

Cultuurkoken amaryllis

- Effecten warmwaterbehandelingen
- De technische uitvoerbaarheid van cultuurkoken in een substraatbed

L. Stapel, J. Doorduyn en J. Amsing
P. van Weel en M. Warmenhoven

© 2005 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Interne publicatie



Projectnummer: 4110 3601

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Business Unit Glastuinbouw

Adres : Linnaeuslaan 2a
: 1431 JV Aalsmeer
Tel. : 0297 - 35 25 25
Fax : 0297 - 35 22 70
E-mail : loes.stapel@wur.nl
: peter.vanweel@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING	7
SUMMARY	9
1 INLEIDING	11
1.1 Probleemstelling	11
1.2 Doelstelling	11
2 WARMWATERBEHANDELINGEN	13
2.1 Inleiding	13
2.2 Materiaal en methoden	13
2.2.1 Proefopzet warmwaterbehandelingen	13
2.2.2 Doding van aaltjes	13
2.2.3 Bloemknopschade	14
2.2.4 Statistische verwerking	15
2.3 Resultaten	16
2.3.1 Warmwaterbehandelingen	16
2.3.2 Doding van aaltjes	16
2.3.3 Bloemschade	18
2.4 Discussie en Conclusies	20
3 DE TECHNISCHE UITVOERBAARHEID VAN CULTUURKOKEN IN EEN SUBSTRAATBED	23
3.1 Inleiding	23
3.2 Vraagstelling	23
3.3 Aanpak	24
3.4 Resultaten – Eerste experimenten	27
3.5 Resultaten – Verbeterde experimenten	28
3.5.1 Kleikorrels	28
3.5.2 Perliet	29
3.5.3 Flugzand	30
3.6 Conclusies en aanbevelingen	32
LITERATUUR	33
BIJLAGE 1 TEMPERATUURREALISATIE KOOKBEHANDELINGEN	34

Voorwoord

In dit voorwoord wil ik Hans van Kester, Arie Moerman en Gerard van der Sar hartelijk bedanken voor hun belangenloze medewerking in dit project. Arie heeft samen met Hans de warmwaterbehandelingen bij Hans op het bedrijf uitgevoerd. Dit was een zware en warme klus. Daarnaast hebben ze meegeholpen met de beoordeling van de uitbloeioproef. Gerard van der Sar heeft het proefbed en zijn tijd beschikbaar gesteld zodat de uitbloeioproef heeft kunnen plaatsvinden.

Samenvatting

CULTUURKOKEN AMARYLLIS – EFFECT WARMWATERBEHANDELINGEN (FASE 1)

• Inleiding

Om te weten aan welke voorwaarden het systeem van cultuurkoken moet voldoen, zijn door middel van warmwaterbehandelingsproeven de temperatuur/tijd-combinaties vastgesteld waarbij zowel de aaltjes als de eitjes zoveel mogelijk worden gedood, zonder dat er bloem(knop)schade optreedt (Fase 1). Vervolgens is op kleine schaal bij drie substraten onderzocht wat de beste methode was om deze behandeling toe te passen (Fase 2). In de proef, die deels in de praktijk en deels op het PPO heeft plaatsgevonden, zijn temperatuurgrenzen en 'kooktijden' bepaald, waarbij aaltjes en eitjes worden gedood (A), maar bloemknopschade (B) niet voorkomt. Verschillende combinaties van watertemperatuur (40, 42, 43,5, 45, 46,5, 48 en 50°C) en tijdsduur (15, 30, 60, 120, 180, 240 en 360 minuten) zijn onderzocht.

A. Voor doding van de aaltjes is een besmette partij 'Red Lion' (bolmaat 26-38) uit de praktijk gebruikt. De helft van de bollen is direct na het koken bemonsterd. De aantallen eitjes en aaltjes zowel in de wortels als in de zool zijn bepaald. De andere helft van de bollen is uitgeplant in flugzand en vier maanden later bemonsterd op aantallen aaltjes en eitjes.

B. Voor de gewasveiligheidsproef (bloemknopschade) is een partij 'Mont Blanc' gebruikt met bolmaten 30-36. Na de kookbehandelingen zijn de bollen geprepareerd. De partij 'Mont Blanc' is op een praktijkbedrijf uitgeplant, waar ook de waarnemingen aan de bloemen zijn gedaan.

• Resultaten

A. Direct na het koken werden bij een aantal temperatuur/tijdcombinaties nog levende aaltjes gevonden, vooral bij de lagere temperaturen en een kortere behandelingstijd. Vier maanden na opplanting bleek dat bij een warmwaterbehandeling vanaf ongeveer 120 minuten 46,5°C 95% van zowel de eitjes als de aaltjes werd gedood. Bij 43,5°C moet de tijdsduur minimaal 150 minuten zijn, bij 42°C minimaal 210 minuten. Bij 40°C werd geen 95% doding van eitjes en aaltjes bereikt.

B. Bij de hoogste temperaturen (48 en 50°C) gedurende respectievelijk 180 en 240 minuten was bloemknopschade ontstaan. Bij een behandeling van 180 minuten bij 50°C was er nog nauwelijks bloemproductie.

• Conclusies

Direct na de warmwaterbehandelingen kunnen bij alle temperaturen nog levende aaltjes in de bolbodem gevonden worden. Vier maanden na opplanting blijkt dat een temperatuurbehandeling van 40°C onvoldoende is (bij geen enkele tijdsduur) om de aantallen aaltjes en eitjes met 95% of meer te reduceren. Een vermindering van het aantal aaltjes en eitjes met meer dan 95% kan bij meerdere behandelingen gerealiseerd worden. Temperatuurbehandelingen van meer dan twee uur 48°C en meer dan één uur 50°C geven matig tot ernstige bloemschade en productievermindering.

CULTUURKOKEN AMARYLLIS – TECHNISCHE ASPECTEN (FASE 2)

• Inleiding

De technische aspecten van het cultuurkoken zijn op kleine schaal onderzocht. Uit Fase 1 is de volgende temperatuur/tijd combinatie gekozen: 150 minuten bij 45°C. Hierbij werd meer dan 95% van de aaltjes en eitjes gedood en er trad geen bloemschade op. In een paar proefbedden zijn temperatuursensoren (gekoppeld aan een datalogger) geïnstalleerd bij drie verschillende substraten, te weten flugzand, kleikorrels en perliet. Tevens zijn verschillende manieren van watertoevoer en drainage getest.

• Resultaten

Voor perliet en flugzand is bij een standaard teeltbed de warmwaterbehandeling niet uitvoerbaar. Het substraat houdt teveel vocht vast waardoor geen goede temperatuurverdeling wordt bereikt. Bovendien gaat perliet drijven. Een oplossing zou kunnen zijn om onder de hele substraatlaag een drainlaag of een rooster te plaatsen waardoor het van boven aangevoerde warme water verticaal kan doorstromen en dus de kortste weg aflegt. Een dergelijk systeem is nog niet uitgetest. Voor kleikorrels levert het doorstromen

van het bed met water van 45°C, bij een zodanige afstemming tussen drainage en watertoevoer dat het substraat juist onder water komt te staan, goede resultaten op.

- **Conclusie**

Technisch is het mogelijk om een warmwaterbehandeling via een doorstroommethode in teeltbedden uit te voeren. Belangrijk hierbij is de keuze van het substraat, drainage en voldoende verwarmingscapaciteit.

Summary

'CULTURE-COOKING' AMARYLLIS – EFFECT OF HOT WATER TREATMENTS (PHASE 1)

• **Introduction**

To know to which conditions the system of 'culture-cooking' must satisfy, hot water treatments with different temperature/time combinations were carried out. Determined is where both of the nematodes and eggs are killed, without any flower damage occur (Phase 1). Then it has been examined on a small scale in three substrates what the best method was to apply this treatment (Phase 2).

In experiments on a nursery and at the PPO Research Station, temperature limits and durations of hot water treatments have been determined, in which nematodes and eggs are killed (A), but flower damage (B) does not occur. Several combinations of water temperature (40, 42, 43.5, 45, 46.5, 48 and 50°C) and duration (15, 30, 60, 120, 180, 240 and 360 minutes) have been examined.

A. For the killing of nematodes, nematode-infected bulbs 'Red Lion' (size 26-38) from practice were used. One series of the bulbs was sampled directly after cooking and numbers of eggs and nematodes have been counted both in the roots and in the bulb base. The other series of the bulbs were planted in sand and sampled 4 months later and numbers of nematodes and eggs were counted.

B. For the part of flower damage, bulbs of 'Mont Blanc' (size 30-36) were used. After the hot water treatments the bulbs received a cold treatment. The bulbs of 'Mont Blanc' were planted on a nursery, where also the observations were done to the flowers.

• **Results**

A. Directly after the hot water treatments living nematodes could be found by some of the temperature/time combinations, especially at lower temperatures and shorter times. Four months after the treatments it appeared that a hot water treatment from about 120 minutes at 46.5°C 95% of the eggs and nematodes had killed. At 43.5°C the time of the hot water treatment should be at least 150 minutes and at 42°C at least 210 minutes. At 40°C, no 95% killing of the eggs and nematodes was reached.

B. At the highest temperatures (48 and 50°C) during 180 and 240 minutes the flowers were damaged. At 50°C during 180 minutes, there was hardly any flower production.

• **Conclusions**

Immediately after the hot water treatments, living nematodes could be found in the base of the bulbs at all temperatures. Four months after the treatments 40°C was not sufficient to decrease the number of nematodes and eggs with 95% or more. A decrease of the number of nematodes and eggs of 95% or more was realized at different treatments. Temperature treatments longer than two hours 48°C and longer than one hour 50°C could cause serious flower damage and a decrease of the flowering production.

'CULTURE-COOKING' AMARYLLIS – TECHNICAL ASPECTS (PHASE 2)

• **Introduction**

The technical aspects of 'culture cooking' were investigated on a small scale. From phase 1 is the following temperature/ time chosen: 150 minutes at 45°C. At this treatment more than 95% of the nematodes and eggs were killed and no flower damage appeared. In three experimental beds, temperature sensors (connected to a computer) were installed in three different substrates, sand, clay granules and perlite. Different ways of water supply and drainage were tested.

