



Toetsing emissiemodel substraatteelt

Experimenten op praktijkschaal en in laboratoriumopstelling

Bram van der Maas¹, Marieke van der Staaij¹, Barbara Eveleens¹, Ellen Beerling¹,
Erik van Os¹, Jim van Ruijven¹, Louise Wipfler²

Rapport GTB-1340

1. Wageningen UR Glastuinbouw 2. Wageningen UR Alterra



WAGENINGEN UR
For quality of life

Productschap  Tuinbouw

Referaat

Er is een 'emissiemodel' ontwikkeld om te gebruiken bij de beoordeling van gewasbeschermingsmiddelen voor toelating. Het 'emissiemodel' moet de omvang van de emissies kunnen voorspellen en handvatten geven voor het effectief gebruik van middelen. Een vergelijking is gemaakt van modelberekeningen met praktijkmetingen na toediening van twee gewasbeschermingsmiddelen. In twee experimenten zijn gegevens verzameld over het verloop van de concentraties van twee toegediende gewasbeschermingsmiddelen met de werkzame stoffen pymetrozine en propamocarb. Praktijkmetingen zijn uitgevoerd op een paprikabedrijf en een gerberabedrijf. Na toediening van de twee middelen is het concentratieverloop in het watersysteem gedurende 4 weken gemeten. In een laboratoriumopstelling zijn de middelen toegediend aan drie behandelingen, te weten volgroeide gerberaplanten, afgeknipte gerberaplanten en nieuwe steenwolblokken. Vervolgens is de uitspoeling van de middelen in het drainwater gedurende drie dagen gemeten. Modelberekeningen en praktijkmetingen zaten te ver van elkaar om vertrouwen te geven dat het model generiek toepasbaar is. Er is geconstateerd dat voldoende inzicht ontbrak in de processen, zoals toediening, opname, afbraak en adsorptie om de meetresultaten te kunnen verklaren en nauwkeuriger te maken. In een kleinschalig vervolgonderzoek is in een komkommengewas in een proefkas bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk het verloop van drie via druppelbevloeiing toegediende chemische middelen (dimethomorph, fluopyram, imidacloprid) in detail gevolgd.

Abstract

An "emission model" has been developed for use in the assessment of plant protection products (PPP's) for admission. The "emission model" should predict the size of the emissions of PPP's and provide tools for the effective use. A comparison was made of model calculations with field measurements after dosing two pesticides. In two experiments, data were collected over the course of the concentrations of two dosed pesticides with the active substance pymetrozine and propamocarb. Practical measurements have been carried out on a pepper holding company and a gerbera holding. After dosing the two agents the concentration gradients in the water were measured during 4 weeks. In a laboratory set-up, the agents have been added to three treatments, namely, gerbera mature plants, cut-off gerbera plants and new rockwool blocks. Subsequently, the leaching of PPP's in the drainage water was measured over three days. Model calculations and practical measurements were too far apart to indicate that the model is generically applicable. There is insufficient understanding of the processes, such as dosing, adsorption, degradation and adsorption to explain the results. In a small follow-up study in a cucumber crop at Wageningen UR Greenhouse Horticulture in Bleiswijk the behaviour of three via drip-irrigation dosed chemical agents (dimethomorph, fluopyram, imidacloprid) was followed in detail.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1340

Projectnummer: 3242144500

PT nummer: PT 4622

Disclaimer

© 2015 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wageningenUR.nl/glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Probleemstelling	7
	1.2 Doelstelling en afbakening	7
2	Plan van aanpak	9
	2.1 Praktijkmeting	9
	2.2 Laboratoriummeting	11
3	Resultaten en discussie	13
	3.1 Praktijkmeting	13
	3.2 Laboratoriummeting	19
4	Vergelijking modelberekeningen met praktijk- en laboratoriummetingen	23
	4.1 Praktijkmetingen	23
	4.1.1 Aanpak	23
	4.1.2 Resultaten gerbera	24
	4.1.3 Resultaten paprika	25
	4.1.4 Conclusies praktijkexperiment	26
	4.2 Laboratorium experiment	26
	4.2.1 Inleiding	26
	4.2.2 Analyse	27
	4.2.2.1 Conceptueel model	27
	4.2.2.2 Percentage via drain	27
	4.2.2.3 Doorbraaktijd	28
	4.2.2.4 Vergelijking van beginconcentraties in uitgaand drainwater	28
	4.2.2.5 Concentratieverloop	29
	4.2.2.6 Sorptie	30
	4.2.3 Conclusies laboratorium experiment	30
5	Conclusies en aanbevelingen praktijk- en laboratoriumonderzoek	31
6	Proef 'Optimalisatie proefopzet voor bepaling gedrag gewasbeschermings- middelen'	33
	6.1 Opzet meetproef	33
	6.2 Resultaten meetproef	34
	6.2.1 Watergiften	34
	6.2.2 Gewasbeschermingsmiddelen gift en drain	36
	6.2.3 Organische stof en gewasbeschermingsmiddelen in plant en wortelmedium	39
	6.3 Conclusies druppelproef	41
	6.4 Aanbevelingen	41
7	Acknowledgements	43
8	Literatuur	45

Bijlage I. Waterstromen testbedrijven	47
Bijlage II. Gemeten concentraties pymetrozine op paprika- en gerberabedrijf	49
Bijlage III. Gemeten concentraties propamocarb op paprika- en gerberabedrijf	51
Bijlage IV. Temperatuurmetingen	53
Bijlage V. Waterverdeling in leidingen	55
Bijlage VI. Opzet proef 'Optimalisatie proefopzet voor bepaling gedrag gewasbeschermingsmiddelen'	57
Bijlage VII. Druppelbeurten	61
Bijlage VIII. Deelnemers workshop Model en Meten d.d. 16 januari 2014	63

Samenvatting

Er is een groeiende bewustwording rond emissie van gewasbeschermingsmiddelen) uit de glastuinbouw naar het oppervlaktewater. Er is een 'emissiemodel' in ontwikkeling, bestaande uit 3 deelmodellen, te gebruiken bij de toelatingsbeoordeling van gewasbeschermingsmiddelen. Het 'emissiemodel' moet de omvang van de emissies kunnen voorspellen en handvatten geven voor zowel het effectief gebruik van middelen als het verminderen van emissie naar het oppervlaktewater.

In twee experimenten zijn gegevens verzameld over het verloop van de concentraties van twee toegediende gewasbeschermingsmiddelen met de werkzame stoffen pymetrozine en propamocarb. Vervolgens zijn de meetgegevens gebruikt om modelresultaten te vergelijken met praktijkmetingen en tevens om beter inzicht te krijgen in de belangrijkste processen .

Praktijkmetingen zijn uitgevoerd op een paprikabedrijf en een gerberabedrijf. Na toediening van de twee middelen volgens een adviesdosering zijn de concentraties op verschillende plekken in het systeem in het watersysteem gedurende 4 weken gemeten. In een laboratoriumopstelling zijn de middelen toegediend aan drie behandelingen, te weten volgroeide gerberaplanten, afgeknipte gerberaplanten en nieuwe steenwolblokken. Vervolgens is de uitspoeling van de middelen in het drainwater gedurende drie dagen gemeten. De praktijkmetingen in de gerbera en de paprikakas zijn vergeleken met modelberekeningen. Focus was op de concentraties in de draintanks. De berekende concentraties lagen aanzienlijk hoger dan de gemeten concentraties. Het is niet duidelijk wat de oorzaak is van de verschillen. Mogelijk spelen onduidelijkheid rond de toegediende massa, afbraakprocessen en effecten van ontsmetting van het recirculatiewater een rol. Niet beantwoorde vragen zijn o.a. de mate van plantopname en van adsorptie van de middelen. Modelberekeningen en praktijkmetingen zitten te ver van elkaar om vertrouwen te geven dat het model generiek toepasbaar is. Er zijn nog onvoldoende data beschikbaar om te valideren. Een betere afstemming tussen de praktijkmetingen met de model-variabelen is essentieel om een goede toetsing te kunnen maken. De evaluatie van de metingen en de berekeningen met het model hebben een aanzet gegeven voor een meetprotocol om betrouwbaardere data over het concentratieverloop te verkrijgen. Daarnaast moeten in het model mogelijk aanpassingen gedaan worden voor opname en afbraak.

Op basis van bovenstaande proeven is een vervolgproef uitgevoerd, waarin de verdeling en het verloop van drie middelen (dimethomorph, fluopyram, imidacloprid) na toediening via druppelbevloeiing nauwkeurig is gevolgd. De vervolgmetingen zijn een waardevolle aanvulling op de eerder uitgevoerde praktijkmetingen en laboratoriumexperimenten die moeten leiden tot een verbeterd druppelprotocol voor de telers en een verbeterd emissiemodel voor de toelating van middelen.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Er is een groeiende bewustwording rond emissie van gewasbeschermingsmiddelen (gbm) uit de glastuinbouw naar het oppervlaktewater. Er wordt sinds 2008 gewerkt aan het ontwikkelen van een nieuw instrumentarium dat zou moeten worden toegepast voor de beoordeling van de toelating van deze middelen (de 'beoordelingssystematiek'). Dit instrumentarium bestaat uit drie afzonderlijke modellen die voorspellen: (1) de omvang van de waterstromen; (2) de omvang van de stofstromen; (3) de concentraties in de (emissie-) ontvangende sloot. Deze drie (deel)modellen te samen (hier genoemd 'het emissiemodel') zouden de omvang van de emissies moeten kunnen voorspellen en handvatten moeten geven voor zowel het effectief gebruik van middelen als het verminderen van emissie naar het oppervlaktewater.

Tot nu toe hebben de partijen in de glastuinbouw echter nog weinig van deze handvatten aangereikt gekregen. Er is daarom vanuit telers behoefte om het emissiemodel te laten proefdraaien in een praktijksituatie, zodat nagegaan kan worden in hoeverre dit model realistische uitkomsten geeft en de handvatten zichtbaar worden waarmee acties kunnen worden ondernomen.

1.2 Doelstelling en afbakening

Dit project heeft tot doel:

1. Toetsing van de modelmatige benadering van emissie op schaal.
2. Verwerven van inzicht in de belangrijkste emissiebepalende factoren in het model.

Op twee (substraatteelt) praktijkbedrijven wordt bepaald wat het concentratieverval van twee gewasbeschermingsmiddelen is, aan de hand van een serie monsters genomen op verschillende plekken en tijdstippen na toediening. Hiermee wordt de verwachte emissie op het moment van spuien geschat en vergeleken met de voorspelling die het model voor deze situaties doet.

Daarnaast worden in het laboratorium onder uniforme omstandigheden aanvullende metingen uitgevoerd in een teeltsysteem met voedingsoplossing met en zonder planten. Hiermee wordt getracht inzicht te verkrijgen in de twee belangrijkste emissiebepalende factoren:

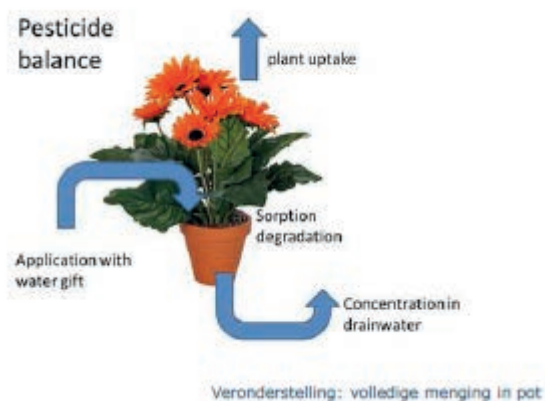
- De afbraak van het middel in het systeem (substraat, leidingsysteem, filters etc.).
- De opname van het middel door het gewas.

Verdere afbakening:

- Dit project concentreert zich op het toetsen van het tweede deelmodel: de omvang van de stofstromen. Het eerste deelmodel (de omvang van waterstromen) is de afgelopen jaren ge-update en getoetst in afzonderlijk EL&I (EZ) onderzoek. Voor de aansturing, afstemming en uitvoering van dit EL&I-project 'Validatie Waterstromenmodel' en het onderhavige project is een gezamenlijk projectteam geformeerd. Zo zijn de waterstromen voor dit project met het waterstromenmodel doorgerekend, tegelijkertijd zijn de gegevens van beide bedrijven gebruikt om het stofstromenmodel te valideren. Het derde deelmodel (de ontvangende sloot) maakt geen deel uit van de studie.
- Het onderzoek beperkt zich tot substraatteelten en druppeltoepassingen, omdat berekeningen van het model laten zien dat de grootste emissie vanuit de kas naar de sloot verwacht wordt bij toediening van gewasbeschermingsmiddelen aan het wortelmilieu (druppelen) in substraatteelten (Vermeulen *et al.* 2010).
- Strategieën om gewasbeschermingsmiddelen te verwijderen uit spuiwater met zuiveringstechnieken zoals UV-peroxide worden elders onderzocht (Van Ruijven *et al.* 2013).

Vervolgproef

De experimenten en metingen zijn uitgevoerd in 2012. Discussie over de resultaten en de daaruit voortkomende vragen en aanbevelingen hebben geleid tot een vervolgexperiment in 2014. De belangrijkste opgave van dit experiment was het bepalen van het verloop van de gewasbeschermingsmiddelen na druppelen en het bepalen van sorptie aan materialen en opname door de plant van de middelen (zie Figuur 1). Met de metingen aan de afzonderlijke componenten kan uiteindelijk een massabalans worden opgesteld. In een bestaand komkommernegras in een proefkas bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk is het verloop gevolgd van drie in een watergift toegediende gewasbeschermingsmiddelen en ijzerchelaat. De opzet en de resultaten van deze metingen worden eveneens in dit rapport beschreven.



Figuur 1 Balans van gift en uitspoeling.

2 Plan van aanpak

2.1 Praktijkmeting

De metingen zijn uitgevoerd op een glastuinbouwbedrijf met een paprikateelt en een bedrijf met een gerberateelt. De waterstromen van beide bedrijven zijn kwantitatief in kaart gebracht. In bijlage 1 is het watersysteem van de bedrijven schematisch weergegeven. De bedrijfsgegevens zijn gebruikt voor de invoer en de berekeningen met het waterstromenmodel en het stofstromenmodel. In tabel 1 zijn enkele relevante bedrijfsgegevens opgenomen.

Tabel 1

Gegevens van de meetbedrijven.

Relevante bedrijfskenmerken	Bedrijf 1	Bedrijf 2
Gewas	Paprika	Gerbera
Grootte (ha)	3.7	1.3
pH gietwater	5.5	5.1
Omvang gift (l/m ²)	0.3	0.44
Totaal gift (l/m ² /d)	0.3 - 8	4-jul
Inhoud vuil drainsilo (actueel) (m ³)	-	3
Inhoud drainsilo (actueel) (m ³)	133	115
Ontsmettingsapparaat	Nee	Verhitter
Ontsmettingsmiddel(en)	Natriumhypochloriet	waterstofperoxide (vuilrain) Hyperclean (schoonrain/leidingen)

Het paprikabedrijf heeft geen ontsmettingsinstallatie. Wel wordt vanaf een aantal weken na planten aan elke waterbeurt een lage dosering (3 ppm) natriumhypochloriet meegegeven. Het gerberabedrijf maakt gebruik van een verhitter om het drainwater te ontsmetten en gebruikt standaard waterstofperoxide in het vuile drainwater en Hyperclean (chloorbleekloog, 3-4 ppm) in het ontsmette water. Het laatste om de leidingen te reinigen.

De geselecteerde gewasbeschermingsmiddelen die zijn toegediend zijn Plenum en Proplant met als werkzame stof respectievelijk pymetrozine en propamocarb (. Beide middelen zijn toegediend samen met de voedingsoplossing (druppelmiddelen) en hebben een toelating voor zowel gerbera als paprika.

- **Pymetrozine** (Plenum 50 WG) is een middel ter bestrijding van bladluizen en kaswittevlug. Het kan worden toegediend als gewasbespuiting of als druppelbehandeling.
- **Propamocarb** wordt gebruikt bij de teelt van verschillende groenten, slasoorten, tomaten, aardappelen en sierplanten, voor de bestrijding van valse meeldauw, phytophthora en pythium. Men kan het sproeien op de bladeren of het aan de wortels van de planten toedienen. Het is een opwaarts systemisch fungicide, dat vanuit de wortels naar de andere delen van de plant wordt getransporteerd. Op de bladeren blijft het lokaal werkzaam. Het verhindert de vorming en kieming van sporen en de myceliumgroei. Het kan zowel preventief als curatief toegediend worden.

De middelen zijn toegediend op de wijze die gebruikelijk is op het betreffende bedrijf, door ze vlak voor de gift aan de voedingsoplossing toe te voegen. . Uitgegaan is van een dosering volgens etiket. Voor Plenum (pymetrozine) is de (hoge) witte vlieg dosering aangehouden.

Op 2 juli 2012 (dag 0) zijn op de twee bedrijven de middelen toegediend in het watersysteem. Watermonsters (één monster voor beide stoffen) zijn genomen op dag 0, 1, 2, 4, 7,14, 21, 28 (fig.2). De monsters zijn gefixeerd om later in een analyselaboratorium te worden geanalyseerd.



Figuur 2 Monsternamen van het gietwater vanuit de druppelaars op het paprikabedrijf (l) en het gerberabedrijf (r).

Omdat de middelenafbraak ook temperatuur afhankelijk is, is met temperatuurloggers het temperatuurverloop gevolgd gedurende 3 dagen. In de paprikakas zijn drie sensoren geplaatst in de substraatmat onder de pot waar het gietwater wordt gedruppeld, één sensor in een pot en in de draintank die binnen in de technische ruimte staat (Figuur 3). Op het gerberabedrijf zijn sensoren geplaatst in twee gerberapotten en in de dagvoorraadtank die buiten staat.

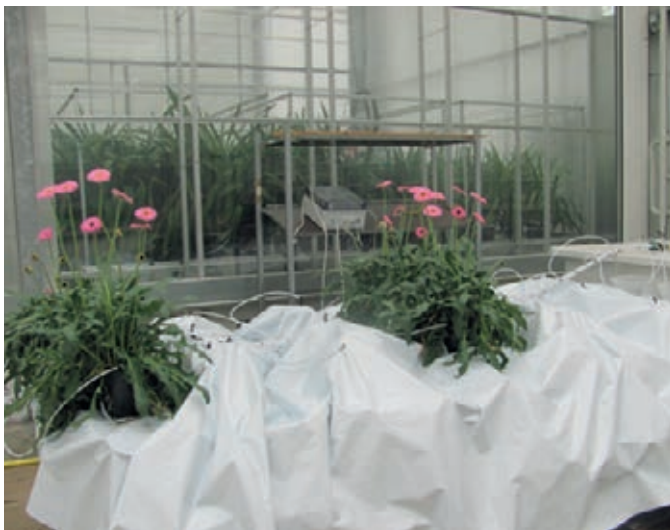


Figuur 3 Draintank op het paprikabedrijf.

