WARMWATERBEHANDELING TEGEN WORTELAALTJES BIJ VASTE PLANTEN

J. van der Meij,
Laboratorium voor Bloembollenonderzoek

Rapport
bloembollenonderzoek
nr. 114
Lisse, mei 1998

ISN 925284

Colofon

Oplage
300 exemplaren

Bestellen
f 20,- overmaken op giro 33.67.73
ten name van Laboratorium voor Bloembollenonderzoek,
Postbus 85, 2160 AB LISSE
Onder vermelding van: Rapport bloembollenonderzoek nr. 114

Laboratorium voor Bloembollenonderzoek
Postbus 85
2160 AB LISSE
tel. 0252-462121

ISSN 1386-9442

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een automatisch gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij het gebruik van de gegevens uit deze uitgave.

© Laboratorium voor Bloembollenonderzoek
Lisse, mei 1998.

Het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek (LBO) te Lisse verricht het praktijkgerichte onderzoek voor de sector bloembollen en bolbloemen. Het onderzoek dat in dit rapport wordt beschreven is gefinancierd door:

Productschap Tuinbouw

Productschap Tuinbouw (PT)
Postbus 90403, 2509 LK Den Haag. tel (070) 3041234

Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
Postbus 20401, 2500 EK Den Haag. tel. (070) 3793911

Referaat

WARMWATERBEHANDELING TEGEN WORTELAALTJES BIJ VASTE PLANTEN
Rapport bloembollenonderzoek nr. 114, mei 1998
J. van der Meij, Laboratorium voor Bloembollenonderzoek
60 pagina's, 4 foto's, 1 bijlage

Trefwoorden: Wortelknobbelaaltje, Meloidogyne hapla, wortellesie-aaltje, Pratylenchus penetrans, bladaaltje, Aphelenchoides fragariae, Aphelenchoides ritzemabosi, warmwaterbehandeling, warmtegevoeligheid, warmtetolerantie, voorbehandeling, nabehandeling, cultuurkoken, vaste planten, Aconitum, Alchemilla, Anemone, Astilbe, Delphinium, Geranium, Hosta, Paeonia, Phlox.

Referaat

Op verzoek van de Vereniging van Vasteplantenkwekers is op het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek onderzocht wat de mogelijkheden van warmwaterbehandelingen zijn tegen wortelknobbelaaltjes en wortellesie-aaltjes.
Aaltjesbestrijding
Voor wortelknobbelaaltjes is 2 uur 43,5°C of 1 uur 45°C voldoende voor doding; voor wortellesie-aaltjes bleken zwaardere temperatuur-tijdsduurcombinaties nodig te zijn.
Dergelijke warmwaterbehandelingen kunnen schade aan het gewas veroorzaken. Daarom is 'cultuurkoken' geprobeerd (jaarlijks een lichtere warmwaterbehandeling van 1 uur 43,5°C of ½ uur 45°C). Twee jaar achtereen cultuurkoken bleek de wortelknobbelaaltjes volledig te bestrijden.
Warmtegevoeligheid van het gewas
Tussen gewassen/soorten en tussen cultivars van een gewas/soort treden verschillen in warmtetolerantie op. In de praktijk zal dus elke cultivar vooraf getest moeten worden op warmtegevoeligheid. Het rapport geeft een overzicht voor 11 gewassen/cultivars.
De warmtetolerantie kan verbeterd worden door voor- en nabehandelingen en door het juiste tijdstip van de warmwaterbehandeling.

5 WARMTETOLERANTIE GEZONDE PLANTEN 25
5.1 INLEIDING 25
5.2 ALGEMENE PROEFOPZET 25
5.3 ACONITUM 26
5.3.1 Resultaten 26
5.3.2 Discussie en conclusie 27
5.4 ALCHMILLA 27
5.4.1. Resultaten 27
5.4.2 Discussie en conclusie 28
5.5 ANEMONE 28
5.5.1 Resultaten 28
5.5.2 Discussie en conclusie 28
5.6 ASTILBE 28
5.6.1 Resultaten 28
5.6.2 Discussie en conclusie 29
5.7 DELPHINIUM 30
5.7.1 Resultaten 30
5.7.2 Discussie en conclusie 30
5.8 GERANIUM 30
5.8.1 Resultaten 31
5.8.2 Discussie en conclusie 31
5.9 HOSTA 31
5.9.1 Resultaten 31
5.9.2 Discussie en conclusie 32
5.10 PAEONIA 33
5.10.1 Resultaten 33
5.10.2 Discussie en conclusie 33
5.11 PHLOX 34
5.11.1 Resultaten 34
5.11.2 Discussie en conclusie 34

6 MOGELIJKHEDEN VOOR HET BEÏNVLOEDEN VAN WARMTETOLERANTIE 37
6.1 INLEIDING 37
6.2 PROEFOPZET 37
6.3 RESULTATEN 38
6.3.1 Aconitum 38
6.3.2 Alchemilla 38
6.3.3 Astilbe 38
6.3.4 Delphinium 39
6.4 DISCUSSIE EN CONCLUSIE 39

7 ALGEMENE DISCUSSIE EN CONCLUSIE 41
7.1 AALTJESBESTRIJDING 41
7.2 WARMTETOLERANTIE PLANTEN 41
7.3 VERMINDERING VAN SCHADE DOOR VOOR- OF NABEHANDELING 43
7.4 PLANTGOED 43

8 AANBEVELINGEN 45

9 LITERATUURLIJST 47

BIJLAGE 1: KOPIEËN VAN ARTIKELEN 49

1 SAMENVATTING

Een besmetting met aaltjes in vaste planten kan zowel in de teelt als in de export voor problemen zorgen. Na het van kracht worden van de 'Regulering grondontsmetting', waardoor chemische bestrijding van bodemaaltjes sterk beperkt wordt, besloot de Vereniging van Vasteplantenkwekers een werkgroep 'Aaltjes' op te richten. Deze werkgroep zag als één van de oplossingen van het aaltjesprobleem de warmwaterbehandeling van plantmateriaal. In dit voorlopige rapport is het onderzoek naar een effectieve warmwaterbehandeling voor de bestrijding van aaltjes beschreven. Het onderzoek werd uitgevoerd van september 1994 tot en met december 1997 op het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, en werd gefinancierd door het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

1.1 AALTJESBESTRIJDING

In vaste planten komen hoofdzakelijk vier soorten aaltjes voor: bladaaltjes (Aphelenchoides fragariae en A. ritzemabosi), stengelaaltjes (Ditylenchus dipsaci), wortellesie-aaltjes (Pratylenchus penetrans) en wortelknobbelaaltjes (Meloidogyne hapla). Het onderzoek heeft zich gericht op de belangrijkste hiervan, namelijk de wortelknobbel- en wortellesie-aaltjes.
In kas- en veldproeven bleek dat de bestrijding van aaltjes door een warmwaterbehandeling goed mogelijk is. Een warmwaterbehandeling van 1 uur 43,5°C of ½ uur 45°C bleek wortelknobbel- en wortellesie-aaltjes onvoldoende te doden. Er trad wel een aanzienlijke verbetering op ten opzichte van de onbehandelde planten. Een behandeling van 2 uur 43,5°C of 1 uur 45°C bleek wel dodelijk te zijn voor wortelknobbelaaltjes, maar voor wortellesie-aaltjes bleek de doding pas bij hogere temperatuur-tijdsduurcombinaties afdoende te zijn.
Hoewel dit in deze gewassen niet experimenteel getoetst is, wordt op grond van ervaringen in andere gewassen verwacht dat dergelijke warmwaterbehandelingen eveneens letaal zullen zijn of sterk onderdrukkend zullen werken op stengel- en bladaaltjes. Omdat dergelijke warmwaterbehandelingen schade kunnen veroorzaken bij diverse gewassen, werd een proef gedaan met 'cultuurkoken'. Bij 'cultuurkoken' wordt jaarlijks een lichte warmwaterbehandeling uitgevoerd. Zo'n lichte warmwaterbehandeling geeft bij een eenmalige uitvoering onvoldoende doding, maar wel een goede overleving van de planten. Bij het jaarlijks uitvoeren van zo'n lichte warmwaterbehandeling wordt de aaltjespopulatie wel bijna volledig onderdrukt. Het bleek dat met het twee jaar achter elkaar uitvoeren van een warmwaterbehandeling van 1 uur 43,5°C of ½ uur 45°C de wortelknobbelaaltjes toch volledig bestreden werden. Cultuurkoken lijkt een aantrekkelijke mogelijkheid om de aaltjespopulatie tot een minimum te reduceren én schade aan de planten tot een minimum te beperken.
Het tijdstip waarop de behandeling uitgevoerd wordt, is van belang voor het bestrijdend effect
op aaltjes. Uit de proeven bleek dat een warmwaterbehandeling voor de bewaring (december) een beter resultaat gaf dan diezelfde behandeling vlak voor planten (maart).

1.2 WARMTEGEVOELIGHEID PLANTEN

Naast de letale temperatuur-tijdsduurcombinaties van beide aaltjes is het ook van belang te weten wat diverse soorten vaste planten kunnen verdragen. Voor de overleving van de planten is het tijdstip waarop de behandeling wordt uitgevoerd ook van belang. In de tabel

is een overzicht te zien van de warmtetolerantie van diverse soorten vaste planten, waarbij uitgegaan wordt van het 'beste' tijdstip. Gewassen als Astilbe 'Peach Blossom', Hosta sieboldiana en Hosta 'Frances William', Paeonia 'Sarah Bernhardt' en Phlox 'Fujiyama' zijn warmtetolerant. Geranium 'Johnson's Blue', Delphinium 'Völkerfrieden' en Aconitum napellus zijn gevoeliger, terwijl Alchemilla mollis en Anemone 'Pamina' bij elke uitgevoerde warmwaterbehandeling werden beschadigd. Uit eenmalige proeven in enkele van deze gewassen bleek dat het geven van vóór- of nabehandelingen de warmtetolerantie positief kan beïnvloeden.
Duidelijk is geworden dat tussen de cultivars van één soort verschillen in warmtetolerantie optreden. Voor uitvoering in de praktijk is het daarom noodzakelijk elke cultivar, met de beschikbare inzichten uit het onderzoek, eerst op kleine schaal te behandelen voordat overgegaan wordt tot grootschalige uitvoering van de behandeling.
In het onderzoek is bij de uitvoering van de warmwaterbehandeling nauwelijks opwarmtijd aangehouden (de planten werden direct in reeds opgewarmd water gebracht), in de praktijk wordt echter wel vaak gewerkt met lange opwarmtijden (vanaf 20°C). Er is in dit onderzoek niet gekeken naar het effect hiervan op de schade aan de planten. Bij uitvoering van een warmwaterbehandeling is het zeer belangrijk de planten snel af te koelen.

Verder is het van belang dat de warmwaterbehandeling niet alleen als correctiemiddel gebruikt wordt voor leverbaar materiaal, maar dat juist het plantgoed behandeld wordt.

Tabel 1.
Overzicht van de warmtetolerantie van diverse soorten vaste planten. De verschillende combinaties van temperatuur en tijd (wwb) met een positief resultaat (+ of + +) geven dat positieve resultaat alleen als ze op het juiste tijdstip (tijdstip wwb: "ja") worden uitgevoerd. Indien tijdstip wwb = ?, kan een warmtebehandeling = "+" of "+ +" zowel met een wwb in januari als met een wwb in december worden bereikt. Mogelijkheden om de warmtetolerantie te beïnvloeden staan onderaan de tabel weergegeven (voor- of nabehandeling). Deze tabel kan niet los gebruikt worden van de tekst in het rapport. Eveneens is van belang dat de vermelde gegevens alleen gelden voor deze cultivars, en niet voor andere cultivars van dezelfde soort vaste plant.

	Aconitum napellus	Alchemilla mollis *	Anemone 'Pamina' *	Astilbe 'Peach Bl'	Delphinium 'Völkerfr'	Geranium 'J.B.'*	Geranium 'Gravetye'*	Hosta sieb.	Hosta 'F.W'*	Paeonia chin. 'S.B.'	Phlox 'Fujiyama'
Tijdstip wwb											
maart	?	ja	ja	ja	blanco	ja	ja	ja	ja	?	ja
december	?	nee	nee	ja	blanco	nee	nee	nee	nee	?	nee
Warmwaterbehandeling											
1 uur 43,5°C	+	-	-	+ +	+	+	+	+ +	+ +	+ +	+ +
2 uur 43,5°C	-		--	+		-	-	+ +	+ +	+ +	+ +
3 uur 43,5°C				-				+ +		+	-
½ uur 45°C	+	-	-	+	+	+	+	+ +	+ +	+ +	+ +
1 uur 45°C	-	--	--	+	-	-	-	+ +	+ +	+ +	+ +
1 ½ uur 45°C				-				+ +		+	+
½ uur 47°C	-	--	--	+	--	-	--	+ +	+ +	+ +	+ +
½ uur 49°C	--	--	--	-	--	--	--	+ +		-	-

?	= geen eenduidige resultaten	+ +	= opbrengst gelijk aan de onbehandelde planten
ja	= warmwaterbehandeling kan het beste op dit tijdstip uitgevoerd worden	+	= opbrengst wordt lager door wwb, maar is nog wel acceptabel
nee	= warmwaterbehandeling kan beter niet op dit tijdstip uitgevoerd worden	-	= opbrengst is slecht
*	= resultaten gebaseerd op 1 proefjaar	--	= er is geen opbrengst
blanco	= niet uitgevoerd		

	Aconitum napellus	Alchemilla mollis *	Anemone 'Pamina' *	Astilbe 'Peach Bl'	Delphinium 'Völkerfr'	Geranium 'J.B.'*	Geranium 'Gravetye'*	Hosta sieb.	Hosta 'F.W'*	Paeonia chin. 'S.B.'	Phlox 'Fujiyama'
Voor- of nabehandeling (december)											
1 dag 30°C voor	+	-	n.u.	+	-	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.
3 dagen 20°C na	+	-	n.u.	+	+	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.	n.u.

