



Biologische grondontsmetting met Herbie (‘Bodemresetten’) als alternatief voor stomen

2011-2012

Auteurs: Daniël Ludeking¹, Aad Termorshuizen², Jos Wubben², André van der Wurff¹ Marta Streminska¹ & Frank van der Helm¹

¹ Wageningen UR Glastuinbouw, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, ² BLGG AgroXpertus en BLGG Research, Binnenhaven 5, 6709 PD Wageningen



Referaat

In een meerjarig onderzoek gefinancierd door het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Economische zaken in het kader van het programma Kas als Energiebron, hebben Wageningen UR Glastuinbouw en BLGG gekeken naar 'Bodemresetten met Herbie' als alternatief voor stomen. Gebleken is dat een hoge bodemtemperatuur het proces stimuleert. Zonder anaerobe omstandigheden is er geen effect. Er is positief (dus bestrijdend) effect gevonden op: *Verticillium dahliae*, wortelknobbel aaltjes, *Sclerotinia sclerotiorum*, wortelduizendpoot, tripslarven, slakken en ook andere bodemorganismen zoals bodemmijten en springstaarten. Er kon geen effect van Bodemresetten aangetoond worden op verhoogde weerbaarheid tegen *Pythium*. Het proces kan worden gemonitord aan de hand van gasmetingen van O₂ en H₂S. In een uitgedroogde grond en een bodem die lang braak gelegen heeft verloopt het proces niet goed. De hoeveelheid broeikasgas die vrijkomt bij Bodemresetten wordt als verwaarloosbaar ingeschat in vergelijking met stomen. In een gangbare chrysantenteelt is Bodemresetten zonder extra kosten ten opzichte van stomen toe te passen als dit maximaal twee weken duurt en uitgevoerd wordt rond periode 5 zodat het opbrengstverlies valt in periode 7-8.

Abstract

This report covers a multi-year study funded by the Product Board horticulture and the Ministry of Economic Affairs. Within this project we evaluated soil reset with Herbie as an alternative to soil steaming. From the results of our experiments, it is evident that soil temperature influences the process, with increased soil temperature stimulating the process. Without anaerobic conditions there is no effect. In the experiments a positive effect of soil reset is found on: *Verticillium dahliae*, root knot nematodes, *Sclerotinia sclerotiorum* and higher organisms. (root centipede, thrips larvae, snails and other soil organisms such as soil mites and springtails) almost 100% mortality. However, inactivation of *Pythium* was insufficient. In addition, there was no clear effect of soil reset on suppressiveness to *Pythium* in cucumber. The process can be monitored by gas measurements of O₂ and H₂S. In dessicated soil and a soil that has been fallow for a prolonged period of time, the process was not performing well. The amount of greenhouse gas released by resetting soil is estimated to be negligible compared to steam sterilization. In a conventional chrysanthemum cultivation soil reset can be applied at no additional cost compared to steam sterilization if it takes two weeks and is carried around period 5 so the revenue loss is in period 7-8.

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 1214
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : daniel.ludeking@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	Beschrijving van de huidige situatie: stomen anno 2013	11
2.1	Inleiding	11
2.1.1	Historie van stomen	11
2.2	Stomen anno 2013	12
2.2.1	Stomen met zeilen	12
2.2.2	Stomen met onderdruk via stoomdrainage	13
2.2.3	Technische en praktische voorwaarden voor optimaal effect van stomen	13
2.2.4	Effectiviteit tegen bodemziekten en bodemplagen	14
2.2.5	Effect op bodemleven en herkolonisatie van ontsmette grond	15
2.2.6	Chemische verandering van de bodem en fytotoxiciteit	15
3	Inventarisatie van alternatieven voor stomen	17
3.1	Fysische alternatieven voor stomen	17
3.1.1	Grondverhittingsmethoden	17
3.1.1.1	Pasteurisatie van de grond met een stoom-lucht mengsel	17
3.1.1.2	Hete-luchtbehandeling (Cultivit, VDL)	17
3.1.1.3	Heet-waterbehandeling (cultuurkoken)	18
3.1.1.4	Grond afvlammen	19
3.1.2	Straling	19
3.2	Chemische alternatieven voor stomen	20
3.2.1	Methylbromide (verboden in Nederland)	21
3.2.2	Basamid (verboden voor glastuinbouw in Nederland)	21
3.2.3	Chloorpicrine (verboden in Nederland)	21
3.2.4	Dichloorpropeen (verboden in Nederland)	21
3.2.5	Monam, Tamifume, Nemasol (verboden voor glastuinbouw in Nederland)	22
3.2.6	Temik (verboden in Nederland)	22
3.2.7	Vydate (toegelaten voor glastuinbouw in Nederland)	22
3.2.8	Nemacur (verboden in Nederland)	22
3.2.9	Mocap (toegelaten voor glastuinbouw in Nederland)	22
3.2.10	Nemathorin (verboden voor glastuinbouw in Nederland)	23
3.3	Chemische alternatieven van natuurlijke oorsprong, fytochemicaliën of natuurlijke middelen	23
3.4	Biologische alternatieven voor grondontsmetting	24
3.4.1	Zwarte braak	24
3.4.2	Vruchtwisseling	24
3.4.3	Vang- en antagonistische gewassen	25
3.4.4	Onderstammen	26
3.4.5	Groenbemesting en organische stof	26
3.4.6	Solarisatie	26
3.4.7	Inundatie	27
3.4.8	Biofumigatie	28
3.4.9	Biologische grondontsmetting	29
3.4.9.1	Biologische grondontsmetting met gras	29
3.4.9.2	Biologische grondontsmetting met alternatieve producten voor gras (Herbie)	32

4	Economische analyse: Hoe is biologische grondontsmetting inpasbaar in een chrysantenteelt?	37
4.1	Vermeden stoomkosten	37
4.2	Kosten stoomdrainage voor stomen met onderdruk	37
4.3	Kosten van uitstel van de planting	37
4.4	Kosten van toediening	38
4.5	Effect van de behandeling	38
4.6	Huidige prijzen Thatchtec B.V.	39
4.7	Conclusie	39
5	Voor en nadelen van grondstomen ten opzichte van biologische grondontsmetting	41
5.1	Voor en nadelen van grondstomen	41
5.2	Voor en nadelen van biologische grondontsmetting	42
6	Experimenten 2011	43
6.1	Uitvoering van het experiment: Chrysant Made 2011	43
6.1.1	Doel	43
6.1.2	Materiaal en methoden	43
6.1.2.1	Proeflocatie	43
6.1.2.2	Herbie 7025	43
6.1.2.3	Uitvoering van het experiment	44
6.1.2.3.1	Stoomexperiment	44
6.1.2.3.2	Biologische grondontsmetting met Herbie 7025	45
6.1.2.4	Metingen tijdens Bodemresetten	45
6.1.2.4.1	Temperatuur	45
6.1.2.4.2	Gassen	46
6.1.2.5	Inoculum	46
6.1.2.6	Bemonstering	47
6.1.3	Resultaten	48
6.1.3.1	Metingen	48
6.1.3.1.1	Temperatuur	48
6.1.3.1.2	Gassen	49
6.1.3.1.3	Metingen met de handmeter GasAlert Max XT	49
6.1.3.1.4	Metingen in de glazen flessen met gevalideerde akoestische milieumeter INNOVA 1412	51
6.1.3.2	Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op <i>Meloidogyne</i> spp.	52
6.1.3.3	Effect van bodemresetten met Herbie 7025 op <i>Verticillium dahliae</i>	52
6.1.3.4	Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op Wortelduizendpoot (<i>Scutigera immaculata</i>)	53
6.1.3.5	Effect van bodemresetten met Herbie 7025 op andere bodemorganismen	54
6.1.3.6	Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op het popstadium van trips (<i>Franklinella occidentalis</i>)	55
6.1.3.7	Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op onkruiden	56
6.1.3.7.1	Vogelmuur (<i>Stellaria media</i>)	56
6.1.3.7.2	Wortelonkruiden <i>Aegopodium podagraria</i> (Zevenblad) en <i>Equisetum arvense</i> (Heermoes).	57
6.1.3.8	Bodemvoedselwebanalyses: effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op het bodemleven	58
6.1.3.9	Minerale samenstelling van de bodem	63
6.1.4	Discussie en aanbevelingen	64
6.1.4.1	Doding van plantenpathogenen	65
6.1.4.2	Ontwikkeling van een indicator	66

	6.1.4.3	Aanbevelingen	66
6.2		Uitvoering van het experiment: Frisée 's Gravenzande 2011	67
	6.2.1	Doel	67
	6.2.2	Materiaal en methoden	67
	6.2.2.1	Proeflocatie	67
	6.2.2.2	Herbie 7025	68
	6.2.2.3	Uitvoering van het experiment	68
	6.2.2.3.1	Stoomexperiment	69
	6.2.2.3.2	Bodemresetten met Herbie 7025	70
	6.2.2.4	Metingen tijdens Bodemresetten	70
	6.2.2.4.1	Temperatuur	70
	6.2.2.4.2	Kastemperatuur	70
	6.2.2.4.3	Gassen	70
	6.2.2.5	Inoculum	71
	6.2.2.6	Bemonstering	72
	6.2.3	Resultaten	72
	6.2.3.1	Metingen	72
	6.2.3.1.1	Temperatuur	72
	6.2.3.1.2	Gassen	74
	6.2.3.2	Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op <i>Verticillium dahliae</i>	74
	6.2.3.3	Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	75
	6.2.3.4	Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op <i>Pythium aphanidermatum</i>	76
	6.2.3.5	Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op slakken (<i>Zonitoides arboreus</i>)	77
	6.2.4	Discussie en aanbevelingen	77
	6.2.4.1	Discussie	77
	6.2.4.2	Aanbevelingen	78
7		Experimenten 2012	79
	7.1	Uitvoering van het experiment: Chrysant Made 2012	79
	7.1.1	Doel	79
	7.1.2	Materiaal en methoden	79
	7.1.2.1	Proeflocatie	79
	7.1.2.2	Herbie 7025	79
	7.1.2.3	Primer	79
	7.1.2.4	Uitvoering van het experiment	80
	7.1.2.4.1	Stoomexperiment	81
	7.1.2.4.2	Bodemresetten met Herbie 7025	82
	7.1.2.5	Metingen tijdens Bodemresetten	82
	7.1.2.5.1	Temperatuur	82
	7.1.2.5.2	Gassen	82
	7.1.2.6	Inoculum	82
	7.1.2.7	Bemonstering	83
	7.1.3	Resultaten	83
	7.1.3.1	Metingen	83
	7.1.3.1.1	Temperatuur	83
	7.1.3.1.2	Gassen	85
	7.1.3.2	Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op <i>Meloidogyne</i> spp.	87
	7.1.3.3	Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op totaaltelling aaltjes.	88
	7.1.3.4	Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op <i>Verticillium dahliae</i>	89
	7.1.4	Discussie en aanbevelingen	90

	7.1.4.1	Doding van plantenpathogenen	90
	7.1.4.2	Ontwikkeling van een indicator	91
	7.1.4.3	Aanbevelingen	91
7.2		Uitvoering van het experiment: Frisée 's Gravenzande 2012	91
	7.2.1	Doel	91
	7.2.2	Materiaal en methoden	92
	7.2.2.1	Proeflocatie	92
	7.2.2.2	Herbie 7025	92
	7.2.2.3	Primer	92
	7.2.2.4	Bokashi	93
	7.2.2.5	Uitvoering van het experiment	93
	7.2.2.5.1	Bodemresetten met Herbie 7025	94
	7.2.2.5.2	Bokashi-behandeling	95
	7.2.2.6	Metingen tijdens Bodemresetten	95
	7.2.2.6.1	Temperatuur	95
	7.2.2.6.2	Gassen	95
	7.2.2.7	Inoculum	95
	7.2.2.8	Bemonstering	96
	7.2.3	Resultaten	96
	7.2.3.1	Metingen	96
	7.2.3.1.1	Temperatuur	96
	7.2.3.1.2	Gassen	98
	7.2.3.2	Effect van bodemresetten met Herbie 7025 op <i>Pratylenchus penetrans</i>	99
	7.2.3.3	Effect van bodemresetten met Herbie 7025 op totaal aantal aaltjes	99
	7.2.3.4	Effect van bodemresetten met Herbie 7025 op <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	100
	7.2.3.5	Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op <i>Pythium aphanidermatum</i>	100
	7.2.4	Discussie en aanbevelingen	101
	7.2.4.1	Doding van plantenpathogenen	101
	7.2.4.2	Verschillen Bokashi en Herbie	102
	7.2.4.3	Aanbevelingen	102
8		Effecten op bodemweerbaarheid	103
	8.1	Biotoetsen voor bodemweerbaarheid	103
9		Duurzaamheid van BGO met Herbie ten opzichte van stomen	105
10		Conclusies en aanbevelingen	107
	10.1	Conclusies	107
	10.2	Aanbevelingen	108
		10.2.1 Aanbevelingen voor de praktijk	108
		10.2.2 Protocol	108
		10.2.3 Aanbevelingen voor vervolg	109
11		Literatuur	111

Samenvatting

Deze rapportage beslaat een meerjarig onderzoek gefinancierd door het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Economische zaken in het kader van het programma kas als energiebron. Binnen dit project is gekeken naar 'Bodemresetten met Herbie' als alternatief voor stomen. Bodemresetten maakt gebruik van de biologische processen in de bodem die optreden in aanwezigheid van makkelijk afbreekbare organische stof onder zuurstofloze of zuurstofarme omstandigheden. Deze biologische processen nemen meer tijd in beslag dan stomen en het effect laat hierdoor enkele weken op zich wachten. Ook blijkt Bodemresetten in de praktijk niet altijd onder alle omstandigheden even bedrijfszeker. Dit betekent dat er meer onderzoek nodig is naar het mechanisme en de factoren die van invloed zijn op het slagen van de ontsmetting. Deze kennis kan er dan toe leiden dat Bodemresetten sneller werkt en meer bedrijfszeker is. De methode zal vanzelfsprekend een betrouwbare, voorspelbare doding van plantenpathogenen te zien moeten geven om praktijktoepassing te rechtvaardigen; voor een rendabele toepassing zal Bodemresetten daarnaast aan snelheid moeten winnen. Minstens zo belangrijk zijn andere mogelijke positieve eigenschappen ten opzichte van conventioneel stomen, zoals een verhoogde bodemweerbaarheid na toepassing van de methode of een meeropbrengst als gevolg van minder uitval of door een sterker of zwaarder gewas.

Doel van dit onderzoek was relaties te leggen tussen metingen aan de bodem op zowel chemisch als biologisch vlak om deze te kunnen koppelen aan het effect van Bodemresetten. Mogelijk leiden de waarnemingen tot indicatoren die kunnen worden gebruikt om het proces van Bodemresetten te kunnen volgen en te controleren op effectiviteit.

Dit project is gestart met een uitgebreide literatuurstudie naar de alternatieven voor stomen. Er zijn vervolgens experimenten uitgevoerd met Bodemresetten als alternatief voor stomen. Er zijn in totaal vier experimenten uitgevoerd met Bodemresetten verspreid over 2011 en 2012 op twee locaties met als teelt sla en chrysant. In dit onderzoek is vastgesteld of er doding plaatsvindt van diverse bodemgebonden plantenpathogenen en welke effecten Bodemresetten heeft op het 'wenselijke' bodemleven en op de teelt. Dit is gedaan voor, tijdens en na het toepassen van Bodemresetten om de effecten van deze methode vast te stellen en de gevolgen te kunnen vaststellen op het 'wenselijke' bodemleven. Daarnaast is er gezocht naar mogelijkheden om indicatoren te identificeren die inzicht geven over het functioneren van Bodemresetten in praktijk. Ook ten aanzien van de chemie in de bodem is vastgesteld wat het effect is van Bodemresetten op de minerale samenstelling van de bodem.

Uit de resultaten van deze experimenten en voorgaande experimenten komt duidelijk naar voren dat temperatuur in de bodem het proces kan beïnvloeden. Een hoge, voor bodemmicrobiologische activiteit optimale bodemtemperatuur stimuleert het proces. Zonder anaerobe omstandigheden vallen alle benodigde processen stil en zijn er geen effecten op de overleving van bodempathogenen. Op basis van de uitgevoerde experimenten kunnen de volgende uitspraken gedaan worden over het effect van Bodemresetten:

- Effect tegen *Verticillium dahliae* na 15 dagen BGO beter dan stomen.
- Effect op aaltjes na 15 dagen BGO is vergelijkbaar met stomen.
- Effect waarneembaar tegen *Sclerotinia sclerotiorum*.
- Effect op *Pythium* in de proeven vaak onvoldoende.
- Effect tegen hogere organismen vrijwel 100% doding; wortelduizendpoot, tripslarven, slakken en ook andere bodemorganismen zoals bodemmijten en springstaarten.
- Er is geen duidelijk effect aangetoond op verhoogde weerbaarheid tegen *Pythium* in een toets met komkommer.

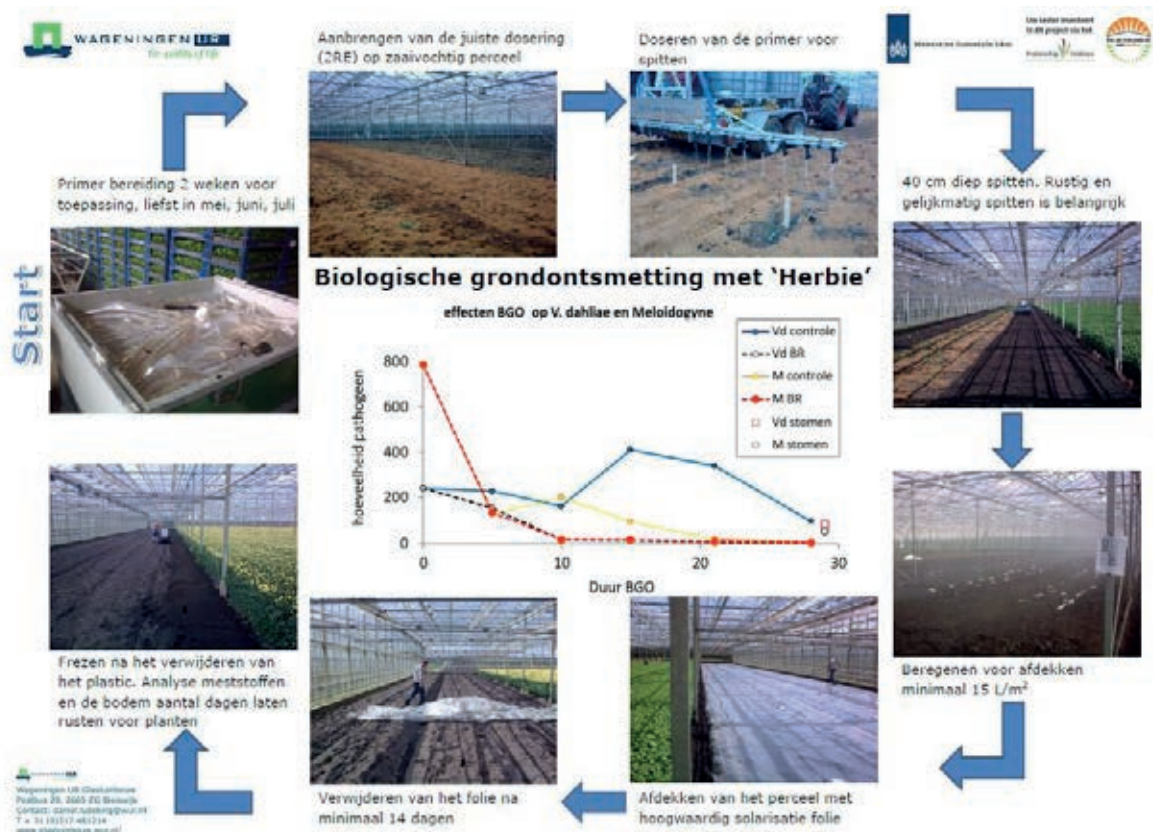
Hoe langer de incubatietijd van Bodemresetten, des te groter het effect op bodempathogenen en des te groter het effect ten opzichte van stomen. Het toevoegen aan de grond van gekweekte bodemeigen bacteriepopulatie ('primer') op Herbie kan het proces stimuleren, maar het effect was niet steeds duidelijk. Het proces kan worden gemonitord aan de hand van gasmetingen van O₂ en H₂S. Bodemresetten heeft een sterke invloed op de hoeveelheid voedingselementen in de bodem. Het gebruik van zwarte kuilfolie geeft minder verhoging van de bodemtemperatuur en lijkt meer zuurstof door te laten dan transparant solarisatiefolie. Een uitgedroogde grond en een bodem die lang braak gelegen heeft zijn moeilijk in een keer vochtig te krijgen en in een te droge grond verloopt het proces niet goed.

De hoeveelheid broeikasgas die vrijkomt bij Bodemresetten wordt als verwaarloosbaar ingeschat in vergelijking met stomen. Kostenberekeningen geven aan dat het mogelijk is om Bodemresetten toe te passen in een gangbare chrysantenteelt zonder extra kosten te moeten maken ten opzichte van het gebruikelijk stomen. Dit kan alleen als Bodemresetten maximaal twee weken duurt en uitgevoerd wordt rond periode 5 zodat het opbrengstverlies valt in periode 7-8. Er wordt dan alleen gekeken naar directe kosten en opbrengsten, zonder rekening te houden met een mogelijk duureffect van biologische grondontsmetting, verminderde uitval of hogere kwaliteit van het product.

Op basis van dit onderzoek worden de volgende aanbevelingen gedaan voor de praktijk:

- Maak gebruik van de zon door Bodemresetten toe te passen in het voorjaar of het begin van de zomer (mei-juni; periode met veel instraling).
- Het gebruik van een hoogwaardige, heldere solarisatiefolie is aan te bevelen andere folies.
- Pas Bodemresetten toe op zaaiklare grond; laat grond niet droog worden of braak liggen.
- Ga bij het aanleggen van Bodemresetten zeer zorgvuldig te werk met spitten, watergift en vooral het afdekken, want als zuurstofloosheid niet bereikt wordt is het resultaat niet voldoende. Volg hiervoor het protocol zoals beschreven in dit rapport.
- Voer minimaal zuurstofmetingen uit om het resultaat te monitoren.
- Neem na het Bodemresetten een grondmonster voor analyse op voedingselementen en pas de bemesting aan op de gevonden waarden.

Op basis van de ervaringen in dit project is het onderstaande protocol opgesteld. Dit moet gezien worden als de 'best practice' bij de huidige stand van kennis. De kennis en ervaring over Bodemresetten neemt nog snel toe en dit protocol zal dan ook in de loop van de tijd bijgesteld worden.



Omdat Bodemresetten niet altijd succesvol is gebleken, verdient het aanbeveling om het proces van biologische grondontsmetting verder te ontfafelen, randvoorwaarden vast te stellen en betere indicatoren ten behoeve van monitoring van het effect te ontwikkelen. Met het oog op kosten maar ook op emissie van meststoffen, is het van belang om te bepalen of doseringen verlaagd kunnen worden. Doorontwikkeling van een primer, inclusief bereiding en toepassing wordt aanbevolen. Ten slotte verdient integratie in de bedrijfsvoering aandacht, en zouden veronderstelde positieve effecten op de teelt in de zin van productie (minder uitval) en kwaliteit onderzocht moeten worden.

1 Inleiding

Deze rapportage maakt deel uit van een meerjarig onderzoek gefinancierd door het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Economische zaken. Onderzoek is gedaan naar de effecten van 'Bodemresetten met Herbie' op het bodemleven (kortweg hier genoemd Bodemresetten). Er is vast gesteld of er doding plaatsvindt van schadelijke bodemorganismen, welke effecten er zijn van het Bodemresetten op het 'wenselijke' bodemleven en op de teelt. Dit is gedaan voor, tijdens en na het toepassen van de methode om de effecten van de methode vast te stellen en de gevolgen van de methode te kunnen vaststellen op het 'wenselijke' bodemleven. Daarnaast is er gezocht naar mogelijkheden om indicatoren te identificeren die inzicht geven over het functioneren van Bodemresetten in praktijk. Ook ten aanzien van de chemie in de bodem is vastgesteld wat het effect is van Bodemresetten op de minerale samenstelling van de bodem.

Herbie is een restproduct uit de voedselverwerkende industrie. Deze reststroom kan mogelijk ingezet worden in het kader van Bodemresetten als een duurzaam alternatief voor grondstomen. Vanwege het hoge verbruik van fossiele brandstoffen bij stomen (en de hiermee gepaard gaande kosten) bestaat de behoefte aan een duurzamere vorm van ontsmetten van de bodem, zonder veel concessies te doen aan de huidige manier van telen. Een alternatief moet naast betrouwbaar ook kosteneffectief zijn, inpasbaar zijn in het huidige teeltsysteem en een verhoging geven van de productie (zoals bij grondstomen, waar de eerste teelt na grondstomen bij chrysant zwaardere takken worden geoogst) en/of andere meerwaarde geven.

Bodemresetten maakt gebruik van de biologische processen in de bodem die optreden onder zuurstofloze of zuurstofarme omstandigheden. De biologische processen nemen meer tijd in beslag dan stomen en het effect laat dus relatief lang op zich wachten. Ook blijkt Bodemresetten in de praktijk niet onder alle omstandigheden even bedrijfszeker. Dit betekent dat er meer onderzoek nodig is naar het mechanisme en de factoren die van invloed zijn op het slagen van de ontsmetting. Nieuwe kennis is nodig om deze methode een goed en volwaardig alternatief voor stomen te laten zijn. De methode zal vanzelfsprekend een betrouwbare, voorspelbare doding van bodemgebonden plantenpathogenen te zien moeten geven om praktijktoepassing te rechtvaardigen; voor een rendabele toepassing zal Bodemresetten daarnaast aan snelheid moeten winnen. Minstens zo belangrijk zijn andere mogelijke positieve eigenschappen ten opzichte van grondstomen, zoals een verhoogde bodemweerbaarheid na toepassing van de methode of een meeropbrengst als gevolg van minder uitval of door een sterker of zwaarder gewas.

Doel van dit onderzoek was om relaties te leggen tussen metingen aan de bodem op zowel chemisch als biologisch vlak om deze te kunnen koppelen aan het effect. Mogelijk leiden de waarnemingen tot indicatoren die kunnen worden gebruikt om het proces van Bodemresetten te kunnen volgen en te controleren op effectiviteit.

2 Beschrijving van de huidige situatie: stomen anno 2013

2.1 Inleiding

In de intensieve glastuinbouw wordt op relatief kleine arealen de grond zeer intensief beteeld. Er worden kwetsbare, veeleisende, maar hoogrenderende gewassen geteeld. De kassen en de bijbehorende infrastructuur vergen hoge investeringen, waardoor het bedrijfseconomisch noodzakelijk is om te specialiseren in een vaste teelt. Daarnaast is door marktwerking een voortdurende druk op de prijs aanwezig. Dit betekent dat telers zich geen misoogsten kunnen permitteren. De meeste teelten in kassen, die nog overwegend in de grond staan, zijn sierteeltgewassen zoals chrysant en lisianthus, groentegewassen zoals sla en radijs en tevens biologische teelten van tomaat, komkommer en paprika.

Doordat er vaak meerdere teelten per jaar van één gewas op hetzelfde perceel worden geteeld, krijgen populaties van plagen en bodemziekten eenvoudig de kans om zich snel te ontwikkelen. Als er vruchtwisseling plaatsvindt, is deze in de praktijk onvoldoende omdat de ziekten en plagen een brede waardplantenreeks hebben of de elkaar opvolgende gewassen (bv. tomaat en paprika) nauw aan elkaar zijn gerelateerd. Daardoor bestaat er voor de teelt een voortdurende dreiging op ontwikkeling van bodemziekten en plagen. Veel voorkomende bodemziekten die een reden kunnen zijn om te ontsmetten zijn bodemschimmels die hardnekkige overlevingsstructuren vormen, zoals de verwelkingsschimmels *Verticillium dahliae* en *Fusarium oxysporum* en de aaltjes (nematoden) wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) en worteltesieaaltjes (*Pratylenchus* spp.), alsmede insecten zoals wortelduizendpoot (*Scutigerella immaculata*).

Om uitval te voorkomen wordt in alle grondgebonden teelten onder glas intensief ontsmet met stoom. Het ontsmetten van de grond met behulp van stoom is een uiterst energie verslindende methode. Gebaseerd op het jaar 2009 (KWIN telling mei 2009, 2010) wordt er in Nederland 467 hectare grondgebonden groente in kassen geteeld, daarnaast is er nog eens 1486 hectare grondgebonden sierteelt (voornamelijk snijbloemen) in kassen. Uitgaande van een gemiddeld gebruik van 5 m³ aardgas per m² per jaar (waarde wordt gehanteerd voor saldoberekeningen in Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw gemiddeld verbruik en frequentie), wordt er voor het ontsmetten van de bodem met stoom naar schatting 97.650.000 m³ aardgas per jaar gebruikt. Per hectare wordt dus per jaar zo'n 50.000 m³ aardgas verstoekt om stoom te gebruiken als ontsmettingsmethode tegen persistente ziekten. Bij de teelt van bijvoorbeeld lisianthus wordt vijf maal per jaar gestoomd en bij chrysant ligt de frequentie op eenmaal per jaar. De nadelen van stomen zijn, naast de hoge kosten (en het hoge energieverbruik), dat de structuur van de bodem nadelig wordt beïnvloed en dat ziekten en plagen snel terugkeren doordat door stomen het meeste bodemleven gedood wordt, hetgeen leidt tot een verminderde bodemweerbaarheid. Deze feiten geven voldoende argumenten om te zoeken naar alternatieven voor stomen.