2.2 Laboratoriummeting

In de laboratoriumopstelling is de opname en afbraak van twee gewasbeschermingsmiddelen (werkzame stof pymetrozine en propamocarb) in gerberaplanten onderzocht. Hiervoor zijn gerberaplanten in steenwol in potten (Figuur 4) vergeleken met gerberaplanten in steenwol waarvan het loof was verwijderd (Figuur 5) en met schoon steenwol, zonder plant (Figuur 6); in totaal 2x3 planten / potten per behandeling. De planten waren afkomstig uit de praktijk. De drain hoeveelheden en concentratie gewasbeschermingsmiddel in de drain zijn gedurende 5 dagen (2 tot en met 6 juli 2012) gevolgd in een kleinschalige proef bij WUR-Glastuinbouw in Bleiswijk. De behandelingen zonder loof of plant zijn afgedekt om waterverlies door verdamping te minimaliseren. Alle behandelingen hebben tot één dag voor de proef water gekregen, en daarna niet meer om optimale opname zeker te stellen (conform de praktijk). Om 8 uur op 2 juli is aan alle behandelingen 100 ml per pot water met daarin propamocarb (0.677g) en pymetrozine (0.085g) toegevoegd via een druppelaar (dosering volgens etiket).

Om voor de verdamping te corrigeren, is tijdens de proef de watergift twee keer hoger in de behandeling met intacte planten dan de twee andere behandelingen. Dit betekent dat gedurende de 5 dagen de behandeling met intacte planten 6.1 liter per pot voedingsoplossing kreeg en de andere twee behandelingen 3.1 liter per pot. De was qua hoeveelheid drain per dag was daardoor redelijk gelijk en de percentages per dag niet: gemiddeld over de 5 dagen was dit 42% (intacte planten), 80% afgeknipte planten en 83% (schoon steenwol).



Figuur 4 Opzet proef, met intacte, afgeknipte planten en schoon steenwol potten. De afgeknipte en schoon steenwol behandelingen zijn afgedekt.



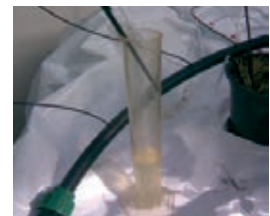
Figuur 5 Afgedekt afgeknipte planten.



Figuur 6 Afgedekt schoon steenwol in potten.



Figuur 7 Drain opvang



Figuur 8 Watergift meten

Elke dag zijn van alle behandelingen de totale voedingsgift/dag gemeten (Figuur 7) en de hoeveelheid drain per monstertijdstip gemeten (Figuur 8). Minstens twee drain monsters per dag gedurende 5 dagen zijn geanalyseerd op gewasbeschermingsmiddelen. Hierdoor kan de snelheid waarmee het gewasbeschermingsmiddel in de drain terechtkomt gemeten worden. In alle potten is twee keer per dag de vochtigheid gemeten.

3 Resultaten en discussie

3.1 Praktijkmeting

Op 2 juli 2012 zijn de middelen toegediend op het paprika- en gerberabedrijf. In tabel 2 zijn de berekende en gemeten concentraties van pymetrozine en propamocarb weergegeven. De gemeten en berekende concentraties tonen soms grote verschillen. Voor pymetrozine zijn de gemeten concentraties in beide gevallen lager dan berekend. Voor propamocarb is het net andersom. Een goede verklaring van de verschillen is moeilijk te geven. Onvoldoende menging van de middelen in de mengbak, problemen in de exactheid bij de monsternamen en/of analyse zouden mogelijke verklaringen kunnen zijn. In de beoordeling van de meetresultaten in de tijd is uitgegaan van de gemeten start concentraties.

Tabel 2

Berekende en gemeten concentraties actieve stof in de mengbak. De adviesdoseringen gelden voor de gebruikte middelen Plenum (pymetrozine) en Proplant (propamocarb hydrochloride).

		Dosering	Berekende concentratie (µg/l)	Gemeten concentratie (µg/l)
paprika	Pymetrozine	15 g/1000 planten	80.000	62.466
	Propamocarb	2 l/ha	480.000	1.203.542
gerbera	Pymetrozine	15 g/1000 planten	104.000	53.226
	Propamocarb	70 ml/1000 planten	701.000	952.224

In Figuur 9 is de gemeten concentratie pymetrozine op verschillende plaatsen in de paprikakas weergegeven. In Figuur 10 de meetresultaten van pymetrozine in de gerberakas. In bijlage II staan de meetgegevens van pymetrozine in tabellen. Op basis van de waterstroomschema's op de bedrijven en de actuele inhoud van de waterbuffers is een schatting gemaakt van de hoeveelheid aanwezig water in het watersysteem tijdens toediening van de middelen. Hiermee is vervolgens een verdunningsfactor berekend voor de middelen, uitgaande van volledige menging in het watersysteem. De verdunningsfactor op het paprikabedrijf is 15, op het gerberabedrijf 40.

Op het paprikabedrijf zijn de middelen toegediend met druppelbeurt 15 om 15:30. De eerste monsters in het gewas zijn genomen in de namiddag na druppelbeurt 18/19. Het volume van een druppelbeurt is 0,3 l/m². De tijd tussen druppelbeurt 15 en 18 was ca. 1.5 uur.

Pymetrozine

De concentratie pymetrozine van de eerste meting is een factor 13 lager dan de startconcentratie. Dit is een groot concentratieverval gegeven de halfwaardetijd in water van pymetrozine (8.4 d). Verdunning, adsorptie in/ aan de leidingen, afbraak door de toegediende oxidator (NaOCl) en het mogelijk niet bemonsterd hebben van de 'piek' van de concentratie zijn mogelijke oorzaken. Een dag later, op 3 juli, is de concentratie op het zelfde meetpunt nog een factor 5 afgenomen tot 1000 µg/l. Daarna zakt de concentratie tot een stabiel niveau van 10–30 µg/l. De metingen aan het eind van het pad (meetpunt III) laten een hoogste concentratie zien van 156 µg/l op 4 juli, om daarna ook terug te zakken naar het niveau van 10-30 µg/l. De padlengte is 60 m.

Mogelijke factoren voor de afname na de initiële toediening zijn verdunning, afbraak, sorptie in het wortelmilieu en de mat en opname door het gewas. Of en in welke mate de verschillende factoren een rol hebben gespeeld is met de uitgevoerde praktijkmetingen niet vast te stellen.

De totale inhoud van het watersysteem is berekend op 160 m³. De totale watergift op 2 juli was 190 m³ met een gemiddeld drainpercentage van 35% wat overeen komt met 66 m³ water. Grofweg zou met vergelijking van de watervolumes, optredende waterstromen en menging in de leidingen en drainsilo de concentraties van de gewasbeschermingsmiddelen door het hele watersysteem na 2 dagen in evenwicht moeten zijn. De meetresultaten bevestigen dit. Opvallend is dat de concentratie van pymetrozine niet verder afneemt gedurende de doorlooptijd van 4 weken. Plantopname van het middel lijkt hier geen rol te spelen. Op het bedrijf wordt continu een lage dosering natriumhypochloriet bijgemengd in het gietwater om het watersysteem schoon te houden. Er wordt geen aanvullende ontsmetting toegepast, zoals b.v. UV, die de afbraak van de middelen kan bevorderen. De gemeten 'stabiele' concentratie pymetrozine van 10 µg/l blijft boven de MTR waarde van 0.5 µg/l.

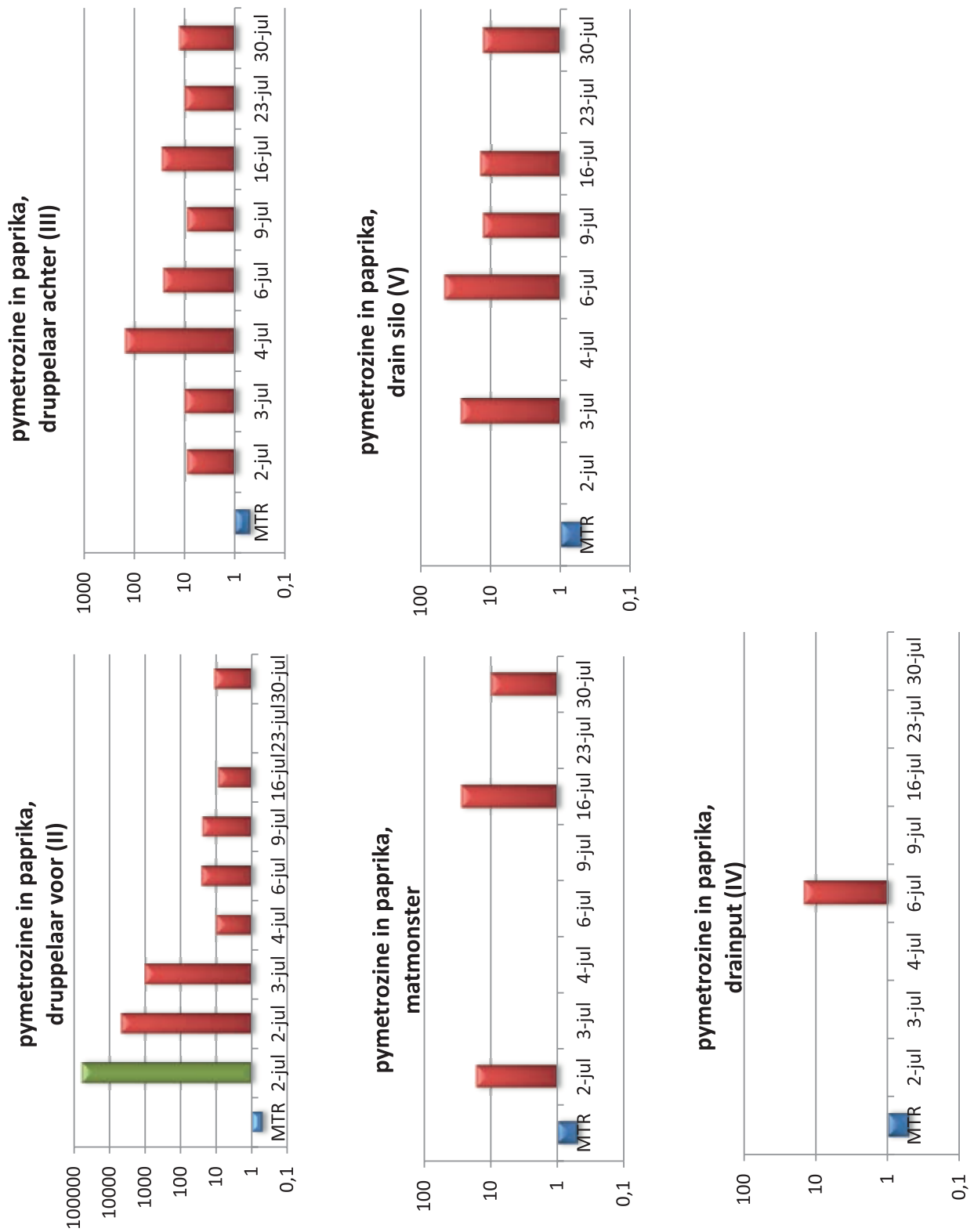
Het concentratieverloop van pymetrozine op het gerberabedrijf laat een soortgelijk beeld zien (Figuur 9). De monsters aan het eind van het pad (35 meter lang) laat nauwelijks een verhoging zien, wat er op zou kunnen duiden dat de middelen ook niet goed worden verdeeld in het gewas. De drainafvoer van de goot, midden in de rij (IV) en de drainput (IV put)) laten nog wel een aantal dagen een concentratie van 100-300 µg/l zien. Het water vanuit de drainput wordt naar de vuilwatersilo gepompt, waarbij waterstofperoxide wordt bijgemengd. De afname in concentratie pymetrozine op 3 en 4 juli tussen de drainput (IV) en de vuil drainsilo (V) zou toegeschreven kunnen worden aan de toegevoegde peroxide. Menging kan ook als factor aangevoerd worden. Met de start hoeveelheid water in de vuildrainsilo van ca. 3 m³ op 2 juli (tabel 1) en een dagelijkse geschatte hoeveelheid drainwater van 30 – 40 m³ lijkt alleen menging de afname niet te kunnen verklaren. Naast een niet verklaarbare uitschieter op 16 juli bij locatie II stabiliseert ook hier de concentratie zich tot 10-20 µg/l. Uit de metingen blijkt dat pymetrozine vier weken na toediening nog boven de MTR van 0,5 µg/l aanwezig is in het voedingswater.

Propamocarb

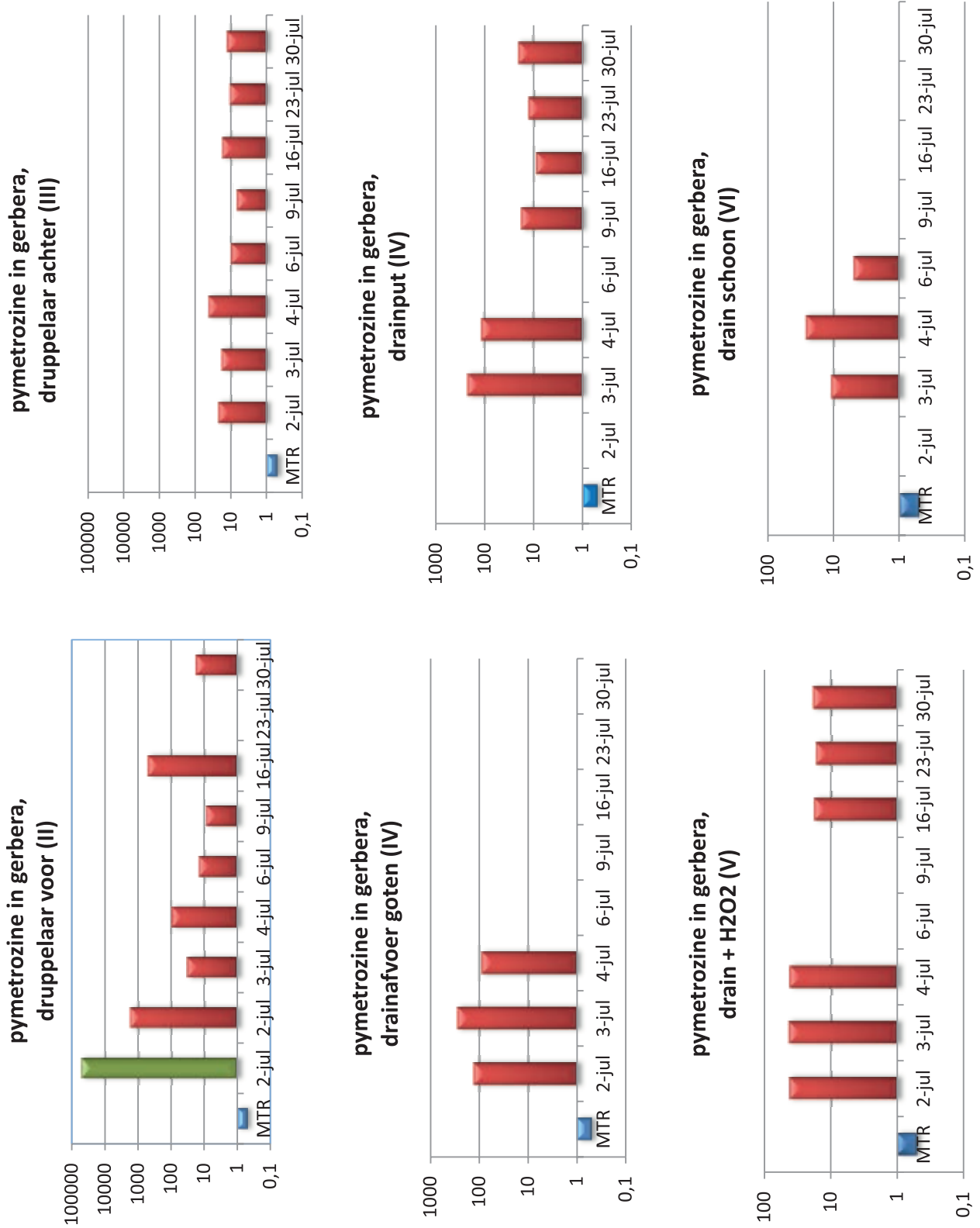
De metingen van propamocarb op het paprikabedrijf laten een wisselend beeld zien (Figuur 10). De eerste meting uit de druppelaars in het gewas op 2 juli toont een concentratie van 1/100 van de gemeten de startconcentratie van 1,2 g/l. Op 4 juli wordt nog een concentratie gemeten even beneden 100 µg/l. Een 'vertraagde' waarde achterin de rij (III) van 1650 µg/l wordt op 4 juli gemeten. Op 3 juli worden in de mat en de drainsilo resp. 90 en 260 µg/l gemeten. In experimenten van propamocarb in een oplossing van water met kokos heeft Bayer (2011) een adsorptie van ca. 35% vastgesteld. Het is aannemelijk dat ook in de mat enige adsorptie is opgetreden aan de aanwezige organische stof. Daarnaast is er mogelijk gewasopname.

De concentratie propamocarb bij het eerste meetpunt (rij II) in gerbera (Figuur 11) is ook ongeveer 1/100 van de gemeten startconcentratie. De concentratie blijft tot aan de meting van 16 juli tussen de 10.000 en 1000 µg/l. Vervolgens wordt geen propamocarb meer gemeten. Evenals bij de metingen van pymetrozine achterin de rij (III) is de concentratie van propamocarb aanzienlijk lager, met een hoogste waarde van 757 µg/l op 4 juli. Na 6 juli is geen propamocarb meer gevonden op dit punt. De metingen in de drainafvoer van de goot, midden in de rij, laten op 3, 4 en 6 juli aannemelijke gehalten zien, gezien de metingen voor en achter in de rij. Op 3 en 4 juli lijkt evenals bij pymetrozine een effect van de toevoeging van waterstofperoxide te zien op de concentratie propamocarb - metingen tussen de drainput (IV put) en de drainsilo (V). Behalve op meetplaats II in de druppelaar voor in de rij en één andere meting, is na 6 juli geen propamocarb meer in het systeem gemeten. De verhitter op het gerberabedrijf wordt gebruikt voor ontsmetting van het drainwater. Het is niet bekend dat een blootstelling aan een hoge temperatuur gedurende een korte tijd effect heeft op de afbraak van gewasbeschermingsmiddelen.

