

32/446 (205) 2^e ex.

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

**Lotgevallen van oxamyl en propamocarb in substraatteelt met vrije
drainage en recirculatie van voedingsoplossing**

**A. Dekker
W.Th. Runia
N.W.H. Houx**

Rapport 205

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1993
01 JUNI 1993



570864

REFERAAT

Dekker, A., W.Th. Runia, N.W.H. Houx, 1992. *Lotgevallen van oxamyl en propamocarb in substraatteelt met vrije drainage en recirculatie van voedingsoplossing*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 205. 47 blz.; 10 afb.; 8 tab.; 2 aanh..

De lotgevallen van het insecticide/nematicide oxamyl bij de toediening in de steenwolteelt van een tomatengewas werden bestudeerd. De omzetting in de voedingsoplossing verliep slechts traag. Na twee tot vier dagen verscheen de maximale concentratie in het water dat uit de steenwolmatten stroomde. Bij de recirculatie-systemen, waarbij de overtollige voedingsoplossing werd teruggevoerd naar het voorraadvat, nam de concentratie van oxamyl in het systeem relatief langzaam af. Bij het vrije-drainage systeem kan omstreeks de helft van de dosering uit de steenwolmatten, via spleten in de polyetheen folies, in de bodem lekken. Het resterende oxamyl aan het eind van de meetperiode bevond zich vooral in de voedingsoplossing in de matten. De lotgevallen van het fungicide propamocarb in steenwolmat-systemen lijken sterk op die van oxamyl.

Trefwoorden: steenwolteelt, bestrijdingsmiddel, oxamyl, propamocarb, emissie, gesloten teelt, residuen, waterverontreiniging.

ISSN 0927-4499

©1993 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen
Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

DLO-Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	7
SAMENVATTING	9
1 INLEIDING	13
2 BESCHRIJVING KASINRICHTING EN PROEFOPZET	15
2.1 Proef uitgevoerd in 1988	15
2.2 Proef uitgevoerd in 1989	18
3 MONSTERNAME EN ANALYSE VAN OXAMYL EN PROPAMOCARB	19
3.1 Bepaling van oxamyl in voedingsoplossing	19
3.2 Bepaling van propamocarb in voedingsoplossing	19
3.3 Teeltmaterialen	19
4 RESULTATEN EN BESPREKING	21
4.1 Klimatologische omstandigheden	21
4.2 Metingen van de pH	22
4.3 Metingen van de EC	23
4.4 Waterhuishouding	23
4.5 Concentratieverloop van oxamyl in de voorraadvaten	25
4.6 Verdeling van oxamyl in de steenwolmatten	26
4.7 Concentratieverloop van oxamyl in water stromend uit de steenwolmatten	33
4.8 Residuen in en aan teeltmaterialen	34
4.9 Oxamyl-balans	35
4.10 Propamocarb metingen	38
5 CONCLUSIES	41
LITERATUUR	43
AANHANGSELS	
1 Verloop concentraties nutriënten en spoorelementen in overtollige voedingsoplossing tijdens proeven in april 1988 op het PTG te Naaldwijk	45
2 Verloop concentraties nutriënten en spoorelementen in overtollige voedingsoplossing tijdens proeven in mei 1989 op het PTG te Naaldwijk	47
FIGUREN	
1 Indeling proefkas op het PTG te Naaldwijk	15
2 Schematische weergave van de bemonsteringsmal voor steenwolmatten	17
3 Verloop van instraling en temperatuur tijdens de kasproeven in april 1988 en mei 1989 op het PTG te Naaldwijk	21

	Blz.
4 Verloop van het volume uitgestroomde voedingsoplossing per dag en de instraling tijdens de proeven in 1988 en 1989	25
5 Concentratie-verloop van oxamyl in het voorraadvat bij a) vrije drainage in april 1988, b) recirculatie in april 1988 en c) vrije drainage (systemen V en VI) en recirculatie (systeem VII) in mei 1989	27
6 Concentraties oxamyl gemeten op 42 plaatsen in de steenwolmat bij systeem III (recirculatie), één, vier, zeven, elf en achttien dagen na de start op 18 april 1988	29
7 Concentraties oxamyl gemeten op 42 plaatsen in de steenwolmat bij systeem VI (vrije drainage), één, vier, zeven, elf en achttien dagen na de start op 22 mei 1989	30
8 Concentraties oxamyl gemeten midden in de steenwolmatten van de systemen waarop een bemonsteringsmal was geplaatst, twee, zeven en elf dagen na de start van de proeven	31
9 Concentraties oxamyl gemeten onder in de steenwolmatten van de systemen waarop een bemonsteringsmal was geplaatst, twee, elf en achttien dagen na de start van de proeven	32
10 Concentratie-verloop van oxamyl in het water stromende uit de steenwolmatten	33

TABELLEN

1 Indeling teeltsystemen, beoogde doorstroming en watergift bij de proef in 1988	16
2 Indeling teeltsystemen, dosering middelen, aantal planten per systeem en watergift bij de proef in 1989	18
3 pH in toegediende en overtollige voedingsoplossing gevolgd in de tijd tijdens de proeven in april 1988 en mei 1989 op het PTG te Naaldwijk	22
4 EC in toegediende en overtollige voedingsoplossing gevolgd in de tijd tijdens de proeven in april 1988 en mei 1989 op het PTG te Naaldwijk	24
5 Residuen van oxamyl, omgerekend naar mg per mat, in en aan teeltmaterialen die gebruikt zijn bij de proeven op het PTG te Naaldwijk in 1988	35
6 Resterende massa oxamyl in het voorraadvat, cumulatieve massa oxamyl teruggevoerd naar het voorraadvat en de resterende massa oxamyl in de totale recirculatie-systemen	37
7 Resterende massa oxamyl in het voorraadvat, cumulatieve massa oxamyl afgevoerd via het water dat uit de steenwolmatten stroomde en de resterende massa oxamyl in de totale vrije-drainage systemen	38
8 Concentraties propamocarb vergeleken met concentraties oxamyl gemeten op enkele plaatsen in het proceswater en in de steenwolmat	39

WOORD VOORAF

In 1987 is een project gestart, getiteld: 'Gedrag en emissie van bestrijdingsmiddelen in twee hydrocultuursystemen in de glastuinbouw'. In het kader van dit project is in 1988 en 1989 een onderzoek uitgevoerd op het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas (PTG) te Naaldwijk en in 1989 op een praktijkbedrijf in het Westlandse kassengebied.

In dit rapport worden de uitvoering en de resultaten van het onderzoek op het PTG weergegeven; in een eerder verschenen rapport zijn de resultaten van het onderzoek op het praktijkbedrijf gepresenteerd.

De monsters waarin de concentraties van oxamyl moesten worden vastgesteld, zijn geanalyseerd door DLO-Staring Centrum. De concentraties van propamocarb zijn gemeten door de Instituten CIVO-TNO te Zeist.

Wij zijn veel dank verschuldigd aan dr.ir. M. Leistra voor zijn vele verbeteringen en kritische opmerkingen bij de afronding van dit rapport .

SAMENVATTING

In de glastuinbouw neemt de teelt van gewassen op substraten, vooral op steenwolmatten, sterk toe. Bij het vrije-drainagesysteem loopt de overtollige voedingsoplossing via spleten in de omhullende polyetheen folie in de bodem. Dit kan verontreiniging van grondwater en oppervlaktewater (bijv. via drainbuizen) veroorzaken. Bij recirculatie-systemen wordt de overtollige voedingsoplossing uit de steenwolmatten opgevangen en teruggevoerd naar het voorraadvat (gesloten systeem). Over de lotgevallen van bestrijdingsmiddelen in zulke systemen was weinig bekend, evenals over de emissies naar het milieu.

In experimenten in een kas van het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas (PTG) werd oxamyl toegediend aan tomatenplanten op twee types steenwolteelt-systemen: het vrije-drainagesysteem en het recirculatie-systeem. De watergift per plant per dag (via druppelen bij de plantvoet) werd ingesteld op verschillende niveaus. Bemonsterd werden: de voorraadvaten met voedingsoplossing plus oxamyl, de oplossing in de steenwolmatten (op diverse plaatsen) en de uit de matten stromende overtollige voedingsoplossing.

De concentratie van oxamyl in de watermonsters werd gemeten via vloeistof-chromatografie. Na de scheiding op een reversed phase HPLC kolom werd een post-column reactie uitgevoerd, waarbij een fluorescerende verbinding werd gevormd. Deze werd gedetecteerd met een fluorescentie detector.

De concentratie van oxamyl in de voorraadvaten daalde sprongsgewijs bij het aanvullen van de voorraadvaten met verse voedingsoplossing zonder bestrijdingsmiddel (zoals verwacht). In de periodes tussen het bijvullen bleef de concentratie vrijwel constant, wat wijst op zeer trage omzetting van oxamyl. Bij de recirculatie-systemen trad soms een concentratie-verhoging in het voorraadvat op o.a. door toevoeging van uitgestroomde voedingsoplossing met relatief hoge concentraties van oxamyl, afkomstig van eerdere toediening (minder verdund).

Voor de bepaling van de verdeling van een bestrijdingsmiddel in de steenwolmatten is een bemonsteringsmal met injectie-naalden gemaakt, waarmee op 42 plaatsen rond een plantvoet (met druppelaar) een klein volume oplossing kan worden onttrokken. Bij een lage watergift kon slechts bij gemiddeld 24% van de bemonsteringspunten voedingsoplossing uit de mat worden onttrokken; op de andere punten was de mat water-onverzadigd. Bij hogere watergiften was op resp. 35%, 86% en 73% van de punten water te onttrekken. De slecht bevochtigde gedeeltes bevonden zich hoofdzakelijk bovenin de matten. De voedingsoplossing stroomt dus slechts door een (beperkt) deel van de steenwolmatten.

Gedurende de eerste dagen kon de spreiding van het concentratie-patroon van oxamyl in de steenwolmatten vanaf de plantvoeten (elk met druppelaar) worden gemeten. Daarna was de verdeling door de doorstroomde gedeeltes van de matten vrij gelijkmatig.

Enkele malen werden in de oplossing in de steenwolmatten concentraties oxamyl gemeten (bijv. 15 mg l^{-1}) die aanzienlijk hoger waren dan de uitgangskoncentratie in het voorraadvat ($8,5 \text{ mg l}^{-1}$). De concentrering treedt op doordat de plantenwortels in verhouding meer water dan oxamyl opnemen. Dit verschijnsel is bekend voor polaire verbindingen als oxamyl en wordt uitgedrukt in een transpiratiestroom-concentratiefactor die lager is dan 1. Deze concentrering is een tweede oorzaak waardoor de concentratie van oxamyl in het voorraadvat soms toenam door het terugvoeren van uitgestroomde voedingsoplossing bij recirculatie-systemen.

In een beginperiode lagen de concentraties van oxamyl in de steenwolmatten bij de vrije-drainagesystemen en de recirculatie-systemen op hetzelfde niveau. Daarna verliep de afname in de recirculatie-systemen duidelijk langzamer, omdat de voorraadvaten bij deze systemen deels werden aangevuld met uitgestroomde oplossing die oxamyl bevatte. Na 18 dagen was ook de concentratie in de matten van de recirculatie-systemen relatief laag geworden (rond 1 mg l^{-1}).

In het water dat uit de steenwolmatten stroomde werd de maximale concentratie oxamyl na 2 tot 4 dagen bereikt. Bij hogere toevoersnelheden vanuit het voorraadvat werden de maximum concentraties in het uitstromende water eerder bereikt. De uitstroom-concentratie bij de recirculatie-systemen daalde langzamer dan bij de vrije-drainagesystemen, wat overeenkomt met het concentratie-verloop in de steenwolmatten.

De pH in het toegevoerde water en in het water dat uit de steenwolmatten stroomde werd gemeten. Door de processen rond de wortelstelsels neigt de pH toe te nemen; dit kan worden gecompenseerd door toevoer van voedingsoplossing met een lagere pH. De pH lag vrijwel altijd duidelijk beneden 7,0. In combinatie met de korte verblijftijd in de systemen valt slechts een geringe mate van hydrolyse van oxamyl te verwachten.

Het grootste deel van het restant aan oxamyl in de steenwolmatten aan het eind van de meetperiode (18 dagen) bevond zich in de waterfase. Het residu aan de druppelleidingen kon worden geëxtraheerd met water. Het grootste deel van de oxamyl aan/in de polyetheenfolie (omhulsel steenwolmatten) werd verkregen door extractie met aceton; hierbij had adsorptie/permeatie plaatsgevonden. Bij de recirculatie-systemen was het restant in de steenwolmatten aan het eind van de meetperiode duidelijk hoger dan bij de vrije-drainagesystemen. In de praktijk kan men aan het eind van een teelt veel van de resterende voedingsoplossing door de planten laten opnemen voor verdamping, zodat ook de resterende hoeveelheid bestrijdingsmiddel minimaal is.

De cumulatieve hoeveelheid oxamyl die uit de steenwolmatten stroomde bij drie vrije-drainagesystemen bedroeg resp. 12%, 51% en 65% van de hoeveelheid toegediend aan het systeem. Mede omdat de overtollige oplossing in de praktijk op een beperkt deel van het oppervlak uitstroomt en in de bodem infiltreert (bij spleten in de folies) is het risico van verontreiniging van grondwater en oppervlaktewater (o.a. via drainbuizen) groot.