2.1.1 Historie van stomen

De oudste manier om gronddeeltjes te verhitten is om na de oogst alle overgebleven plantenresten te verbranden om zo de toplaag te ontsmetten. Het verbranden van stro en gewasstoppels heeft een bewezen effect op de reductie van aantallen blad- en stengelaaltjes. Wortelknobbelaaltjes worden met behulp van deze techniek niet verder dan tot een diepte van 9 cm bestreden (Maas, 1987). Al meer dan 100 jaar wordt stoom gebruikt om grond te ontsmetten. De eerste experimenten met stoomontsmetting op grote schaal stammen uit de jaren 60 van de vorige eeuw. Destijds werden geperforeerde pijpen op 25 cm ingegraven in de grond en gekoppeld aan een stoombron. Slechts kleine percelen van maximaal 100 m² konden op deze wijze worden behandeld. Na de behandeling moesten de stoompijpen weer worden opgegraven. De methode was effectief maar uitermate arbeidsintensief. Enige verbetering ten aanzien van arbeid kwam bij een volgend systeem waarbij pijpen met daarop om de 30 cm pennen van 30-35 cm waren gemaakt. De pennen werden in de grond getrapt (vandaar de naam traprekken). Om de 35 cm werd een dergelijke pijp gelegd, waarbij de pennen in de grond werden gestoken. Vervolgens werden de verschillende pijpen aan een stoombron gekoppeld. Ook deze methode was

nog steeds arbeidsintensief en de temperatuursverdeling was niet optimaal voor een voldoende resultaat. De daarop volgende ontwikkeling was de stoomploeg waarbij bij het ploegen stoom op een diepte van 40 cm werd ingebracht. De stoom warmde de bodem echter niet uniform op vanwege de variabele snelheid van de ploeg (Nederpel, 1979). Door te stomen met een stoomzeil (zeilenstomen) werd in vergelijking met de eerder genoemde methoden gemakkelijk een relatief groot oppervlak van gelijkmatige warmte voorzien. Op klei werkte de methode goed. De doorontwikkeling van stoomtechnieken werd met de opkomst van chemische grondontsmetting met methylbromide stilgelegd. Rond 1980 is het gebruik van methylbromide aan banden gelegd en is het gebruik van stoom als grondontsmettingsmiddel weer op gang gekomen. In de zelfde tijd kwam er een ontwikkeling op gang op het gebied van de teelt op steenwol. In 1981 is om het temperatuurbereik in diepere grondlagen te verhogen een permanent stoomsysteem ontwikkeld. De stoom werd door drainleidingen in de grond gebracht, waarna de stoom door de grond kon migreren naar het grondoppervlak. Dit gaf een duidelijke verbetering op andere grondsoorten dan klei. Het systeem werd gebruikt tot de ontwikkeling van het onderdruk stomen. Het stomen met onderdruk, dat een effect verbetering en een enorme energiebesparing bewerkstelligde, is nog steeds een volop gebruikte methode in grondgebonden teelten onder glas (Runia, 2000).

2.2 Stomen anno 2013

Er zijn twee vormen van stomen die worden toegepast in de grondgebonden glastuinbouw: stomen onder zeilen en stomen met onderdruk. Het stomen met onderdruk, via een stoomdrainagesysteem, heeft een enorme efficiëntie opgeleverd, maar dit is dan ook de laatste vernieuwing geweest van de methode. Het mechanisme achter deze wijze van ontsmetten is, dat stoom de grond penetreert als damp en dat door de condensatie van de damp op de gronddeeltjes, deze opwarmen (Baker, 1962). Hoe dieper stoom kan penetreren in de bodem hoe beter het effect en hoe langer de kans bestaat dat bodemziekten en plagen wegblijven. Ontsmetting van de bodem met stoom is effectief tegen vele schadelijke bodemorganismen. Een bodemtemperatuur van 70 °C is genoeg om de diverse stadia, incl. overlevingsstructuren, van schimmels en aaltjes te doden (Bollen, 1969; 1985). Virussen, voornamelijk die uit de TOBAMO-groep, zijn veel hardnekkiger en worden bij 70 °C niet gedood. Temperaturen tussen de 85 en 100 °C graden zijn nodig om deze virussen te doden (C.M.I./A.A.B. 1975; 1976) (Runia, 2000).

2.2.1 Stomen met zeilen

Bij zeilenstomen wordt gebruikt gemaakt van een polyvinylchloride (PVC) zeil met een minimale dikte van 0,25 mm. Met het zeil wordt de grond bedekt en het zeil wordt vastgelegd met zogenaamde stoomkettingen. Tegenwoordig worden ook dunnere (en dus lichtere) zeilen gebruikt (0,15 mm). De stoom wordt onder het zeil geblazen en penetreert de grond passief. De grondsoort (slempgevoeligheid) en de groundbewerking voor het toepassen van de methode zijn van cruciaal belang voor de doordringbaarheid van de grond en dus voor het ontsmettende resultaat. Kleigronden die diep zijn gespit kunnen goed worden ontsmet, maar andere grondsoorten zoals zand en zavel laten uitsluitend een ontsmettend effect zien in de toplaag. Op veenachtige gronden is de effectiviteit vanwege de grote vochthoudende capaciteit van het veen slecht.

Zeilenstomen kost relatief veel arbeid en is zwaar werk. Er is 8 uur is stomen nodig voor een effect op bodemziekten. Dit betekent een enorm verbruik van aardgas (ca 4 tot 7 m³ gas per m² grondoppervlakte per keer).

Het grote voordeel van zeilenstomen is de eenvoud van de methode en het lage niveau van investering. Voor de bestrijding van onkruiden is de methode effectief voor alle grondsoorten. Om een teeltlaag van 30 cm te ontsmetten is alleen klei als grondsoort geschikt (Runia, 2000).



Figuur 1: Onderdruk stomen (bron: www.vpl.nl)



Figuur 2: Hogedruk stoomketel (bron www.grondstomen.nl)

2.2.2 Stomen met onderdruk via stoomdrainage

Bij deze methode wordt voorafgaand aan het onder het zeil brengen van de stoom een vacuüm gecreëerd in de grond door ingegraven stoomdrainage-leidingen. De stoom wordt door de grond gezogen en heeft daardoor een groot doordringend vermogen. De flexibele stoomdrainage-leidingen van polypropeen kunnen, afhankelijk van de grondwaterstand en of ze tevens gebruikt worden voor afvoer van drainwater, op verschillende diepten worden ingegraven. Veelal wordt een diepte van 70-80 cm aangehouden. De drainleidingen liggen op ongeveer 2 meter van elkaar. Belangrijk voor het gewenste effect is dat de ventilator 2 uur voor het onder het zeil inbrengen van de stoom wordt aangezet en tot minimaal 2 uur na het stomen aan blijft. Deze maatregel zorgt voor een betere doordringbaarheid van de stoom in de grond en een beter effect op diepere grondlagen zonder extra gasverbruik. Onderdrukstomen heeft een bewezen beter effect op klei-, zand-, zavel- en veengronden. Voor alle grondtypen is een periode van 4 uur voldoende om minimaal 30 cm van de teeltlaag te ontsmetten. Dat betekent dat er met een veel lager gasverbruik, een veel beter effect kan worden behaald (4 m³ gas per m² grondoppervlakte). In vergelijking met zeilen- en drainstomen, is onderdrukstomen een enorme verbetering ten aanzien van effectiviteit, fossiele brandstof-besparing, tijd en kosten. Echter als er in de kas grondverwarming is geïnstalleerd, dan kan de grond onvoldoende worden bewerkt, waardoor de effectiviteit verminderd wordt en het ontsmettend effect in diepere grondlagen onvoldoende is. Snelle herintroductie van ziekten en plagen uit diepere grondlagen is dan een reëel risico.

2.2.3 Technische en praktische voorwaarden voor optimaal effect van stomen

De Nederlandse tuinder heeft vaak een verwarmingsketel om de kas te verwarmen met een dergelijke capaciteit dat er ook voldoende stoom mee geproduceerd kan worden om te gebruiken bij het ontsmetten van de grond. Daarnaast hebben veel telers die gedurende het hele jaar door delen van de kas stomen, zoals chrysantentelers, een speciale 'stoomketel'. Vaak maakt dit het gebruik van het systeem eenvoudiger (gemakkelijk te koppelen) en kan de geproduceerde CO₂ eenvoudig worden gekoppeld aan CO₂-leidingen en weer ten goede komen aan het gewas.

Stoomketels produceren stoom van 120-150 °C. De hoogte van de temperatuur van de stoom is belangrijk als de stoomketel ver van het te behandelen perceel is opgesteld. Afhankelijk van de lengte van de leidingen neemt de kwaliteit van de stoom af. De leidingen koelen de stoom en zorgen voor condensatie. Isolatie van de leidingen heeft een positief effect op de kwaliteit van de stoom en kan een deel van de condensatie voorkomen.

Er worden diverse ketels gebruikt, lage-drukketels, lage-drukketels met stoomverhitter en hoge-drukketels. Bij de productie van stoom onder hoge druk condenseert de stoom niet of nauwelijks tot aan het einde van de leiding en blijft de stoom op een hoge temperatuur van zo'n 150-160 °C en heeft de stoom een snelle doorstromingsnelheid. Lage druk ketels zijn goedkoper in aanschaf, maar doordat de stoom langzaam doorstroomt koelt deze sneller af en ontstaat er eerder kans op condensatie. De uitgaande stoomtemperatuur ligt op ongeveer 110 °C.

Voor zeilenstomen is 10 kg stoom per m² per uur benodigd, wat overeenkomt met 26000 kJ. Bij onderdrukstomen wordt gedurende de eerste periode een grotere hoeveelheid stoom gevraagd, ongeveer 17 kg stoom per m² per uur dat overeenkomt met 45000 kJ (Runia, 1983).

De zeilen moeten worden verankerd. Tegenwoordig worden daar stoomkettingen voor gebruikt (scheepskettingen); in het verleden werden zandzakken gebruikt of het stoomzeil werd aangeaard. Van aanaarden is inmiddels aangetoond dat het een bron kan zijn is voor herinfectie van de gestoomde grond (Nederpel, 1979).

Stoomzeilen worden in de praktijk ook nog bedekt met noppenfolie of een stoomdeken om het stoomzeil te isoleren om meer warmte vast te houden onder het zeil. Dit scheelt energie en zorgt voor significant hogere temperaturen dan bij stomen zonder stoomzeilisolatie (Runia, 1982).



Figuur 3: Toepassen van een stoomzeildeken (Bron: Vakblad voor de bloemisterij (15), 2008)

Een factor die ook veel invloed heeft op de effectiviteit van de methode is de grondbewerking. Diep spitten is nodig voor een optimale penetratie van de stoom in de grond en daarmee een goede verdeling van de hitte in zowel verticale en horizontale richting.

Ook de hoeveelheid bodemvocht is van cruciaal belang voor een goede opwarming van de grond in voornamelijk diepere grondlagen. Vocht maakt de grond minder luchtig en voorkomt diepe doordringbaarheid van de stoom in de bodem. Hoe droger de grond hoe meer condensatiewater het kan opnemen en des te beter het uiteindelijke resultaat. Daarnaast geldt hoe meer water in de grond aanwezig is des te langer er gestoomd moet worden. Toch is een minimale hoeveelheid water met opgelost zout nodig voor een goede geleiding van de stoom door de grond; in droge grond is de geleiding van de warmte door de grond nihil, er zijn dan hogere temperaturen benodigd voor het zelfde resultaat (Runia, 2000).

Tabel 1: Kenmerken van stoommethoden (Runia, 2000)

Methode	Effectiviteit	Gasverbruik m ³ gas/ m ² kasgrond	Praktijktoepassing	Mogelijke toepassing
Traprekken	++	2.5-3	Zelden	Alleen op kleine oppervlakken (100 m ²)
Zeilenstomen	+	7	Veel	Kleigronden
Drainstomen	++	6	Weinig	Zand, zavel
Onderdrukstomen	+++	4	Veel	Alle grondtypen

2.2.4 Effectiviteit tegen bodemziekten en bodemplagen

In 1962 heeft Baker onderzocht dat de meeste plant pathogene micro-organismen, virussen, insecten, nematoden en onkruiden in de grond worden gedood bij 60 °C voor 30 minuten (Baker, 1962). In latere studies werd vastgesteld

dat de benodigde temperatuur afhankelijk was van de betrokken soorten organismen en hun overlevingsstructuren. De aanbevolen bodemtemperatuur voor grondontsmetting kwam te liggen op 70 °C gedurende tenminste 30 minuten om plantenpathogene schimmels, bacteriën, plantenparasitaire nematoden en grondbewonende insecten, slakken en geleedpotigen (Bollen, 1969, 1985). Virussen uit de TOBAMO-groep (bijvoorbeeld TMV) hebben een hogere temperatuur nodig om te worden gedood. De temperatuur voor deze zeer persistente virussen ligt tussen de 85 en de 100 °C.

2.2.5 Effect op bodemleven en herkolonisatie van ontsmette grond

Veel onschadelijke organismen (saprophytische soorten) in de bodem worden gedood bij dezelfde temperaturen als de plantenpathogene en plantenparasitaire organismen. Vandaar dat er meestal wordt gesproken van een steriele bodem na stomen. Er zijn schimmels uit de groep van *Aspergillus* spp. en *Penicillium* spp. waarvan de sporen temperaturen van 80 °C kunnen overleven. Sommige van deze soorten hebben antagonistische eigenschappen, Daarnaast zijn er sporenvormende bacteriesoorten die hoge temperaturen kunnen overleven, zoals *Bacillus subtilis*, die antagonistische eigenschappen bezit. Sommige saprophyten treden opvallend op direct na stomen, zoals *Peziza ostracoderma*, ook wel de stoomschimmel genoemd. Snelle herkolonisatie door schimmels komt vaak tot stand door door de lucht verspreide sporen. Ook snel groeiende schimmels uit aangrenzende percelen en uit diepere grondlagen kunnen gestoomde grond snel koloniseren. Daarnaast treedt ook herkolonisatie van plantenpathogene schimmels en plagen uit diepere onbehandelde grondlagen behoort tot de mogelijkheden (Bollen, 1969).

Voor bacteriën geldt dat in sommige gevallen meer dan een jaar nodig is voor herstel van de microbiële gesteldheid (Sonneveld 1979). Vooral bacteriën die verantwoordelijk zijn voor de omzetting van ammoniak in nitraat en bacteriën die verantwoordelijk zijn voor de oxidatie van mangaan hebben een langere hersteltijd. Roux-Michollet *et al.* (2008) zien dat, ondanks dat de totale bacteriële biomassa na het stomen binnen 15 tot 62 dagen weer terugkeert (de zogenaamde draagkracht van een systeem, zie ook van der Wurff *et al.* 2006), met name nitrificerende bacteriën (verantwoordelijk voor de omzetting van ammonium naar nitraat) binnen 62 dagen nog niet teruggekeerd waren. Dit komt omdat deze groep in tegenstelling tot bijvoorbeeld denitrificeerders (omzetting van nitraat naar ammonium) slecht tegen hoge temperaturen kan. Ook de samenstelling van de microbiële bodemgemeenschap veranderde sterk. Ondanks dat de algehele bacteriële activiteit en denitrificatie snel weer toenamen, bleven de waarden lager dan in niet-gestoomde velden. De macro en mesofauna keert maar langzaam terug. Onbekend is welke invloed het stomen op langere termijn heeft op de nitraatcyclus en andere bodemfuncties in de bodem.

2.2.6 Chemische verandering van de bodem en fytotoxiciteit

Grondontsmetting door stoom stimuleert vaak de gewasgroei direct na ontsmetting. Dit komt niet alleen doordat alle schadelijke plantenpathogenen gedood zijn, maar ook doordat mineralen als gevolg van de verhitting van de bodem vrijgekomen zijn. Dit kan ook een negatief effect teweegbrengen. In het bijzonder het element mangaan kan als gevolg van het stoomproces direct opneembaar worden voor het gewas. De hoeveelheid beschikbaar mangaan kan toenemen met 20 tot wel 70%. Deze grote toename kan fytotoxiciteit veroorzaken. Vanzelfsprekend is dit effect afhankelijk van stoomtemperatuur en duur van het stomen. Doordat de oxidatie en vastlegging van mangaan een langzaam proces is, duurt het soms wel meer dan een jaar voordat de mangaancijfers weer op een acceptabel niveau zijn. Vooral sla en rozen zijn gevoelig voor mangaanovermaat (Sonneveld 1979).

3 Inventarisatie van alternatieven voor stomen

3.1 Fysische alternatieven voor stomen

3.1.1 Grondverhittingmethoden

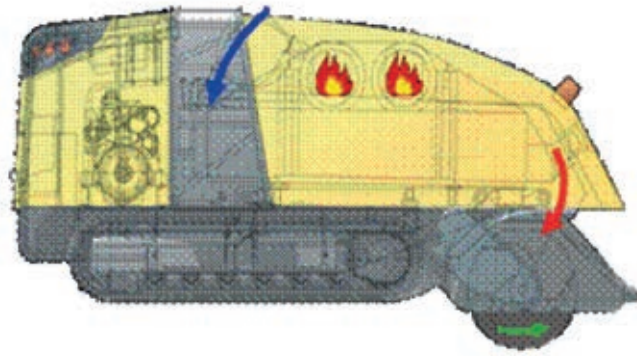
3.1.1.1 Pasteurisatie van de grond met een stoom-lucht mengsel

Bij deze techniek wordt de grond opgewarmd tot 65-75 °C met een mengsel van stoom en hete lucht. Voordelen zijn het verminderd vrijkomen van mangaan. Technisch zijn er geen bezwaren tegen pasteurisatie: de grond wordt goed ontsmet bij een uur pasteuriseren bij een temperatuur van 75 °C. Bij laboratoriumexperimenten met een voor kleine hoeveelheden kasgrond geconstrueerd pasteurisatieapparaat werd vochtige lucht van verschillende temperaturen door kleine hoeveelheden kasgrond geblazen. Daarna werd de grond geanalyseerd op de overlevende microflora. De schimmels bleken als groep verhitting minder goed te kunnen doorstaan dan de bacteriën en de actinomyceten (= een specifieke groep van bacteriën). Vooral oömyceten waren zeer gevoelig. Zeer tolerant waren enkele donkersporige, niet nader gedetermineerde schimmels en *Penicillium*- en *Aspergillus*soorten. De als antagonisten van pathogenen bekende *Trichoderma*-soorten bleken weinig tolerant. De afstervingstemperaturen van pathogene schimmels bleken lager te liggen dan die van veel saprofyten (Bollen, 1969). De verbruikskosten van elektriciteit en gas liggen hoger dan bij stomen, net als de hoeveelheid arbeid die benodigd is voor deze techniek. Nederpel (1979) concludeerde daarom dat deze methode geen alternatief is voor grondstomen.

3.1.1.2 Hete-luchtbehandeling (Cultivit, VDL)

Een ontwikkeling waarbij hete lucht wordt toegediend tijdens het spitten is in 2006 op de Nederlandse markt gekomen. Tijdens het spitten van de bouwvoor tot op een diepte van 35 cm wordt met dieselolie opgewarmde lucht met een temperatuur van circa 800 °C toegediend aan de grond. De techniek heeft zijn oorsprong in Israël. De grond wordt tijdens het spitten blootgesteld aan deze zeer hoge temperatuur. Gronddeeltjes worden daarbij slechts aan de buitenzijde behandeld gedurende een zeer korte tijd. De grond koelt daarna weer snel af. Grondbehandeling met hete lucht heeft onder Mediterrane klimaatsomstandigheden goede resultaten opgeleverd. In sommige gevallen is in plastic tunnels een opbrengstverhoging van 90% (Israël) tot 150% (Cyprus) waargenomen bij courgettes (Runia *et al.* 2006). Deze opbrengstverhoging is opmerkelijk te noemen vanwege het feit dat er geen uiterlijke verschillen zichtbaar waren aan het gewas en er geen afname is waargenomen in het aantal wortelknobbelaaltjes na de behandeling met hete lucht. Ook in Nederlandse experimenten nam het aantal *Meloidogyne fallax* aaltjes in een perceel niet af na behandeling met hete lucht. Waarschijnlijk zijn de opbrengstverhogingen het gevolg van andere dan de gemeten factoren.

Anno 2010 is dit gepatenteerde systeem, na het oplossen van technische problemen die gesignaleerd zijn in de afgelopen jaren, klaar voor gebruik. De eerste kennismaking met Cultivit in Nederland (prototype) was in 2005 en daarna zijn er diverse praktijktesten bij Nederlandse tuinders uitgevoerd. Door tegenvallende resultaten en technische problemen wordt deze techniek momenteel niet toegepast in de praktijk. Op de site van producent VDL wordt de machine nog wel aangeboden www.vdlocultivit.nl. Daarnaast er is onvoldoende wetenschappelijke basis van waaruit advies kan worden gegeven onder welke voorwaarden (grondsoorten, klimatologische omstandigheden) de techniek kan worden toegepast. Een groot voordeel van de techniek is de reductie van zo'n 80% van het energieverbruik ten opzichte van mobiel stomen (Runia *et al.* 2006). Nadelen zijn de hoge investeringskosten en het niet afdoden van schadelijke bodemorganismen.



<p>Figuur 4: Hete-luchtbehandeling (Cultivit) in praktijk</p>	<p>Figuur 5: Schematische tekening Cultivit (Bron: www.vdlcultivit.nl)</p>
---	--

3.1.1.3 Heet-waterbehandeling (cultuurkoken)

Heet-waterbehandeling wordt al lange tijd toegepast bij de vermeerdering van planten. De toepassing op grond wordt voornamelijk toegepast in Japan. Rond 1970 zijn in Japan verschillende ideeën ontwikkeld gebaseerd op het zelfde principe. Water van 70-95 °C wordt voor het planten op de grond gegoten om de bodemtemperatuur te laten stijgen tot lethale temperaturen voor onkruiden en bodemorganismen. In Japan wordt een mobiel systeem gebruikt (dragging system) waarbij per uur een perceel van 45 m² kan worden behandeld. Er wordt afhankelijk van de capaciteit van de benodigde boiler en de bijpassende sproeiers 100 tot 300 L water per m² verbruikt. Een ander Japans systeem maakt gebruik van hitteresistente geperforeerde slangen die op de grond worden uitgelegd met een tussenruimte van 20-60 cm. De slangen worden daarbij afgedekt door een plastic folie. Dodelijke temperaturen tegen schimmels, bacteriën en aaltjes kunnen tot een diepte van 30 cm worden bereikt met dit systeem. In Japan wordt de techniek gebruikt in biologische teelten. De hoge investeringskosten beperken een brede toepassing (Nishi *et al.* 2003). In Nederland is met heet-waterbehandeling geëxperimenteerd bij de teelt van Amaryllis. Amaryllis kan geteeld worden op substraatbedden gevuld met flugzand, kleikorrels en perliet. Het doorspoelen van de bedden met de grote hoeveelheden water leverde de nodige problemen op ten aanzien van de doorstroming, een ongelijke temperatuurverdeling in het bed en daarmee samenhangend wisselend effect op bodemorganismen. In dit experiment was alleen bij de behandeling van kleikorrels voldoende doorstroming te behalen voor een voldoende opwarming van het substraatbed. De bedden gevuld met flugzand of perliet konden niet worden behandeld omdat de doorstroom onvoldoende was. De conclusie voor de teelt van Amaryllis in substraatbakken is, afgezien van de praktische problemen, of bij deze methode, met voorraadvat en warmtewisselaar, de kosten van het materiaal en de arbeid opwegen tegen de energiewinst (Stapel *et al.* 2005). Als alternatief voor stomen lijkt deze methode niet bruikbaar.



Figuur 6: Proefperceel bij cultuurkoken van substraatbedden Amaryllis

3.1.1.4 Grond afvlammen

Met het afvlammen van de grond met een propaanbrander kunnen zeer hoge temperaturen worden bereikt van wel 1000 °C. Deze methode kan zeer effectief zijn tegen onkruiden (Ascard, 2007). Het effect van het afvlammen van de grond op andere bodemplagen en ziekten is minimaal doordat feit dat door de korte behandelingsduur slechts in de eerste millimeters van de grond kan doordringen en daar slechts enkele graden temperatuursverhoging te weeg brengt. Proeven met een hoge vlamintensiteit (temperatuur) en langere blootstelling van de grond aan de hitte leveren geen extra effect. Deze methode kan alleen al op basis van deze laatste constatering niet worden beschouwd als een alternatief voor stomen.

3.1.2 Straling

Andere fysische methoden zoals bestraling met gamma-, UV- of X-stralen, microgolven, ultrasoon of elektrocutie zijn in het verleden wel onderzocht maar hebben niet geleid tot praktijktoepassingen (Maas, 1987). Een mobiele Nederlandse grondontsmettingsmachine op basis van elektromagnetische golven, de Agritron, blijkt nog niet praktijkrijp, maar wordt nog doorontwikkeld (Vakblad voor de bloemisterij, 2009). In 2005 is een eerste prototype gepresenteerd en is aan het idee een innovatieprijs toegekend. Er wordt een energiebesparing van 75% geclaimd ten opzichte van stomen. Met behulp van magnetronstraling moet de Agritron in staat zijn om een 50-70 cm diepe grondlaag te ontsmetten (Groenten & Fruit, 2005). Tot nu zijn de resultaten wisselend en nog niet betrouwbaar genoeg om de vergelijking met stomen aan te gaan. Op de internetsite van de bouwer Koppert Machines B.V. (www.koppertmachines.nl) wordt de machine wel genoemd, maar wordt de machine niet aangeboden en is geen inhoudelijke informatie te vinden over de machine.

Met een Amerikaanse machine werden in het verleden onkruiden bestreden met microgolven bij 2450 MHz. Het resultaat was afhankelijk van de vochtigheid van de grond; droge onkruidzaden waren het minst gevoelig. Er was geen merkbaar effect op bacteriën en schimmels in de grond (Vela-Múzquiz, 1983).

Proeven in steenwol toonden aan dat de behandelingstijd positief gecorreleerd is met de temperatuur. Het dodingseffect tegen vrijlevende aaltjes was na zes minuten bestraling met 2450 MHz, 600 W effectief, 100% bij een temperatuur van > 44,5 °C. Veldtoepassing vereist voorzorgsmaatregelen betreffende gezondheidsaspecten en telecommunicatiesystemen (van Wambeke en anderen, 1983).

Een andere methode op basis van straling is de techniek van diëlektrische ontsmetting. Het effect tegen bodempathogenen en bodemplagen is gebaseerd op doding door verhitting, net als bij stomen het geval is. Dit in tegenstelling tot de uitvinders van de Agritron die ook een direct effect van de straling op de bodemorganismen claimen. Bij diëlektrisch verwarmen wordt elektrische energie via een hoogfrequent elektrisch veld aan het materiaal toegevoegd en daar omgezet in warmte. Het materiaal moet echter wel over de juiste eigenschappen beschikken, zoals een relatief lage elektrische geleidbaarheid en een hoge diëlektrische verliesfactor. Substraten zoals steenwol en potgrond hebben de juiste eigenschappen om diëlektrisch opgewarmd kunnen worden. Bij diëlektrisch verwarmen vindt de warmteontwikkeling, in tegenstelling tot stomen, in het substraat plaats. De warmteweerstand van het medium, in dit geval substraat, speelt dan geen rol van betekenis. Diëlektrische verwarmingstechniek is opgedeeld in twee delen, namelijk radiofrequentie (met een frequentie tot en met 300 MHz) en microgolf (vanaf 300 MHz). Voor het diëlektrisch ontsmetten van potgrond is inmiddels een prototype gebouwd (Rasing & Jansen, 2007). Het Productschap Tuinbouw heeft een project gefinancierd waarin de mogelijkheden worden onderzocht van een installatie voor de ontsmetting van kasgrond. Binnen dit project worden zowel de technische als economische aspecten worden onderzocht. De resultaten van deze studie moeten leiden tot een ontwerp van de installatie voor kasgrondontsmetting. Ondanks dat het project 1 januari 2006 is gestart loopt het project nog en is nog geen rapportage over de technische en economische haalbaarheid gerapporteerd.



Figuur 7: Agritron prototype in werking (2009) (Bron: www.vakbladvoordebloemisterij.nl)

3.2 Chemische alternatieven voor stomen

Eind jaren zeventig in de vorige eeuw werd algemeen geaccepteerd dat chemische grondontsmetting een noodzakelijke cultuurmaatregel was, die regelmatig herhaald moest worden om van bodemproblemen met ziekten en plagen af te komen. In Nederland zijn momenteel nog slechts enkele middelen toegelaten voor toepassing in de glastuinbouw. De laatst toegelaten middelen zijn Mocap (ethoprosfos) en Vydate (oxamyl). Ondanks de toelating van deze twee middelen is gezien de publieke opinie en het huidige overheidsbeleid van middelenreductie de toepassing van chemische grondontsmetting geen duurzame oplossing voor de grondgebonden problemen van de tuinbouw. Kijkend naar de toekomst is chemische grondontsmetting dus zeker geen alternatief voor stomen. Voor de volledigheid en in historisch perspectief worden de middelen toch even kort geïntroduceerd.

De meeste grondsmettingsmiddelen behoren tot de fumigantia. Omdat fumigantia hun werking hebben in de gasfase wordt de werking bepaald door de klimatologische omstandigheden (temperatuur, vocht), grondsoort, dosis en de toestand van de grond. Toediening vindt meestal plaats met behulp van injectoren. De middelen moeten minimaal 15 cm in de grond worden geïnjecteerd. Als de middelen onvoldoende diep worden geïnjecteerd zullen gassen ontsnappen uit de grond voor ze het gewenste ontsmettende effect hebben gehad op bodemorganismen. Op de lichtere gronden is de werking beter dan op de zwaardere gronden. In grondsoorten met veel humus of op veenrijke gronden kunnen de middelen worden geabsorbeerd door de organische stof in de grond. Onverteerde plantenresten hebben een negatief effect op de grondontsmetting. Het is dus van groot belang dat het doormengen van compost of ander organisch materiaal niet voor het grondontsmetten wordt uitgevoerd. Ook de structuur van de bodem is belangrijk: hoe fijner de grond is, hoe beter het de gassen vasthoudt. In te natte gronden zijn de poriën met water gevuld en kan het gas zich niet snel of homogeen genoeg verspreiden. Om het gas zo lang mogelijk in de grond te houden, wordt de grond aangeregen en/of afgedekt met een plastic folie. Na de behandeling moet de grond worden gespit om het overtollig gas te laten ontsnappen om geen fytotoxische effecten op het gewas te krijgen.



