PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING

# Wortelberegening en het wortelnecroseaaltje *Radopholus similis* bij *Anthurium andreanum*

Effect op aantasting

J.J. Amsing

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
Sector Glastuinbouw
januari 2002

PPO 522

WAGENINGEN UR

# Inhoudsopgave

Samenvatting ..... 5

1 Inleiding ..... 7
1.1 Probleemstelling ..... 7
1.2 Doelstelling ..... 7

2 Materialen en methoden ..... 9
2.1 Teeltsysteem ..... 9
2.2 Behandelingen ..... 9
2.3 Beoordelingen ..... 11

3 Resultaten en discussie ..... 13

4 Conclusies ..... 17

5 Vervolgonderzoek ..... 19

Literatuur ..... 21

Bijlage 1 Foto's ..... 23

Bijlage 2 Voedingsoplossing ..... 31

Bijlage 3 Etmaaltemperatuur kaslucht ..... 33

# Samenvatting

In een substraatloos teeltsysteem met *Anthurium andreanum* is nagegaan of het wortelnecroseaaltje *Radopholus similis* na wortelberegening tot aantasting komt. De planten hingen in de deksels van 1-m hoge en 84-cm brede vierkante bakken. Elk kwartier werd via wortelberegening gedurende twintig seconden voedingsoplossing gegeven. De tanks van waaruit de niet-ontsmette, gerecirculeerde voedingsoplossing naar de bakken werd gepompt, waren geïnoculeerd met 2 *R. similis* per ml voedingsoplossing. Acht weken na het inoculeren waren de wortels aangetast door 58 *R. similis* per 10 g wortels. Na 17 weken was de aantasting opgelopen tot 1.267 *R. similis* per 10 g wortels. In vergelijking met de ontwikkeling van de aaltjespopulatie bij opgepotte planten is de aantasting in het substraatloze teeltsysteem gering te noemen. In dit systeem is zowel de wortel- als de bovengrondse plantengroei gedurende de proefduur van zeventien weken, vanaf het inoculeren van de tanks, niet nadelig beïnvloed. De wortels vertoonden slechts hier en daar een bruine tot bruinzwarte lesie, wat duidde op aantasting door het wortelnecroseaaltje. Omdat wortelberegening het totstandkomen van een aantasting bemoeilijkt, konden zeer ernstig aangetaste opgepotte planten, die na verwijdering van het substraat in de deksels van het substraatloze teeltsysteem waren aangebracht, zich herstellen. Vanuit de plantbasis werden nieuwe wortels gevormd. Dit fenomeen is bij opgepotte planten, die waren aangetast door *R. similis*, nooit waargenomen.

# 1 Inleiding

Het onderzoek naar de vermindering van de aantasting van het wortelnecroseaaltje *Radopholus similis* in de teelt van *Anthurium andreanum* door het toedienen van de voedingsoplossing via wortelberegening, is een initiatief van het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. – Sector Glastuinbouw. Dit project is voortgekomen uit de constatering dat de aantasting door het wortelnecroseaaltje enorme schade aanricht en de veronderstelling dat een substraatloze teelt met wortelberegening de aantasting aanzienlijk zou kunnen verminderen. In de probleemstelling is deze gedachte nader uitgewerkt.

## 1.1 Probleemstelling

In de substraatteelt van *Anthurium andreanum* wordt nog steeds op vrij grote schaal het wortelnecroseaaltje *Radopholus similis* aangetroffen. De totale oppervlakte van de Anthuriumteelt wordt door de landelijke commissie Anthurium geschat op circa 85 ha, waarvan naar schatting ongeveer 50 ha besmet is met het wortelnecroseaaltje. Volgens dezelfde commissie wordt dit aaltje nog niet aangetroffen op geheel nieuw gestarte bedrijven wat aangeeft dat op bestaande bedrijven hygiëne een uiterst belangrijke maatregel is om aantasting te voorkomen. *A. andreanum* is een uitstekende waardplant voor *R. similis* en ondervindt grote schade indien niet tijdig wordt ingegrepen. Uit onderzoek is gebleken dat zelfs 100 wortelnecroseaaltjes per plant, toegediend negen dagen na het oppotten in steenwolvlokken al tot schade leidt (Amsing en Stapel, 2001a en b). Opgepot in substraat neemt de wortelontwikkeling al enkele maanden na het inoculeren met *R. similis* af en stagneert de bovengrondse groei van *A. andreanum*. Aanvankelijk vertonen de wortels alleen nog maar bruinzwarte lesies, maar na drie maanden zijn de eerste geheel bruine worteldelen al zichtbaar. Dit neemt steeds ergere vormen aan wat resulteert in een voortdurend afnemende bovengrondse plantengroei. Het type substraat heeft wel enige invloed op de hoogte van de aantasting, maar de verschillen zijn niet van dien aard dat dit tot grote verschillen in schade leidt (Amsing en Stapel, 2000 en 2001a). Hoe anders zou dit kunnen zijn indien geteeld wordt in een substraatloos systeem waarbij de voedingsoplossing door middel van wortelberegening wordt toegediend? De schade zou dan wel eens aanmerkelijk lager kunnen zijn. Deze veronderstelling is gebaseerd op het vermoeden dat een wortelnecroseaaltje dan moeilijk de wortel kan binnendringen. Om de wortel binnen te kunnen dringen moet het aaltje de wortel namelijk min of meer haaks kunnen aanprikken en moet het zich ergens tegen kunnen afzetten. In geval van een substraatloos teeltsysteem ligt het aaltje in de lengterichting van een in de lucht hangende wortel. Haaks aanprikken is dan erg moeilijk en omdat het aaltje vrij tegen de wortel aan ligt, kan het zich nergens tegen afzetten. Bovendien zullen veel aaltjes tijdens wortelberegening slechts even met de wortels in contact komen doordat ze er weer vanaf worden afgespoeld.
In de praktijk en op het proefbedrijf van het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. – Sector Glastuinbouw, wordt op experimentele basis de toepasbaarheid van wortelberegening onderzocht. Dit was aanleiding om ook onderzoek te doen naar de invloed van wortelberegening op het totstandkomen van aantasting door *R. similis* (project 43 3097). De foto's waarnaar in deze publicatie wordt verwezen, zijn te vinden in Bijlage 1.

## 1.2 Doelstelling

Het onderzoek met een substraatloos teeltsysteem bij *A. andreanum* waarbij de voedingsoplossing via wortelberegening wordt toegediend, had tot doel na te gaan of het wortelnecroseaaltje *R. similis* in een dergelijk teeltsysteem tot aantasting kan komen.

# 2 Materialen en methoden

Tabel 1 bevat een overzicht van de werkzaamheden en de tijdstippen waarop deze zijn uitgevoerd. In de tekst zijn de werkzaamheden voorzien van een tussen haakjes geplaatst getal, wat overeenkomt met de nummering in de tabel.