+	= er zijn mogelijkheden voor positieve beïnvloeding warmtetolerantie
-	= er zijn waarschijnlijk geen mogelijkheden voor positieve beïnvloeding warmtetolerantie
n.u.	= niet uitgevoerd

2 INLEIDING

2.1 ACHTERGROND

In de teelt van vaste planten kan een besmetting met aaltjes een belangrijk probleem zijn. Bij de export van vaste planten naar bijvoorbeeld de Verenigde Staten, Canada of Japan worden strenge eisen gesteld aan het plantmateriaal. Deze landen hanteren een nultolerantie, wat inhoudt dat plantmateriaal vrij moet zijn van aaltjes. Niet alleen bij de export, maar ook tijdens de teelt kunnen aaltjes een probleem zijn. Ze veroorzaken schade aan het gewas, waardoor een verminderde groei optreedt. Dit leidt tot opbrengstverliezen en mindere kwaliteit.
Uit een survey van de Plantenziektenkundige Dienst (PD) in 1992 bleek dat een aaltjesbesmetting in vaste planten vaker voorkwam dan voorheen werd aangenomen. Tevens werd in 1993 de 'Regulering Grondontsmetting' van kracht, waardoor de bestrijdingsmogelijkheden van bodemaaltjes sterk beperkt worden. De Vereniging van Vasteplantenkwekers besloot op grond hiervan een werkgroep 'Aaltjes' op te richten, die tot taak kreeg oplossingen voor het aaltjesprobleem te zoeken.
De bevindingen van deze werkgroep werden vastgelegd in het rapport 'Beheersen van aaltjes in de teelt van vaste planten'. Twee belangrijke oplossingsrichtingen uit het rapport zijn: het zoeken naar een aangepaste teelt- en vermeerderingsmethode en een warmwaterbehandeling van plantmateriaal.
Het Proefstation voor de Boomkwekerij (Boskoop) onderzocht de mogelijkheden van aangepaste teelt- en vermeerderingsmethoden. De resultaten van dit onderzoek zijn vastgelegd in het verslag 'Methoden voor het vermeerderen en instandhouden van aaltjesvrij uitgangsmateriaal in de vasteplantenteelt'. Dit onderzoek werd eind 1996 afgerond.
De PD heeft in opdracht van het Produktschap voor Siergewassen en de Nederlandse Bond van Boomkwekers in 1994 een literatuurstudie uitgevoerd naar warmwaterbehandeling van plantmateriaal. De resultaten zijn vastgelegd in een rapport. Dit rapport is vervolgens gebruikt als start voor het onderzoek naar de mogelijkheden van een warmwaterbehandeling ter bestrijding van aaltjes in de vaste planten, uitgevoerd door het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek (Lisse). Dit onderzoek is gestart in september 1994 en beëindigd in december 1997.

2.2 DOELSTELLING EN RESULTAAT

De doelstelling van het onderzoek was het inventariseren van de mogelijkheden van het uitvoeren van een warmwaterbehandeling onder praktijkomstandigheden om aaltjes effectief te bestrijden. Er werd verwacht dat aan het eind van de onderzoekperiode aangegeven kan worden welke warmwaterbehandeling uitgevoerd moet worden voor effectieve bestrijding van aaltjes. De verwachting was dat er nog weinig aandacht uit kon gaan naar de mogelijkheden om de warmtetolerantie van het plantmateriaal met voor- of nabehandelingen te beïnvloeden.
Aan het einde van de projectperiode bleek het uitvoeren van een warmwaterbehandeling een goede mogelijkheid voor de bestrijding van wortelknobbel- en wortellesie-aaltjes. Er werden tussen de soorten vaste planten wel grote verschillen in warmtetolerantie geconstateerd. Bij enkele soorten bleek een voor- of nabehandeling perspectieven te bieden.
Naar aanleiding van de positieve resultaten die tot op heden in het onderzoek zijn behaald, is door de begeleidingscommissie in samenwerking met de Vereniging van

Foto 1: Symptomen van wortellesie-aaltjes in Liatris.

Vasteplantenkwekers besloten dat extra onderzoek nodig is. Dit om zeker te stellen dat er voldoende bruikbare resultaten beschikbaar komen voor de praktijk. Het project is verlengd tot eind december 1999; financiering lijkt waarschijnlijk.

2.3 AALTJES IN DE VASTEPLANTENTEELT

Aaltjes of nematoden zijn kleine draadvormige rondwormen van ongeveer 0,1 - 5 mm lang. Aaltjes komen in de natuur algemeen voor. Veel aaltjessoorten leven ten koste van andere organismen, zoals bacteriën, schimmels of andere aaltjes. Daarnaast is er een grote groep aaltjes die parasiteert op planten en dieren. De vier belangrijkste aaltjes voor de vasteplantenteelt worden hierna kort besproken.

2.3.1 Wortellesie-aaltje (Pratylenchus penetrans)

Het wortellesie-aaltje leeft in de wortels van de plant en kan overleven en vermeerderen in dode stukjes wortel in de grond. Ook overleeft het aaltje vrij in de grond. Wortellesie-aaltjes vermeerderen zich snel. De symptomen zijn lesies op de wortels, zwarte wortels en het vervroegd afsterven van planten (foto 1). Waardplanten zijn zowel een- als tweezaadlobbigen. Planten als Tagetes en Helenium zijn niet vatbaar en kunnen deze aaltjes zelfs doden. Enkele waardplanten zijn Delphinium, Scabiosa, Astilbe, Phlox en Alchemilla.

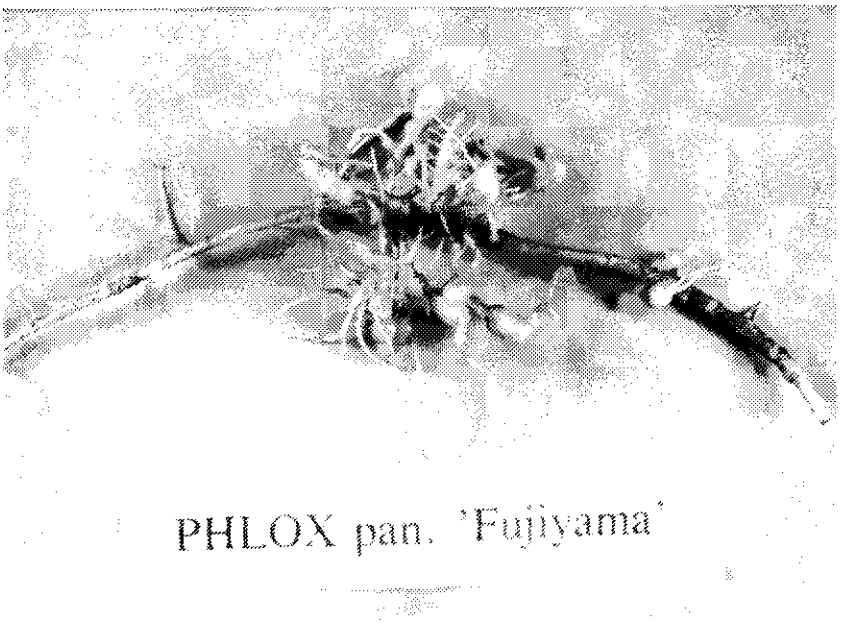


Foto 2: Symptomen van het noordelijk wortelknobbelaaltje in Phlox.

2.3.2 Noordelijk wortelknobbelaaltje (Meloidogyne hapla)

Het noordelijk wortelknobbelaaltje leeft voornamelijk in de wortels van de plant en kan zich in

één teeltseizoen snel vermeerderen. Daarnaast komt het aaltje in het ei- en larvestadium ook vrij in de grond voor. De symptomen op de wortels zijn knobbels (foto 2). Bij een zware aantasting groeit de plant minder. Het aaltje heeft een zeer brede waardplantenreeks en komt voor in bijvoorbeeld Hosta, Lysimachia, Astilbe, Phlox, Aconitum en Astrantia.

2.3.3 Stengelaaltje (Ditylenchus dipsaci)

Het stengelaaltje leeft in de plant en komt nauwelijks in de ondergrondse delen voor. Het aaltje kan zich snel vermeerderen en kan lang in leven blijven. De symptomen zijn onder andere vergroeiingen van de stengel (Foto 3). De waardplantenreeks bestaat vooral uit vaste planten en bloembolgewassen. Er zijn verschillende soorten stengelaaltjes die ieder een eigen én voor die soort specifieke waardplantenreeks hebben. Ze kunnen voorkomen in bijvoorbeeld Hosta en Phlox.

Foto 3: Symptomen van stengelaaltjes in Hosta.

2.3.4 Bladaaltje (Aphelenchoides spp.)

Bladaaltjes leven voornamelijk in de bovengrondse delen van de plant. Ze vermeerderen zich snel en kunnen gemakkelijk verspreid worden naar andere planten. Op afgestorven plantmateriaal kan het aaltje enige maanden in leven blijven. De symptomen zijn misvormingen van bovengrondse plantendelen en bladafstervingen (Foto 4). Deze bladafstervingen zijn zeer karakteristiek, omdat ze door nerven begrensd worden. De waardplantenreeks is breed. Ze kunnen voorkomen in bijvoorbeeld Aconitum, Paeonia, Physostegia en Anemone.

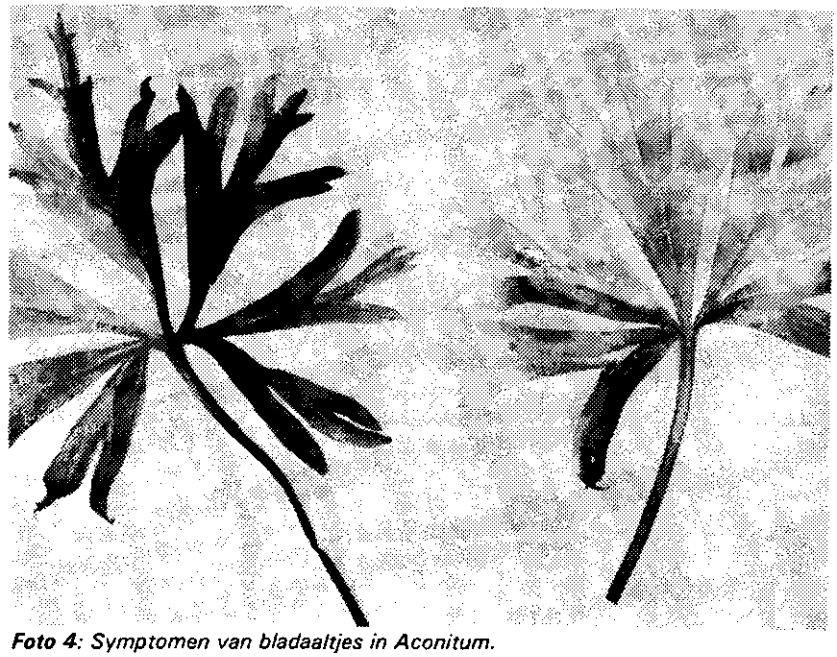


Foto 4: Symptomen van bladaaltjes in Aconitum.

2.4 OPZET VAN HET ONDERZOEK

In vaste planten komen hoofdzakelijk vier soorten aaltjes voor: bladaaltjes (Aphelenchoides fragariae en A. ritzemabosi), het stengelaaltje (Ditylenchus dipsaci), wortellesie-aaltjes (Pratylenchus penetrans) en het wortelknobbelaaltje (Meloidogyne hapla). Naar aanleiding van de literatuurstudie (Van Teylingen, 1994) is ervoor gekozen om het onderzoek te richten op de twee wortelaaltjes Meloidogyne hapla en Pratylenchus penetrans. Gewassen als Astilbe, Paeonia en Hosta worden in de praktijk al met succes behandeld met warm water tegen bladaaltjes. De gebruikte warmwaterbehandeling is waarschijnlijk echter niet afdoende tegen de wortelaaltjes. Een geschikte behandeling voor de twee wortelaaltjes zal ook voldoen voor de bladaaltjes. Ook stengelaaltjes zullen voor een groot gedeelte bestreden worden, en omdat stengelaaltjes in mindere mate voorkomen in vaste planten, is er in dit onderzoek voor gekozen deze aaltjes buiten beschouwing te laten.

Het basisprincipe van een warmwaterbehandeling is het toedienen van een zodanige combinatie van temperatuur en tijd aan een besmette plant dat de aaltjes gedood worden, maar de plant geen onacceptabele schade lijdt. In de literatuur worden verschillende effectieve combinaties van temperatuur en tijd gemeld (o.a. Gillard (1961), Goheen and McGrew (1954)), veelal gebaseerd op onderzoek uit andere landen. Omdat ook het teeltklimaat een rol speelt bij de warmtetolerantie van de aaltjes (Baker, 1962) is het noodzakelijk diverse combinaties te onderzoeken.
In het project is begonnen met het uitvoeren van verschillende kasproeven met besmette wortelstukjes om de effectieve combinaties van temperatuur en tijd te bepalen (hoofdstuk 2). Verschillende effectieve combinaties zijn mogelijk, een lange tijd bij lagere temperatuur kan hetzelfde effect hebben als een korte tijd bij een hogere temperatuur. Een aantal combinaties werd bij besmette vaste planten onderzocht op hun effectiviteit met betrekking tot de doding van de aaltjes (hoofdstuk 3). Deze planten werden in het veld nageteeld. Uit deze proeven bleek dat veel vaste planten schade ondervinden door de behandelingen die de aaltjes doden. Er werd daarom ook aandacht besteed aan het cultuurkoken, waarbij een minder zware warmwaterbehandeling jaarlijks uitgevoerd wordt (hoofdstuk 3).

Naast de bestrijding van aaltjes werd aandacht besteed aan de warmtetolerantie van diverse soorten vaste planten (hoofdstuk 4). Het is van belang dat bij een afdoende bestrijding van aaltjes een groot gedeelte van de planten de behandeling wel overleeft.
In alle proeven werden diverse combinaties van temperatuur en tijd toegepast. Hierbij werd ook aandacht gegeven aan het tijdstip waarop de behandeling werd uitgevoerd. Dit tijdstip kan een rol spelen bij zowel de aaltjesbestrijding (hoofdstuk 2 en 3) als ook de mate van beschadiging van het plantmateriaal door de warmwaterbehandeling (hoofdstuk 4).
In hoofdstuk 5 worden enkele proeven besproken waarin getracht werd de schade aan planten als gevolg van de warmwaterbehandeling te minimaliseren. In hoofdstuk 6 worden in het kort de resultaten van drie jaar onderzoek met de daarbij behorende conclusies weergegeven. In hoofdstuk 7 worden aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.