Figuur 8: Injectie van chloorpicrine in een kasgrond (bron: www.dcg.be)

3.2.1 Methylbromide (verboden in Nederland)

Methylbromide is al sinds 1992 volledig verboden in Nederland. Het middel heeft een zeer brede werking tegen allerlei bodemplagen en bodemziekten, maar is zeer schadelijk voor mens, dier en milieu. Methylbromide of broommethaan (CH₃Br) gedraagt zich onder normale omstandigheden als een kleurloos gas. Het gas heeft een zwakke, zoetige, chloroformachtige geur, in zeer lage concentraties is het echter geurloos voor de mens. Methylbromide wordt in cilinders en busjes onder druk opgeslagen. Als methylbromide verdicht wordt tot een vloeistof wordt een heldere en kleurloze vloeistof verkregen. Methylbromide is zwaarder dan lucht. Het middel werd in de tuinbouw veel gebruikt als grondontsmettingsmiddel, maar ook om ratten, insecten en schimmels in bijvoorbeeld zeecontainers te verdelgen. Een belangrijk neveneffect van methylbromide was de toegenomen gewasopbrengst, ook in afwezigheid van plantenpathogenen; het effect werd toegeschreven aan plantenpathogenen die in lage dichtheden aanwezig waren. Daarom werd methylbromide ook vaak preventief gebruikt. Methylbromide tast de ozonlaag aan. Vanwege de mondiale belangen zijn in 1997 in Montréal de eerste praktische afspraken gemaakt voor een uitbanning van methylbromide. De productie en consumptie moesten, ten opzichte van het referentiejaar 1991, gereduceerd worden met 100% in 2005 (Montréal Protocol, 2000).

3.2.2 Basamid (verboden voor glastuinbouw in Nederland)

Basamid met als werkzame stof dazomet is een granulaat dat in de grond wordt omgezet in een giftig gas. Het gevormde gas bestaat voornamelijk uit het actieve bestanddeel methylisothiocyanaat (MITC). Andere degradatieproducten van dazomet zijn formaldehyde, monomethylamine, waterstofsulfide en koolstofdioxide (in zure bodems). Voor een goede werking dient een behandeld perceel te worden afgedekt. Het middel heeft een goed effect tegen aaltjes, bodeminsecten, bodemschimmels en onkruiden (Mappes, 1995). Eind 2010 werd het middel in Nederland geheel verboden, het is al langere tijd niet meer beschikbaar voor teelten onder glas. Het is tot het einde van 2012 nog toegelaten in open teelten zoals prei en aardbeien. (Gewasbeschermingsmiddelen databank, www.ctgb.nl). Het middel wordt in een granulaat geleverd en wordt omgezet tot het actieve ingrediënt, dazomet, door de reactie met het vocht in de bodem. Het gas verdeelt zich in de bodem en doodt alle organismen die in aanraking komen met het gas, echter het indringend vermogen van het gas is gering. De werking is daardoor in vergelijking met methylbromide gering (Fritsch & Huber, 1995).

3.2.3 Chloorpicrine (verboden in Nederland)

Chloorpicrine heeft een goede werking tegen schimmels. Het middel is onvoldoende werkzaam tegen aaltjes vooral wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.; Denys, 2005). De bestrijding van onkruiden is een neveneffect. Chloorpicrine kan voor een goede ontsmetting tot 40 cm diepte zorgen (VandeVelde, 2005). Chloorpicrine of trichloornitromethaan is een kleurloze, enigszins olieachtige vloeistof met een scherpe geur. De damp is 5,7 keer zwaarder dan lucht. Het is een giftige stof en een gevaarlijke concentratie kan zeer snel bereikt worden bij verdamping van de stof bij 20 °C. Chloorpicrine werd in de Eerste Wereldoorlog door zowel Britten, Duitsers als Fransen ingezet als gifgas. Het wordt dan ook als een chemisch wapen beschouwd en de invoer en uitvoer ervan is aan beperkingen onderhevig. (Ministerie van Defensie, mpbundels.mindf.nl). Chloorpicrine wordt vanwege de scherpe geur in lage concentratie toegevoegd aan geurloze bestrijdingsmiddelen (www.gezondtransport.nl)

3.2.4 Dichloorpropeen (verboden in Nederland)

1,3-Dichloorpropeen (mengsel van de twee isomeren) wordt hoofdzakelijk gebruikt in de land- en tuinbouw om de bodem te ontsmetten. De actieve stof is bekend onder de productnamen DD of Telone. In Nederland is het product sinds 2003 niet meer in gebruik. In tegenstelling tot methylbromide breekt 1,3-dichloorpropeen de ozonlaag niet af. Het middel heeft vooral een nematocidewerking die vergelijkbaar is met methylbromide, het werkt beperkt tegen insecten, tegen schimmels en virussen. Onkruiddoding is een neveneffect. (VandeVelde, 2005)

3.2.5 Monam, Tamifume, Nemasol (verboden voor glastuinbouw in Nederland)

Monam is een vloeibaar product en daarom spreekt men bij gebruik van Monam over een natte grondontsmetting. Het bevat als werkzame stof metam-natrium (=natriummethyldithiocarbamaat). In Nederland is Monam toegelaten in buitenteelten, waar het met een interval van 5 jaar mag worden toegepast. Onder glas is het middel niet toegelaten. Monam wordt in de grond geïnjecteerd, waarna het zich vrij snel via de poriën in de grond verdeelt. Dit is vooral het geval als het warm en droog is. In de grond vindt de omzetting plaats naar de eigenlijke werkzame stof methylisothiocyanaat (MITC). De effectiviteit is afhankelijk van de concentratie van MITC in de grond en de tijd dat de blootstellingsduur. Na toepassing van Monam wordt de grond met een zware rol afgedicht om ontsnappen van het gas uit de bodem te voorkomen.

Tamifume (verboden in Nederland) is net als Monam een vloeibaar product met de werkzame stof metam-kalium. Het middel is in Nederland niet toegelaten maar wordt in België wel toegepast. De omzettingsproducten zijn aan die van Basamid, Monam en Nemasol: MITC, formaldehyde, monomethylamine, waterstofsulfide en koolstofdissulfide (deze laatste alleen in zure bodems). Voor een goede werking dient een behandeld perceel te worden afgedekt of te worden aangeregen. (De Ceuster, www.dcg.be; www.ctgb.nl).

3.2.6 Temik (verboden in Nederland)

Temik heeft als werkzame stof aldicarp. Het middel is sinds 2007 niet meer toegelaten. Temik werd toegepast in granulaatvorm en daarna ondergewerkt. Het middel heeft een goede werking tegen aaltjes (www.ctgb.nl).

3.2.7 Vydate (toegelaten voor glastuinbouw in Nederland)

Vydate met werkzame stof oxamyl is een toegelaten middel voor de bestrijding van aaltjes in grondgebonden bloemisterijgewassen onder glas. Het middel dient voor het uitplanten gelijkmatig volvelds uitgestrooid te worden en dient direct daarna ingewerkt te worden tot een diepte van 15 cm (www.ctgb.nl).

3.2.8 Namacur (verboden in Nederland)

Namacur heeft als werkzame stof fenamifos. Het middel is sinds 2009 niet meer toegelaten. Namacur werd toegepast als granulaat en ondergewerkt. Het middel heeft een goede werking tegen aaltjes (www.ctgb.nl).

3.2.9 Mocap (toegelaten voor glastuinbouw in Nederland)

Mocap is een middel in granulaatvorm ter bestrijding van aaltjes en bodeminsecten in diverse teelten. De werkzame stof is ethoprofos. Voor het verkrijgen van goede effectiviteit moet het middel gelijkmatig worden gestrooid en worden ingewerkt. Het middel mag worden ingezet in de bedekte grondgebonden teelt van snijbloemen ter bestrijding van wortelduizendpoten. Het middel dient alleen kort voor het planten gelijkmatig volvelds te worden gestrooid en ingewerkt op minimaal 15 cm. Het gebruik van het middel is uitsluitend toegestaan als insectenbestrijdingsmiddel toegepast als grondbehandeling in de bedekte grondgebonden teelt van snijbloemen op klei-, veen- en zavelgronden vanaf 1 januari 2011 tot 30 september 2011. Het middel mag maximaal één keer worden toegepast per teelt of teeltseizoen. (www.ctgb.nl)

3.2.10 Nemathorin (verboden voor glastuinbouw in Nederland)

Nemathorin is een contactmiddel in granulaatvorm dat een aaltjesdodende (nematicide) en aaltjes verlamrende (nematostatische) werking bezit. Hierdoor worden de aaltjes gedood, dan wel wordt de bewegingsvrijheid dusdanig beperkt dat de aaltjes de wortels niet kunnen binnendringen. Het middel is alleen toegelaten in onbedekte teelt van lelie en pootaardappel (www.ctgb.nl).

3.3 Chemische alternatieven van natuurlijke oorsprong, fytochemicaliën of natuurlijke middelen

Gewasbeschermingsmiddelen van natuurlijke oorsprong (GNO's) zijn gewasbeschermingsmiddelen waarbij de werkzame stof van natuurlijke oorsprong is. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen de volgende categorieën:

1. Micro-organismen en virussen;
2. Feromonen;
3. Fytochemicaliën; plantaardige extracten;
4. Dierlijke extracten;
5. Overige werkzame stoffen (bijvoorbeeld mineralen, natuurlijke gassen).

Gewasbeschermingsmiddelen van natuurlijke oorsprong kunnen ondanks de natuurlijke oorsprong van de werkzame stoffen zijn zeer giftig zijn. Het feit dat een werkzame stof van natuurlijke oorsprong is, betekent niet dat een daarop gebaseerd middel daarom bruikbaar is in bijvoorbeeld de landbouw/glastuinbouw, incl. de biologische land- en glastuinbouw. Een goed voorbeeld daarvan is het middel nicotine dat van nature voorkomt in tabak. Nicotine is al sinds jaar en dag verboden om toe te passen tegen insecten in de glastuinbouw.

Hieronder worden enkele voorbeelden van middelen genoemd die van natuurlijke oorsprong zijn en de processen in de bodem stimuleren, een dodend of een antagonistisch effect hebben:

- Allicine, knoflookextract (Garlex, VEHA agro B.V.)
- Chitine (Gembri, Ecoline biotechnologie B.V.), afkomstig van garnalen- of krabafval. Effecten tegen aaltjes blijken vrijwel gelijkwaardig aan biologische en chemische grondontsmetting (Runia *et al.* 2006). De praktijk claimt ook werking tegen wortelduizendpoot (Neefjes *et al.* 2008).
- Caliënte, een product op basis van mosterdzaad (biofumigatie), Caliënte extract (Plant Health Care B.V.)
- Antagonistische organismen: schimmels zoals *Trichoderma harzianum* (Triatum, Koppert, toegelaten in Nederland), *Arthobotrys oligospora*, *Paecilomyces lilacinus* stam 251 (Bioact, Prophyta, niet toegelaten in Nederland) of bacteriën zoals *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* of *Pseudomonas* sp. stam DSMZ 13134 (Proradix agro, Koppert, toegelaten in aardappelteelt in Nederland)
- Compostthee, compost, stalmeest

De genoemde stoffen of organismen hebben geen van alle een directe curatieve werking op de plant. De stoffen stimuleren het bodemleven of voorkomen de opbouw van een pathogene populatie en dienen preventief te worden toegepast. Er kan van veel van deze producten wel een effect verwacht worden, echter deze effecten zijn vaak zeer speciek op één organisme of groep van organismen gericht. De werking is vaak sterk afhankelijk van biologische en fysische omstandigheden in de grond en van het klimaat.

Antagonisten hebben vaak een duidelijk predator-prooi/ parasiet/gastheer-relatie. Ecologisch gezien is het onwaarschijnlijk dat een predator of een parasiet de prooi/ gastheer-populatie helemaal uitroeit, omdat bij afnemende populatie pathogenen de kans steeds kleiner wordt dat de antagonist dit pathogeen tegenkomt. Bovendien is een soort als *Trichoderma* is ook een saprofiet die van meer voedsel kan leven. Vaak is ook nog onvoldoende bekend over de levenswijze van antagonisten wat de toepassing bemoeilijkt. Verder kan de toelating van antagonisten te kostbaar zijn voor een beperkte toepassing.

Het aan de grond toedienen en inwerken van organische meststoffen zoals compost, dierlijke meststoffen en compostthee kan om verschillende redenen een positief effect hebben op de ziekteverendheid van de bodem en daarmee op de gewasproductie. Doormenging kan leiden tot een verbetering van de bodemstructuur, verbetering van de voedingssituatie, stimulering van de algemene biologische activiteit van de bodem (Widmer *et al.* 2002), stimulering van antagonisten (Alam en Jairpuri, 1990), accumulatie van toxische afbraakproducten (Raviv *et al.* 2005) en geïnduceerde resistentie in de waardplant (Akhtar & Malik, 2000). Onderzoek in het verleden met diverse compost- en mestsoorten hebben geen verbetering van de ziekteverendheid ten aanzien van wortelknobbelaaltjes te zien gegeven (Amsing en Postma, 2004; Janmaat *et al.* 2004). Onderzoekers van PPO-BBF in Lisse signaleren echter wel een sterke onderdrukking van wortelknobbelaaltjes met een toename van het organische-stofgehalte (Van Os, 2008). Hierbij geldt als uitgangspunt dat een hoger organische-stofgehalte het bodemleven stimuleert, zowel qua kwantiteit als diversiteit. Dit geldt is het sterkst voor gronden met een laag organische-stofgehalte. Ondanks de biomassa aan bacteriën belangrijk is, is met name de identiteit van de soorten bepalend bij weerbaarheid tegen schimmels (De Boer *et al.* 2003).

Momenteel wordt er veel in de praktijk gesproken over en geëxperimenteerd met compostthee. Er worden eigenschappen aan het extract toegedicht die de verspreiding en vermeerdering van *Agrobacterium rhizogenes* (overmatige wortelgroei) bij de teelt van tomaat, aubergine en komkommer op substraat kunnen beperken. Onderzoek zal moeten uitwijzen of er een ziekteverend effect uitgaat van deze extracten op overmatige wortelgroei of op andere bodemziekten en bodemplagen. André van der Wurff, onderzoeker bij Wageningen UR Glastuinbouw (pers. med.), onderzoekt op dit moment de mogelijkheden van een weerbaar substraat voor de glastuinbouw. Ook de mogelijkheden van compostthee en andere extracten waaraan ziekteverende eigenschappen worden toegedicht zijn in onderzoek.

Chemische alternatieven van natuurlijke oorsprong, fytochemicaliën of natuurlijke middelen kunnen worden gezien als beheersmaatregelen, die over het algemeen preventief worden ingezet. De verschillende middelen zijn daarom geen geschikt alternatief voor stomen.

3.4 Biologische alternatieven voor grondontsmetting

3.4.1 Zwarte braak

Zwarte braak is geschikt als bestrijdingsmethode van een aantal soorten nematoden en onkruiden. In sommige gevallen is het van belang dat zeer regelmatig een grondbewerking moet worden uitgevoerd. De grondbewerkingen op onbeteeld land kunnen echter leiden tot verslechtering van structuur en beïnvloeden het bodemleven negatief.

Voor gangbare en kapitaal-intensieve glastuinbouwteelten is zwarte braak geen reële optie als alternatief voor grondstomen. Zwarte braak heeft pas effect als gedurende een aantal maanden de grond zwart wordt gehouden en bovendien bij voorkeur in de zomerperiode bij voldoende hoge temperaturen. Daarom is deze methode niet geschikt voor grondgebonden kasteelten. Voor buitenbloemen liggen hier misschien mogelijkheden mits de betrouwbaarheid eerst wordt onderzocht.

3.4.2 Vruchtwisseling

Sommige telers passen steeds meer teelt- en vruchtwisseling toe. In de glastuinbouw zijn de infrastructuur en de teeltsystemen zodanig aangepast op een vaste teelt dat het niet rendabel is om aan vruchtwisseling te doen. Zelfs in de biologische glastuinbouw zijn de vruchtwisselingschema's te nauw om rendement te halen uit de methode. Vaak wordt paprika afgewisseld met tomaat (beide Solanaceae) en een enkele keer met komkommer. Ondanks deze vruchtwisseling wordt vaak opbouw van de verwelkingsschimmel *Verticillium dahliae* en van diverse aaltjespopulaties (zoals wortelknobbelaaltjes, *Meloidogyne* spp.) waargenomen. De methode wordt dan ook voor deze teelten niet gezien als een alternatief voor stomen. Voor meer extensieve teelten zoals de teelt zomerbloemen kan vruchtwisseling een oplossing zijn voor bodemgebonden ziekten en plagen.

3.4.3 Vang- en antagonistische gewassen

Al in 1957 (Oostenbrink, 1957) is er melding gemaakt van het bestrijdend effect van *Tagetes* (Afrikaantje) op voornamelijk *Pratylenchus penetrans*. In de endodermis van *Tagetes* komt de stof γ -terthienyl voor, die kan worden omgezet in een voor aaltjes dodelijke stof (Bakker, 1979). Alleen aaltjes die doordringen tot de endodermis zetten dit omzettingsproces in gang. De teelt van *Tagetes* is daarom niet effectief tegen alle aaltjes. De meeste wortelknobbelaaltjes (Meloidogyne) worden door bepaalde afrikaantjesrassen ook gedood, maar alleen als de bodemtemperatuur tussen 15 en 30 °C ligt (Ploeg & Maris, 1999). Niet alle *Tagetes*-soorten hebben een even effectieve dodelijke werking tegen *Pratylenchus penetrans*. *Tagetes minuta* en *Tagetes erecta* werken minder effectief tegen *Pratylenchus penetrans* dan *Tagetes patula*. (Molendijk, 1996). Het negatieve effect van de teelt van *Tagetes* op het populatieniveau van *Pratylenchus penetrans* heeft een langduriger werking dan die van een chemische grondontsmetting (Evenhuis, 2004).

In de biologische teelt wordt geëxperimenteerd met intercropping systemen, zoals het Baijens- en het Köversysteem. Het Baijenssysteem is door biologische teler Mar Baijens (Velden) ontwikkeld. Hierbij wordt in de kas het ene bed beplant met komkommer en het andere met *Tagetes patula*. Het beplante bed wordt met halve plantafstand beplant waardoor een hoge plantdichtheid ontstaat. Om geen productie te verliezen worden de planten aan lange draden over de bedden met *Tagetes* geleid (ook wel haagdakjessysteem of pergolasysteem genoemd). Hierdoor wordt gecompenseerd voor de verloren ruimte. Het systeem is toepasbaar voor komkommer in de vollegrond en biedt vooral in de zomermaanden perspectief op langdurige grondontsmetting zonder extra productieverlies (Van der Wurff *et al.* 2010).



Figuur 9: Komkommerteelt volgens het Baijenssysteem (Bron: Biokennis)

Het Köversysteem is samen met diverse biologische glastuinbouwers ontwikkeld (Blom *et al.* 2007). Bij dit systeem wordt het teeltbed in twee fysiek gescheiden delen verdeeld. De scheiding bestaat uit een diep in gegraven dikke plastic folie (wand). Het ene deel van het plantbed wordt beplant met de dubbele plantdichtheid en het andere deel wordt niet beplant (braak), of beplant met een antagonistisch of vanggewas (*Tagetes patula* cv. Single gold (Ground control), *Capisicum annum* cv. Snooker). Door het tussenschot van folie kunnen aaltjes niet migreren naar de rij tagetesplanten. Bij de volgende teelt wisselen de cultuurplanten en de vang- of antagonistische gewassen van plaats. In de praktijk leveren de methodes nog wel knelpunten op. naast de grote hoeveelheid arbeid die beide systemen vergen, wordt het klimaat verstoord (vochtiger), is het gewas moeilijker te sturen (bemesting) en zijn vruchten moeilijker te oogsten. Daarnaast zijn de methodes vooral beheersend voor de wat betreft de aaltjesproblematiek. (Van der Wurff *et al.* 2010, Cuijpers *et al.* 2010).



Figuur 10. en 11: Köversysteem; gewasresten van *Capsicum annuum* cv. Snooker worden onder gespuit. De plastic afscheiding is duidelijk zichtbaar. (Van der Wurff en Cuijpers 2009)

De beschreven methoden kunnen een goed alternatief of een aanvulling zijn voor stomen in minder intensieve teelten, zoals in de biologische glastuinbouw. De systemen houden een lage infectiedruk op een blijvend laag niveau. De noodzaak voor rigoreus dodende systemen, zoals stomen, blijft bestaan.

3.4.4 Onderstammen

In de biologische teelt van zowel komkommer, paprika en tomaat kent men vooral problemen met wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.). Om uitval te beperken kan onder andere gebruik worden gemaakt van onderstammen die immuun of tolerant zijn voor deze aaltjes. In het zoeken naar resistente onderstammen tegen *Meloidogyne* spp. wordt onderscheid gemaakt tussen tolerantie en resistentie. Resistentie is het vermogen van de waardplant om de groei en activiteit van plantenparasitaire aaltjes te bemoeilijken of tegen te gaan. Tolerantie is het vermogen van de waardplant om een goede groei en productie te vertonen ondanks aaltjesaantasting van de wortels. Tolerante onderstammen reduceren dus de schade aan de plant, maar niet de oorzaak van de schade. Als tolerantie van een onderstam niet gepaard gaat met een zekere mate van resistentie, zorgt de onderstam ondertussen wel voor sterke vermeerdering van wortelknobbelaaltjes in de bodem (Hazendonk & Amsing 2002, Janse *et al.* 2007a,b). Na verloop van tijd leidt dit, ook al staat de onderstam bekend als tolerant, tot grote schade aan wortels en dus tot productieverlies en zelfs uitval.

3.4.5 Groenbemesting en organische stof

In open teelten worden vaker groenbemesters geteeld als middel tegen nematoden. Door de teelt van groenbemesters neemt de hoeveelheid organische stof en daarmee de bodemvruchtbaarheid toe. Ook in de gangbare glastuinbouw lijkt zich een trend te ontwikkelen waarbij telers aandacht schenken aan dat deel van het bodemleven dat de ziektevering bepaalt (Meijer *et al.* 2004). Voor het verhogen van de organische stof in de bodem wordt in de gangbare, grondgebonden glastuinbouw ook steeds vaker gebruik gemaakt van compost en stalmest.

3.4.6 Solarisatie

Deze methode is ontwikkeld door Katan en collega's in Israël. Katan bedekte bevochtigde grond met een transparante polyethyleen (PE) folie gedurende 14 dagen en ontdekte dat de methode 94 tot 100% van *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* en *Verticillium dahliae* doodde tot op een diepte van 5 cm (DeVay, 1991). Het succes van de methode staat of valt met de hoeveelheid vocht in de bodem. Het vocht zorgt voor de geleiding van de warmte naar grondgebonden organismen, het effect is afhankelijk van grondtemperatuur en de tijd dat de bodemorganismen worden blootgesteld aan die temperatuur (DeVay, 1991).

Wortelknobbelaaltjes worden slechts gedeeltelijk gedood door solarisatie (Gamliel, 2000). Het aantal *Meloidogyne javanica* aaltjes werd door solarisatie met ongeveer 80% gereduceerd in een kas met aubergineplanten, waardoor een

meeropbrengst werd gerealiseerd (Candido *et al.* 2005). Het effect van solarisatie op wortelknobbelaaltjes in meloen, geteeld in een kas, was in Zuid-Italië beter dan in het veld. Het temperatuurbereik in het open veld was veel lager dan in de kas (Castronuovo *et al.* 2005). Bodemziekten zoals *Pythium ultimum* en *Sclerotium rolfsii* werden bij een gesimuleerde solarisatie goed bestreden (Gamliel & Stapleton 1993).

Deze methodiek is praktisch niet geschikt voor gematigde klimaten maar door combinatie met het inwerken van vers plantmateriaal en gebruik te maken van gasdichte folie voor afdekking van het perceel ontstaat anaërobe grondontsmetting die wel praktisch toepasbaar is in een gematigd klimaat, als voldaan wordt aan bepaalde randvoorwaarden, vooral een voldoende hoge bodemtemperatuur. Dit effect van de combinatie van opwarming van de bodem door solarisatie en het inmengen van plantmateriaal (koolresten) of dierlijke mest (kippenmest) leverde een 100% doding van schimmels op bij een sublethale temperatuur van 38 °C. De opwarming van de bodem leverde een brede range vluchtige componenten zoals alcoholen, aldehydes, sulfides en isothiocyانات. De waargenomen waarden van de isothiocyانات en aldehydes kunnen significant gecorreleerd worden aan het aantal vitale overlevingsstructuren van *Pythium ultimum* en *Sclerotium rolfsii*. (Gamliel & Stapleton 1993).

Solarisatie wordt breed toegepast in landen met een geschikt warm klimaat. De methodiek is eenvoudig toe te passen door het afdekken van de grond. De laatste jaren zien we een verschuiving naar een combinatie van technieken om de effectiviteit te vergroten. Door combinatie van organische toevoegingen zoals compost, vers plantmateriaal, plantenresten of mest in de grond te werken *et al.* te dekken met gasdicht transparant plastic wordt een verbeterd resultaat bereikt ten opzichte van beide methodieken van solarisatie en anaërobe grondontsmetting afzonderlijk (Gamliel, 2000).

Een combinatie van biofumigatie met schapen- of kippenmest en solarisatie is even effectief tegen *Meloidogyne incognita* als methylbromide. Praktisch zijn er echter wel toepassingsproblemen (Guerrero, 2005). Een combinatie van solarisatie met lage doses chemische fumigantia is effectief tegen *Meloidogyne* (Di Vito, 2000).

Gezien het hogere temperatuurbereik in de kassen is solarisatie onder glas in gematigde gebieden een mogelijke interessant alternatief voor stomen. Echter de benodigde incubatieduur (6-8 weken) en bedrijfszekerheid beperken de toepasbaarheid. Het is wel interessant om te onderzoeken of een combinatie van solarisatie in kassen en biologische grondontsmetting met alternatieve producten voor gras een extra effect genereert (Gamliel, 2000). Dit extra effect kan de bedrijfszekerheid en snelheid van beide methoden versterken en daardoor mogelijkheden creëren voor toepassing in intensieve grondgebonden teelten (zie ook § 3.4.9.2).

3.4.7 Inundatie

In de bollenteelt is inundatie (onderwaterzetting) de belangrijkste manier van grondontsmetting. Door het onder water zetten van een perceel wordt de zuurstoftoevoer afgesneden en wordt de grond zuurstofloos. Als gevolg van de zuurstofloosheid komen verschillende processen op gang zoals, CO₂-productie door anaërobe bacteriën, denitrificatie, toename van ammoniakgas, reductie van ijzer, mangaan en sulfaten en productie van organische zuren, methaan en waterstofsulfide. De methode heeft een werking tegen bodempathogenen (schimmels), plagen (aaltjes) en onkruiden. Na inundatie van bollen velden gedurende 1 maand was het stengelaaftje *Ditylenchus dipsaci* niet meer aantoonbaar en het aantal *Paratrichodorus* aaltjes afgenomen tot 10% van de oorspronkelijke populatie. Na 8 weken inundatie konden geen plantparasitaire aaltjes meer worden aangetoond (Maas, 1987). Inundatie was niet effectief tegen de schimmels *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* en *Stromatinia gladioli*. Inundatie was effectief tegen *Ditylenchus dipsaci* en *Pratylenchus penetrans*, maar gaf tegen Trichodoriden wisselende resultaten (Lohuis, 1989).

Voldoende effectiviteit van inundatie tegen *Ditylenchus dipsaci* en *Pratylenchus penetrans* is ook geconstateerd door van Zaayen (1985). Een hogere temperatuur (22 °C) was effectiever dan een lage temperatuur (17 °C). Daarom is de zomer het meest geschikt voor toepassing. Inundatie werkt selectief tegen schimmelziekten; *Rhizoctonia solani* wordt niet gedood door inundatie, *Stromatinia gladioli* gedeeltelijk en *Sclerotinia sclerotiorum* worden wel uitgeschakeld. Ook tegen onkruiden werkt deze methodiek selectief. *Ditylenchus dipsaci* was na 10 weken inundatie bij 17 °C volledig uitgeschakeld in zandgrond (Muller en van Aartrijk, 1989). Hoewel diverse bollen velden onder water worden gezet gedurende de zomermaanden bij bodemtemperaturen boven de 15 °C, blijkt de bestrijding van tabaksratelvirus (TRV), die overgebracht wordt door Trichodoriden, onvoldoende te zijn. Mogelijk komt dit door niet volledig zuurstofloze omstandigheden. In

een laboratoriumexperiment overleefde na 8 weken nog 10-17% van de Trichodoriden en werd in 2 van de 10 buizen TRV aangetoond. Ook na 16 weken inundatie overleefde 2% van de Trichodoriden en werd in 1 van de 21 buizen met grond nog TRV aangetoond. Het afwisselen van droge en natte periodes had geen invloed op de overleving van de Trichodoriden. Wanneer inundatie werd toegepast op grond met raaigras dan vermeerderden de Trichodoride aaltjes zich. Deze methodiek is onvoldoende gebleken om de overdracht van TRV door Trichodoriden tegen te gaan (Asjes, 1996). Zowel de aantallen *Meloidogyne chitwoodi* (Korthals, 2001) en *Paratrichodorus teres* (Hartsema, 2001) aaltjes kunnen door inundatie worden gereduceerd, wanneer zuurstofloze omstandigheden worden gecreëerd.

Inundatie wordt niet toegepast in kassen. Verslechtering van de structuur en het praktische bezwaar van het onder water zetten van de kas zorgen ervoor dat inundatie geen reëel alternatief is voor stomen.



Figuur 12: Geïnundeerd bollenveld (Bron telen met toekomst, Leaflet: Inundatie in de bollenteelt)

3.4.8 Biofumigatie

Biofumigatie (McSorley *et al.* 1997; Sarwar *et al.* 1998) is een vorm van grondontsmetting met behulp van stoffen die vrijkomen bij het hakselen en onderspitten van bepaalde verse koolachtige gewassen, zoals bepaalde soorten mosterd. Er wordt bij deze methode gebruik gemaakt van het natuurlijk afweermecanisme van koolplanten als deze worden beschadigd door vraat. Door beschadiging van de cellen komen stoffen vrij die zeer giftig zijn. Omdat verreweg het meeste werk aan biofumigatie met kruisbloemigen gedaan is uit het geslacht *Brassica* en verwante geslachten, wordt het begrip biofumigatie soms beperkt tot het gebruik van deze planten. Maar ook andere gewassen kunnen op dezelfde manier ingezet worden, zodat het beter is de term iets breder te gebruiken. Andere plantensoorten die onderzocht zijn voor biofumigatie zijn onder andere lupine en *Crotalaria*. (Van der Wurff *et al.* 2010)

Crotalaria is een voornamelijk tropisch geslacht dat bekend staat vanwege hoge resistentie tegen belangrijke plantenparasitaire aaltjes zoals *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Radopholus* en andere. Verder bevat dit gewas alkaloiden die in de bodem een toxische werking hebben op aaltjes (Wang *et al.* 2002). *Crotalaria* is nog niet uitgetest onder Nederlandse condities. Vanwege de temperatuurbehoefte van dit warmteminnende geslacht is het de vraag of toepassingen in het vrije veld haalbaar zijn. Omdat het gewas niet wordt geteeld in het open veld is de toepassing in kassen wellicht nog verder weg.