## 2.1 Teeltsysteem

Het onderzoek is uitgevoerd in acht 1 m-hoge vierkante (84x84 cm) bakken (Figuur 1 en 2 en Foto 1 en 2). In elke bak waren zes sproeiers aanwezig, bevestigd op de aanvoerleiding van de voedingsoplossing. De sproeiopeningen bevonden zich op een afstand van 13 cm vanaf de deksel. De deksels waren voorzien van veertien Ø 6 cm-plantgaten. Hierin waren 14,5 cm-hoge opengesneden, kegelvormige plantkragen geklemd. De diameter van de plantkragen was aan de bovenkant 8,5 cm en aan de onderkant 3,5 cm. In elke plantkraag bevond zich een bewortelde 30-40 cm hoge anthuriumplant cv. Acropolis. De planten zijn in week 2 van 2001 in de kragen geplaatst (1). Alle bakken waren aangesloten op een eigen voorraadtank met 52 liter voedingsoplossing. Per etmaal zijn de wortels om het kwartier gedurende twintig seconden beregend met voedingsoplossing. De overtollige voedingsoplossing verzamelde zich onderin in een drainopvang en stroomde van daaruit weer automatisch terug naar de tank met voedingsoplossing. Per keer werd gemiddeld 2,3 liter voedingsoplossing rondgepompt. De samenstelling van de voedingsoplossing is te vinden in Tabel 5 in Bijlage 2.
De proef is uitgevoerd in kas L118, een kas met interne luchtbehandeling. Gedurende de proefduur van 10-1-2001 tot 29-5-2001 is een gemiddelde etmaaltemperatuur van de kaslucht gerealiseerd van 20,1°C met een minimum van 19,5°C en een maximum van 21,7°C. Figuur 3 in Bijlage 3 vertoont het verloop van de dagelijkse etmaaltemperaturen.

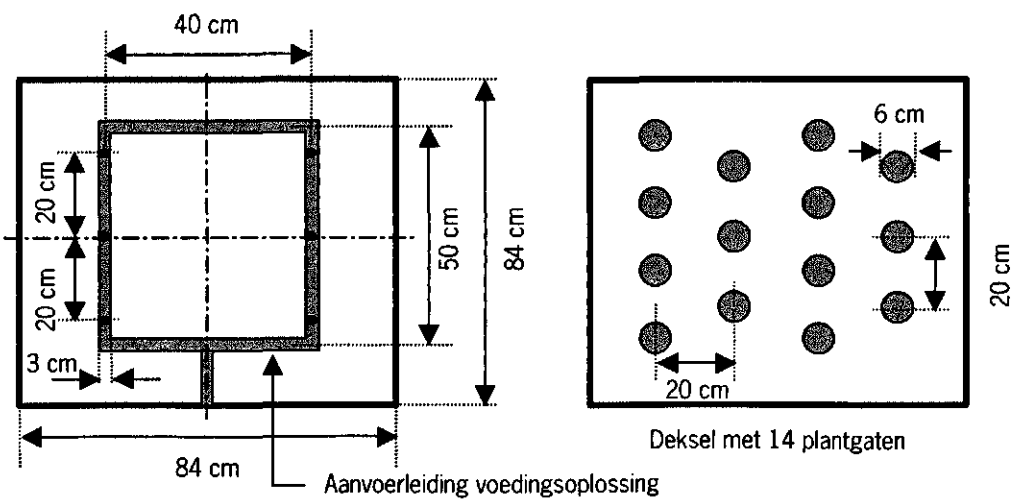
## 2.2 Behandelingen

De proef bestond uit twee delen, namelijk deel 1 en 2.

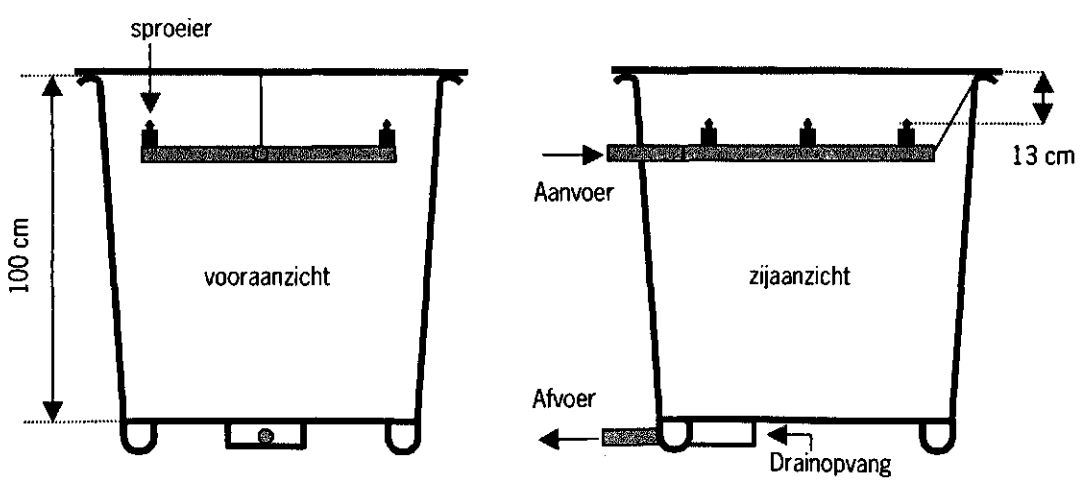
DEEL 1. De proef is gestart met twee behandelingen: een onbesmette en een besmette behandeling met vier bakken per behandeling. In week 4, twee weken nadat de planten in de deksels waren geplaatst, zijn de tanks van vier bakken besmet met 52.000 *R. similis* per tank (2). Bij een tankinhoud van 52 liter voedingsoplossing komt dit neer op 1 *R. similis*/ml voedingsoplossing. Tegelijk met het inoculeren van de tanks zijn vier in steenwolvlokken opgepotte anthuriumplanten geïnoculeerd met 2.500 *R. similis* per plant (2). Het doel daarvan was om na te gaan of de gebruikte aaltjes onder opgepotte omstandigheden tot aantasting zouden komen, wat in voorgaande potproeven steeds het geval was. Per Ø 17-cm container is 20 ml aaltjessuspensie toegediend. Dit is verdeeld over vier plaatsen op 3 cm vanaf de plantvoet en toegediend op een diepte van 2 cm in de potkluit. Twee weken later zijn dezelfde tanks en opgepotte planten nogmaals met dezelfde hoeveelheid aaltjes geïnoculeerd. De toegediende aaltjespopulaties bevatten gemiddeld 54% volwassen aaltjes (8% mannetjes en 46% vrouwtjes) en 46% juveniele aaltjes (J2 t/m J4). Beide keren waren de aaltjespopulaties zeer vitaal, getuige het feit dat 97% van de aaltjes spontaan bewegend was. Spontaan bewegend houdt in dat de aaltjes, vrij liggend in water, uit zichzelf bewegen. Nagenoeg alle aaltjes hadden een volle darminhoud, wat er op wijst dat ze goed gevoed waren. Als gevolg van de twee inoculaties waren er in de besmette tanks 2 *R. similis*/ml voedingsoplossing aanwezig. Als de aaltjes niet tot aantasting komen, dan zal het aantal aaltjes in de tanks na verloop van tijd moeten afnemen. Om vast te stellen hoeveel aaltjes er na elke beregeningsbeurt op de wortels achterbleven, is nagegaan hoeveel voedingsoplossing er aan de wortels blijft hangen. Proefondervindelijk is vastgesteld dat er bij iedere watergift 0,68 ml voedingsoplossing per 10 g wortels op de wortels achterbleef. Bij een watergeeffrequentie van vier keer per uur bleef er dus per etmaal 65 ml voedingsoplossing per 10 g