In een aantal geselecteerde watermonsters werd de concentratie van het fungicide

propamocarb gemeten met een gaschromatografische methode. De lotgevallen van dit middel in de steenwolsystemen vertonen veel analogie met die van oxamyl. De concentratie van propamocarb in de oplossing in de steenwolmat liep nog sterker op t.o.v. de toegevoerde oplossing dan bij oxamyl. Dit duidt er op dat de transpiratiestroom-concentratiefactor voor de opname van propamocarb door plantenwortels lager is (minder opname) dan die voor oxamyl.

1 INLEIDING

In 1987 is een project gestart, getiteld: 'Gedrag en emissie van bestrijdingsmiddelen in twee hydrocultuursystemen in de glastuinbouw'. Aanleiding was de sterke groei van de teelt van gewassen op substraten en de mogelijke milieuproblemen daarbij. Dit project is opgezet om meer inzicht te krijgen in diverse aspecten van de substraat-teelt, te weten:

- a Verdeling van bestrijdingsmiddelen in de teeltsystemen na toepassing via de voedingsoplossing.
- b Emissie van deze middelen naar het milieu door lozing van uitstromende voedingsoplossing.
- c Emissie via verbruikte teeltmaterialen, vooral steenwol en plastic-folie.

Bij de teelt op substraat is water het transportmiddel voor de toediening van voedingsstoffen en ook van een aantal bestrijdingsmiddelen. Bij vrije-drainage systemen stroomt uit de mat overtollige voedingsoplossing weg naar de kasbodem. Het is te verwachten dat een relatief 'natte' tuinder meer overtollig proceswater laat afvloeien dan een 'droge' tuinder. Dit kan aanzienlijke gevolgen hebben voor de emissie van bestrijdingsmiddelen. Door Raats is beschreven dat een 'droge' tuinder weliswaar minder proceswater afvoert, maar dat de concentratie van nutriënten daarin relatief hoog is (Raats, 1980).

Er is weinig bekend over de verdeling van bestrijdingsmiddelen in de steenwolmat na de toediening via de druppelaars. Verwacht mag worden dat de verdeling in de mat grote invloed heeft op de effectiviteit van een middel. Een gelijkmatige verdeling van een middel geeft veelal de beste gewasbescherming.

De substraatteelt leent zich in principe uitstekend voor een gesloten teeltsysteem, waarbij de gebruikte voedingsoplossing teruggevoerd wordt naar het voorraadvat (recirculatie). De emissie van nutriënten en bestrijdingsmiddelen kan met zo'n gesloten teeltsysteem tot een minimum worden beperkt. Het effect van dit recirculeren van overtollige voedingsoplossing met bestrijdingsmiddel op het concentratieverloop in het teeltsysteem is niet bekend.

In 1987 is een eerste oriënterende proef uitgevoerd op het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas (PTG) met als doel enkele werkwijzen voor bemonstering en analyse bij substraatteelt experimenten te testen (Dekker et al., 1988). De in deze proef onderzochte methoden bleken te voldoen aan de eisen voor het daarop volgende onderzoek op het PTG en op praktijkbedrijven.

Bij een onderzoek op een praktijkbedrijf met vrije-drainagesysteem werd het insecticide/nematicide oxamyl op twee manieren toegediend via de voedingsoplossing (Dekker et al., 1991). De verdeling van het middel door de steenwolmatten en de uitspoeling via bodem en drainbuizen naar de onderbemalingsput werden gemeten. De concentraties in het putwater lagen in het traject van 0 tot $47 \mu\text{g.l}^{-1}$ en de totale uitspoeling werd geschat op maximaal 8,6 % van de dosering.

In het huidige rapport worden de werkwijzen en resultaten van een onderzoek bij tomaten op steenwol in een kas op het PTG weergegeven. Onderzocht zijn de lotgevallen van oxamyl in de steenwolmatten en de emissie uit de steenwolmatten voor de volgende vier combinaties:

- I teelt met vrije drainage van de overtollige voedingsoplossing en een juist voldoende watergift (simulatie van een 'droge' tuinder)
- II teelt met vrije drainage en een grote watergift ('natte' tuinder)
- III teelt met recirculatie en een grote watergift ('natte' tuinder)
- IV teelt met recirculatie en een extra grote watergift ('extra natte' tuinder).

Aan het einde van de proeven zijn de af te voeren teeltmaterialen onderzocht op de aanwezigheid van residuen van oxamyl.

2 BESCHRIJVING KASINRICHTING EN PROEFOPZET

2.1 Proef uitgevoerd in 1988

Op het PTG is in maart 1988 een kas ingericht waarin het onderzoek met verschillende substraatteeltsystemen is uitgevoerd. In deze kas (lengte 17 m; breedte 10 m) zijn in de lengterichting over een afstand van 12 m vier rijen steenwolmatten geplaatst (fig 1). Tomatenplanten van het ras Dombito zijn op de matten geplaatst met een plantafstand van 50 cm. Deze planten zijn op 1 februari 1988 gezaaid in steenwol opkweekblokken (10 x 10 x 8 cm). Bij de start van de proef op 18 april waren de eerste drie trossen vruchten aan de planten gezet en de vierde tros stond in bloei.

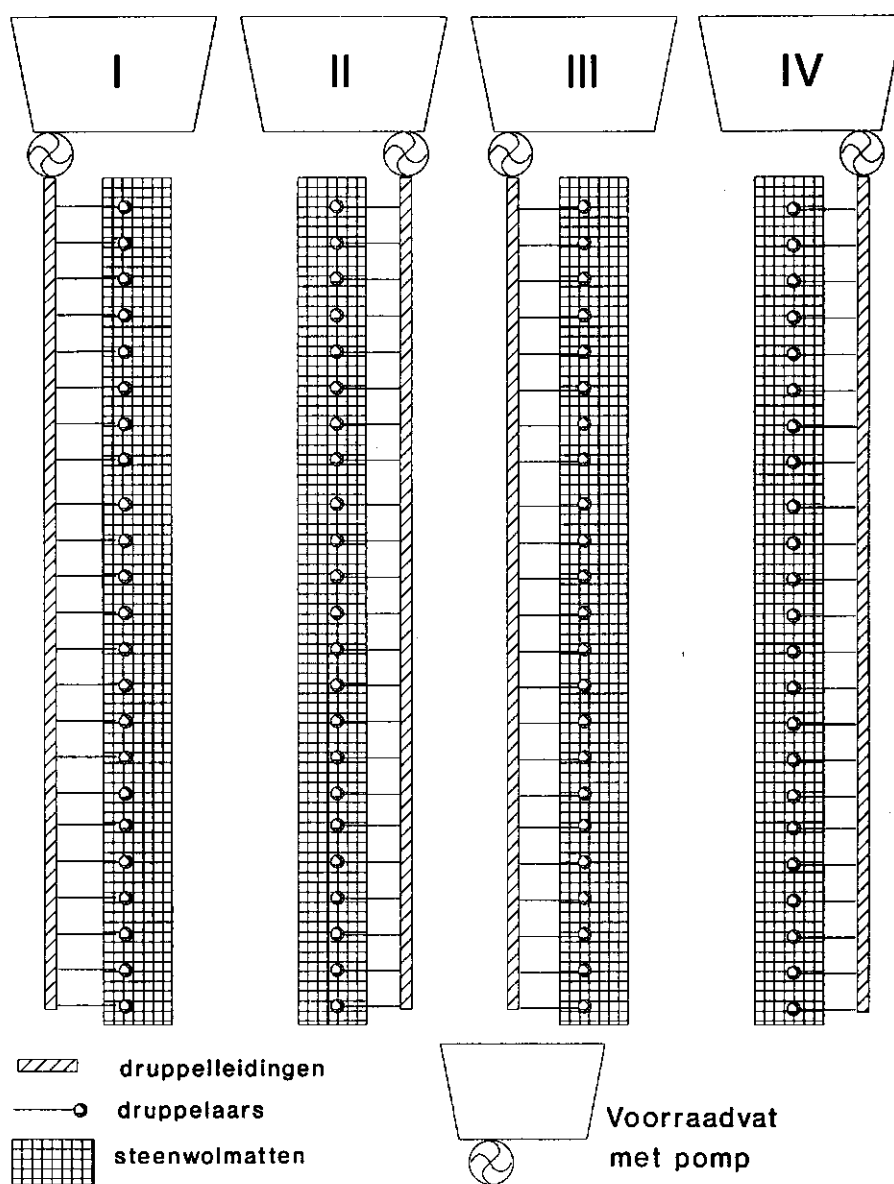


Fig. 1 Indeling proefkas op het PTG te Naaldwijk

Twee systemen zijn ingericht met vrije drainage en twee systemen met recirculatie van de overtollige voedingsoplossing. Praktijksituaties van droog tot extra nat zijn nagebootst zoals in tabel 1 is weergegeven. Bij een 'natte' tuinder wordt een relatief groot volume voedingsoplossing niet door de planten gebruikt.

Tabel 1 Indeling van de teeltsystemen, beoogdedoorstroming en watergift bij de proef in 1988

Systeem	Vrije drainage/ recirculatie	Droog/nat	Beoogde door- stroming (%)	Watergift per plant (l.d ⁻¹)
I	vrije drainage	droog	10	1,4
II	vrije drainage	nat	20	2,8
III	recirculatie	nat	20	2,7
IV	recirculatie	extra nat	40	5,0

Bij toepassing van recirculatie wordt in principe alleen aan het einde van de teelt de overgebleven voedingsoplossing afgevoerd. In de praktijk wordt aan het einde van de teelt de voedingsoplossing die in de mat zit door de planten verdampt, zodat theoretisch niets hoeft te worden afgevoerd. Het volume dat wordt afgevoerd als afvalwater is dus veel kleiner dan bij vrije drainage. Bij recirculatie kan daardoor zonder bezwaar een grotere gift aan voedingsoplossing worden toegediend. Om deze reden is bij recirculatie van de overtollige voedingsoplossing uitgegaan van een verdubbeling van het beoogde doorstroompercentage ten opzichte van de vrije-drainage systemen.

De steenwolmatten (100 x 15 x 7,5 cm), gehuld in polyetheen-folie, lagen in kunststof goten. Van twee series van vier planten per systeem vloeide de overtollige voedingsoplossing via de goten in ingegraven emmers. Na registratie van het volume en onttrekking van een monster voor de bepaling van de concentratie bestrijdingsmiddel is bij de vrije-drainagesystemen deze vloeistof afgevoerd en bij de recirculatiesystemen teruggebracht in het voorraadvat. De overtollige voedingsoplossing van de resterende dertien planten vloeide bij de vrije-drainagesystemen via spleten in het polyetheen-folie in de onderliggende grond (zoals in de praktijk). Bij de recirculatiesystemen is deze vloeistof via de goot verzameld in 10 l flessen en na bepaling van het volume teruggebracht in de voorraadvaten.

Voor de bepaling van de verdeling van het middel in de steenwolmatten is een bemonsteringsmal ontwikkeld. Over een lengte van circa 40 cm van een steenwolmat rondom een tomatenplant kon met behulp van deze mal een relatief klein volume (2 à 3 ml) voedingsoplossing worden onttrokken op 42 plaatsen, verdeeld over drie plaatsen in de breedte, drie in de hoogte en vijf in de lengte. Een schets van deze mal is gegeven in figuur 2. Bij de inrichting van de proefkas in maart is op alle systemen bij één plant een bemonsteringsmal geplaatst.

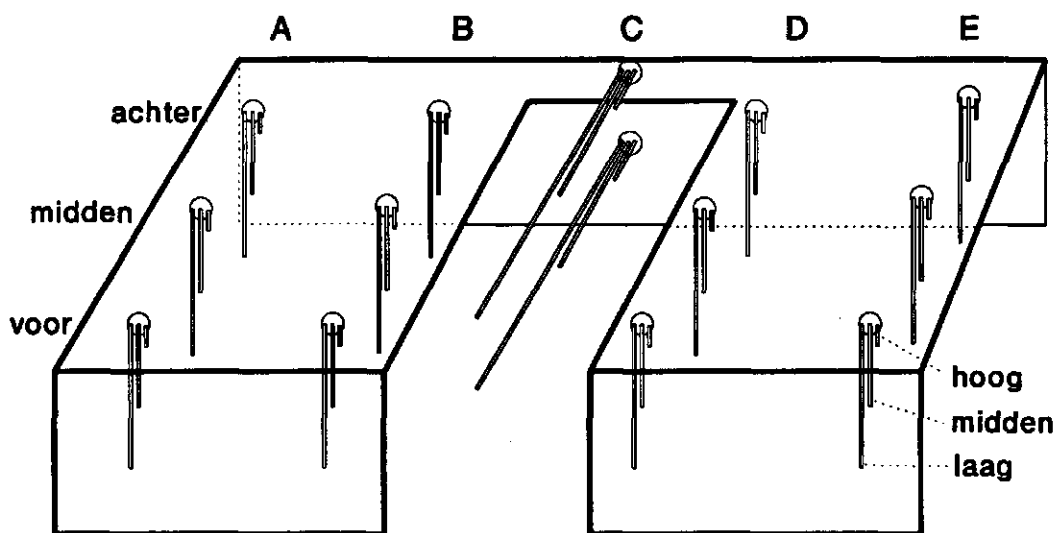


Fig. 2 Schematische weergave van de bemonsteringsmal voor steenwolmatten

Op 18 april zijn de voorraadvaten van ieder systeem gevuld met 250 l voedingsoplossing. Daarna is met een glazen spuit (Multifit[®] syringe, SMBDA 10 ml; Becton Dickinson) aan elk voorraadvat 10,0 ml Vydate L (250 g.l⁻¹ oxamyl, (N,N-dimethyl-2-methylcarbamoyloxyimino-2-(methylthio)-aceetamide)) toegevoegd en vervolgens gemengd. Na 15 min is de schakelklok aangezet die de tijdsintervallen tussen het aan/uitschakelen van de doseerpompen regelde. De intervallen waren als volgt ingedeeld: systeem I: 5 min pompen per beurt en de systemen II, III en IV: 10 min per beurt. De systemen I, II en III werden zes keer per etmaal ingeschakeld op 8, 10, 12, 14, 16 en 18 uur en systeem IV werd twaalf keer ingeschakeld op dezelfde en de tussenliggende hele uren en om 19 uur.