Andere gewassen die mogelijkheden lijken te bieden voor biofumigatie zijn schroot van ricine, lupine en gewasresten van komkommer en paprika, die toxische effecten hebben op wortelknobbelaaltjes. Door de problematiek van zeer persistente virussen in komkommer (Komkommerbontkvirus (CGMMV)) en paprika (Paprikamozaïekvirus (PMMV)) zijn dit geen reële opties.

De werkingsmechanismen van biofumigatiegewassen is nog niet geheel duidelijk. In veel kruisbloemigen komen glucosinolaten voor, zwavelhoudende verbindingen die op zich niet toxisch zijn, maar door het enzym myrosinase worden omgezet naar isothiocyanaten, die toxisch kunnen zijn voor insecten, bodemschimmels en aaltjes (van Eylen *et al.* 2006). De scherpe smaak van de specerijen mosterd, mierikswortel en Japanse Wasabi (*Wasabia japonica*) zijn gebaseerd op deze afbraakproducten van glucosinolaten. Natuurlijk voorkomende isothiocyanaten zijn chemisch verwant aan de actieve verbinding methylisothiocyanaat uit de grondontsmettingsmiddelen metam-natrium, metam-kalium en dazomet. Verschillende soorten kruisbloemigen kunnen verschillende typen glucosinolaten bevatten, terwijl ook de gehalten aan

deze stoffen per soort sterk kunnen verschillen (Warton *et al.* 2001). Verder kunnen de gehalten van glucosinolaten en myrosinase sterk afhangen van de diverse plantendelen en het gewasstadium. In de regel geldt dat na de bloei de gehalten sterk afnemen. Plant Research International (PRI) heeft biotoetsen ontwikkeld waarin het potentiële effect van biofumigatiegewassen op nematoden snel bepaald kan worden.

De geproduceerde toxines hebben vaak een effect bij hoge concentraties. Het is daarom van groot belang dat de behandelde percelen met een zware rol worden dichtgedrukt of beter nog met luchtdichte plastic folie worden afgedekt om de geproduceerde toxines zo lang mogelijk vast te houden in de grond. Meestal worden positieve effecten van biofumigatie op verschillende bodemorganismen gerapporteerd, zowel voor nematoden, schimmels als bodeminsecten (zie bijvoorbeeld Dunne *et al.* 2003; Lawrence en Matthiesen, 2004). Door Blok *et al.* (2000) zijn goede resultaten geboekt met bestrijding van *Verticillium dahliae* door middel van biologische grondontsmetting met broccoli.

Een risico bij het gebruik van biofumigatie is dat er versnelde afbraak van de isothiocyanaten kan optreden bij veelvuldige toepassing, omdat de microflora zich aanpast (adaptatie) aan de aanwezigheid van de actieve stoffen (Warton *et al.* 2003). De omstandigheden, waaronder de vorming van isothiocyanaten plaatsvindt heeft grote invloed op de effectiviteit. Bodemtemperatuur, vochtgehalte en bodemtype zijn belangrijke factoren hierin (Price *et al.* 2005).

Bij het gebruik van biofumigatie moet rekening gehouden worden met de waardplantstatus van de soort biofumigatieplant. Bij een goede waardplant kan het dodend effect na de gewasperiode geheel of gedeeltelijk teniet gedaan worden door vermenigvuldiging van de nematoden tijdens de gewasperiode, vooral als de effectiviteit van de biofumigatie lager is dan 90% doding (hetgeen meestal het geval is) (Stirling en Stirling, 2003).

Op praktijkbedrijven is het niet eenvoudig om met een biofumigatiegewas voldoende isothiocyanaten in de grond te krijgen. Hiervoor is een gewas nodig met voldoende biomassa, voldoende hoge gehalten aan glucosinolaten en myrosinase, maar ook de manier van oogsten en onderwerken zijn van groot belang voor het voldoende vrijkomen van de actieve stof. Verder is de bodemtemperatuur van groot belang bij de omzetting van glucosinolaten dat immers een enzymatisch proces is. Vanwege de hier genoemde factoren worden de gebruiksmogelijkheden van kruisbloemige biofumigatie gewassen ingeperkt. In kasbedrijven is het economisch niet haalbaar om tijd en productiecapaciteit te gebruiken voor de teelt van een biofumigatiegewas in de kas zelf, maar in sommige gevallen zijn er wel mogelijkheden voor buitenteelt van het biofumigatiegewas. Deze strategie wordt momenteel uitgetoet door enkele telers van biologische glasgroenten, die ernstige problemen met wortelknobbelaaltjes hebben. In ieder geval heeft deze strategie tot voordeel dat de waardplantstatus van het biofumigatiegewas geen belangrijke rol meer speelt voor de kasteelt. Verschillende producenten bieden speciale mengsels van groenbemesters aan die gericht zijn op het verkrijgen van een optimaal effect van biofumigatie.

Gesteld kan worden dat het niet waarschijnlijk lijkt dat biofumigatie een soortgelijke rol als stomen kan verkrijgen. Hiervoor is de gepubliceerde effectiviteit onvoldoende, is het resultaat te onzeker en te afhankelijk van het onder te werken gewas en klimaatsomstandigheden. Daarnaast vereist biofumigatie een goede planning en organisatie. De werking vooral hangt af van de versheid van het onder te werken materiaal en een secure afdekking van behandelde percelen.

De positieve kant van het gebruik van biofumigatie wordt gevormd door de brede effectiviteit tegen aaltjes, schimmels en insecten. Als een groenbemester ook voor biofumigatie ingezet kan worden zijn de kosten en de extra arbeid beperkt en zal de teler eerder geneigd zijn deze mogelijkheid toe te passen.

3.4.9 Biologische grondontsmetting

3.4.9.1 Biologische grondontsmetting met gras

Blok *et al.* (2000) waren de eersten in Nederland die deze kennis in praktijk brachten met een veldproef waarbij anaerobe grondontsmetting getoetst werd tegen verschillende bodemziekteverwekkers, namelijk *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* en *Rhizoctonia solani*. Bodemmoedigheid in de teelt van asperges gaf aanleiding om onderzoek te gaan doen naar de mogelijkheden om een perceel te behouden voor de aspergeteelt.

Blok *et al.* (2000) documenteerden een sterk onderdrukkend effect van anaerobe omstandigheden. Onder anaerobe decompositie, ontstaan producten zoals kooldioxide, ethyleen, waterstof, methaan, ammoniak, organische zuren, alcoholen en aldehyden. Van sommige van deze stoffen is bekend dat ze een fungicidewerking kunnen hebben. Daarnaast staan diverse antagonisten bekend als specifiek voorkomend in zuurstofloze omstandigheden, zoals *Bacillus* spp. en *Clostridium* spp. (Blok *et al.* 2000). Na jaren van onderzoek bleek dat er een methode was die goede resultaten gaf bij de bestrijding van bodemmoeheid. Het telen van een groenbemester, het onderwerken daarvan en het luchtdicht afdekken van de grond met een folie bleek effectief.



Figuur 13: Raaigras als groenbemester voor biologische grondontsmetting (Meijer *et al.* 2004)

In de loop van de tijd is de methode van biologische grondontsmetting in onderzoeksprojecten en praktijkdemonstraties verder geoptimaliseerd. Deze optimalisatie heeft geleid tot een stappenplan (Meijer *et al.* 2004).

1. Vaststellen dat biologische grondontsmetting de beste methode is om te ontsmetten.
2. Telen van groenbemester (Engels raaigras wordt veel gebruikt, ook andere raaigrassen of bijvoorbeeld *Tagetes* kunnen geschikt zijn, 40 ton/ha).
3. Onderwerken groenbemester; fijn verdelen door twee of drie werkgangen met freesmachine, eventueel afgewisseld met spitmachine. Er wordt in principe 20-30 cm diep ingewerkt, bij inwerken tot grotere diepte zal een grotere massa organische stof ingewerkt moeten worden. Als alternatief voor een geteelde groenbemester is het in theorie mogelijk om organisch materiaal aan te voeren; afvalmateriaal van veilingen, of elders geteelde groenbemesters zijn dan opties. Er zal dan meer aandacht besteed moeten worden aan het verdelen van de massa in de bouwvoor, omdat materialen kunnen gaan "stropen". Met het aanvoeren is nog weinig ervaring opgedaan.
4. Aandrukken; het aandrukken van de toplaag na de grondbewerking zorgt voor een geringer porievolume, waardoor er snel een zuurstofloze situatie ontstaat.
5. Beregenen; voldoende water is noodzakelijk om de verschillende processen in gang te zetten; bovendien neemt de hoeveelheid lucht in de bodem af. 30-40 mm beregenen is maatstaf, op lemige gronden die droog zijn tijdens het onderwerken moet de bovengrens aangehouden worden.
6. Afdekken; de meeste proeven werden uitgevoerd met kuilfolie van Hermetix. In proeven met diverse folies in 2001 tot 2003 bleek Hytibarrier folie van Hyplast een even goed of beter resultaat te geven. Laatstgenoemde folie is dunner en kan met minder kosten worden opgebracht en afgevoerd. Het afdekken moet snel na het beregenen plaatsvinden, en bij grotere oppervlakten is het voorhanden zijn van voldoende personeel een voorwaarde. De teler moet er rekening mee houden dat de grensstrook van het afgedekte perceel (ongeveer 1 m breed) minder goed zal worden ontsmet. In veel gevallen zijn door gaten in de folie de resultaten van de ontsmetting minder goed. Er moet daarom op gelet worden dat bij het leggen geen gaten ontstaan, of dat de gaten direct worden gedicht. Ook gaten door vogels (kraaien en meeuwen) moeten worden gedicht.
7. Stoppen van de ontsmetting; door het afhalen van de folie wordt het proces stopgezet. Meestal wordt een periode van zes tot tien weken aangehouden. In een aantal gevallen bleek ook na drie weken voldoende ontsmettend effect. Hoe lager de temperatuur is geweest, hoe langer ontsmet moet worden. Ontsmetten in de periode tot eind september is goed mogelijk, ontsmetten in de winter is niet mogelijk vanwege de lagere temperaturen.

Op dit moment wordt de de methode in de praktijk volop toegepast met name op zandgronden, leem en kleigronden wordt de methode met succes toegepast. In open-veldsituaties is het proces echter niet te sturen en kunnen omstandigheden ontstaan waardoor het effect van de biologische bestrijding niet optimaal verloopt. Het kan voorkomen dat als gevolg van een te lage temperatuur of als gevolg van perforatie van de plastic folie (als gevolg van vogels of wind) het effect van biologische grondontsmetting vermindert of zelfs geheel verloren gaat. In een aantal van de gevallen zal daardoor weinig doding optreden. Een andere factor is de wisselende samenstelling van gras of ander organisch materiaal. Gras heeft een andere samenstelling in het voorjaar dan in de zomer.

Vanuit onderzoek en vanuit de praktijk wordt een effect van de methode waargenomen op aaltjes:

- *Meloidogyne fallax* (wortelknobbelaaltjes).
- *Pratylenchus penetrans* (wortellesieaaltje) doding tot 100%.
- *Globodera pallida* (aardappelmoeheid) tot 95% doding.
- *Paratrichodorus* en *Trichodorus* (vrijlevende wortelaaltjes, verantwoordelijk voor verspreiding van Tabaksratelvirus).
- *Ditylenchus dipsaci* (stengelaaltje) worden bestreden met biologische grondontsmetting.

Ook op bodemgebonden plantenziekten wordt een effect van biologische grondontsmetting waargenomen:

- *Verticillium dahliae* (verwelkingsziekte) tot 95% doding.
- *Fusarium oxysporum* tot 95% doding
- *Rhizoctonia solani* tot 95% doding van anastomosegroep (AG) 3, wisselende resultaten bij AG 2
- *Pythium* spp. (kiemplantenziekte), geen volledige doding. Gezien de levenswijze, de overlevingsstructuren en het koloniserende karakter van de schimmel zou de schimmel zich, na ontsmetting van de bodem, zeer snel kunnen vermeerderen.

Tegen onkruiden lijkt biologische grondontsmetting minder effectief. Wellicht zijn zaden goed bestand tegen anaërobe omstandigheden. Het onkruid Muur (*Stellaria media*) en Akkerkers (*Rorippa sylvestris*) bleek bestreden te worden, maar Heermoes (*Equisetum arvense*) werd onvoldoende effect waargenomen.

De afgelopen jaren is in een samenwerkingsverband tussen Abemec, PPO/AGV en Mertens B.V. een folielegger ontwikkeld. Met deze machine kan folie worden gelegd met een capaciteit van ongeveer 0,25 ha per uur (2 personen). De folie wordt uitgerold en gelijktijdig verlijmd aan de liggende strook. Alleen aan de uiteinden moet de folie worden ingegraven. (Meijer *et al.* 2004).

In een studie in opdracht van het Produktschap Akkerbouw naar de perspectieven voor biologische grondontsmetting zijn telers geïnterviewd, die biologische grondontsmetting met gras hadden toegepast. Economische en technische knelpunten bleken redenen te zijn waarom deze methode niet breder wordt toegepast in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Alternatieven voor de technische belemmeringen (folie en verlijming) zijn aangedragen. Eveneens wordt alternatieve organische massa (plantaardig of dierlijk) voor gras aangedragen als punt van gewenst onderzoek (Molendijk *et al.* 2008).



Figuur 14. en 15: Machinaal leggen van folie (Bron: www.kennisakker.nl)

3.4.9.2 Biologische grondontsmetting met alternatieve producten voor gras (Herbie)

Biologische grondontsmetting met gras of andere groenbemers wordt toegepast in vollegrondsgroenteteelten met name in asperge en soms ook aardbei. In de glastuinbouw hebben enkele biologische groentetelers op experimentele basis ervaring opgedaan met deze methode (Wageningen UR Glastuinbouw). De resultaten van deze proeven hebben onvoldoende resultaat geleverd. De persistente bodemschimmel *Verticillium dahliae* werd niet of onvoldoende bestreden en ook de wortelknobbelaaltjespopulatie (*Meloidogyne* spp.) werd onvoldoende gereduceerd (Paternotte *et al.* 2009). Een waarschijnlijke verklaring voor het onvoldoende effect op de genoemde bodemziekten en bodemplagen is de lage bodemtemperatuur gedurende het proces. Omdat de biologische groentetelers in november het gewas leeg oogsten en daarna rooiden, is de periode in december, als de kas leeg is, een ideaal moment in het teeltplan om biologische grondontsmetting toe te passen. Belangrijke nadelen zijn de verminderde instraling en de lagere bodemtemperatuur gedurende die tijd van het jaar. Echter tijdens de experimenten is grond verwarmd, met behulp van de aanwezige grondverwarming en is de bodem op 16 °C gehouden. Een andere mogelijke verklaring is dat het gras in het najaar/winter een andere samenstelling heeft dan in de zomermaanden. Met name de verhouding tussen koolhydraten en eiwitten is anders. Voor biologische grondontsmetting is de verhouding tussen C/N van groot belang.



Figuur 16: Aanbrengen gras en onderspitten



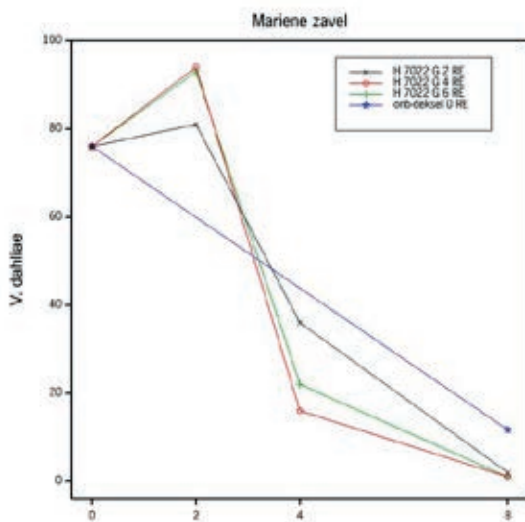
Figuur 17: Aanbrengen folie (Foto's: Chantal Bloemhard)

De variabiliteit van de samenstelling van gras is aanleiding geweest om te zoeken naar alternatieven van organische stof die een bekende, constante C/N-verhouding heeft. Er is een alternatief gevonden in het product 'Herbie' van ThatchTec B.V., die de methode (product inclusief begeleiding) levert onder de naam 'Bodemresetten'. Deze naam wordt inmiddels ook al veel in de praktijk gebruikt.

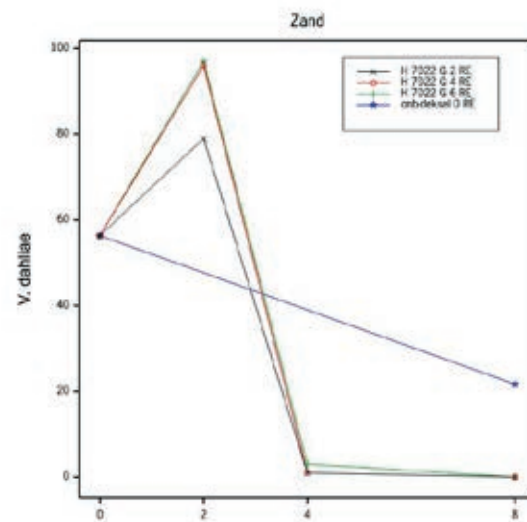
Door Wageningen UR Glastuinbouw en PPO-AGV zijn in laboratoriumproeven uitgevoerd in 2009 en 2010 alternatieve producten voor de methode van biologische grondontsmetting getest. Deze proeven met biologische grondontsmetting met verschillende alternatieve producten laten zien dat de methode een ontsmettende werking heeft tegen Worteltesieaaltje (*Pratylenchus penetrans*) en *Verticillium dahliae*. De behandelings- en resultaten van de ontsmetting bleke wel afhankelijk van de samenstelling van het gebruikte product en de grondsoort waarin de methode is toegepast. Op zand is de methode sneller dan op mariene zavelgrond, maar uiteindelijk met hetzelfde resultaat na 8 weken. De proeven zijn uitgevoerd in afgesloten emmers (luchtdicht), de emmers hebben in een koelcel bij een constante temperatuur van 8 °C (2010) en 16 °C (2009-2010) gestaan. Alle toegepaste organische fermentatieproducten van ThatchTec B.V. zijn effectiever dan gras tegen de onderzochte bodemplagen en bodempathogenen.



Figuur 18. en 19: Emmers in celproef, met aansluitingen voor metingen van omzettingproducten van het proces.

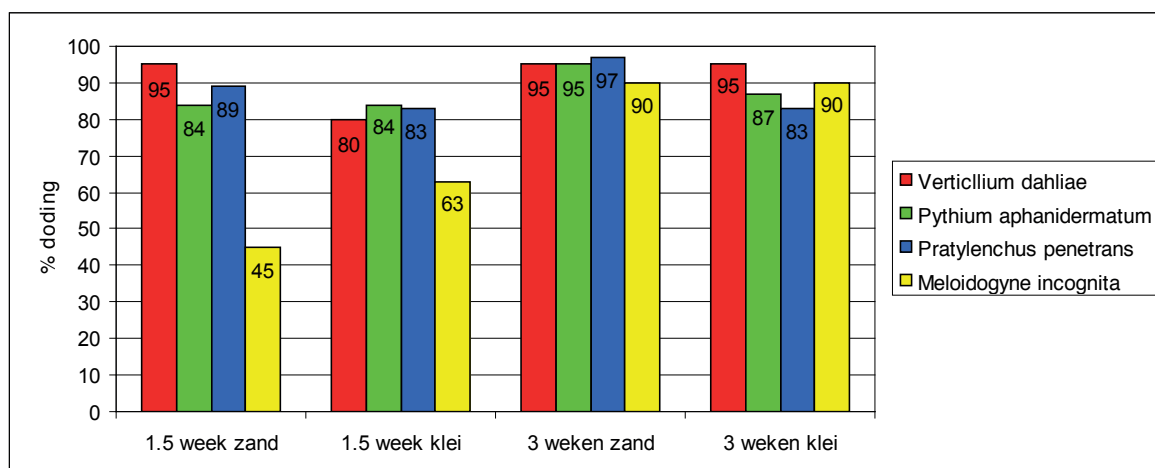


Figuur 20: Effect van BGO met H7022 tegen *Verticillium dahliae* op zand bij 16 °C.



Figuur 21: Effect van BGO met H7022 tegen *Verticillium dahliae* op mariene zavel bij 16 °C.

Daarnaast is in de zomermaanden (start experiment 8 juli 2010) in de kassen van Wageningen UR Glastuinbouw een pilot-proef uitgevoerd als onderdeel van een experiment waarin verschillende systemen worden getoetst op weg naar een substraatteelt voor chrysanten. De proef is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw. In dit experiment is de methode vergeleken met stoomontsmetting en cultuurkoken, waarbij de bodem doorgespoeld wordt met heet water. In de kas werden twee substraatbedden aangelegd, te weten een zandbed en een kleibed. De klimaatsomstandigheden gedurende het experiment waren erg warm met veel zonnestraling, met als gevolg dat er over een periode van 3 weken een gemiddelde temperatuur van meer dan 26 °C is bereikt. De resultaten van de ontsmetting met biologische grondontsmetting met Herbie 7022 (percentage doding) waren in vergelijking met de twee eerder genoemde methodes erg goed. Al na 10 dagen kon 95% doding worden vastgesteld voor *Verticillium dahliae* in zowel het zandbed als het kleibed. Vanwege het warme weer, de ruime hoeveelheid instraling en de hoge kasttemperaturen kon de bodemtemperatuur hoog oplopen. Dit lijkt gunstig te zijn voor het effect en de snelheid van de methode. De combinatie van biologische grondontsmetting met alternatieven en toepassing in de zomermaanden in een ongeschermde kas (solarisatie) lijkt op basis van dit pilot experiment goede resultaten te geven.



Figuur 22: Gemiddeld dodingspercentage van Bodemresetten na 1,5 en 3 weken, voor 4 bodemorganismen, bij 26 °C en bij toepassing van Herbie 7022

Bij Bodemresetten worden van nature in de bodem aanwezige anaërobe omzettingsprocessen gestimuleerd door het innemen van organische stof en het afdichten van de grond. Bij biologische grondontsmetting met alternatieve producten lijken de anaërobe omzettingsprocessen sneller te verlopen dan na inwerken van gras. Het middel bestaande uit eiwit, koolhydraten- en vettenrijke organische reststoffen uit aardappel-, tarwe-, en slachtafvalverwerking en (bio)ethanolproductie zorgt voor een snelle anaërobe toestand (Nederlands Octrooiregister, 2010). De producten hebben als groot voordeel dat de minerale samenstelling vaststaat en deels maakbaar en daarmee beter herhaalbaar is. Afdekken van de grond met een luchtdichte plastic folie zorgt voor zuurstofarme omstandigheden, die al binnen 24 uur gerealiseerd zijn. Vervolgens wordt een keten van natuurlijke microbiologische processen in gang gezet.

Natuurlijke omzettingsproducten zoals verschillende gassen en vetzuren kunnen daarbij zorgen voor de ontsmettende werking van de methode. Bij toepassing komen ook broeikasgassen vrij (zoals methaan, diwaterstofsulfide en ammoniak). Vanuit het programma 'BO-12.10-007.04 Innovatieve biologische sectoren' zal in 2011 onderzoek worden gedaan aan de directe effecten van diverse omzettingsproducten. De omzettingsproducten die vrijkomen bij biologische grondontsmetting worden als gevolg van het proces exclusief geproduceerd door bacteriegroepen die actief kunnen zijn onder anaërobe omstandigheden in de bodem. Tot nu toe is er in de eerder genoemde celproeven uitsluitend gekeken of er correlatie bestaat tussen doding en gasvorming als onderdeel van de totale productie van omzettingsproducten. Op basis hiervan is niet bekend welk gas of welk vetzuur gekoppeld is aan de doding van een specifiek bodemorganisme.

Het is daarom nodig om de koppeling tussen de verschillende omzettingsproducten en hun effect op pathogenen en plagen aan te tonen, waarbij één plaag of één bodemziekte wordt blootgesteld aan één van de omzettingsproducten. Aan de hand van de resultaten van dit onderzoek kan worden geconcludeerd welke (combinatie van) gassen of vetzuren essentieel zijn voor het ontsmettende effect van biologische grondontsmetting. Vervolgens kan, op basis van het hierboven staande hypothetisch model, een relatie worden gelegd tussen de bewuste anaërobe bacteriegroepen en de doding van schadelijke bodemorganismen. Deze informatie kan worden gebruikt om indicatoren te ontwikkelen. Deze indicatoren kunnen worden gebruikt om vóór het toepassen van biologische grondontsmetting doseringen en omstandigheden te optimaliseren voor een goede ontsmetting. Dit kan leiden tot een snellere en vooral zekerere biologische grondontsmetting. Op dit moment wordt getracht om de ontwikkeling van indicatoren vóór toepassing van biologische grondontsmetting in een EU-project (EFRO) onder te brengen.

Naast het direct korte termijn effect wordt verwacht dat biologische grondontsmetting een lange termijn effect heeft bij het onderdrukken van ziekten en plagen in de bodem. Bij de teelt van asperge is een jarenlang positief effect op de productie waargenomen van deze methode met gebruik van gras. *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi* was wel weer aanwezig in de grond, maar de productie bleef hoger ten opzichte van het onbehandelde perceel (Lamers & Wilms, 2008).

Op dit moment wordt de methode in biologische teelten (glasgroenten), maar ook in de gangbare teelten (chrysant, celosia, sla, radijs) op enkele bedrijven toegepast. De resultaten zijn niet eenduidig, net zoals de voorwaarden waaronder

de ontsmetting heeft plaats gevonden (voorbeelden zijn: door mengen compost bij biologische grondontsmetting, te lage bodemtemperatuur bij ontsmetten, stroken behandeling, onzorgvuldig afdekken). Dit alleen al benadrukt de noodzaak voor een duidelijk protocol en aanvullend praktijkonderzoek om meer inzicht te verkrijgen over de mogelijkheden en onmogelijkheden van de methode van biologische grondontsmetting.

In het voorgestelde onderzoek wordt gekeken naar:

- De mogelijkheden voor reductie van het gasverbruik/m² benodigd voor het effectief ontsmetten van grond vergelijkbaar met stomen. Voor sommige teelten zou dit een besparing kunnen opleveren van 10% (bijvoorbeeld chrysant) tot wel 50% (bijvoorbeeld radijs) op het totale gas-jaarverbruik. Als blijkt dat de methode ook een meerjarig effect heeft, dan kan elk jaar dat er niet wordt gestoomd veel extra gas worden bespaard.
- Bepaling van de effectiviteit en meerjarige werking van de biologische grondontsmettingmethode in vergelijking met gangbaar grondstomen.
- Het ontwikkelen van een energiezuinig protocol voor grondontsmetting van grondgebonden teelten. Het protocol moet door telers toegepast kunnen worden onafhankelijk van de teelt.
- Bepalen wat de “ecologische voetafdruk” is van biologische grondontsmetting in vergelijking met stomen. Rekening houdend met verbruik van energie, maar ook emissie van omzettingsproducten naar grond- en oppervlaktewater en lucht.
- Bepalen of de methode bijdraagt aan de vermindering van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.
- Verbetering van productie en kwaliteit.
- De effecten van omzettingsproducten op plaagorganismen en pathogenen, het microbieel bodemleven en de effecten op bodemweerbaarheid bij het toepassen van biologische grondontsmetting.

4 Economische analyse: Hoe is biologische grondontsmetting inpasbaar in een chrysantenteelt?

Om inzichtelijk te krijgen of biologische grondontsmetting economisch haalbaar en inpasbaar is voor een grondgebonden teelt zijn de kosten van stomen op een rij gezet. Daarnaast is er gekeken naar de kosten van biologische grondontsmetting en naar de bijkomende kosten voor het uitstel van de planting. Er is als voorbeeldgewas gekozen voor chrysant omdat de teelt van chrysant het grootste areaal beslaat in de grondgebonden glastuinbouw en een goed voorbeeld is voor een gangbare grondgebonden teelt met een zeer intensief jaarrond teeltplan.

4.1 Vermeden stoomkosten

Stomen vergt vooral arbeid en aardgas. Het verplaatsen van een stoomzeil en stoomkettingen en het controleren van het stomen kost ongeveer 1 uur per 100 m². Bij € 18,- loonkosten per uur komt dit neer op **0,18 €/m²/jaar** aan arbeid.

Gemiddeld genomen wordt ieder jaar 5 m³/m² aan aardgas gebruikt bij het stomen. Deze waarde wordt gehanteerd voor saldoberekeningen in KWIN (gemiddeld verbruik en frequentie) (Vermeulen, 2010). Soms worden hierbij de rookgassen gebruikt om CO₂ te kunnen doseren, maar lang niet alle rookgassen kunnen nuttig worden aangewend. Gerekend wordt dat de aardgaskosten neerkomen op $5 \cdot 0,20 = 1,00 \text{ €/m}^2/\text{jaar}$

Verder vergt het stomen een investering in een stoomketel met stoomleiding en eventuele waterbehandeling, een stoomzeil en kettingen. Deze hoeven jaarlijks gezamenlijk niet meer te kosten dan **0,20 €/m².jaar**. Bovendien zijn soms aanvullende investeringen nodig, zoals stoomdrainage met afzuiging om de stoom dieper in de grond te krijgen. Exclusief de kosten voor stoomdrainage komen de stoomkosten neer op $0,18+1,00+0,20 = 1,38 \text{ €/m}^2.\text{jaar}$

4.2 Kosten stoomdrainage voor stomen met onderdruk

Ongeveer 3/4^e van de chrysantenbedrijven is voorzien van stoomdrainage met afzuiging. De aanschaf van drainageslangen voor stoomaanzuiging kost ongeveer 2,50 per m² (Vermeulen, 2010). Uitgaande van 10 jaar afschrijving, 2% onderhoudskosten en een rentestand van 5,5% komt dit neer op jaarlijks **0,38 €/m²/jaar**. Indien dankzij een alternatief systeem voor grondstomen, geen drainagesysteem hoeft te worden aangelegd, dan kunnen deze kosten bij nieuwbouw worden vermeden. In veel gevallen zal voor de waterafvoer echter in ieder geval een drainagesysteem moeten worden aangelegd. Als deze niet geschikt hoeft te zijn voor stomen kan de drainage voordeliger worden uitgevoerd, zodat alsnog kan worden bespaard op de kosten.