In het verslag wordt gebruik gemaakt van de term 'doding van aaltjes'. Hiermee wordt bedoeld dat er geen actieve levende aaltjes aangetoond konden worden in het plantmateriaal. Theoretisch valt niet uit te sluiten dat er nog inactieve aaltjes aanwezig waren, maar deze zijn niet aan te tonen met de gebruikte methoden. Op grond van literatuurgegevens (Zondervan en Huiskamp, 1987) en eigen waarnemingen (o.a. 'cultuurkook') kan geconcludeerd worden dat eventueel overlevende 'inactieve' aaltjes geen (snelle) populatieontwikkeling veroorzaken.

3 BESTRIJDING VAN AALTJES DOOR WARMWATERBEHANDELING: KASPROEVEN

3.1 INLEIDING

Er zijn verschillende kasproeven uitgevoerd om juiste combinaties van temperatuur en tijd te vinden waarbij zowel wortelknobbelaaltjes (Meloidogyne hapla) als ook wortellesie-aaltjes (Pratylenchus penetrans) doodgaan.
Het voordeel van kasproeven ten opzichte van veldproeven is ten eerste dat er veel combinaties van temperatuur en tijd onderzocht kunnen worden op de effectiviteit. Ten tweede duren de kasproeven veel korter dan veldproeven. Natuurlijk werden enkele effectieve combinaties daarna gebruikt voor warmwaterbehandelingen aan gehele planten die daarna op het veld werden uitgeplant (hoofdstuk 4).
Naast de juiste combinatie van temperatuur en tijd voor de doding, kan ook het tijdstip waarop de warmwaterbehandeling uitgevoerd wordt van belang zijn. Bij de proeven met wortelknobbelaaltjes werd hier aandacht aan besteed. Het was echter moeilijk om voor de proeven geschikt materiaal te krijgen met wortellesie-aaltjes en daarom werd er bij dit aaltje alleen aandacht besteed aan de effectieve combinatie van temperatuur en tijd.

3.2 MELOIDOGYNE HAPLA

3.2.1 Proefopzet

Voor het bepalen van de combinatie van temperatuur en tijd waarbij wortelknobbelaaltjes (Meloidogyne hapla) doodgaan, werd gebruik gemaakt van de wattenfiltermethode (Stemerding, 1963) en van de biotoets (Lear and Lider, 1959; Hawley, 1956).
Voor de proeven werden wortelstukjes van Phlox 'Fujiyama', met wortelknobbelaaltjes, gebruikt. De wortelstukjes (10 gram per herhaling), in gaaszakjes, ondergingen diverse warmwaterbehandelingen. Na de warmwaterbehandeling werden de wortelstukjes direct in koud water afgekoeld.
In 1994 werd direct na de warmwaterbehandeling de wattenfiltermethode uitgevoerd. De wortels werden fijn gesneden (<1 cm) waarna ze in 100 ml water gemixed werden in een blender. De verkregen suspensie werd over een dubbel wattenfilter, dat in een zeefje lag, gegoten. Het zeefje met de wattenfilters werd gedurende 2 dagen op een trechter met water gezet. Levende aaltjes konden zich door het zeefje heen bewegen waarna ze verzameld werden onderin de trechter. Na 2 dagen werd de suspensie afgetapt en kon het aantal aaltjes geteld worden.
In 1994, 1995 en 1996 werden na de warmwaterbehandeling de wortelstukjes gebruikt voor een biotoets. De wortelstukjes werden door gestoomd tuinzand gemengd. Met dit mengsel werd een 1-liter-pot gevuld, waarin een zaailing van tomaat 'Moneymaker' werd geplant. De potten werden in een kas geplaatst op omgekeerde schotels. Er werd een temperatuur aangehouden van 20°C en er werd assimilatiebelichting toegepast. Na 8 weken werd het wortelgestel gespoeld en visueel beoordeeld op het aantal knobbels. Als de warmwaterbehandeling de aaltjes volledig had gedood, werden op de wortels van de tomatenplant geen knobbels gevonden. Hoe slechter de doding van de aaltjes was, des te meer knobbels er op de wortels van de tomatenplant gevonden werden. Uit eerder onderzoek (Zondervan en Huiskamp, 1987), waarbij gezocht werd naar een effectieve methode om grondmonsters te beoordelen op infectiepotentiaal door M. hapla, waarbij de toetsplant sla werd gebruikt, bleek dat een biotoets een betrouwbaarder beeld geeft van de infectiepotentiaal dan het opspoelen van de grond en incuberen. Eveneens bleek dat elke larve die de inoculatie overleefde een knobbeltje veroorzaakte.

Uit een eenmalig uitgevoerde proef bleek dat de bestrijding van het wortelknobbelaaltje met een in december uitgevoerde warmwaterbehandeling beter was dan met dezelfde warmwaterbehandeling uitgevoerd in maart. Een verklaring kan zijn dat Meloidogyne-aaltjes die de warmwaterbehandeling in december overleefd hadden, de erop volgende bewaring niet overleefden.

De wortelstukjes met aaltjes, behandeld in maart, werden na de behandeling niet meer bewaard, maar gelijk in de biotoets verwerkt. Overlevende aaltjes zouden zich gedeeltelijk kunnen herstellen. Green (1964) vond dat overlevende aaltjes (Ditylenchus sp.) gevoeliger waren voor de ongunstige omstandigheden van de bewaring dan aaltjes die geen warmwaterbehandeling hadden ondergaan. Een andere verklaring kan zijn dat de eieren van Meloidogyne hapla in de bewaring in een ruststadium terechtkomen en daardoor minder gevoelig worden voor een warmwaterbehandeling. Bij andere Meloidogyne-soorten is het optreden van dormantie van eieren wel bekend (Guiran and Ritter, 1979).
De bewaartemperatuur, in combinatie met een warmwaterbehandeling, had in de biotoets geen invloed op de uiteindelijke bestrijding van de wortelknobbelaaltjes. Omdat deze proef slechts eenmaal is uitgevoerd, is herhaling van deze proef noodzakelijk, voordat conclusies getrokken kunnen worden. Uit onderzoek naar de bestrijding van wortellesie-aaltjes (Pratylenchus penetrans) in lelie bleek dat een warmwaterbehandeling van 2 uur 41°C of 39°C, in combinatie met bewaring bij -1°C of -2°C, een betere bestrijding gaf dan de warmwaterbehandeling alleen. Het direct na het rooien uitvoeren van de warmwaterbehandeling had een beter effect dan uitvoering vlak voor planten (Conijn, 1996).

3.3 PRATYLENCHUS PENETRANS

3.3.1 Proefopzet

Voor het bepalen van de combinaties van temperatuur en tijd waarbij wortellesie-aaltjes (Pratylenchus penetrans) doodgaan, werd gebruik gemaakt van de wattenfiltermethode (Stemerding, 1963) en van een biotoets (Caveness and Jensen, 1955).
In de eerste proef (1995) werden wortelstukjes van Alchemilla mollis, met wortellesie-aaltjes, gebruikt. De wortelstukjes (10 gram per herhaling), in gaaszakjes, ondergingen diverse warmwaterbehandelingen. Na de warmwaterbehandeling werden de wortelstukjes direct in koud water afgekoeld. Direct na de warmwaterbehandeling werden de wortelstukjes gebruikt voor de directe bepaling van het aantal Pratylenchus-aaltjes met behulp van de wattenfiltermethode (zie paragraaf 3.2.1) óf voor een biotoets. De biotoets werd als volgt uitgevoerd. Enkele dagen na de warmwaterbehandeling werden de wortelstukjes door gestoomd tuinzand gemengd. Met dit mengsel werd een 1-liter-pot gevuld, waarna ca. 15 haverzaden per pot werden gezaaid. De potten werden geplaatst op omgekeerde schotels. Er werd een kastemperatuur aangehouden van 20°C. Na 8 weken werd het wortelgestel gespoeld en werd het aantal aaltjes in 10 gram haverwortels geteld met behulp van de wattenfiltermethode.
In de tweede proef (1995) werden wortelstukjes van chrysant, met wortellesie-aaltjes, gebruikt. In de biotoets werd gebruik gemaakt van de toetsplant lelie. Per pot (2 liter) werden, na het mengen van wortels van chrysant en zand, 5 stengelbolletjes zonder wortels geplant. Ook hier werd na 8 weken het aantal aaltjes in 10 gram leliewortels geteld met behulp van de wattenfiltermethode.

3.3.2 Combinatie temperatuur en tijd

In tabel 4 zijn de resultaten te zien van de twee proeven.
Direct na de warmwaterbehandeling waren alleen in de controlebehandeling slechts enkele wortellesie-aaltjes terug te vinden. Na de biotoets met haver werden er echter ook in de behandelingen aaltjes teruggevonden. De aantallen waren, zowel in de controlebehandelingen als de warmwaterbehandelingen, laag. Na een warmwaterbehandeling van 90 minuten 45°C, 30 minuten 47°C of 49°C werden geen aaltjes teruggevonden.
Na de biotoets met lelie werden in de controle meer aaltjes gevonden dan na de biotoets met haver. In alle warmwaterbehandelingen werden minder aaltjes teruggevonden dan in de controlebehandeling. Alleen in de behandelingen 30 minuten 47°C of 49°C werden geen aaltjes gevonden.

3.3.3 Discussie en conclusie Pratylechus penetrans

Uit de biotoetsen blijkt dat warmwaterbehandelingen van 60 of 120 minuten bij 43,5°C, en 30 minuten bij 45°C onvoldoende zijn voor de bestrijding van de aaltjes. De overige behandelingen bestreden de wortellesie-aaltjes vrijwel afdoende. In de proeven was het aantal wortellesie-aaltjes in het uitgangsmateriaal echter laag. Bij het trekken van conclusies moet daarom enige voorzichtigheid in acht genomen worden.
Wanneer direct na de warmwaterbehandeling bemonsterd werd, bleken er alleen wortellesie-aaltjes te vinden te zijn in de controlebehandeling. Na de biotoets bleek echter dat er ook in de verschillende behandelingen aaltjes gevonden werden. In literatuur (McElroy, 1973) wordt vermeld dat bij Pratylenchus sp. dit verschijnsel waarschijnlijk veroorzaakt wordt doordat de levende larven geïmmobiliseerd of gedood worden als gevolg van de warmwaterbehandeling. De eieren overleven de warmwaterbehandeling wel, maar deze kunnen niet worden aangetoond met de wattenfiltermethode, waarbij slechts 2 dagen geïncubeerd werd. Voor het bepalen van de effectieve combinatie van temperatuur en tijd voor Pratylenchus penetrans lijkt het daarom niet zinvol direct na de warmwaterbehandeling te bemonsteren.

Tabel 4.
De overleving van Pratylenchus penetrans, onder invloed van verschillende combinaties van temperatuur en tijd op direct na de warmwaterbehandeling, na een biotoets met haver en na een biotoets met lelie.

Behandeling		Aantal Pratylenchus penetrans per 10 gram wortel		
Temperatuur	Tijd	Alchemilla (direct na wwb)	Alchemilla (biotoets)	Chrysant (biotoets)
-	-	6	3	96
43,5°C	1 uur	0	13	21
43,5°C	2 uur	0	17	4
45°C	½ uur	0	12	5
45°C	1 uur	0	1	1
45°C	1½ uur	0	0	1
46°C	½ uur	0	1	1
47°C	½ uur	0	0	0
49°C	½ uur	0	0	0

4.3.4 Discussie en conclusie Meloidogyne hapla

Uit de veldproeven is gebleken dat de behandelingen 1 uur 43,5°C en ½ uur 45°C niet voldoende zijn om Meloidogyne hapla te bestrijden. De nateelt van planten, afkomstig van deze behandelingen, liet zien dat deze lichte aantasting in één teeltseizoen een matig tot zware aantasting tot gevolg had. Behandelingen uitgevoerd bij een hogere temperatuur of langere tijdsduur bestreden de aaltjes wel afdoende.

Bij veel soorten zal echter een warmwaterbehandeling van bijvoorbeeld 2 uur 43,5°C of 1 uur 45°C niet mogelijk zijn in verband met de schade aan de planten (zie ook hoofdstuk 4). Het meer jaren achter elkaar uitvoeren van een lichte warmwaterbehandeling (cultuurkoken), lijkt een goede manier om een aaltjespopulatie op een zodanig laag niveau te houden dat de planten nauwelijks tot geen schade oplopen. Zo'n behandeling moet ook worden uitgevoerd als er slechts een lichte aantasting in de wortels te vinden is. Het bleek dat warmwaterbehandelingen van 1 uur bij 43,5°C of ½ uur bij 45°C, twee jaar achter elkaar uitgevoerd, een goed bestrijdend effect hadden op de aaltjes ten opzichte van de planten die slechts één jaar behandeld waren (nateelt).

Uit een proef met Aconitum napellus en Geranium 'Plenum' (met een aantasting van Meloidogyne hapla) was een duidelijk effect te zien van het tijdstip van de warmwaterbehandeling op de bestrijding van de aaltjes. Het bestrijdend effect was bij behandeling voor de bewaring (december) beter dan vlak voor planten (maart). Deze resultaten komen overeen met de resultaten uit de biotoets. Een verklaring kan zijn dat Meloidogyne-aaltjes die de warmwaterbehandeling in december overleefd hadden, de erop volgende bewaring alsnog niet overleefden. De wortelstukjes met aaltjes, behandeld in maart, werden na de behandeling niet meer bewaard, maar gelijk in de biotoets verwerkt. Overlevende aaltjes konden zich dan gedeeltelijk herstellen. Green (1964) vond dat overlevende aaltjes (Ditylenchus sp.) in de bewaring gevoeliger waren dan aaltjes die geen warmwaterbehandeling hadden ondergaan. Een andere verklaring kan zijn dat de eieren in de bewaring in een ruststadium terecht kwamen en daardoor minder gevoelig werden voor een warmwaterbehandeling. Bij andere Meloidogyne-soorten is het optreden van dormantie van eieren wel bekend (Guiran and Ritter, 1979).