• **Results**

For perlite and sand in a standard nursery bed the hot water treatment was not practicable. These substrates hold too much water, so that a good distribution of temperature could not be reached. Besides, perlite went floating. A solution could be that, by placing a drainlayer or grid under the substrate, the hot water which is supplied from above, could flow through vertically and so cover the smallest distance. Such a system is not tested yet. For the clay granules it is possible to regulate the hot water (50°C) in such a way, that when drainage and water supply is tuned right, the substrate just stayed under water.

- **Conclusion**

Technically it is possible to carry out a hot water treatment in growing beds by a 'flow through' method. Important herewith is the right choice of the substrate, drainage and sufficient heating capacity.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

In de (bloemen)teelt van amaryllis kan aantasting door de worteltesieaaltjes *Pratylenchus penetrans* en/of *P. scribneri* een groot probleem zijn (Stapel en Amsing, 2003). Niet alleen in de volle grond, maar ook in substraten. Het 'koken' van de bollen dat standaard plaatsvindt, is blijkbaar niet altijd 100% effectief. Daarnaast zijn de mogelijkheden voor chemische bestrijding tijdens de teelt beperkt.

Na het rooien van de bollen worden de bollen 'gekookt'. Omdat het rooien in de bloemeteelt vaak maar ééns in de vier of vijf jaar gebeurt, worden de bollen ook maar éénmaal per vier à vijf jaar gekookt. Als tijdens het koken niet alle aaltjes en eitjes gedood worden, kan in de nieuwe teeltperiode weer een flinke aaltjespopulatie worden opgebouwd, waardoor schade aan het gewas kan ontstaan. De bloementelers zouden geholpen zijn met een systeem waarbij ze de bollen jaarlijks kunnen 'koken', direct in de substraatbedden. Hierdoor zal de aantasting van aaltjes op een laag niveau blijven, waardoor de kleine aantallen aaltjes en eitjes die nog in de bollen en/of wortels zitten, niet of nauwelijks schadelijk zullen zijn voor het gewas. Dit systeem wordt cultuurkoken genoemd. Het idee van cultuurkoken is ontstaan doordat op een praktijkbedrijf een verwarmings slang was gesprongen. Op die plek was de aaltjesaantasting minder geworden. Vervolgens zijn binnen het project SiGNatuur in 1998 een aantal proeven op een praktijkbedrijf uitgevoerd (Blom-Lips, 1998). In een eerste proef is een temperatuur van 60°C toegepast gedurende 30 minuten. De bollen waren allemaal 'verkookt'. In een tweede proef is een temperatuur toegediend van 50°C gedurende 15 en 30 minuten. Na de behandeling stond het gewas er beter bij, het blad was langer en de bloemknoppen zwaarder. Een verdere ontwikkeling van een goed werkend systeem heeft verder niet plaatsgevonden.

1.2 Doelstelling

Om te weten aan welke voorwaarden het systeem van cultuurkoken moet voldoen, moeten door middel van warmwaterbehandelingsproeven de temperatuur/tijd-combinaties worden vastgesteld waarbij zowel de aaltjes als de eitjes zoveel mogelijk worden gedood, zonder dat er bloem(knop)schade optreedt. Vervolgens wordt op kleine schaal bij drie substraten onderzocht wat de beste methode is om deze behandeling toe te passen.

2 Warmwaterbehandelingen

2.1 Inleiding

De proeven om de temperatuurgrenzen en 'kooktijden' van amaryllisbollen te bepalen zijn deels in de praktijk en deels in een kas van het PPO uitgevoerd. Het 'koken' is gebeurd in een warmwaterketel op een amaryllisbedrijf. Na het 'koken' is het effect van de temperatuurbehandelingen vastgesteld op de overleving van aaltjes en eitjes van *Pratylenchus* spp. De eerste waarneming vond direct na het 'koken' plaats en de tweede waarneming vier maanden nadat de 'gekookte' bollen waren opgeplant in schoon substraat. In het laatste geval kan een niet gedood aaltje of eitje na vermeerdering alsnog worden gevonden. In een tweede proef is van 'gekookte' en daarna geprepareerde bollen nagegaan in welke mate de temperatuurbehandelingen schadelijk waren voor de bloemknoppen.

2.2 Materiaal en methoden

2.2.1 Proefopzet warmwaterbehandelingen

De bollen hebben zowel voor het gedeelte van de doding van aaltjes als de bloemschade 35 temperatuur/tijdcombinaties ondergaan (zie Tabel 1). Naast deze behandelingen was er ook een controlebehandeling, de bollen in deze behandeling zijn niet 'gekookt', de proef bestond dus uit 36 behandelingen.

Tabel 1: *Temperatuur/tijd combinaties – 35 behandelingen + 1 controle (= niet gekookt)*

Temperatuur (°C)	Tijdsduur (minuten)						
	15	30	60	120	180	240	360
40			1	2	3	4	5
42			6	7	8	9	10
43,5		11	12	13	14	15	
45		16	17	18	19	20	
46,5	21	22	23	24	25		
48	26	27	28	29	30		
50	31	32	33	34	35		

Tijdens de warmwaterbehandelingen is de temperatuur op verschillende plaatsen in en buiten de bol gemeten. De metingen hebben plaatsgevonden bij drie bolmaten, te weten 26/28, 32/34 en 38/40; er is per kooktemperatuur gemeten bij de behandelingen met de langste kookduur. De omgevingstemperatuur van de ruimte waar ketel staat, de temperatuur van het water in de ketel en de temperatuur van de drie bolmaten in het hart en de bodem van de bol zijn gemeten. Metingen werden gedaan met behulp van temperatuurvoelers en een datalogger. Per minuut werd de temperatuur gemeten, per 5 minuten werd de temperatuur opgeslagen. De bollen zijn per temperatuurbehandeling in volgorde van de langste kookduur tot de kortste kookduur in het kookbad gebracht; bij deze werkwijze was het tijdstip van het einde van de kookbehandeling bij alle behandelingen hetzelfde en werden de bollen op hetzelfde moment uit het kookbad gehaald.

2.2.2 Doding van aaltjes

Bij een praktijkbedrijf is in week 42 (2003) een met aaltjes besmette partij 'Red Lion' (600 bollen) geroid. Tot de warmwaterbehandelingen in week 45/46 hebben de bollen op een warme, droge plek op het bedrijf

gestaan. Voor de nulpuntsbepaling van de aantallen aaltjes in de wortels en de zool is een monster opgestuurd naar de Plantenziektkundige Dienst in Wageningen. In 5 gram bolbodem en wortels werden 815 aaltjes en 955 eitjes gevonden. De aaltjes zijn gedetermineerd als *Pratylenchus penetrans*. In week 45/46 van 2003 hebben de warmwaterbehandelingen plaatsgevonden. De bollen zijn daarna naar het PPO in Aalsmeer gebracht. De helft van de bollen (Partij 1) is direct bemonsterd op aaltjes. De andere helft (Partij 2) van de bollen is voor het uitplanten gedurende twee weken gedroogd. De bollen zijn uitgeplant in groentekisten, gevuld met fijn flugzand. Per kist zijn acht bollen geplant. Na het opplanten kregen de bollen gedurende twee weken de gelegenheid om goed te wortelen bij 25°C. Daarna werd de temperatuur teruggebracht naar ca. 22°C. In enkele kisten was een thermometer gezet, om de substraattemperatuur regelmatig te controleren. In week 14 zijn de opgeplante bollen gerooid, gespoeld om de wortels vrij van flugzand te krijgen en bemonsterd in het lab. Tot de bemonstering op het lab zijn de bollen bewaard bij 5°C. De bollen zijn per twee stuks bemonsterd, zodat er per behandeling 4 monsters waren.

Bemonsteren direct na het koken (Partij 1)

Van deze partij bollen zijn zowel de wortels als de bolbodem bemonsterd. De wortels zijn hiertoe in stukjes van circa 0,5-1 cm lengte geknipt, nogmaals gewogen (=netto wortelgewicht) en gemengd. De zool is van de bol afgesneden en in kleine stukjes gesnipperd. Van beide onderdelen is een submonster van 5 gram ($\pm 0,05$ g) genomen. Meer materiaal kon met de mixer/centrifuge-drijfmethode niet verwerkt worden. De monsters zijn volgens deze methode verder verwerkt. Na het centrifugeren zijn de monsters verzameld in glazen potjes. De monsters kregen gedurende een nacht de tijd om te bezinken, daarna zijn ze afgeheveld tot circa 15 ml. In deze monsters is gekeken hoe de verdeling was tussen het aantal eitjes, het aantal dode aaltjes en het aantal levende aaltjes, zowel in de bolbodem als in de wortels. Hiertoe zijn de monsters direct nadat ze klaar waren waargenomen en na twee weken. In deze twee weken hebben de monsters bij kamertemperatuur gestaan. Dit is gedaan om te kijken of er nog eitjes zouden uitkomen.

Bemonsteren vier maanden na opplanten (Partij 2)

Van de bollen die na vier maanden zijn opgerooid, zijn alleen de wortels bemonsterd. De wortels zijn hiertoe in stukjes van circa 0,5-1 cm lengte geknipt, nogmaals gewogen (=netto wortelgewicht) en gemengd. Van de wortels is een submonster van 5 gram ($\pm 0,05$ g) genomen. Voor verdere bewerkingen, zie boven. In de monsters zijn de aantallen *Pratylenchus* aaltjes (levend) en eitjes geteld.