Tijdens de proef zijn continu de temperatuur en luchtvochtigheid in de kas gemeten met een zelfregistrerende thermohygrograaf. De waarden van de instraling zijn gebruikt, zoals die op het weerstation van het PTG zijn geregistreerd.

Wekelijks zijn van het uit de steenwolmatten stromende water monsters verzameld voor de analyse van voedingsstoffen door het Bedrijfs Laboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (BLGG) te Naaldwijk (zie Aanhangsel 1).

Voorafgaand aan iedere bemonstering is het nog aanwezige volume voedingsoplossing in het voorraadvat afgelezen. Een monster van circa 2 ml is onttrokken ter bepaling van de concentratie oxamyl. Op de bemonsteringstijdstippen zijn de ingegraven emmers leeggepompt met een elektrische vacuümpomp (Vedder, type: NK 020 E) in een glazen fles van 10 l, waarin het volume kon worden afgelezen. Na bemonstering (2 ml) voor de bepaling van de concentratie oxamyl is de vloeistof van de vrijedrainage systemen afgevoerd en die van de recirculatie-systemen teruggebracht in de voorraadvaten. Op de bemonsteringstijdstippen zijn, indien nodig, de voorraadvaten steeds bijgevuld tot 250 l met verse voedingsoplossing, en na mengen is weer een monster van circa 2 ml onttrokken ter bepaling van de concentratie oxamyl.

2.2 Proef uitgevoerd in 1989

In 1989 is nogmaals een proef uitgevoerd in dezelfde kas. Behalve als herhaling van de vergelijking van vrije drainage en recirculatie van de overtollige voedingsoplossing is deze proef opgezet om het gedrag van het fungicide propamocarb (propyl-3-(dimethylamino)propylcarbamaat) te vergelijken met dat van oxamyl. In de proefkas zijn vier systemen ingericht: twee systemen (VI en VII) om het gedrag van de middelen te volgen en de waterhuishouding vast te leggen en twee systemen (V en VIII) om alleen het gedrag van de middelen te volgen. In tabel 2 zijn de indeling van de teeltsystemen, de gebruikte middelen, het aantal planten (= tevens aantal druppelaars) per systeem en de toegediende volumina weergegeven.

Tabel 2 *Indeling teeltsystemen, toegediende middelen, aantal planten per systeem en watergift bij de proef in 1989*

Systeem	Vrije drainage/ Recirculatie	Toegediende middelen ^{a)}	Aantal planten	Watergift per plant(l.d ⁻¹) bij	
				8 beurten (dag 1-14)	6 beurten (dag 15-18)
V	vrije drainage	oxamyl	23	-	-
VI	vrije drainage	oxamyl + prop	8	4,5	3,3
VII	recirculatie	oxamyl + prop	8	4,5	3,3
VIII	vrije drainage	prop	23	-	-

- = niet gemeten

^{a)} prop = propamocarb

Tijdens de proef in 1988 was gebleken dat het leegpompen van de emmers lastig en tijdrovend is. Om deze reden zijn in 1989 bij de systemen VI en VII in duplo twee steenwolmatten met telkens twee tomatenplanten op een houten lattenwerk circa 50 cm boven het grondoppervlak geplaatst. Op deze wijze was het mogelijk het volume in de emmers direkt af te lezen en na bemonstering af te voeren of terug te brengen in het voorraadvat. In systeem VI was een bemonsteringsmal geplaatst voor de intensieve bemonstering in de steenwolmat.

Op 22 mei zijn de voorraadvaten van ieder systeem gevuld met 250 l voedingsoplossing. Daarna is met een glazen spuit aan de voorraadvaten van de systemen V, VI en VII 10,0 ml Vydate L (250 g.l⁻¹ oxamyl) toegevoegd en aan de voorraadvaten VI, VII en VIII 10,0 ml Previcur[®] N (722 g.l⁻¹ propamocarb) en vervolgens gemengd. Na vijftien minuten werd de schakelklok aangezet die de tijdsintervallen tussen het aan/uitschakelen van de doseerpompen regelde. Alle systemen zijn acht keer per etmaal ingeschakeld op 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 en 21 uur, gedurende 15 min per beurt. Na 14 dagen was de instraling zo ver gedaald dat zes beurten per etmaal voldoende waren.

Van de vrije-drainage systemen V en VIII zijn de concentraties bestrijdingsmiddel en de afname van het volume in de voorraadvaten gevolgd.

Van het uit de steenwolmatten stromende water van de systemen VI en VII zijn wekelijks in duplo monsters verzameld voor de analyse van nutriënten door het BLGG te Naaldwijk (zie Aanhangsel 2).

3 MONSTERNAME EN ANALYSE VAN OXAMYL EN PROPAMOCARB

3.1 Bepaling van oxamyl in voedingsoplossing

Van alle te analyseren watermonsters is in de kas circa 2 ml gefiltreerd over een 0,45 µm filter (Millex®-HV₁₃, Millipore) en vervolgens 1 ml opgevangen in een monstervaatje. Bij aankomst op het laboratorium konden de monstervaatjes direct in de monsterwisselaar voor de vloeistofchromatografische (HPLC) analyse worden geplaatst. Van ieder monster is 100 µl met een monsterwisselaar met automatische injector op een reversed-phase C₁₈ HPLC kolom gebracht (lengte 15 cm; diameter 4,6 mm; temperatuur 40 °C). Na een post-column reactie werd de resulterende verbinding gedetecteerd met een fluorescentie detector (golflengten: excitatie = 340 nm, emissie = 455 nm). Het piekoppervlak is bepaald met behulp van een integrator. Voor details van de HPLC-methode zie Dekker & Houx (1983).

3.2 Bepaling van propamocarb in voedingsoplossing

Op het moment dat propamocarb bij de proef moest worden toegediend was de bepalingsmethode hiervoor niet beschikbaar. Het bleek niet mogelijk de bepalingen in redelijke tijd te realiseren. In een later stadium zijn enkele geselecteerde monsters in opdracht geanalyseerd door de Instituten CIVO-TNO te Zeist. Dit was een gaschromatografische bepaling van het diisopropylether-extract van de met natriumhydroxide en natriumchloride behandelde monsters.

3.3 Teeltmaterialen

Aan het einde van de proeven zijn op enkele plaatsen in de proefkas materialen verzameld. Dit betrof: a) steenwol, b) polyetheen-folie en c) polyetheen-druppelleidingen. Met uitzondering van de druppelleidingen worden deze materialen na één of enkele teeltseizoenen afgevoerd als afval, waarna recycling of verbranding volgt. Het plantaardig materiaal wordt gecomposteerd. Deze materialen zijn verzameld om hierin eventuele residuen van oxamyl te bepalen.

De afmeting van de steenwolmatten was: 100 x 15 x 7,5 cm. Aan het einde van de proeven in 1988 zijn van de matten van de systemen I, II en IV strookjes van elk 1 cm dwars op de lengterichting uitgesneden. Het restant voedingsoplossing werd uit de strookjes geperst en gefiltreerd door een 0,45 µm filter. In het filtraat is de oxamyl-concentratie bepaald. Vervolgens is de steenwol na toevoeging van 50 ml water gedurende 10 min in een ultrasoon bad (Branson 52) behandeld. Dit waterig extract is ook uitgeperst en op dezelfde wijze behandeld als de resterende oplossing in de steenwolmat. Aan de aldus uitgeperste porties steenwol is 50 ml aceton toegevoegd waarna zij andermaal 10 min in het ultrasoon bad behandeld zijn. Deze extrac-

tie-procedure is herhaald en de verzamelde aceton-extracten zijn met een rotatie filmverdampers drooggedampt. De droogrest is opgenomen in 10 ml water en op dezelfde wijze verwerkt als de waterextracten.

Van het polyetheen-folie om de steenwolmatten zijn in 1988 van de systemen I, II en IV stukjes van 10 x 10 cm in kleinere stukjes geknipt en geëxtraheerd met 5 ml water. In dit waterig extract is, na filtratie, de oxamyl-concentratie bepaald. Vervolgens zijn dezelfde stukjes polyetheen-folie geëxtraheerd met 5 ml aceton en op dezelfde wijze verwerkt als hiervoor beschreven bij de steenwolmat-extracten.

Per steenwolmat is een lengte van circa 2 m polyetheen-druppelleiding nodig. Van deze leidingen zijn stukken van circa 30 cm in kleine stukjes geknipt en op dezelfde wijze geëxtraheerd als het polyetheen-folie.

4 RESULTATEN EN BESPREKING

4.1 Klimatologische omstandigheden

In fig. 3 zijn de instraling en de temperatuur in de proefkas tijdens de proeven in 1988 en in 1989 weergegeven. Bij de proef in 1988 ontbreekt het temperatuurverloop gedurende de laatste week van de proef. Opmerkelijk is dat tijdens deze proef in het begin de instraling relatief laag was, 1600 à 1800 $\text{J.cm}^{-2}.\text{d}^{-1}$, terwijl de gemiddelde etmaaltemperatuur gedurende deze dagen relatief hoog was, 24 à 26 °C. Bij daarop volgende metingen en bij de proef in 1989 fluctueerde de kastemperatuur globaal met de instraling. Bij de proef in 1989 is een hogere instraling gemeten, terwijl de kastemperatuur lager was. Een verklaring voor de lagere temperatuur is dat de kas bij hoge instraling meer gelucht werd.

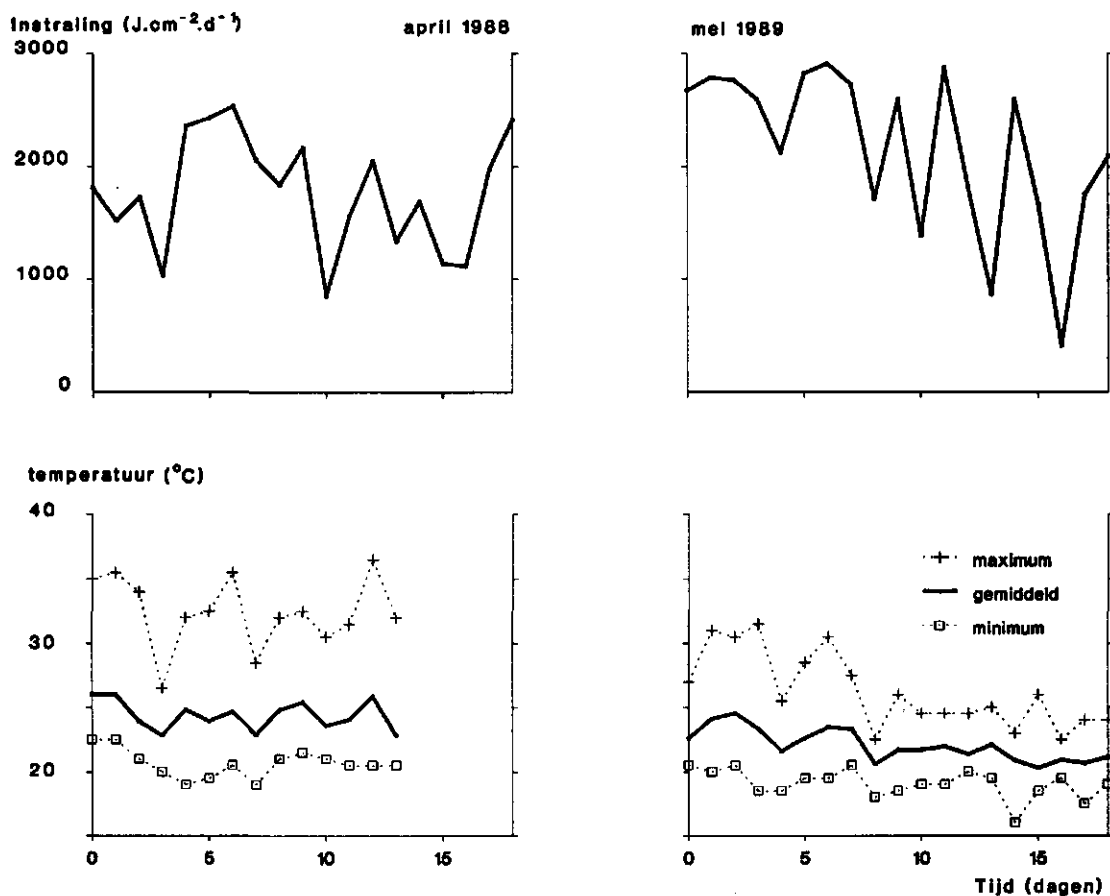


Fig. 3 Verloop van instraling en temperatuur tijdens de kasproeven in april 1988 en mei 1989 op het PTG te Naaldwijk