4.3 Kosten van uitstel van de planting

Om te bepalen hoeveel het kost om de kas enige tijd niet te betelen en beschikbaar te stellen voor biologische grondontsmetting, wordt in Tabel 2. per periode de dekkingsbijdrage van een chrysantenteelt berekend. De dekkingsbijdrage (=contributiemarge) geeft per m² geeft aan hoeveel het oplevert om 1 m² kas te betelen. De dekkingsbijdrage is het verschil tussen de opbrengsten en de variabele kosten. Met variabele kosten worden de kosten bedoeld die (vrijwel) evenredig stijgen met de productie. Dit zijn bij chrysant de kosten van stek, arbeid, verpakking en afzet. Ook de kosten van mest en gewasbescherming zijn hier als variabel beschouwd. De dekkingsbijdrage dient dan voor de dekking van de vaste kosten (afschrijving, rente, onderhoud, maar ook energie). Gemakshalve is ervan uitgegaan dat tijdens het leeg liggen van de kas het energieverbruik door blijft gaan.

Uit Tabel 2. blijkt dat de dekkingsbijdrage in de winterperiode veel hoger is dan in de zomer. In periode 8 is de dekkingsbijdrage met 0,59 €/m².periode het laagst. Dit betekent dat als de kas vier weken leeg ligt, zodat in periode 8 niet kan worden geoogst, dit 0,59 €/m² kost. Ook in periode 7 is de dekkingsbijdrage relatief laag door de lage

gemiddelde verkoopprijs. De planten voor de oogst in periode 7 en periode 8 worden geplant rond periode 5. Als rond periode 5 gestart wordt met Bodemresetten dan bedraagt de gemiste dekkingsbijdrage $(0,59 \text{ tot } 0,79)/4 = \mathbf{0,15-0,20 \text{ €/m}^2}$ voor iedere week dat het planten is uitgesteld. Bij twee weken uitstel is dat dus ongeveer $\mathbf{0,35 \text{ €/m}^2/\text{jaar}}$.

De dekkingsbijdrage voor de plantingen die worden geoogst in periode 11 bedraagt $3,09 \text{ €/m}^2$.periode. Als de BGO zou starten rond periode 8 dan zou de gemiste dekkingsbijdrage ongeveer $0,75 \text{ €/m}^2$.week zijn. Periode 8 is hiermee een van de duurste perioden om het herplanten uit te stellen ten behoeve van Bodemresetten.

Tabel 2: Bepaling van de dekkingsbijdrage per m^2 per periode van 4 weken.

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Prijs (€/tak)	0,31	0,36	0,31	0,21	0,19	0,18	0,15	0,14	0,17	0,18	0,27	0,23	0,26
Stuks (#/m ²)	11	15	15	20	27	27	26	26	26	25	23	15	14
Opbrengsten (€/m ²)	3,38	5,45	4,71	4,15	5,04	4,78	3,93	3,70	4,34	4,58	6,14	3,44	3,65
Stekkosten (€/m ²)	0,66	0,90	0,90	1,20	1,62	1,62	1,56	1,56	1,56	1,50	1,38	0,90	0,84
Arbeidskn (€/m ²)	0,41	0,56	0,56	0,74	1,00	1,00	0,96	0,96	0,96	0,93	0,85	0,56	0,52
Mest & gwb (€/m ²)	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Verpakking (€/m ²)	0,06	0,08	0,08	0,10	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,08	0,07
Veilkosten (€/m ²)	0,34	0,55	0,47	0,41	0,50	0,48	0,39	0,37	0,43	0,46	0,61	0,34	0,37
Dekking (€/m²)	1,83	3,29	2,62	1,60	1,69	1,46	0,79	0,59	1,16	1,48	3,09	1,48	1,77

4.4 Kosten van toediening

Naast de kosten van productiederving door de lange duur van Bodemresetten, zijn er nog de kosten van het toedienen van het organische materiaal, de additieven en het plastic. In deze evaluatie wordt ervan uitgegaan dat de arbeidskosten 50% lager zijn dan bij stomen en dat het plastic kan worden hergebruikt gedurende een teeltronde. Gezamenlijk komen de kosten voor arbeid en afdek materiaal dan neer op $\mathbf{0,10 \text{ €/m}^2/\text{jaar}}$. De kosten voor organisch materiaal en additieven zijn sterk afhankelijk van de benodigde hoeveelheid. Gezien de bepaling van de ideale periode voor toepassing uitkomt in periode 5 zal gezien de tijd van het jaar het niet nodig zijn om stookkosten voor een voldoende hoge bodemtemperatuur op te nemen in de berekeningen. De gemiddelde etmaal temperatuur in mei bedraagt $14,7 \text{ °C}$ en in juni $17,9 \text{ °C}$ over de afgelopen 10 jaar. Verder is het aantal zonne-uren voor de betreffende maanden respectievelijk 213 uur en 192 uur (Bron KNMI, weerstation Rotterdam).

Tabel 3: Kosten en baten van Bodemresetten ten opzichte van stomen (€/m².jaar)

Kosten		Baten	
Uitstel planting	0,35	Vermeden stookkosten	1,38
Toediening	0,10	Vermeden stoomdrainagekosten	0,38
Ruimte voor materiaalkosten	1,31		
Totaal	1,76		1,76

4.5 Effect van de behandeling

Indien de alternatieve behandeling beter of minder goed werkt dan stomen, dan heeft dit een groot effect op het rendement. Iedere procent minder uitval of hogere kwaliteit betekent $\mathbf{0,60 \text{ €/m}^2/\text{jaar}}$ meer omzet. Ook duurwerking van biologische grondontsmetting kan een groot effect hebben op de omzet. Ieder uitstel van een stoomronde levert $\mathbf{1,76 \text{ €/m}^2/\text{jaar}}$ op.

4.6 Huidige prijzen Thatchtec B.V.

De huidige prijzen van december 2010 voor het organisch materiaal 'Herbie' dat gebruikt kan worden als product voor biologische grondontsmetting liggen op ongeveer €1,50/m² (inclusief transport en begeleiding tijdens het biologisch ontsmetten). Wanneer het product zonder begeleiding wordt geleverd, ligt de prijs op ongeveer €1,20/m² (inclusief transport). ThatchTec B.V. benadrukt dat de prijzen op dit moment gebaseerd zijn op afnames voor kleine arealen en dat de prijzen omlaag kunnen als er sprake is van bulkafname.

4.7 Conclusie

De bovenstaande berekeningen laten zien dat het mogelijk is om biologische grondontsmetting toe te passen in een gangbare chrysantenteelt zonder extra kosten te moeten maken ten opzichte van het gebruikelijk stomen. Dit kan alleen als bodemresetten maximaal twee weken duurt en uitgevoerd wordt rond periode 5 zodat het opbrengstverlies valt in periode 7-8. Er wordt dan alleen gekeken naar directe kosten en opbrengsten, zonder rekening te houden met een mogelijk duureffect van biologische grondontsmetting, verminderde uitval of hogere kwaliteit van het product.

5 Voor en nadelen van grondstomen ten opzichte van biologische grondontsmetting

5.1 Voor en nadelen van grondstomen

In de onderstaande tabel is een analyse gemaakt van voor en nadelen van grondstomen. De sterktes (strengths), zwakheden (weaknesses), de mogelijkheden (opportunities) en de bedreigingen (threats) van de methode zijn bepaald.

Tabel 4: Voor en nadelen grondstomen

Strengths	Weaknesses	Opportunities	Threats
Standaard gebruik in grondgebondenteelt	Hoog energie gebruik	Ruimte voor energiebesparing in de toekomst	Gas (energie) wordt veel duurder komende jaren
Standaard in teeltplan	Jaarrond stomen; na elke oogst een aantal kappen stomen	Nauwelijks alternatieven voor handen (chemisch noch biologisch)	Beleid streeft naar energiezuinige en duurzame glastuinbouw
Bedrijfszeker	Dure methode		
Eenvoudige en bekende methode	Geen duurzame methode		
Geen directe vervuiling van het milieu	Hoge kosten voor arbeid		
CO ₂ uit verbranding komt ten goede aan gewasgroei	Stomen in wintermaanden niet mogelijk		
Weinig afhankelijk van externe en onbeïnvloedbare factoren	Praktisch steriele bodem, na stomen is veel bodemleven dood		
Geen chemisch residu op bodem of gewas	Bodem is ziekteverendheid verloren		
Geen opbouw van resistentie	Niet altijd 100% effect tegen aaltjes en bodempathogenen		
Grond direct beschikbaar voor planten	Kans op fytoxiciteit vanwege het vrijkomen van mineralen, met name van Mn		
Snel: vandaag stomen, morgen poten	Emissie van mineralen naar milieu bij het spoelen van de bodem, met name van NO ₃ en K		
	Gevaar voor de toepasser, kans op brandwonden		

5.2 Voor en nadelen van biologische grondontsmetting

In de onderstaande tabel is een SWOT-analyse gemaakt van biologische grondontsmetting. De sterktes (strengths), zwakheden (weaknesses), de mogelijkheden (opportunities) en de bedreigingen (threats) van de methode zijn bepaald.

Tabel 5: SWOT-analyse biologische grondontsmetting

Strengths	Weaknesses	Opportunities	Threats
Gasverbruik voor ontsmetten is nihil	Geen standaardmethode in de teelt	Gas (energie) wordt veel duurder komende jaren	Herbie wordt schaars en dus duurder komende jaren
Effectiviteit is goed, bij juiste uitvoering, voor een aantal bodemziekten en plagen.	Nieuw en dus nog geen pasklaar protocol voor handen	Weinig alternatieven voor handen (alleen stomen)	Emissie van broeikasgassen
Bemestend effect van het product	Dure methode	Methode is al mogelijk in de praktijk	Emissie van mineralen
Geen directe vervuiling van het milieu	Afhankelijk van externe en onbeïnvloedbare factoren	Goede ervaringen buiten glastuinbouw met gras	Octrooien van Thatchtec
Geen risico op verbranding van arbeidskrachten	Ontsmetting duurt minimaal 10 dagen	Mogelijke duurwerking levert extra besparing	
Geen chemisch residu op bodem of gewas	Methode slechts gedurende enkele weken per jaar mogelijk	Gasprijzen stijgen in de toekomst	
Geen opbouw van resistentie	Emissie van mineralen naar milieu bij het spoelen van de bodem	Beleid streeft naar energiezuinige en duurzame glastuinbouw	
Mogelijk verhoogde bodemweerbaarheid na toepassen methode	Methode stinkt van wege omzettingsproducten en gezondheidsinvloed gassen is niet onderzocht		
Mogelijke lange duurwerking	Niet altijd 100% effect tegen aaltjes en bodempathogenen		
Geen investeringen nodig voor toepassing	Kans op fytoxiciteit vanwege het vrijkomen van mineralen (N, P, K, SO ₄ en Ca)		

6 Experimenten 2011

6.1 Uitvoering van het experiment: Chrysant Made 2011

6.1.1 Doel

Dit experiment is uitgevoerd om het effect te bepalen van biologische grondontsmetting met Herbie ('Bodemresetten') tegen bodemgebonden ziekten en plagen bij de teelt van chrysant. Ook is het effect onderzocht van Bodemresetten op de minerale samenstelling van de bodem en op het bodemleven met behulp van bodemvoedselwebanalyses. Naast het vaststellen van een direct effect op het bodemvoedselweb is ook gekeken naar de mogelijkheid van een indicator voor het al dan niet slagen van bodemresetten. Indicatoren zijn nodig om vast te kunnen vaststellen of de ontsmetting is geslaagd, onder ideale omstandigheden is verlopen of kunnen worden gebruikt om het biologisch grondontsmettingsproces te sturen.

6.1.2 Materiaal en methoden

6.1.2.1 Proeflocatie

Het experiment is uitgevoerd op een professioneel chrysantenbedrijf. Op het bedrijf wordt al gedurende enige jaren hinder ondervonden van wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne*). De vrouwelijke exemplaren van deze aaltjes nestelen zich na het mobiele juveniele stadium in de wortels. Aaltjes beschikken over een stylet waarmee celinhoud aan de plant kan worden onttrokken. De volwassen vrouwtjes zullen de rest van hun leven op deze plaats blijven, opzwellen en de omringende cellen aanzetten tot reuzengroei wat resulteert in de met het blote oog waarneembare knobbels op de wortels.



Figuur 5: Knobbels op het wortelstelsel van, veroorzaakt door *Meloidogyne* sp.

Figuur 6: Juvenielen van *Meloidogyne* sp.

De aaltjes en de vorming van de wortelknobbels zorgen voor verlies van voedingsstoffen en daarmee energie voor de plant wat resulteert in fors lagere opbrengsten. Wortelknobbelaaltjes veroorzaken ook verstoring in de opname van mineralen en water door chrysant, wat leidt tot forse groeiremming van het gewas. Dit uit zich in een plaatselijk veel korter en dus ongelijk gewas. Op het bedrijf waar het experiment is uitgevoerd is de aantasting met *Meloidogyne* zeer fors; het jaarlijks stomen blijkt tot onvoldoende resultaat te leiden. Voor het experiment zijn drie kappen gebruikt. Eén kap voor biologische grondontsmetting met Herbie, één kap waarin is gestoomd en één onbehandelde kap die diende als controle.

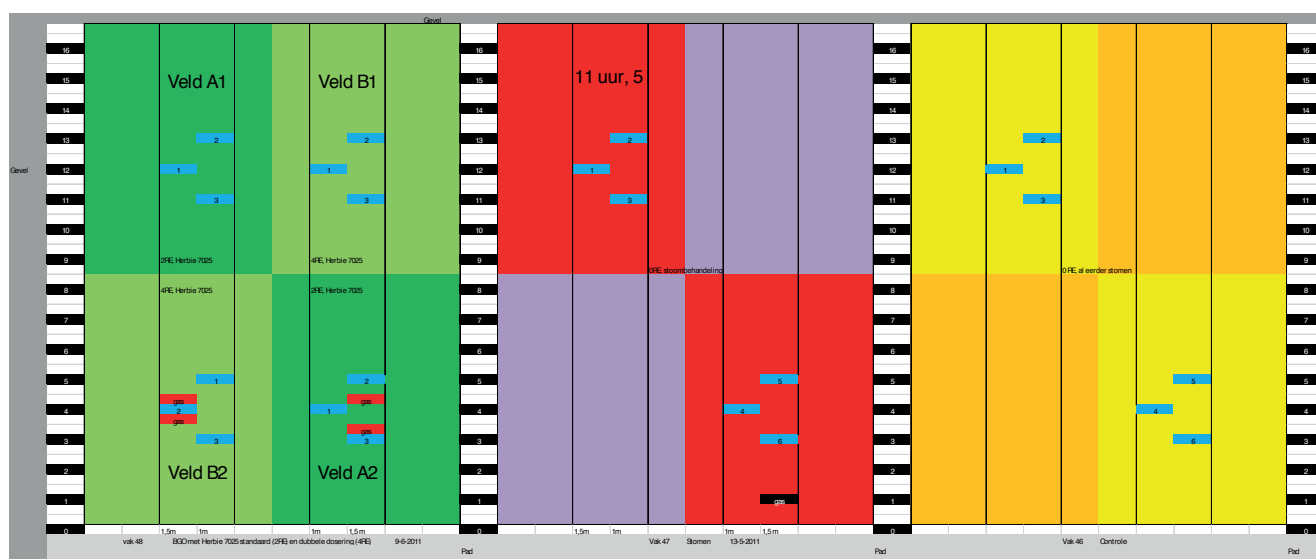
6.1.2.2 Herbie 7025

Het experiment is uitgevoerd met het product Herbie 7025 van ThatchTec B.V. uit Wageningen. Dit restproduct is afkomstig uit de voedselverwerkende industrie en werd tijdens het experiment toegepast in twee doseringen: een standaarddosering van 2 gram ruw eiwit per liter grond (2 RE) en een dubbele dosering van 4 gram ruw eiwit per liter grond (4 RE). De doseringen zijn met de hand aangebracht in een homogene laag op de te behandelen grond.

6.1.2.3 Uitvoering van het experiment

Het experiment is gestart met het monitoren en vaststellen van het effect van stomen op 13-5-2011 in vak 47. Vervolgens is het experiment naar het effect van biologische grondontsmetting uitgevoerd op 9-6-2011 in vak 48. Als controleperceel is vak 46 gekozen. Dit vak is ook gestoomd en er is ook Vydate (oxamyl) toegepast.

De vakken zijn ingedeeld in velden. Per veld zijn plaatsen geselecteerd waar pathogen- en plaagorganismen zijn ingegraven. Op deze plaatsen is ook bemonsterd gedurende het proces en voor en na behandeling.



Figuur 7: Schematische weergave van de proefpercelen

6.1.2.3.1 Stoomexperiment

Het stoomexperiment is uitgevoerd in vak 47. Dit vak grenst aan het vak waar Bodemresetten is toegepast. Het stomen is uitgevoerd met 5,5 m³ per m². Voorafgaand aan het stomen is het nematicide Vydate (oxamyl) toegepast. Het middel is meegestoomd. Deze behandeling kan ook een effect hebben op de overleving van ziekten en plagen. Het stomen is uitgevoerd met een stoomzeil, waterzakken en stoomdrainage. Het stomen is gedurende 11 uur 's nachts uitgevoerd, waarbij door de stoomdrainage de stoom actief door de grond is gezogen.

Op 20 cm diepte is de temperatuur gedurende het proces vastgelegd. Over 4 metingen is een gemiddelde temperatuur van 96.9 °C gemeten, een maximale temperatuur van 104.3 °C en gedurende een aaneengesloten periode van 10 uur is de temperatuur minimaal 100 °C geweest.



Figuur 8: Stomen

Figuur 9: Ingegraven pathogenen en plagen in zakjes en kooitjes

6.1.2.3.2 Biologische grondontsmetting met Herbie 7025

Herbie 7025 is handmatig gedoseerd in twee doseringen: 2 RE (waarbij als maat is gebruikt om 100 L Herbie 7025 per 20 m² te verdelen met emmers) en 4 RE (100 L Herbie 7025 per 10 m²). Na aanbrenge van deze doseringen is het perceel in de lengte gespit. Na het spitten is 15 L water per m² uit de schoonwatersilo toegepast. Vervolgens werd het perceel afgedekt met een heldere VIF-folie (Reyenvas S.A., Spain, 8500x0.04, solarisatiefolie). Deze folie is transparant en zeker 5× minder permeabel voor zuurstof dan een standaard transparante PE-folie. De folie is aan de randen ingegraven (op de grens met vak 47, aan de padzijde en aan de achtergevel). De lange gevelzijde is in eerste instantie niet ingegraven, de betonrand aan deze zijde van vak 48 lag ver boven het maaiveld waardoor ingraven niet heel zinvol leek. Later is er toch voor gekozen om een tweede laag folie over de rand aan te brengen vanwege het feit dat de folie enigszins van de betonrand werd geblazen. Het folie was in sommige gevallen tot zo'n 10-15 cm van de betonrand teruggewaaid. In deze zones kiemde direct onkruid. Gasmetingen hebben geen effect van dit tijdelijk terugwaaien van het folie laten zien op de mate van anaërobie verder in het veld ter plekke van de meetpunten. Desondanks heeft het losliggen van de folie ongetwijfeld een effect gehad op de anaërobie en daarmee samenhangend het effect op ziekten en plagen aan de rand van het perceel.



Figuur 10: Onkruidvorming aan de lange gevelzijde onder het plastic

6.1.2.4 Metingen tijdens Bodemresetten

6.1.2.4.1 Temperatuur

Met behulp van data loggers (Tinytalk) is de temperatuur gedurende het proces van biologische grondontsmetting zowel in het behandelde perceel als in de controle percelen gelogd.

6.1.2.4.2 Gassen

In het overzicht van de vakken 46, 47 en 48 (Figuur 7.) zijn de plaatsen aangegeven waarbij voor, na en gedurende het proces gassen zijn bemonsterd. Er is gemeten met een handmeter van het merk GasAlert Max XT 4-gasdetectie instrument O₂/LEL/H₂S/CO. Dit instrument levert betrouwbare metingen voor O₂ en indicatieve metingen voor andere gassen (H₂S, CO en LEL (CH₄)).

Daarnaast zijn bruine glazen 1-L-flessen voorzien van een bakelietendop waarop twee metalen kraantjes zijn gezet gebruikt om gassen te verzamelen en deze te laten analyseren bij PPO AGV te Lelystad. Voor het nemen van deze gasmonsters zijn PVC-buisjes met gaatjes op een diepte van 25 cm ingegraven. De buisjes zijn verbonden met slangetjes die onder het plastic uit zijn geleid. Waar de slangetjes uit het plastic zijn geleid is het plastic met duct-tape gedicht. De slangetjes zelf zijn tussen metingen afgedicht met een slangenklem. Voor het meten van de concentraties met de handmeter is de meter direct aan het slangetje gekoppeld. Voor de gasmonsters van 1 L is een vacuümpomp gebruikt die werd verbonden aan een van de twee kraantjes. Het andere kraantje is aangesloten op de slang verbonden met buisje in de grond. Vervolgens zijn beide kraantjes geopend en is de lucht in de fles vervangen door gassen uit de grond.

Bij PPO-AGV zijn de metingen uitgevoerd met de akoestische milieumeter INNOVA 1412 van LumnaSense Technologies. Deze werkt op basis van infrarood foto-akoestische spectroscopie (PAS). Hierbij worden optische filters gebruikt die specifiek bepaalde gassen detecteren. De volgende gassen werden gemeten: CO₂, N₂O, NH₃, CH₄ en H₂S. De INNOVA 1412 compenseert voor de hoeveelheid waterdamp in het gasmengsel. Tevens compenseert dit apparaat voor interfererende gassen zodat de waarden onafhankelijk zijn van de aanwezigheid van andere gassen. De meter is nauwkeurig binnen een temperatuurrange van -20 tot +70 °C en een RV van 0-95%. (Runia *et al.* 2011). De metingen zijn steeds in drievoud uitgevoerd.



Figuur 11: Gasmeting met de handmeter en de monster fles voor 1 L gasmonsters.

6.1.2.5 Inoculum

Om vast te kunnen stellen wat het effect is op de doelorganismen gedurende de tijd zijn pathogenen en plagen ingegraven in zakjes en kooitjes.

De plantenpathogene schimmel *Verticillium dahliae* en het plantenparasitaire wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne* spp.) zijn in fijnmazige zakjes gedaan met een maaswijdte van 50 µm. Het inoculum bestond uit met *Verticillium dahliae* geïnfecteerde tomatenstengels die in het voorgaande jaar (2010) waren verzameld bij een biologische teler met ernstige symptomen van *Verticillium dahliae*. De stengels zijn verzameld en geselecteerd, vervolgens vermalen en gehomogeniseerd tot een fijngemalen inoculum met daarin forse aantallen microsclerotiën, de overlevingsstructuren van *Verticillium dahliae*. Per zakje is 2 gram inoculum gebruikt.

Het inoculum voor de nematoden was afkomstig van het bedrijf waar de proef is uitgevoerd. Er zijn kluitjes met aangetaste wortels verzameld. De wortels zijn van grond ontdaan door te wassen met leidingwater. De wortels met daarin de wortelknobbelaaltjes zijn verknijpt, gehomogeniseerd en vermengd en de zakjes zijn gevuld met 2 gram wortelmateriaal.

De effecten van Bodemresetten op de overleving van onkruid zijn ook onderzocht. Bestudeerd werden de overleving van zaden van *Stellaria media* (Vogelmuur), wortelstokken van *Aegopodium podagraria* (Zevenblad) en van *Equisetum arvense* (Heermoes).

De tripspoppen (*Franklinella occidentalis*) en wortelduizenpoten (*Scutigerella immaculata*) zijn in kooitjes blootgesteld aan de omstandigheden gedurende Bodemresetten. De kooitjes zijn gemaakt van plastic bakjes die ook in de voedselverwerkende industrie worden gebruikt. In de deksel en de bodem van de transparante plastic bakjes is een gat geboord met een diameter van 5 cm, waarna de gaten zijn beplakt met fijn insectengaas.

De tripspoppen zijn als laatste stadium tripslarve (L2) verzameld en op een verse (biologische geteelde) spercieboon geplaatst. De boon is in het kooitje geplaatst en gedurende enkele dagen in de klimaatkast geplaatst bij 25 °C. De larven hebben zich ontwikkeld op de boon via het prepopstadium tot het popstadium voor toepassing in het experiment. Het popstadium heeft geen wezenlijk ander uiterlijk dan het larvestadium. Ook treedt er geen echte metamorfose op.

De wortelduizendpoten zijn verzameld bij een trekheesterteler met ernstige problemen in de teelt van *Viburnum* in potten. Er zijn grote aantallen planten uit de potten verzameld, waarbij de wortelduizendpoten zijn opgezogen met een hulpmiddel dat doorgaans wordt gebruikt om trips mee te verzamelen. De kooitjes zijn gevuld met een laagje grond die op het bedrijf als voorraad lag. De wortelduizendpoten zijn direct toegevoegd aan deze grond.

De diverse zakjes en kooitjes met respectievelijk met inoculum van pathogenen en individuen van plagen zijn na het doorspitten van de Herbie ingegraven in het perceel op een diepte van 25 cm. Dit is ook gedaan voor de stoombehandeling. Daar zijn voor het afdekken met het stoomzeil en na het spitten zakjes ingegraven op een diepte van 25 cm.

6.1.2.6 Bemonstering

Om een inschatting te maken het afdodend effect van Bodemresetten in de loop van de tijd zijn er oogsten gedaan op diverse tijdstippen. Er zijn zakjes opgegraven na de stoombehandeling en tijdens het Bodemresetten na 5, 10, 14, 21 en 28 dagen. Op deze tijdstippen zijn ook telkens zakjes uit het controleperceel geoogst. De kooitjes met tripspoppen en met wortelduizendpoten zijn gedurende 14 dagen blootgesteld aan Bodemresetten. Ook is vastgesteld wat de overleving is van tripspoppen en wortelduizendpoten is bij een stoombehandeling en zijn er kooitjes ingegraven in het controleveld om de natuurlijke sterfte vast te stellen.

Bij het opgraven van de zakjes en kooitjes is lokaal een opening gemaakt in het plastic. De zakjes en kooitjes zijn in groepjes ingegraven om het grondontsmettingsproces zo min mogelijk te verstoren. Voor het aanbrengen van de snede in het folie is een PVC-ring geplaatst om diffusie van gassen zo veel mogelijk tegen te gaan. Naast het "oogsten" van de zakjes is er op hetzelfde moment ook bemonsterd voor minerale samenstelling en bodemvoedselwebanalyses van de grond gedurende het proces van biologische grondontsmetting met Herbie 7025. Op elke monsterplaats is twee maal 0.5 L grond verzameld voor de eerder genoemde bodemanalyse. De monsters zijn gekoeld in een gesloten monsterzak bewaard.

Nadat alle benodigde handelingen op een monsterplaats verricht zijn, is het folie weer luchtdicht gemaakt met een laag duct tape om het proces niet verder te verstoren.



Figuur 12: Maken van een opening in de folie

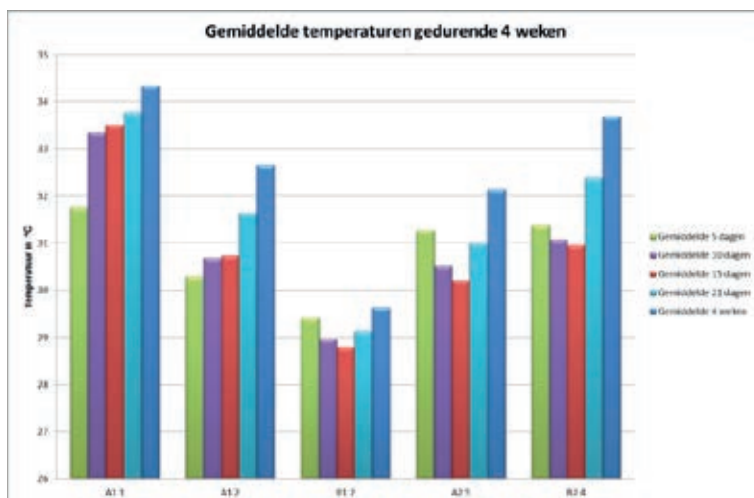
Figuur 13: Afsluiten van de opening na bemonstering

6.1.3 Resultaten

6.1.3.1 Metingen

6.1.3.1.1 Temperatuur

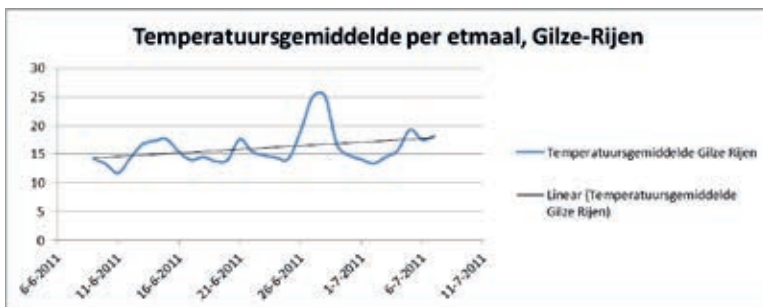
Gedurende de 4 weken dat het experiment heeft gelopen is een deel van de dataloggers nat geworden. Hiermee is een deel van de metingen verloren zijn gegaan doordat de dataloggers zijn geoxideerd. De minimale temperatuur voor de velden waarin bodemresetten is toegepast is 22 °C geweest. In een veld met de hoge dosering van 4 RE is toegepast is een maximum gemeten van 45 °C. Gemiddeld lag de bodemtemperatuur in de velden (hoge en lage dosering) en gedurende het gehele experiment op 32,5 °C.