2.2.3 Bloemknopschade

Doel van dit onderzoek is om na te gaan in hoeverre de temperatuurbehandelingen schadelijk zijn voor de bloemknoppen. Eind oktober 2003 zijn 1200 onbesmette bloeibare bollen, cultivar 'Mont Blanc', gerooid op een praktijkbedrijf. De partij bollen bestond uit verschillende maten en zijn gesorteerd in groot (bolmaat ≥ 36), middel (bolmaat 30/36) en klein (bolmaat < 30). De bollen werden als volgt verdeeld over de behandelingen: groot 9 bollen, midden 18 bollen en klein 8 bollen per bak/behandeling. De bollen zijn volgens het schema in Tabel 1 behandeld. Na de kookbehandelingen zijn ze geprepareerd gedurende ruim negen weken bij 13°C. In week 3 van 2004 zijn de bollen op een praktijkbedrijf uitgeplant. Vanaf week 13 2004 begonnen de bloemen in bloei te komen. In week 14 van 2004 heeft de beoordeling van de bloemen plaatsgevonden. Per veldje zijn een aantal knoppen opengemaakt om te kijken of er verdroogde bloemen en/of meeldraden aanwezig waren. Daarnaast is per veldje het aantal oogstbare bloemen geteld. Om (eventuele) kookschade aan de bloemen te kunnen vaststellen zijn de twee langste kookduurbehandelingen van de hoogste kooktemperaturen (50, 48 en 46,5°C) en van de overige temperaturen de langste kookduurbehandeling in bloei gebracht.

In onderstaand schema zijn de belangrijkste teelt- en behandelingsfactoren samengevat:

Warmwaterbehandelingen:

Behandelingen : 35 behandelingen met temperaturen van 40 – 50°C in combinatie met tijdsduren van 15 – 360 minuten. Eén niet 'gekookte' behandeling als controle
Locatie : praktijkbedrijf
Periode : week 45/46 2003

Doding van aaltjes:

Plantmateriaal : 576 bollen, cultivar 'Red Lion', 4x2 bollen per behandeling
Rooitijdstip : week 42 2003
Waarnemingen aaltjes : Partij 1. Direct na het koken
Partij 2. Vier maanden na opplanting (week 14/15 2004)
Planttijdstip Partij 2 : week 48 2003
Kas : L205
Containers : groentekisten, inhoud 45,5 liter
Substraat : flugzand fijn
Watergift : per kist drie 2 liter-druppelaars
Bewortelen : 2 weken bij een bodemtemperatuur van 25°C
Bodemtemperatuur : 22°C
Kastemperatuur : 20°C

Bloemknopschade:

Plantmateriaal : 1200 bollen, cultivar 'Mont Blanc', ca. 35 bollen per behandeling
Rooitijdstip : week 44 2003, daarna één week drogen
Koken : week 45 en 46
Koelbehandeling : ruim 9 weken 13°C
Planttijdstip : week 3 2004
Kas : praktijk
Teeltmedium : volle grond, afgedekt met houtwol
Bodemtemperatuur : 22°C
Stooktemperatuur kas : 14°C

2.2.4 Statistische verwerking

Zowel de aantallen aaltjes als de oogstgegevens zijn verwerkt door middel van regressie-analyse met poissonverdeling. Om de grote variaties in aantallen aaltjes te verkleinen zijn deze voorafgaand aan de statistische verwerking getransformeerd naar $\log_{10}(\text{aantal}+1)$.

2.3 Resultaten

2.3.1 Warmwaterbehandelingen

Bijlage 1 bevat zeven grafieken waarin de gerealiseerde temperaturen tijdens de kookbehandelingen zijn weergegeven. Op tijdstip $t=0$ zijn de bollen in de ketel gelaten. Bij de grafiek van 40°C ontbreekt de lijn van bolmaat 32/hart. De oorzaak hiervan is dat de voeler niet goed in de bol heeft gezeten, waardoor niet de juiste temperatuur is gemeten. De temperatuur moet tussen de lijnen van de bolmaten 26 en 38 liggen. Bij 45°C en 46,5°C ontbreken de temperatuurmetingen van bolmaat 26/bodem. Dit komt omdat de meetkabel defect was.

Uit de grafieken blijkt dat de temperatuur van de bollen wanneer ze in de ketel gelaten worden tussen de 15 en 20°C is. Bij de opwarming van de bollen blijkt dat de temperatuur van de bodem sneller de streef temperatuur bereikt dan de temperatuur van het hart van de bol. Ook wordt de streef temperatuur eerder bereikt (zowel in het hart als in de bodem) als de bolmaat kleiner is.

2.3.2 Doding van aaltjes

Direct na het koken (Partij 1)

Zoals in paragraaf 2.2.2 al is aangegeven, is bij deze eerste waarneming direct na de warmwaterbehandelingen gecontroleerd of er nog levende aaltjes en eitjes in het monster aanwezig waren. Het ging bij deze waarneming om het effect van de directe doding door de kookbehandelingen en niet zozeer om de aantallen aaltjes per 5 gram wortels te weten. De cijfers van deze waarneming zijn niet in het verslag opgenomen.

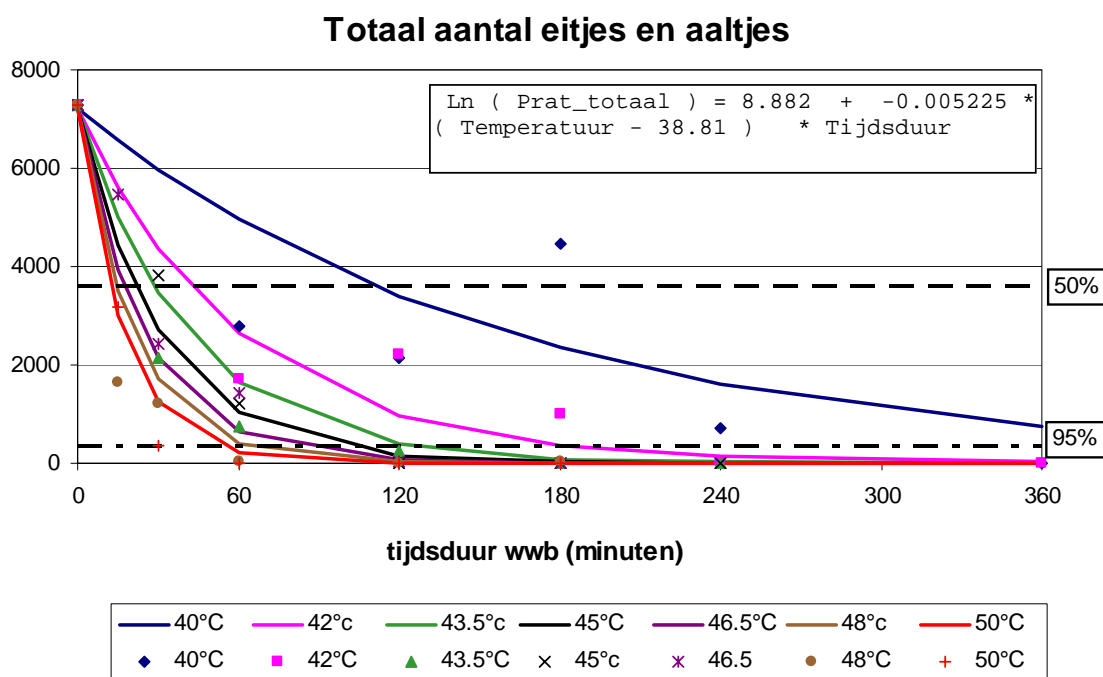
Wortels Bij de lage temperaturen en korte kookduren was bij de eerste waarneming van de wortelmonsters slechts een klein deel van de aaltjes nog levend, een groot deel van de aaltjes was dood. Gemiddeld minimaal de helft van alle monsters bestond uit eitjes. Na twee weken kamertemperatuur waren er maar weinig eitjes uitgekomen. Bij 40 en 42°C waren er bij een kookduur van 60 en 120 minuten nog levende aaltjes aanwezig, bij 43,5 en 45°C was dit na een kookduur van 30 en 60 minuten nog het geval. Bij 46,5°C gedurende 15 en 30 minuten en bij 48°C gedurende 15 minuten waren nog enkele levende aaltjes te vinden. Bij 50°C waren bij alle kookduren geen levende aaltjes meer aanwezig.

Bolbodem Ook in de bolbodem waren er bij de lagere temperaturen en kortere kookduren nog enkele levende aaltjes aanwezig. Zelfs bij 50°C en een kookduur van 30 minuten werden nog enkele levende aaltjes gevonden. Het aandeel eitjes in de zool was over het algemeen lager in vergelijking met de aantallen eitjes in de wortels.

Vier maanden na opplanten (Partij 2)

In Figuur 1 staan de resultaten van de tellingen vier maanden na de opplanting weergegeven. Op de verticale as staan de aantallen eitjes én aaltjes van *Pratylenchus* per 5 gram wortels weergegeven. Op de horizontale as staat de duur van de warmwaterbehandelingen weergegeven. De gekleurde lijnen geven de warmwaterbehandelingen aan. In de grafiek zijn twee extra lijnen aangebracht, te weten een lijn waarop de helft (50%) van de eitjes en aaltjes nog aanwezig is en een lijn waaronder nog maar 5% van de eitjes/aaltjes de warmwaterbehandeling heeft overleefd, dus boven die lijn is 95% van de eitjes/aaltjes gedood. Ook staat in de grafiek de wiskundige vergelijking weergegeven waarmee de lijnen berekend zijn. Deze vergelijking benadert het beste de relatie tussen de punten zoals die zijn waargenomen. De resultaten van de aantallen eitjes en aaltjes apart staan niet weergegeven. De aantallen eitjes en aaltjes die gevonden zijn in de monsters verhouden zich ongeveer als 1:2.

Uit de grafiek blijkt dat bij 40°C bij geen enkele behandeltijd de aantallen aaltjes en eitjes voldoende gedood worden zodat meer dan 95% doding van de aaltjes en eitjes gerealiseerd wordt. Bij 42°C is na 180 minuten meer dan 95% van de aaltjes en eitjes gedood, bij 43,5°C en 45°C is dit na ongeveer 110-120 minuten, bij 46,5°C na ongeveer 80 minuten, en bij 48 en 50°C wordt bij een warmwaterbehandeling van 60 minuten meer dan 95% van de aaltjes en eitjes gedood. Tabel 2 geeft de tijdsduren aan die nodig zijn voor >95% en 100% doding van de aaltjes en eitjes, uitgerekend met de formule uit Figuur 1 (uitgaande van een beginpopulatie van 7200 aaltjes en eitjes per 5 gram wortels bij Onbehandeld). Uit de tabel blijkt dat bij een warmwaterbehandeling van 46°C (een temperatuur die in de praktijk gebruikelijk is) een kookduur van bijna vier uur nodig is voor 100% doding van de aaltjes en eitjes.