Tabel 3 pH in toegediende en overtollige uitstromende voedingsoplossing gevolgd in de tijd tijdens de proeven in april 1988 en mei 1989 op het PTG te Naaldwijk

	Dag								
Systeem	0	2	4	7	9	11	14	16	18
april 1988									
toegediend									
I	5,4	-	2,7	3,1	-	3,9	5,2	-	-
II	5,5	-	3,3	3,5	-	4,7	5,6	-	-
III	5,9	-	3,4	4,2	-	5,2	5,6	-	-
IV	5,7	-	4,2	4,8	-	5,3	5,5	-	-
uitstromend									
I	-	-	-	6,9	-	-	6,3	-	-
II	7,6	-	-	6,7	-	-	6,4	-	-
III	-	-	-	6,5	-	-	6,5	-	-
IV	6,7	-	-	6,1	-	-	6,1	-	-
mei 1989									
toegediend									
V	6,2	6,2	6,4	6,6	6,6	6,1	6,3	6,3	-
VI	5,9	-	6,5	-	6,5	6,2	-	-	-
VII	5,9	6,3	6,3	6,5	6,6	6,3	6,4	6,5	-
VIII	6,0	-	6,3	-	-	5,8	-	-	-
uitstromend ^{a)}									
VI a	5,5	5,5	5,4	-	5,9	5,7	-	6,1	6,3
VI b	4,0	4,6	4,6	-	5,1	5,0	-	4,5	4,9
VII a	5,9	5,8	5,7	-	6,5	6,3	-	6,2	6,8
VII b	4,6	5,0	5,5	-	6,5	6,4	-	6,4	6,4

- = niet gemeten

^{a)} de aanduidingen a en b hebben betrekking op de afzonderlijke bepalingen van vier planten

4.2 Metingen van de pH

In tabel 3 zijn alle pH metingen van zowel de toegediende als de uit de steenwolmatten stromende overtollige voedingsoplossing van de proeven in 1988 en 1989 weergegeven. De pH van de toegediende oplossing was bij alle systemen in 1988 lager en onregelmatiger dan in 1989. Omdat via de pH in de voedingsoplossing de pH in de mat geregeld kan worden, is de pH in de voedingsoplossing soms erg laag. Na meting van een hoge pH in drainwater wordt bewust de pH van de voedingsoplossing verlaagd om bij te sturen.

Bij de proef in 1988 was de pH in het uit de steenwolmatten stromende water hoger dan in de voedingsoplossing. Dit is in overeenstemming met de situatie zoals die bij het onderzoek op het praktijkbedrijf is vastgesteld (Dekker et al., 1991). De hogere

pH in het uitstromende water wordt mede veroorzaakt doordat tomatenplanten in het vruchtstadium meer anionen dan kationen opnemen waardoor de pH in het proceswater stijgt. Een andere oorzaak is ophoping van HCO_3^- door worteluitscheiding of door vastlegging van door de wortels uitgescheiden CO_2 , afkomstig van de wortelademhaling.

Bij de proef in 1989 was het verschil in pH tussen toegediende en overtollige uitstromende voedingsoplossing veel kleiner. Nu was het veel minder vaak nodig om de pH bij te sturen. De pH is van belang voor de omzettingssnelheid van oxamyl; met name boven $\text{pH} = 7$ kan hydrolyse plaatsvinden. Ten aanzien van de milieubelasting zou het gunstig kunnen zijn dat in het uitstromende water meestal de hoogste pH gemeten is. De mate van omzetting in het uitstromende overtollige water is afhankelijk van de hydrolysesnelheid en van de verblijftijd.

4.3 Metingen van de EC

In tabel 4 zijn alle resultaten van de EC metingen van zowel toegediende als uitstromende overtollige voedingsoplossing van de proeven in 1988 en 1989 weergegeven. De EC in de overtollige uitstromende voedingsoplossingen is zowel bij de proeven in 1988 als bij die in 1989 hoger dan die in de toegediende voedingsoplossing.

4.4 Waterhuishouding

In fig. 4 is het verloop van het uit de steenwolmatten stromende water-debiet voor de systemen weergegeven in samenhang met de instraling. In deze figuur zijn de volumina van het uitstromende water per dag weergegeven, zoals die zijn berekend door interpolatie tussen de bemonsteringsintervallen (maximaal 3 etmalen). Voor deze relatief korte perioden is verondersteld dat het uitstromende volume water per dag omgekeerd evenredig is met de instraling op die dag.

De percentages overtollige voedingsoplossing, gemeten vanaf het begin tot het einde van de proef in 1988 (a) voor de systemen I, II, III en IV, bedroegen respectievelijk: 13,8 %, 28,5 %, 32,4 % en 28,4 % van het toegevoerde volume. Bij systeem I komt dit percentage redelijk overeen met het beoogde percentage van 10 %, bij de systemen II en III zijn de percentages veel hoger en bij systeem IV is het percentage lager dan gepland (tabel 1). De volumina van de uitstromende overtollige voedingsoplossing uit systeem I zijn de helft van die uit de systemen II en III en deze zijn weer de helft van dat uit systeem IV (fig. 4a). Het beeld van de 'droge' en 'natte' tuinder is duidelijk weerspiegeld in deze volumina.

De overtollige volumina die uit de steenwolmatten stroomden fluctueerden globaal omgekeerd evenredig met de instraling. De eerste vijf dagen nam het volume van het uitstromende water toe bij een relatief lage instraling. Vanaf dag 6 tot dag 10

Tabel 4 EC (mS.cm⁻¹) in toegediende en overtollige voedingsoplossing gevolgd in de tijd tijdens de proeven in april 1988 en mei 1989 op het PTG te Naaldwijk

Dag:									
Systeem	0	2	4	7	9	11	14	16	18
april 1988									
toegediend									
I	1,9	-	2,5	1,6	-	2,2	2,3	-	-
II	1,8	-	2,1	1,7	-	2,2	1,8	-	-
III	2,0	-	2,6	1,5	-	2,4	2,3	-	-
IV	2,0	-	2,5	1,6	-	2,3	2,5	-	-
uitstromend									
I	-	-	-	6,4	-	-	3,8	-	-
II	3,0	-	-	4,1	-	-	3,7	-	-
III	-	-	-	4,3	-	-	3,8	-	-
IV	2,9	-	-	4,0	-	-	3,6	-	-
mei 1989									
toegediend									
V	1,5	1,6	2,4	2,0	1,9	2,2	1,9	2,3	-
VI	1,7	-	2,1	-	2,2	2,4	-	-	-
VII	1,7	1,6	2,2	1,8	1,9	2,5	1,9	2,2	-
VIII	1,5	-	2,3	-	-	2,3	-	-	-
uitstromend ^{a)}									
VI a	5,6	4,3	4,1	-	2,5	3,0	-	3,8	3,2
VI b	4,8	4,0	3,4	-	2,8	2,8	-	3,9	3,2
VII a	5,8	4,4	4,6	-	3,0	3,4	-	4,0	3,5
VII b	4,6	3,6	3,2	-	2,9	3,2	-	4,0	3,4

- = niet gemeten

a) de aanduidingen a en b hebben betrekking op de afzonderlijke bepalingen van vier planten

lag dit volume weer lager bij een vrij hoge instraling (fig. 4a). Op dag 11 en 12 was de instraling weer laag, hetgeen tot gevolg had dat het uitstromende volume overtollige voedingsoplossing relatief hoog was. De laatste periode vanaf dag 13 geeft hetzelfde beeld te zien.

Bij de proef in 1989 zijn dezelfde effecten waargenomen (fig. 4b). Tijdens de beginperiode tot de vijfde dag nam de instraling geleidelijk af en steeg het uitstromende volume overtollige voedingsoplossing. Dit herhaalde zich van dag 6 tot dag 8. Vanaf dag 9 wisselde de dagelijkse instraling sterk en hiermee ook het uitstromende volume overtollige voedingsoplossing. Vanaf dag 14 werd het toegediende volume voedingsoplossing verlaagd van 36 l.dag⁻¹ naar 26 l.dag⁻¹. Op dag 15 was het gevolg hiervan direct waarneembaar: mede door de iets hogere instraling stroomde deze dag weinig overtollige voedingsoplossing uit de steenwolmatten. De laatste dagen van de proef steeg het uitstromende volume weer tot het niveau van dag 5 tot 7.

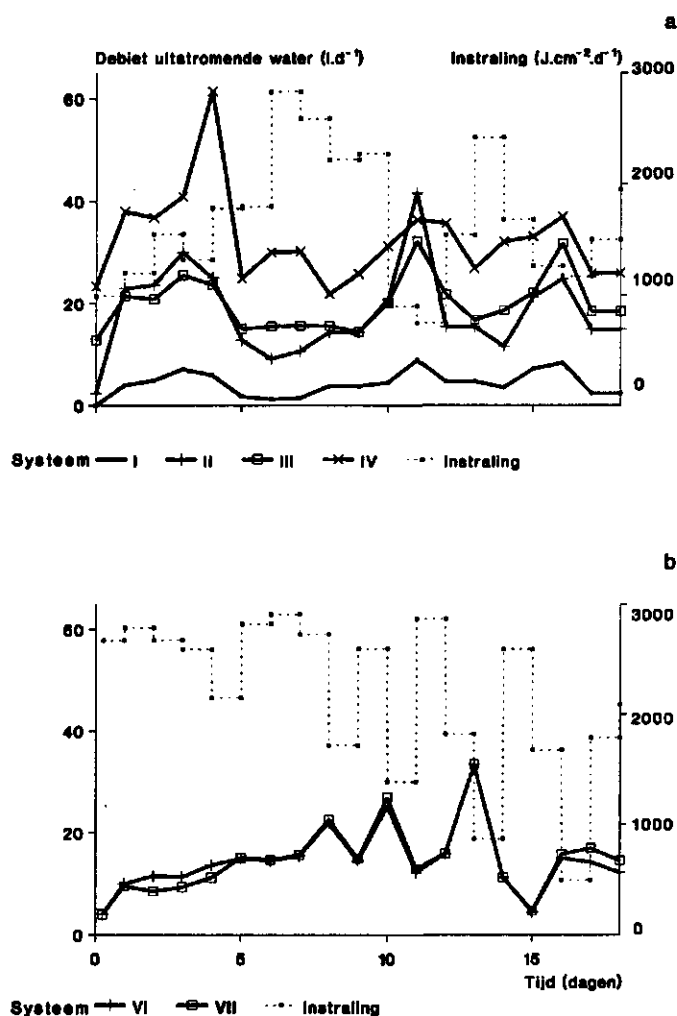


Fig. 4 Verloop van het volume uitgestroomde voedingsoplossing per dag en de instraling tijdens de proeven in 1988 (a) en 1989 (b)

4.5 Concentratieverloop van oxamyl in de voorraadvaten

Het concentratieverloop in de voorraadvaten bij de proeven in 1988 en in 1989 is weergegeven in fig. 5. Zoals verwacht daalden de concentraties sprongsgewijs op de momenten dat de voorraadvaten bijgevuld werden met verse voedingsoplossing. In de tussenliggende perioden bleven de concentraties nagenoeg constant. Bij de recirculatie-systemen is soms een concentratieverhoging te zien, zoals in fig. 5b tussen twee en vier, vier en zeven en zestien en achttien dagen en in fig. 5c tussen zeven en negen en veertien en zestien dagen. De concentratieverhogingen konden ontstaan doordat in de uitstromende overtollige voedingsoplossing de concentratie van oxamyl hoger was dan die in het voorraadvat. Deze hogere concentratie, is enerzijds te verklaren door het effect van een transpiratiestroom-concentratiefactor, die aanzienlijk lager is dan 1, zoals beschreven door Briggs et al. (1982). Anderzijds is in de steenwolmatten een groot volume oplossing onderweg, dat vertraagt de aangevulde en daardoor verdunde voedingsoplossing volgt.

4.6 Verdeling van oxamyl in de steenwolmatten

De concentraties oxamyl in de steenwolmatten zijn in de tijd gevolgd op de in hoofdstuk 2.1 genoemde plaatsen. De concentraties in systeem III van de proef in april 1988 zijn met staafdiagrammen weergegeven in fig. 6. In de verticale kolommen staafdiagrammen zijn de tijdstippen 1, 4, 7, 11 en 18 dagen weergegeven. In de horizontale rijen staan de concentraties van de bovenste plaatsen (hoog), de middelste plaatsen (midden) en de onderste plaatsen (laag) in de steenwolmat. In ieder staafdiagram zijn de plaatsen in de lengterichting in de mat aangegeven met: A, B, C, D en E en de plaatsen in de dwarsrichting van de mat: voor, midden en achter.