wortels achter. Bij een inoculumdichtheid van 2 *R. similis*/ml voedingsoplossing komt dit neer op 130 aaltjes per 10 g wortels per etmaal. Dit is slechts een fractie van het aantal aaltjes waarmee de wortels dagelijks in contact zijn gekomen, wat mogelijk een groot voordeel is van wortelberegening. In het ongunstigste geval komen alle 130 aaltjes tot aantasting, maar dat is zeer onzeker. Een deel van de achtergebleven aaltjes zal bij de volgende gietbeurt vermoedelijk weer van de wortels afspoelen.

DEEL 2. In week 13 is er een kleine wijziging in de proef aangebracht. Toen zijn uit twee onbesmette bakken twee planten verwijderd en vervangen door aangetaste anthuriumplanten cv. Acropolis (3). Deze planten stonden opgepot in steenwolvlokken en waren twee weken na het oppotten geïnoculeerd met 5.000 *R. similis* per plant. Achtentwintig weken later zijn de steenwolvlokken verwijderd en zijn de aangetaste planten in de deksels geplaatst, twee per bak. Op dat moment waren ze aangetast door gemiddeld 10.480 *R. similis* per 10 g wortels en 38.066 *R. similis* per plant. De wortelstelsels waren toen zeer slecht, dat wil zeggen dat ze nagenoeg volledig necrotisch waren. Het doel van deel 2 was om na te gaan of er verspreiding van aaltjes plaatsvindt vanuit aangetaste planten en hoe de aangetaste planten zich verder zouden ontwikkelen.




Figuur 1 - Links: bovenaanzicht van een 1 m-hoge bak voor wortelberegening. De aanvoerleiding voor voedingsoplossing is voorzien van zes sproeiers. Rechts: bovenaanzicht van een deksel met veertien plantgaten.




Figuur 2 - Voor- en zijaanzicht van een 1 m-hoge bak voor wortelberegening met aan- en afvoerleidingen van de voedingsoplossing.

## 2.3 Beoordelingen

DRAINOPVANG (4).
Op vier tijdstippen, namelijk 1, 4, 6 en 8 weken na de eerste tankinoculatie in week 4, is na een beregeningsbeurt de teruggevoerde hoeveelheid drainwater opgevangen van gemiddeld 2,3 liter. Dit is gebeurd bij alle onbesmette en besmette bakken. De aaltjes, die in het drainwater van de besmette bakken aanwezig waren, zijn gebruikt om in steenwolvlokken opgepotte anthuriumplanten te inoculeren. Met het drainwater uit de vier besmette tanks is telkens één plant geïnoculeerd. Het doel van de plantinoculaties was om na te gaan of de rondgepompte aaltjes nog tot aantasting in staat waren.

TANKBEMONSTERING (5).
In week 12, acht weken na de eerste inoculatie, zijn voor de eerste keer de tanks van alle acht bakken bemonsterd. Na menging is uit elke tank 2 liter voedingsoplossing genomen en onderzocht op aantallen *R. similis*. Daarna is dit nog twee keer gebeurd, namelijk in week 16 en 21. Uit de tankbemonsteringen zou moeten blijken of er sprake was van aantasting bij de planten die in de deksel hingen. Dit is het geval wanneer het aantal aaltjes in de tanks na verloop van tijd gaat toenemen.

PLANTBEMONSTERING (6).
Tegelijk met de tankbemonsteringen in week 12, 16 en 21 zijn er planten uit de deksels van de bakken gehaald en bemonsterd op aantasting door aaltjes (6a). Daarvoor is de eerste twee keer uit elke bak één plant bemonsterd, terwijl bij de laatste bemonstering in week 21 uit elke bak vier planten zijn onderzocht op aantasting. Bij de eerste plantbemonstering in week 12 zijn ook de vier opgepotte planten bemonsterd die tegelijk met de tanks zijn geïnoculeerd in week 4 en 6 (6b). Uit de twee bakken met de in week 13 aangebrachte aangetaste planten, zijn ook bij de bemonsteringen in week 16 en 21 alleen planten genomen die in week 2 in de deksels zijn geplaatst. Tijdens de plantbemonstering in week 21 zijn behalve planten uit de bakken ook de opgepotte planten bemonsterd die in week 5, 8, 10 en 12 zijn geïnoculeerd met de aaltjes die in de het opgevangen drainwater aanwezig waren (6c).
Van elke bemonsterde plant is het vers wortel- en bovengrondse gewicht bepaald en een wortelmonster van 20 g genomen. De wortelmonsters zijn gedurende twee dagen volgens de mixer/wattenfilter-methode geëxtraheerd bij een temperatuur van 20°C.

Tabel 1 - Uitgevoerde werkzaamheden, behandelingen en beoordelingen

| WERKZAAMHEID | WEEKNR. (2001) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| **1. Planten** | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **2. Inoculatie tanks en opgepotte planten** | | | x | | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| **3. Aangetaste planten in deksels geplaatst** | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | |
| **4. Drainopvang en inoculatie opgepotte plant** | | | | x | | | x | | x | | x | | | | | | | | | |
| **5. Tankbemonstering** | | | | | | | | | | | x | | | | x | | | | | x |
| **6. Plantbemonstering:** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **a - bakken** | | | | | | | | | | | x | | | | x | | | | | x |
| **b - potten 1)** | | | | | | | | | | | x.2 | | | | | | | | | |
| **c - potten 2)** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x.4 |

**1)** x.2 d.w.z. bemonstering opgepotte planten, die geïnoculeerd zijn in week 4 en 6 (werkzaamheid 2).
**2)** x.4 d.w.z. bemonstering opgepotte planten, die geïnoculeerd zijn in week 5, 8, 10 en 12 (werkzaamheid 4).

# 3 Resultaten en discussie

Allereerst worden de resultaten besproken betreffende de drainopvang (4) samen met de aantasting van de opgepotte planten, die met de aaltjes in het opgevangen drainwater zijn geïnoculeerd. Vervolgens wordt ingegaan op de resultaten van de tank- (5) en plantbemonsteringen (6). De getallen tussen haakjes verwijzen weer naar de werkzaamheden in Tabel 1.