4.4 PRATYLENCHUS PENETRANS

4.4.1 Combinatie temperatuur en tijd

Er zijn veldproeven uitgevoerd met Alchemilla mollis (1995), Astilbe 'Diamant' (1996, zie ook paragraaf 3.3.1) en Astilbe 'Europa' (1997). In Astilbe 'Diamant' waren ook Meloidogyne- en Aphelenchoides-aaltjes aanwezig. In Astilbe 'Europa' waren eveneens Meloidogyne-aaltjes aanwezig.

Bij Alchemilla mollis trad veel schade op door de warmwaterbehandeling. Alleen na een warmwaterbehandeling van 1 uur bij 43,5°C en ½ uur bij 45°C kwamen nog enkele planten op. Het aantal wortellesie-aaltjes in de wortels van deze planten was niet verschillend van dat in de onbehandelde planten.

In tabel 10 zijn de resultaten van Astilbe 'Diamant' en Astilbe 'Europa' te zien.
De planten van Astilbe 'Diamant' hadden na de behandelingen 1 en 2 uur 43,5°C en ½ uur 45°C evenveel aaltjes in de wortels als de onbehandelde planten. De overige behandelingen hadden nauwelijks tot geen aaltjes meer in de wortels. De aantasting van het uitgangsmateriaal was echter te laag om duidelijke verschillen te krijgen tussen de

diverse warmwaterbehandelingen. De planten van Astilbe 'Europa' lieten in de behandelingen 1 uur 43,5°C en ½ uur 45°C een duidelijke afname zien van het aantal aaltjes ten opzichte van de controle, maar gaven niet afdoende bestrijding. Ook de planten van de behandelingen 2 uur 43,5°C, 1 uur 45°C en ½ uur 46°C hadden nog aaltjes in de wortels.

4.4.2 Discussie en conclusie Pratylenchus penetrans

Het bleek niet eenvoudig om, ten behoeve van onderzoek, zwaar door wortellesie-aaltjes aangetaste partijen te verkrijgen. Partijen van zowel Alchemilla mollis als Astilbe 'Diamant' bleken een (te) lage aantasting te hebben. Eventuele verschillen tussen de behandelingen zijn daarom moeilijk aan te tonen.

Uit de proef met Astilbe 'Europa' (zwaardere aantasting) bleek dat elke uitgevoerde warmwaterbehandeling een bestrijdend effect had op de wortellesie-aaltjes. De behandelingen 1 en 2 uur 43,5°C, als ook ½ en 1 uur 45°C zijn onvoldoende voor de bestrijding van de aaltjes. Deze resultaten komen overeen (voor zover vergelijking mogelijk is) met de resultaten van de biotoets. De resultaten geven aan dat wortellesie-aaltjes een iets zwaardere warmwaterbehandeling behoeven dan de wortelknobbelaaltjes.

Het moeilijk verkrijgen van zwaar zieke partijen die geschikt zijn voor onderzoek zou de indruk kunnen wekken dat er in de praktijk geen problemen zijn met wortellesie-aaltjes. Dit is zeker niet het geval. Het probleem is echter dat een aantasting door wortellesie-aaltjes vaak niet onderkend wordt, omdat de symptomen niet duidelijk zijn. Het wel of niet aanwezig zijn van wortelknobbelaaltjes kan daarentegen wel gemakkelijk geconstateerd worden.

Tabel 10.
De overleving van Pratylenchus penetrans in Astilbe 'Diamant' en Astilbe 'Europa' (aantal aaltjes in 10 gram wortels (wattenfiltermethode)) onder invloed diverse combinaties van temperatuur en tijd.

Behandelingen		Aantal Pratylenchus penetrans in 10 gram wortels	
Temperatuur	Tijd	Astilbe 'Diamant'	Astilbe 'Europa'
controle droog		17	358
controle nat		28	-
43,5°C	1 uur	17	63
43,5°C	2 uur	16	15
45°C	½ uur	10	67
45°C	1 uur	3	11
45°C	1½ uur	1	1
46°C	½ uur	1	6
46°C	1 uur	0	0
47°C	½ uur	1	0
47°C	1 uur	0	0

- niet uitgevoerd

5 WARMTETOLERANTIE GEZONDE PLANTEN

5.1 INLEIDING

Diverse veldproeven zijn uitgevoerd om de temperatuurgevoeligheid van verschillende soorten vaste planten te onderzoeken. De soorten werden gekozen in overleg met de begeleidingscommissie. De keuze was gebaseerd op de grootte van het geteelde areaal, het belang voor de export en de omvang van de aaltjesproblematiek in de desbetreffende gewassen. De planten die voor het onderzoek gebruikt werden, waren gezond.
Er werd in het eerste jaar gebruik gemaakt van leverbaar plantmateriaal. In de twee daaropvolgende jaren werd gebruik gemaakt van plantgoed. Het behandelen van plantgoed in plaats van leverbaar materiaal heeft sterk de voorkeur. Ten eerste zal door aaltjes geïnfecteerd plantgoed de grond besmetten zodat dit in de jaren erna teeltproblemen kan geven. Ten tweede blijven bij een warmwaterbehandeling van dit aangetast leverbaar materiaal eventuele symptomen toch nog zichtbaar op de wortels, ongeacht de aanwezigheid van aaltjes. Dat kan alsnog problemen opleveren bij de export.
In 1995 werden de planten op één tijdstip behandeld met verschillende combinaties van temperatuur en tijd. Omdat het tijdstip waarop de warmwaterbehandeling plaatsvindt invloed kan hebben op de aaltjesbestrijding (hoofdstuk 3 en 4), werden in 1996 en 1997 de verschillende behandelingen uitgevoerd op twee tijdstippen. Het tijdstip van de uitvoering van de warmwaterbehandeling kan effect hebben op de beschadiging van de planten.

5.2 ALGEMENE PROEFOPZET

In 1995 werd leverbaar plantmateriaal van Aconitum napellus, Alchemilla mollis, Astilbe 'Europa', Delphinium 'Völkerfrieden', Hosta sieboldiana, Paeonia 'Sarah Bernhardt' en Phlox 'Fujiyama' onderzocht. In 1996 werd plantgoed van Aconitum napellus, Anemone 'Pamina', Astilbe 'Peach Blossom', Geranium 'Johnson's Blue', Hosta sieboldiana, Paeonia 'Sarah Bernhardt' en Phlox 'Fujiyama' onderzocht. In 1997 werden dezelfde soorten gebruikt als in 1996, met uitzondering van Hosta sieboldiana en Geranium 'Johnson's Blue'. In plaats hiervan werden Hosta 'Frances William' en Geranium 'Gravetye' gebruikt.
In 1995 ondergingen de planten de diverse warmwaterbehandelingen (geen (2°C, 2 uur 20°C), 1 uur 43,5°C, ½ uur 45°C, 1 uur 45°C, ½ uur 47°C of ½ uur 49°C) in december (vóór de bewaring). In 1996 en 1997 werden de verschillende warmwaterbehandelingen op twee tijdstippen uitgevoerd, namelijk december (vóór de bewaring) of maart (vlak voor planten). De uit te voeren warmwaterbehandelingen werden in 1996 en 1997 per gewas bepaald en waren afhankelijk van het resultaat in het jaar daarvoor.
In 1995 werd bij de uitvoering van de warmwaterbehandeling geen opwarmtijd aangehouden. In 1996 en 1997 werd wel rekening gehouden met het opwarmen. De behandeling startte op het moment dat het water weer op temperatuur was. In het algemeen bedroeg de opwarmtijd slechts enkele minuten. Na de warmwaterbehandeling werden de planten direct afgekoeld in koud water (15 minuten). Na het uitlekken werden de planten ingepakt in geperforeerd plastic. In 1996 en 1997 werden de planten bewaard bij -2°C, alleen Anemone werd bewaard bij 2 tot 3°C. De planten werden voor het planten in april langzaam ontdooid. De proeven werden uitgevoerd in 3 herhalingen, waarbij de herhalingen in verschillende warmwaterbaden werden uitgevoerd. De proeven werden geanalyseerd met een variantie-analyse. In de tabellen wordt de LSD-waarde (=Least Significant Difference) vermeld. Alleen wanneer het verschil tussen twee waarden in de betreffende tabel groter is dan of gelijk is aan de LSD-waarde, is het verschil betrouwbaar (95% betrouwbaarheid).

Zowel in 1995 als in 1997 was het perceel niet geïnjecteerd. Er werd wel een grondmonster gestoken, waaruit bleek dat alleen in 1995 enkele Pratylenchus-aaltjes (5 P.p./100 ml grond) gevonden werden. Dit is een lichte besmetting die in het eerste jaar niet direct groeiremmingen zal veroorzaken. In 1996 werd het perceel in het najaar geïnjecteerd. De planten werden met de hand op bedden (1,5 meter) geplant, waarbij 4 rijen per bed werden geplant en waarbij een afstand tussen de planten in de rij van 20 cm werd aangehouden, met uitzondering van Aconitum (10 cm) en Geranium (25 cm). Tussen de veldjes werd een afstand van 50 cm aangehouden.

Na het planten werd het perceel afgespoten met papiercellulose als stuifbestrijding. In november werden de planten gelicht, waarna de planten met de hand gerooid werden. Tijdens het seizoen werd de snelheid van de opkomst van de planten en de lengte van de bloemen beoordeeld. Na het rooien werd beoordeeld op het gewicht per veldje (afhankelijk van de soort wel of niet gespoeld), het aantal planten per veldje en het aantal neuzen per plant (Astilbe-soorten en Paeonia). Bij Aconitum werden de geoogste knollen onderverdeeld in verschillende maten.

5.3 ACONITUM

5.3.1 Resultaten

In alle proefjaren is gebruik gemaakt van Aconitum napellus. In het eerste jaar was snel duidelijk dat elke uitgevoerde warmwaterbehandeling de planten beschadigde. De schade bestond uit de vorming van bossige planten waarbij er geen of een slechte bloem ontstond. In 1996 en 1997 werden daarom geen zwaardere temperatuur-tijdsduurcombinaties toegepast.

De opkomst verliep trager naarmate de behandeling zwaarder was. De lengte van de bloemsteel werd eveneens korter, er ontstonden ook meer bossige planten per veldje. Alle uitgevoerde warmwaterbehandelingen gaven een lager oogstgewicht dan de controle-behandelingen (tabel 11). In 1996 was het oogstgewicht van de behandelingen uitgevoerd in december hoger dan dat van de behandelingen uitgevoerd in maart. In 1997 was echter het oogstgewicht van de behandelingen in maart hoger dan dat van de behandelingen uitgevoerd in maart.

Tabel 11.
Het oogstgewicht (g) per veldje van Aconitum napellus, na uitvoering van de warmwaterbehandeling in december of maart (resultaten 1996 en 1997) onder invloed van diverse combinaties van temperatuur en tijd.

Behandelingen		Oogstgewicht (g)			
		1996		1997	
Temperatuur	Tijd	december	maart	december	maart
2°C	-	3281	3102	1718	1924
43,5°C	1 uur	2939	2815	1307	1782
43,5°C	2 uur	2404	1356	541	1533
45°C	½ uur	3399	2874	1519	1637
45°C	1 uur	2347	2456	610	1600

LSD (Least Significant Difference) = 914 (1996) of 394 (1997)
Alleen wanneer het verschil tussen twee waarden in het betreffende deel van de tabel groter is dan of gelijk is aan de LSD-waarde is het verschil betrouwbaar (95% betrouwbaarheid).

Het gemiddeld knolgewicht werd kleiner naarmate de behandeling zwaarder was; het aantal kleine knolletjes (<4 en 4-6) werd groter, het aantal grote knollen (7-9 en >9) werd veel kleiner (tabel 12). Dit verschijnsel trad alle proefjaren op.

5.3.2 Discussie en conclusie Aconitum

Door het geven van een warmwaterbehandeling trad schade op in de vorm van bossige planten, waarbij een duidelijke hoofdsteel ontbrak. Deze bossige planten zorgden ook voor de vorming van veel kleine knolletjes. Dit ging ten koste van het aantal leverbare knollen. Het uitvoeren van de genoemde warmwaterbehandelingen bij Aconitum napellus is daarom niet aan te raden als er veel leverbaar materiaal geproduceerd moet worden. Als volstaan kan worden met plantgoed, is een behandeling van bijvoorbeeld 1 uur 43,5°C of ½ uur 45°C wel mogelijk.
Er is nog geen duidelijkheid over het tijdstip waarop de planten behandeld moeten worden. In eerder onderzoek (Muller, 1994) bleek dat een warmwaterbehandeling tegen bladaaltjes van 2 uur bij 39°C of 41°C, het beste zo snel mogelijk na het rooien kon worden uitgevoerd (oktober/november). Ook in 1996 bleek dat een behandeling in december minder schade veroorzaakte dan de behandeling in maart. In 1997 bleek echter dat de behandeling in maart juist minder schade veroorzaakte dan de behandeling in december. Waar dit verschil door veroorzaakt wordt is niet duidelijk. Zowel de mate van rust als ook de bewaaromstandigheden kunnen een rol spelen bij het ontstaan van schade.
In 1998 wordt de proef herhaald om zekerheid te krijgen over het juiste tijdstip van het uitvoeren van de behandeling.

5.4 ALCHEMILLA

5.4.1 Resultaten

In 1995 is een proef uitgevoerd met Alchemilla mollis. Alle uitgevoerde behandelingen gaven grote schade. Alleen van de behandelingen 1 uur 43,5°C en ½ uur 45°C kwamen nog enkele planten boven de grond. In 1995 werd ook met ziek materiaal (plantgoed) een proef uitgevoerd. In deze proef was de opkomst van het plantmateriaal na een warmwaterbehandeling van 1 uur 43,5°C of ½ uur 45°C wel beter, maar gaven de overige behandelingen ook nog veel schade.
In 1997 bleek dat een behandeling van ½ uur 45°C, uitgevoerd in maart, minder schade gaf dan diezelfde behandeling in december. Het oogstgewicht lag echter toch nog veel lager dan het oogstgewicht van de onbehandelde veldjes.