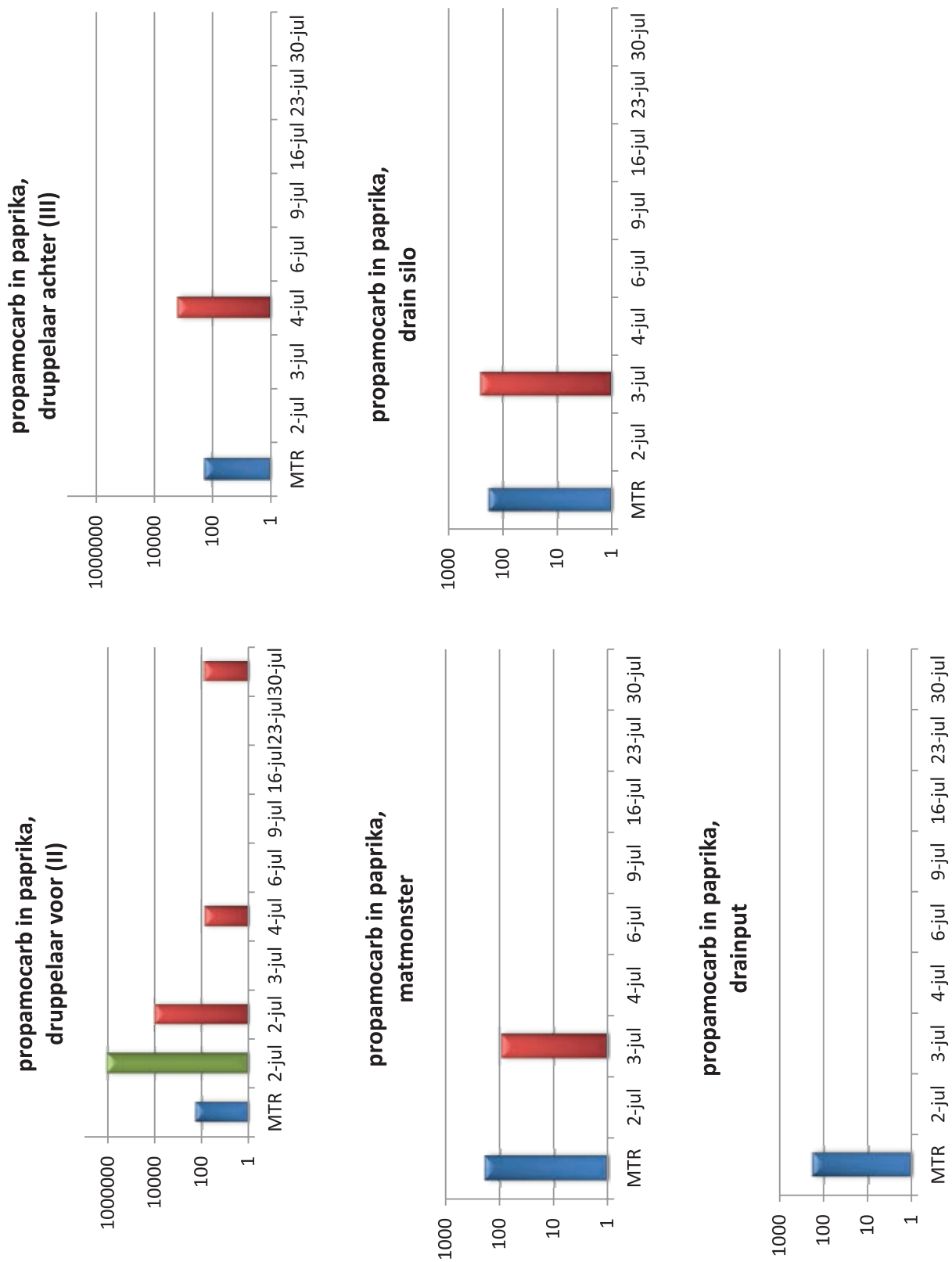
Propamocarb wordt niet meer aangetroffen na vier weken. Daarnaast is MTR waarde met 190 µg/l hoger dan voor pymetrozine.



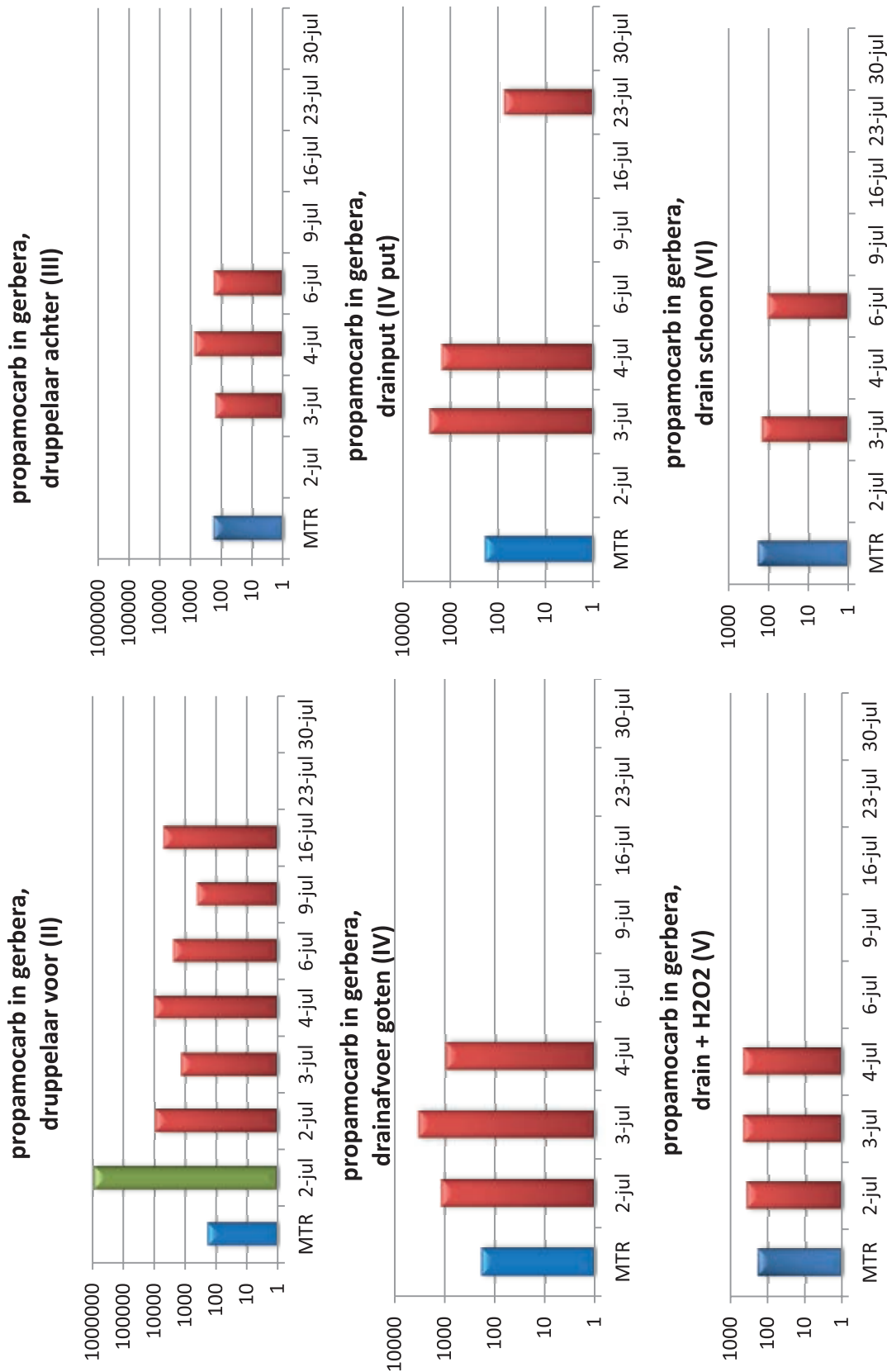
Figuur 9 Gemeten concentratie van pymetrozine in µg/l in de tijd op de verschillende bemonsteringsplaatsen in de paprikakas. Ter vergelijking is bij monsterpunt II in het groen de gemeten startconcentratie opgenomen.



Figuur 10 Pymetrozine ($\mu\text{g/l}$) in gerberagewas.



Figuur 11 Gemeten concentratie van propamocarb in $\mu\text{g/l}$ in de tijd op de verschillende bemonsteringsplaatsen in de paprikakas. Ter vergelijking is bij monsterpunt II in het groen de gemeten startconcentratie opgenomen.



Figuur 12 Gemeten concentratie van propamocarb in µg/l in de tijd op de verschillende bemonsteringsplaatsen in de gerberakas.

Temperatuurmetingen

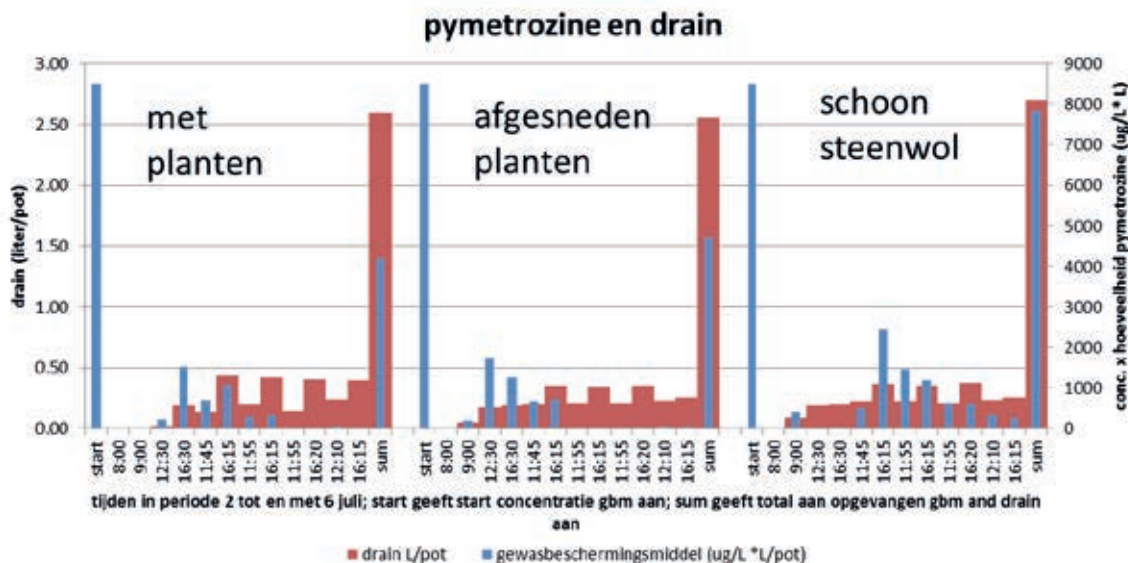
De afbraak van gewasbeschermingsmiddelen zijn temperatuurafhankelijk en als zodanig als factor in het stofstromenmodel opgenomen. Om het model te voorzien van watertemperatuurgegevens zijn op beide bedrijven temperatuurmetingen uitgevoerd in enkele matten of potten in het gewas en in een watersilo. De meetresultaten met toelichting zijn in bijlage IV opgenomen.

3.2 Laboratoriummeting

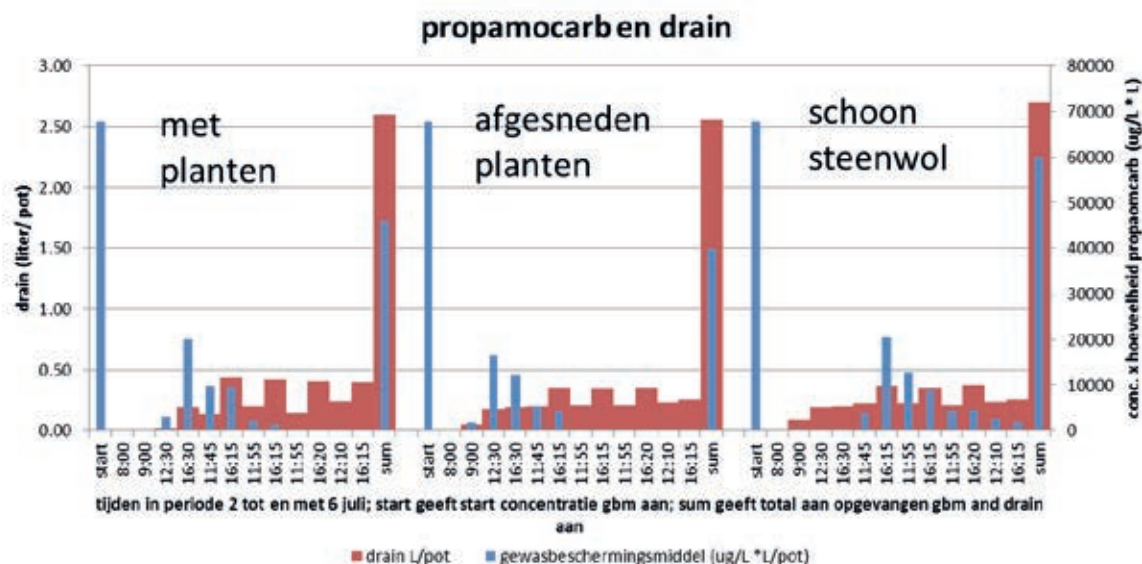
In de schone potten met nieuw steenwol is bijna alle gewasbeschermingsmiddel in de drain terechtgekomen (Figuur 12.a voor pymetrozine en Figuur 13 voor propamocarb). In de potten met gewas, zowel met intacte planten als afgesneden planten is de helft tot twee derde van de gewasbeschermingsmiddel in de drain terechtgekomen. De concentratie gewasbeschermingsmiddel van de analyses zijn vermenigvuldigd met de hoeveelheid drain om zo ook de vrachten van de gewasbeschermingsmiddelen te berekenen ($\mu\text{g/l}$ (analyse) * L (drain)). Deze zijn ook in de figuren weergegeven.

De vracht pymetrozine of propamocarb in de drain op 2 juli is om 12.30 hoger in de behandeling met afgesneden planten dan in de behandelingen met intacte planten en schoon steenwol. In de potten met afgesneden planten is de doorspoeling van de gewasbeschermingsmiddelen sneller dan in de potten met intacte planten en de potten met schoon steenwol zonder planten. Echter de potten met intacte planten laten doorspoeling van de stoffen zien op 2 juli na 12.30. Op 4 juli wordt er geen gewasbeschermingsmiddel door de potten met afgesneden planten doorgespoeld. Op 5 juli geven de potten met intacte planten geen doorspoeling meer. In de potten met schone steenwol blijven de gewasbeschermingsmiddelen doorspoelen tot en met 6 juli.

De drain in de potten met afgesneden planten en met schoon steenwol komt meteen op gang op 2 juli om 9 uur. De intacte planten verdampen en daar is pas om 12.30 een klein hoeveelheid drain. De watergift tijdens de proef is twee keer hoger in de behandeling met intacte planten dan de twee controle behandelingen. Dit betekent dat gedurende 5 dagen de behandeling met intacte planten 6.1 liter per pot voeding kregen en de andere twee behandelingen 3.1 liter per pot. De drain hoeveelheid in liter per dag was redelijk gelijk tussen de behandelingen maar de percentages per dag waren verschillend. Gemiddeld over de 5 dagen was het drainpercentage 42% (intacte planten), 80% (afgeknipte planten) en 83% (schoon steenwol). De invloed van deze verschillen in drainpercentage op de doorspoeling van de gewasbeschermingsmiddelen is moeilijk te zeggen. De intacte planten nemen bijna



Figuur 12.a Hoeveelheid drain (rood, linker Y-as) gemiddeld per pot in de periode 2 tot en met 6 juli, en vracht pymetrozine in $\mu\text{g/L} * \text{L}$ gemeten in de drain (blauw, rechter Y-as). De eerste blauwe balk bij start geeft start concentratie pymetrozine aan. De laatste blauwe balk per behandeling geeft totaal opgevangen hoeveelheid pymetrozine aan.



Figuur 13 Hoeveelheid drain (rood, linker Y-as) gemiddeld per pot in de periode 2 tot en met 6 juli, en vracht propamocarb in $\mu\text{g/l} \cdot \text{L}$ gemeten in de drain (blauw, rechter Y-as). De eerste blauwe balk bij start geeft start concentratie propamocarb aan. De laatste blauwe balk per behandeling geeft totaal opgevangen hoeveelheid propamocarb aan.

3.5 liter water per pot op terwijl de andere behandelingen slechts 0.6 liter water opnemen. Het overgrote deel van de wateropname van de intacte planten is verdamping maar dit lijkt weinig verschil te maken in mate van doorspoeling van de gewasbeschermingsmiddelen.

Het lijkt alsof schoon steenwol eerst de gewasbeschermingsmiddelen vasthoudt en dit later loslaat omdat het later in de drain terecht komt. Dit is te kenmerken als normaal chromatografisch gedrag, wat je verwacht voor een inert systeem zonder preferente stroming. De schone steenwol is net zo 'nat' als de afgesneden planten omdat er in beide behandelingen al om 9 uur drain is (zie ook tabel 4). De intacte planten zijn wel droger (er was één dag van te voren geen water gegeven) en dit is te zien in de drain die pas bij 12.30 zichtbaar is. De intacte planten hadden op 2 juli om 8 uur een vochniveau van 28% op 6 cm van de onderkant van de pot en onderin de pot ook 28%, terwijl de potten in de andere behandelingen niveaus hadden van 50-58% bovenin en 62-67% onderin (tabel 3). Later in de proef zijn deze verschillen minder.

Tabel 3

Overzicht van vochtgehaltes (%) in de potten in de drie behandelingen.

Tijd	Intacte planten		Afgesneden planten		Schoon steenwol	
	% vocht pot 6 cm van onderkant	% vocht pot 2 cm van onderkant	% vocht pot 6 cm van onderkant	% vocht pot 2 cm van onderkant	% vocht pot 6 cm van onderkant	% vocht pot 2 cm van onderkant
2 juli 8 uur	28	28	50	62	58	68
2 juli 13.15 uur	31	52	53	63	52	63
3 juli 8 uur	15	33	48	63	48	61
3 juli 14 uur	49	66	55	65	51	60
4 juli 8 uur	37	39	50	56	47	59
4 juli 14 uur	50	60	55	62	51	61
5 juli 8 uur	36	35	43	46	44	57
5 juli 14 uur	46	50	49	57	48	63
6 juli 8 uur	38	35	45	56	39	58
6 juli 14 uur	45	46	46	55	45	55

De snellere doorspoeling van de gewasbeschermingsmiddelen in de potten met intacte planten en afgesneden planten ten opzichte van de potten met schoon steenwol kan ook te wijten zijn aan het feit dat er in de potten met (afgesneden) planten al door de wortels gangen in de steenwol zijn gemaakt. De gewasbeschermingsmiddelen kunnen hier makkelijker doorspoelen dan met nieuw schoon steenwol.

Tabel 4

Hoeveelheid gewasbeschermingsmiddel in het drainwater als % van de starthoeveelheid.