DRAINOPVANG (4) & PLANTBEMONSTERING (6c)

De resultaten van de drainopvang in week 5, 8, 10 en 12 zijn, wat betreft de aantallen aaltjes die in een liter drainwater aanwezig waren, opgenomen in Tabel 2. Omdat er in het drainwater van de onbesmette bakken geen wortelnecroseaaltjes zijn gevonden, zijn deze resultaten niet in de tabel vermeld. De resultaten in Tabel 2 hebben dus alleen betrekking op de bakken waarvan de tanks in week 4 en 6 zijn geïnoculeerd met *R. similis*. Ook is in deze tabel aangegeven hoeveel aaltjes er in week 21 in 10 g wortels zijn gevonden van de planten, die zijn geïnoculeerd met de aaltjes in het opgevangen drainwater.
Uit de resultaten in Tabel 2 blijkt dat het aantal aaltjes per liter opgevangen drainwater tot week 12 een daling vertoonde. Dit duidt erop dat er toen nog geen of nauwelijks aaltjes vanuit aangetaste planten in het drainwater zijn terechtgekomen, vooropgesteld dat er al sprake is van aantasting. Uit Tabel 2 blijkt dat de rondgepompte aaltje bij de opgepotte planten wel tot aantasting zijn gekomen. Het rondpompen van de aaltjes staat dus geen aantasting in de weg. Dit betekent dat als er in een systeem met wortelberegening aantasting door aaltjes mogelijk is dat dit dus zou moeten ontstaan.

Tabel 2 - Drainwaterbesmetting en aantasting van *A. andreanum* na inoculatie met *Radopholus similis* uit het opgevangen drainwater.

| | **Drainopvang en inoculatie in week** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **5** | **8** | **10** | **12** |
| **Aantal R. similis per liter drainwater** | 461 | 274 | 263 | 228 |
| **Aantal *R. similis* per 10 g wortels in week 21** | 1.750 | 2.175 | 2.500 | 2.400 |

TANKBEMONSTERING (5)

Na menging van de voedingsoplossing is uit elke tank een monster van twee liter voedingsoplossing genomen en onderzocht op aanwezigheid van het wortelnecroseaaltje *R. similis*. Tabel 3 laat zien hoeveel wortelnecroseaaltjes er op verschillende tijdstippen in één liter voedingsoplossing aanwezig waren. Tot week 13 ging het om vier onbesmette en vier besmette tanks. De besmetting in deze tanks is tot stand gebracht door in week 4 en 6 de aaltjes direct in de tanks aan te brengen (2). In week 13 zijn in de deksels van twee onbesmette bakken twee planten vervangen door aangetaste planten (3). Wat voor gevolgen deze laatste inoculatiewijze heeft gehad voor de besmetting van de voedingsoplossing in de tanks laten de resultaten in de laatste kolom zien.
Uit Tabel 3 blijkt dat de niet-kunstmatig geïnoculeerde tanks en bakken tot aan het einde toe vrij van wortelnecroseaaltjes zijn gebleven. De tankinoculaties waarbij er zowel in week 4 als in week 6 1.000 *R. similis* per liter voedingsoplossing zijn aangebracht, resulteerden in week 12 nog slechts in 150 *R. similis* per liter voedingsoplossing. Het grootste gedeelte was dus afgestorven. Van de resterende aaltjes was de darminhoud leeg of vrijwel leeg. Aaltjes hebben wortels nodig om zich te kunnen voeden wat kenbaar is aan een donker gekleurde darminhoud. Kunnen aaltjes zich niet voeden, dan verhongeren ze en sterven na verloop van tijd. De lege darminhoud in week 12 duidt erop dat er toen nog geen nieuwe aaltjes vanuit de wortels in de voedingsoplossing terecht zijn gekomen. In week 16 was het aantal aaltjes in de tanks nog verder afgenomen (43 *R. similis* per liter), maar toen waren er al wel enkele aaltjes aanwezig met een volle darminhoud. Dit duidt op aantasting,

totstandgekomen na het aanbrengen van aaltjes in de tanks. In week 21 was de besmetting verdubbeld ten opzichte van de besmetting in week 16 en was de darminhoud bij de meeste aaltjes donker gekleurd.
Kijken we naar de besmetting in de tanks waarbij in week 13 in de deksels van de bakken twee onbesmette planten zijn vervangen door planten die waren aangetast door gemiddeld 10.480 *R. similis*/10 g wortels, dan blijkt dit drie weken later in de tanks al tot besmetting van 143 *R. similis* per liter voedingsoplossing te hebben geleid. In week 21 was dit aantal opgelopen tot 162 stuks. Uit de geheel verrotte wortels kwamen dus massaal aaltjes te voorschijn die via het beregenen en als het gevolg van het afbreken van deze wortels via de drainopvang in de tanks terecht zijn gekomen. Vanuit de zo besmet geraakte tanks zouden de overige twaalf onbesmette planten in de deksels kunnen worden aangetast. Of dit inderdaad het geval is geweest, moet blijken uit de plantbemonsteringen.

Tabel 3 - Tankbemonstering.

| | **Aantal *R. similis* per liter voedingsoplossing** | | |
|---|---|---|---|
| **Tankbemonstering in week:** | Onbesmette bakken | Besmette bakken (via tank) | Besmette bakken (via plant) |
| 12 | 0 | 150 | n.v.t. |
| 16 | 0 | 43 | 143 |
| 21 | 0 | 87 | 162 |

PLANTBEMONSTERING (6a en b)
De resultaten van de bemonsteringen van de planten, die gestaan hebben in de deksels van de onbesmette en besmette bakken met wortelberegening zijn opgenomen in Tabel 4 (6a). De inoculaties hebben plaatsgevonden in week 4 en 6 door de tanks te besmetten (2) en in week 13 door in de deksels van twee onbesmette bakken twee planten te vervangen door aangetaste planten (3). De planten in de bakken zijn bemonsterd in week 12, 16 en 21. Ook de resultaten van de bemonsteringen van de in steenwolvlokken opgepotte planten, die in week 4 en 6 zijn geïnoculeerd, zijn opgenomen in Tabel 4 (6b). Tabel 4 vermeldt tevens de vers wortel- en bovengrondse plantgewichten en de aantallen *R. similis* per 10 g wortels en plant.
Uit Tabel 4 blijkt dat de onbesmette bakken gedurende de gehele proefduur van zeventien weken, gerekend vanaf de eerste inoculatie in week 4, onbesmet zijn gebleven. De in week 12 bemonsterde opgepotte planten (6b) leverden een gemiddelde aantasting op van 754 *R. similis* per 10 g wortels. Dit betekent dat de gebruikte aaltjes in ieder geval bij de opgepotte planten tot aantasting zijn gekomen. Ook in het teeltsysteem met wortelberegening is aantasting opgetreden. Zo leverde de bemonstering in week 12, dat is acht weken na de eerste tankinoculatie, een aantasting op van gemiddeld 58 *R. similis* per 10 g wortels. Deze aantasting is 13x lager dan waarmee de opgepotte planten zijn aangetast. Op basis van deze verschillen lijkt het erop dat het wortelnecroseaaltje in een substraatloos teeltsysteem met wortelberegening minder goed tot aantasting komt dan bij opgepotte planten. Maar een vergelijking tussen beide teeltsystemen is niet eenvoudig te maken. Daarvoor zouden de wortels in beide systemen aan dezelfde hoeveelheid aaltjes moeten worden blootgesteld wat in dit onderzoek niet het geval is geweest. De opgepotte planten zijn namelijk geïnoculeerd met totaal 5.000 *R. similis* per plant, terwijl de planten in de bakken de eerste tijd na inoculatie dagelijks met ongeveer 130 *R. similis* per 10 g wortels in contact zijn gekomen. Omdat het wortelgewicht op het moment van planten gemiddeld 12 g per plant bedroeg en dit gewicht gaandeweg toenam, zijn de wortels van de planten in de bakken na verloop van tijd met veel meer aaltjes in contact gekomen dan de opgepotte planten. Maar welk deel van deze aaltjes tot aantasting is gekomen, is een niet te beantwoorden vraag. Een aantal aaltjes zal bij de volgende gietbeurt waarschijnlijk weer van de wortels zijn afgespoeld, terwijl gaandeweg ook het vermogen tot aantasting afneemt. Een goede vergelijking van het infectievermogen in beide teeltsystemen is daarom niet goed mogelijk. Maar op basis van ander onderzoek lijkt het er echter wel op dat wortelberegening de aantasting door *R. similis* sterk bemoeilijkt. Amsing en Stapel (2001a) vonden in eerder onderzoek naar de invloed van de inoculumdichtheid op de populatieontwikkeling en de schadelijkheid van *R. similis* dat een inoculumdichtheid van 100 *R. similis* per plant, éénmalig toegediend negen dagen na het oppotten van *A. andreanum* cv. Sonate in steen-