Tabel 12.
Het gemiddeld knolgewicht (g) per veldje en het aantal knollen per klasse van Aconitum napellus, na uitvoering van de warmwaterbehandeling in maart (resultaten 1996) onder invloed van combinaties van temperatuur en tijd.

Behandelingen		Gemiddeld	Aantal knollen per klasse			
Temperatuur	Tijd	knolgewicht	>9	7 - 9	4 - 6	<4
2°C	-	19,5	33,0	40,7	62,7	22,3
43,5°C	1 uur	12,0	19,7	43,7	97,0	85,7
43,5°C	2 uur	7,3	8,3	20,0	78,7	78,0
45°C	½ uur	15,7	25,3	29,3	69,7	61,3
45°C	1 uur	8,3	14,0	32,7	123,3	128,7

LSD (Least Significant Difference) = 3,5 (gemiddeld knolgewicht), 10,6 (>9), 16,8 (7-9), 39,2 (4-6) en 33,2 (<4). Alleen wanneer het verschil tussen twee waarden in het betreffende deel van de tabel groter is dan of gelijk is aan de LSD-waarde is het verschil betrouwbaar (95% betrouwbaarheid).

5.4.2 Discussie en conclusie Alchemilla

Omdat er in 1995 veel schade optrad, is in 1996 gekeken naar de invloed van voorwarmte (hoofdstuk 6) en is in 1997 naar het behandelingstijdstip gekeken. Hieruit bleek wel dat een behandeling in maart minder schade gaf dan dat van diezelfde behandeling in december, maar dat het oogstgewicht toch nog veel lager was dan de onbehandelde veldjes. Het geven van een warmwaterbehandeling aan Alchemilla mollis lijkt tot nu toe niet mogelijk.

5.5 ANEMONE

5.5.1 Resultaten

In 1996 werd Anemone 'Pamina' voor het eerst onderzocht. Al snel bleek op het veld dat alleen de planten van de controlebehandelingen boven de grond kwamen, en zelfs deze opkomst was erg slecht. Van geen van de uitgevoerde warmwaterbehandelingen kwam een plant op. In 1997 werden slechts de warmwaterbehandelingen 1 uur 43,5°C en ½ uur 45°C uitgevoerd, en wel op twee tijdstippen namelijk februari en eind maart. Ook nu was de opkomst van de controlebehandelingen slecht. De behandeling ½ uur 45°C, uitgevoerd in maart, gaf dezelfde opkomst als de controlebehandelingen, de behandeling 1 uur 43,5°C gaf een slechtere opkomst. De behandelingen die uitgevoerd werden vlak voor planten, waren beter dan diezelfde behandelingen uitgevoerd in februari.

5.5.2 Discussie en conclusie Anemone

Het is gebleken dat Anemone 'Pamina' een moeilijk product is om proeven mee uit te voeren. Eén van de oorzaken was waarschijnlijk de bewaring. Uit onderzoek bleek namelijk dat wortelstek van Anemone 'Honorine Jobert' dezelfde temperatuur-tijdsduurcombinaties wel goed konden doorstaan (Verhoeven, 1997). Het verschil is dat deze wortelstekken niet drie maanden werden bewaard en dat de stekken direct na de warmwaterbehandeling werden geplant.
Vooralsnog lijkt het niet mogelijk Anemone 'Pamina' een warmwaterbehandeling te geven.

5.6 ASTILBE

5.6.1 Resultaten

In 1995 werd de proef naar warmtetolerantie uitgevoerd met de cultivar 'Europa'. In 1996 bleek achteraf dat de cultivar 'Peach Blossom' geleverd was in plaats van de cultivar 'Europa' en daarom werd in 1997 ook 'Peach Blossom' gebruikt.
In 1995 bleek alleen de behandeling ½ uur 49°C een lager oogstgewicht tot gevolg te hebben dan alle overige behandelingen. In 1996 en 1997 werden daarom de temperatuur-tijdsduurcombinaties aangepast, waarbij voornamelijk langer bij dezelfde temperaturen werd behandeld. In beide jaren verliep de opkomst van de planten trager naarmate de behandeling zwaarder was. De lengte van de bloemsteel werd eveneens korter. Verder nam het aantal planten met een bloem af, naarmate de behandeling zwaarder was.
In 1996 gaven alle warmwaterbehandelingen een lager oogstgewicht dan de controlebehandeling. In 1997 gaven de behandelingen 2 uur 43,5°C en ½ uur 47°C geen significant lager oogstgewicht; de overige behandelingen hadden een lager oogstgewicht dan de controlebehandeling. Het aantal neuzen per plant was in beide jaren alleen bij de behandeling 3 uur 43,5°C lager dan bij de controle (tabel 13). Zowel in 1996 als in 1997

trad alleen verschil tussen de twee uitvoeringstijdstippen op wat betreft het aantal opgekomen planten. Van de behandelingen 3 uur 43,5°C en 1½ uur 45°C, uitgevoerd in maart, kwamen meer planten op dan van diezelfde behandelingen uitgevoerd in december (tabel 14).

5.6.2 Discussie en conclusie Astilbe

Naast de cultivar 'Peach Blossom' en 'Europa' werd in andere proeven nog gebruik gemaakt van de cultivars 'Diamant', 'Rheinland' en 'Buchanan'. Met uitzondering van de laatstgenoemde vertoonden deze cultivars een gelijk beeld. Astilbe 'Buchanan' vertoonde al veel uitval na een warmwaterbehandeling van 1 uur 43,5°C. Deze uitval vond wel plaats tijdens een zeer warme periode.
Bij alle gebruikte cultivars trad het verschijnsel van kortere bloemen of zelfs het afwezig zijn van bloemen op. Omdat het uitgangspunt is dat het plantgoed behandeld wordt, is het minder van belang of er in het teeltjaar bloemen zijn. Het leverbaar materiaal zal het jaar daarna gewoon weer bloemen geven.

Tabel 13.
Het oogstgewicht (g) per veldje en het aantal grote neuzen per plant van Astilbe 'Peach Blossom' onder invloed van diverse combinaties van temperatuur en tijd.

Behandelingen		Oogstgewicht per veldje[1]		Aantal neuzen per plant[1]	
Temperatuur	Tijd	1996	1997	1996	1997
2°C	-	7388	4696	3,6	3,0
43,5°C	2 uur	5344	4288	3,3	3,1
43,5°C	3 uur	2902	2895	2,3	2,5
45°C	1 uur	5675	3789	3,4	2,5
45°C	1½ uur	4534	3686	3,2	3,0
47°C	½ uur	5779	4029	3,4	3,0

[1] Omdat er geen significant verschil was tussen de twee tijdstippen, is in de tabel een gemiddelde over de tijdstippen maart en december weergegeven.
LSD (gewicht) = 726 (1996) en 763 (1997)
LSD (neuzen) = 0,7 (1996) en 0,5 (1997)
Alleen wanneer het verschil tussen twee waarden in het betreffende deel van de tabel groter is dan of gelijk is aan de LSD-waarde is het verschil betrouwbaar (95% betrouwbaarheid).

Tabel 14.
Het aantal opgekomen planten van Astilbe 'Peach Blossom' onder invloed van diverse combinaties van temperatuur en tijd (1997).

Behandelingen		Aantal opgekomen planten	
Temperatuur	Tijd	december	maart
2°C	-	23,7	22,7
43,5°C	2 uur	23,3	23,0
43,5°C	3 uur	15,0	22,7
45°C	1 uur	23,0	23,0
45°C	1½ uur	17,0	23,7
47°C	½ uur	23,0	23,0

LSD (Least Significant Difference) = 3,5
Alleen wanneer het verschil tussen twee waarden in de tabel groter is dan of gelijk is aan de LSD-waarde is het verschil betrouwbaar (95% betrouwbaarheid).

Er bleken tussen de twee uitvoeringstijdstippen geen verschillen op te treden wat betreft het oogstgewicht en het aantal neuzen per plant. Het aantal opgekomen planten was in beide jaren hoger van het tijdstip maart dan van december. Waar dit door veroorzaakt werd, is niet duidelijk. Zowel de mate van rust als ook de bewaaromstandigheden kunnen een rol spelen bij de schade, veroorzaakt door de warmwaterbehandeling.
Bij Astilbe 'Europa', 'Diamant' en 'Rheinland' kunnen de behandelingen 2 uur 43,5°C, ½ en 1 uur 45°C goed uitgevoerd worden zonder teveel opbrengstverliezen. Na het uitvoeren van deze behandelingen zijn de bloemen wel korter of soms afwezig. Deze behandelingen kunnen zowel in december als in maart uitgevoerd worden. Een verschil tussen beide tijdstippen, wat betreft het aantal opgekomen planten, kwam pas naar voren bij de behandelingen 3 uur 43,5°C en 1½ uur 45°C.

5.7 DELPHINIUM

5.7.1 Resultaten

In 1995 is een proef uitgevoerd met Delphinium 'Völkerfrieden'. De behandelingen 1 uur 43,5°C en ½ uur 45°C gaven dezelfde opbrengst als de controlebehandeling 2 uur 20°C. De 'droge' controle gaf een slechte opbrengst. Bij de behandeling 1 uur 45°C kwamen slechts enkele planten op. De behandelingen ½ uur 47 en 49°C waren zo schadelijk dat niet één plant opkwam. Na een warmwaterbehandeling werden iets kortere bloemstelen verkregen dan na de controlebehandeling.

5.7.2 Discussie en conclusie Delphinium

Alleen in 1995 is een proef uitgevoerd met Delphinium. Omdat er veel schade optrad, is in 1996 en 1997 gekeken naar het eventuele verbeterende effect van voorwarmte en/of voor- of nabehandelingen (Hoofdstuk 6).

5.8 GERANIUM

Tabel 15.
Het oogstgewicht (g) per veldje van Geranium 'Johnson's Blue' en Geranium 'Gravetye', na uitvoering van de warmwaterbehandeling in december of maart, onder invloed van diverse combinaties van temperatuur en tijd.

Behandelingen		Oogstgewicht (g)							
		'Johnson's Blue'				'Gravetye'			
Temperatuur	Tijd	december		maart		december		maart	
2°C	-	6399	a	7040	a	4945	a	4829	a
20°C	2 uur	6075	a	6810	a	-		-	
43,5°C	1 uur	5237	ab	4943	abc	1349	b	4195	a
43,5°C	2 uur	2356	ef	1816	f	0	c	753	bc
45°C	½ uur	5585	ab	5742	ab	1573	b	4105	a
45°C	1 uur	2670	def	3915	bcd	0	c	312	c
47°C	½ uur	1127	g	3243	cde	0	c	0	c
49°C	½ uur	0*		0*		0	c	0	c

In verband met transformatie van de resultaten van 'Johnson's Blue' is het niet mogelijk een LSD-waarde weer te geven. De resultaten van 'Gravetye' zijn zonder transformatie statistisch verwerkt. Getallen met dezelfde letter(s) zijn niet significant verschillend (P = 0,05).
* = Deze waarnemingen zijn niet in de statistische analyse meegenomen.

5.8.1 Resultaten

In 1996 werd de proef uitgevoerd met de cultivar 'Johnson's Blue'. In 1997 bleek de cultivar 'Gravetye' geleverd te zijn. De behaalde resultaten kunnen daarom niet met elkaar vergeleken worden.
De opkomst van de planten verliep trager naarmate de behandeling zwaarder was. De behandelingen 1 uur 43,5°C en ½ uur 45°C gaven in 1996 hetzelfde oogstgewicht als de controlebehandelingen. Er was bij deze 'lichte' behandelingen geen verschil tussen de twee tijdstippen december en maart. Bij de overige 'zwaardere' behandelingen was het oogstgewicht lager dan dat van de controlebehandelingen. Bij deze behandelingen gaf een warmwaterbehandeling in maart minder schade dan één in december (tabel 15).
In 1997 bleek dat bij Geranium 'Gravetye' alleen de behandelingen 1 uur 43,5°C en ½ uur 45°C, uitgevoerd in maart nog een redelijke opbrengst gaven. De overige behandelingen gaven weinig tot geen opbrengst (tabel 15).

5.8.2 Discussie en conclusie Geranium

Omdat elk van de twee cultivars van Geranium slechts één jaar werd gebruikt, zijn er nauwelijks conclusies te trekken. Bij 'Johnson's Blue' waren de behandelingen 1 uur 43,5°C en ½ uur 45°C goed; bij 'Gravetye' gaf deze behandeling in december echter ook schade. Het behandelen van Geranium lijkt vooralsnog niet mogelijk. In 1998 wordt de proef herhaald met Geranium 'Johnson's Blue'.

5.9 HOSTA

5.9.1 Resultaten

In 1995 en 1996 werd Hosta sieboldiana gebruikt. In 1995 waren er geen opbrengstverschillen tussen de diverse behandelingen. In 1996 zijn de temperatuur-tijdsduurcombinaties aangepast, waarbij voornamelijk de tijdsduur is verlengd.
Zowel het aantal planten als het oogstgewicht waren significant hoger na een behandeling in maart dan na een behandeling in december. In de december-behandeling was het oogstgewicht van de behandeling 1 uur 45°C niet significant lager dan dat van de controle. Alle andere behandelingen hadden een duidelijk lager oogstgewicht. In maart traden er geen significante verschillen op tussen de diverse behandelingen (tabel 16). Verschillen waren op het veld nauwelijks zichtbaar.

Tabel 16.
Het aantal geoogste planten en het oogstgewicht (g) per veldje van Hosta sieboldiana, na uitvoering van een warmwaterbehandeling in december of maart, onder invloed van diverse combinaties van temperatuur en tijd.