% gbm in drain	Propamocarb	Pymetrozine
Intacte planten	68	50
Afgesneden planten	59	56
Schoon steenwol	89	92

De totale opgevangen hoeveelheden propamocarb en pymetrozine zoals in de figuren 13 en 14 zijn weergegeven zijn in tabel 4 als percentage van de gift weergegeven. De niet uitgespoelde middelen kunnen worden opgenomen door de plant (in de behandeling met planten), worden afgebroken door micro-organismen of geabsorbeerd door het substraat en het aanwezige organisch materiaal. De verschillen tussen de intacte planten en de afgesneden planten zijn niet groot. Ondanks de verdamping door de planten is niet aangetoond dat de middelen door de wortels in de bovengrondse plant worden opgenomen. Dit is opmerkelijk gezien de systemische eigenschappen van de middelen (zie par. 2.1 Plan van Aanpak – Praktijkmeting). De planten waren afkomstig uit een gewas dat vervangen werd. Bekend is dat de middelopname bij oudere planten afneemt (Bayer, pers. comm.).

In schoon steenwol wordt ca. 90% van de toegediende middelen in het drainwater teruggevonden. De resthoeveelheid van 10% kan in deze proef niet exact worden geduid.

4 Vergelijking modelberekeningen met praktijk- en laboratoriummetingen

In hoofdstuk 3 zijn de resultaten besproken van de praktijkmetingen en de laboratoriummeting. Zowel praktijkgegevens van het gerberabedrijf, als de proefgegevens van de laboratoriumopstelling met de gerberaplanten zijn vervolgens vergeleken met modelberekeningen. Het kassenmodel representeert de kas als een aantal met elkaar verbonden reservoirs (Vermeulen *et al.* 2010). Het gewas en substraat wordt gerepresenteerd door 1 tank. Water en gewasbeschermingsmiddel (GBM) circuleert tussen de reservoirs. In elk van de reservoirs wordt volledige menging verondersteld. Tevens vindt er afbraak plaats en opname door het gewas. Lozing vindt incidenteel plaats en t.g.v. filterspoeling. De waterstromen in de kas worden beschreven met het Waterstromenmodel en het gewasbeschermingsmiddel gedrag wordt beschreven met het z.g. stofstromenmodel. De basis voor de berekeningen van de gewasbeschermingsmiddel concentraties vormt de uitvoer van het Waterstromen model. De berekende debieten zijn daggemiddelden. Er is dus geen rekening gehouden met gietbeurten in de modelberekeningen.

De aanpak en resultaten van de vergelijking worden hierna besproken.

De belangrijkste stofeigenschappen voor pymetrozine en propamocarb zijn:

Pymetrozine (SANCO review 2002):

molmassa	217.2	g mol ⁻¹
DT50 recirculatie water en desinf tank	8.4	d
DT50 reference temperatuur	25	° C
Kow / log kow	0.6456 /-0.19	-
Kom (footprint database)	876	L/kg

Bijbehorende plant uptake factor is: 0.16

Propamocarb (bron EFSA rep 2006):

molmassa	224.7	g mol ⁻¹
DT50 recirculatie water en desinf tank	1000	d
DT50 reference temperatuur	25	° C
Kow / log kow	0.063 /-1.2	-
Kom (footprint database)	410	L/kg

Bijbehorende plant uptake factor is: 0.02. Briggs *et al.* (1982 en 1883) heeft de opname van niet geïoniseerde chemische stoffen door planten mathematisch beschreven. Dit is gebruikt in het stofstromenmodel. Propamocarb is als hydrochloride op de markt, wat er op neerkomt dat de stof geprotoneerd (+ H⁺) is en wat betekent dat deze stof buiten de Briggs aannames valt.

4.1 Praktijkmetingen

4.1.1 Aanpak

Om te beoordelen of het model realistische concentraties voorspelt in het lozingswater, zijn de berekende concentraties vergeleken met de gemeten concentraties in de draintank. In deze tank komt het water uit de verschillende vakken bij elkaar. De gemeten concentraties in bijv. de druppelaars konden niet worden vergeleken met modelconcentraties omdat deze niet op dit detailniveau worden gerepresenteerd in het model. Voor de afbraaksnelheid is in eerste instantie alleen afbraak door hydrolyse (afbraak onder invloed van water) verondersteld.

De initiële massa in het systeem is verondersteld gelijk te zijn aan de toegediende massa zoals beschreven in hoofdstuk 3 (zie Tabel 5).

Tabel 5

Toegediende dosis voor pymetrozine en propamocarb (d.i. initiële massa in het systeem)

Toegediende dosis (kg/ ha)	pymetrozine	Propamocarb
Paprika	0,24	1,444
Gerbera	0,45	3,016

4.1.2 Resultaten gerbera

Figuur 14 en 15 geven de berekende en de gemeten concentraties in de draintank voor pymetrozine en propamocarb. De gemeten piek concentratie is lager dan de berekende piek concentratie. Verder is de concentratie afname van zowel pymetrozine als propamocarb in het stofstromenmodel beduidend trager dan de meetgegevens in de praktijk.

Mogelijke oorzaken voor dit verschil zijn:

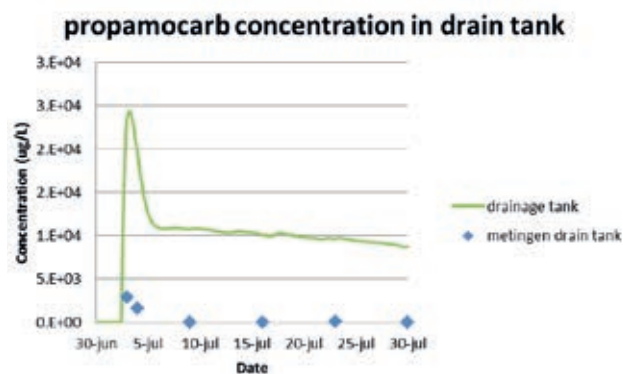
Er komt minder in het systeem dan de dosering (om welke reden dan ook)

De afbraak wordt onderschat (er is biologische afbraak en H_2O_2 zorgt ook voor afname)

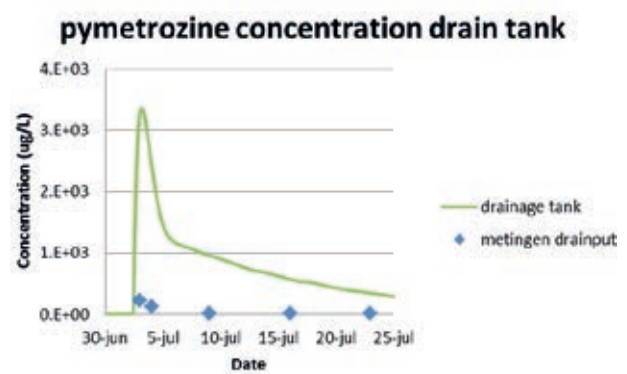
De plantopname wordt onderschat met Briggs

Vervolgens is het model gekalibreerd terwijl de afbraaksnelheid en de dosering is geoptimaliseerd, zodanig dat het verschil tussen model en gemeten concentraties zo klein mogelijk was (Figuur 16 en 17). De kalibratie is gedaan op basis van visuele overeenkomst. Plant opname is niet meegenomen in de kalibratie, dit proces heeft een vergelijkbaar effect als afbraak.

Het gekalibreerde model berekent een goede piek concentratie en ook de concentratie afname wordt goed berekend. Het model voorspelt echter volledige verdwijning van pymetrozine na enkele dagen. Uit metingen blijkt dat er nog pymetrozine in het systeem achterblijft, met een concentratie tussen 5 -20 $\mu\text{g/L}$. Propamocarb verdwijnt wel volledig (metingen en model).

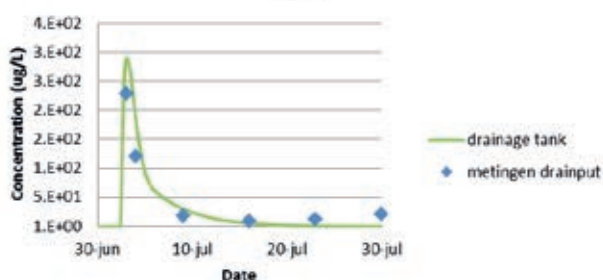


Figuur 14 Model resultaat drain tank pymetrozine in gerbera. Situatie 1: geen kalibratie.



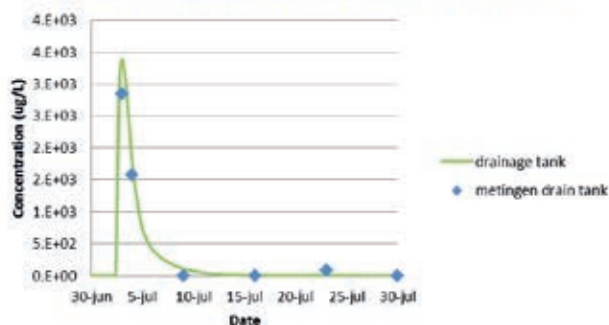
Figuur 15 Model resultaat drain tank propamocarb in gerbera. Situatie 1: geen kalibratie.

pymetrozine concentration in drain tank



Figuur 16 Model resultaat drain tank pymetrozine in gerbera. Situatie 2: kalibratie model. DT50 in tanks en in desinfectie tank is 2 dagen en toediening is 1/10 van de oorspronkelijke toediening.

propamocarb concentration in drain tank

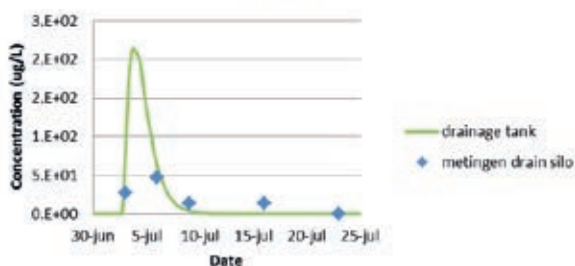


Figuur 17 Model resultaat drain tank propamocarb in gerbera. Situatie 2: kalibratie model. DT50 in tanks en in desinfectie tank is 1 dag en 0.5 dag, respectievelijk en dosering is 1/5 van de oorspronkelijke dosering.

4.1.3 Resultaten paprika

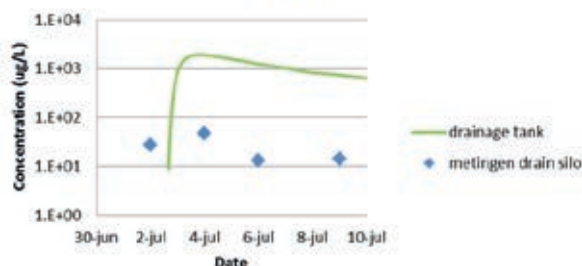
Vergelijking tussen metingen en model voor de paprikakas laten een vergelijkbaar beeld zien ten aanzien van pymetrozine. In Figuur 18 en 19 worden de concentraties in de drain voor pymetrozine weergegeven. Voor propamocarb was een vergelijking niet mogelijk omdat er maar 1 meting beschikbaar was van deze stof in de draintank. Figuur 19 geeft de gekalibreerde situatie aan. De dosering van pymetrozine kon maar beperkt worden verlaagd om inconsistenties met gemeten concentraties elders in het systeem te voorkomen. Uit Figuur 19 volgt dat voor het goed volgen van de doorbraakcurve van de toegediende stof, metingen met een frequentie hoger dan 1 keer per dag gewenst zijn (je kunt er dan niet zeker van zijn dat je de piek hebt gemeten).

pymetrozine concentration in drain silo



Figuur 18 Model resultaat drain tank pymetrozine in paprika. Situatie 1: geen kalibratie.

pymetrozine concentration in drain silo



Figuur 19 Model resultaat drain tank pymetrozine in paprika. Situatie 2: kalibratie model. DT50 in tanks en in desinfectie tank is 0.5 dagen en dosering is 1/2 van de oorspronkelijke dosering.

4.1.4 Conclusies praktijkexperiment

Na kalibratie is het model in staat om de gemeten concentraties in de draintank te beschrijven. Er zijn echter nog wel vragen /onzekerheden. Dit heeft er o.a. mee te maken dat het model veel vrijheidsgraden heeft om de gemeten concentraties te kalibreren.

Bijvoorbeeld: waarom lijkt er in het begin stof uit het systeem te verdwijnen? Is het echt de afbraak die voor de lagere concentraties zorgt of zijn er andere processen (plant uptake)? De stabilisatie na enige tijd van de concentratie in het systeem wordt nog niet goed beschreven, hoe kunnen we dit verklaren? Wat doet de H_2O_2 met de stoffen? Wat gebeurt er in de buizen en speelt sorptie mogelijk een rol? Voor propamocarb speelt mogelijk ook nog adaptatie.

De geïdentificeerde onzekerheden zijn hieronder samengevat:

- De toegediende massa is niet goed bekend.
- De doorbraakcurve is lastig te kalibreren; er zijn alleen puntmetingen. Waar zit je op de curve?
- Wat is de afbraaksnelheid van de middelen?
- Is er sprake van sorptie?
- Wat gebeurt er in de buizen voordat propamocarb wordt toegediend?
- Welke rol speelt de aanwezigheid van H_2O_2 ?
- Waarom lijkt er stabilisatie op te treden in het systeem?
- Wat verdwijnt er via spui?

4.2 Laboratorium experiment

4.2.1 Inleiding

Tussen 2 en 6 juli 2012 is er een labexperiment uitgevoerd. Doel van de proef was het ontrafelen van de massabalansen van pesticiden toegediend via een druppelaar aan gerbera (in potten), ter onderbouwing van het kas-emissiemodel.

Er zijn 2 keer 3 proeven gedaan:

- a. Pymetrozine
 1. Toediening van 8.5 mg pymetrozine aan 3 potten met gerbera's
 2. Toediening van 8.5 mg pymetrozine aan 3 potten met afgesneden gerbera's
 3. Toediening van 8.5 mg pymetrozine aan 3 potten met steenwol
- b. Propamocarb
 1. Toediening van 67.7 mg propamocarb aan 3 potten met gerbera's
 2. Toediening van 67.7 mg propamocarb aan 3 potten met afgesneden gerbera's
 3. Toediening van 67.7 mg propamocarb aan 3 potten met steenwol

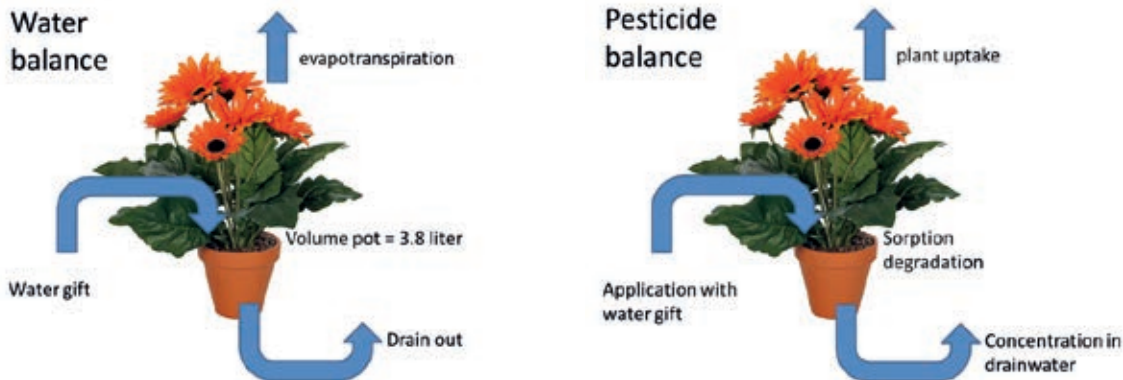
Elke dag werd 6 a 7 keer een volume water toegediend. De proef met de potplanten heeft in totaal 6.1 liter per pot gekregen en de proef met de afgesneden planten en de steenwol in totaal 3.1 L per pot. De toediening van de middelen pymetrozine en propamocarb startte op 2 juli om 8.00 uur. Bij elk van de proeven is het inkomende en uitgaande volume water gemeten en tevens zijn de concentraties in het inkomende en uitgaande water gemeten (2 a 3 keer per dag). Het volume van de potten was 3.8 liter.

Voor de berekeningen is uitgegaan van de volgende schattingen: Steenwol heeft een porositeit van 95% en steenwol met wortels een porositeit van 40%.

4.2.2 Analyse

4.2.2.1 Conceptueel model

De water- en stofbalans van de proef met de gerbera's ziet er als volgt uit:



Figuur 20 Water en GMB balans van de laboratorium proef met gerberaplanten.

Analoog aan het kas-emissiemodel wordt er instantaan menging in de pot verondersteld. De massa balans voor de gerbera proef ziet er dan als volgt uit:

$$V_{pot} \left(\rho \frac{ds}{dt} + \theta \frac{dc_L}{dt} \right) = \theta q_{in} c_{in} - \theta q_{out} c_L - V_{pot} k (\theta c + \rho s) - f_{up} q_{up} c_L \quad (1)$$

gesorbeerd in vloeistof massa in massa uit afbraak plant opname

Voor de proef met de afgeknipte planten wordt verondersteld dat de laatste term (plantopname) vervalt:

$$V_{pot} \left(\rho \frac{ds}{dt} + \theta \frac{dc_L}{dt} \right) = \theta q_{in} c_{in} - \theta q_{out} c_L - V_{pot} k (\theta c + \rho s) \quad (2)$$

gesorbeerd in vloeistof massa in massa uit afbraak

gesorbeerd in vloeistof massa in massa uit afbraak

Voor de proef met alleen steenwol vervalt tevens de sorptie (inert materiaal):

$$V_{pot} \theta \frac{dc_L}{dt} = \theta q_{in} c_{in} - \theta q_{out} c_L - V k \theta c \quad (3)$$

in vloeistof massa in massa uit afbraak

in vloeistof massa in massa uit afbraak

De resultaten van het experiment zijn met name geschikt om de verschillende systemen met elkaar te vergelijken. Hierna worden een aantal elementen uit de proef nader bekeken en de verschillen tussen de systemen belicht.

4.2.2.2 Percentage via drain

Op 2 juli om 8.00 uur is 8,5 mg en 67,7 mg toegediend van respectievelijk pymetrozine en propamocarb. In Tabel 3 worden de percentages weergegeven van de totale massa dat via de drain is opgevangen gedurende de looptijd van de proef.

Opvallend is vooral het verschil in drainopvang tussen schoon steenwol en de intacte en afgesneden planten. Het schone steenwol heeft een veel hoger percentage GBM dat wordt opgevangen in de drain dan de andere twee proeven. Er kunnen hier 2 processen een rol spelen; lagere afbraak in steenwol door lagere biologische activiteit, afwezigheid van sorptie bij steenwol.

Pymetrozine laat een hogere afvoer zien via de drain voor afgeknipte planten. Het lijkt erop dat plant opname hier dus geen rol speelt. Bij propamocarb is de situatie andersom. Op basis van de proeven kunnen daarom geen conclusies worden getrokken tav plantopname.