Het was niet altijd mogelijk van iedere plaats vloeistof te onttrekken; vooral boven in de steenwolmat waren er veel plaatsen die slecht werden bevochtigd. Deze plaatsen zijn in figuur 6, en volgende figuren aangegeven met een concentratie van -1 mg.l^{-1} . Per systeem waren 42 bemonsteringsplaatsen. Het percentage plaatsen waarvan in de systemen een monster kon worden onttrokken bedroeg gemiddeld, tijdens de duur van de proef, in systeem I: 24 %, systeem II: 35 %, systeem III: 86 % en systeem IV: 73 %. Het grote verschil tussen de beide 'natte' systemen II en III maakt het beeld van de 'droge' en 'natte' tuinder minder duidelijk. Opvallend is wel, dat in beide recirculatie-systemen op de meeste plaatsen water onttrokken kon worden, maar voor systeem III is dit niet uit de opzet verklaarbaar.

Duidelijk is te zien in figuur 6 dat op alle plaatsen waar vloeistof kon worden onttrokken ook oxamyl is gemeten, met uitzondering van de plaatsen A en E, waar het langer duurde voordat het middel deze plaatsen bereikte. Na vier dagen was de concentratie gemeten op A en E hoger dan na één dag, maar nog steeds lager dan op de plaatsen B, C en D. De concentraties in de steenwolmat volgden vertraagd de concentraties in het voorraadvat.

Soms is een concentratie in de mat gemeten die hoger was dan de uitgangsconcentratie in het voorraadvat. Deze concentratieverhoging wordt veroorzaakt doordat de planten relatief meer water opnemen dan oxamyl. Dit verschijnsel is bekend voor polaire stoffen als oxamyl en wordt uitgedrukt in een transpiratiestroomconcentratiefactor lager dan 1 (Briggs et al., 1982).

Volgend in de tijd werd de verdeling van het middel in de mat steeds beter. Na 18 dagen was de concentratie op alle plaatsen, boven, midden en onder in de mat gedaald tot circa 1 mg.l^{-1} . Deze geleidelijke afname van de concentratie is voornamelijk in de recirculatie-systemen vastgesteld; de afname in de vrije-drainage systemen verliep sneller.

In fig. 7 zijn de concentraties in de steenwolmat van het vrije-drainage systeem VI van de proef in 1989 weergegeven. Opmerkelijk is dat op dag 1 boven in de mat juist onder de plant, geen vloeistof uit de mat kon worden onttrokken. Op dag 4 en de daarop volgende dagen was dit wel mogelijk nadat de betreffende naalden in de steenwolmat iets verschoven waren. Deze verschuivingen zijn te verwaarlozen ten opzichte van de oorspronkelijk bedoelde plaatsen. Het is duidelijk dat de vloeistofstroming in de mat onder de plant met druppelaar plaatselijk sterk kan verschillen.

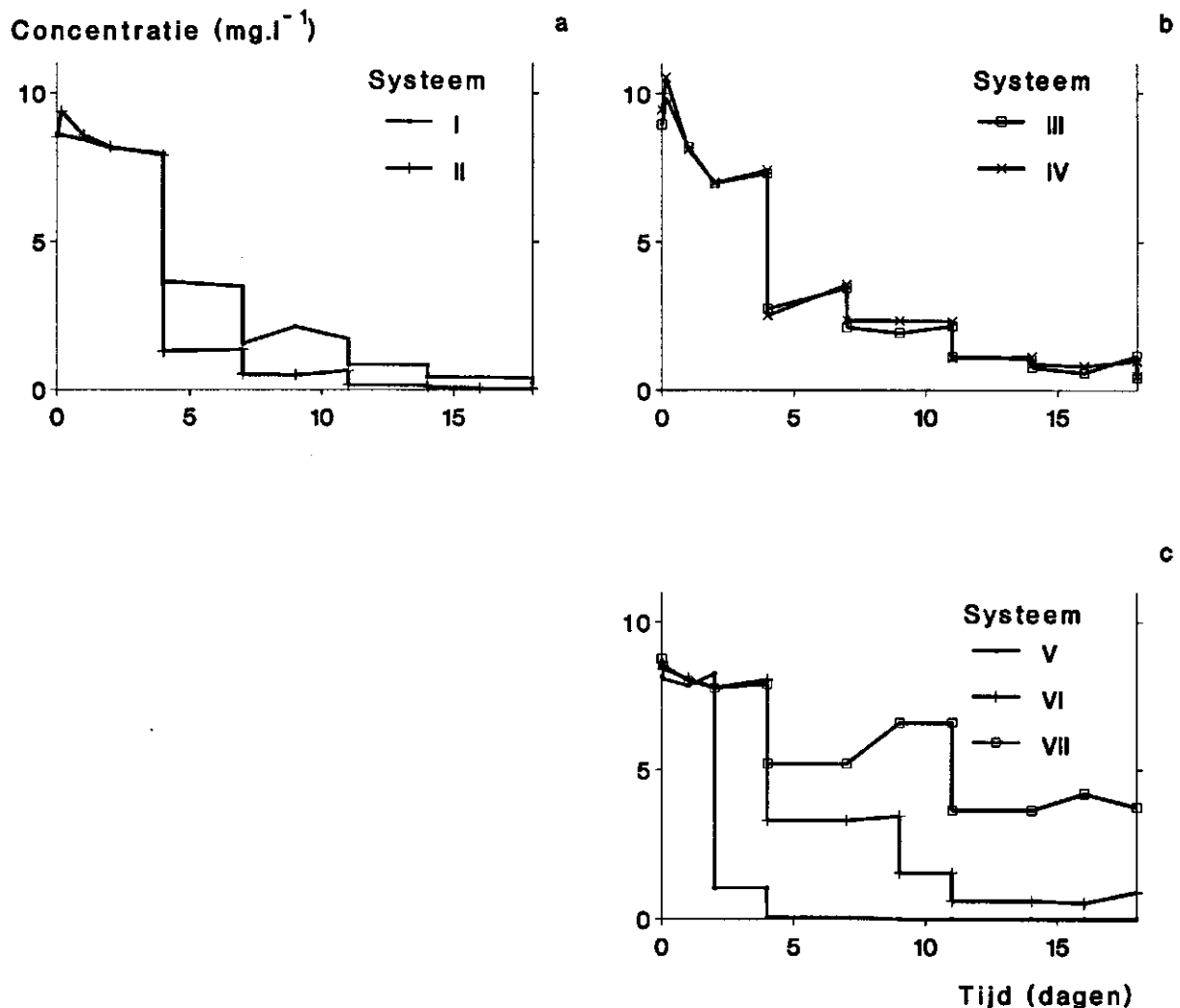


Fig. 5 Concentratie-verloop van oxamyl (mg.l^{-1}) in het voorraadvat bij a) vrije drainage in april 1988, b) recirculatie in april 1988 en c) vrije drainage (systemen V en VI) en recirculatie (systeem VII) in mei 1989

Nog sterker dan bij de proef in 1988 is ook nu een hogere concentratie oxamyl in de steenwolmat gemeten dan de $8,5 \text{ mg.l}^{-1}$, die toegediend is met de voedingsoplossing. Na één dag zijn boven en midden in de mat concentraties boven 15 mg.l^{-1} gemeten. Bij deze proef is een groter volume voedingsoplossing per dag gegeven dan bij de systemen I, II en III in 1988, zodat minder invloed van de lage transpiratiestroom-concentratiefactor zou worden verwacht. In fig. 4 is te zien, dat in de eerste 15 dagen in systeem VI na een hogere watergift, juist relatief veel minder voedingsoplossing doorgestroomd is dan in systeem II. In tabel 4 blijken in de beginperiode ook de EC-waarden in de doorgestroomde overtollige voedingsoplossing van systeem VI meer toegenomen te zijn dan die in systeem II. Hieruit mag worden geconcludeerd, dat de planten van systeem VI in 1989 ten gevolge van de hogere instraling en de daarbij toegepaste beluchting van de kas meer vocht getranspireerd hebben dan de planten van systeem II in 1988. In overeenstemming hiermee zijn de hogere concentraties oxamyl in het midden en onder in de mat van systeem VI (fig. 8) na twee en zeven dagen en een afname van het verschil tussen beide systemen vanaf elf dagen, waarna de concentratie oxamyl in voorraadvaten II en VI gedaald

was (fig. 5).

Een vergelijking tussen de systemen waarop een bemonsteringsmal was geplaatst van de proeven in 1988 en in 1989 is gegeven in fig. 8. Deze vergelijking is gemaakt voor de concentraties die gemeten zijn in de middenlaag in de steenwolmatten. In de verticale kolommen zijn de staafdiagrammen van de systemen I, II, III, IV en VI weergegeven en in de horizontale rijen de concentraties na twee, zeven en elf dagen. In ieder staafdiagram zijn de plaatsen in de lengterichting in de mat weer aangegeven met: A, B, C, D en E en de plaatsen in de dwarsrichting met: voor, midden en achter.

Bij systeem I (vrije drainage, 'droge' tuinder) kon in de beginperiode van weinig plaatsen een monster worden onttrokken; op dag 11 was deze situatie beter (fig. 8). De concentraties die toen zijn gemeten zijn vergelijkbaar met die van de andere vrije-drainage systemen II en VI, maar lager dan die bij de recirculatie-systemen III en IV. Bij systeem II (vrije drainage, 'natte' tuinder) kon na twee dagen slechts van twee plaatsen een monster worden onttrokken. Na zeven dagen was het effect van de grotere watergift mogelijk merkbaar; toen kon op tien plaatsen een monster worden onttrokken.

Opmerkelijk is dat bij de recirculatie-systemen III en IV geen invloed merkbaar was van het debiet voedingsoplossing dat aan de planten werd toegediend. Van alle bemonsteringsplaatsen kon midden in de steenwolmat een monster worden onttrokken (Fig. 8). Bovendien zijn de verschillen in de gemeten concentraties oxamyl niet groot, hetgeen duidt op een goede verdeling van de voedingsoplossing in de mat. Na elf dagen zijn echter de concentraties op de plaatsen A en E bij systeem III lager dan op de overige plaatsen. Bij systeem IV waren de verschillen tussen de concentraties op de vijf plaatsen kleiner.

De concentraties gemeten bij systeem VI (vrije drainage) zijn vergelijkbaar met die gemeten bij systeem II, met dit verschil dat bij systeem VI op meer plaatsen een monster kon worden onttrokken en hogere concentraties zijn gemeten; na twee dagen éénmaal zelfs 25 mg.l^{-1} (fig. 8).

Ter verduidelijking van het verschil tussen vrije drainage en recirculatie zijn in fig. 9 de concentraties weergegeven die onder in de mat zijn gemeten na twee, elf en achttien dagen. In de verticale kolommen staafdiagrammen zijn weer de systemen weergegeven en in de horizontale rijen de tijdstippen. Opvallend is dat bij de vrije-drainage systemen II en VI, na twee dagen hogere concentraties zijn gemeten dan bij de recirculatie-systemen III en IV. Na elf dagen was deze situatie enigszins omgekeerd en aan het einde van de proeven, na achttien dagen werden in de vrije-drainage systemen lagere concentraties gemeten dan in de recirculatie-systemen.

In het vrije-drainage systeem I waren onder in de mat op twee en elf dagen vrijwel steeds watermonsters te onttrekken (fig. 9). Indien oxamyl aangetroffen werd dan was de concentratie vergelijkbaar met die van de recirculatie-systemen. Het kleine debiet voedingsoplossing dat bij dit systeem is toegediend heeft kennelijk een grote invloed op de plaatselijke verdeling van het middel onder in de mat.

