIERS, T.M., RAVENWOOD, I.C. & JOHNSTONE, R.W., 1981b. Soil testing of horticultural substrate. IV Desirable phosphorus values for the 1:1,5 water and Olsen's extract. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 12, 853-865.

PRASAD, M., SPIERS, T.M., RAVENWOOD, I.C. & JOHNSTONE, R.W., 1981c. Soil testing of horticultural substrate. V Evaluation of 1:1,5 water extract and ammonium acetate extract for K and desirable levels. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 12, 867-879.

PRATT, P.F., 1966. Aluminium. In: Diagnostic criteria for plants and soil. Ed. H.D. Chapman. Univ. Calif., pp3-12.

PUDELSKI, T., 1980. Common beech bark compost as growing medium and soil improver in growing vegetables under protection. Acta Hort., 99, 105-112.

PUDELSKI, T., 1985. Woodwaste compost as growing media for vegetables under protection. Acta Hort., 172, 67-74.

PUUSTJäRVI, V., 1973. Physical properties of peat used in horticulture. Acta Hort., 37, 1922-1929.

RABE, E. & VON BROEMBSEN, L., 1983. Evaluation of three slow release fertilizers for container-grown citrus nursery trees. Proc. 8th SACNA Richards Bay, 40-43.

RAY, D.J. & ROBINSON, D.L., 1984. Effects of aluminium source and level, nutrient solution pH and tissue age on elemental concentrations in ryegrass. J. Pl. Nutr., 7, 1545-1554.

REUTER, D.J. & ROBINSON, J.B., (Eds) 1986. Plant analysis: An interpretation manual. Inkata Press, Sydney.

REUTHER, W., BATCHELOR, L.D. & WEBBER, H.J., 1968. The Citrus Industry Vol. I, Mineral nutrition of citrus, Univ. Calif., pp127-289.

RICHARDS, D., LANE, M. & BEARDSELL, D.V., 1986. The influence of particle size distribution in pine bark:sand:brown coal potting mixes on water supply, aeration and plant growth. Scientia Horticulturae, 29, 1-14.

RICHARDS, L.A., (Ed) 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. Agric. Handbook no. 60, US Dept. Agric., pp37-38.

ROBERTS, A.W.L., 1987. Seminar No. 2. Nutrient extraction from horticultural media. Dept. Hort. Sci., Univ. Natal, Pietermaritzburg.

ROBINSON, J.B.D., 1983. Nutrient excess and interaction. In Diagnoses of mineral disorders in plants. ADAS, 97 - 100.

ROLL-HANSEN, J., 1975. Fritted trace elements as a basic fertilizer for peat. Acta Hort., 50, 119-124.

RUTLAND, R.B., 1972. Correlation of the electrical conductivity of the saturated paste extract and the 1:2 soil to water extract as a function of saturation percentage in greenhouse soil mixes. HortScience, 7, 190-192.

SCHWARZ, M., 1984a. Morphological and growth responses to salinity at high levels of carbon dioxide. ISOSC, Proc., 565-570.

SCHWARZ, M., 1984b. Daily course of root respiration under normal saline conditions. ISOSC, Proc., 559-564.

SCHWARZ, M., 1985. The use of saline water in hydroponics. Soilless Culture, 1, 25-33.

SHELDRAKE, R. & MATKIN, O.A., 1971. Wetting agents for peat moss. Acta Hort., 18, 37-42.

SHEPPARD, L.J. & FLOATE, M.J.S., 1984. The effects of soluble aluminium on root growth and radicle elongation. Plant & Soil, 80, 301-306.

SIMPSON, K., 1965. The significance of effects of soil moisture and temperature on phosphate uptake. Tech. Bull. 13, Min. Agric. Fish. & Food, 19-29.

SMAAL, A., 1984. Osmocote[R] controlled release fertilizer. ISOSC Proc., 595-598.

SMITH, I.E. & CHURCH, T., (Datum onbekend). Avocado (Persea americana Mill). cv Duke 7 rootstock growth in pine bark media with different airfilled porosities.

SMITH, P.F., 1962. A case of sodium toxicity in citrus. Proc. Fla State Hort. Soc., 75, 120-124.

SMITH, P.F., 1966. Leaf analysis of citrus. In: Temperate to tropical fruit production. Ed. NF Childers, 208-228.

SMITH, P.F., 1971. Hydrogen-ion toxicity on citrus. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 96, 462-463.

SMITH, P.F., 1975. Effect of scion and rootstock on mineral composition of mandarin-type citrus leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 100, 368-369.

SNELGAR, W.D. & THORP, T.G., 1988. Leaf area, final fruit weight and productivity in kiwifruit. Scientia Hort., 36, 241 - 249.

SOFFER, H., 1984. Production cycle of foliage ornamental plants on the Ein-Gedi system. ISOSC Proc., 599-611.