Van pymetrozine wordt minder opgevangen dan van propamocarb in de proeven met planten en afgesneden planten. Mogelijk komt dit door een kortere halfwaardetijd van pymetrozine. De verschillen zijn echter niet significant.

4.2.2.3 Doorbraaktijd

De tijd tussen toediening en de doorbraak van de piek in het drainwater is voor elke proef verschillend. Er is met name een aanzienlijk verschil in doorbraaktijd (van de piek) tussen het schone steenwol en de afgesneden en intacte planten. Tussen pymetrozine en propamocarb is er een relatief klein verschil:

Doorbraaktijd (hr)	Pymetrozine	Propamocarb
Intacte planten	Tussen 1-4.5 uur	Tussen 1-4.5 uur
Afgesneden planten	Tussen 1-4.5 uur	Tussen 1-4.5 uur
Schoon steenwol	Tussen 28-33 uur	Tussen 28-52 uur

Gezien het volume water in de potten (3,8 liter * porositeit* vochtgehalte van ~50%) en de dagelijkse drain flux (~ 0,5 liter), is (bij een ongemengd systeem) na 1.5 dag alle vloeistof in het systeem verversst voor de intacte planten en de afgeknipte planten en na 3.6 dagen is het systeem verversst bij steenwol (groter watervolume door hogere porositeit). Voor de intacte planten en de afgeknipte planten breekt de piek dus 8-36 keer sneller door dan de verversingssnelheid en voor het steenwol 1.7-3 keer sneller. Dit kan verklaard worden door dispersie en diffusie (menging) in de pot. Dit wijst ook op preferente stroming via bijv. de wortelgaten bij de proeven met wortels/planten (alleen dispersie kan dit verschil niet verklaren).

4.2.2.4 Vergelijking van beginconcentraties in uitgaand drainwater

Als we nu uitgaan van volledige menging in de pot, dan is de verwachte concentratie te berekenen uit de toegediende massa gedeeld door het volume water in de pot.

Een vergelijking tussen de verwachte concentraties op basis van menging in de pot na toediening en de gemeten piekconcentraties is gegeven in onderstaande tabellen. De verschillen geven een indicatie in hoeverre het systeem afwijkt van een gemengd systeem.

Pymetrozine:

Concentratie ug/L	Berekend op basis van menging direct na toediening	Gemeten piek	Ratio gemeten/berekend
Intacte planten	11184	12000	1
Afgesneden planten	11184	10000	1
Schoon steenwol	4708	6700	1.4

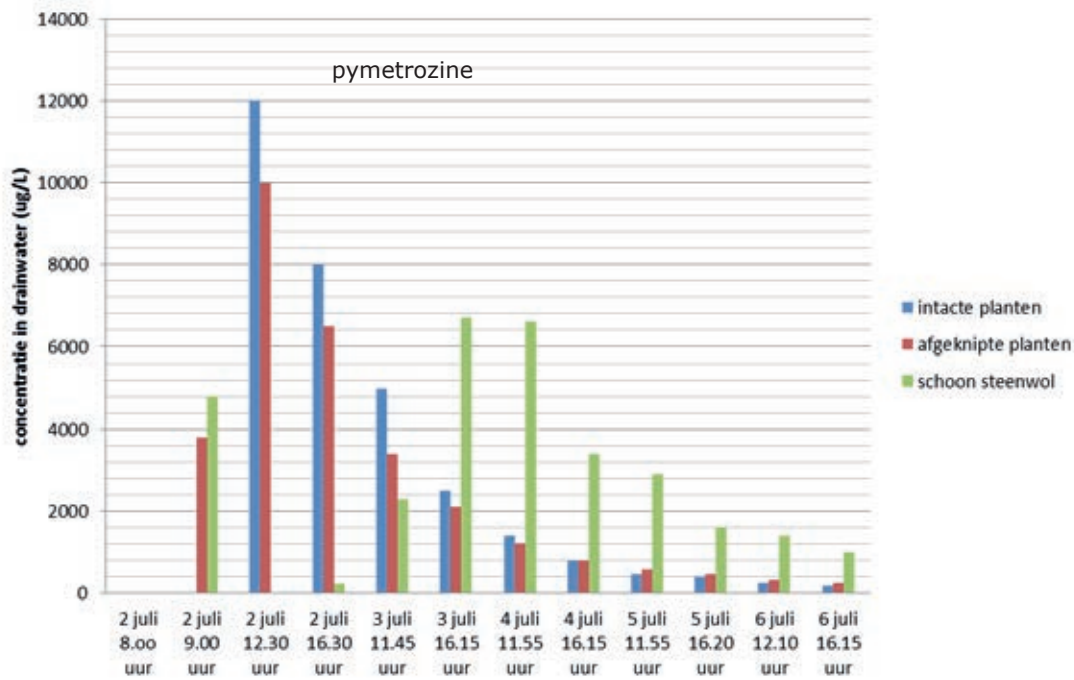
Propamocarb:

Concentratie ug/L	Berekend op basis van menging direct na toediening	Gemeten piek	Ratio gemeten/berekend
Intacte planten	89078	170000	1.9
Afgesneden planten	89078	94000	1
Schoon steenwol	37506	58000	1.5

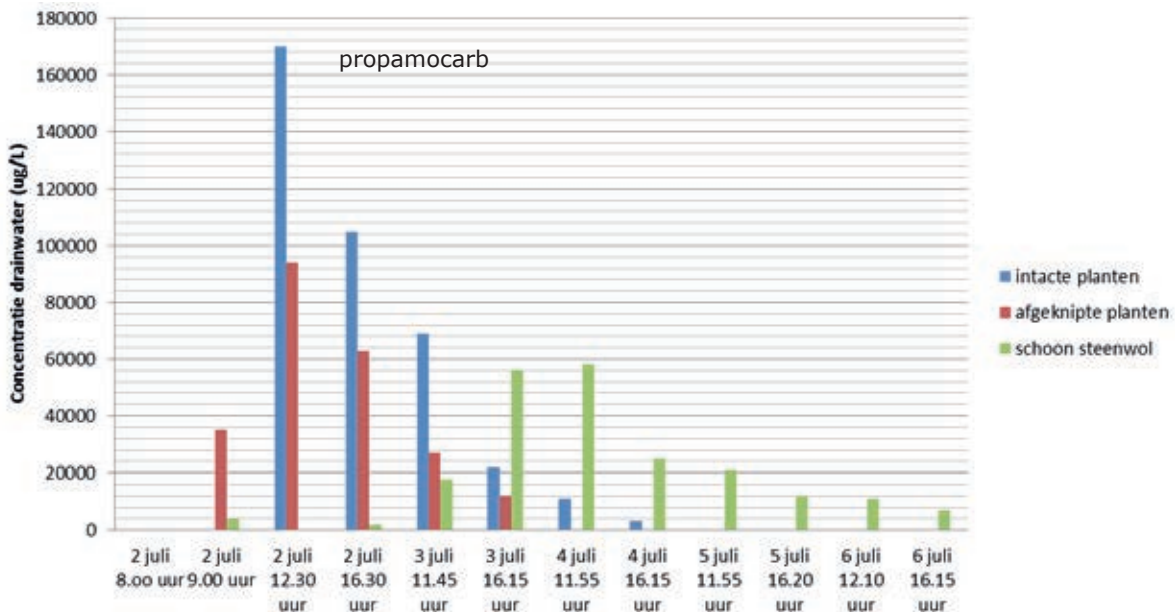
Conclusie: het systeem lijkt aardig volledige menging te benaderen; de gemeten concentraties zijn niet veel hoger dan op basis van menging kan worden verwacht. Waarschijnlijk spelen macro poriën en preferente afvoer naar de drain hier ook een rol.

4.2.2.5 Concentratieverloop

In Figuur 21 en 22 is het verloop van de concentratie in de drain geplot voor de drie experimenten. De doorbraak van de piek voor de intacte en afgeknipte planten is eerder dan die van het schone substraat. De piek concentratie is ook hoger. Dit duidt op het effect van macro poriën/ preferentiele stroming. De doorbraak curve van het schone steenwol duidt juist meer op klassiek convectief-dispersief transport.



Figuur 21 Concentratieverloop drainwater van pymetrozine in de drie experimenten.



Figuur 22 Concentratieverloop drainwater van propamocarb in de drie experimenten.

4.2.2.6 Sorptie

Het is mogelijk dat sorptie een rol speelt in de processen. Daarmee kan het verschil in afvoer naar de drain tussen de plantenproeven en het schone substraat mogelijk worden verklaard. Tot nu toe is in het kas-emissiemodel verondersteld dat sorptie verwaarloosbaar is, omdat steenwol een inert materiaal is. Echter als er wortels en planten aanwezig zijn kan er ook organische stof (plantenresten) aanwezig zijn in het systeem waaraan stof kan adsorberen. Hieronder wordt berekend wat de massa organische stof is die nodig is wil sorptie een rol kunnen laten spelen in de proef, voor zowel propamocarb als pymetrozine. Bij de berekeningen is afbraak en plantopname buitenbeschouwing genomen.

Aan 1 pot (met planten) is 100% propamocarb toegediend. Daarvan is 68% teruggevonden in het water. Dit betekent dat 32% is aan organische stof is geadsorbeerd. Er geldt:

$$M_{sys} = M_{water} + Mass_{OM} \cdot k_{om} \cdot M_{water} \quad (4)$$

$$100 = 68 + Mass_{OM} * 0,410 * 68$$

Mass_{OM} is hierbij de massa organische stof in het systeem van water, plant en substraat, i.e. 1,148 g/L. Eenzelfde som kan worden gemaakt voor Pymetrozine. Aan 1 pot (met planten) is 100% pymetrozine toegediend. Daarvan is 50% teruggevonden in het water. Dit betekent dat 50% aan organische stof is geadsorbeerd. Dan geldt: $100 = 50 + Mass_{OM} * 0,876 * 50$, i.e. $Mass_{OM} = 1,142$ g/L

Voor beide stoffen is een massa van 1.1-1.2 g OM per liter water nodig om het verschil te kunnen verklaren tussen ingaande massa en de uitgaande massa. De berekende massa is laag en het lijkt derhalve mogelijk dat sorptie een rol heeft gespeeld in de experimenten met afgesneden en intacte planten.

4.2.3 Conclusies laboratorium experiment

De metingen in het laboratorium experiment hebben duidelijke resultaten opgeleverd en tegelijkertijd diverse vragen over de processen die zich mogelijk hebben afgespeeld. De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- Het systeem voor schoon steenwol lijkt het meest op een gewone bodem (convectie-dispersie)
- Preferentiële stroming speelt waarschijnlijk een rol bij de systemen met wortels
- Het is waarschijnlijk dat sorptie een rol speelt bij deze proef
- Op basis van deze proef kan geen uitspraak worden gedaan over plantopname of afbraaksnelheden.

Om beter inzicht te krijgen op de vraag in welke mate sorptie een rol speelt, zijn meer en andere metingen nodig, o.a. organisch stofgehalte, hoeveelheid middel in pot en aan materiaal, porositeit en watergehalte van systeem, afzonderlijke afbraaksnelheden.

5 Conclusies en aanbevelingen praktijk- en laboratoriumonderzoek

De meetresultaten uit het praktijkonderzoek en het laboratoriumexperiment (hoofdstuk 2-3) zijn in een verdiepingsslag verder geanalyseerd en vergeleken met waarden die het model voorspelde (hoofdstuk 4). In een workshop Model en Meten zijn deze resultaten besproken en zijn aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek voor de validatie van het model (zie bijlage IV voor deelnemerslijst). Hieronder een kort overzicht:

- De praktijkmeting en de laboratoriumopstelling hebben gegevens opgeleverd over het verloop van de concentratie pymetrozine en propamocarb, toegediend als wortelbehandelingsmiddel in praktijk en semi-praktijk omstandigheden.
- Modelberekeningen en metingen in praktijkproeven zitten nu te ver van elkaar om vertrouwen te geven dat het model generiek toepasbaar is. Tevens is het niet duidelijk waar het verschil tussen model en praktijkmeting door wordt veroorzaakt. Nu zijn er geen of onvoldoende data (ook niet in oude rapporten) om te valideren. Een goede afstemming tussen de praktijkmetingen en de model-variabelen is essentieel om een goede toetsing te kunnen maken.
- Om inzicht te krijgen in de verschillen tussen model en praktijkmeting verdient een kleine laboratoriumproefopzet of eventueel een kleinschalige kasproef waarbij factoren goed in de hand zijn te houden de voorkeur boven een praktijkmeting. Gestreefd moet worden naar met de praktijk vergelijkbare omstandigheden.
- Sorptie, opname en afbraak spelen een bepaalde rol. Ze zijn onderling nu niet te scheiden.
- Invloed reinigingsmiddelen en ontsmetter (UV, verhitter) op afbraak GBM moet worden onderzocht.
- Doorgaan met vernieuwde opzet met tenminste pymetrozine. Propamacarb is een moeilijke stof omdat deze protoneert/splitst. Wel twee geheel verschillende stoffen nemen.
- In de laboratoriumopstelling is gewerkt met een niet-recirculerend systeem. Bij een vervolgproef zou dit ook meegenomen moeten worden.
- In de praktijk moeten aanvullende metingen worden gedaan om uitkomsten van nieuwe lab/kasproeven te verifiëren en generiek te maken.
- Er moet meer inzicht komen in de initiële concentratie, de concentratie uit eerste druppelaar en verdeling door druppelaarsysteem.

Op basis van de vragen uit de uitgevoerde experimenten is een vervolgproef uitgevoerd, waar gericht metingen zijn uitgevoerd naar het verloop van de gewasbeschermingsmiddelen. In hoofdstuk 6 zijn de proefopzet en de resultaten beschreven. De resultaten geven waardevolle informatie en meer zicht op het gedrag van de middelen in het teeltsysteem.

6 Proef 'Optimalisatie proefopzet voor bepaling gedrag gewasbeschermingsmiddelen'

6.1 Opzet meetproef

Aan een recirculerende komkommerteelt met belichting (proefkas in Bleiswijk; 144 m²; 276 planten) zijn rood ijzerchelaat (EDDHHA) en gewasbeschermingsmiddelen (GBM) toegediend) via druppelbevloeiing. IJzerchelaat om visueel waarnemingen te doen, GBM om uitspraken over het gedrag te kunnen doen aan de hand van laboratorium analyses.

De proef is op 22 oktober 2014 uitgevoerd. Monsters zijn verzameld en naar analyse laboratoria opgestuurd. Tot en met dinsdag 28 oktober zijn verzamelmonsters genomen.

Toevoegingen:

- ijzerchelaat: 40 µmol/l
- dimethomorph (Paraat), 50% spuitpoeder
 - dosering: 50 g/100 l en van deze oplossing 100-250 ml/plant aangieten
- fluopyram (Luna) , 500 g/l vloeibaar
 - dosering: 40 ml/1000 planten (echte meeldauw en Botrytis)
- imidacloprid (Admire) Bayer, 70% granulaat
 - dosering: 3.5 gram/1000 planten (luis)
 - 14 gram/1000 planten (wittevlug),

Toediening (volgens Druppelprotocol):

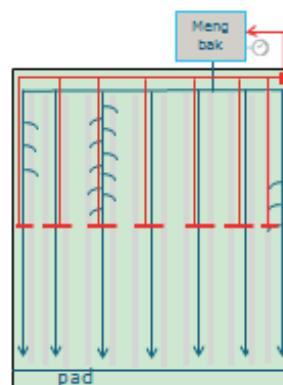
Er is van een middel bekend dat x g/1000 planten moet worden gedoseerd. Met 12x23 planten = 276 planten is bekend hoeveel gram moet worden gedoseerd om in één beurt alles bij de plant te krijgen. Tijdsduur van doseren kan hieruit ook worden berekend, evenals het aan te maken volume in voorraadtank.

Er is geen dosering van andere stoffen op zelfde moment (b.v. H₂O₂) uitgevoerd en ook geen ontsmetting.

Lay-out kas

Ligging druppelleidingen en goten

- Afvoer drain (in rood) en goten:
- Lengte druppelstrangen: 13,2m
 - Diameter strang: 16 mm
 - Diameter hoofdleiding: 32mm * 9m lang
 - Afstand druppelaars: 25 cm
 - 12 rijen matten, 12 goten
 - Per mat 2 planten en 2 druppelaars: 23 planten per rij
 - Mat; 100 x 15 x 7,5cm
 - Druppelaars: 3 l/uur
 - Ca 200 cc per gietbeurt en 50 cc per minuut
 - Mengbak is 1000 liter: 114 x 85 x 110, vlotter op 90 van bodem



Figuur 23 Ligging leidingen en goten.

Berekeningen

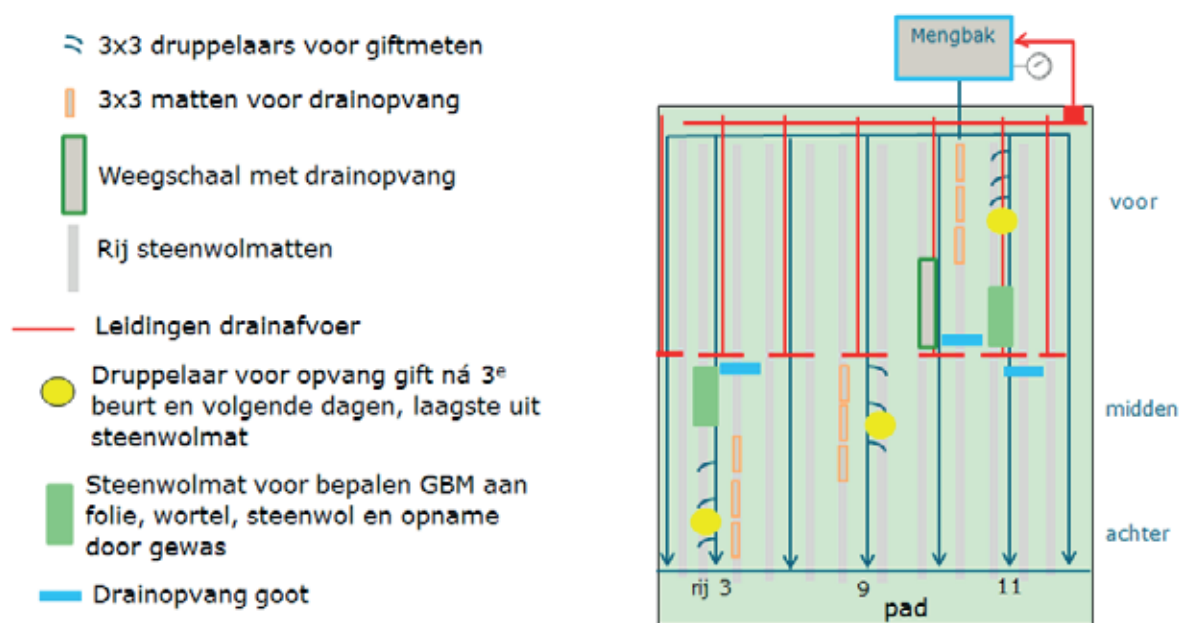
Ter voorbereiding zijn de volgende berekeningen uitgevoerd:

- Uitrekenen na hoeveel beurten je drain krijgt, vervolgens meten of dat zo is en bepalen na hoeveel tijd hetzelfde water met middel weer naar planten gaat (zie toelichting in bijlage V). Het drainagepercentage was 40% van de watergift.
- Uitrekenen hoeveel vertraging tussen 1^e en laatste druppelaar bestaat en daarop dosering aanpassen.