Behandelingen		Aantal planten		Oogstgewicht	
Temperatuur	Tijd	december	maart	december	maart
2°C	-	23,0	23,3	3488	3204
43,5°C	2 uur	18,7	21,3	2049	3027
43,5°C	3 uur	16,7	22,7	1580	3309
45°C	½ uur	23,0	21,7	2656	2660
45°C	1 uur	22,3	23,0	2944	3341
45°C	1½ uur	20,3	21,7	1974	2676
47°C	½ uur	21,3	22,7	2527	3198
49°C	½ uur	16,0	24,0	1402	2954

LSD (Least Significant Difference) =4,7 (aantal planten) en 752 (oogstgewicht per veld)
Alleen wanneer het verschil tussen twee waarden in het betreffende deel van de tabel groter is dan of gelijk is aan de LSD-waarde is het verschil betrouwbaar (95% betrouwbaarheid).

Daarom werd besloten om in 1997 Hosta sieboldiana te vervangen door Hosta 'Frances William'. Ook bij Hosta 'Frances William' waren zowel het aantal planten als het oogstgewicht significant hoger na een behandeling in maart dan na een behandeling in december. Hierbij moet er rekening mee worden gehouden dat de planten van de veldjes met weinig planten meer uitgedroogd waren dan de planten van de veldjes met veel planten. In de december-behandeling was alleen het oogstgewicht van de behandeling 1 uur 43,5°C niet significant lager dan het oogstgewicht van de controle. Van de maart-behandelingen was alleen de behandeling ½ uur 45°C iets lager dan de controle (tabel 17).

5.9.2 Discussie en conclusie Hosta

In de eerste twee proefjaren werden de proeven uitgevoerd met Hosta sieboldiana, in het laatste proefjaar met Hosta 'Frances William'. Bij beide cultivars gaf een zware behandeling in maart een beter oogstgewicht dan diezelfde behandeling in december. Als de behandeling uitgevoerd wordt in maart, kan Hosta sieboldiana zowel 2 als 3 uur 43,5°C als ook ½ of 1 uur 45°C verdragen. Bij een behandeling in december treden bij de behandelingen 2 of 3 uur 43,5°C wel opbrengstverliezen op. Hosta 'Frances William' kan, als de behandeling uitgevoerd wordt in maart, een behandeling van 1 of 2 uur 43,5°C goed verdragen. Bij een behandeling in december treedt bij 2 uur 43,5°C wel veel schade op; een behandeling van 1 uur 43,5°C is dan wel mogelijk.

Het lijkt erop dat Hosta 'Frances William' gevoeliger is voor een warmwaterbehandeling dan Hosta sieboldiana. Niet alleen de soort maar ook de cultivar kan een belangrijke rol spelen bij de mate van beschadiging door een warmwaterbehandeling. In 1998 wordt de proef met Hosta 'Frances William' herhaald.

Tabel 17
Het aantal geoogste planten en het oogstgewicht (g) per veldje van Hosta 'Frances William', na uitvoering van een warmwaterbehandeling in december of maart, onder invloed van diverse combinaties van temperatuur en tijd.

Behandelingen		Aantal planten		Oogstgewicht	
Temperatuur	Tijd	december	maart	december	maart
2°C	-	22,0 ab	23,0 a	2245 bc	2480 a
43,5°C	1 uur	22,0 ab	23,0 a	2062 cd	2490 a
43,5°C	2 uur	16,0 c	22,3 ab	1007 g	2363 ab
45°C	½ uur	22,0 ab	20,3 b	1862 e	2016 de
45°C	1 uur	16,3 c	22,0 ab	1076 f	2420 ab
47°C	½ uur	12,7 d	21,7 ab	537 h	2476 a

In verband met transformatie van de oogstgewichten is het niet mogelijk een LSD-waarde weer te geven. Getallen met dezelfde letter(s) zijn niet significant verschillend (P = 0,05).

5.10 PAEONIA

5.10.1 Resultaten

In 1995 leidde bij Paeonia 'Sarah Bernhardt' alleen de behandeling ½ uur 49°C tot een significant lager oogstgewicht dan de controlebehandeling. In 1996 en 1997 werden daarom de temperatuur-tijdsduurcombinaties aangepast.
De opkomst van de planten verliep trager naarmate de behandeling zwaarder was. In 1996 bleek op het veld dat de behandelingen, uitgevoerd in december, er beter bij stonden dan die van de behandelingen uitgevoerd in maart. Dit kwam ook tot uitdrukking in het oogstgewicht (tabel 18). De gewichtstoename in één teeltjaar was echter zeer gering. De behandelingen 2 uur 43,5°C, ½ en 1 uur 45°C en ½ uur 47°C gaven hetzelfde oogstgewicht als de controlebehandeling.
In 1997 bleek juist dat de zwaarste behandelingen, uitgevoerd in maart, een beter oogstgewicht hadden dan diezelfde behandelingen uitgevoerd in december. De behandelingen 2 uur 43,5°C, 1 uur 45°C en ½ uur 47°C gaven op beide tijdstippen geen lager oogstgewicht dan de controle.

5.10.2 Discussie en conclusie Paeonia

In 1996 gaf een warmwaterbehandeling in december een hoger oogstgewicht dan diezelfde behandeling in maart. De resultaten van 1997 lieten echter het tegenovergestelde zien. Dit verschil tussen de twee tijdstippen trad voornamelijk op bij de zwaarste behandelingen.
Het groeiseizoen vóór het uitvoeren van de warmwaterbehandeling kan van belang zijn voor de uiteindelijke schade. Het jaar 1996 was een 'later' jaar dan 1995; het gewas bleef langer groen, waardoor het gewas minder in rust was op het moment van behandelen. In 1998 wordt de proef nog een keer uitgevoerd om een duidelijke conclusie te kunnen trekken over het tijdstip. Duidelijk is wel dat het gewas Paeonia 'Sarah Bernhardt' zeer warmtetolerant is; zowel 2 uur 43,5°C als ook 1 uur 45°C werd in beide jaren zonder problemen verdragen, ongeacht het tijdstip waarop de behandeling werd uitgevoerd. De gewichtstoename van de pioenen in één groeiseizoen was zeer gering. Omdat er geringe verschillen waren in plantgewicht tussen de behandelingen was een interactie aanwezig tussen gewichtstoename en begingewicht. In de statistische analyse van 1996 werd hier rekening mee gehouden, waarbij het oogstgewicht gecorrigeerd is voor het begingewicht.

Tabel 18.
Het oogstgewicht (g) per veldje van Paeonia 'Sarah Bernhardt', na uitvoering van de warmwaterbehandeling in maart of december (1996 en 1997) onder invloed van diverse combinaties van temperatuur en tijd.

Behandelingen		Oogstgewicht 1996		Oogstgewicht 1997	
Temperatuur	Tijd	december	maart	december	maart
2°C	-	1533	1263	1867	1717
43,5°C	2 uur	1743	1142	1735	2017
43,5°C	3 uur	1238	1033	1371	1753
45°C	1 uur	1632	1559	1678	1674
45°C	1½ uur	1152	879	1093	1867
47°C	½ uur	1428	1062	1799	1665

LSD (Least Significant Difference) = 488 (1996) en 401 (1997)
Alleen wanneer het verschil tussen twee waarden in het betreffende deel van de tabel groter is dan of gelijk is aan de LSD-waarde is het verschil betrouwbaar (95% betrouwbaarheid).

5.11 PHLOX

5.11.1 Resultaten

In 1995 zijn er op twee tijdstippen warmwaterbehandelingen uitgevoerd, namelijk voor de bewaring (december) en vlak voor planten (maart). De planten van deze twee tijdstippen zijn per blok geplant, en kunnen daarom niet statistisch vergeleken worden. De planten van de decemberbehandelingen en die van de maartbehandelingen toonden weinig of geen verschil op het veld. De verschillende temperatuur-tijdsduurcombinaties gaven geen significant verschil in oogstgewicht. Alleen de behandeling ½ uur 49°C gaf zoveel schade dat er geen planten meer opkwamen.
In 1996 en 1997 zijn eveneens op twee tijdstippen behandelingen uitgevoerd, waarbij de temperatuur-tijdsduurcombinaties zijn aangepast aan de resultaten van 1995.
Hoe zwaarder de warmwaterbehandeling werd, hoe trager de opkomst verliep. Laat opgekomen planten waren gedurende het gehele seizoen korter, zodat ook de bloemstengel korter was dan die van de onbehandelde of licht behandelde planten. Zowel het aantal opgekomen planten als ook het oogstgewicht waren lager naarmate de behandeling zwaarder was. In 1996 gaf van de uitgevoerde behandelingen in december alleen ½ uur 45°C hetzelfde oogstgewicht als de controle. De overige behandelingen gaven schade. In maart gaven de behandelingen 2 uur 43,5°C, ½uur 45 en 47°C geen oogstverliezen. Van de overige behandelingen was een ½ uur 49°C het meest schadelijk (tabel 19).
Ook de resultaten van 1997 lieten hetzelfde beeld zien. Een warmwaterbehandeling in december gaf meer schade dan diezelfde behandeling in maart. Bij een uitvoering van de warmwaterbehandeling in maart trad er geen schade op bij de behandeling van 2 uur 43,5°C, 1 uur 45°C of ½ uur 47°C.

5.11.2 Discussie en conclusie Phlox

Er was bij Phlox 'Fujiyama' een zeer duidelijk effect van het tijdstip van de uitvoering zichtbaar. Een warmwaterbehandeling in maart gaf veel minder schade dan één in december. Zowel de mate van rust van de planten als ook de bewaring kan een rol spelen bij het ontstaan van schade.

Tabel 19.
Het aantal opgekomen planten en het oogstgewicht (g) per veldje van Phlox 'Fujiyama', na uitvoering van de warmwaterbehandeling in december of maart (resultaten 1996) onder invloed van diverse combinaties van temperatuur en tijd.

Behandelingen		Aantal planten		Oogstgewicht	
Temperatuur	Tijd	december	maart	december	maart
2°C	-	22,7	22,3	2916	3722
43,5°C	2 uur	9,7	23,7	999	3211
43,5°C	3 uur	0,7	19,0	10	2145
45°C	½ uur	22,0	23,0	3234	3899
45°C	1 uur	10,0	23,0	1605	2550
45°C	1½ uur	0	21,0	0	3181
47°C	½ uur	5,7	22,7	778	3401
49°C	½ uur	0	1,7	0	374

LSD (Least Significant Difference) = 4,0 (aantal planten) en 1032 (oogstgewicht)
Alleen wanneer het verschil tussen twee waarden in het betreffende deel van de tabel groter is dan of gelijk is aan de LSD-waarde is het verschil betrouwbaar (95% betrouwbaarheid).

De bewaring vond in 1996 plaats zonder finn peat; waardoor planten die in december behandeld waren te nat konden zijn. In 1997 werden de planten daarom bewaard met finn peat, de verschillen in oogstgewicht laten echter zien dat het toevoegen van vulmiddel geen verbetering gaf. Waarschijnlijk is de schade, die voornamelijk bij de zwaarste behandelingen optrad, een combinatie van een warmwaterbehandeling en de daaropvolgende bewaring. Planten die al beschadigd zijn door de warmwaterbehandeling zullen waarschijnlijk moeilijker de bewaring doorstaan dan onbeschadigde planten.
Het geven van een warmwaterbehandeling aan Phlox 'Fujiyama' kan het beste plaatsvinden vlak voor het planten. Een behandeling van 2 uur 43,5°C, ½ uur of 1 uur 45°C en ½uur 47°C geeft dan weinig schade. Moet door omstandigheden de behandeling toch in december uitgevoerd worden, dan zijn alleen de behandelingen 1 uur 43,5°C en ½ uur 45°C mogelijk.
Over de warmtetolerantie van andere cultivars is niets bekend; over het algemeen wordt aangenomen dat Phlox 'Fujiyama' een sterke cultivar is wat betreft de warmtetolerantie.

6 MOGELIJKHEDEN VOOR HET BEÏNVLOEDEN VAN WARMTETOLERANTIE

6.1 INLEIDING

In 1996 en 1997 werden enkele oriënterende proeven uitgevoerd om te bepalen of er mogelijkheden zijn om met voor- of nabehandelingen de schade aan de planten door de warmwaterbehandeling te verminderen. De soorten die hiervoor gebruikt werden, bleken in de voorafgaande jaren gevoelig te zijn voor een warmwaterbehandeling. Voor deze proeven werden gezonde planten gebruikt.

Uit literatuur is bekend dat planten die bij een hogere temperatuur zijn gegroeid of bewaard ook een hogere warmtetolerantie hebben dan planten die koel zijn behandeld (Baker, 1962). Dit gegeven kan gebruikt worden door de planten vóór een warmwaterbehandeling een warmtebehandeling te geven, om zo de warmtetolerantie te verhogen. In de bloembollenteelt is het effect van voorwarmte (bijv. 1 week 30°C, direct voorafgaande aan de warmwaterbehandeling) bekend (Van Leeuwen en Van der Weijden (1996), Winfield (1970)). Bij roos is het geven van voorwarmte (24 uur 37,8°C) ook succesvol gebleken (Towson en Lear, 1982). Ook bleek na het geven van een nabehandeling bij Anemone coronaria (vochtig bewaren bij 20°C, gedurende een week) dat de planten minder beschadigden dan wanneer deze nabehandeling niet was uitgevoerd (Doornik, Van Leeuwen en Van der Lans, 1990). Opgemerkt moet worden dat niet alleen de planten gunstig kunnen reageren op voorwarmte, maar dat ook aaltjes hiervan kunnen profiteren en dus warmtetoleranter kunnen worden.