wolvlokken, vier maanden later resulteerde in een aantasting 2.298 *R. similis* per 10 g wortels. In de proef met wortelberegening nam de aantasting gaandeweg weliswaar ook toe, maar niet zo sterk ondanks het feit dat de wortels dagelijks met een besmette voedingsoplossing werd beregend. In week 21, dat is vier maanden na de eerste inoculatie, was de aantasting opgelopen tot 1.267 *R. similis* per 10 g wortels. Wordt dit aantal vergeleken met het aantal dat de éénmalige toediening van 100 *R. similis* per opgepotte plant na vier maanden opleverde, namelijk 2.298 *R. similis* per 10 g wortels, dan mag worden gesteld dat het wortelnecroseaaltje in een substraatloos systeem met wortelberegening veel moeilijker tot aantasting komt dan bij opgepotte planten. Maar zijn de aaltjes eenmaal tot aantasting gekomen, dan zullen ze zich in de wortels normaal kunnen ontwikkelen. Na verloop van tijd leidde dit tot een toename van het aantal aaltjes in de tanks (Tabel 3). Dat wil zeggen dat een deel van de uit de eieren gekropen aaltjes uit de wortels te voorschijn is gekomen en tijdens een gietbeurt van de wortels is afgespoeld.
In dit onderzoek werd het vermogen tot aantasting belemmerd door een beregeningsregiem van 20 seconden na elk kwartier. Misschien komen de aaltjes nog moeilijker tot aantasting naarmate het interval tussen het beregenen korter is. In dat geval worden de aaltjes weer sneller van de wortels afgespoeld. In een systeem met continue wortelberegening treedt waarschijnlijk helemaal geen aantasting op.

De aangetaste planten, die in week 13 in de deksels van twee onbesmette bakken zijn geplaatst, hadden in week 16 bij de overige planten nog geen aantasting tot gevolg. Vijf weken later was dat wel het geval. Toen waren er gemiddeld 40 *R. similis* per 10 g wortels aanwezig. Dit betekent dus dat de aaltjes, die vanuit de in de deksels geplaatste aangetaste planten in het drainwater zijn terechtgekomen, via wortelberegening weer voor aantasting hebben gezorgd.

Tabel 4 - Plantbemonstering.

| Behandeling | Bemonstering in week | Vers wortelgew. (g) | Vers bovengr. gew. (g) | Aantal *R. similis* per 10 g wortels | plant |
|---|---|---|---|---|---|
| **6a: Bakken: onbesmet 1)** | 12 | 43,9 | 37,5 | 0 | 0 |
| | 16 | 84,4 | 83,2 | 0 | 0 |
| | 21 | 116,4 | 106,2 | 0 | 0 |
| **6a: Bakken: besmet (via tank) 2)** | 12 | 45,2 | 36,2 | 58 | 264 |
| | 16 | 69,4 | 63,2 | 192 | 1.560 |
| | 21 | 103,6 | 105,0 | 1.267 | 14.288 |
| **6a: Bakken: besmet (via plant) 3)** | 16 | 68,2 | 66,6 | 0 | 0 |
| | 21 | 118,6 | 101,6 | 40 | 550 |
| **6b: Potten: besmet 4)** | 12 | 42,3 | 36,2 | 754 | 3.113 |

**1)** *Vier onbesmette bakken met Anthurium andreanum cv. Acropolis en vanaf week 13 twee onbesmette bakken.*
**2)** Vier bakken besmet door middel van tankinoculaties in week 4 en 6 2001 met totaal 2 *R. similis* per ml voedingsoplossing.
**3)** Twee onbesmette bakken besmet door plaatsing in de deksels van twee aangetaste Anthuriumplanten per bak.
**4)** Geïnoculeerd in week 4 en 6 2001, tegelijk met de tankinoculaties. Totaal 5.000 *R. similis* per plant.

o *Symptomen*
Dat het wortelnecroseaaltje in het wortelberegeningssysteem maar moeilijk tot aantasting is gekomen, kan ook worden afgeleid uit het feit dat de symptoomontwikkeling slechts zeer gering was. Wat betreft de wortelsymptomen viel het op dat er nauwelijks lesies ontstonden. Op het eerste gezicht zagen de wortels van de niet en wel aangetaste planten er dan ook hetzelfde uit (Foto 3A en B). Maar bij een meer nauwkeurige inspectie bleek er toch hier en daar een bruine tot bruinzwarte lesie op de wortels aanwezig te zijn (Foto 3C). Hierin bevonden zich wortelnecroseaaltjes. Deze aaltjes werden niet gevonden in worteldelen die geheel bruin van kleur waren. Een dergelijke verkleuring komt vermoedelijk voor rekening van een schimmelaantasting. In tegenstelling tot de zeer geringe symptoomontwikkeling bij de planten in de bakken met wortelberegening verloopt de symptoomontwikkeling bij opgepotte planten zeer desastreus. In het laatste geval vertoont vier maanden na inoculatie een groot deel van het wortelstelsel al ernstige symptomen van aantasting (Foto 4). Dit neemt gaandeweg toe

totdat de plant afsterft. Van wortelherstel is geen sprake. In tegenstelling hiermee vertoonden de in de deksels geplaatste aangetaste planten wel een zeer duidelijke hergroei van wortels (Foto 3D). Deze planten maakten vanuit de basis nieuwe wortels aan die geheel vrij van symptomen bleven. Bovengronds herstel is dan ook mogelijk, wat bij opgepotte planten zonder bestrijding uitgesloten is.