Waarnemingen

In Figuur 24 is een plattegrond van de kas weergegeven met de verschillende meetplaatsen. Op drie monsterplaatsen zijn gietwater en drainwater opgevangen. Op twee plaatsen zijn aan het einde van de eerste meetdag een mat met ieder 2 planten gesloopt en bemonsterd. GBM zijn bepaald in het gewas (blad en vrucht) en in het wortelmedium (steenwol, wortels en folie).

Een gedetailleerdere proefbeschrijving is opgenomen in bijlag VI.

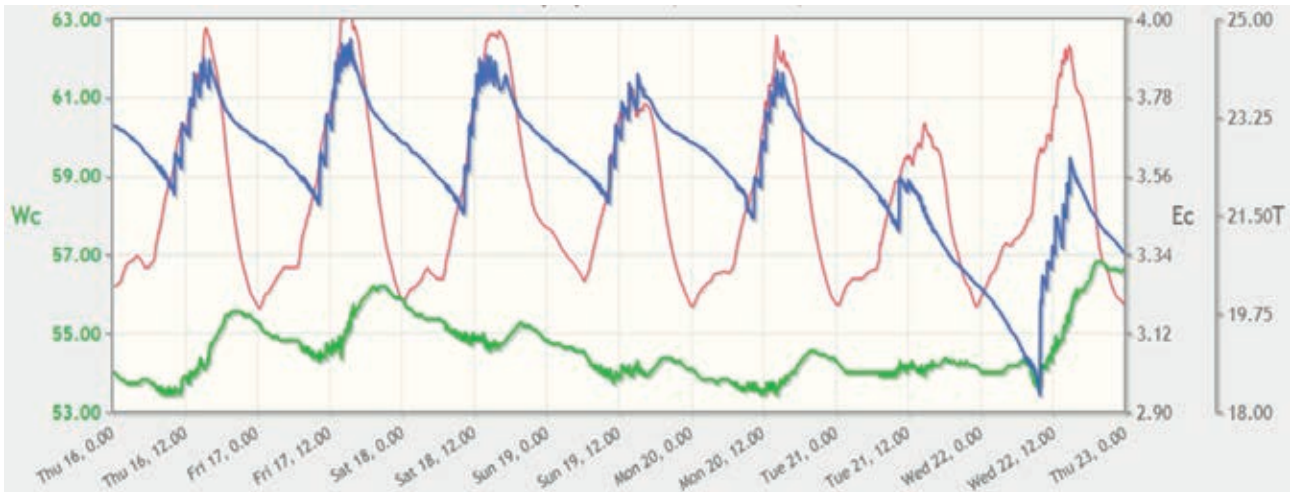


Figuur 24 Overzicht van de meetplaatsen in de kas.

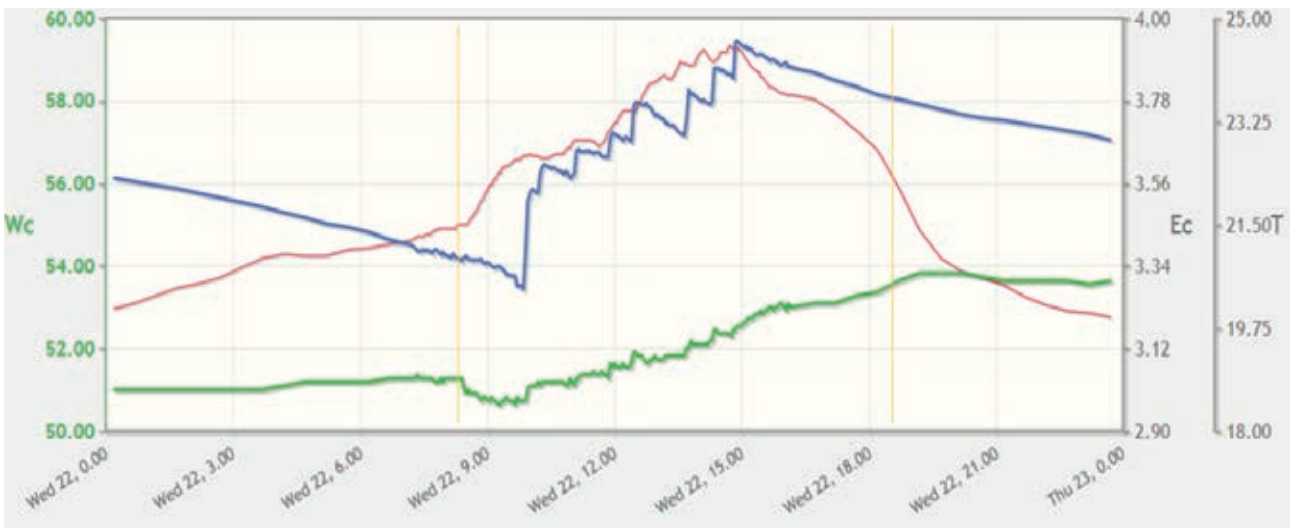
6.2 Resultaten meetproef

6.2.1 Watergiften

In het komkommernewas worden automatisch gietbeurten gegeven, gebaseerd op de instraling gedurende de dag. In Figuur 25 toont het dagelijkse patroon van watergeven, met daarbij ook de temperatuur en EC weergegeven. Voor de meetdag op 22 oktober is het watergehalte in de matten verlaagd door op 21 oktober minder gietbeurten te geven. Hierdoor zakt het watergehalte tot ca. 54%. Dit is conform de praktijk en in overeenstemming met het Druppelprotocol. Hierdoor wordt zeker gesteld dat bij een volgende gietbeurt waaraan GBMen zijn toegevoegd, het water met de middelen goed wordt opgenomen door mat en gewas. Dit komt ten goede aan de effectiviteit van de gewasbeschermingsbehandeling via druppelen. In Figuur 26 zijn de gietbeurten op de meetdag in beeld gebracht. De eerste vier beurten zijn met een handstart gegeven. Hierdoor kon in de eerste gietbeurt van 6 minuten ook de laatste druppelaar middel krijgen. De 4^e gietbeurt was nodig om voldoende drain te realiseren om een monster te nemen. Bijlage VI geeft aanvullende informatie over de druppelbeurten.

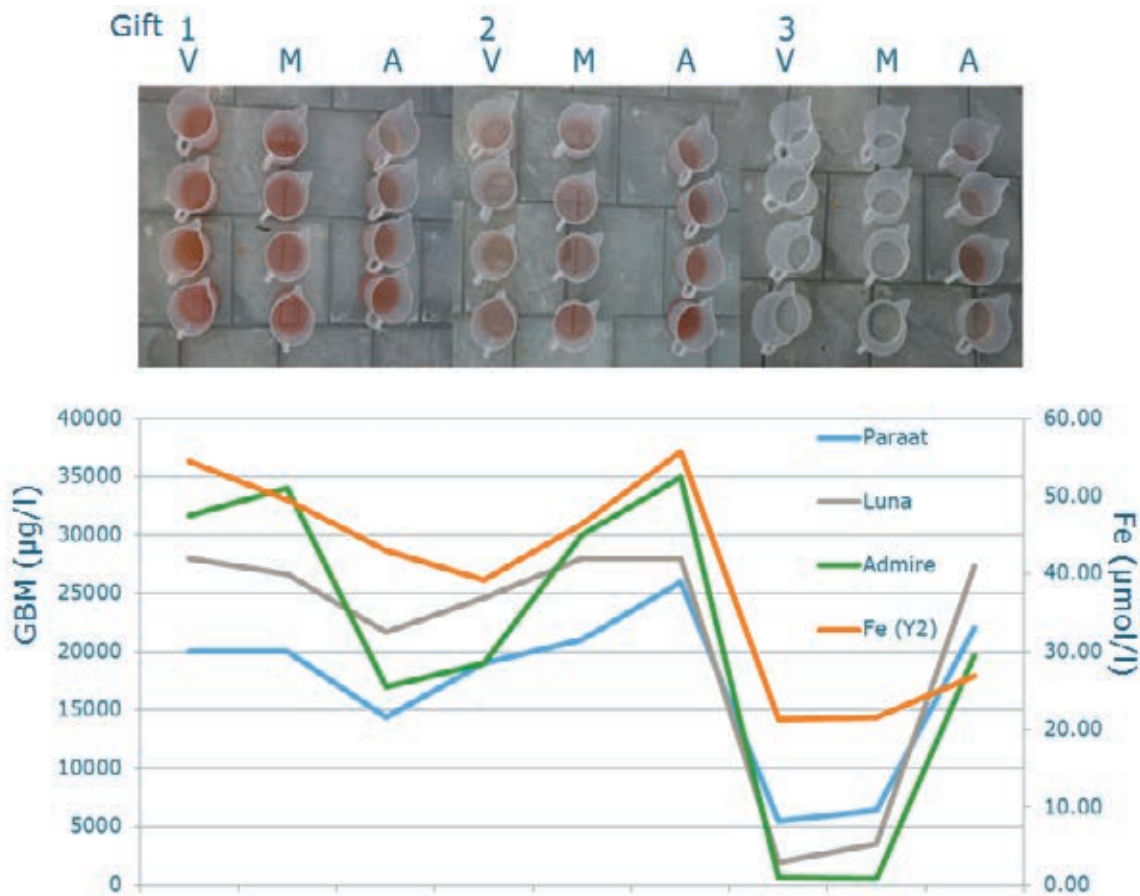


Figuur 25 Dagelijkse patroon van watergift en watergehalte (blauwe lijn), kasttemperatuur (rode lijn) en EC (groene lijn) in de proefkas met komkommersgewas (metingen Grosens).



Figuur 26 Watergiften op de meetdag (22 oktober), te zien aan het zaagpatroon in het watergehalte (WC = blauwe lijn); rood = temperatuur, groen is EC.

De proef is uitgevoerd om het gedrag van het meedruppelen van drie gewasbeschermingsmiddelen te bepalen; rood ijzerchelaat is gedoseerd om het verloop visueel te kunnen volgen. In Figuur 27 staat een foto van het opgevangen gietwater in maatbekers uit de druppelaars voor, midden en achter in de kas in de respectievelijke rijen 11, 9 en 3. Het opgevangen water betreft gietbeurt 1, 2 en 3.



Figuur 27 Het verloop van de concentratie ijzerchelaat (Y2-as) en drie gewasbeschermingsmiddelen in het gietwater (Y1-as), gemeten op drie plaatsen in de kas: voor (V; rij 11), midden (M; rij 9) en achter (A; rij 3), gedurende 3 gietbeurten (X-as)

Toelichting: Voor Admire is in de 1^e gietbeurt vooraan in de kas 31000 ug/l gemeten, midden iets meer en achteraan is het product pas later tijdens de druppelbeurt aangekomen (17000 ug/l). In de 2^e gietbeurt is de concentratie vooraan alweer laag (20000 ug/l), de Admire-piek is gepasseerd, midden en achter nog niet (30000 en 35000 ug/l),. In de 3^e gietbeurt is er vooraan en in het midden geen Admire meer gedoseerd (0 ug/l), terwijl achter in het druppelsysteem er nog een concentratie van 20000 ug/l wordt gedoseerd.

De geanalyseerde ijzer concentratie (Figuur 27, grafiek) komt goed overeen met de roodkleuring van het ijzerchelaat in de maatbekers (Figuur 27 foto). De drie GBM laten in de grafiek een overeenkomstig patroon zien.

6.2.2 Gewasbeschermingsmiddelen gift en drain

Voor de berekening van de doseringen is uitgegaan van het etiketvoorschrift van de middelen. Vervolgens is de benodigde hoeveelheid omgerekend naar het aantal planten in de kas. In tabel 6 zijn de geanalyseerde concentraties van de middelen in de voorraadoplossing weergegeven. De aangemaakte oplossing is in duplo bemonsterd evenals het restant dat na de eerste gietbeurt is overgebleven. Ter vergelijking zijn de concentraties van de GBM uit de druppelaars na de 2^e gietbeurt ook vermeld.

Tabel 6

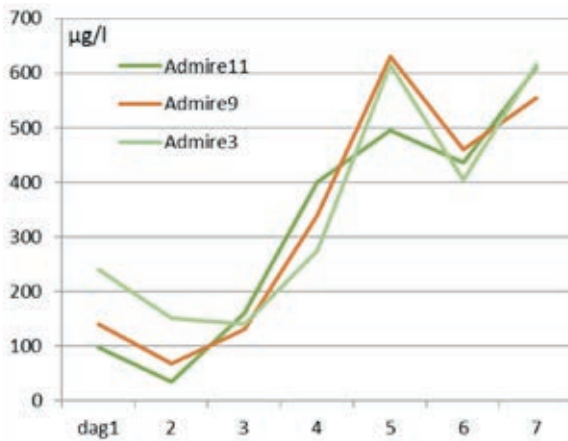
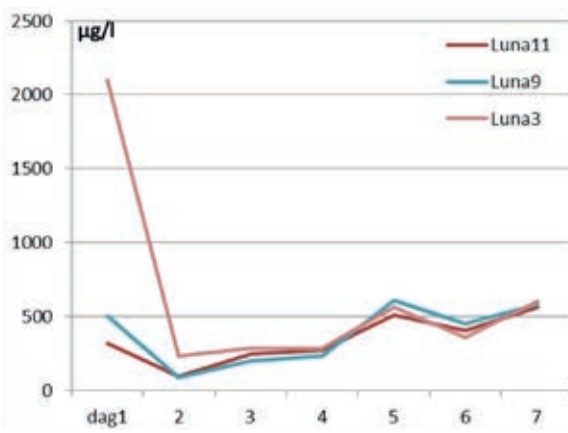
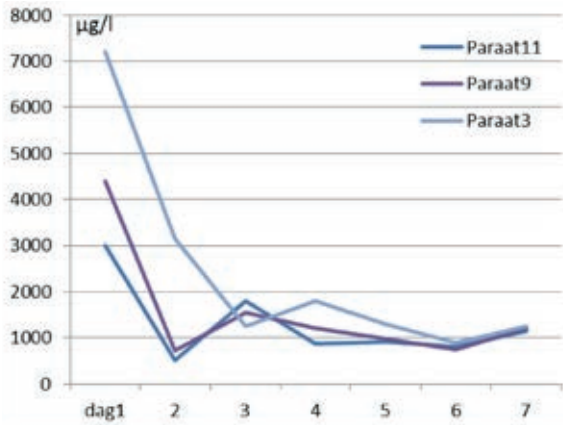
Concentraties gewasbeschermingsmiddelen voor de meetproef.

	Paraat dimethomorph (ug/L)	Luna fluopyram (ug/L)	Admire imidacloprid (ug/L)
Rapportagegrens	<0.01	<0.01	<0.01
Achtergrond:			
Voorraadvat oud	0.02	0.06	0.01
Voorraadvat nieuw	0.1	0.05	-
Drainwater	0.03	0.07	0.03
Dosering aan voorraadvat (in 75L)	26000	22000	30000
duplo	18000	26000	30000
Restant voorraad- vat (na 1e gift)	19000	30000	36000
duplo	21000	30000	42000
Druppelaars 2 ^e gift	26000	28000	35000

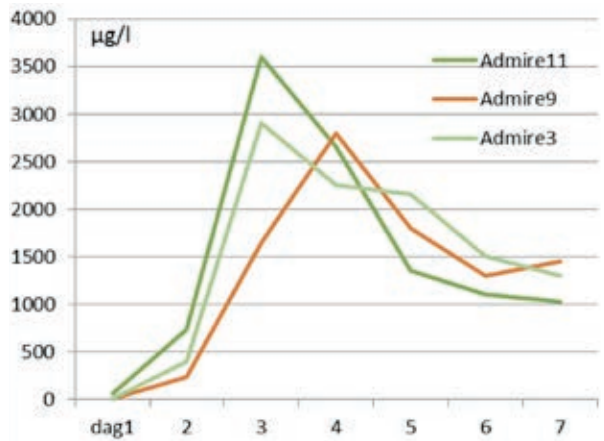
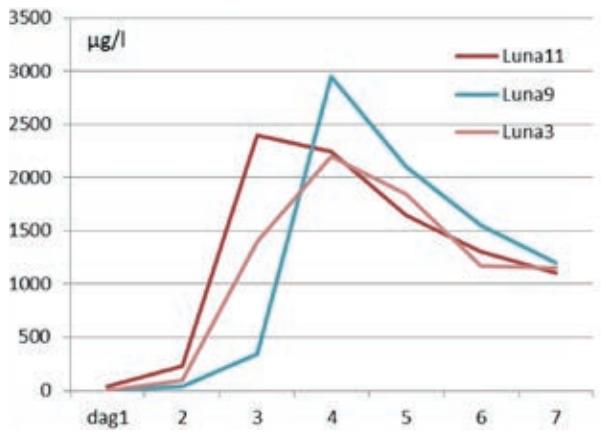
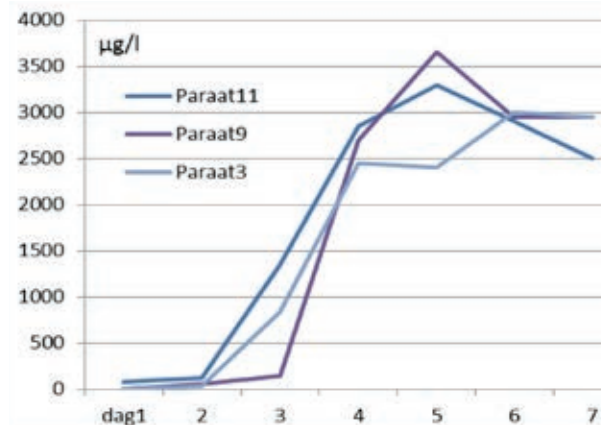
De gemeten concentraties in het voorraadvat en de concentraties uit de druppelaars (zie ook Figuur 27) zijn vergelijkbaar. De achtergrondconcentraties van het waterrestant in het voorraadvat en het aanwezige drainwater zijn verwaarloosbaar.