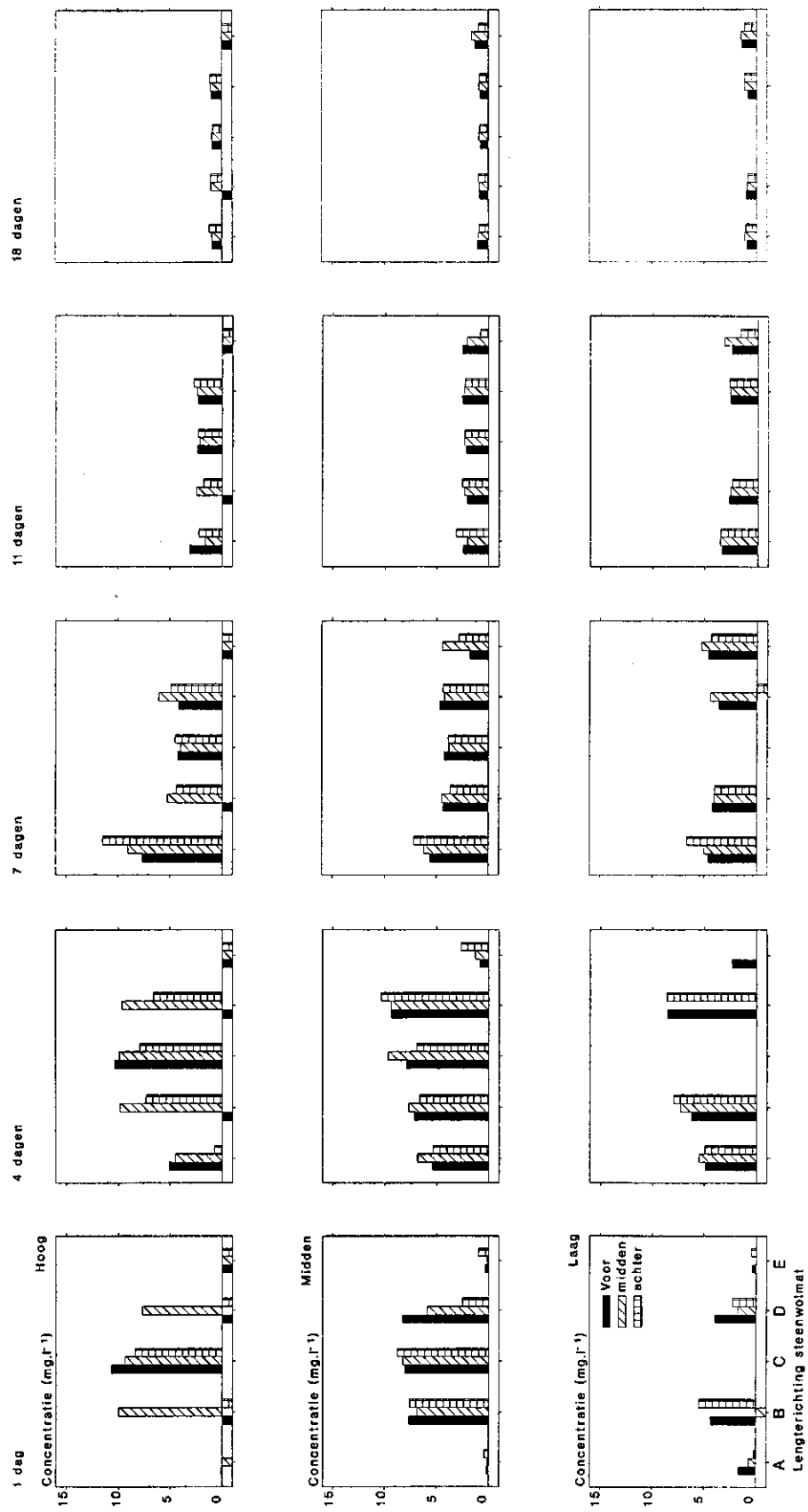


Fig. 6 Concentraties oxamyl (mg.l^{-1}) op 42 plaatsen in de steenwolmat bij systeem III (recirculatie), één, vier, zeven, elf en achttien dagen na de start op 18 april 1988. Een blokje onder de nullijn geeft aan dat ter plaatse géén oplossing kon worden onttrokken. Op plaats C, laag, kon niet worden bemonsterd



Fig. 7 Concentraties oxamyl (mg.l^{-1}) op 42 plaatsen in de steenwolmat bij systeem VI (vrije drainage), één, vier, zeven, elf en achttien dagen na de start op 22 mei 1989. Een blokje onder de nullijn geeft aan dat ter plaatse géén oplossing kon worden onttrokken. Op plaats C, laag, kon niet worden bemonsterd

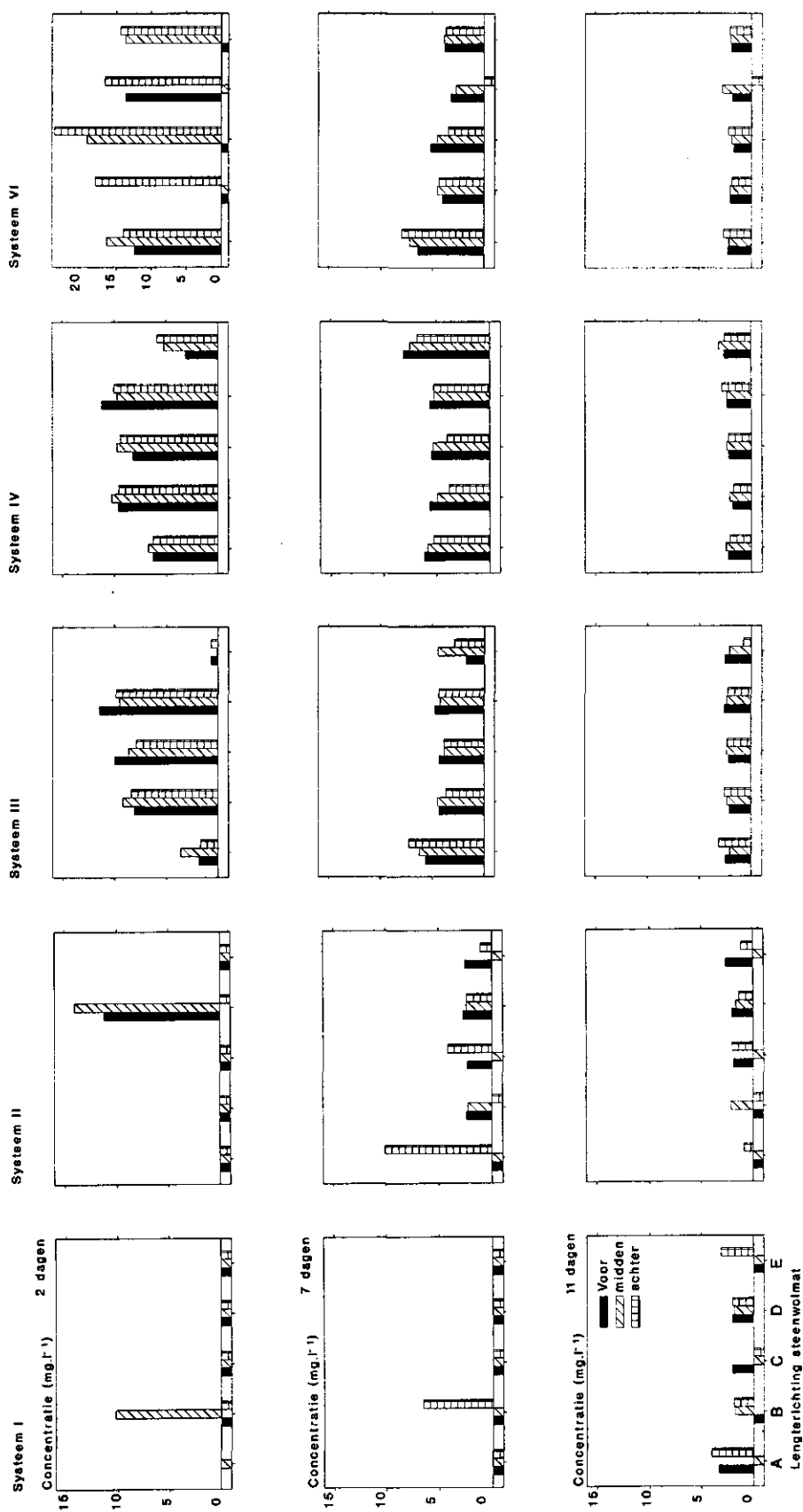


Fig. 8 Concentraties oxamyl (mg.l^{-1}) gemeten midden in de steenwolmatten van de systemen waarop een bemonsteringsmat was geplaatst, twee, zeven en elf dagen na de start van de proeven. Een blokje onder de nullijn geeft aan dat ter plaatse géén oplossing kon worden onttrokken

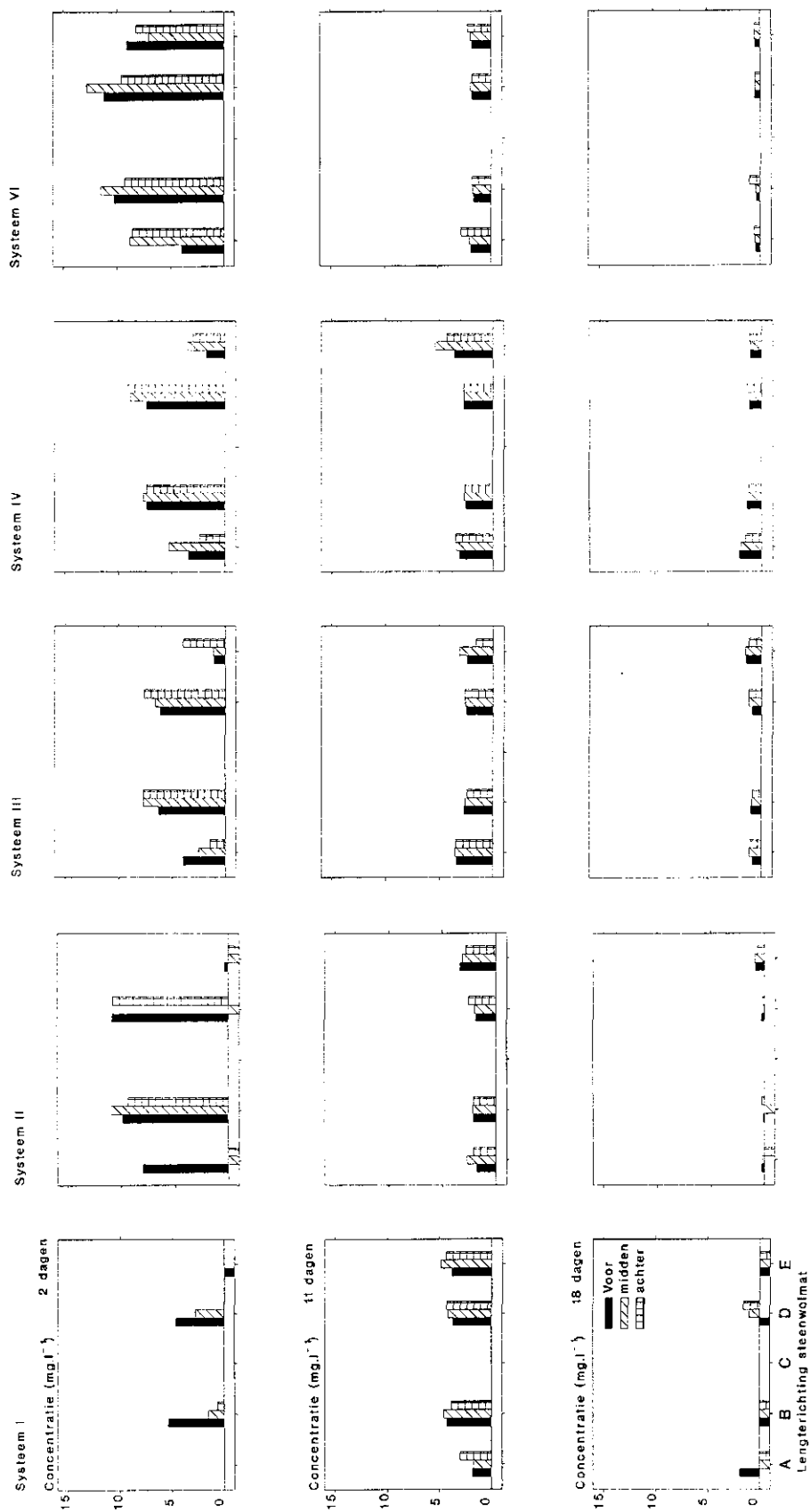


Fig. 9 Concentraties oxanyln (mg.l^{-1}) gemeten onder in de steenwolmatten van de systemen waarop een bemonsteringsmal was geplaatst, twee, elf en achttien dagen na de start van de proeven. Een blokje onder de nullijn geeft aan dat ter plaatse géén oplossing kon worden onttrokken. Op plaats C, laag, kon niet worden bemonsterd

4.7 Concentratie-verloop van oxamyl in water stromend uit de steenwolmatten

In fig. 10 is het verloop van de concentratie oxamyl in het water opgevangen in de emmers weergegeven voor alle systemen bij de proeven in 1988 en 1989. Bij systeem I werd een maximale concentratie van circa 6 mg.l⁻¹ (fig. 10a) in het opgevangen water gemeten. Met een verdubbelde watergift in 1988 bij systeem II, stroomde al na vier dagen overtollige voedingsoplossing uit de steenwolmatten met een concentratie die ongeveer gelijk was aan de uitgangskonzentratie. De concentratie in het water opgevangen uit systeem II zakte na negen dagen onder de concentratie in het water opgevangen uit systeem I.