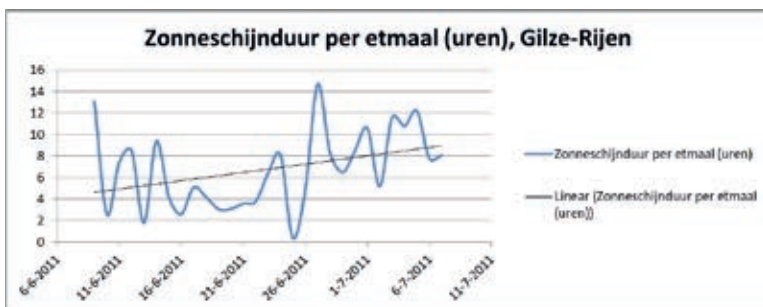
Figuur 14: Gemiddelde temperaturen per veld (A is lage dosering (2RE) en B is hoge dosering (4RE)) en bemonsteringstijdstip

Er zijn geen metingen van het controleveld tijdens het proces van Bodemresetten. Alleen van 13 mei 2011 zijn metingen beschikbaar van de bodemtemperatuur voorafgaand aan het stomen. Dit geeft een indicatieve waarde van de temperatuur in het controleveld. De gemiddelde bodemtemperatuur over 4 meetpunten was daarbij 25 °C, met een minimumtemperatuur van 20 °C en een maximumtemperatuur van 30 °C.

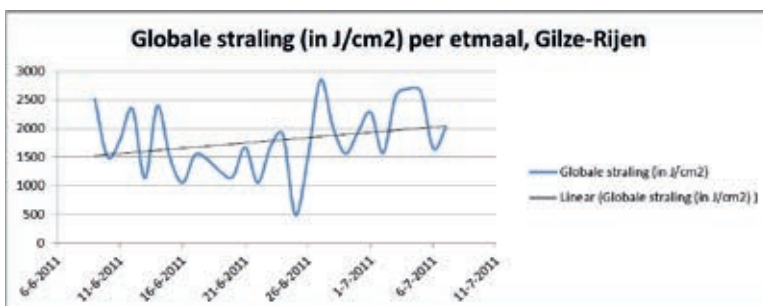
Op basis van de gemiddelde bodemtemperaturen tijdens Bodemresetten in de loop van de tijd (Figuur 14.) is er geen verband tussen dosering en bodemtemperatuur. Er lijkt een geringe toename in bodemtemperatuur te zijn na 15 dagen incubatie; op het eerste gezicht zou dit toegeschreven kunnen worden aan de hoge microbiële activiteit die het Bodemresetten met zich meebrengt, maar in dat geval zou de temperatuur bij de hoge dosering hoger moeten zijn dan die bij de lage dosering. Het is daarom waarschijnlijker dat de toename in bodemtemperatuur toe te schrijven is aan variatie in instraling en luchttemperatuur. Dit wordt ook bevestigd aan de hand van weerdata van het KNMI. Zowel de gemiddelde etmaaltemperatuur, de hoeveelheid straling per dag (J/cm^2) en de duur van de straling per dag namen in de periode van het experiment toe. Er is gebruik gemaakt van de weerdata van het KNMI, weerstation Gilze-Rijen (350), www.knmi.nl. Dit geeft voldoende aanleiding om aan te nemen dat de oplopende bodemtemperatuur het gevolg is van het buitentemperatuur en zonnestraling.



Figuur 15: Gemiddelde etmaal temperatuur, weerdata van het KNMI, weerstation Gilze-Rijen (350), www.knmi.nl



Figuur 16: Zonneschijnduur per etmaal (uren), weerdata van het KNMI, weerstation Gilze-Rijen (350), www.knmi.nl

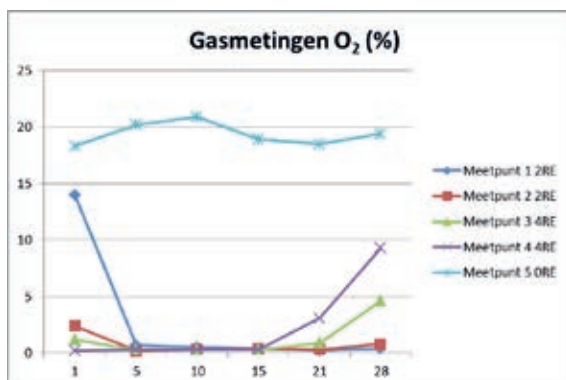


Figuur 17: Globale straling per etmaal in (J/cm²), weerdata van het KNMI, weerstation Gilze-Rijen (350), www.knmi.nl

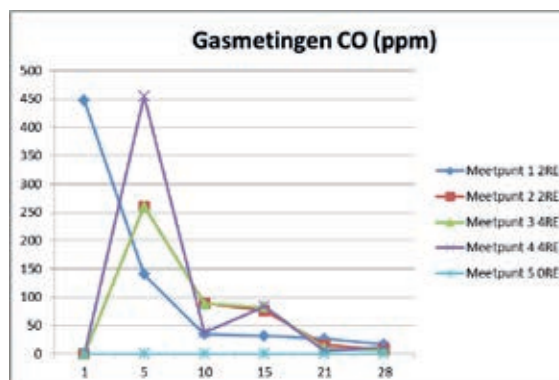
6.1.3.1.2 Gassen

6.1.3.1.3 Metingen met de handmeter GasAlert Max XT

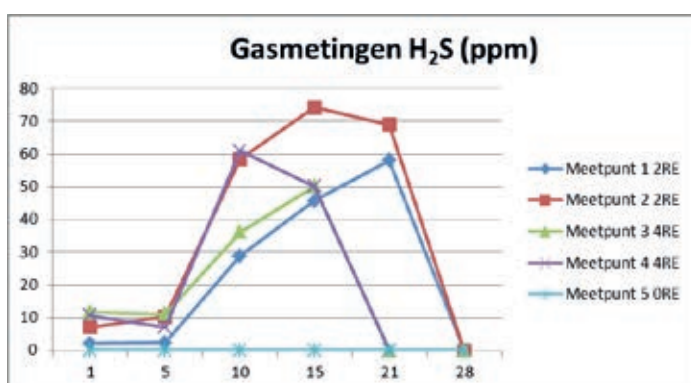
Ondanks dat uit een vergelijking door PPO-AGV is gebleken dat de meting van CO en H₂S met een handmeter sterk af kan wijken van de reële waarde, geeft dit wel een indicatie van het stadium van anaerobe vertering dat bereikt is. De zuurstofmetingen zijn wel nauwkeurig, maar de meetcellen voor de parameters H₂S, CO en LEL (CH₄) raakten snel verzadigd of meetwaarden bleken het meetbereik te overstijgen.



Figuur 18: Zuurstofconcentratie gedurende Bodemresetten (meetpunt 5 is in het controleveld aangebracht)



Figuur 19: Koolstofmonoxide-metingen (CO) gedurende Bodemresetten (meetpunt 5 is in het controleveld aangebracht)

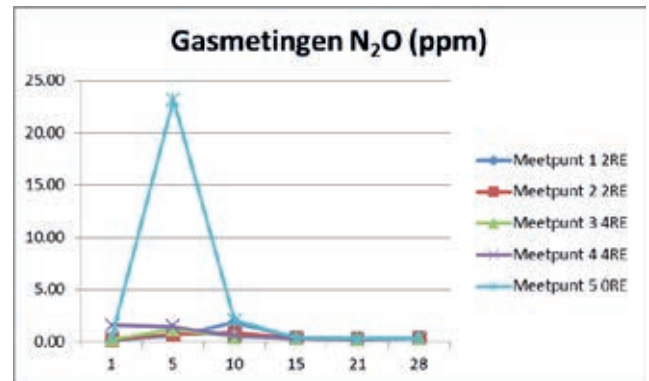
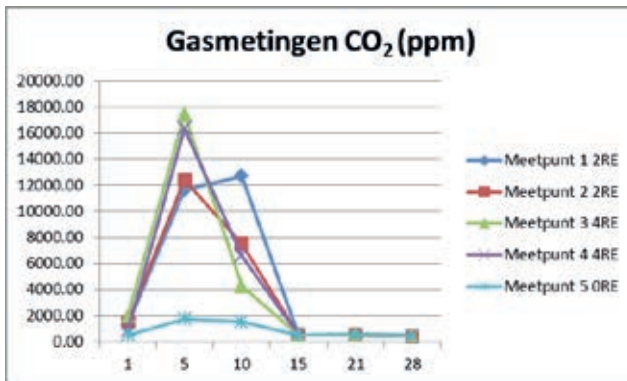


Figuur 20: H₂S-metingen gedurende Bodemresetten (meetpunt 5 = controleveld)

Opmerkelijk is de snelle teruggang van de zuurstofconcentratie in alle behandelingen met Bodemresetten. Bij de hoge dosering Herbie 7025 (4RE) is na 1 nacht (dus binnen 24 uur) de zuurstofconcentratie lager dan 1%. De lage dosering (2RE) hadden daar iets meer tijd voor nodig. Na 5 dagen Bodemresetten waren alle zuurstofconcentraties in de behandelde percelen lager dan 1%. De zuurstofconcentraties in de grond in het controleperceel bleven steeds op 20%. Bij de hoge dosering van 4RE bleek de zuurstofconcentratie eerder op te lopen dan bij de lage dosering 2RE. Dit kan verklaard worden doordat de meetpunten van de 4RE-behandelingen het dichtst bij de gevel liggen of dat het proces van anaerobe omzetting in het perceel met de hoge dosering anders verloopt.

Ten aanzien van koolmonoxide (CO) liggen de pieken in de eerste 10 dagen. Op 25 cm diepte in het controleveld wordt geen CO gemeten. Zoals gesteld zijn de besproken CO-waarden indicatief. Ditzelfde geldt voor de metingen van H₂S. De pieken bij de hoge dosering (4RE) liggen na 10-15 dagen, de pieken voor de lage dosering van 2 RE komen later, na 15-21 dagen. Dit correspondeert goed met de toename van de zuurstofconcentratie na 15 dagen bij 4RE.

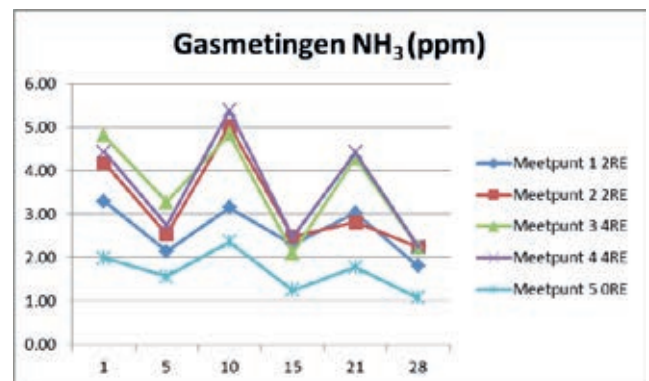
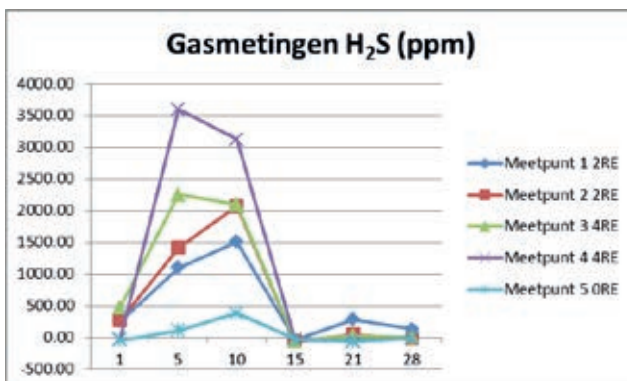
6.1.3.1.4 Metingen in de glazen flessen met gevalideerde akoestische milieumeter INNOVA 1412



Figuur 21: CO₂-metingen gedurende Bodemresetten (meetpunt 5 = controleveld)

Figuur 22: Lachgas-metingen (N₂O) gedurende Bodemresetten (meetpunt 5 = controleveld)

De metingen met de foto-akoestische meter hebben de resultaten opgeleverd die zijn weergegeven in de grafieken. Echter het bewaren van de gassen en opsturen van de flessen is een niet gevalideerde methode. Uit de metingen in de tijd is een afname van gassen geconstateerd en uit validatie van de methode op het lab blijkt dat de metingen met deze vorm van monsternamen onbetrouwbaar zijn. Concentraties variëren in de tijd, mogelijk lekken gassen uit de flessen of was de dop permeabel. Aan de hand van deze metingen kunnen dus net als aan de hand van de metingen met de handmeter geen conclusies worden verbonden.



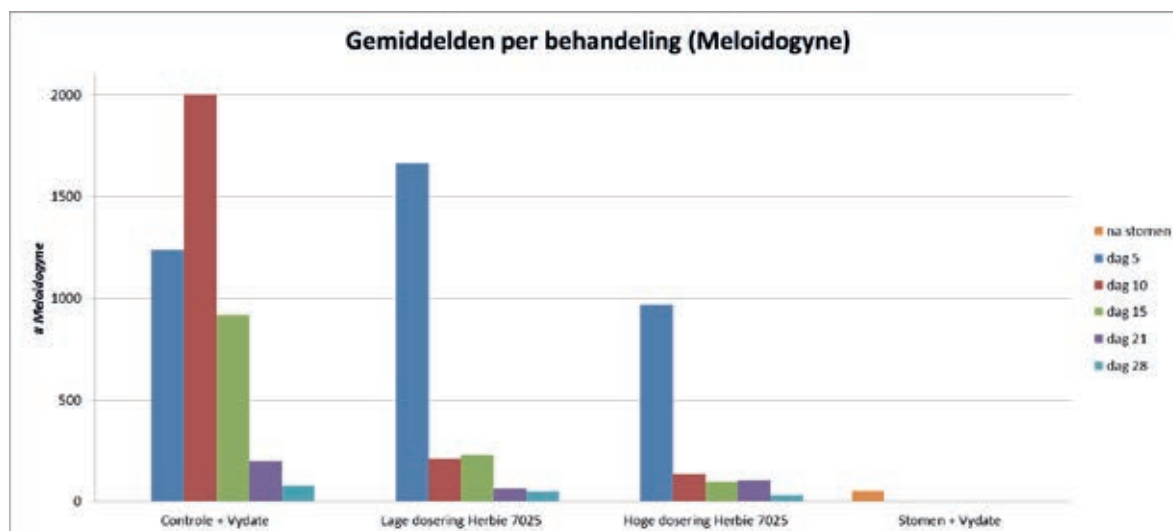
Figuur 23: H₂S-metingen gedurende bodemresetten (meetpunt 5 = controleveld)

Figuur 24: NH₃-metingen gedurende bodemresetten (meetpunt 5 = controleveld)

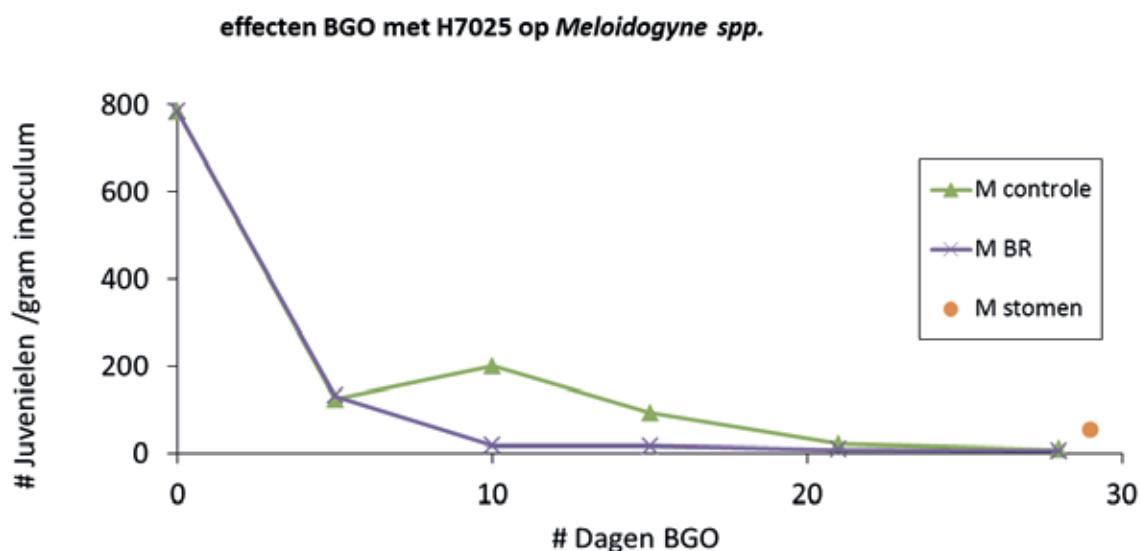
Opmerkelijk zijn verschil en tevens overeenkomsten tussen de metingen met de handmeter GasAlert Max XT en de metingen met de akoestische milieumeter ten aanzien van H₂S. Hetzelfde patroon treedt op bij beide meetmethoden. Maximale pieken van H₂S treden voor de hoge doseringen (4RE) eerder op dan voor de lage doseringen (2RE). Echter bij de akoestische milieumeter liggen de pieken vele malen hoger en 5-10 dagen eerder dan bij de handmeter.

6.1.3.2 Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op *Meloidogyne* spp.

Er blijkt een duidelijk effect van Bodemresetten op de overleving van wortelknobbelaaltje (Figuur 25, 26). Voor zowel 2RE als 4RE treedt doding op tussen 5 en 10 dagen na start van Bodemresetten. Hoewel het effect van 4RE wat sterker lijkt dan dat van 2RE (Figuur 25.) is dit statistisch niet significant. Bij de controlemetingen trad een toename in aantal juvenielen op met de tijd en vervolgens een afname. Ditzelfde fenomeen werd ook waargenomen voor *Verticillium dahliae* (zie §4.3).



Figuur 25: Effect van Bodemresetten in twee doseringen op *Meloidogyne* spp. in vergelijking met een stoom- en controlebehandeling.



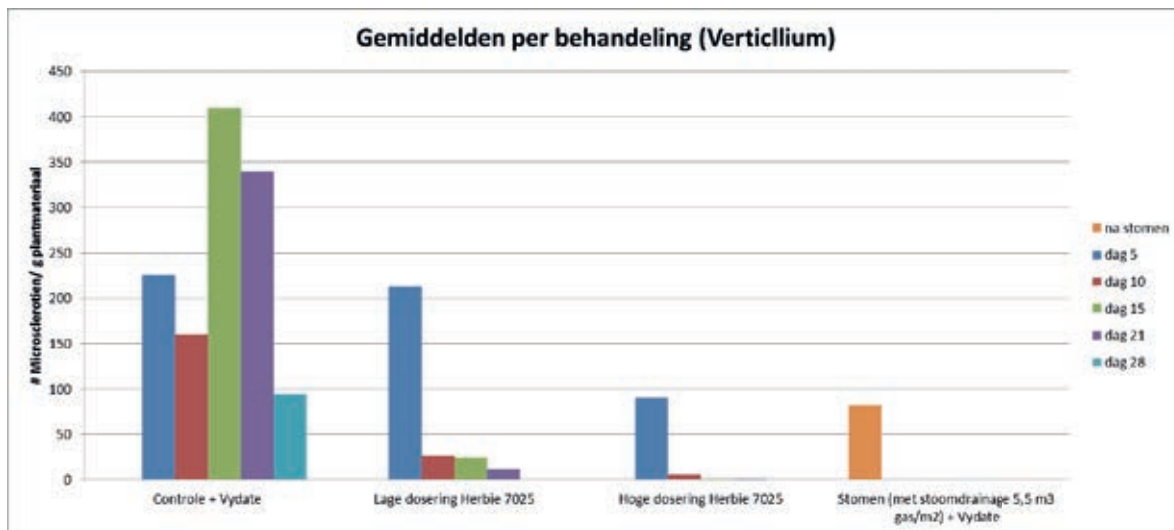
Figuur 26: Effect van Bodemresetten op *Meloidogyne* spp.

6.1.3.3 Effect van bodemresetten met Herbie 7025 op *Verticillium dahliae*

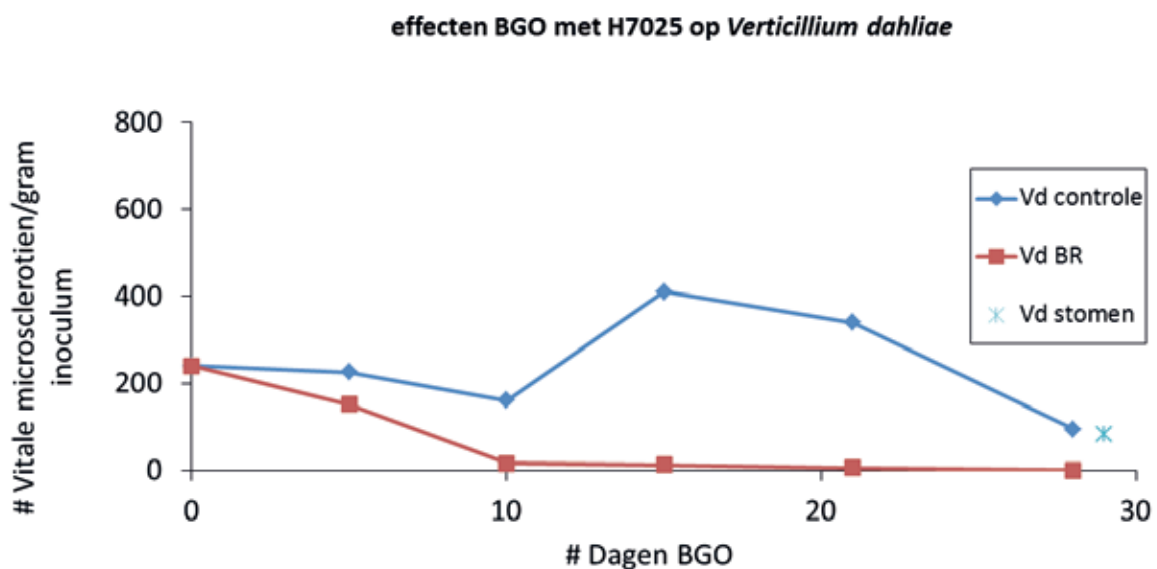
Net als bij de resultaten van *Meloidogyne* spp. is een duidelijk effect waarneembaar in de periode tussen 5 en 10 dagen na start van Bodemresetten (Figuur 27, 28). Vanaf 10 dagen na start heeft Bodemresetten een sterker effect op *Verticillium dahliae* dan een stoombehandeling met stoomdrainage.

De hoge dosering 4RE heeft een sterker effect op het aantal vitale microsclerotiën dan de lage dosering 2RE.

Net als bij *Meloidogyne* (§ 4.2) is het opmerkelijk dat bij de controlemetingen na 10 dagen een toename optrad en daarna een afname. Dit fenomeen is ook al vaker bij andere experimenten waargenomen.



Figuur 27: Effecten van bodemresetten in twee doseringen op microclerotien van *Verticillium dahliae*



Figuur 28: Effect van Bodemresetten op *Verticillium dahliae*

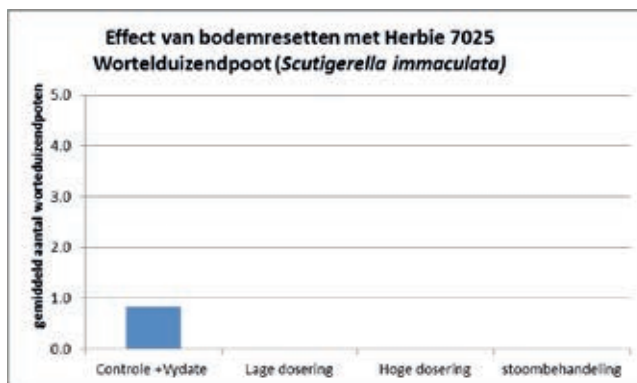
6.1.3.4 Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op Wortelduizendpoot (*Scutigerella immaculata*)

Gedurende dit experiment is er gekeken naar het effect van bodemresetten met Herbie 7025 op de overleving van wortelduizendpoten. In het veld, bij een Viburnum-teler met zware aantasting, is een 10-tal wortelduizendpoten verzameld en in het kooitje, waarin een beetje grond is gedaan, gestopt. De grond in de kooitjes was niet gestoomd. Na een behandeling van 14 dagen zijn de kooitjes in tulgrenstrechter leeggestort en zijn alle levende organismen per monster opgevangen in alcohol. Deze trechters worden in een opstelling onder een gloeilamp geplaatst waarbij de bodemorganismen als gevolg van warmte, indrogen van de grond en het licht zelf zullen weg migreren van de lamp. Aan het uiteinde van de trechter wordt een buisje met alcohol bevestigd waarin de overlevende dieren worden opgevangen.



Figuur 29: Tulgrensopstelling

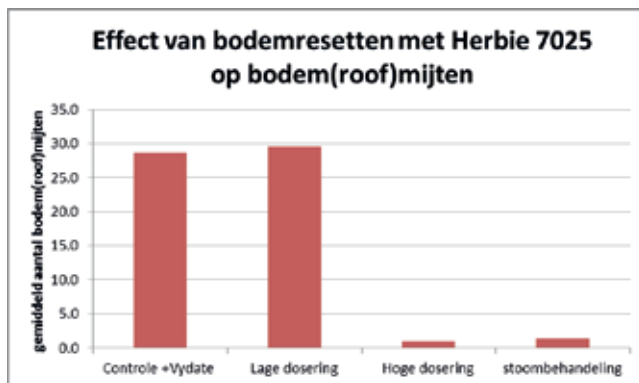
Deze monsters zijn onder de binoculair beoordeeld. Er lijkt een effect waarneembaar, maar de overleving van wortelduizendpoten gedurende dit experiment was ook in de controle zeer klein. In de behandeling grondstomen en de behandelingen hoge en lage dosering Bodemresetten zijn geen levende individuen meer teruggevonden. Door de geringe hoeveelheden konden geen significante verschillen tussen controle en andere behandelingen vastgesteld worden.



Figuur 30: Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op de overleving van wortelduizendpoten *Scutigera immaculata*

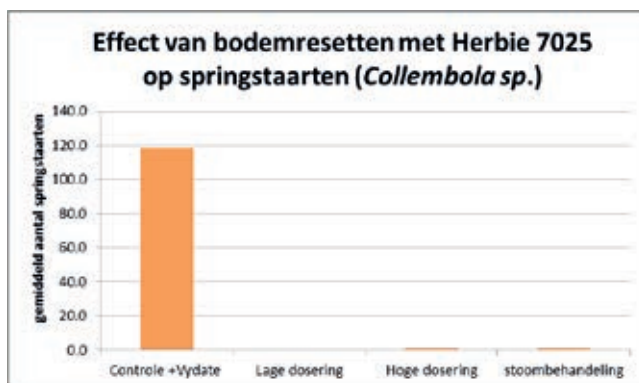
6.1.3.5 Effect van bodemresetten met Herbie 7025 op andere bodemorganismen

In het experiment beschreven in § 4.4 is gebruikt gemaakt van grond van het bedrijf dat is gebruikt om wortelduizendpoten te verzamelen. Deze grond is niet ontsmet en heeft een natuurlijke populatie bodemfauna. Bij het waarnemen na de behandeling van de monsters in de tulgrensopstelling zijn ook diverse andere bodemorganismen gekwantificeerd. In Figuur 31. en 32. is het effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op de overleving andere bodemorganismen zoals bodem(roof)mijten en springstaarten (*Collembola* sp.) te weergegeven. Bij de beoordeling van het effect van Bodemresetten op wortelduizendpoten is ook gekeken wat het effect is van deze behandeling op andere organismen die van nature in een bodem aanwezig kunnen zijn. In Figuur 31. is het effect van Bodemresetten weergegeven op bodemroofmijten. Bij de behandeling grondstomen en de behandeling hoge dosering met Herbie 7025 zijn nog nauwelijks levende individuen waarneembaar in de monsters. De waargenomen aantallen in de controlebehandeling verschillen duidelijk die van de stoombehandelingen en van de behandeling met de hoge dosering Herbie 7025. Opmerkelijk is het verschil in effect tussen de lage en de hoge dosering Herbie 7025. Hieruit zou geconcludeerd kunnen worden dat niet alleen zuurstofloosheid een rol speelt in effect op bodem(roof)mijten. Ondanks dat de verschillen tussen de behandelingen significant zijn, maar de organismen niet in een vaste hoeveelheid aan de grond zijn toegevoegd, kan een natuurlijk verdeling een rol spelen in de resultaten.



Figuur 31: Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op de overleving van bodem(roof)mijten.

Een enigszins vergelijkbaar effect werd waargenomen voor de natuurlijke populatie van springstaarten in de grond in de kooitjes. Bij beide doseringen Bodemresetten en de stoombehandeling werden geen of nauwelijks springstaarten aangetroffen. In het controlemonster zijn nog wel veel levende exemplaren geteld.



Figuur 32: Effect van bodemresetten met Herbie 7025 op de overleving van springstaarten (*Collembola sp.*).

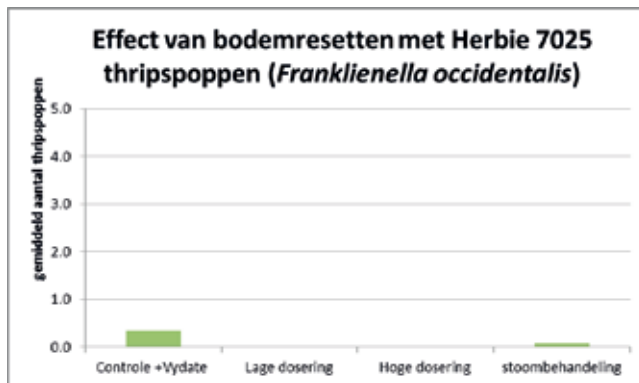
6.1.3.6 Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op het popstadium van trips (*Franklinella occidentalis*)

Gedurende dit experiment is er gekeken naar het effect van bodemresetten met Herbie 7025 op de overleving van tripspoppen van *Franklinella occidentalis*. Na een behandelingsduur van 14 dagen zijn de kooitjes opgegraven. De kooitjes zijn op het lab voorzien van een verse sperzieboon en er is een vangplaatje (5x5 cm) tegen het gaas in het dekseltje van het kooitje (Figuur 33.) geplaatst. De kooitjes zijn gedurende twee weken in een klimaatkast geplaatst bij 25 °C.



Fig.33: Trips-kooitjes voorzien van verse boon en geel vangplaatje

Na 2 weken zijn de vangplaatjes beoordeeld en gescoord op het aantal aanwezige trips-adulten. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 34.



Figuur 34: Effect van bodemresetten met Herbie 7025 op de overleving van het popstadium van trips (*Franklinella occidentalis*).