6.2 PROEFOPZET

In 1996 werden Aconitum napellus, Delphinium 'Völkerfrieden' en Alchemilla mollis gebruikt. In 1997 werden Astilbe 'Peach Blossom' en Delphinium 'Völkerfrieden' in de proeven gebruikt. De volgende behandelingen werden uitgevoerd in december 1995 en 1996. Als voorbehandeling werd gekozen voor 1 dag 30°C. De planten werden gedurende 1 dag bewaard in een 30°C-cel, waarbij de planten ingepakt waren in plastic om uitdrogen te voorkomen. Direct na deze bewaring kregen de planten een warmwaterbehandeling. Als nabehandeling werd gekozen voor 3 dagen 20°C. De planten werden na de warmwaterbehandeling eerst licht gedroogd waarna ze 3 dagen in een 20°C-cel werden bewaard, waarbij de planten ingepakt waren in plastic. Bij Astilbe 'Peach Blossom' werd ook nog een voorbehandeling van 24 uur voorweken in water van ca. 20°C uitgevoerd. Per soort werd die temperatuur-tijdsduurcombinatie gekozen die in het jaar daarvoor lichte tot matige schade had veroorzaakt. Direct na de uitgevoerde behandelingen werden de planten enkele dagen bij 2°C bewaard, waarna ze werden ingevroren bij -2°C tot planten.

Er werd geplant in april en gerooid in november. Tijdens het seizoen werden de planten beoordeeld op opkomst en lengte van de bloemen. Na het rooien werd beoordeeld op gewicht en aantal planten per veldje.

6.3 RESULTATEN

6.3.1 Aconitum

Zowel de voorbehandeling (1 dag 30°C) als de nabehandeling (3 dagen 20°C) hadden bij Aconitum napellus een positief effect op het oogstgewicht (tabel 20). Er waren geen significante verschillen tussen het aantal knollen per veld, noch tussen het gemiddeld knolgewicht.

6.3.2 Alchemilla

Een warmwaterbehandeling van ½uur bij 45°C, leidde bij Alchemilla mollis tot veel schade. De uitgevoerde voor- en nabehandeling zorgden bij deze behandeling niet voor verbetering, de nabehandeling leidde zelfs tot een verdere vermindering van het oogstgewicht.

6.3.3 Astilbe

De uitgevoerde behandeling 3 uur 43,5°C veroorzaakte bij Astilbe 'Peach Blossom' veel schade. Op het veld was dit duidelijk te zien aan de kortere bloemen en het aantal opgekomen planten. Het oogstgewicht was significant lager dan dat van de onbehandelde veldjes. Zowel een behandeling van 3 uur 43,5°C met voorwarmte (1 dag 30°C) als met een nabehandeling van 3 dagen 20°C zorgden voor langere bloemen en een hoger oogstgewicht, ten opzichte van de behandeling 3 uur 43,5°C. De warmwaterbehandelingen met voor- of nabehandeling gaven zelfs ten opzichte van de onbehandelde planten geen lager oogstgewicht (tabel 21).

Tabel 20.
Het oogstgewicht (g) per veldje van Aconitum napellus, onder invloed van de voorbehandeling 1 dag 30°C of nabehandeling 3 dagen 20°C.

Behandeling	Oogstgewicht		
	controle	1 dg 30°C	3 dgn 20°C
geen	1515	1675	1701
½ uur 45°C	1437	1703	1751

LSD (Least Significant Difference) = 230. Alleen wanneer het verschil tussen twee waarden in de tabel groter is dan of gelijk is aan de LSD-waarde is het verschil betrouwbaar (95% betrouwbaarheid).

Tabel 21.
De bloemlengte (cm), aantal opgekomen planten en oogstgewicht (g) van Astilbe 'Peach Blossom', onder invloed van voor- en of nabehandelingen in combinatie met een warmwaterbehandeling.

Behandeling	Bloemlengte	Aantal planten	Oogstgewicht
onbehandeld	53	16,0	3486
3 uur 43,5°C	20	12,0	1545
voorweken + 3 uur 43,5°C	27	12,7	2014
1 dag 30°C + 3 uur 43,5°C	40	15,3	3107
3 uur 43,5°C + 3 dagen 20°C	32	14,1	3120

LSD (Least Significant Difference) = 11 (bloemlengte), 2,4 (aantal planten) en 650 (oogstgewicht). Alleen wanneer het verschil tussen twee waarden in het betreffende deel van de tabel groter is dan of gelijk is aan de LSD-waarde is het verschil betrouwbaar (95% betrouwbaarheid).

6.3.4 Delphinium

Na opkomst kwam bij Delphinium 'Völkerfrieden' zowel in 1996 als 1997 veel uitval voor. Daardoor werd de variatie vergroot en konden verschillen nauwelijks aangetoond worden. Op het veld leek in 1996 een positief effect aanwezig te zijn van een nabehandeling van 3 dagen 20°C. Na het rooien bleek dit niet tot uiting te komen in het oogstgewicht of in het aantal planten. In 1997 gaf de nabehandeling 3 dagen 20°C opnieuw een positief effect, wat ook tot uitdrukking kwam in het oogstgewicht.
De voorbehandeling van 1 dag 30°C had in beide jaren geen effect op de vermindering van schade aan de planten ten opzichte van de warmwaterbehandeling zonder voorbehandeling.

6.4 DISCUSSIE EN CONCLUSIE BEÏNVLOEDING WARMTETOLERANTIE

Uit de oriënterende proeven blijkt dat er (afhankelijk van het gewas) duidelijk perspectieven zijn voor vermindering van schade door de warmwaterbehandeling door het uitvoeren van voor- of nabehandelingen.
Bij Aconitum napellus en Astilbe 'Peach Blossom' bleken zowel 1 dag 30°C voor de warmwaterbehandeling als 3 dagen 20°C na de warmwaterbehandeling een positief effect te hebben, bij Delphinium was dit alleen het geval met de nabehandeling van 3 dagen 20°C. Bij Alchemilla trad totaal geen verbetering op.
De proeven moeten nog herhaald en verbreed worden om meer duidelijkheid te krijgen over de effecten van voor- en nabehandeling.

Tabel 22.
Het aantal opgekomen planten en oogstgewicht (g) van Delphinium 'Völkerfrieden', onder invloed van voor- en of nabehandelingen in combinatie met een warmwaterbehandeling.

Behandeling	Aantal planten	Oogstgewicht
onbehandeld (2 uur 20°C)	11,3	1316
45 minuten 45°C	4,0	673
voorweken + 45 minuten 45°C	2,5	340
1 dag 30°C + 45 minuten 45°C	1,8	245
45 minuten 45°C + 3 dagen 20°C	12,0	1826

LSD (Least Significant Difference) = 3,0 (aantal planten) en 548 (oogstgewicht)
Alleen wanneer het verschil tussen twee waarden in het betreffende deel van de tabel groter is dan of gelijk is aan de LSD-waarde is het verschil betrouwbaar (95% betrouwbaarheid).

7 ALGEMENE DISCUSSIE EN CONCLUSIE

7.1 AALTJESBESTRIJDING

Bestrijding van wortelknobbelaaltjes (Meloidogyne hapla) in plantmateriaal is mogelijk met een warmwaterbehandeling. De resultaten van de kas- en veldproeven kwamen goed overeen. In zowel de biotoets als in de veldproeven bleek dat een warmwaterbehandeling van 1 uur bij 43,5°C of van ½ uur bij 45°C onvoldoende was om de aaltjes volledig te doden. Er trad wel een duidelijke verbetering op ten opzichte van de onbehandelde planten. De warmwaterbehandelingen 2 uur 43,5°C of 1 uur 45°C gaven een goede doding van het wortelknobbelaaltje.
Deze behandelingen zijn afdoende tegen de bladaaltjes en zullen ook een goede bestrijding geven van stengelaaltjes.

Na het uitvoeren van deze warmwaterbehandelingen bij verschillende soorten vaste planten bleek in het eerste proefjaar al dat er afhankelijk van het gewas veel schade kan ontstaan aan de planten. Daarom werd ook een proef uitgevoerd met 'cultuurkoken'. Bij cultuurkoken wordt jaarlijks een lichte warmwaterbehandeling uitgevoerd, waarbij de aaltjespopulatie niet voor 100% bestreden wordt, maar wel bijna volledig wordt onderdrukt. Bij zo'n lichte behandeling is de overleving van de planten veel beter. Uit proeven met Meloidogyne hapla bleek dat bij de uitvoering van een warmwaterbehandeling van 1 uur 43,5°C of ½ uur 45°C, twee jaar achter elkaar, er geen knobbels op de wortels te vinden waren. Deze proef wordt in 1998 herhaald, waarbij ook gekeken wordt naar nog lichtere temperatuur-tijdsduurcombinaties. Er lijken zeker mogelijkheden te zijn om met cultuurkoken van vaste planten de aaltjespopulatie tot een minimum te reduceren waarbij de planten de behandeling goed overleven.

Omdat er weinig zwaar aangetaste partijen met wortellesie-aaltjes (Pratylenchus penetrans) voor de proeven beschikbaar waren, moeten conclusies over een effectieve bestrijdingsbehandeling van dit aaltje met enige voorzichtigheid worden getrokken. Een warmwaterbehandeling van 1 uur 43,5°C, 2 uur 43,5°C, ½ of 1 uur 45°C was onvoldoende voor afdoende doding van wortellesie-aaltjes. Er trad wel een flinke reductie van het aantal aaltjes op ten opzichte van de onbehandelde planten.
De indruk is dat Pratylenchus penetrans iets moeilijker te doden is dan Meloidogyne hapla.
De bovenstaande resultaten werden behaald na het uitvoeren van warmwaterbehandelingen in december, vóór de bewaring. Uit kas- en veldproeven bleek dat de bestrijding van wortelknobbelaaltjes beter was als de behandeling uitgevoerd werd in december in plaats van een warmwaterbehandeling uitgevoerd in maart, vlak voor planten. Dit aspect moet in de toekomst zeker nader onderzocht worden.

7.2 WARMTETOLERANTIE PLANTEN

Naast de letale temperatuur-tijdsduurcombinaties van beide wortelaaltjes is het ook van belang welke warmwaterbehandelingen de diverse soorten vaste planten kunnen verdragen. In 1996 en 1997 werd hierbij ook gekeken naar de invloed van het tijdstip van uitvoering op de schade aan de planten.
Duidelijk werd dat het tijdstip waarop de behandeling uitgevoerd werd van groot belang is voor de uiteindelijke schade aan de planten.
Bij Phlox 'Fujiyama', Hosta sieboldiana en 'Frances William', Geranium 'Johnson's Blue' bleek beide proefjaren dat de behandeling in maart een beter oogstgewicht gaf dan diezelfde behandeling in december.

Bij Paeonia 'Sarah Bernhardt' en Aconitum napellus was in 1996 de behandeling uitgevoerd in december beter dan die uitgevoerd in maart. In 1997 was de behandeling uitgevoerd in maart beter dan die uitgevoerd in december.
Bij Astilbe 'Peach Blossom' trad in beide jaren nauwelijks een verschil op tussen de twee tijdstippen. Verschillen tussen beide tijdstippen traden het duidelijkst op bij de zwaarste behandelingen.
Over het algemeen wordt geadviseerd dat de planten het beste behandeld kunnen worden vlak na het rooien (december), omdat ze dan in rust zijn. Na de warmwaterbehandeling worden de planten koel bewaard (2°C) of ingevroren (-2°C) en in het voorjaar uitgeplant op het veld. De proeven lijken echter aan te geven dat een behandeling vlak voor het planten in april bij veel soorten minder schade veroorzaakt dan de behandeling uitgevoerd in december. Het is mogelijk dat de planten in december nog niet voldoende in rust waren en daardoor veel schade leden. Eveneens kan het zijn dat het bewaren van planten die een warmwaterbehandeling ondergaan hebben moeilijker verloopt dan die van onbehandelde planten.
Hoewel het tijdstip van de warmwaterbehandeling zeer van belang lijkt voor de overleving van de planten geven de twee onderzoeksjaren geen eenduidig beeld. Meer onderzoek is nodig om uitsluitsel te geven.

Aconitum napellus vertoonde zelfs na de lichtste behandeling (1 uur 43,5°C) schade aan het gewas. Er werden meer kleine en minder grote knollen gevormd. Het uitvoeren van 1 uur 43,5°C of ½ uur 45°C bij plantgoed is echter goed mogelijk, mits het verlies van leverbare knollen acceptabel is. Het tijdstip waarop de behandeling moet worden uitgevoerd is nog onduidelijk en moet nog verder worden onderzocht.

Zowel Alchemilla mollis als Anemone 'Pamina' zijn planten die zeer gevoelig zijn voor een warmwaterbehandeling. Behandelingen als 1 uur 43,5°C of ½ uur 45°C veroorzaken al veel schade. Het tijdstip lijkt wel van invloed, een behandeling in maart geeft minder schade dan die in december.

Omdat in de praktijk Astilbe-soorten ook al behandeld werden tegen bladaaltjes, was het te verwachten dat deze planten veel konden verdragen. De behandeling 2 uur 43,5°C, 1 uur 45°C en ½ uur 47°C werd door Astilbe 'Peach Blossom' goed verdragen. De opbrengst was echter wel iets minder dan die van de controlebehandelingen. Opvallend was dat de bloemlengte beïnvloed werd door de behandeling. De bloemstelen werden korter naarmate de warmwaterbehandeling zwaarder was. Bij het behandelen van plantgoed in de vasteplantenteelt is dit geen probleem, maar wel als leverbare planten behandeld worden of als ze gebruikt worden voor de snijbloementeelt. Voor Astilbes geldt dat het tijdstip waarop de planten worden behandeld nauwelijks van belang is.

Uit een eenmalige proef met Delphinium 'Völkerfrieden' bleek dat een behandeling van 1 uur 43,5°C of ½ uur 45°C lichte schade gaf. Delphinium is na het eerste proefjaar alleen gebruikt voor proeven gericht op het verminderen van schade aan de planten door het geven van voor- en nabehandelingen.

Ook Geranium 'Johnson's Blue' is slechts één jaar in de proeven onderzocht. De warmwaterbehandelingen 1 uur 43,5°C of ½ uur 45°C konden zonder veel schade uitgevoerd worden in maart. Als deze behandelingen uitgevoerd werden in december trad er meer schade op. Diezelfde behandelingen uitgevoerd bij Geranium 'Gravetye' gaf echter wel schade. Deze resultaten moeten voorzichtig geïnterpreteerd worden, omdat beide cultivars slechts één jaar onderzocht zijn.