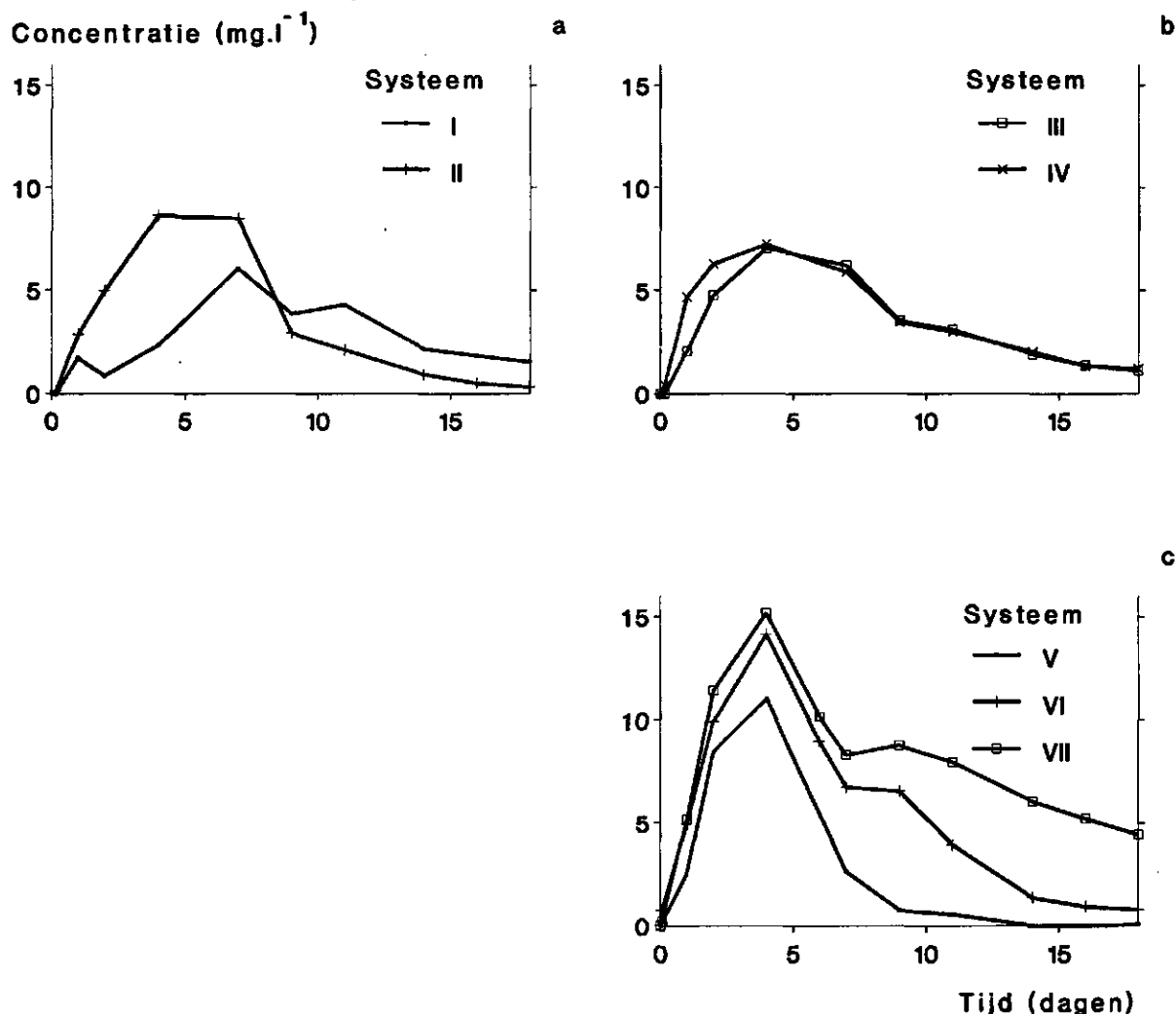


Fig. 10 Concentratie-verloop van oxamyl (mg.l⁻¹) in het water stromend uit de steenwolmatten
a) bij vrije-drainage systemen I en II (1988)
b) bij recirculatie-systemen III en IV (1988)
c) bij vrije-drainage systemen V en VI en bij recirculatie-systeem VII (1989)

Bij de recirculatie-systemen III en IV in 1988 (fig. 10b) vertoont de concentratie oxamyl globaal hetzelfde verloop, ondanks het feit dat bij systeem IV tweemaal zoveel voedingsoplossing als bij systeem III is toegediend. In de beginperiode, tot vier dagen, steeg de concentratie in het uitstromende water sneller dan bij systeem III, maar daarna volgden de concentraties in beide systemen hetzelfde patroon. Een

voordeel van recirculatie is dat het middel langer in een hogere concentratie in de voedingsoplossing aanwezig blijft.

In fig. 10c zijn de concentraties in het water stromend uit de steenwolmatten bij de systemen V, VI en VII in 1989 weergegeven. Deze systemen ontvingen meer voedingsoplossing dan de systemen in 1988. In systeem V stonden eenentwintig planten en in systeem VI en het recirculatie-systeem VII stonden acht planten. Systeem V had 23 planten, net als de systemen in 1988, maar heeft meer voedingsoplossing ontvangen. De trend dat bij een grotere watergift de oxamyl-concentratiepiek in de tijd naar voren schuift en hoger wordt is ook hier duidelijk (vergelijk de oxamyl-piek in de systemen I, II en V). Dit betekent dat kortdurend een hogere concentratie oxamyl uit de steenwolmatten stroomt. De invloed van het aantal planten is te zien aan het verschil in het verloop van de concentratie bij de vrije-drainage systemen V en VI. Bij het relatief grote aantal planten op systeem V is meer voedingsoplossing toegediend en het voorraadvat vaker gevuld met blanco vloeistof, waardoor de concentratie oxamyl in de uitstromende overtollige voedingsoplossing sneller daalde dan in systeem VI. Bij recirculatie-systeem VII bleef het middel langer beschikbaar in een relatief hoge concentratie van $4,5 \text{ mg.l}^{-1}$; na achttien dagen is de concentratie bij het vrije-drainage systeem VI gedaald tot circa 1 mg.l^{-1} .

Een ander opmerkelijk feit is dat de concentraties in het uit de steenwolmatten stromende water bij de systemen in 1989 hogere waarden bereikten dan bij de proef in 1988. De hoogste concentratie oxamyl van 15 mg.l^{-1} werd na vier dagen gemeten in recirculatie-systeem VII. Deze hoge concentratie was mogelijk vanwege het eerder genoemde effect van de relatief lage transpiratiestroom-concentratiefactor, die in deze goed bevochtigde systemen een groter effect had dan bij de systemen van de proef in 1988.

4.8 Residuen in en aan teeltmaterialen

In tabel 5 zijn de resultaten samengevat van metingen die uitgevoerd zijn voor de teeltmaterialen volgens de in hoofdstuk 3.3 beschreven methoden. De concentratie gemeten in de resterende voedingsoplossing, is geëxtrapoleerd naar de totale inhoud van één steenwolmat, alsof deze evenredig met vloeistof was gevuld volgens het percentage van de plaatsen waar vloeistof kon worden onttrokken (zie Hoofdstuk 4.6, pag. 25). De metingen in het waterig extract en het aceton extract van 1 cm van de steenwolmat zijn geëxtrapoleerd naar de hele mat. Uit de hoeveelheden (tabel 5) blijkt dat met water het grootste deel van oxamyl uit steenwol is geëxtraheerd. Bij de extractie van de druppelleidingen is hetzelfde verschijnsel vastgesteld. Bij de extractie van het polyetheen folie bleek het tegenovergestelde: vanaf dit materiaal is met aceton meer oxamyl geëxtraheerd dan met water.

Als de hoeveelheid in systeem IV geëxtrapoleerd wordt naar het totale systeem dan betekent dit dat in de 12 matten nog 1500 mg oxamyl aanwezig was. Extrapolatie van de massa oxamyl die aan het polyetheen folie is gemeten resulteert bij systeem IV in 13 mg en voor de druppelleiding een massa van 0,6 mg. Dezelfde extrapolaties

resulteren voor het vrije-drainage systeem II in de volgende massa's: in de 12 matten circa 200 mg oxamyl, aan het polyetheen folie 2 mg en aan de druppelleiding 0,5 mg. Deze extrapolaties zijn onnauwkeurig omdat zij gebaseerd zijn op metingen van slechts één monster van 1 cm uit één steenwolmat. Uit deze schattingen blijkt wel dat bij recirculatie meer in de teeltmaterialen aanwezig blijft dan bij vrije drainage van overtollige voedingsoplossing.

Tabel 5 Residuen van oxamyl, omgerekend naar mg per mat, in en aan teeltmaterialen die gebruikt zijn bij de proeven op het PTG te Naaldwijk in 1988

	Systeem		
	I	II	IV
Steenwolmatten			
restwater	4,4	5,5	34,4
water extract	33,5	10,8	87,7
aceton extract	0,6	0,8	2,6
Polyetheen folie			
water extract	0,00	0,02	0,06
aceton extract	0,00	0,15	1,02
Druppelleiding			
water extract	-	0,04	0,05
aceton extract	-	0,00	0,002

- = geen meting uitgevoerd

Bij eerdere metingen van de residuen aan teelt-materialen op een praktijkbedrijf met vrije drainage zijn geen restanten oxamyl aangetoond (Dekker et al., 1991). Dit verschil is te verklaren doordat bij het onderzoek op het praktijkbedrijf de laatste toepassing met oxamyl had plaatsgevonden bijna drie maanden voordat de onderzochte materialen zijn bemonsterd. In deze relatief lange periode was het middel via processen als emissie en opname door de planten verdwenen.

4.9 Oxamyl-balans

Van ieder systeem is van de bemonsteringstijdstippen te berekenen hoeveel mg oxamyl in het voorraadvat aanwezig was door het volume in het voorraadvat te vermenigvuldigen met de op dat moment heersende concentratie oxamyl. Dezelfde berekening kan worden uitgevoerd voor de overtollige voedingsoplossing die uit de steenwolmatten is opgevangen. Het verschil tussen de oorspronkelijk gedoseerde massa oxamyl en de som van deze te berekenen massa's is de massa die in de één of andere vorm nog in het teeltsysteem aanwezig is: a) resterend in de steenwolmatten b) opgenomen door de planten of c) omgezet.

De resultaten van de balans-berekeningen voor de vrije-drainage systemen zijn

weergegeven in tabel 6. De massa oxamyl in de voorraadvaten nam af door het aanvullen met voedingsoplossing zonder dit middel. De cumulatieve massa oxamyl die afgevoerd werd met het water dat uit de steenwolmatten stroomde nam de eerste dagen sterk toe. Van systeem I werd vanaf vier dagen een geringe toename gevonden: deze vertraagde toename is in de systemen II en VI pas vanaf elf dagen vastgesteld. Opmerkelijk is dat na een bepaalde tijd de massa oxamyl berekend van het steenwolplant systeem niet meer toenam behalve in systeem I. In de systemen II en VI was na vier dagen de maximum massa oxamyl in het steenwol-plant systeem bereikt. Na het bereiken van de maximum waarden namen deze massa's weer langzaam af.

De maximum hoeveelheden berekend van de steenwol-plant systemen waren ook afhankelijk van het debiet voedingsoplossing per plant. Bij het 'droge' systeem I bedroeg deze massa: 1866 mg en bij het 'natte' systeem II: 1312 mg. Bij het extra natte systeem VI met slechts 8 planten is maximaal 782 mg berekend.

De cumulatieve hoeveelheid oxamyl die uit de steenwolmatten stroomde bij drie vrije-drainagesystemen bedroeg resp. 12%, 51% en 65% van de hoeveelheid toegediend aan het systeem. Mede omdat de overtollige oplossing in de praktijk op een beperkt deel van het oppervlak uitstroomt en in de bodem infiltreert (bij spleten in de folie) is het risico van verontreiniging van grondwater en oppervlaktewater (o.a. via drainbuizen) groot.

De massa-balans berekend voor recirculatie-systemen is weergegeven in tabel 7. Bij deze systemen nam de massa oxamyl in de voorraadvaten geleidelijker af dan bij de vrije-drainage systemen (tabel 6). De massa oxamyl berekend voor het steenwolplant gedeelte van de recirculatie-systemen bleef tot het einde van de proeven toene-
men.

Bij systeem VII met acht planten was de massa oxamyl in het voorraadvat aan het einde van de proef hoog in vergelijking met die bij de andere systemen (met 23 planten), bij een vergelijkbaar debiet voedingsoplossing per plant (tabel 7).

Tabel 6 Resterende massa oxamyl (mg) in het voorraadvat, cumulatieve massa oxamyl afgevoerd via het water dat uit de steenwolmatten stroomde en de berekende massa oxamyl in het steenwol-plant systeem bij vrije drainage

Dag	Voorraadvat (a)	Cumulatieve uitstroming (b)	Berekend voor steenwol-plant systeem ($a_0 - (a_t + b_t)$)
Systeem I			
<i>23 planten; debiet per plant 1,4 l.d⁻¹</i>			
0	2164	0	0
1	1729	27	407
4	719	183	1262
7	464	199	1501
11	230	229	1704
14	102	241	1821
18	46	251	1867
Systeem II			
<i>23 planten; debiet per plant 2,8 l.d⁻¹</i>			
0	2130	0	0
1	1545	53	532
4	238	580	1312
7	148	842	1140
11	46	1021	1063
14	14	1063	1053
18	4	1095	1031
Systeem V			
<i>23 planten; debiet per plant 0-14 dagen: circa 4,5 l.d⁻¹, daarna 3,3 l.d⁻¹</i>			
0	2035		
1	980		
4	83		
7	1		
11	0		
Systeem VI			
<i>8 planten; debiet per plant 0-14 dagen: 4,5 l.d⁻¹, daarna 3,3 l.d⁻¹</i>			
0	2150	0	0
1	1658	54	439
4	845	523	782
7	496	896	758
11	124	1281	745
14	92	1365	693
18	44	1404	702

Tabel 7 Resterende massa oxamyl in het voorraadvat, cumulatieve massa oxamyl teruggevoerd naar het voorraadvat en de berekende massa oxamyl in het steenwol-plant systeem bij recirculatie

Dag	In voorraadvat (a)	Retour naar voorraadvat		Berekend voor steenwol-plant plant systeem ($a_0 - (a_t + b_t)$)
		periodiek (b)	cumulatief	
<i>Systeem III</i>				
<i>23 planten; debiet per plant 2,8 l.d⁻¹</i>				
0	2237	0	0	0
1	1621	37	37	579
4	685	418	455	1134
7	528	289	744	1420
11	283	238	982	1716
14	192	121	1103	1924
18	106	114	1217	2017
<i>Systeem IV</i>				
<i>23 planten; debiet per plant 5,0 l.d⁻¹</i>				
0	2360	0	0	0
1	1884	138	138	338
4	629	765	903	966
7	586	507	1410	1267
11	271	344	1754	1746
14	221	208	1962	1931
18	122	155	2117	2084
<i>Systeem VII</i>				
<i>8 planten; debiet per plant 0-14 dagen: 4,5 l.d⁻¹, daarna 3,3 l.d⁻¹</i>				
0	2188	0	0	0
1	1684	51	51	454
4	1065	405	456	719
7	780	435	891	974
11	594	647	1538	948
14	545	368	1906	1276
18	467	247	2153	1474

4.10 Propamocarb metingen

In tabel 8 zijn van een aantal geselecteerde monsters van verschillende herkomst de concentraties propamocarb weergegeven zoals die zijn bepaald door de Instituten CIVO-TNO te Zeist. Van dezelfde monsters (systeem VI), of overeenkomende monsters (systemen V en VIII) zijn in deze tabel ook de concentraties oxamyl gegeven.