De wortelaantastingen hebben niet geleid tot significante verschillen in wortel- en bovengrondse gewichten ten opzichte van de niet-aangetaste planten. Op basis van de zeer geringe aantasting werd dit ook niet verwacht. Geheel anders is dit bij opgepotte planten. Zo is in ander onderzoek ten opzichte van onbesmet bij een Pi van 1.000 *R. similis* per container na vier maanden al een vermindering in vers wortelgewicht waargenomen van tenminste 34% (Amsing en Stapel, 2001a). Bovengronds resulteerde dit in een afname van het vers plantgewicht van 17%. Of de aantasting in de bakken met wortelberegening helemaal geen negatieve gevolgen heeft voor de plantgroei is onzeker. Daarvoor zou de proef veel langer hebben moeten duren. Maar gelet op het feit dat er wortelherstel optrad bij de in de deksels geplaatste aangetaste planten doet vermoeden dat de schadelijkheid van *R. similis* in een substraatloos teeltsysteem met wortelberegening zeer gering of zelfs geheel afwezig is. Dit zal zeker het geval zijn wanneer de te recirculeren voedingsoplossing wordt ontsmet. Bevinden er zich echter ook plantenparasitaire schimmels of bacteriën in het teeltsysteem, dan kan een aaltjesaantasting bevorderlijk zijn voor het ontstaan van aantasting door deze pathogenen. De aaltjes maken invalspoorten voor schimmels en bacteriën.

# 4 Conclusies

In 1-m hoge en 84-cm brede, vierkante bakken is een proef uitgevoerd met *A. andreanum* om na te gaan of het wortelnecroseaaltje *R. similis* in een substraatloos teeltsysteem met wortelberegening tot aantasting komt. Elk kwartier zijn de wortels gedurende 20 seconden beregend met voedingsoplossing besmet met wortelnecroseaaltjes. Op basis van dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

- **Wortelberegening heeft aantasting niet voorkomen, maar**
- **Wortelberegening bemoeilijkt het totstandkomen van aantasting en**
- **Wortelherstel is mogelijk.**

# 5 Vervolgonderzoek

Het uitgevoerde onderzoek in een substraatloos teeltsysteem met *A. andreanum* waarin het wortelnecroseaaltje *R. similis* tot aantasting kwam, roept diverse nieuwe vragen op. Op basis daarvan zijn de volgende onderzoeksvoorstellen geformuleerd.

1. Onderzoek naar de invloed van het interval tussen de wortelberegeningsbeurten en het optreden van aantasting. Het vermoeden bestaat dat naarmate het interval afneemt de aantasting minder gemakkelijk ontstaat, omdat de aaltjes dan sneller van de wortels worden afgespoeld. In een systeem met continue wortelberegening krijgen de aaltjes vermoedelijk helemaal geen kans om tot aantasting te komen.

2. Nagaan of *R. similis* in een substraatloos teeltsysteem met wortelberegening schadelijk is voor *A. andreanum*. Zo ja, wanneer treedt schade op en hoe schadelijk is *R. similis* in relatie tot de inoculumdichtheid en de intervallen tussen de wortelberegeningsbeurten.

3. Onderzoek naar de mate waarin chemische middelen in staat zijn om de aantasting zodanig terug te dringen dat geen schade ontstaat.

4. Duidelijker vaststellen wat het verschil is in infectievermogen van *R. similis* tussen een substraatloos teeltsysteem met wortelberegening en planten opgepot in substraat.

5. De verwachting verifiëren dat in geval van aantasting het ontsmetten van het recirculatiewater een zodanige ongunstige invloed heeft op de populatieontwikkeling van *R. similis* dat een aangetaste plant bovengronds geen symptomen zal ontwikkelen.

# Literatuur

Amsing, J.J. (2000). Aaltjes laten anthuriumwortels in substraten niet met rust. *Vakblad voor de Bloemisterij 31: 38-39.*

Amsing, J.J. en L.H.M. Stapel (2001a). Populatieontwikkeling, schadelijkheid en beheersing van het wortelnecroseaaltje *Radopholus similis* in *Anthurium andreanum* in kunstmatige substraten. *PPO Rapport 308.*

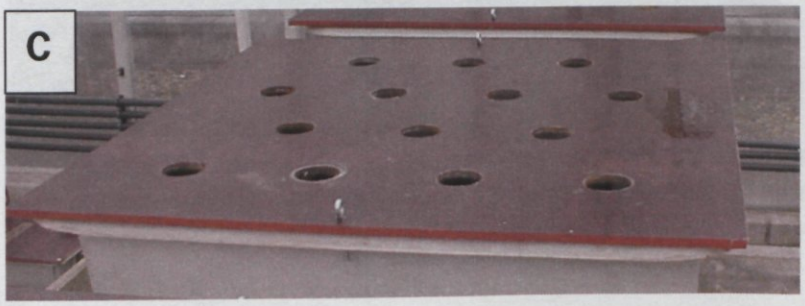
Amsing, J.J. en L.H.M. Stapel (2001b). Wortelaaltjes laten weinig heel van anthurium: onderzoek naar schadelijkheid van *Radopholus similis. Vakblad voor de Bloemisterij 9: 44-45.*

# Bijlage 1 Foto's









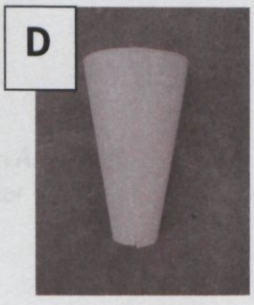




Foto 1A-D: Teeltsysteem voor wortelberegening (A); Tank met 52 liter voedingsoplossing (B); Deksel met veertien plantgaten (C) en een kegelvormige plantkraag (D).