Figuur 1: Aantallen *Pratylenchus eitjes en aaltjes* totaal in 5 gram wortels van amaryllis.

Tabel 2: Doding van aaltjes en eitjes >95% en 100%, uitgerekend met de formule uit Figuur 1.

Temperatuur	95% doding na X minuten (360 aaltjes/eitjes per 5 g wortels over)	100% doding na X minuten
40°C	480 (6 uur)	1428
42°C	180 (3 uur)	533
43.5°C	120 (2 uur)	362
45°C	100	275
46.5°C	80	220
48°C	60	185
50°C	50	150

2.3.3 Bloemschade

Foto 1 laat een klein overzicht zien van het proefbed in de praktijkkas. Op Foto's 2 en 3 is te zien welke schade aan de bloemknoppen kan voorkomen. Foto 2 laat twee verdroogde bloemen zien, nog in de knop, de andere twee bloemen zijn ook niet helemaal goed want een deel van de meeldraden is verdroogd. Op Foto 3 zijn verdroogde meeldraden te zien. Tijdens het oogsten is schade aan de bloemen niet altijd te zien, pas als de bloemen opengaan wordt zichtbaar of schade aan meeldraden of bloemknoppen is opgetreden.



Foto 1: *Overzicht proefveldje*



Foto 2: *Verdroogde bloemknoppen.*



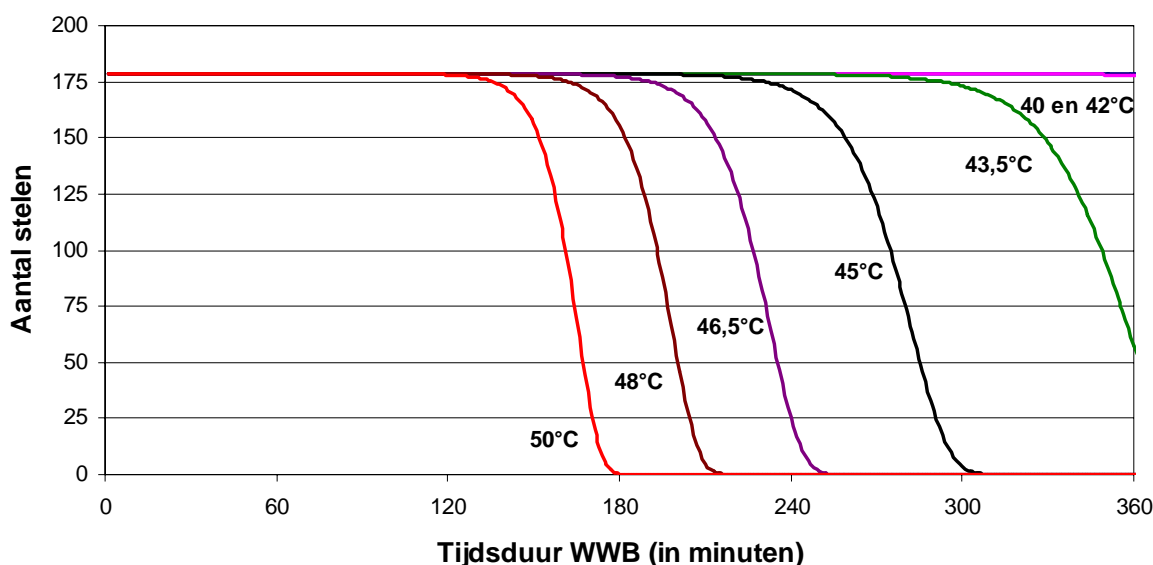
Foto 3: *Verdroogde meeldraden.*

Om eventuele kookschade aan de bloem te kunnen vaststellen zijn van een aantal velden de bloemen in bloei gebracht. Dit is gedaan bij de langste kookduur van alle temperatuur-behandelingen en verder nog bij de op één na langste bij 46,5, 48 en 50°C. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 3. Bij 40 tot en met 45°C kwam in het geheel geen bloemschade voor. Bij de hogere temperaturen geldt: hoe langer de kookduur, des te meer schade.

Tabel 3: Resultaten bloemverdroging

Temperatuur °C	Kookduur uren (minuten)	Schade
40	6 (360)	Geen
42	6 (360)	Geen
43,5	4 (240)	Geen
45	4 (240)	Geen
46,5	2 (120)	Geen
46,5	3 (180)	Kelken zijn goed Bij enkele bloemen meeldraden verkookt (zie foto 2 en 3)
48	2 (120)	Geen
48	3 (180)	Kelken zijn goed Ruim 10% oogstreductie Bij 20% van de bollen zijn meeldraden verkookt (zie foto's 2 en 3)
50	2 (120)	Kelken zijn goed De stelen komen later en zijn korter Ruim 20% oogstreductie Bij 10% van de bollen zijn meeldraden verkookt (zie foto's 2 en 3)
50	3 (180)	Alle knoppen zijn verdroogd, 100% oogstreductie Bij 50% van de bollen komen nog wel één à twee verdroogde knoppen uit de bol.

Bloemproductie per 100 bollen



Figuur 2: Verloop van de bloemproductie bij de verschillende temperatuur/tijd combinaties.

In Figuur 2 staat het verloop van de bloemproductie bij de verschillende behandelingen weergegeven. Er werden gemiddeld 175 stelen per 100 bollen geoogst; tussen de behandelingen waren geen betrouwbare verschillen in aantal stelen per bol, behalve bij 2 uur 48°C en 2 en 3 uur 50°C waar de oogstreductie varieerde van 10 tot 100% (zie ook Tabel 3).

De grafiek is gemaakt naar aanleiding de statistische analyses en geeft een schatting van de productie wanneer er nog langer zou zijn gekookt dan nu bij de langste kookbehandeling, het zijn dus niet de exacte meetwaarden. Op deze manier konden ook de effecten van de temperatuur/tijdcombinaties die niet in de proef waren opgenomen berekend worden. Bij de interpretatie van de grafiek moet rekening gehouden worden met het feit dat deze lijnen berekend zijn over de gegevens van de verschillende bolmaten, het zijn dus gemiddelden. Bij kleinere bolmaten zal eerder schade optreden dan bij grotere bolmaten. In de grafiek is te zien dat temperaturen van 40 en 42°C geen effect hebben op het aantal stelen. Bij een temperatuur van 43,5°C begint de bloemproductie na een behandeling van circa 300 minuten af te nemen, bij 45°C is dit na circa 230 minuten, bij 46,5°C na 180 minuten, bij 48°C na circa 160 minuten en bij 50°C tenslotte begint de afname van de bloemproductie al bij een warmwaterbehandeling gedurende 120 minuten. Maar in een eerder stadium is er al bloem schade zichtbaar aan de meeldraden of aan de bloemknoppen in zijn geheel.

2.4 Discussie en Conclusies

Warmwaterbehandelingen

Zoals al beschreven is in 2.3.1. warmt de bodem van de bol sneller op dan het hart van de bol. Voor de bodem maakt het ook niet veel uit hoe groot de bolmaat is, de lijnen van deze temperatuurmetingen lopen vrij dicht bij elkaar. Dit is ook logisch want de temperatuur in de bodem is gemeten één centimeter in de bol, voor alle bolmaten gelijk. Dit komt overeen met eerder onderzoek van Doorduyn (1996). In zijn onderzoek liep de opwarming van de buitenste bolrokken (gemeten 1 cm in de bol) vrijwel gelijk op. Worden de temperaturen vergeleken in het hart van de bol dan lopen de lijnen veel verder uit elkaar. Ook dat is te verklaren want een grotere bolmaat heeft een grotere omvang, dus duurt het langer voordat de warmte in de bol is doorgedrongen.

Wanneer de bollen in het warme water worden gedaan, duurt het een bepaalde tijd voordat de meetpunten dezelfde temperatuur hebben als de watertemperatuur. Bij 40°C bleek dat na circa 170 minuten het hart van bolmaat 38 40°C was, de andere meetpunten van deze temperatuurbehandeling hadden dat al eerder bereikt. Bij 50°C echter bereikt het hart van de bol (bolmaat 38) net geen 50°C, de temperatuur blijft hangen op ruim 49°C.

Doding aaltjes

Bij een behandeling van 60 minuten met temperaturen van 40°C tot en met 46,5°C werden *direct na het koken* (Partij 1) nog levende aaltjes in de wortels gevonden. In de bolbodem werden bij 30 minuten 50°C ook nog enkele levende aaltjes gevonden. Ook al zijn het er maar weinig, deze aaltjes kunnen weer een nieuwe populatie opbouwen. Een groot aandeel van de monsters bestond uit eitjes. Aan de eitjes is echter niet te zien of ze wel of niet levensvatbaar zijn. Nadat de monsters twee weken bij kamertemperatuur hadden gestaan waren er maar weinig eitjes uitgekomen. In de monsters waar bij de eerste telling geen levende aaltjes gevonden waren, waren bij de tweede telling (op één uitzondering na in de wortels bij 46,5°C/60 minuten) ook geen eitjes uitgekomen. Mogelijk omdat de eitjes niet in hun 'natuurlijke' omgeving zaten. Van de aaltjes weten we dat ze in beschadigd wortelmateriaal onbeweeglijk worden, zodat bij extractie via de wattenfiltermethode het passeren van het wattenfilter wordt bemoeilijkt (Stapel en Amsing, 2003). De oorzaak hiervan is waarschijnlijk het vrij komen van toxische stoffen door beschadiging van het wortelmateriaal of afkomstig van bacteriegroei. Door deze stoffen of de bacteriën in de suspensie kan misschien ook de ontwikkeling en het uitkomen van de eitjes worden geremd of geblokkeerd.