Tabel 8 Concentraties propamocarb (mg.l^{-1}) vergeleken met concentraties oxamyl (mg.l^{-1}) gemeten op enkele plaatsen in het proceswater en in de steenwolmat

Omschrijving monster	Tijd (dagen)	Propamocarb	Oxamyl
Systeem VI			
Vorraadvat	0,25	21,0	8,5
In mat: hoog achter B	2	110,0	23,5
midden achter C	2	110,0	24,0
midden achter A	4	31,0	15,0
laag achter A	4	< 1,0	14,8
midden voor B	18	< 1,0	1,0
laag achter B	18	< 1,0	1,0
Uit steenwolmat stromend water	0	< 1,0	0,0
Systeem V			
Uit steenwolmat stromend water	4	-	11,0
idem	7	-	2,5
Systeem VIII			
Uit steenwolmat stromend water	4	43,0	-
idem	7	7,1	-

De dosering van 10,0 ml van het produkt met 722 g.l^{-1} in 250 l voedingsoplossing geeft een theoretische propamocarb concentratie van $28,8 \text{ mg.l}^{-1}$. Uit dit beperkte aantal metingen blijkt dat de beginconcentratie in het voorraadvat wat lager was dan de theoretisch gedoseerde hoeveelheid. De concentrering van propamocarb in de steenwolmat lijkt groter dan die van oxamyl, ruim viermaal t.o.v. circa driemaal. Dit zou betekenen dat de transpiratiestroom-concentratie factor voor de opname van propamocarb door de planten lager is dan die van oxamyl. Het middel verdween, net als oxamyl, snel uit de steenwolmatten: na vier dagen is de concentratie in de mat gedaald van 110 naar 31 en < 1,0 mg.l^{-1} . In dezelfde periode nam de concentratie oxamyl verhoudingsgewijs iets minder af van 24,0 naar 15,0 en 14,8 mg.l^{-1} . Ook in het doorgestroomde water was de vrij snelle afname van propamocarb meetbaar.

5 CONCLUSIES

De concentratie van oxamyl in de voorraadvaten daalde sprongsgewijs bij het aanvullen van de voorraadvaten met verse voedingsoplossing zonder bestrijdingsmiddel (zoals verwacht). In de periodes tussen het bijvullen bleef de concentratie vrijwel constant, wat wijst op zeer trage omzetting van oxamyl. Bij de recirculatiesystemen trad soms een concentratie-verhoging in het voorraadvat op o.a. door toevoeging van uitgestroomde voedingsoplossing met relatief hoge oxamyl-concentraties, afkomstig van eerdere toediening (minder verdund).

Bij een lage watergift kon slechts bij gemiddeld 24% van de bemonsteringspunten voedingsoplossing uit de steenwol-matten worden onttrokken; op de andere punten waren de matten water-onverzadigd. Bij hogere watergiften was op resp. 35%, 86% en 73% van de punten water te onttrekken. De slecht bevochtigde gedeeltes bevonden zich hoofdzakelijk bovenin de matten. De voedingsoplossing stroomt dus slechts door een (beperkt) deel van de steenwol-matten.

Gedurende de eerste dagen kon de spreiding van het concentratie-patroon van oxamyl in de steenwolmatten vanaf de plantvoeten (elk met een druppelaar) worden gemeten. Daarna was de verdeling door de doorstroomde gedeeltes van de matten vrij gelijkmatig.

Enkele malen werden in de oplossing in de steenwolmatten concentraties oxamyl gemeten die aanzienlijk hoger waren dan de uitgangskoncentratie in het voorraadvat. De concentrering treedt op doordat de plantenwortels in verhouding meer water dan oxamyl opnemen. Dit verschijnsel is bekend voor polaire verbindingen als oxamyl en wordt uitgedrukt in een transpiratiestroom-concentratiefactor die lager is dan 1. Deze concentrering is een tweede oorzaak waardoor de oxamyl-concentratie in het voorraadvat soms toenam door het terugvoeren van voedingsoplossing bij de recirculatiesystemen.

In een beginperiode lagen de concentraties van oxamyl in de steenwolmatten bij de vrije-drainagesystemen en de recirculerende systemen op hetzelfde niveau. Daarna verliep de afname in de recirculatie-systemen duidelijk langzamer, omdat de voorraadvaten bij deze systemen deels werden aangevuld met uitgestroomde oplossing die oxamyl bevatte. Na 18 dagen was ook de concentratie in de matten van de recirculatie-systemen relatief laag geworden.

In het water dat uit de steenwolmatten stroomde werd de maximale concentratie oxamyl na 2 tot 4 dagen bereikt. Bij hogere toevoersnelheden vanuit het voorraadvat werden de maximum concentraties in het uitstromende water eerder bereikt. De uitstroom concentratie bij de recirculatie-systemen daalde langzamer dan bij de vrije-drainagesystemen, wat overeenkomt met het concentratie-verloop in de steenwol-matten.

Door de processen rond de wortelstelsels neigt de pH in de voedingsoplossing in de

matten toe te nemen; dit kan worden gecompenseerd door toevoer van voedingsoplossing met een lagere pH. De pH lag vrijwel altijd duidelijk beneden 7,0. In combinatie met de korte verblijftijd in de systemen valt slechts een geringe mate van hydrolyse van oxamyl te verwachten.

Het grootste deel van het restant aan oxamyl in de steenwolmatten aan het eind van de meetperiode bevond zich in de waterfase. Het residu aan de druppelleidingen kon worden geëxtraheerd met water. Het grootste deel van de oxamyl aan/in de polyetheen folie werd verkregen door extractie met aceton; hierbij had adsorptie/permeatie plaatsgevonden. Bij de recirculatie-systemen was het restant in de steenwolmatten aan het eind van de meetperiode duidelijk hoger dan bij de vrije-drainagesystemen. In de praktijk kan men aan het eind van een teelt veel van de resterende voedingsoplossing door de planten laten opnemen voor verdamping, zodat ook de resterende hoeveelheid bestrijdingsmiddel minimaal is.

De cumulatieve hoeveelheid oxamyl die uit de steenwolmatten stroomde bij drie vrije-drainagesystemen bedroeg resp. 12%, 51% en 65% van de hoeveelheid toegediend aan het systeem. Mede omdat de overtollige oplossing in de praktijk op een beperkt deel van het oppervlak uitstroomt en in de bodem infiltreert (bij spleten in de folie) is het risico van verontreiniging van grondwater en oppervlaktewater (o.a. via drainbuizen) groot.

De lotgevallen van het fungicide propamocarb in de steenwol systemen vertonen veel analogie met die van oxamyl. De concentratie van propamocarb in de oplossing in de steenwolmat liep nog sterker op t.o.v. de toegevoerde oplossing dan bij oxamyl. Dit duidt er op dat de transpiratiestroom-concentratiefactor voor de opname van propamocarb door plantenwortels lager is (minder opname) dan die voor oxamyl.

LITERATUUR

BRIGGS, G.G.; R.H. BROMLOW & A.E. EVANS (1982). *Relationships between lipophilicity and root uptake and translocation of non-ionised chemicals by barley*. Pestic. Sci. 13, 495-504

DEKKER, A.; W.Th. RUNIA; N.W.H. HOUX & Ph. HAMAKER (1991). *Gedrag en emissie van oxamyl bij verschillende toedieningsmethoden in substraatteelt op een glastuinbouwbedrijf*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 174

DEKKER, A. & N.W.H. HOUX (1983). *Simple determination of oxime carbamates in soil and environmental water by high pressure liquid chromatography*. J. Environ. Sci. Health, B18, 379-392.

GRAAF, R. DE & J. VAN DEN ENDE (1981). *Transpiration and evapotranspiration of the glasshouse crops*. Acta Horticulturae 119, 147-158.

RAATS, P.A.C. (1980). *The supply of water and nutrients in soilless culture*. Proc. fifth internat. congress on soilless culture, Wageningen, 53-62

NIET GEPUBLICEEERDE BRONNEN

DEKKER, A., N.W.H. HOUX & C.T.G. DE BRUIJN (1988). *Onderzoek naar gebruik en gedrag van bestrijdingsmiddelen bij de teelt op substraten. I. Ontwikkelen en testen van methoden met oxamyl*. Wageningen, IOB. Intern rapport.

DEKKER, A., W.J.M. ABEN & N.W.H. HOUX (1990). *Een geautomatiseerd preconcentreringssysteem voor de HPLC-analyse van organische stoffen in waterige monsters*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Interne Mededeling 65.

**AANHANGSEL 1 VERLOOP CONCENTRATIES NUTRIËNTEN EN SPOOR-
ELEMENTEN IN OVERTOLLIGE VOEDINGSOPLOSSING
TIJDENS PROEVEN IN APRIL 1988 OP HET PTG TE
NAALDWIJK**

Datum	Systeem I		Systeem II			Systeem III		Systeem IV		
	25 april	2 mei	18 april	25 april	2 mei	25 april	2 mei	18 april	25 april	2 mei
Nutriënten (mmol/l)										
NH ₄ ⁺	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
K ⁺	28,0	15,0	14,9	16,6	12,5	18,3	14,8	12,4	15,4	12,7
Na ⁺	5,5	4,3	2,8	2,5	3,5	2,6	3,8	2,0	2,0	3,8
Ca ²⁺	10,4	8,8	3,7	6,9	6,5	6,7	5,7	4,4	7,2	6,2
Mg ²⁺	5,8	4,1	1,9	3,6	3,2	3,3	2,9	1,8	2,9	2,7
NO ₃ ⁻	>31,5	28,8	12,3	25,4	23,1	26,3	22,7	16,4	25,5	22,5
Cl ⁻	0,9	0,5	0,9	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7
SO ₄ ²⁻	9,3	5,3	5,0	5,0	4,2	4,4	4,4	3,5	3,4	3,7
HCO ₃ ⁻	0,3	0,1	3,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1
P	1,08	1,52	0,55	1,65	1,42	1,74	1,20	1,64	2,44	1,57
Spoorelementen (µmol/l)										
Fe	92	83	57	52	44	45	39	44	45	35
Mn	6,7	11,0	3,6	5,1	8,5	7,7	7,7	7,1	12,0	11,0
Zn	51	32	25	28	22	28	25	18	24	23
B	136	88	82	77	67	75	71	56	71	73
Cu	1,8	1,4	0,9	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,2	1,1

AANHANGSEL 2 VERLOOP CONCENTRATIES NUTRIËNTEN EN SPOOR-ELEMENTEN IN OVERTOLLIGE VOEDINGSOPLOSSING TIJDENS PROEVEN IN MEI 1989 OP HET PTG TE NAALDWIJK.

Datum	Systeem VI					Systeem VII				
	A en B	A	B			A en B	A	B		
	16 mei	29 mei	5 juni	29 mei	5 juni	16 mei	29 mei	5 juni	29 mei	5 juni
Nutriënten (mmol/l)										
NH ₄ ⁺	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1
K ⁺	11,3	11,5	12,1	11,2	12,5	10,3	12,0	12,8	12,0	12,9
Na ⁺	1,6	1,4	1,6	1,5	1,5	1,5	2,0	2,1	1,7	2,1
Ca ²⁺	8,4	7,4	6,9	6,9	7,0	7,2	8,7	8,8	7,7	8,4
Mg ²⁺	3,9	3,4	3,1	3,3	2,9	3,4	4,0	4,0	3,5	3,9
NO ₃ ⁻	24,8	21,1	19,7	20,4	20,5	21,6	22,9	22,8	21,6	22,6
Cl ⁻	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5
SO ₄ ²⁻	6,3	5,3	5,2	5,0	5,4	5,5	6,6	7,2	5,9	7,0
HCO ₃ ⁻	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
P	0,25	0,13	0,35	0,17	0,30	0,27	0,01	0,04	0,01	0,03
Spoorelementen (µmol/l)										
Fe	26	24	22	24	26	15	27	19	23	21
Mn	12,0	8,2	8,9	8,7	10,0	9,5	6,6	5,4	6,3	5,6
Zn	20	12	6,2	12	5,6	19	13	12	11	11
B	61	58	60	55	61	51	69	66	61	62
Cu	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,5	1,2	1,1