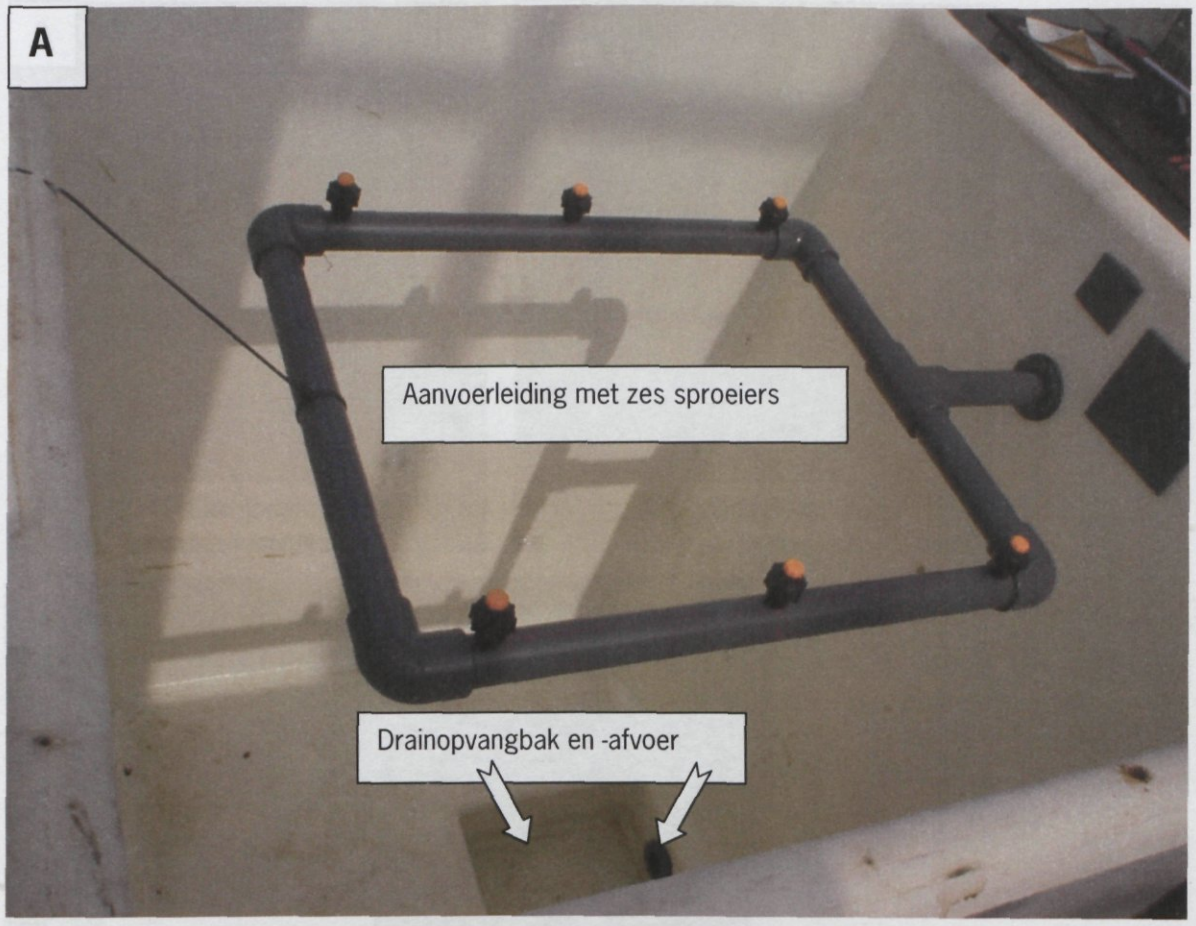






Foto 2A en B: Een 1-m hoge en 84 cm brede, vierkante bak voor het telen van *Anthurium andreanum* door middel van wortelberegening (A) en een sproeier (B).

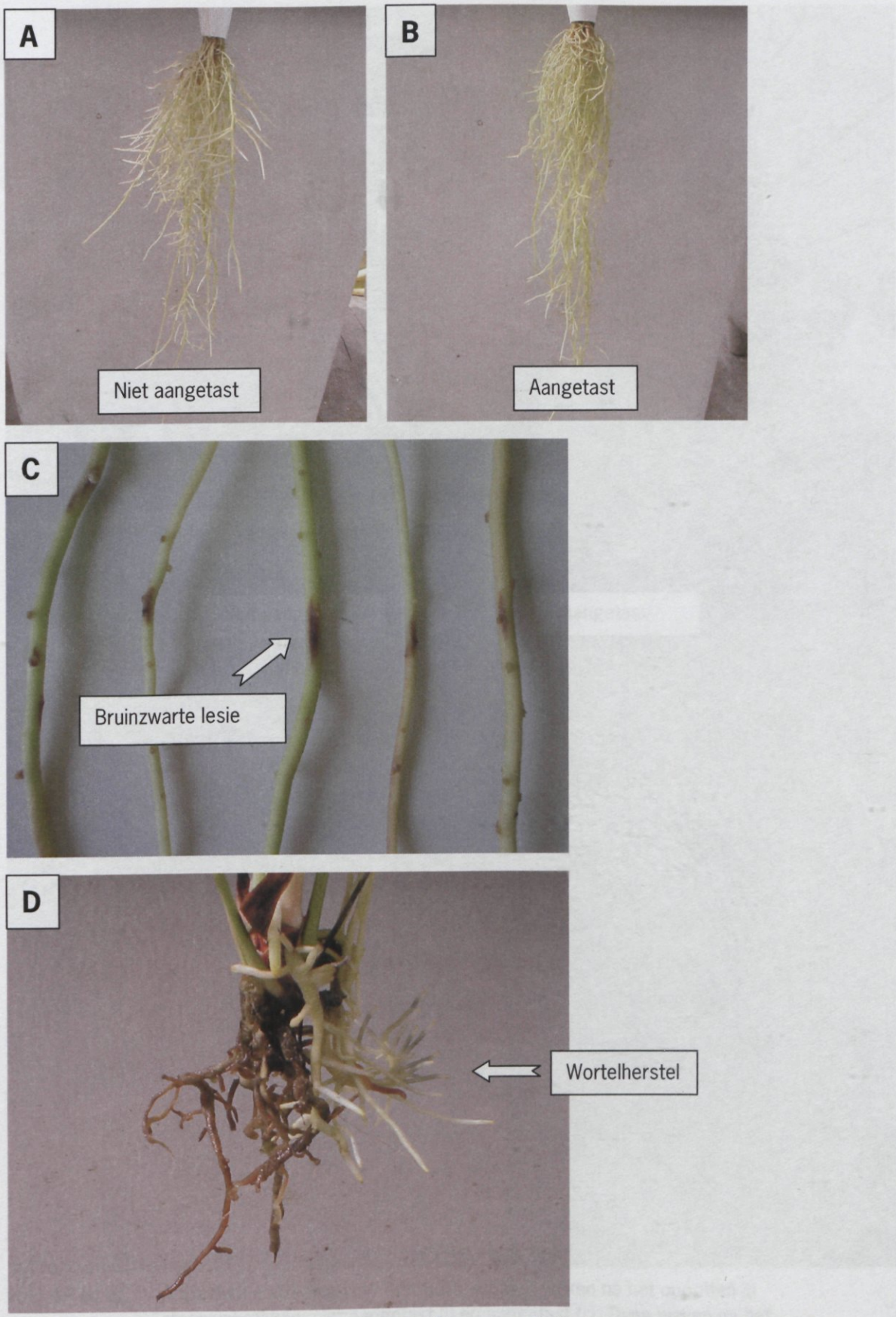



Foto 3A-D: Wortelberegening. Niet-aangetaste (A) en door *Radopholus similis* aangetaste (B) *Anthurium andreanum* zeventien weken na inoculatie; bruinzwarte wortellesies na aantasting door *R. similis* (C) en wortelherstel na acht weken wortelberegening (D).