Vier maanden na opplanting (Partij 2) in flugzand zijn de verschillen in effecten van de temperatuur/tijdcombinaties op de doding van de aaltjes duidelijk zichtbaar. Uit Figuur 1 blijkt dat een temperatuur van 40°C niet resulteert in voldoende doding van de aantallen aaltjes en eitjes. Na twee uur 40°C is het aantal aaltjes en eitjes met de helft afgenomen, maar deze temperatuur komt niet tot 95% doding. De andere

temperatuurbehandelingen komen uiteindelijk wel tot de gewenste doding van meer dan 95%, bij 42°C moet dit nog gedurende minimaal drie uur, bij 43,5°C is twee uur al voldoende. Bij een warmwaterbehandeling van 48 en 50°C is één uur al voldoende om 95% van de eitjes en aaltjes te doden. Deze temperaturen kunnen echter ook bloemschade geven.

Voor het vervolg onderzoek (zie Hoofdstuk 3) is uitgegaan dat een doding van meer dan 95% van de eitjes én aaltjes voldoende moet zijn om zo min mogelijk schade te ondervinden. De behandeling die hiervoor is gekozen is 45°C gedurende 150 minuten. Met deze behandeling komt de doding van eitjes en aaltjes ruim boven de 95%. Als deze getallen in de formule (Figuur 1) worden ingevuld dan zijn er bij een beginpopulatie van 7300 eitjes en aaltjes per 5 gram wortels na de behandeling nog 56 eitjes en aaltjes per 5 gram wortels aanwezig (voor de berekening zie hieronder: Formule). Hoe deze kleine populatie zich in een jaar weer kan uitbreiden, en of dit schade geeft, is op dit moment niet bekend. Op dit moment wordt bij PPO Glastuinbouw onderzocht hoe hoog de schadedrempel is en hoe een populatie van het wortellesieaaltje *Pratylenchus* spp. zich ontwikkelt.

$$\begin{aligned}\ln(\text{Prat_totaal}) &= 8.882 - 0.005225 * (\text{Temperatuur} - 38.81) * \text{Tijdsduur} \\ \ln(\text{Prat_totaal}) &= 8.882 - 0.005225 * (45 - 38.81) * 150 \\ \ln(\text{Prat_totaal}) &= 4.030388 \\ \text{Prat_totaal} &= e^{4.030388} \\ \text{Prat_totaal} &= 56\end{aligned}$$

Formule: Berekening van het aantal aaltjes dat na een warmwaterbehandeling van 45°C gedurende 150 minuten nog per 5 gram wortels aanwezig is.

Bloemschade

De bloemschade die kan optreden door de warmwaterbehandelingen bestaat uit: verdroogde meeldraden, verdroogde bloemknoppen én, in het ergste geval, productieafname. Bij temperaturen tot en met 46,5°C komt er geen tot nauwelijks bloemschade voor, indien de behandeling niet langer duurt dan 180 minuten. Pas bij 48 en 50°C is er kans op ernstige bloemschade én afname van de productie. Uit Figuur 2 blijkt dan ook dat het verschil tussen geen schade en productievermindering maar heel klein is. Het kan dus ook heel snel fout gaan. In dit onderzoek is het onderzoek naar bloemschade uitgevoerd met de cultivar 'Mont Blanc'. Vanuit de praktijk staat deze cultivar bekend als een gevoelige cultivar voor warmwaterbehandelingen. Andere cultivars kunnen meer of minder gevoelig zijn voor bloemschade.

Conclusies:

- Een reductie van het aantal aaltjes en eitjes van meer dan 95% kan gerealiseerd worden bij 42°C en een kookduur van meer dan 180 minuten; bij 43,5°C en 45°C bij een kookduur van circa 110-120 minuten; bij 46,5°C bij een kookduur van circa 80 minuten; bij 48 en 50°C bij een tijdsduur van 60 minuten;
- Temperatuurbehandelingen van >2 uur 48 en >1 uur 50°C kunnen matig tot ernstige bloemschade en productievermindering opleveren;
- Een temperatuurbehandeling van 40°C is niet voldoende (bij geen enkele tijdsduur) om de aantallen aaltjes en eitjes met 95% of meer te reduceren;
- Direct na de warmwaterbehandelingen kunnen bij alle temperaturen (zelfs bij 50°C gedurende 30 minuten) nog enkele levende aaltjes in de bolbodem gevonden worden;
- De opwarming van het hart van de bol duurt langer dan de opwarming van de wortels en bolbodem. Bij grotere bolmaten duurt de opwarming in het hart van de bol ook langer dan bij kleinere bolmaten;
- Het effect op de doding van de eitjes is direct na het koken niet vast te stellen. Dit is pas mogelijk na opplanting van het materiaal gedurende minimaal 7-8 weken (= één levenscyclus van de aaltjes).

Voor het technische gedeelte van het cultuurkoken (Hoofdstuk 3) is een goede temperatuur/tijdcombinatie 45°C gedurende 150 minuten. Deze behandeling geeft meer dan 95% doding van aaltjes en eitjes, maar bloemschade treedt niet op.

3 De technische uitvoerbaarheid van cultuurkoken in een substraatbed

3.1 Inleiding

Aaltjes vormen een bedreiging voor de teelt van Amaryllis snijbloemen. Na iedere trek moeten zowel bollen als substraat zoveel mogelijk ontsmet worden. Een betrouwbare en maatschappelijk geaccepteerde ontsmettingsmethode bestaat uit het gedurende een zekere tijd verhogen van de temperatuur van bol en substraat. Dat is in de praktijk lastig uit te voeren omdat de bollen gerooid moeten worden en in een bak met warm water gelegd terwijl het substraat uit het bed moet worden geschept om in een container met stoom te kunnen ontsmetten. De bedden waarin het substraat ligt zijn namelijk niet van materiaal gemaakt dat een temperatuur van 100°C of meer kan doorstaan. Omdat de amaryllis bollen meerdere malen tot bloem getrokken worden en het oprooien en van de bollen en het opscheppen van het substraat veel werk is, blijft ontsmetten tussen twee trekken in meestal achterwege. Daarmee wordt een groot risico op aaltjesaantastingen genomen. De wens bestaat om dat risico te verminderen door tussen twee trekken in het bed met daarin de bollen met warm water te behandelen. Daar is echter geen ervaring mee en dus heeft het Productschap Tuinbouw aan PPO gevraagd om in kaart te brengen wat de mogelijkheden daarvan zijn.

3.2 Vraagstelling

Is het mogelijk om teeltbedden van amaryllis tussentijds van aaltjes te ontdoen door een warmwaterbehandeling (45°C gedurende 150 minuten) van bollen en substraat uit te voeren zonder bollen of substraat te verwijderen. De buitenkant van de bol moet gedurende die tijd een temperatuur hebben bereikt tussen 42 en 48°C. Een lagere temperatuur is niet werkzaam tegen aaltjes, bij een te hoge temperatuur treedt schade op aan de bloem. Omdat in de praktijk verschillende substraten worden gebruikt, wat mogelijk mede invloed kan hebben op het resultaat, moet dit worden bekeken voor flugzand, perliet en kleikorrels in de gebruikelijke fractiegrootten.

3.3 Aanpak

Drie bedden van 4,5 m lengte, 1,00 m breedte en 0,15 m diepte zijn gevuld met substraat, één met flugzand, één met kleikorrels (2-4 mm) en één met fijn perliet. Daarna zijn er bollen in geplant en is van boven af warm water toegevoerd via een buis met gaatjes. De drain bestond uit twee 10 cm brede en 5 cm diepe geulen aan weerszijden van het bed uitkomend op een verbindingseul met een met gaas afgedekt afvoerpunt aan de kopzijde van het bed (Figuur 3-A).

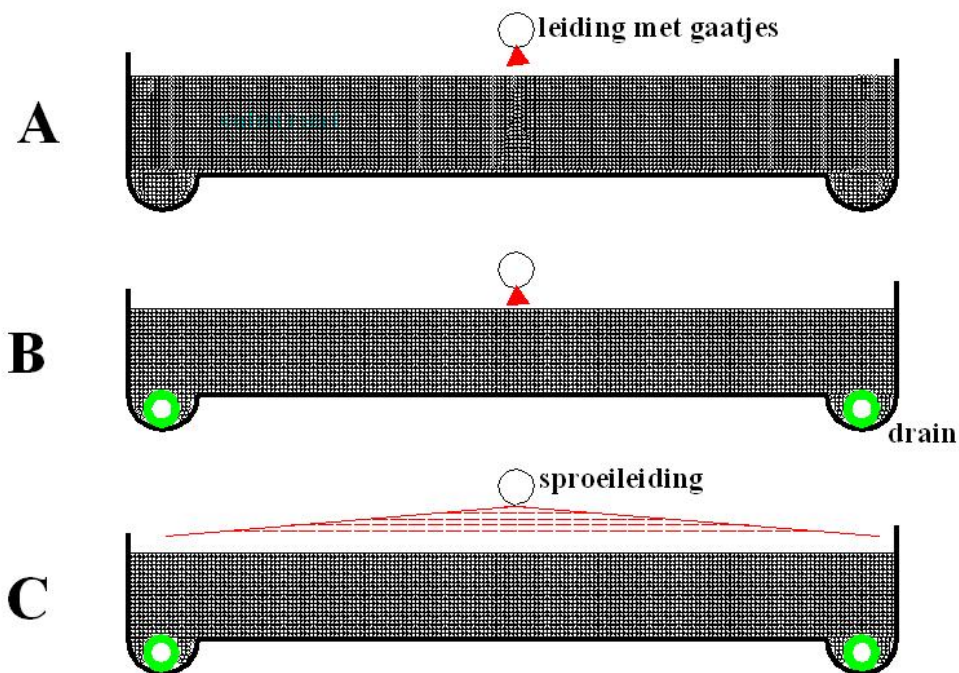
De volgende behandelingen werden uitgevoerd:

- 1- Met veel water (40 l/m²/minuut) eenmalig water inbrengen, zodat de bollen ondergedompeld zijn, met een gesloten drain en dit 2 uur laten staan.
- 2- Eerst het bed vullen met 40 l/m²/minuut en daarna met weinig water (5 l/m²/minuut) 2 uur lang (intermitterend) sproeien met water van 45-50°C met een open drain.