SONNEVELD, C., VAN DEN ENDE, J. & VAN DIJK, P.A., 1974. Analysis of growing media by means of a 1:1,5 volume extract. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 5, 183-202.

SPIEGEL-ROY, P. & BEN-HAYYIN, 1985. Selection and breeding of salinity tolerance in vitro. Pl. & Soil, 89, 243-252.

STANTON, D.A. & BASSON, W.D., 1970. The sulphur status of citrus orchards in southern Africa. S.A. Citrus Journal.

STEINER, A.A., 1980. The selective capacity of plants for ions and its importance for the composition and treatment of the nutrient solutions. ISOSC Proc., 83-95.

STEYN, W.J.A., 1961. The errors involved in the sampling of citrus and pineapple plants for leaf analysis purposes. In: Plant Analysis and Fertilizer problems. Ed. W. Reuther, 409-430.

SWAIN, R.W. & MORGAN, B.J.W., (Datum onbekend). Hardy ornamental nursery stock - loamless composts. ADAS Leaflet.

SYKES, S.R., 1985. Effect of seedling age and size on chloride accumulation by juvenile citrus seedlings treated with NaCl under glasshouse conditions. Aust. J. Exp. Agric., 25, 943-953.

THOMAS, M.B., 1974. Research on the nutrition of container-grown Proteaceae plants and nursery stock. Proc. Int. Plant Propag. Soc., 24, 313-325.

THOMAS, G.W. & HARGROVE, W.L., 1984. The chemisty of soil acidity. In soil acidity and liming. Ed. Admos, Agronomy 12, 3 - 56, Am. Soc. Agron.

THOMAS, G.W., 1988. Beyond exchangeable aluminium. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 19, 833 - 856.

TILT, K.M. & BILDERBACK, T.D., 1987. Physical properties of propagation media and their effect on rooting of three woody ornamentals. HortScience, 22, 245-247.

TIMMER, V.R. & PARTON, W.J., 1984. Optimum nutrient levels in a container growing medium determined by a saturated aqueous extract. Commun. Soil Sci. & Pl. Anal., 15, 607-618.

TOLLEY, I.S., 1982. Citrus nursery production and management in Australia. Proc. 7th Conf., SACNA.

UREN, N.C. & EDWARDS, L.B., 1984. Coprecipitation of copper and zinc in culture solutions. Pl. & Soil, 81, 145-149.

VAN ARK, H., 1981. Eenvoudige biometriese tegnieke en proefontwerpe met spesiale verwysing na entomologiese navorsing. Dept. Landbou en Visserye. Datametriese Dienste, Pretoria. Wetenskaplike pamflet, 396.

VAN DER BOON, J. & VAN ELK, B.C.M., 1986. Uitspoelings verliezen bij teelt van boomkwekerighgewassen in pot. Rapport van Inst. voor Bodemvruchtbaarheid. Nederland.

VAN DER MERWE, A.J., 1949. Stikstofvoeding by sitrus in die nitraat- en ammoniumvorm. DSc. Verhandeling, Univ. Pretoria.

VAN DIJK, H., 1980. Standarized methods for physical analysis of plant substrates. Acta Hort., 99, 221-230.

VAN DIJK, H. & VAN DER BOON, J. 1971. Standardisation of potting soils in the Benelux. Acta Hort., 18, 110-119.

VAN ELK, B.C.M. & GROENEN, G.P.M., 1978. Beregenen van gewassen in pot met ontzout leidingswater. Jaarboek Proefstations voor de Boomkwekerij, Boshoop, 57-63.

VERDONCK, O.F. & CAPPAERT, I.M. 1978. Growth experiments with bark compost. Acta Hort., 82, 55-57.

VERDONCK, O., CAPPAERT, I.M. & DE BOODT, M.F., 1978. Physical characterization of horticultural substrates. Acta Hort., 82, 191-199.

VERDONCK, O., DE VLEESHAUWER, D. & DE BOODT, M., 1980. Growing ornamental plants in inert substrates. Acta Hort., 99, 113-118.

VERDURE, M., 1980. Standards and interpretation of analytical results for horticultural compost. Acta Hort., 99, 231-236.

VEREECKE, M., 1975. Phosphorus fertilizer studies with Capsicum annum. L. Acta Hort., 50, 83-87.

VERWER, F.L.J.A.W., 1975. Growing vegetable crops in rockwool and other media. Acta Hort., 50, 61-67.

WADLEIGH, C.H. & AYERS, A.D., 1945. Growth and biochemical composition of bean plants as conditioned by soil moisture tension and salt concentration. Pl. Physiol., 10, 106-132.

WADSWORTH, G.A., 1980. Methods for sampling peat growing bags. Acta Hort., 99, 57-65.