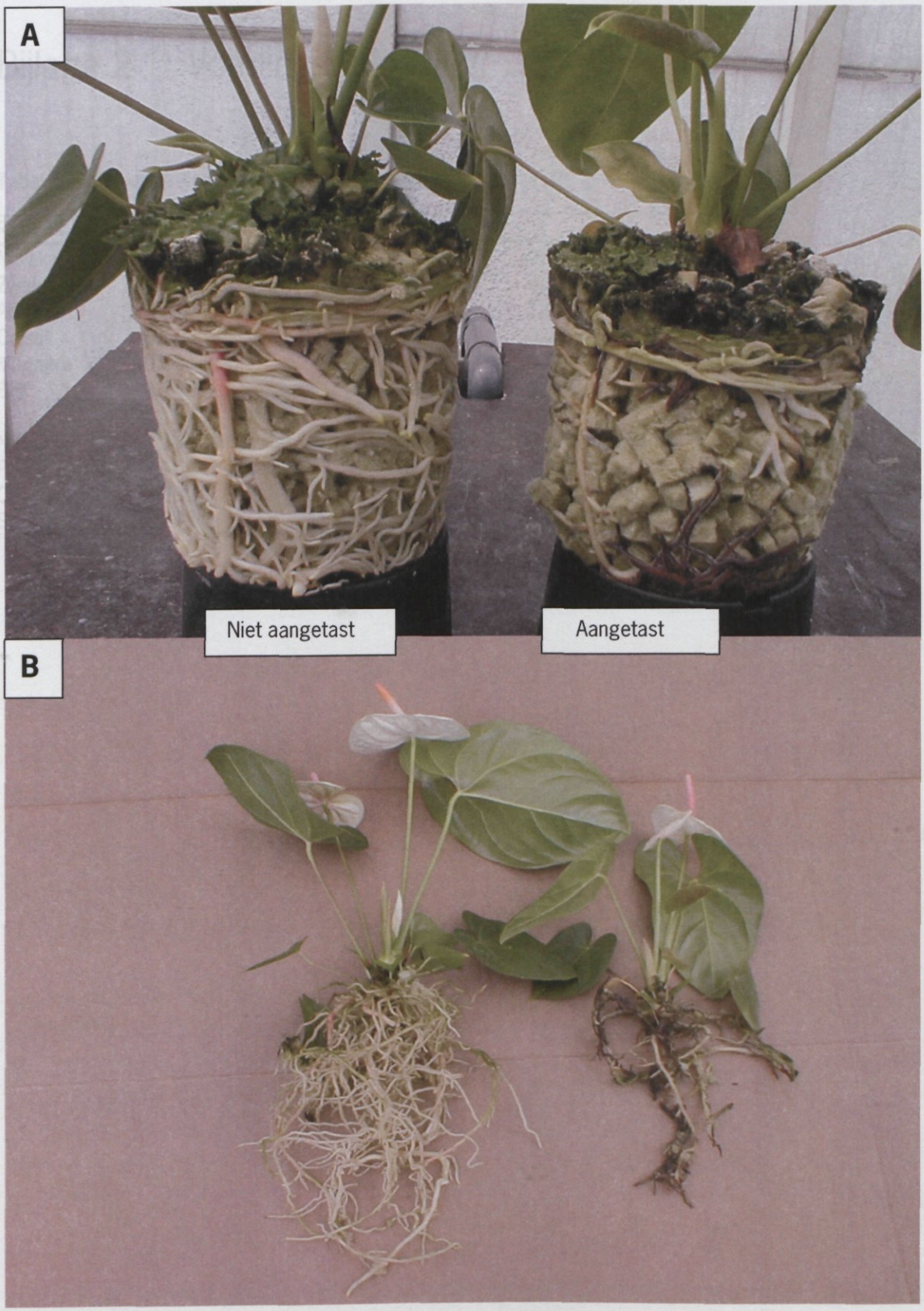


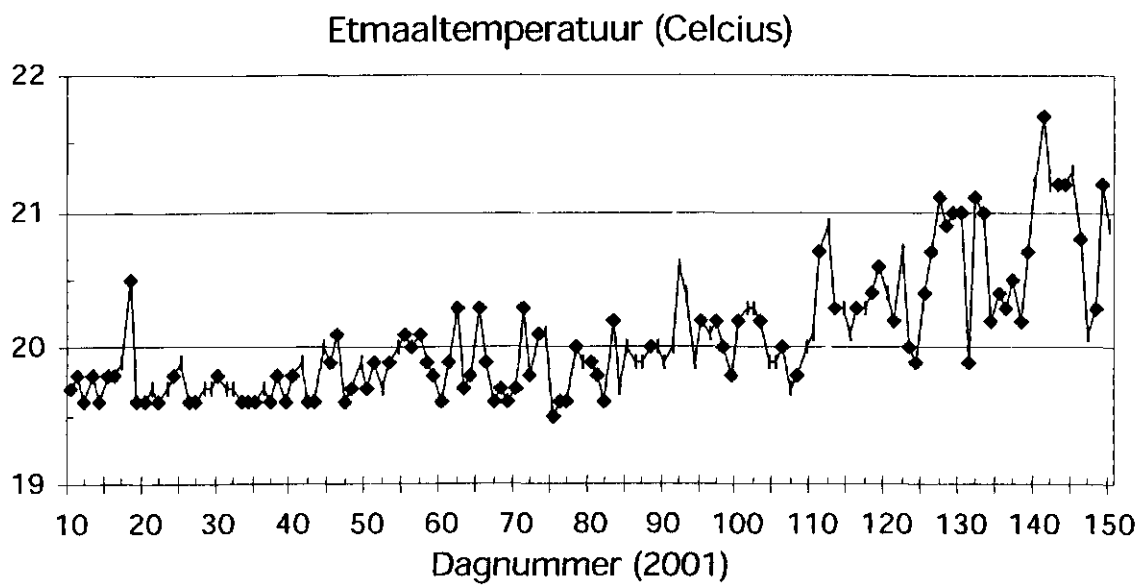

Foto 4A en B: *Anthurium andreanum* cv. Acropolis achttien weken na het oppotten in steenwolvlokken: niet aangetast (l) en aangetast (r). Twee weken na het oppotten zijn 5.000 *R. similis* per container toegediend.

# Bijlage 2 Voedingsoplossing

Tabel 5 - Samenstelling voedingsoplossing volgens recept nr. 29

| RECEPT NR. 29 | (pH 5,2 en EC = 1,1 mS/cm) | | |
|---|---|---|---|
| Nitrakal | : 0,000 ml/liter | Baskal | : 0,091 ml/liter |
| Zwakal | : 0,575 ,, | Fe | : 0,375 ,, |
| Amnitra | : 0,017 ,, | B | : 1,600 ,, |
| Calsal | : 0,596 ,, | Mn | : 0,200 ,, |
| Magnitra | : 0,211 ,, | Zn | : 0,800 ,, |
| BFK | : 0,344 ,, | Cu / Mo | : 0,666 ,, |
| | | | |
| N (NO3) | : 7,143 mmol/liter | N(NH4) | : 0,135 mmol/liter |
| P | : 1,169 ,, | K | : 3,898 ,, |
| Ca | : 2,790 ,, | Mg | : 1,624 ,, |
| S | : 2,277 ,, | OH- | : 0,002 ,, |

# Bijlage 3 Etmaaltemperatuur kaslucht




Figuur 3 - Gerealiseerde etmaaltemperaturen van de kaslucht vanaf 10-1 tot 29-5-2001.