Na één behandeling bleek die standaard aanpak niet te werken. Omdat de drain een beperkende factor bleek te zijn is in de geulen een niet omhulde kunststof drainslang van 32 mm gelegd (Figuur 3-B) en is de verzamelgeul volgestort met kleikorrels van 2-4 mm. Daarnaast is overgestapt op een specifieke watertoevoer per substraat:

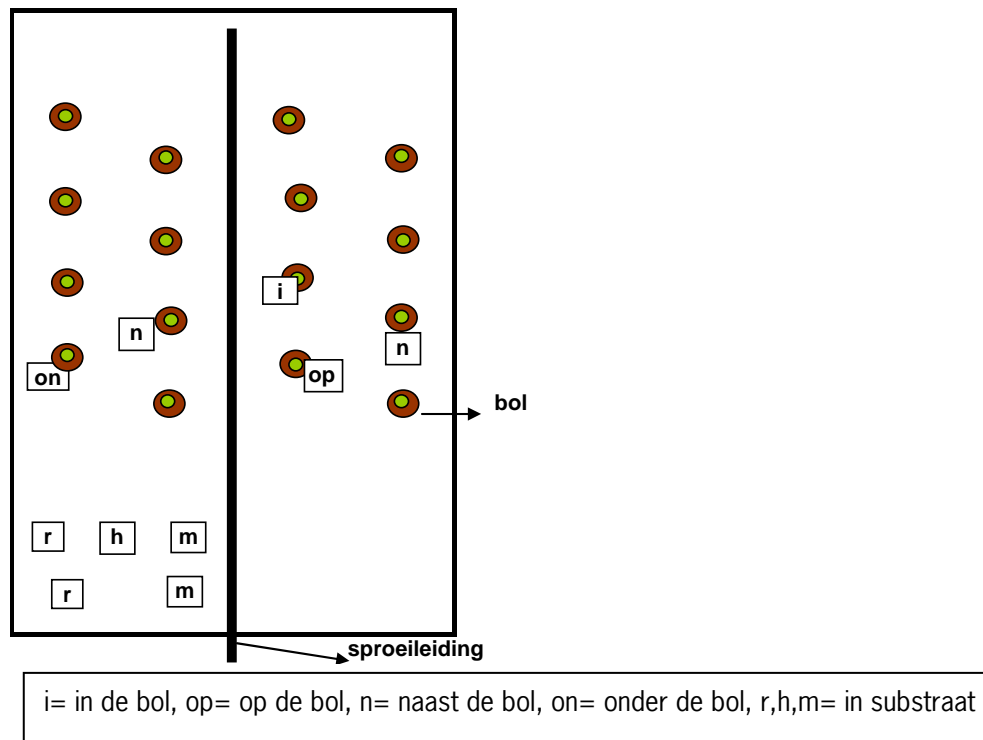
	Behandeling 1	Behandeling 2	Behandeling 3
Kleikorrels	Snel vullen, 2 uur laten staan	Snel vullen, daarna sproeien via buis met gaatjes met 10 l/m ² /min, geen drainslang	
Flugzand	Buis met sproeiers met 5 l/m ² /min, geen drainslangen	Buis met sproeiers met 5 l/m ² /min, drainslangen	Buis met sproeiers met 10 l/m ² /min, drainslangen
Perliet	Buis met sproeiers met 5 l/m ² /min, drainslangen		

De watertoevoer gebeurde met een PVC buis van 32 mm waarin op een afstand van 0,6 m gaten van 5 mm waren aangebracht. Bij flugzand en perliet waren in die gaten met de hand uitgeboorde sproeidoppen aangebracht met een debiet van 4 l/minuut die het water in een cirkel met een doorsnede van 1,0 m op 10 cm boven het substraat uitwierpen (Figuur 3-C). Bij kleikorrels zijn de sproeidoppen verwijderd en stroomde het water loodrecht omlaag in het midden van het bed (Figuur 3-A). Het warme water kwam uit een vat van 1000 liter waarin een warmtewisselaar was geplaatst die was aangesloten op het verwarmingsnet. Een pomp hield het water in de bak in circulatie en pompte het gelijktijdig naar het bed.



Figuur 3: Beddoorsnede met 3 systemen van aan en afvoer van water.

Het drainwater werd direct teruggevoerd naar de warmwaterbak. De temperatuur werd gedurende de warmwaterbehandeling met een tiental sensoren gevolgd. In onderstaand schema (Figuur 4) staat waar in het bed de sensoren geplaatst waren. Figuur 5 geeft een overzicht van de proefopstelling.

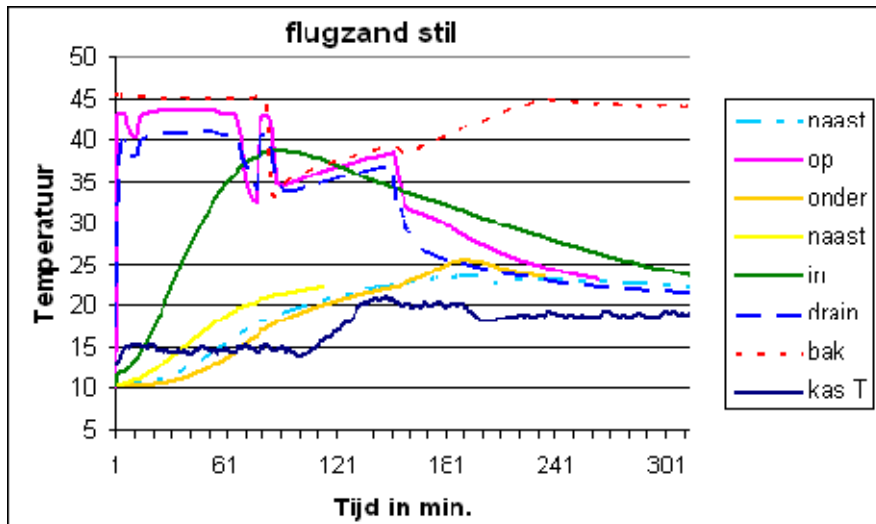


Figuur 4: Plattegrond van het substraatbed met temperatuursensoren.



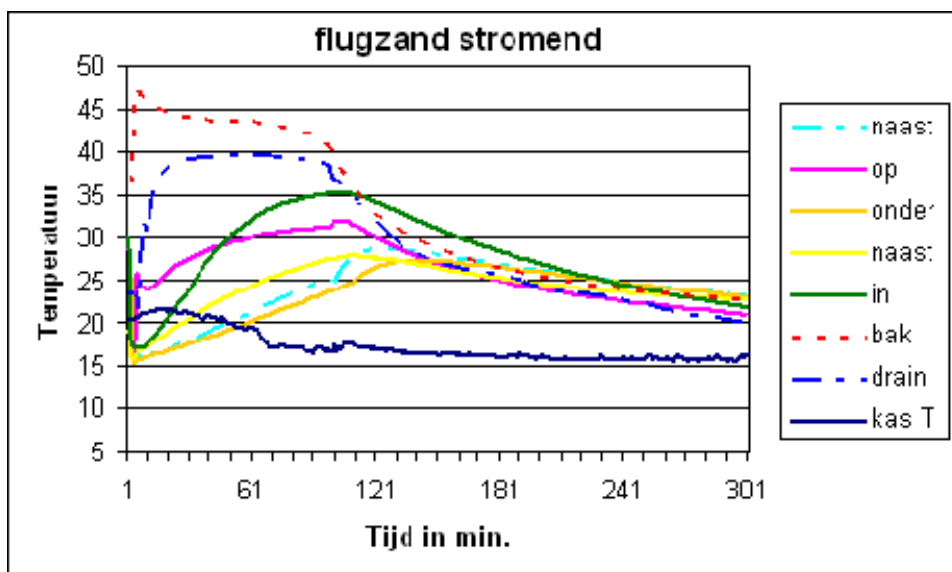
Figuur 5: Overzicht proefopstelling

3.4 Resultaten – Eerste experimenten



Figuur 6: Temperatuurverdeling in een bed met flugzand met stilstaand water.

Het eenmalig vullen van een bed met water van 45°C leverde bij flugzand en bij perliet geen goed resultaat. Ondanks het feit dat het substraat geheel onder water stond, bleken er grote temperatuurverschillen te bestaan. Door een gebrek aan doorstroming werden de koude plekken ook niet noemenswaardig opgewarmd, terwijl de warme plekken juist goed op temperatuur bleven. Dat duidt erop dat het isoleren van het bed het resultaat niet wezenlijk zal veranderen omdat er nauwelijks doorwarming plaatsvond. In de grafiek (Figuur 6) is op 70 minuten nog een keer geprobeerd om het resultaat te verbeteren door het water via de drain af te voeren en het bed opnieuw te vullen. Door de grote hoeveelheid koud water die toen in de voorraadbak stroomde zakte de aanvoertemperatuur naar 35°C. Dat veranderde echter niets aan het beeld, de koudste plekken bleven wederom de koudste plekken.



Figuur 7: Temperatuurverdeling in een bed met flugzand zonder drainslang en watertoevoer via een buis met gaatjes.

Het doorstromen van het substraat gaf niet veel betere resultaten te zien (Figuur 7). Zonder drainslang bleek het bij flugzand en perliet onmogelijk te zijn om een goede doorstroming te bereiken. Op 5 cm van elkaar werden temperatuurverschillen van 20°C gemeten. Bovendien stond het bed binnen 5 minuten geheel onder water, waarna het warme water over het substraat heen naar het afvoerpunt begon te lopen. Vanaf dat moment werd de temperatuur in het substraat niet meer beïnvloed.