Diverse Hosta-soorten krijgen in de praktijk al een warmwaterbehandeling. Uit de proeven bleek dat Hosta sieboldiana zeer warmtetolerant is. Een behandeling van 2 uur 43,5°C of 1 uur 45°C kon zonder problemen uitgevoerd worden vlak voor planten. In het laatste proefjaar bleek dat Hosta 'Frances William' veel minder warmtetolerant is dan Hosta sieboldiana. Duidelijk was dat het behandelingstijdstip een belangrijke rol speelde bij het ontstaan van schade aan de planten.
Hieruit kan worden opgemaakt dat er waarschijnlijk verschillen kunnen optreden tussen de cultivars van één soort wat betreft warmtetolerantie. Voor uitvoering in de praktijk is het daarom noodzakelijk elke cultivar, met de beschikbare inzichten uit het onderzoek, eerst op kleine schaal te testen alvorens over gegaan wordt tot grootschalige uitvoering van de behandeling.

Net als Astilbe en Hosta krijgt Paeonia in de praktijk ook al een warmwaterbehandeling. Ook hier bleek een zware behandeling goed mogelijk te zijn. De warmwaterbehandeling van 2 uur 43,5°C of 1 uur 45°C, óf in december óf in maart uitgevoerd, resulteerden niet in verminderde opbrengst. Het tijdstip waarop de behandeling moet worden uitgevoerd is nog onduidelijk en moet nog verder onderzocht worden. Dit is voornamelijk van belang voor zwaardere behandelingen.

Bij Phlox 'Fujiyama' was het effect van het tijdstip van uitvoeren het meest duidelijk aanwezig. Het uitvoeren van een warmwaterbehandeling kan het beste plaatsvinden in maart, vlak voor het planten. Een behandeling van 2 uur 43,5°C of 1 uur 45°C is dan goed mogelijk.

7.3 VERMINDERING VAN SCHADE DOOR VOOR- OF NABEHANDELING

Bij een aantal gewassen is in kleine proefjes ook gekeken naar de mogelijkheden van verminderen van schade aan de planten door voor- of nabehandelingen. Het geven van voorwarmte (1 dag 30°C, gegeven direct vóór de warmwaterbehandeling) lijkt voor Astilbe 'Peach Blossom' en Aconitum napellus een positieve invloed te hebben. Het geven van een nabehandeling (3 dagen 20°C, direct na de warmwaterbehandeling) geeft goede resultaten bij Aconitum napellus, Astilbe 'Peach Blossom' en Delphinium 'Völkerfrieden'. Voor- en nabehandelingen lijken, net als bij bloembollen, perspectief te bieden; meer onderzoek hieraan is noodzakelijk.

7.4 PLANTGOED

Het is van groot belang dat de warmwaterbehandeling niet alleen als correctiemiddel gebruikt wordt voor leverbaar materiaal, maar dat juist ook het plantgoed behandeld wordt. Ten eerste zullen aaltjes vanuit geïnfecteerd plantgoed de grond kunnen besmetten en daardoor in de jaren erna voor teeltproblemen zorgen. Behandelen van plantgoed leidt tot een goede start van de teelt. Ten tweede blijven symptomen, ook ná een warmwaterbehandeling van leverbaar materiaal, zichtbaar op de wortels en kunnen ze daardoor toch nog voor problemen zorgen in de export.

8 AANBEVELINGEN

Uit het onderzoek is gebleken dat er zeker mogelijkheden zijn om wortelaaltjes (Meloidogyne hapla en Pratylenchus penetrans) in diverse soorten vaste planten met een warmwaterbehandeling te bestrijden. Diverse combinaties van temperatuur en tijd zijn effectief gebleken tegen de wortelknobbelaaltjes, en in mindere mate tegen wortellesie-aaltjes. Het tijdstip waarop de behandeling wordt uitgevoerd lijkt eveneens van belang te zijn. Een aantal soorten vaste planten is echter gevoelig voor een warmwaterbehandeling. De effectieve combinatie van temperatuur en tijd, benodigd voor het doden van de aaltjes, is dan schadelijk voor de planten. Het uitvoeren van een warmwaterbehandeling is voor de praktijk dan nog te risicovol. Soorten als Astilbe, Hosta en Paeonia zijn met de huidige kennis al goed en zonder veel schade te behandelen tegen wortelaaltjes.

Een mogelijke oplossing voor warmtegevoelige gewassen met aaltjes kan het uitvoeren van een cultuurkook zijn, waarbij de planten elk jaar een 'lichte' warmwaterbehandeling krijgen. In een eenmalige proef gaven de behandelingen 1 uur 43,5°C en ½ uur 45°C, twee jaar achter elkaar uitgevoerd, een zeer goede bestrijding van het wortelknobbelaaltje. Omdat zelfs deze 'lichte' behandeling schade kan geven bij sommige soorten, is het noodzakelijk om uit te zoeken of een nog 'lichtere' behandeling, jaarlijks uitgevoerd, ook een goed dodend effect op zowel wortelknobbelaaltjes als ook wortellesie-aaltjes kan hebben.

Het tijdstip waarop de behandeling uitgevoerd wordt lijkt voor beide aaltjes belangrijk te zijn. In de projectperiode is dit aspect slechts in twee proeven onderzocht. Een behandeling in december bleek toen effectiever dan diezelfde behandeling in maart. Deze proef moet zeker herhaald worden. De resultaten zijn van belang omdat veel planten een warmwaterbehandeling waarschijnlijk beter kunnen verdragen als deze wordt uitgevoerd vlak voor planten.

Het tijdstip waarop de warmwaterbehandeling wordt uitgevoerd lijkt dus van belang voor de bestrijding van de aaltjes maar ook voor de overleving van de planten na de warmwaterbehandeling. In zowel 1996 als 1997 zijn proeven met diverse soorten vaste planten uitgevoerd om het effect van het tijdstip van de behandeling op de overleving te onderzoeken. Conclusies over deze proeven zijn voor een aantal gewassen nog niet te trekken. Herhaling van enkele proeven is zeker noodzakelijk om tot een goed advies voor de praktijk te komen.

Een oplossing voor warmtegevoelige gewassen is eveneens het toepassen van voor- en nabehandelingen van plantmateriaal. Uit oriënterende proeven bleek dat voorwarmte (1 dag 30°C) uiteindelijk minder schade gaf. Ook een nabehandeling, waarbij de planten na de warmwaterbehandeling langer bij 20°C blijven staan, gaf minder schade. Nog niet duidelijk is wat de reactie van de aaltjes op deze behandelingen is. Het geven van voor- en nabehandelingen moet daarom zeker nader onderzocht worden, wil een toepassing hiervan in de praktijk haalbaar zijn.

McElroy, F.D.; 1973.
Control of Pratylenchus penetrans in raspberry root cuttings.
Plant Disease Reporter 57: 492-495.

Muller, P.J.; 1994.
Aconitum napellus: Bladaaltjes goed te bestrijden met een warmwaterbehandeling.
Vakwerk 42: 40-41.

Stemerding, S.; 1963.
Een mixer-wattenfilter methode om vrijbeweeglijke endoparasitaire nematoden uit wortels te verzamelen.
Versl. PlZiekt. Dienst no. 141: 170-175.

Teylingen, M. van; 1994.
Warmwaterbehandeling van plantemateriaal.
Literatuurstudie in opdracht van het Produktschap voor Siergewassen en de Nederlandse Bond van Boomkwekers.

Towson, A.J.; Lear, B; 1982.
Control of nematodes in rose plants bij hot-water treatment preceded bij heat-hardening.
Nematologica 28:339-353.

Verhoeven, E.J.M.; 1997.
Methode voor het vermeerderen en instandhouden van aaltjesvrij uitgangsmateriaal in de vasteplantenteelt.
Rapport 47, Boomteeltpraktijkonderzoek.

Winfield, A.L.; 1970.
Factors affecting the control by hot water treatment of stem nematode Ditylenchus dipsaci (Kühn) Filipjev in narcissus bulbs.
J. hort. Sci. 45: 447-456.

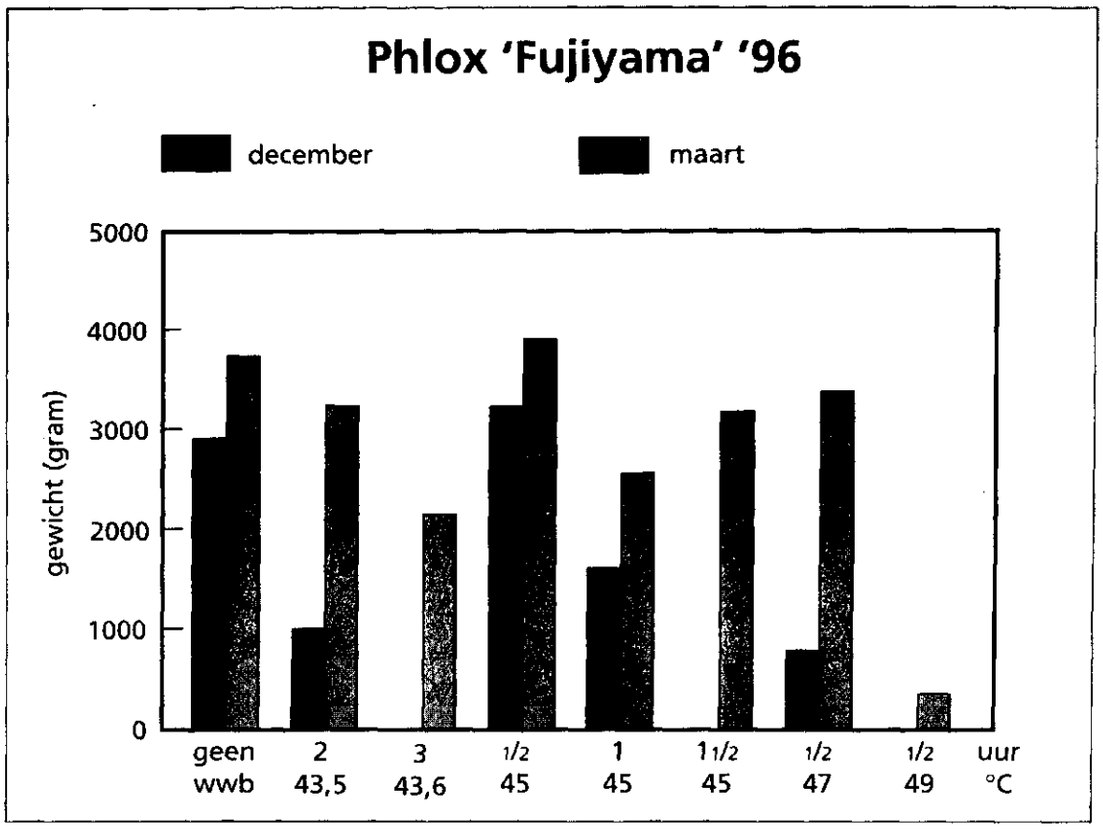
Zondervan, T.; Huiskamp, Th.; 1987.
Ontwikkeling van een biotoets voor Meloidogyne hapla.
Gewasbescherming 18(6): 173-178.

BIJLAGE 1: KOPIEËN VAN ARTIKELEN

Meij, J. van der
Aaltjes in vaste planten: effectieve combinaties in warmwaterbehandelingen.
Vakwerk 69(1995)46: 39.

Meij, J. van der
Warmwaterbehandeling vaste planten: perspectief op bestrijding van wortelaaltjes.
Vakwerk 70(1996)46: 42-43.

Meij, J. van der
Bestrijding wortelknobbelaaltjes in vaste planten: jaarlijkse warmwaterbehandeling houdt aaltjespopulatie in de hand.
Vakwerk 71(1997)47: 10-12.



Behandelen in maart gaf bij Phlox 'Fujiyama' veel minder schade (meer oogstgewicht) dan in december.

maart. Bij Astilbe 'Peach Blossom' was er geen verschil tussen beide tijdstippen. Bij Geranium 'Johnson's Blue', Phlox 'Fujiyama' en Hosta sieboldiana bleek de behandeling in maart een beter resultaat te geven dan de behandeling in december. Bij Anemone 'Pamina' kwamen de onbehandelde planten slecht boven de grond. Van de planten die een warmwaterbehandeling kregen kwam er geen plant op.
De stand van het gewas op het veld laat dit jaar (1997) bij een aantal soorten een ander beeld zien. Bij alle soorten staan de behandelingen van maart er beter bij dan die in december. De beoordeling na het rooien, het oogstgewicht, moet afgewacht worden om een conclusie te kunnen trekken. Het lijkt erop dat een behandeling van een aantal soorten beter kan plaatsvinden vlak voor het planten, dan voor de bewaring. De mate van beschadiging zou ook afhankelijk kunnen zijn van de mate van rust, rooitijdstip en bewaaromstandigheden van het plantmateriaal.

Voorlopige conclusies

Uit twee proefjaren is gebleken dat het wortelknobbelaaltje te bestrijden is met een warmwaterbehandeling. Veel gewassen kunnen echter een warmwaterbehandeling waarbij de aaltjes voor 100 procent bestreden worden, niet doorstaan. Het jaarlijks uitvoeren van een minder zware behandeling (cultuurkoken) kan de aaltjespopulatie op een zeer laag niveau houden.
Een warmwaterbehandeling in december gaf een betere aaltjesbestrijding dan een warmwaterbehandeling in maart. De behandeling van gezonde planten in december gaf echter meer schade dan die in maart.
Voor eindconclusies moet het resultaat van het groeiseizoen 1997 afgewacht worden. In november 1997 worden de planten gerooid en kunnen waarnemingen worden verricht.

Vervolg onderzoek

In het komende jaar wordt het onderzoek vervolgd. Het cultuurkoken van planten krijgt in 1998 opnieuw de aandacht. Er wordt dan niet alleen gekeken naar de bestrijding van de wortelknobbelaaltjes, maar ook van wortellesie-aaltjes (Pratylenchus penetrans). Eveneens worden verschillende proeven gedaan om het effect van factoren als rooitijdstip, bewaaromstandigheden en bepaalde voor- en nabehandelingen op de mate van beschadiging te bekijken.

J. van der Meij, Laboratorium voor Bloembollenonderzoek