In Figuur 28 is het verloop van de concentraties in het gietwater en het drainwater gegeven, gebaseerd op verzamelmonsters per dag. De concentratie in de gift op dag 1 (verzamelmonster van de gietbeurten 4 t/m 7 in de middag) is hoog, waarbij opvalt dat uit de druppelaars achterin de kas (genaamd Paraat3, Luna3 en Admire3) de hoogste concentratie komt. Op dag 2 is de concentratie in de gift het laagst omdat het middel nog in de mat zit en nog niet uit de drain is gekomen (rechter grafieken). Zodra het grootste deel van middelen uit de mat begint te draineren, op dag 3 en 4, gaat de concentratie in de gift ook omhoog. Met een drainpercentage van 40% worden de middelen snel gemengd in het gietwater. Het is duidelijk dat Admire sneller uitspoelt dan Luna en beide weer sneller dan Paraat. Na dag 3-5 nemen de concentraties in het drainwater af, omdat het drainwater wordt bijgemengd met verse oplossing zonder middel en dus in de gift terugkomt in een lagere concentratie. Na 7 dagen variëren de concentraties in het gietwater van 0.5 – 1 mg/l en in het drainwater van 1 – 3 mg/l. Voor een goede opname van de middelen door het gewas is het van belang dat het gewas actief is. De aanwezige assimilatiebelichting in de kas compenseert voor een deel de lager instraling in oktober t.o.v. de zomermaanden.

Gift



Drain



Figuur 28 Concentratie gewasbeschermingsmiddelen in het giet- en drainwater gedurende 7 dagen na toediening van de middelen. De cijfers achter het middel verwijzen naar het monster in de rij (3 = achter, 9 = midden, 11 = achter).

De concentratie in het drainwater is na 7 dagen ca. 5% bij Admire en Luna en 10% bij Paraat van de oorspronkelijke dosering. De monsters van 14 november, 3 weken na toediening, geven een verdere verlaging van de concentratie te zien naar ca. 0.5% (Admire) tot 1% (Luna en 5% (Paraat) van de oorspronkelijke concentratie.

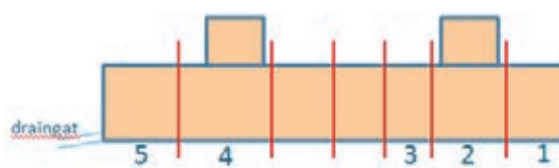
6.2.3 Organische stof en gewasbeschermingsmiddelen in plant en wortelmedium

Om de hoeveelheid gewasbeschermingsmiddelen in de steenwolmat goed te kunnen verklaren is het van belang om de hoeveelheid organische stof in de steenwolmat en de wortels aan de buitenkant van de mat te weten. De mat is in 7 stukken gesneden, waarbij 2 stukken van onder de steenwolpot. De mat ligt onder afschot richting draingaat, wat inhoudt dat het vochtgehalte in deel 5 hoger is dan in deel 1. De twee niet genummerde stukken steenwol zijn gebruikt voor de analyse van gewasbeschermingsmiddelen.

In tabel 7 staan de gemeten gehalten organische stof in twee matten en het percentage organische stof als "wortels". Dit laatste wordt verkregen door de hoeveelheid organische stof te vergelijken met de de hoeveelheid in een nieuw blok. . Te zien is dat de gehalten onder de steenwolpotten hoger zijn dan de gedeelten naast de potten (2 en 4 i.r.t 3 en 5). Dit zou samen kunnen hangen met de vochtverdeling in de mat.

Tabel 7

Organische stof gehalte en het percentage wortels op verschillende plaatsen in de steenwolmat.



Organische stof (%)	5	4	3	2	1
Mat 1	4.4	5.6	4.2	4.9	3.7
Mat 2	4.6	6.5	4.0	6.1	4.3
Wortels (%)	5	4	3	2	1
Mat 1	1.7	2.9	1.5	2.2	1.0
Mat 2	1.9	3.8	1.4	3.4	1.6



In tabel 8 zijn de concentraties gewasbeschermingsmiddelen weergegeven in het gewas en het wortelmedium. De monsters zijn genomen na de laatste gietbeurt op dag 1. Alle drie de middelen worden in lage doseringen teruggevonden in het blad. In de vruchten worden geen middelen teruggevonden. Imidacloprid wordt in 2 gevallen vastgesteld, maar onder de betrouwbaar vast te stellen concentratiegrens van 0.01 mg/kg. De voedselveiligheidsnorm (MRL-waarde) voor de vruchten voor dimetomorph, fluopyram en imidacloprid zijn resp. 0.5, 0.5 en 1.0 mg/kg. Aan de folie en in de wortels wordt de drie middelen ook teruggevonden. In de steenwol lijken op het eerste gezicht aanzienlijke hoeveelheden middelen te zitten. De concentraties zijn weergegeven in mg/kg. Om de gehalten goed op waarde te kunnen schatten is het van belang om een omrekening te maken naar totaal hoeveelheden, die onderdeel zijn van de massabalans voor de gbm's.

Tabel 8

Gehalten gewasbeschermingsmiddelen in de komkommerplant en vrucht en het wortelmedium.

Analyses plant en wortelmedium			
	dimetomorph mg/kg	fluopyram mg/kg	imidacloprid mg/kg
0 meting blad	n	n	n
0 meting vrucht	n	n	n
blad mat 1 plant 1	0,094	0,32	0,34
blad mat 1 plant 2	0,045	0,11	0,17
blad mat 2 plant 1	0,035	0,14	0,21
blad mat 2 plant 2	0,042	0,20	0,20
vrucht mat 1 plant 1	<0.1	<0.1	<0.1 w
vrucht mat 1 plant 2	<0.1	<0.1	<0.1 n
vrucht mat 2 plant 1	<0.1	<0.1	<0.1 w
vrucht mat 2 plant 2	<0.1	<0.1	<0.1 n
folie boven mat 1	0,2	0,34	0,1
folie onder mat 1	0,18	0,19	0,092
folie boven mat 2	0,23	0,37	0,082
folie onder mat 2	0,11	0,085	0,061
wortels mat 1	0,61	0,5	0,48
wortels mat 1	0,2	0,18	0,22
wortels mat 2	0,1	0,12	0,12
wortels mat 2	0,099	0,096	0,15
steenwol GBM mat 1	6,7	6,3	3,6
steenwol GBM mat 1	3,4	3,1	3,7
steenwol GBM mat 2	3,4	3,2	3,0
steenwol GBM mat 2	0,74	0,54	1,0

detectiegrens <0.01 mg/kg

w = wel aangetoond

n = niet aangetoond

6.3 Conclusies druppelproef

De vervolgmetingen zijn een waardevolle aanvulling op de eerder uitgevoerde praktijkmetingen en laboratoriumexperimenten. Op onderdelen zijn de volgende resultaten verkregen:

- IJzerchelaat is een goed middel om het gedrag van gewasbeschermingsmiddelen in het watersysteem zichtbaar te maken.
- Het concentratieverloop van de drie gewasbeschermingsmiddelen gedurende de eerste week van toediening laten eenzelfde patroon zien in het gietwater en drainwater voor wat betreft afname, verhoging en bestendiging van de concentraties. Onderling zijn wel verschillen aanwijsbaar in mate en tijdstip van afname of toename.
- Vertraging van de middelendosering in een druppelsysteem (voor, midden, achter) is zichtbaar gemaakt;
- Aan het eind van dag 1 van toediening worden de gewasbeschermingsmiddelen in hoge concentratie teruggevonden in het substraat. In aansluiting hierop wordt pas in dag 3 een duidelijke verhoging van de middelenconcentraties in het drainwater gemeten. De middelen hebben een aanwijsbare verblijftijd in het substraat.

De concentratie in het drainwater is na 7 dagen ca. 5% bij Admire en Luna en 10% bij Paraat van de oorspronkelijke dosering. Drie weken na toediening is een verdere verlaging van de concentratie te zien naar ca. 0.5% (Admire) tot 1% (Luna) en 5% (Paraat) van de oorspronkelijke concentratie.

Gewasbeschermingsmiddelen worden opgenomen door de plant, maar na de eerste dag nauwelijks door de vruchten.

6.4 Aanbevelingen

De drie uitgevoerde experimenten, te weten de praktijkmetingen, de laboratoriummeting en de druppelproef hebben waardevolle informatie opgeleverd. Geconcludeerd kan worden dat het doseren van de gewasbeschermingsmiddelen, het gedrag van de middelen in het watersysteem en het meten van de middelen complex is. Elke proef leverde nieuwe informatie op om de effectiviteit van een druppelbehandeling te verhogen. Daarnaast kan de oorspronkelijke doelstelling, het toetsen van het emissiemodel, nu beter worden uitgevoerd.

Aanbevolen wordt om met gebruik van de meetresultaten de volgende stappen te nemen:

- Berekenen van de balans voor de gewasbeschermingsmiddelen op basis van de metingen in de druppelproef. Plan van aanpak voor het meten van het gedrag van de middelen:
 - Toepassen van een kleurstof (b.v. ijzerchelaat) om tijdens de proef zicht te hebben op de voortgang.
 - Het meten van de totale gift en drain tijdens alle gietbeurten na de gift via verzamelmonsters.
 - Meten van opname door het gewas (destructieve metingen) gedurende een bepaalde periode, bij voorkeur twee of drie planten.
 - Bepalen van de invloed van de verblijftijd van een middel in het substraat, aanvullend met onderscheid tussen inert en organisch substraat en de verpakking (folie, leidingen).
 - Er moet meer bekend worden over de afbraak van middelen in water (voedingsoplossing) bij een teelt in substraat.
- Koppelen praktijkmetingen met modelberekeningen en aanbevelingen opstellen voor verbeteren emissiemodel.
- Aanbevelingen opstellen voor en in overleg met de praktijk (telers en toeleveranciers) voor het optimaal doseren van gewasbeschermingsmiddelen via druppelbevloeiing.

7 Acknowledgements

Dank gaat uit naar alle deelnemers van de workshop Model en Meten, zoals genoemd in bijlage VIII. Hun constructieve bijdrage in de discussie over de proefresultaten en het formuleren van aanbevelingen voor vervolgonderzoek is een belangrijke stap om te komen tot een inhoudelijk goed toepasbaar en een door de verschillende actoren gedragen emissiemodel.

8 Literatuur

Bayer Crop Science, 2011.

Druppelen van gewasbeschermingsmiddelen. Presentatie tijdens Kennisworkshop Water, Tomatoworld, 4 april 2011.

Briggs, G.G., R.H. Bromilow and A.A. Evans, 1982.

Relationships between lipophilicity and root uptake and translocation of non-ionised chemicals by barley. *Pesticide Science* 13, 495-504.

Briggs, G.G., R.H. Bromilow and A.A. Evans and M. Williams, 1983.

Relationships between lipophilicity and the distribution of non-ionised chemicals in barley shoots following uptake by the roots. *Pesticide Science* 14, 492-500.

Ruijven, J.P.M. van, E.A. van Os, M. van der Staaij, E.A.M. Beerling, 2013.

Evaluation of technologies for removal of PPPs from Greenhouse Horticultural Discharge Water (in press).

Vermeulen, T., A.M.A. van der Linden, E.A. van Os, 2010.

Emissions of plant protection products from glasshouses to surface water in The Netherlands. Wageningen UR, rapport GTB-1002.

Bijlage II. Gemeten concentraties pymetrozine op paprika- en gerberabedrijf

De getallen in vet verwijzen naar de gemeten startconcentratie.

Pymetrozine
 rapportagegrens: 0.03µg/l
 Startconc. 62466 µg/l (I)

Verd. factor:15 4164 µg/l

paprika	pymetrozine (µg/l)
	druppelaar voor (II)
MTR	0.5
2-jul	62466 (I)
2-jul	4805
3-jul	1008
4-jul	10
6-jul	26
9-jul	25
16-jul	9
23-jul	0
30-jul	11

paprika	pymetrozine (µg/l)
	drain silo (V)
2-jul	-
3-jul	27
4-jul	-
6-jul	47
9-jul	13
16-jul	14
23-jul	0
30-jul	13

paprika	pymetrozine (µg/l)
	druppelaar achter (III)
2-jul	9
3-jul	10
4-jul	156
6-jul	27
9-jul	9
16-jul	29
23-jul	10
30-jul	13

paprika	pymetrozine (µg/l)
	drainput (IV)
2-jul	-
3-jul	-
4-jul	-
6-jul	15
9-jul	-
16-jul	-
23-jul	-
30-jul	-

paprika	pymetrozine (µg/l)
	Matmonster
2-jul	17
3-jul	-
4-jul	-
6-jul	-
9-jul	-
16-jul	28
23-jul	0
30-jul	10

Startconc. 53226 µg/l (I)

Verd.factor 40: 1331 µg/l

gerbera	pymetrozine (µg/l)
	druppelaar voor (II)
MTR	0.5
2-jul	53226 (I)
2-jul	1783
3-jul	33
4-jul	96
6-jul	14
9-jul	9
16-jul	522
23-jul	0
30-jul	18

gerbera	pymetrozine (µg/l)
	drainput (IV put)
2-jul	-
3-jul	230
4-jul	121
6-jul	-
9-jul	18
16-jul	9
23-jul	13
30-jul	21

gerbera	pymetrozine (µg/l)
	druppelaar achter (III)
2-jul	23
3-jul	19
4-jul	44
6-jul	10
9-jul	7
16-jul	18
23-jul	11
30-jul	13

gerbera	pymetrozine (µg/l)
	vuil drain silo+H2O2 (V)
2-jul	43
3-jul	44
4-jul	42
6-jul	-
9-jul	-
16-jul	18
23-jul	17
30-jul	19

gerbera	pymetrozine (µg/l)
	drainafvoer goten (IV)
2-jul	133
3-jul	289
4-jul	92
6-jul	-
9-jul	-
16-jul	-
23-jul	-
30-jul	-

gerbera	pymetrozine (µg/l)
	drain schoon (VI)
2-jul	0
3-jul	11
4-jul	27
6-jul	5
9-jul	-
16-jul	-
23-jul	-
30-jul	-

Bijlage III. Gemeten concentraties propamocarb op paprika- en gerberabedrijf

Propamocarb
 rapport.grens: 0.4
 µg/l
 Startconc. 1203542 µg/l (I)

Verd.f. 15 80236 µg/l

paprika	propamocarb (µg/l)
	druppelaar voor (II)
MTR	190
2-jul	1203542 (I)
2-jul	10657
3-jul	0
4-jul	77
6-jul	0
9-jul	0
16-jul	0
23-jul	0
30-jul	82

Paprika	propamocarb (µg/l)
	druppelaar achter (III)
2-jul	0
3-jul	0
4-jul	1652
6-jul	0
9-jul	0
16-jul	0
23-jul	0
30-jul	0

Paprika	propamocarb (µg/l)
	matmonster
2-jul	-
3-jul	92
4-jul	-
6-jul	-
9-jul	-
16-jul	0
23-jul	0
30-jul	0

paprika	propamocarb (µg/l)
	drain silo (V)
2-jul	-
3-jul	266
4-jul	-
6-jul	0
9-jul	0
16-jul	0
23-jul	0
30-jul	0
paprika	propamocarb (µg/l)
	drainput (IV)
2-jul	-
3-jul	-
4-jul	-
6-jul	0
9-jul	-
16-jul	-
23-jul	-
30-jul	-

Start: 952224 µg/l

Verd. Factor 40: 23805 µg/l

gerbera	propamocarb (µg/l)
	druppelaar voor (II)
MTR	190
2-jul	952224 (I)
2-jul	9216
3-jul	1377
4-jul	9965
6-jul	2539
9-jul	435
16-jul	5138
23-jul	0
30-jul	0

gerbera	propamocarb (µg/l)
	druppelaar achter (III)
2-jul	0
3-jul	161
4-jul	757
6-jul	179
9-jul	0
16-jul	0
23-jul	0
30-jul	0

gerbera	propamocarb (µg/l)
	Drainafvoer goten (IV)
2-jul	1204
3-jul	3508
4-jul	967
6-jul	-
9-jul	-
16-jul	-
23-jul	-
30-jul	-

gerbera	propamocarb (µg/l)
	drainput (IV put)
2-jul	-
3-jul	2842
4-jul	1576
6-jul	-
9-jul	0
16-jul	0
23-jul	77
30-jul	0

gerbera	propamocarb (µg/l)
	Vuil drain+H2O2 (V)
2-jul	384
3-jul	477
4-jul	476
6-jul	-
9-jul	-
16-jul	0
23-jul	0
30-jul	0

gerbera	propamocarb (µg/l)
	drain schoon (VI)
2-jul	0
3-jul	156
4-jul	0
6-jul	108
9-jul	-
16-jul	-
23-jul	-
30-jul	-

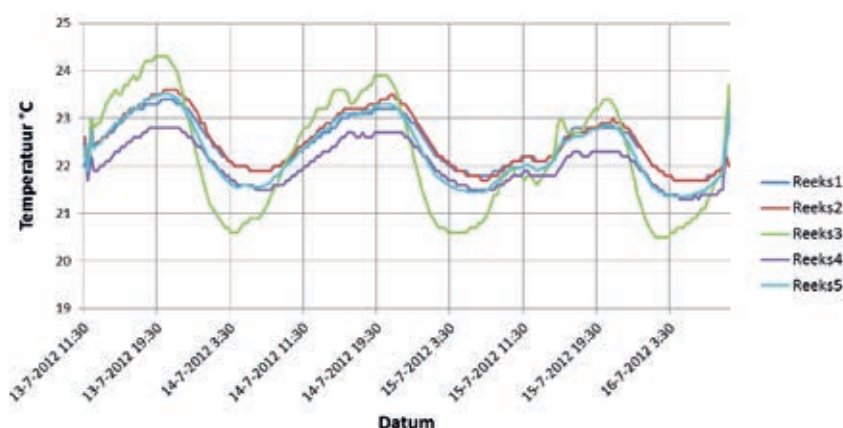
Bijlage IV. Temperatuurmetingen

In Figuur IV-1 zijn de metingen van alle temperatuurloggers (reeks 1 t/m 4) weergegeven. Reeks 5 is een gemiddelde. Logger 3 is afwijkend omdat deze in een pot is gestoken, terwijl de andere loggers in de mat onder een pot staan. Bij de overige metingen zaten weinig verschillen tussen de temperatuurloggers en is volstaan met de weergaven van het gemiddelde (Figuur IV-2 en IV-3). De temperatuur van de matten in het paprikagewas en de potten bij gerbera laten een dagritme zien met een afkoeling gedurende de nacht. De watersilo op het paprikabedrijf wordt gevoed door drainwater en staat binnen in de technische ruimte. De geringe temperatuurfluctuaties zijn hiermee te verklaren. Op het gerberabedrijf is gemeten in een watersilo buiten. Daarin wordt ook het koudere water van de omgekeerde osmose installatie opgevangen. Dit verklaart de temperatuurdaling op 7 juli. Ter aanvulling zijn in tabel IV-1 de afgeronde KNMI temperatuurgegevens van meetlocatie Rotterdam weergegeven voor de meetdagen en de door de telers gehanteerde temperatuursetpoints voor de kas.