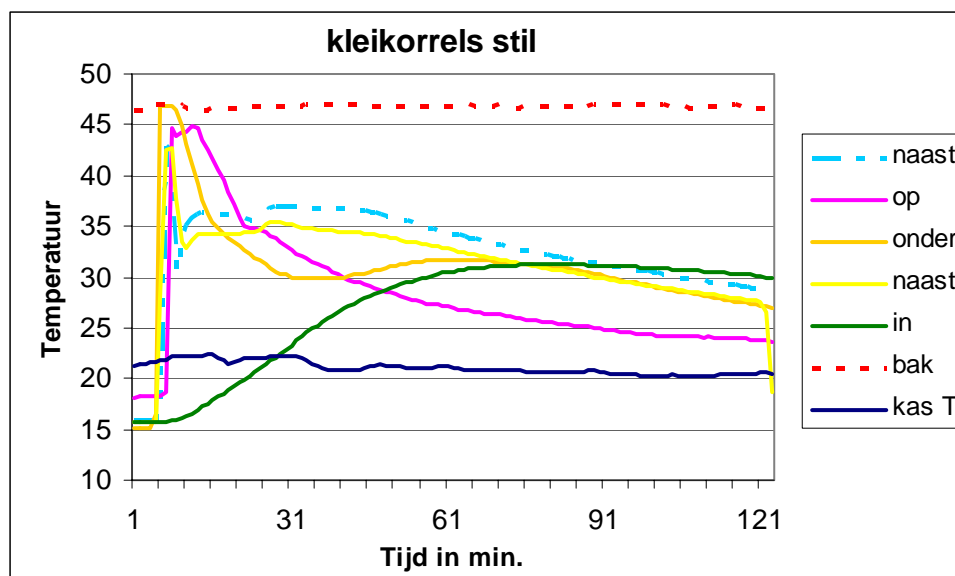
Het was duidelijk dat aan het door het substraat heen leiden van het warme water, zeer hoge eisen moesten worden gesteld. Dat betekende dat de drains zodanig aangepast moesten worden dat het water een zo kort mogelijke weg moest afleggen en het water niet kon ophopen. Daaruit werd de conclusie getrokken dat ook de watertoevoer zo goed mogelijk verdeeld moest worden omdat anders de toplaag van het substraat niet zou worden opgewarmd.

Bij de kleikorrels was alles een stuk eenvoudiger. Het water stroomde goed door en de temperatuurverdeling was goed. Daarom is de proefopzet bij dit substraat niet veranderd.

3.5 Resultaten – Verbeterde experimenten

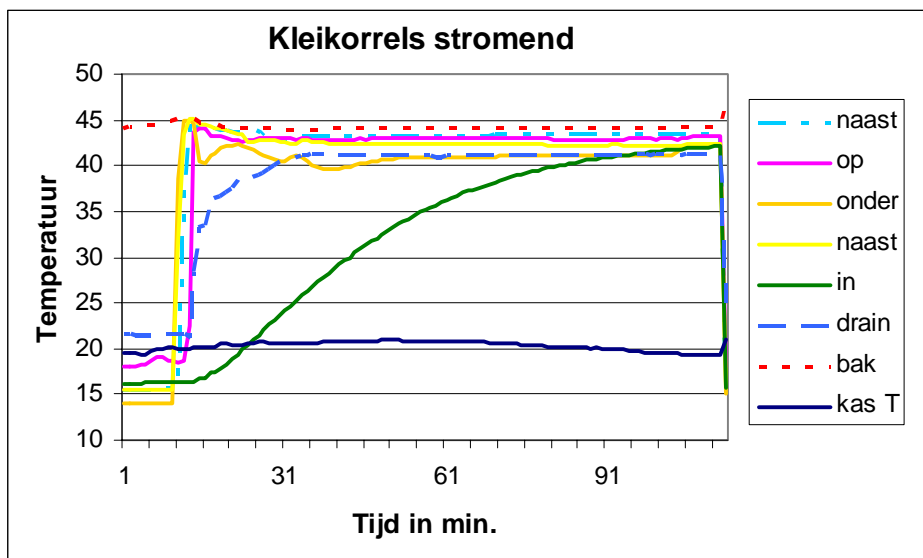
3.5.1 Kleikorrels

Figuur 8 laat zien dat bij het vullen van het bed met een laag warm water het bed weliswaar snel opwarmt, maar ook weer snel afkoelt waardoor de gewenste 45°C niet lang genoeg wordt gerealiseerd.



Figuur 8: Temperatuurverdeling in een bed met kleikorrels dat gevuld is met een laag water van 47°C.

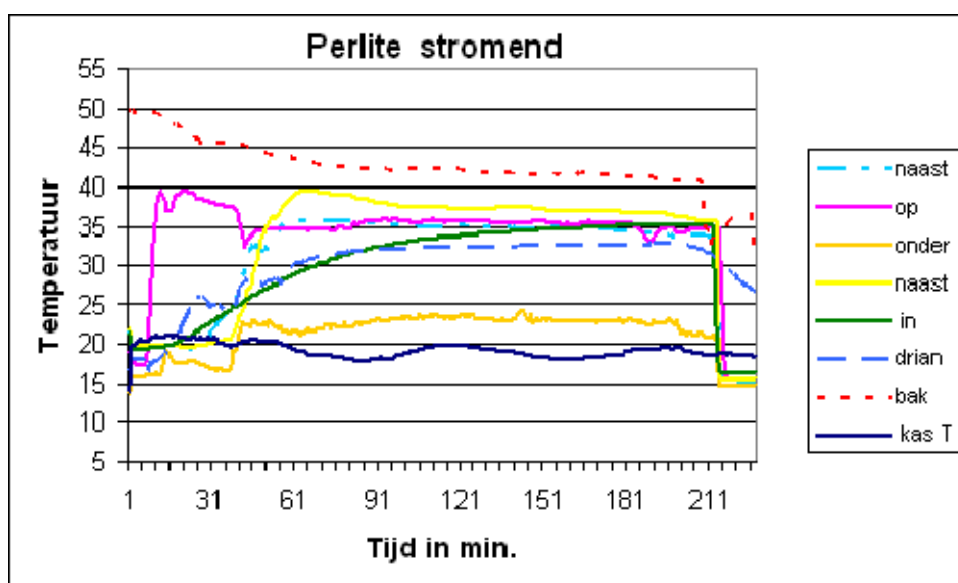
De behandeling zonder drainslang en met stromend water vanuit een eenvoudige buis met gaatjes levert een goed resultaat (Figuur 9). De watertoevoer werd zo geregeld dat het bed eerst snel werd gevuld waarna de watertoevoer in evenwicht werd gebracht met de afvoersnelheid. Daardoor ontstond een waterstroom vanuit het midden van het bed naar de zijanten. Alle punten kregen gedurende 90 minuten een temperatuur die dicht bij de temperatuur van de voorraadbak lag. Weliswaar is 45°C niet gehaald, maar dat lag aan de gekozen aanvoertemperatuur. De temperatuur in de bol is niet van belang voor de aaltjesbestrijding (wel voor de bloemschade, maar maximaal 45°C blijft aan de veilige kant), maar liep met enige vertraging uiteindelijk ook naar de watertemperatuur.



Figuur 9: Temperatuurverdeling in een bed met kleikorrels zonder drainslangen dat via een buis met gaatjes 2 uur doorstroomd is met water van 45°C.

3.5.2 Perliet

In eerste instantie waren de resultaten bedroevend. Ondanks het feit dat de perliet doordrenkt was met vocht ging het toch drijven zo gauw als er water werd ingebracht. Bovendien hield het substraat zo lang water vast dat er pas drain ontstond als het water over het substraat naar het afvoerpunt ging stromen. Dat betekende dat er maar weinig warm water in het substraat drong. De grafiek (Figuur 10) toont het resultaat nadat de drains waren geoptimaliseerd, de geul die de twee drainkanalen verbindt van een laag kleikorrels was voorzien en de watertoevoer met een sproeileiding zodanig was geoptimaliseerd dat de drainafvoer net zo groot was als de toevoersnelheid (5 l/m²/minuut). Zelfs dan moest zo nu en dan de toevoer gestopt worden omdat de drain het niet kon bijhouden. Het resultaat was ontoelaatbaar slecht. De meeste punten halen niet de gewenste temperatuur, ook niet na lang toedienen van warm water. Dat kan verbeterd worden door een hogere watertemperatuur te kiezen, maar daarin schuilt wel het gevaar dat sommige bollen dan te heet kunnen worden. Een hogere temperatuur dan 48°C kan tot schade leiden. De watertemperatuur van de voorraadbak zakte naar 42°C omdat er erg veel koud water retour kwam uit het substraatbed.



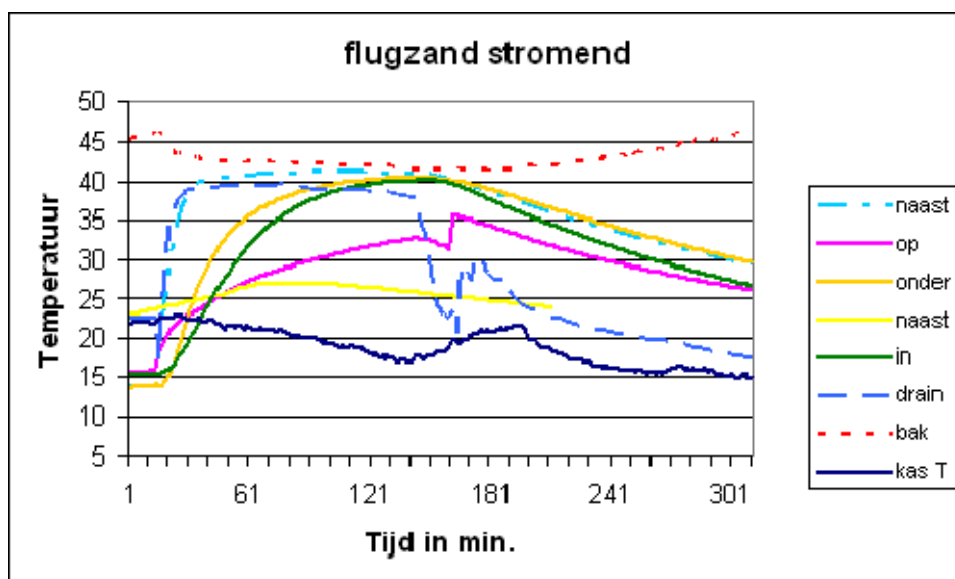
Figuur 10: Temperatuurverdeling in bed met perliet met drainslangen dat via een buis met sproeiers 2 uur doorstroomd is met water van 50 tot 42°C.

3.5.3 Flugzand

De grote problemen met de doorstroming van het perliet traden in eerste instantie ook op bij het flugzand (Figuur 11 en 12).