WAGATSUMA, T., 1984. Characteristics of upward translocation of aluminium in plants. Soil Sci. Pl. Nutr., 30, 345-358.

WAGATSUMA, T., KANEKO, M. & HAYASAKA, Y., 1987. Destruction process of plantroot cells by aluminium. Soil Sci. Pl. Nutr., 33, 161 - 175.

WALKER, R.R., 1986. Sodium exclusion and potassium-sodium selectivity in salt treated trifoliate orange and Cleopatra mandarin plants. Aust. J. Pl. Physiol., 13, 293-303.

WALKER, R.R., TÖRÖKFALVY, E., GRIEVE, A.M. & PRIOR, L.D., 1983. Water relations and ion concentration of leaves on salt-stressed citrus plants. Aust. J. Pl. Physiol., 10, 265-277.

WANG, S.H.L., LOHR, V.I. & COFFEY, D.L., 1984. Growth response of selected vegetable crops to spent mushroom compost application in a controlled environment. Pl. & Soil, 82, 31-40.

WERMINGHAUSEN, B., (Datum onbekend). The application of synthetic media in plant propagation, pp159-163.

WHITCOMB, C.E., 1979. Growing plants in polybags. Amer. Nurseryman, 149, 97-98.

WILCOX, G.E., MAGALHAES, J.R. & SILVA, F.L.I.M., 1985. Ammonium and nitrate concentrations as factors in tomato growth and nutrient uptake. J. Pl. Nutr., 8, 989-998.

WILLIAMS, B.J., PETERSON, J.C. & UTZINGER, D., 1988. Effects of dolomitic lime and alkaline water in sphagnum peat based container growing media. HortScience, 23, 168-169.

WILLUMSEN, J., 1984. Nutritional requirements of lettuce in water culture. ISOCS, Proc., 777-790.

WILSON, G.C.S., 1980. Methods used at West of Scotland Agric. College for analysis of loamless compost and recommended levels for tomatoes grown under glass. Acta Hort., 99, 237-242.

WORRALL, R.J., 1978. The use of composted wood waste as a peat substitute. Acta Hort., 82, 79-86.

WRIGHT, R.D., 1986. The pour-through nutrient extraction procedure. HortScience, 21, 227-229.

WRIGHT, R.D., 1987. Nitrogen availability from urea in a pine bark media. HortScience, 22, 70-72.

YATES, N.L. & ROGERS, M.N., 1981. Effects of time, temperature and nitrogen source on the composting of hardwood bark for use as a plant growing medium. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 106, 589-593.

YEAGER, T.H. & BARRETT, J.E., 1984. Phosphorus leaching from ^{32}P-superphosphate amended soilless container media. HortScience, 19, 216-217.

YEAGER, T.H. & BARRETT, J.E., 1986. Influence of aluminium amendment on phosphorus leaching from container medium. HortScience, 21, 262-263.

YUDA, E., 1985. Growth retardation of satsuma mandarin (Citrus unshiu Marc.) in acid soils and preventive measures. J.A.R.Q., 18, 202-208.

ZID, E. & GRIGNON, C., 1986. Comparative effects of NaCl, KCl and Na_2SO_4 on the growth and mineral nutrition of young trees Citrus aurantium. Soils & Fertilizers, 1987, 50, no. 9390.

HOOFSTUK 10

DANKBETUIGINGS

Graag wil ek die volgende persone en instansies bedank vir hul bydrae tydens die studie.

Die Uitvoerende Bestuurder van die Sitrusbeurs, Dr D. A. Stanton vir die vergunning en finansiële steun om die studie uit te voer.

Prof. Dr L. C. Holtzhausen (Dept. Tuinboukunde) en Prof. Dr R. O. Barnard (Dept. Grondkunde en Plantvoeding) vir hul gewaardeerde inset.

My kollegas by Outspan Laboratoriums vir hul bydraes in die ontledings en versorging van die proewe in my afwesigheid.

William Magopya wat die saailinge so getrou besproei het.

My twee oudste dogters, Heila en Alida, wat vakansies en naweke opgeoffer het om monsters te ontleed.

My twee seuns, Peet en Fonnie, vir hul hulp met die versorging van die proewe oor naweke en tydens vakansies.

My vrou Annatjie vir haar morele ondersteuning.

Mev. Jansie Delport van Outspan Laboratoriums vir die toegewyde opstel en uiteensetting van die manuskrip.

Prof. Dr H. T. Groeneveld, Dept. Statistiek, Universiteit Pretoria, vir sy leiding met sekere statistiese verwerkings.

Mev. M. A. Botha van die Buro vir Rekenaardienste, Universiteit Pretoria, vir haar inset in die statistiese verwerkings.

Mnr Ferdi Esselen, Malelane Sitruskwekery, vir die beskikbaarstelling van saad.

Mev. A.S. Brink vir die taalkundige versorging van die manuskrip.