Er lijkt een effect waarneembaar, maar de overleving van tripspoppen gedurende dit experiment was ook in de controle zeer gering. In behandelingen met beide doseringen Bodemresetten zijn geen levende individuen teruggevonden. Er is daardoor geen sprake van significante verschillen tussen controle en andere behandelingen.

6.1.3.7 Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op onkruiden

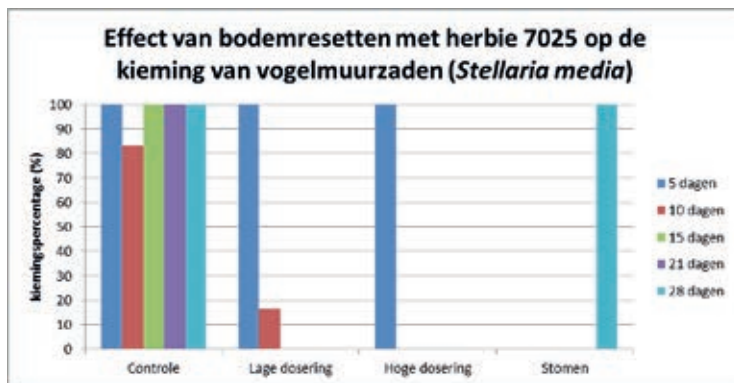
Het effect is vastgesteld op onkruidzaden van *Stellaria media* (Vogelmuur) en op wortelstokken van *Aegopodium podagraria* (Zevenblad) en *Equisetum arvense* (Heermoes). De zaden en wortelstokken zijn direct na het verwijderen van de zakjes uit het veld beoordeeld en gezaaid of geplant in een standaard potgrond. De potjes zijn vervolgens op een tafel in een kas gezet om verder uit te groeien. Na een maand zijn de potten beoordeeld.



Figuur 35: Potten op tafel in de kas (Vogelmuurzaden geogst na 3 weken bodemresetten)

6.1.3.7.1 Vogelmuur (*Stellaria media*)

De zaden van vogelmuur (*Stellaria media*) zijn bij het openen van het zakje beoordeeld of de zaden waren gekiemd. De beoordeling van de kieming en het kiemingspercentage is weergegeven in Figuur 36. Na 5 dagen kiemden zowel in de controle als bij Bodemresetten bij beide doseringen zaden in alle zakjes. Na 10 dagen werd alleen nog bij de lage dosering Herbie 7025 kieming waargenomen in een deel van de zakjes en na 15 dagen Bodemresetten trad in het geheel geen kieming meer op, terwijl de zaden in de controle wel 100% kiemden. Opmerkelijk is dat de stoombehandeling geen effect had op de kieming van de zaden in de zakjes. Dit is in overeenstemming met resultaten van Pratt *et al.* (1984) die hoge overleving van aan hitte blootgestelde zaden van Vogelmuur waarnamen.



Figuur 36: Effect van Bodemresetten op de kieming van Vogelmuur (*Stellaria media*).

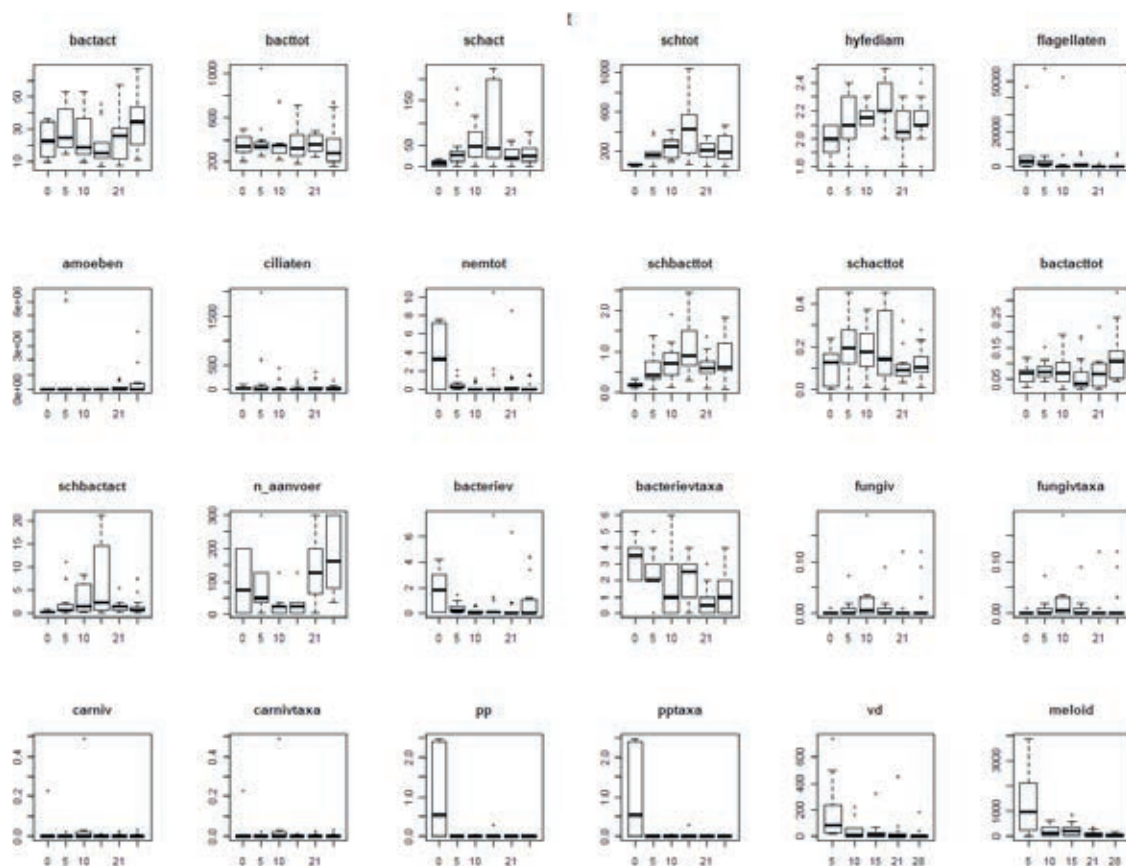
6.1.3.7.2 Wortelonkruiden *Aegopodium podagraria* (Zevenblad) en *Equisetum arvense* (Heermoes).

Voor de wortelonkruiden Zevenblad en Heermoes kunnen geen resultaten weergegeven worden. Bij het openen van de zakjes na de behandeling bleken de wortelstokken sterk beschimmeld (Figuur 37.). Ook na oppotten en vier weken in de kas kwamen beide wortelonkruiden niet op. Ook bij het opgraven van de wortelstokken werden geen uitlopers of kiempjes waargenomen. Op basis van deze resultaten kunnen geen conclusies worden getrokken over het effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op beide wortelonkruiden.



Figuur 37: Beschimmelde wortelstokken van Heermoes (*Equisetum* sp.)

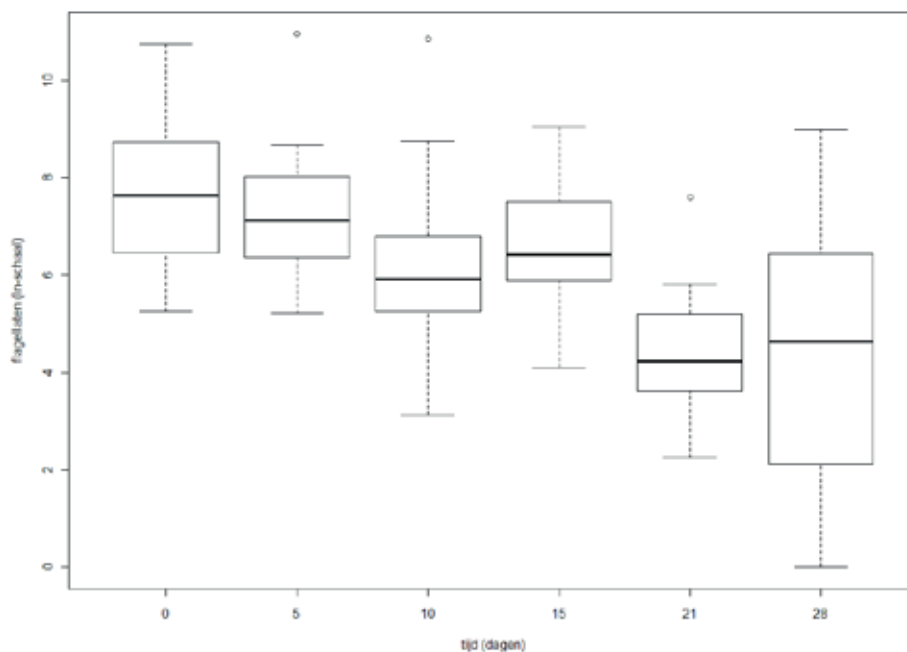
6.1.3.8 Bodemvoedselwebanalyses: effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op het bodemleven



Figuur 38: Het effect van bodemresetten met Herbie 7025 op het bodemleven in de tijd.

In Figuur 38. is het effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op het bodemleven in de tijd weergegeven. Tijdstip 0 is het moment vóór het aanbrengen van het folie. De gestoomde gronden zijn niet onderzocht. In bacterieaantallen (actief: bactact en totaal: bacttot) is er geen trend in de tijd waarneembaar. Ten opzichte van de totale bacterieaantallen is het aantal actieve bacteriën gering; het merendeel van de bacteriën is dus inactief.

Zowel in de actieve (schact) als de totale (schtot) schimmelbiomassa is een opmerkelijke toename te zien in de loop van de tijd. Deze trend is opmerkelijk omdat de verwachting is dat het merendeel van de schimmels niet actief is tijdens Bodemresetten. Zeer waarschijnlijk is dit effect dus geen direct gevolg van Bodemresetten. De grondmonsters zijn na behandelingen en monsternamen gedurende enkele dagen bij 4 °C bewaard in een koelcel. Deze bewaring leidt waarschijnlijk tot een snelle groei van schimmels. Dit blijkt ook uit een bewaarexperiment dat door BLGG AgroXpertus en BLGG Research parallel is uitgevoerd. Deze waarneming kan worden geïnterpreteerd als een snel herstel van de biologische activiteit na beëindiging van Bodemresetten. Ook zijn in alle gevallen de totale hoeveelheid schimmelbiomassa hoger na afdekken van de grond met plastic dan de totale hoeveelheden schimmelbiomassa vóór behandeling.



Figuur 39: Het effect van Bodemresetten BGO met Herbie 7025 op flagellaten in de tijd (op ln-schaal: ln = natuurlijke logaritme).

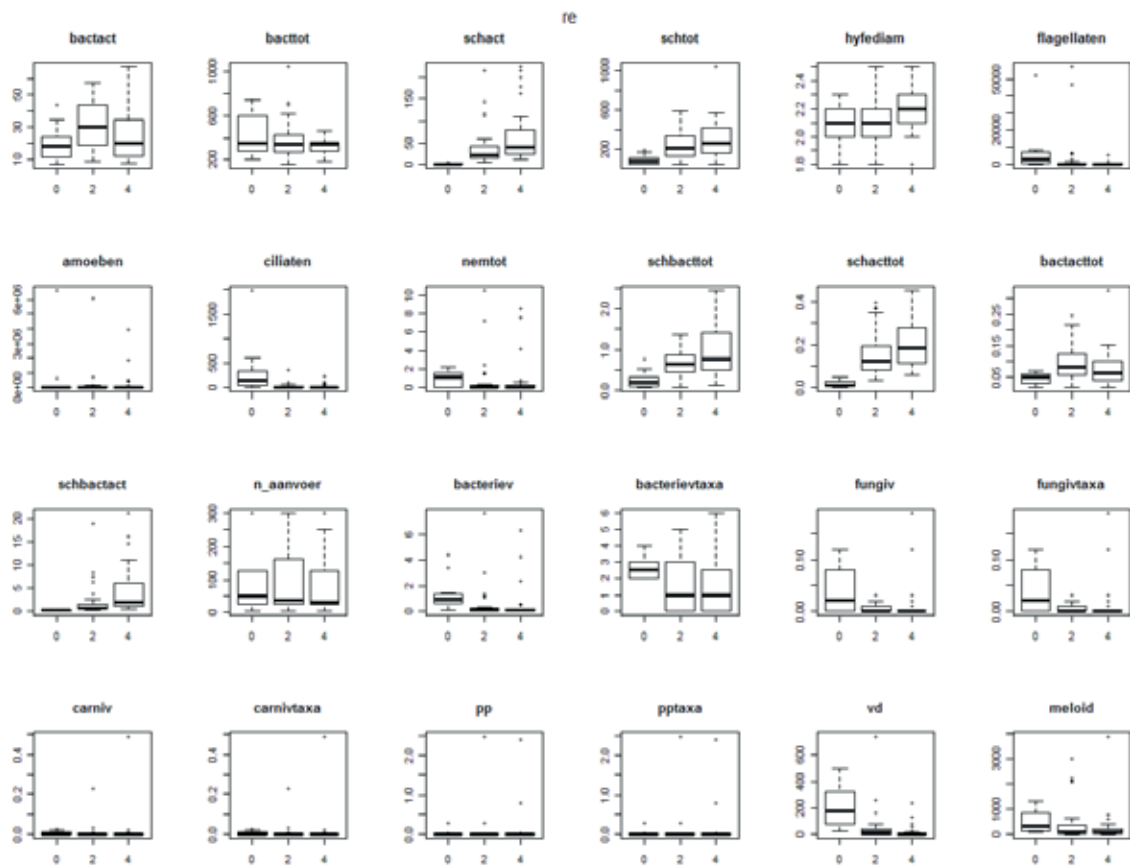
Voor de protozoën (flagellaten, amoeben en ciliaten) valt op dat er grote variatie is in hun aantallen. Zeer hoge aantallen werden met name gevonden voor de flagellaten en de amoeben aan het begin van het experiment of tot 10 dagen na start van bodemresetten. De resultaten van de flagellaten zijn beter uit te drukken na transformatie met de natuurlijke logaritme (ln) (Figuur 39.). De resultaten geven aan dat de flagellaten geleidelijk achteruitgaan met de tijd, maar de variatie is groot. Voor de amoeben en ciliaten leidt een ln-transformatie niet tot interessante resultaten.

De totale aantallen nematoden (nemtot) gaan zeer sterk achteruit direct na start van Bodemresetten. Er zijn echter grote uitzonderingen na 15 en 21 dagen. Dit is waarschijnlijk een gevolg van de bewaring van de monsters na monsternamen. Mogelijk is dus een directe en sterke afname van het totaal aantal nematoden een goede maat voor een goede start van het Bodemresetten, maar dan is directe verwerking van het monster essentieel.

De schimmelbacterieverhoudingen, actief en totaal (schbacttot, schbactact) en de verhouding tussen actieve en totale aantallen bacteriën (bactacttot) en schimmels (schacttot) leveren niet meer informatie dan de afzonderlijke bepalingen.

De aantallen bacterievore nematoden (bacteriev) en het aantal taxa (bacterievtaxa) (ongeveer gelijk te stellen met het aantal soorten) neemt af met de tijd. Er is grote variatie, maar dit komt doordat, in het geval van het product bodemvoedselweb, geringere aantallen aaltjes worden onderzocht dan bij de standaard aaltjesanalyses uitgevoerd door BLGG AgroXpertus. De variatie kan ook verklaard worden door effecten van bewaring. Hiernaar wordt op dit moment aanvullend onderzoek gedaan. De aantallen fungivore (fungiv) nematoden variëren sterk en vertonen overeenkomsten met de variatie in actieve en totale aantallen schimmels met de tijd. De carnivore nematoden (carniv) komen in te geringe hoeveelheden voor om conclusies te kunnen trekken; dit is normaal voor deze functionele groep van nematoden.

Er zijn diverse plantenparasitaire nematoden (pp) in de monsters aangetroffen. Zowel hun totale aantallen als de aantallen soorten (pptaxa) werden zeer sterk gereduceerd onmiddellijk na de start van bodemresetten.



Figuur 40: Het effect van dosering van Bodemresetten met Herbie 7025 op het bodemleven.

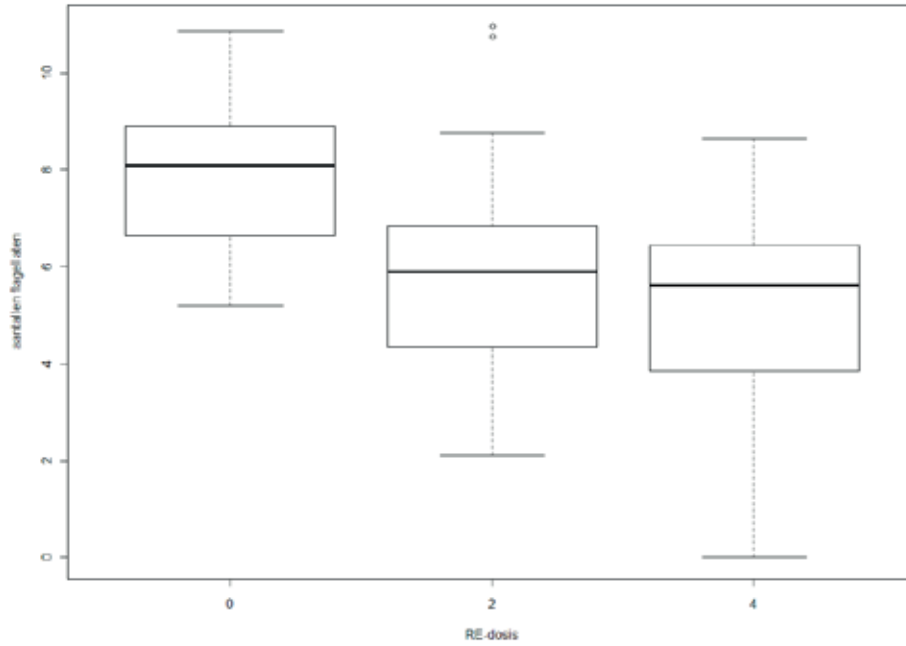
De effecten van dosering op de diverse elementen van het bodemvoedselweb zijn weergegeven in Figuur 40. De bacteriën reageren indifferent. De schimmels lijken gestimuleerd te worden door hoge dosering. Zoals ook is vermeld bij het effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op het bodemleven in de tijd is dit zeer waarschijnlijk het gevolg van de bewaring van de monsters en de geschiktheid van RE als voedselbron voor schimmels. Dit is ook bij deze en andere proeven waargenomen. Op percelen die met Herbie zijn behandeld komen zwammetjes voor die niet in de onbehandelde percelen voorkomen. Ook bij Herbie dat naast het plastic ligt wordt zeer snel gekoloniseerd door schimmel.



Figuur 41: Zwammen op behandeld perceel na Bodemresetten met Herbie 7022.

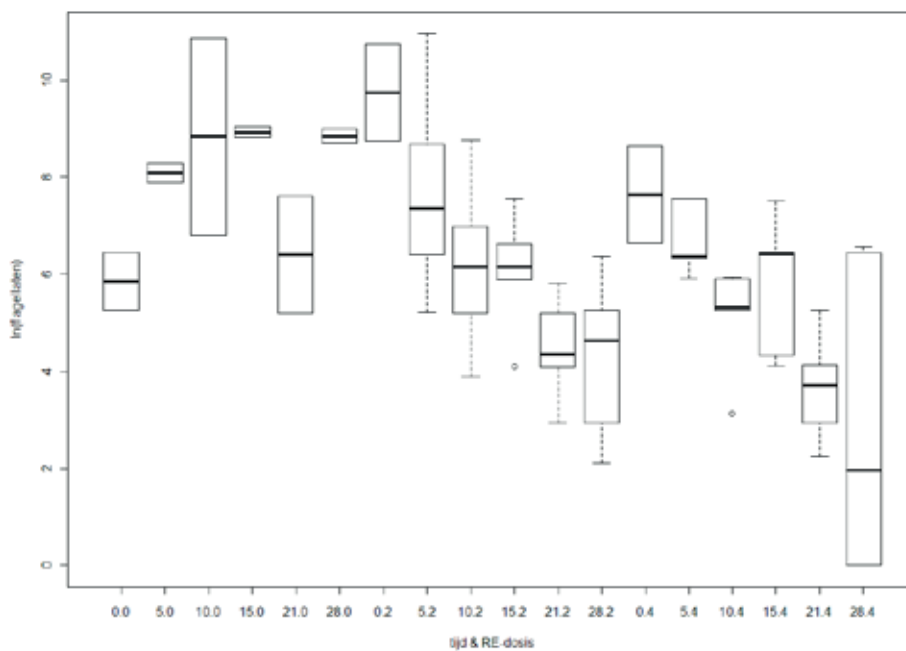


Figuur 42: Snelle kolonisatie van Herbie door schimmels onder aerobe condities.



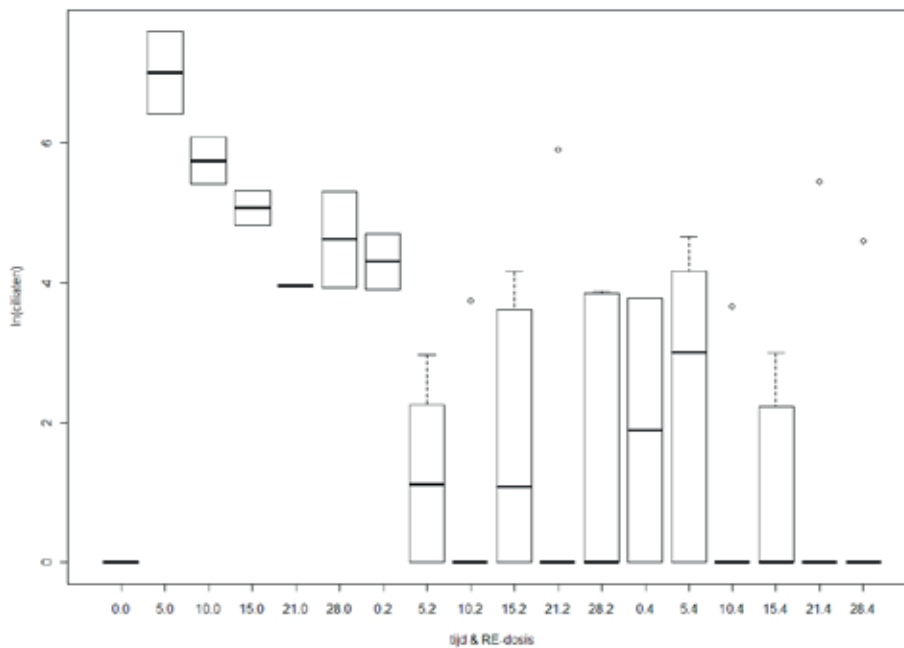
Figuur 43: Het effect van dosering met Herbie 7025 op flagellaten (ln-getransformeerd).

Flagellaten nemen duidelijk in aantal af als functie van dosering met Herbie 7025 (Figuur 43.).



Figuur 44: Het effect van tijd en dosering van Bodemresetten met Herbie 7025 op flagellaten (ln-getransformeerd); x-as geeft tijd-dosering, bv. 10.4 = oogsttijdstip 10 dagen en 4 = dosering 4RE)

In Figuur 44. is het effect van tijd en dosering tegelijk weergegeven. Opmerkelijk is de variatie in behandeling met de controle (dosering 0 RE). Deze variatie kan veroorzaakt zijn doordat in het controleperceel chrysanten geteeld zijn. Mogelijk is de variatie dus ten dele of geheel het gevolg van teelthandelingen. Wat in het oog springt is de duidelijke afname van de flagellaten in de tijd is het effect van dosering. Het aantal flagellaten lijkt een directe correlatie te hebben met tijd en dosering. Het aantal flagellaten is mogelijk een interessante indicator voor het succes van bodemresetten, maar de variatie is nog fors. De verwachting is dat een deel van deze variatie kan worden weggenomen door de bewaarcondities van grondmonsters nader te onderzoeken en de doorlooptijd in het laboratorium te verkleinen.



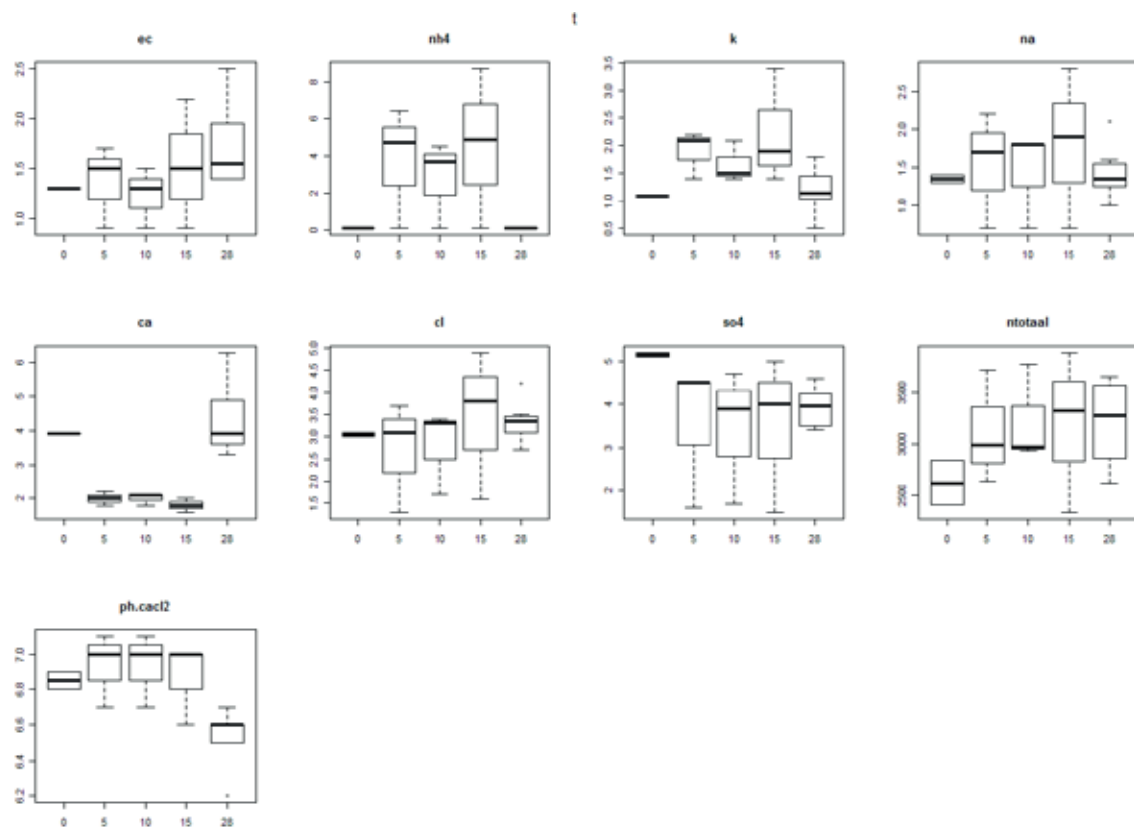
Figuur 45: Het effect van tijd en dosering van bodemresetten met Herbie 7025 op de ciliaten.

De ciliaten (Figuur 45.) nemen in het monster uit het controleperceel met de tijd af. De analyse op tijdstip 0 (geen ciliaten) is niet te verklaren. In de Figuur is een sterke en significante afname te zien van het aantal ciliaten als gevolg van bodemresetten en dit effect is sterker dan bij de flagellaten (Figuur 44.). Hiermee lijkt het aantal ciliaten een directe indicator te zijn voor een juiste uitvoering van bodemresetten, terwijl het aantal flagellaten, waarvan het aantal in de tijd langzamer achteruit gaat, een meer kwantitatieve indicator is voor het succes van de methode. Probleem is wel de voor alle monsters geconstateerd geringe hoeveelheden ciliaten.

De bacterievore nematoden (bacteriev) en het aantal bacterievore taxa (bacterievtaxa) vertonen een gelijke reactie op de dosering als op de tijd. De aantallen die gevonden zijn, zijn gering, maar de effecten zijn dusdanig dat een herhaling waarbij gericht gezocht wordt naar deze nematoden en er grotere aantallen geteld worden wenselijk is.

De hoeveelheid fungivore nematoden (fungiv) nemen (grotendeels) af als gevolg van de dosering, maar de gevonden aantallen zijn erg gering.

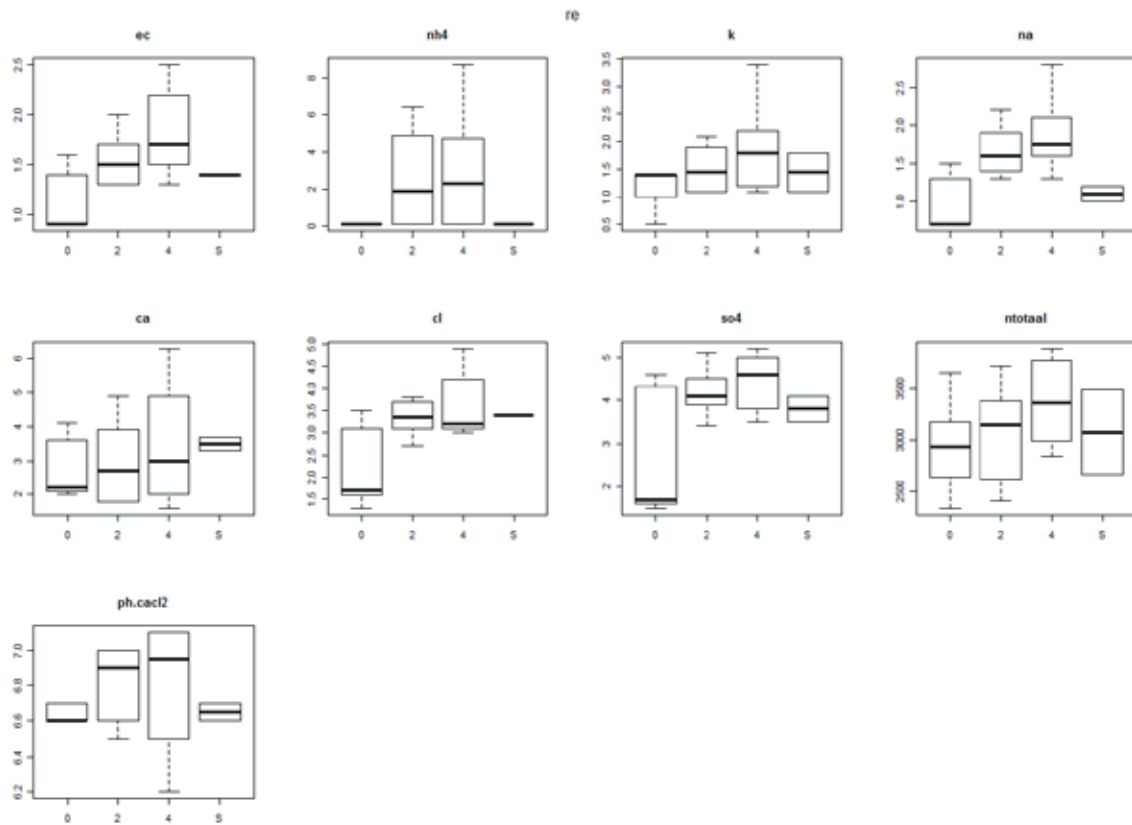
6.1.3.9 Minerale samenstelling van de bodem



Figuur 46: Het effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op de minerale samenstelling van de bodem in de tijd.