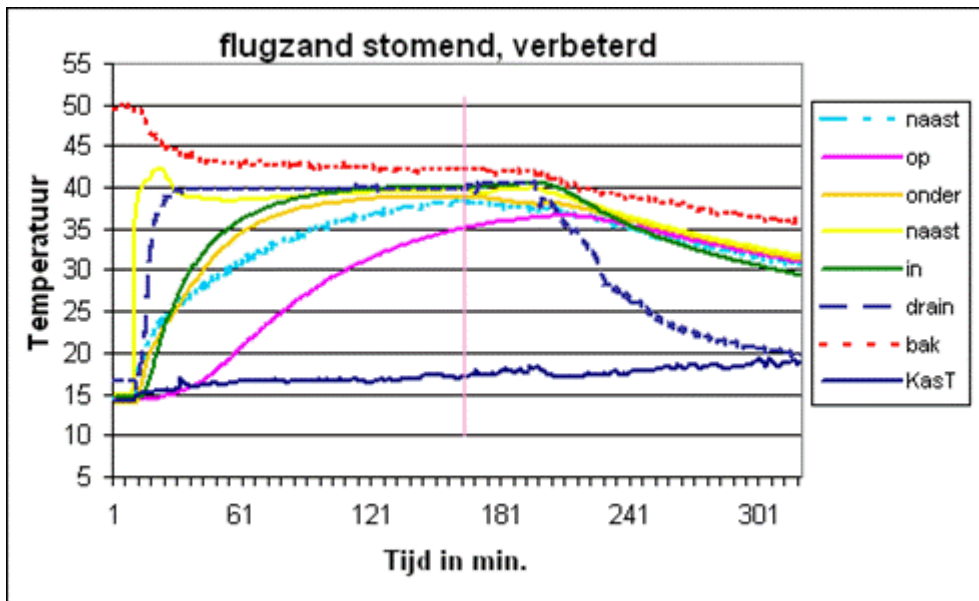


Figuur 11: Waterophoping in een bed met flugzand bij onvoldoende drain. Het water hoopte snel op waardoor het over het flugzand heen naar het afvoerpunt stroomde.

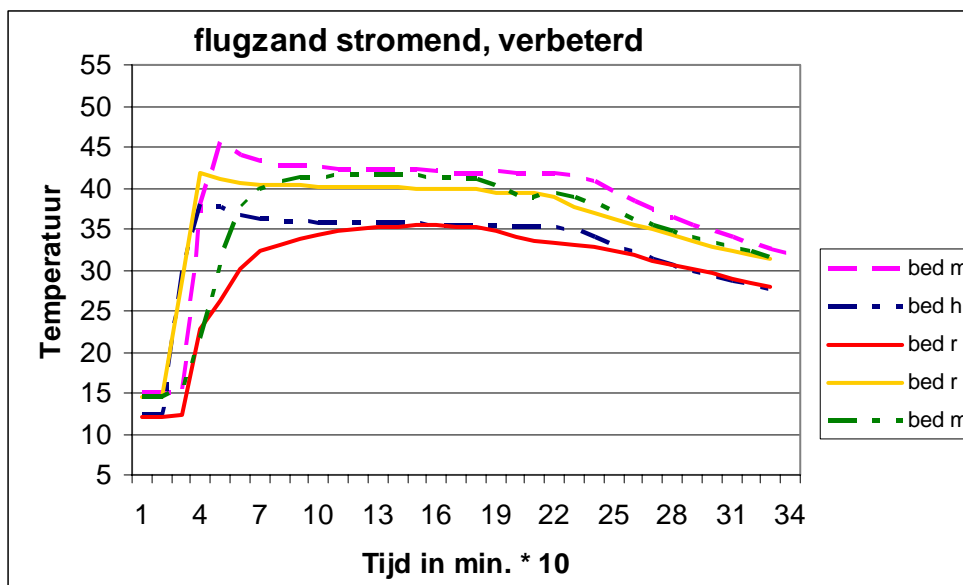


Figuur 12: Temperatuurverdeling in een bed met flugzand zonder drainslangen dat via een buis met gaatjes 2 uur doorstroomd is met water van 45 tot 42°C.

De aanpassingen aan de drain en aan de watertoevoer hadden hier in tegenstelling tot de ervaringen met perliet wel een positief effect. Hoewel het water goed doorstroomde werden de benodigde temperaturen echter niet gehaald. Om te testen of dat wellicht aan de snelheid van watertoevoer lag is deze na 140 minuten verdubbeld naar 10 l/m²/min (Figuur 13). Dat had echter maar weinig effect. Uit figuur 14 blijkt dat er niet ver uit elkaar (40 cm) temperatuurverschillen van 7°C optreden. Dat is een te groot verschil voor een betrouwbare behandeling.



Figuur 13: Temperatuurverdeling in een bed met flugzand met drainslangen dat via een buis met sproeijs 3 uur doorstroomd is met water van 50 tot 42°C. Na 140 minuten is de watertoevoer verhoogd van 5 l/m²/min naar 10 l/m²/min.



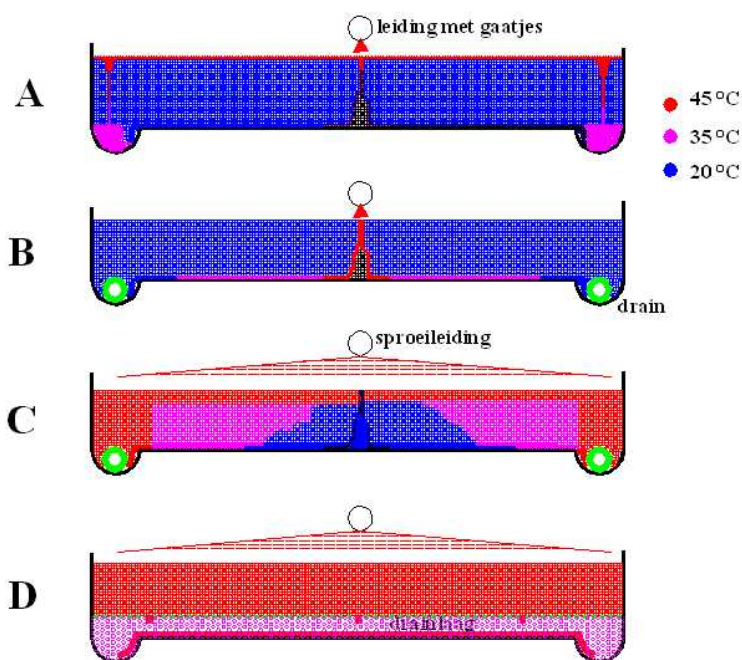
Figuur 14: Bedtemperaturen in een bed met flugzand met drainslangen dat via een buis met sproeijs 3 uur doorstroomd is met water van 50 tot 42°C. Na 140 minuten is de watertoevoer verhoogd van 5 l/m²/min naar 10 l/m²/min.

3.6 Conclusies en aanbevelingen

Voor kleikorrels levert het doorstromen van het bed met water van 50°C bij een zodanige afstemming tussen drainage en watertoevoer dat het substraat juist onder water komt te staan goede resultaten op. Dat is in de praktijk niet moeilijk te regelen, maar het op peil houden van de temperatuur van het aangevoerde water stelt wel hoge eisen omdat de temperatuurrange tussen geen effect of schade maar 8°C bedraagt. Een tegenstroomapparaat in de aanvoer met voldoende verwarmingscapaciteit (100 W/m² bed) in combinatie met een terugloopvat is dan noodzakelijk.

Voor perliet is bij een standaard teeltbed de warmwaterbehandeling niet uitvoerbaar. Het substraat houdt teveel vocht vast waardoor geen goede temperatuurverdeling wordt bereikt. Bovendien gaat het substraat drijven. Ook voor flugzand is een goede behandeling nog niet mogelijk. Ook daar belemmert het substraat een goede doorstroming, waardoor niet overal de juiste temperatuur wordt gehaald.

Globaal verlopen de processen bij flugzand en perliet zoals geschetst in Figuur 15. Bij 15A (zonder drainslangen) loopt het warme water alleen plaatselijk naar beneden, verdeelt zich moeilijk en gaat dan ophopen waardoor het over het substraat naar de draingeulen gaat lopen. In 15B is dat iets beter omdat het water over de bodem zal gaan lopen. De toplaag blijft echter koud. In 15C zorgt de verbeterde watervdeling voor een warmtetoevoer naar de toplaag. Door de beperkte draincapaciteit zal het water in het middenvlak van het bed echter niet weg kunnen waardoor er geen doorstroming, dus geen toevoer van warm water, plaatsvindt. Figuur 15D geeft de theoretisch ideale situatie weer. Door onder de hele substraatlaag een drainlaag of een rooster te plaatsen kan al het van boven af aangevoerde warme water verticaal doorstromen en dus de kortste weg afleggen. Een dergelijk systeem is nog niet uitgetest.



Figuur 15: Theoretische warmteverdeling bij 2 methoden van watertoevoer en 3 methoden van drainage.

In theorie zou ook het isoleren van het bed het resultaat nog licht kunnen verbeteren, maar een goede doorstroming heeft een grotere invloed. Isoleren van de bovenkant van het bed kan het afkoelen met zo'n 40% reduceren, maar heeft eigenlijk alleen zin bij het volzetten van het bed. Volzetten is echter vanuit het oogpunt van temperatuurverdeling een niet aan te bevelen optie. Of bij de doorstroommethode met voorraadvat en warmtewisselaar de kosten van het materiaal en de arbeid opwegen tegen de energiewinst valt te bezien.

Literatuur

- BLOM-LIPS, A., 1998. Jaarverslag SiGNatuur 1998 van Demobedrijf H. van Kester. DLV Adviesgroep n.v., Postbus 263, Naaldwijk, 14 pagina's.
- DOORDUIN, J.C., 1996. Warmwaterbehandeling amaryllis. Rekenmodel bepaalt duur kookbehandeling. Bloembollencultuur 107(17): 24-25.
- STAPEL, L. EN AMSING, J., 2003. Inventarisatie van wortelaaltjes in amaryllis. Literatuurstudie, praktijkinventarisatie en bewaarproef. PPO 577, 34 pagina's.

Bijlage 1 Temperatuurrealisatie kookbehandelingen