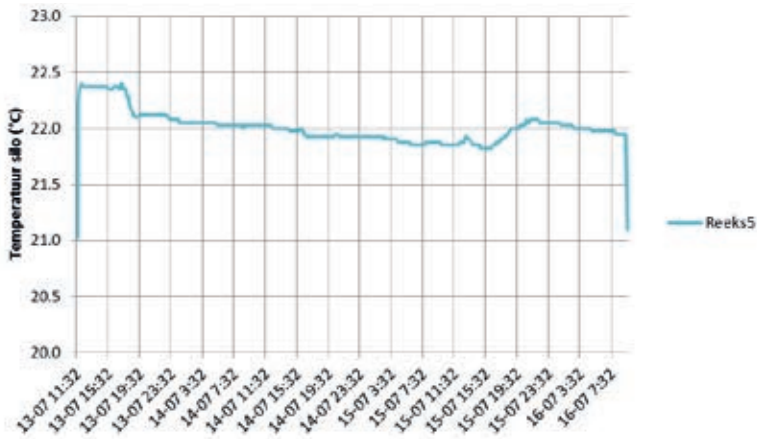
Tabel IV-1

Temperatuurgegevens KNMI en temperatuursetpoints bedrijven (in °C).

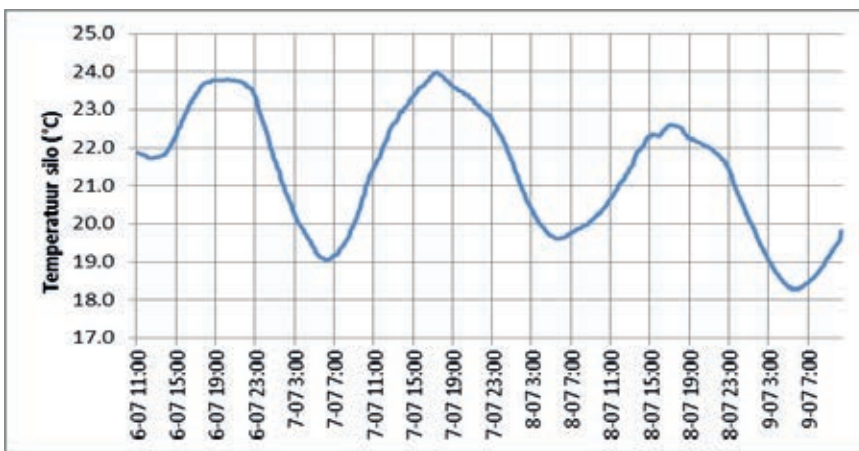
Gerberabedrijf			Paprikabedrijf		
datum					
6 juli	nacht	18	13 juli	nacht	14
	dag	21		dag	18
7 juli	nacht	16	14 juli	nacht	14
	dag	21		dag	16
8 juli	nacht	17	15 juli	nacht	12
	dag	18		dag	17
Setpoint	nacht	17.5	Setpoint	nacht	18
	dag	23-24		dag	21



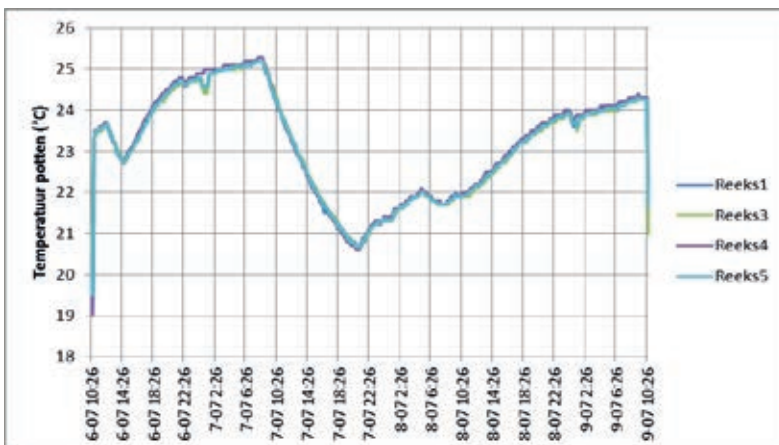
Figuur IV-1 Temperatuurverloop in de mat van een paprikagewas, gemeten met 4 sensoren in juli 2012. Reeks 5 is het gemiddelde temperatuurverloop.



Figuur IV-2 Temperatuurverloop van het water in een silo binnen op het paprikabedrijf. Reeks 5 is het gemiddelde temperatuurverloop van 4 sensoren.



Figuur IV-3 Temperatuurverloop in de pot van gerberagewas, juli 2012.

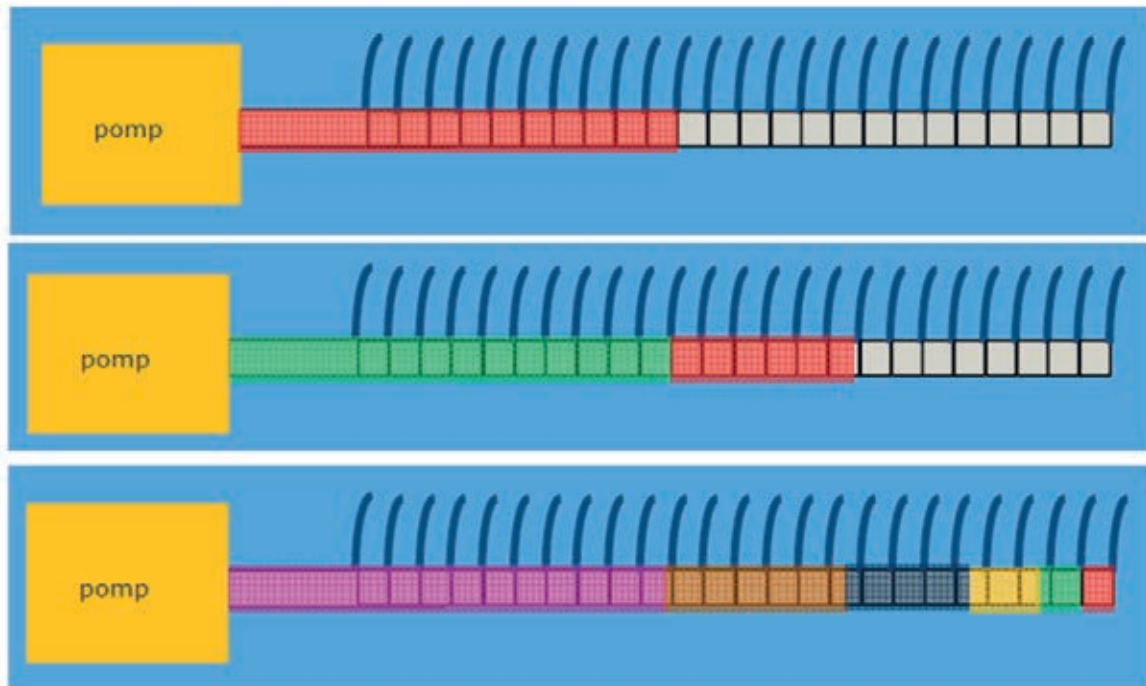


Figuur IV-4 Temperatuurverloop watersilo buiten op gerberabedrijf, juli 2012

Bijlage V. Waterverdeling in leidingen

Het transport van het water door de leidingen en de afgifte door de druppelaars loopt volgens natuurkundige wetten een vertraging op. Het is van belang om hier rekening mee te houden bij de dosering van gewasbeschermingsmiddelen via de druppelaars. Bijgevoegde afbeelding illustreert de waterverdeling voor de achtereenvolgende gietbeurten.

Het streven is om een zo gelijk mogelijke verdeling van de middelen over de planten te verkrijgen. Modelmatig zijn de verdeling van de middelen in de proefkas en de benodigde duur van de eerste gietbeurten berekend. Deze berekende tijden zijn aangehouden tijdens de meetdag.



Bron: Van Winkel en Blok, Water Event, sept 2014.

Bijlage VI. Opzet proef 'Optimalisatie proefopzet voor bepaling gedrag gewasbeschermingsmiddelen'

Aan een recirculerende komkommerteelt (proefkas in Bleiswijk; 144 m²?) zijn rood ijzerchelaat (EDDHHA) en gewasbeschermingsmiddelen (GBM) toegediend) via druppelbevloeiing. IJzerchelaat om visueel waarnemingen te doen, GBM om uitspraken over het gedrag te kunnen doen aan de hand van laboratorium analyses.

De proef is op 22 oktober 2014 uitgevoerd. Monsters zijn verzameld en naar laboratoria opgestuurd (GBM: Lab Zeeuws-Vlaanderen en nutriënten: Groen Agro Control). Tot en met dinsdag 28 oktober zijn nog verzamelmonsters genomen.

Toevoegingen:

- ijzerchelaat: 40 µmol/l
- dimethomorph (Peraat), 50% spuitpoeder
 - dosering: 50 g/100 l en van deze oplossing 100-250 ml/plant aangieten
- fluopyram (Luna) , 500 g/l vloeibaar
 - dosering: 40 ml/1000 planten (echte meeldauw en Botrytis)
- imidacloprid (Admire) B ayer, 70% granulaat
 - dosering: 3.5 gram/1000 planten (luis)
14 gram/1000 planten (wittevlug)

Concentratie GBM: factor 10 hoger dan oorspronkelijke dosering volgens etiket, om ruim boven de rapportagegrens van de analyses te blijven.

Toediening (volgens Druppelprotocol): er is van een middel bekend dat x g/1000 planten moet worden gedoseerd. Met 12x23 planten = 276 planten is bekend hoeveel gram moet worden gedoseerd om in één beurt alles bij de plant te krijgen. Tijdsduur van doseren kan hieruit ook worden berekend, evenals het aan te maken volume in voorraadtank.

- Aangemaakt volume voorraadbak bepalen en restant dat overblijft na doseren
- Inhoud leidingen blijft achter;
- Drainbakhoud vooraf bepalen
- 1^e gietbeurt totale benodigd volume doseren (tijd + aftappen hoeveelheid)
- Aangezien mat vorige dag droog is gehouden (Figuur 14), wordt er geen drain verwacht (wel waarnemen of dit zo is, daarom 3 personen op 3 plaatsen) met eerste gietbeurt waarin middel zit opgelost (te zien omdat rood ijzerchelaat wordt meegedoseerd); andere mat nemen als die waarvan de gift wordt bepaald!
- Vervolgens wordt normale gietpatroon ingezet met blauwe lijn in Figuur 14 als resultaat.
- Meten 2^e, 3^e en 4^e beurt bij 3 druppelaars;
- Meten 5^e t/m 7^e gietbeurt als mengmonster op 3 plaatsen (1 dag)
- Vervolgens elke dag een mengmonster van dagtotaal gift en drain (7 dagen)

Geen dosering van andere stoffen op zelfde moment (b.v. H₂O₂), en ook geen ontsmetting.

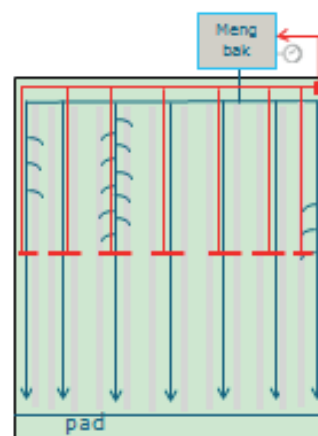
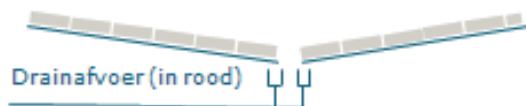
Lay-out kas

- kas 6.10,
- Recirculerend, drainpercentage 40%.
- In kas staat een volwassen komkommernewas. Het gewas wordt belicht.
- 12 rijen planten, met 23 planten per rij = 276 planten. Per rij 11.5 matten met afmetingen 100 x 15 x 7.5 cm, per mat 2 planten, 2 druppelaars en één draingat op laagste punt.
- Het vochtgehalte van de mat is ca. 65%, Temperatuur, Water Content WC en EC worden gemeten met Grosens (zie Figuur 14, zie hier ook frequentie van watergift)
- Lay-out druppelleidingen en goten in figuur.
- Programma van WUR en Revaho is gebruikt om aan hand van de configuratie van de druppelaars in de kas de snelheid van middelverspreiding te berekenen. Het verschil tussen middelafgifte tussen eerste en laatste druppelaar is van belang indien de massabalans moet worden bepaald
 - Klimaatparameters worden per 5 minuten gelogd en zijn beschikbaar
 - Volume voorraadvaten en afmetingen leidingen (dus inhoud leidingstelsel) is bekend.

Ligging druppelleidingen en goten

Afvoer drain (in rood) en goten:

- Lengte druppelstrangen: 13,2 m
- Diameter strang: 16 mm
- Diameter hoofdleiding: 32mm * 9m lang
- Afstand druppelaars: 25 cm
- 12 rijen matten, 12 goten
- Per mat 2 planten en 2 druppelaars: 23 planten per rij
- Mat; 100 x 15 x 7.5cm
- Druppelaars: 3 l/uur
- Ca 200 cc per gietbeurt en 50 cc per minuut
- Mengbak is 1000 liter: 114 x 85 x 110, vlotter op 90 van bodem



Figuur 8 Ligging leidingen en goten.

Waarnemingen

In Figuur 9 is een plattegrond van de kas weergegeven met de verschillende meetplaatsen.



Figuur 9 Overzicht van de meetplaatsen in de kas.

De volgende berekeningen zijn uitgevoerd als voorbereiding:

- Uitrekenen na hoeveel beurten je drain krijgt, vervolgens meten of dat zo is en bepalen na hoeveel tijd hetzelfde water met middel weer naar planten gaat (zie toelichting in bijlage V)
- Uitrekenen hoeveel vertraging tussen 1^e en laatste druppelaar bestaat en daarop dosering aanpassen.

Instructies metingen:

- Achtergrond monster voedingsoplossing uit mat, drainwater. Voor GBM voorraadbak en drainwater bemonsteren.
- Hoeveelheid middel meten dat gegeven wordt en dat achterblijft in voorraadbak en in leidingen (in principe alle GBM in 1^e beurt gedoseerd (benodigd volume: ca. 50 liter + inhoud leidingen + vertraging in druppelaars). Indien restant achterblijft in voorraadbak wordt dit bemonsterd en afgevoerd op riool. Restant in leidingen gaat in volgende gietbeurt naar planten.
- Hoeveelheid middel dat uit druppelaars komt (steekproef over druppelaars, 3 plaatsen 3 druppelaars)
 - a. Per gietbeurt afgifte van 3 druppelaars bepalen en 3x 100 cc voor GBM monster gebruiken rest terug in mat
 - b. Hoeveelheid middel in volgende gietbeurten (beurt 4 t/m 8), mengmonster over rest van de dag, op 3 plaatsen
 - c. Constateren wanneer drain uit mat komt: heldere oplossing en rode oplossing (noteren gietbeurt en begin, midden of einde van de beurt), preferentiële stroming
 - d. Drainmonster verzamelen monster, 3 goten en weegschaal per gietbeurt 1 t/m 3 en 4 t/m 8
 - e. Na laatste gietbeurt op dag 1 3 druppelaars en 3 goten bemonsteren op gift en drain per dag (3 druppelaars, 3 drainwater op dag 2), verzamelmonsters voor gift en drain op de 3 meetplaatsen op dag 2 t/m 7.

Gewasmonster (vruchten en blad apart) van 4 planten van 2 matten (27), na dag 1

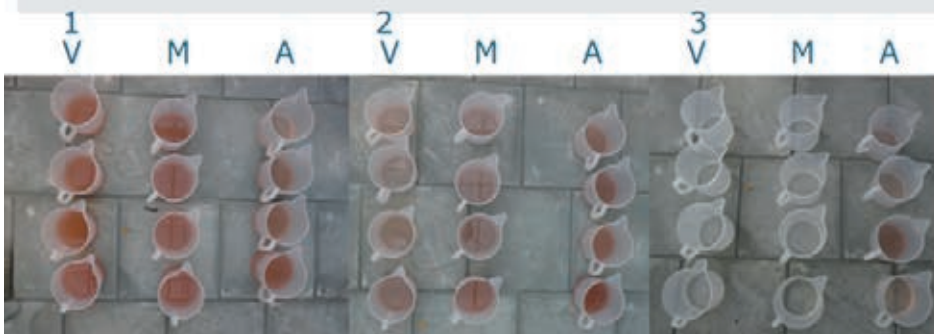
- f. Folie (28) omhulling mat in 2 stukken verdelen, boven en onder en in monsterzak doen
- g. Wortels (29) onderaan mat van 2 matten in 2voud
- h. Steenwol, van 2 matten elk 2 monsters, organische stof (30) en GBM bepalen (31)

Voor GBM bemonstering is 1 liter nodig. Hiervoor wordt 100 cc (10%) monster verzameld en aangevuld met demiwater tot 1 liter. Van bovenstaande monsters is ook de nutriëntensamenstelling, waaronder roodijzer, bepaald (laboratoriumanalyse).

Bijlage VII. Druppelbeurten

In bijgevoegde tabel wordt aanvullende informatie gegeven over de gietbeurten tijdens de meetdag. De eerste vier giften zijn met een handstart uitgevoerd. De duur van de beurten staan in de tabel. Het tijdstip na de start van de eerste gift waarop een eerste roodkleuring van water optreedt is voor de 3 meetplaatsen vermeld. De foto's van de maatbekers geven een goede indicatie van het verloop van de concentratie ijzerchelaat.

<u>Gietbeurt</u>	<u>Tijds duur</u>	<u>1e drupp</u>	<u>Midden drupp</u>	<u>Achter drupp</u>	<u>opmer king</u>	<u>Gift (l)</u>	<u>drain</u>
1	6 min.	1.20	2.10	3.10	<u>Roze kleuring</u>	74	<u>Geen</u>
2	2.5	<u>roze</u>	<u>roze</u>	<u>roze</u>		30	<u>geen</u>
3	2.5	Wit	Wit	<u>roze</u>		33	Drain, wit
4	2.5	Wit	Wit	Wit		30	Drain, wit



Bijlage VIII. Deelnemers workshop Model en Meten d.d. 16 januari 2014

Erik van Os (vz)	Wageningen UR Glastuinbouw
Ellen Beerling	Wageningen UR Glastuinbouw
Bram van der Maas	Wageningen UR Glastuinbouw
Louise Wipfler	Wageningen UR Alterra
Ton van der Linden	RIVM
Guus Meis	LTO Glaskracht
Theo Cuijpers	Hoogheemraadschap Schieland & Krimpenerwaard
Dennis Kalf	Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen UR Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenUR.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1340

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.