Een groot aantal chemische bepalingen is gedaan. In de tijd (Figuur 46.) neemt ammonium (NH_4^+) mogelijk toe als gevolg van mineralisatie van de ruwe eiwitten uit Herbie 7025. Na 28 dagen anaerobe omstandigheden wordt geen ammonium meer gemeten. N-totaal geeft aan dat nog lang niet alle N is gemineraliseerd.

De pH- CaCl_2 vertoont een geringe afname op $t = 28$. Gedurende het proces van biologische grondontsmetting treedt er nauwelijks variatie op in de gemeten parameters.



Figuur 47: Het effect van de dosering met Herbie 7025 op de minerale samenstelling van de bodem.

De interessantste effecten treden op als gevolg van de behandeling met Herbie 7025. Door toedienen van een extra dosering neemt de EC (zoutgehalte) toe, ook de andere mineralen laten een toename zien die correleert aan de dosering. Ook natrium (Na) en chloor (Cl) nemen toe met de dosering. Door stomen is een duidelijke mineralisatie waar te nemen. Dit is een bekend fenomeen wat een snelle weggroei van het gewas na een stoombehandeling verklaard. Er is een duidelijk effect van de dosering op de gemeten concentratie sulfaat (SO_4).

6.1.4 Discussie en aanbevelingen

Dit experiment was uitgevoerd onder praktijkcondities in een kas waar chrysanten worden geteeld. Het doel van het onderzoek was om het effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op de doding van *Verticillium dahliae* en *Meloidogyne* sp. te bepalen in vergelijking met grondstomen en daarnaast na te gaan of er indicatoren zijn die correleren met deze doding.

Indicatoren om snel en efficiënt het effect van Bodemresetten vast te stellen zijn nodig omdat de directe bepaling van plantenpathogenen zeer complex is en in een aantal gevallen te veel tijd kost. Zo duurt de kwantificering van een bodembesmetting met *Verticillium dahliae* 6 weken en is bepaling van een bodembesmetting van plantenpathogene *Fusarium oxysporum* zowel langdurig (ca. 8 weken) als erg duur, omdat hiervoor een biotoets nodig is. Voor de praktijk zijn deze termijnen veel te lang. Een snelle toets waarmee bepaald kan worden of het gewenste effect is bereikt, is daarom noodzakelijk voor teler. Met andere woorden om zorg te dragen een brede acceptatie van de methode in de praktijk zal een snelle en eenvoudige indicator nodig zijn om telers te overtuigen van de goede afloop van het Bodemresetten. Omdat de methode zelf, ten opzichte van grondstomen, al veel tijd vergt, wil de teler zo snel mogelijk na Bodemresetten een nieuw gewas planten. Omdat Bodemresetten afhankelijk is van verschillende factoren die niet direct zijn te beïnvloeden, is het resultaat niet altijd te voorspellen. Om te bepalen of de behandeling effectief is geweest zijn snel te bepalen indicatoren noodzakelijk. Tot nu toe is gebleken dat een zuurstofgehalte geringer dan 1% een voorwaarde is voor succesvol Bodemresetten, maar dit is niet de enige voorwaarde; bodemtemperatuur, fysische bodemeigenschappen,

natuurlijke bacteriepopulatie en andere bodemeigenschappen zijn voorbeelden die ook bepalend zijn voor het slagen van de methode. Daarnaast zou het inzetten van indicatoren ook een rol kunnen spelen bij een evaluatie van Bodemresetten gedurende het proces: levert de indicator dan al een onvoldoende resultaat, dan kan overwogen worden om actie te ondernemen.

6.1.4.1 Doding van plantenpathogenen

Voor zowel *Verticillium dahliae* als voor *Meloidogyne* sp. werden niveaus van doding bereikt hoger dan die verkregen door grondstomen. Deze resultaten werden al na 10 dagen na het toepassen van Bodemresetten bereikt. Dit lage niveau na 10 dagen na start van Bodemresetten nam vervolgens nog verder af, maar 100% doding van eerder genoemde plantenpathogenen werd niet bereikt.

Voor de interpretatie van de gegevens is het op de eerste plaats van belang de doding te vergelijken met de huidig beste bestrijdingsmethode, grondstomen. In zijn algemeenheid geldt dat complete, 100%, doding van bodemgebonden plantenpathogenen onmogelijk is, ook met chemische bestrijdingsmiddelen zoals het al sinds lange tijd verboden methylbromide. De oorzaak dat geen enkele methode volledige doding geeft is dat de stoffen die de doding veroorzaken niet overal en gelijk verdeeld in de grond terecht komen. Zo is transport van stoffen in de grond preferent via de weg van de minste weerstand, dat wil zeggen door de grootste poriën. Is een bodem plaatselijk verdicht, dan dringen stoffen (en dus ook stoom) daar moeilijker in door. Een andere veel aangevoerde reden waarom doding van bodemgebonden plantenpathogenen vaak onvolledig is, is de dieptewerking: iedere methode heeft een bepaalde dieptewerking, maar pathogenen zijn ook vaak tot altijd aanwezig in dieper gelegen lagen. Bij diep wortelende gewassen kunnen deze pathogenen dan weer via de plantenwortels naar hoger gelegen bodemlagen verplaatsen. Tot slot kunnen voor pathogenen toxische stoffen ook worden afgebroken voordat ze hiermee in contact komen door organismen, meestal bacteriën, die voor deze stoffen ongevoelig zijn.

Het resultaat van Bodemresetten was dus in het hier beschreven experiment uitstekend, maar niet volledig. De behaalde resultaten met Bodemresetten zijn van toepassing op het bedrijf waar het experiment heeft plaatsgevonden, met de specifieke bodemeigenschappen (zoals grondsoort en pH) en variabele omstandigheden zoals temperatuur, gewas en instraling. Op basis van de in dit verslag gepresenteerde resultaten zou het zeer riskant zijn om als algemene regel te stellen dat Bodemresetten na 10 dagen tot voldoende doding van de onderzochte plantenpathogenen leidt. Ervaring leert dat de variatie in doding tussen verschillende experimenten groot is. Zo kan een verschil in bodemtemperatuur tijdens het toepassen van de methode er toe leiden dat het effect trager of sneller kan opgetreden.

De hoeveelheden aangetroffen *Verticillium dahliae* en *Meloidogyne* sp. varieerden sterk in de controle. Aangezien deze pathogenen in de grond gedurende vele jaren kunnen overleven werden deze schommelingen niet verwacht. Mogelijk speelt een rol dat de controlebehandeling lag in een veld dat met chrysant beplant werd op het moment dat begonnen werd met Bodemresetten en stomen in de andere velden. Aanwezigheid van plantenwortels heeft uiteraard effect op beide pathogenen. Waarschijnlijk zijn microsclerotieën van *Verticillium dahliae* gaan kiemen en mogelijk hebben ze na kieming naast infectiestructuren ook nieuwe microsclerotieën gevormd, die wellicht meegeteld zijn in de bepalingen. Dat de plant invloed heeft gehad op de bodempathogenen lijkt waarschijnlijk omdat de schommelingen niet gevonden zijn in de besmettingsniveaus in de behandelingen met Bodemresetten.

Ook is het van belang om te benadrukken dat zowel in de stoom- als in de controlebehandeling het nematicide Vydate (oxamyl) is toegepast. Dit middel heeft zeker een effect op de overleving van aaltjes in de controlebehandeling maar kan ook zeker een neveneffect genereren tegen insecten en andere organismen. De variatie en sterfte van de organismen in de controlebehandeling kan dan ook zeker voor een groot deel door deze toepassing van het nematicide worden verklaard.

In eerdere experimenten met *Verticillium dahliae* met een natuurlijk inoculum is ook variatie waargenomen. Dit valt waarschijnlijk voor een groot deel toe te schrijven aan variatie in vitaliteit (kiemkracht) van het inoculum. Het aantal en de grootte van de microsclerotieën verschilt per gewas. Ook zijn in eerdere experimenten (Runia *et al.* 2011) ook toenames van de aantallen microsclerotieën waargenomen in de tijd. Dit kan verklaard worden door de afbraak en het uiteenvallen van plantmateriaal en het daarbij vrijkomen van de microsclerotieën. Ook dit kan een mogelijke verklaring zijn voor variatie in aantallen microsclerotieën.

Ook de resultaten van Bodemresetten op de doding van trips (*Frankliniella occidentalis*), wortelduizendpoot *Scutigerella immaculata*) en andere bodemorganismen laten een overeenkomstig beeld zien kijkend naar de doding van organismen. Voor de insecten en duizendpotigen geldt dat de verschillen klein zijn met de controlebehandeling en dat ook hier de variatie tussen de waarnemingen groot was bij de controle. Mogelijk dat ook hier de toepassing van Vydate (oxamyl) een rol heeft gespeeld. De resultaten laten een trend zien maar de effecten van Bodemresetten en stomen verschillen niet significant van de controlebehandeling. De trend wordt wel bevestigd door de waarnemingen die zijn gedaan aan de hand van de andere bodemorganismen zoals bodem(roof)mijten en springstaarten (*Colembola* sp.). De doding van deze hogere organismen ligt voor de hand vanwege het feit dat de insecten, mijten en wortelduizendpoten en springstaarten in hoge mate afhankelijk zijn van zuurstof.

Bij de experimenten uitgevoerd met de onkruiden lijkt er een effect te zijn op de overleving van zaden van het onkruid Vogelmuur (*Stellaria media*). De zaden kiemen niet meer na een behandeling van 10 dagen Bodemresetten. Opmerkelijk is hier dat de effecten van stomen op de kieming van het zaad nauwelijks merkbaar is. De verwachting was weliswaar dat grondstomen zou leiden tot afsterven van de zaden, maar anderzijds zijn de resultaten wel in overeenstemming met die van Pratt *et al.* (1984), die een zeer sterke hittetolerantie vond van zaden van Vogelmuur.

Het effect op de wortelonkruiden Zevenblad en Heermoes is op basis van dit experiment niet te bepalen. Alle wortelstokken waren na enkele dagen (5) met verschillende behandelingen niet meer vitaal en overgroeid door schimmels. In beide gevallen, dus zowel Zevenblad en Heermoes, konden er geen waarnemingen uitgevoerd worden. De methode zoals die is toegepast is mogelijk onvoldoende.

6.1.4.2 Ontwikkeling van een indicator

De chemische parameters die bepaald zijn lieten grote variatie zien. Enkele gemeten parameters springen direct in het oog en zijn interessant om vast te stellen direct na het toepassen van Bodemresetten. De EC en de meeste mineralen nemen toe bij hoge dosering van Herbie. Dat betekent dat deze bepalingen van groot belang kunnen zijn om goede oogstresultaten in een vervolgteelt te kunnen behalen. Duidelijk is dat samen met het aanbrengen van organische stof in de vorm van Herbie 7025 en als gevolg van de methode van Bodemresetten ook een forse hoeveelheid meststoffen wordt aangevoerd. Deze extra meststoffen kunnen, mits goed gecontroleerd middels analyse, worden gebruikt om extra groei, een sterker gewas en extra productie te generen; ook kan er bespaard worden op aan te wenden meststoffen. Het verdient daarom sterke aanbeveling om met de in Herbie toegepaste nutriënten rekening te houden in het bemestingsplan.

De biologische parameters zijn in het algemeen sterk variabel. Toch blijken er drie groepen goed perspectief te bieden als mogelijke indicator voor het succes van Bodemresetten:

- o ciliaten (een groep behorende tot de protozoën, eencellige, primitieve diertjes): gaan zeer snel achteruit na start van Bodemresetten.
- o flagellaten (een groep behorende tot de protozoën): gaan geleidelijk achteruit na start van Bodemresetten.
- o bacterivore nematoden (een groep van niet-plantenpathogene nematoden die bacteriën eten): zowel hun aantallen als soortenrijkdom gaan geleidelijk achteruit na start van Bodemresetten.
- o plantenpathogene nematoden kunnen ook een goede indicator zijn voor het wel of niet slagen van Bodemresetten. De plantenpathogene nematoden zijn in het laboratorium te bepalen en laten een directe reactie zijn als gevolg van Bodemresetten. Mogelijk kan deze parameter ook indicatief zijn voor de effecten op andere Bodempathogenen.

6.1.4.3 Aanbevelingen

- In de praktijk kunnen de met Bodemresetten aangevoerde meststoffen tot problemen leiden. Streven naar lagere doseringen is daarom aan te bevelen. Daarmee wordt ook de verhoogde kans op emissie door het uitspoelen van hoge EC-waarden en hoge concentraties water-oplosbare mineralen verkleind.
- Telers hebben aangegeven kostprijs te hoog te vinden voor een rendabele toepassing van Bodemresetten. Om de methode van Bodemresetten economische rendabel te maken voor telers is het ook aan te bevelen om met lagere doseringen te experimenteren.

- Er bestaat behoefte in de praktijk aan meer zekerheid van de methode.
 - o Dat vraagt de ontwikkeling van indicatoren waarmee het effect kan worden gemonitord en bepaald.
 - o Ook ten aanzien van de methode kan worden gestreefd naar optimalisatie en daarmee een snellere, maar vooral zekerder methode. Dat betekent dat er voorwaarden op bedrijfsniveau gecreëerd zullen moeten worden om het proces van Bodemresetten zo optimaal mogelijk te laten verlopen. Daarbij kan gedacht worden aan actieve sturing van de temperatuur in de bodem, optimalisatie van de dosering afhankelijk van de natuurlijke anaerobe bodempopulatie of het toevoegen van de gewenste bodembioïologie of een “kweek/ent stap” inbouwen in de methode om de natuurlijke anaerobe flora te stimuleren.
 - o Mogelijk kan een zekerder methode ook het toepassen van lagere doseringen voldoende effectief maken.

6.2 Uitvoering van het experiment: Frisée ‘s Gravenzande 2011

6.2.1 Doel

Dit experiment is uitgevoerd om het effect te bepalen van Bodemresetten met Herbie tegen bodemgebonden ziekten en plagen bij de teelt van grondgebonden glasgroente. Het bedrijf waar het experiment is uitgevoerd op een bedrijf dat is gevestigd ‘s Gravenzande in het Westland. Op het moderne bedrijf van 21.000 m² voornamelijk cv. Frisée van chrysant geteeld. In het voorjaar wordt er ook Chinese kool geteeld. De Frisée wordt jaarrond geteeld. Daarom wordt in de winter wordt het gewas belicht met groeilampen zodat ook dan een mooie kwaliteit Frisée kan worden geoogst.

Ook op dit bedrijf is net als bij het experiment chrysant gekeken naar het effect van *Verticillium dahliae*, maar is ook gekeken naar gewas specifieke ziekten en plagen zoals *Pratylenchus penetrans*, *Sclerotinia sclerotiorum* en slakken. Naast het vaststellen van een direct effect op het bodemvoedselweb is er ook gekeken naar de mogelijkheid van een indicator voor het al dan niet slagen van bodemresetten. Indicatoren zijn nodig om vast te kunnen vaststellen of de ontsmetting is geslaagd, onder ideale omstandigheden is verlopen of kunnen worden gebruikt om het biologisch grondontsmettingsproces te sturen.

6.2.2 Materiaal en methoden

6.2.2.1 Proeflocatie

Het experiment is uitgevoerd op een grondgebonden glasgroente bedrijf. Er is voor dit bedrijf gekozen omdat er een totaal ander gewas wordt geteeld en in een ander deel van het land. Op het bedrijf spelen geen grote problemen. In het voorgaande seizoen hebben zich problemen voor gedaan met trips en het door trips overgedragen Tomatenbronsvlekkenvirus. Bodemgebonden ziekten en plagen zoals schimmels of aaltjes spelen op moment van het experiment geen overtuigende rol op dit bedrijf.



Figuur 48. en 49: Frisée in de kas

Bij de teelt van sla en andijvie (waar Frisée toe behoort) kunnen aaltjes (*Pratylenchus* spp.), schimmels (*Pythium* spp., *Sclerotinia sclerotiorum*, *Microdochium* spp.), maar ook slakken een negatieve hoofdrol spelen. De plagen en ziekten zorgen voor uitval of tenminste groeiremming met als gevolg een langere teeltduur, verminderde kwaliteit en een onoogstbaar product. Dit kan leiden tot forse financiële missers. Op dit bedrijf wordt niet volgens een vast schema gestoomd. Niet alle kappen worden jaarlijks gestoomd, de frequentie is afhankelijk van de ziektedruk. Op het bedrijf is geen stoomdrainage aangelegd en de stoomketel wordt gehuurd.

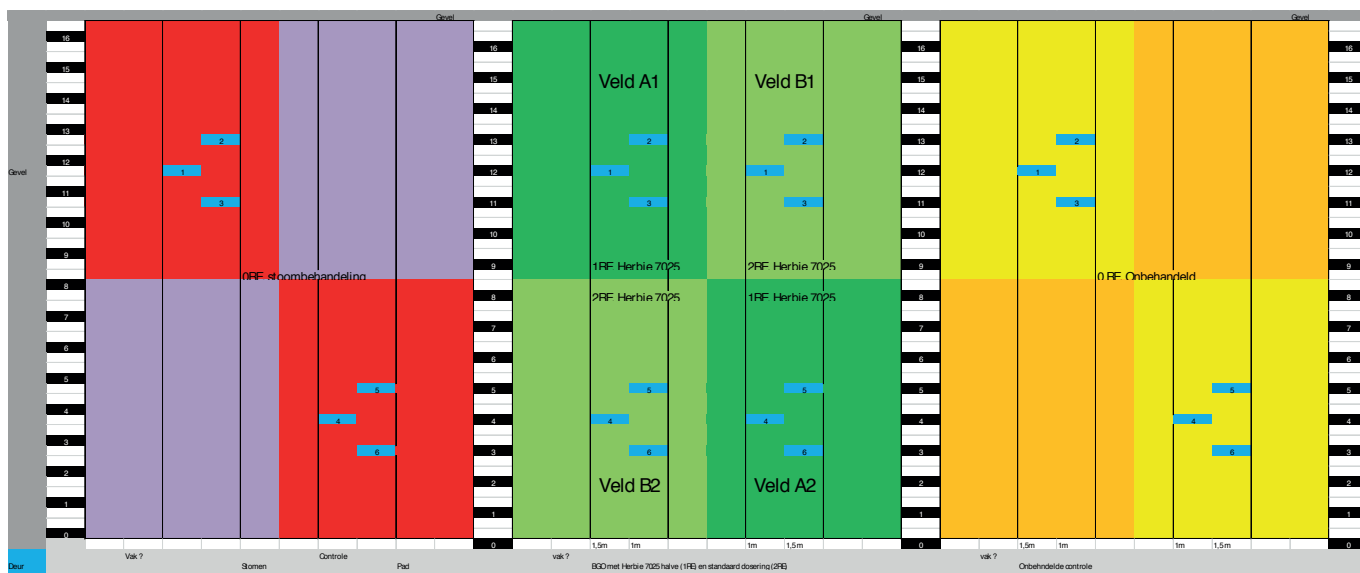
Voor het experiment zijn drie kappen gebruikt. Eén kap voor Bodemresetten met Herbie, één kap waarin is gestoomd en één onbehandelde kap die diende als controle.

6.2.2.2 Herbie 7025

Het experiment is wederom uitgevoerd met het product Herbie 7025 van ThatchTec B.V. uit Wageningen. Het product is tijdens het experiment toegepast in twee doseringen. Vanwege de zeer goede resultaten bij het experiment in Made is er gekozen voor een aanpassing in de dosering. Wel is weer de standaarddosering gebruikt van 2 gram ruw eiwit per liter grond (2 RE), maar er is nu gekozen voor een halve dosering van 1 gram ruw eiwit per liter grond (1 RE). De doseringen zijn met de hand aangebracht in een homogene laag op de te behandelen grond.

6.2.2.3 Uitvoering van het experiment

Het experiment is gestart met het experiment naar het effect van biologische grondontsmetting uitgevoerd op 9-9-2011 in vak 2. Als controleperceel is vak 3 gekozen. Vak 1 is gestoomd (zeilenstomen). De vakken zijn ingedeeld in velden. Per veld zijn plaatsen geselecteerd waar pathogeen- en plaagorganismen zijn ingegraven. Op deze plaatsen is ook bemonsterd gedurende het proces en voor en na behandeling.



Figuur 50: Schematische weergave van de proefpercelen

6.2.2.3.1 Stoomexperiment

Het stoomexperiment is uitgevoerd in vak 1. Dit vak grenst aan het vak waar Bodemresetten in is toegepast. Het stomen is uitgevoerd conform de gangbare gebruiken op het bedrijf.

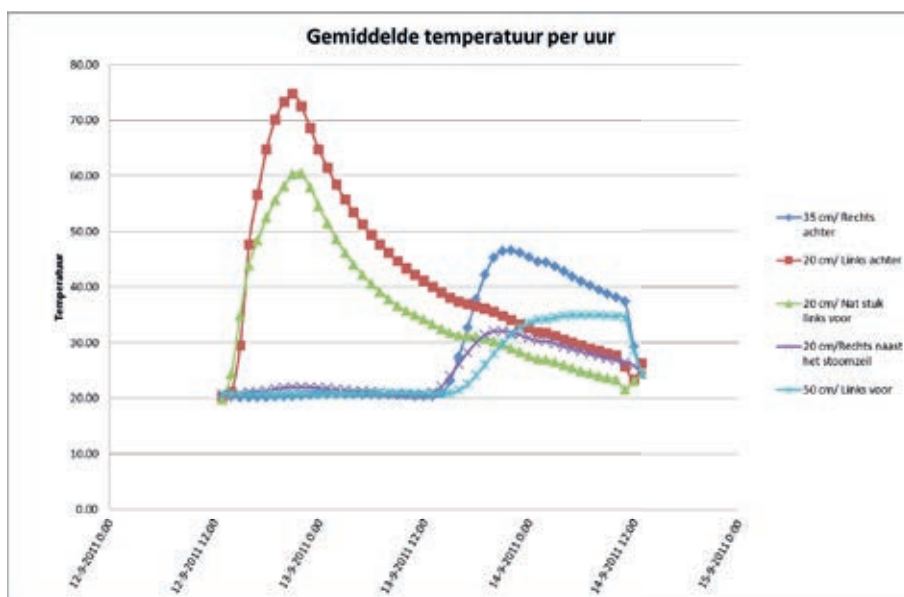


Figuur 51: Ingraven van de zeilen



Figuur 52: Zeilenstomen. Voor het bollen van de zeilen

Het stomen is uitgevoerd met 4 m^3 per m^2 . Het stomen is uitgevoerd met een stoomzeil dat is ingegraven aan één zijde, stoomkettingen aan de andere en zonder stoomdrainage. Het zeil heeft zo'n 8 uur bol gestaan en daarna is het zeil omgelegd voor de andere helft van het perceel in de kas (kap). De temperatuur is gedurende het proces gelogd.



Figuur 53: Temperatuurseffect op verschillende diepten bij zeilenstomen.

Duidelijk is het geringere effect in de diepte te zien van zeilenstomen ten opzicht van het drainagestomen. De temperatuur bereikt slechts kort 75 °C op 20 cm diepte. Op een natte plek op 20 cm diepte is de temperatuur maximaal 60 °C. Duidelijk te zien is dat de temperatuur op 35 cm en 50 cm pas veel later omhoog gaat (geleiding) en dat de maximale temperaturen respectievelijk slechts 45 °C en 35 °C halen. Dit is onvoldoende om te spreken van een ontsmettend effect tegen ziekten en plagen in het bodemprofiel.

6.2.2.3.2 Bodemresetten met Herbie 7025

Herbie 7025 is handmatig gedoseerd in 2 doseringen: 2 RE (2 gram Ruw Eiwit per liter grond) (waarbij als maat is gebruikt om 100 L Herbie 7025 per 20 m² te verdelen met emmers) en de halve praktijkdosering 1 RE (1 gram Ruw Eiwit per liter grond) (100 L Herbie 7025 per 10 m²). Na het doseren is het perceel in de lengte gespit. Na het spitten is 15 L water per m² uit de schoonwatersilo toegepast. Het gespitte perceel is afgedekt met een heldere VIF folie (Reyenvas S.A., Spain, 8500x0.04, solarisatie folie). De folie is rondom ingegraven.

6.2.2.4 Metingen tijdens Bodemresetten

6.2.2.4.1 Temperatuur

Met behulp van data loggers is getracht de temperatuur gedurende het proces van biologische grondontsmetting zowel in het behandelde perceel als in de controle percelen te loggen. Echter geen van de loggers hebben tijdens het ontsmetten gewerkt er zijn geen data van de grondtemperaturen.

6.2.2.4.2 Kastemperatuur

Er is gebruik gemaakt van de klimaatdata van het proefbedrijf om een data te vergaren van de kastemperatuur.

6.2.2.4.3 Gassen

In het overzicht van de vakken 1, 2 en 3 (Figuur 50.) zijn de plaatsen aangegeven waarbij voor, na en gedurende het proces gassen zijn bemonsterd. Er is gemeten met een handmeter van het merk GasAlert Max XT 4-gasdetectie instrument O₂/LEL/H₂S/CO. Dit instrument levert betrouwbare metingen voor O₂ en indicatieve metingen voor andere gassen (H₂S,

CO en LEL (CH₄). Gezien de ervaringen bij het experiment Made is besloten om de bruinen glazen flessen niet meer te gebruiken omdat met deze bemonsteringstechniek de data onbetrouwbaar bleek.

6.2.2.5 Inoculum

Om vast te kunnen stellen wat het effect is op de doelorganismen gedurende de tijd zijn pathogenen en plagen ingegraven in zakjes en kooitjes.

De plantenpathogene schimmel *Verticillium dahliae* is in fijnmazige zakjes gedaan met een maaswijdte van 50 µm. Het inoculum bestond uit met *Verticillium dahliae* geïnfecteerde tomatenstengels die in het voorgaande jaar (2010) waren verzameld bij een biologische teler met ernstige symptomen van verwelking, veroorzaakt door *Verticillium dahliae*. De stengels zijn verzameld en geselecteerd, vervolgens vermalen en gehomogeniseerd tot een fijngemalen inoculum met daarin forse aantallen microsclerotiën, de overlevingsstructuren van *Verticillium dahliae*. Per zakje is 2 gram inoculum gebruikt.

Daarnaast zijn oösporen van *Pythium aphanidermatum* gebruikt. Deze schimmelachtige is een veelvoorkomend pathogeen voor tal van grondgebonden gewassen. De schimmel komt voor bij de teelt van chrysant maar wordt ook veel waargenomen op substraat. Over het algemeen kan worden gezegd dat ze van vocht en warmte houdt. Dit pathogeen is gekweekt op een kunstmatig (vloeibaar medium). Na het kweken van de oösporen (de overlevingsstructuren van dit pathogeen en controle van de aanwezigheid van oösporen in het medium is het medium gehomogeniseerd in een blender. Van het extract is 1 ml gebruikt. Deze ml is in een speciaal houderpapier gebracht. Het papier is in een zakje gebracht en gelabeld.

Ook sclerotiën van *Sclerotinia sclerotiorum* zijn gekweekt. Daarvoor is gebruik gemaakt van een isolaat van Naktuinbouw. Medium in petrischalen is geënt met de schimmel, waarna bij voldoende temperatuur in 8-10 dagen weer sclerotiën worden gevormd. Deze sclerotiën zijn geogst en in een zakje gebracht. Er zijn 5 sclerotiën gebruikt per zakje.

De slakken zijn afkomstig van een orchideeënteler. De slakken zijn verzameld in de praktijk en in leven gehouden tot het experiment op een dieet van peen en sla. De kleine glimslak *Zonitoides arboreus* is een groter wordende plaag bij de teelt van orchidee. De kooitjes van het model dat eerder is gebruikt bij het experiment in Made zijn gevuld met een mengsel van boomschors en peen.



Figuur 54: Sclerotiën van *Sclerotinia sclerotiorum* op PDA.



Figuur 55: Kleine glimslak *Zonitoides arboreus* op peen.

De diverse zakjes en kooitjes met respectievelijk met inoculum van pathogenen en individuen van plagen zijn na het doorspitten van de Herbie ingegraven in het perceel op een diepte van 25 cm. Dit is ook gedaan voor de stoombehandeling. Daar zijn voor het afdekken met het stoomzeil en na het spitten zakjes ingegraven op een diepte van 25 cm.

6.2.2.6 Bemonstering

Om een inschatting te maken het afdodend effect van Bodemresetten in de loop van de tijd zijn er oogsten gedaan op diverse tijdstippen. Er zijn zakjes opgegraven direct na de stoombehandeling en tijdens het Bodemresetten na 5, 7, 10, 14 en 21 dagen. Op deze tijdstippen zijn ook telkens zakjes uit het controleperceel geoogst. De kooitjes met slakken zijn gedurende 14 dagen blootgesteld aan Bodemresetten, bij een stoombehandeling en zijn er kooitjes ingegraven in het controleveld om de natuurlijke sterfte vast te stellen.

Bij het opgraven van de zakjes en kooitjes is lokaal een opening gemaakt in het plastic. De zakjes en kooitjes zijn in groepjes ingegraven om het grondontsmettingsproces zo min mogelijk te verstoren. Voor het aanbrengen van de snede in het folie is een PVC-ring geplaatst om diffusie van gassen zo veel mogelijk tegen te gaan. Naast het "oogsten" van de zakjes is er op hetzelfde moment ook bemonsterd voor minerale samenstelling.

Nadat alle benodigde handelingen op een monsterplaats verricht zijn, is het folie weer luchtdicht gemaakt met een laag duct tape om het proces niet verder te verstoren.

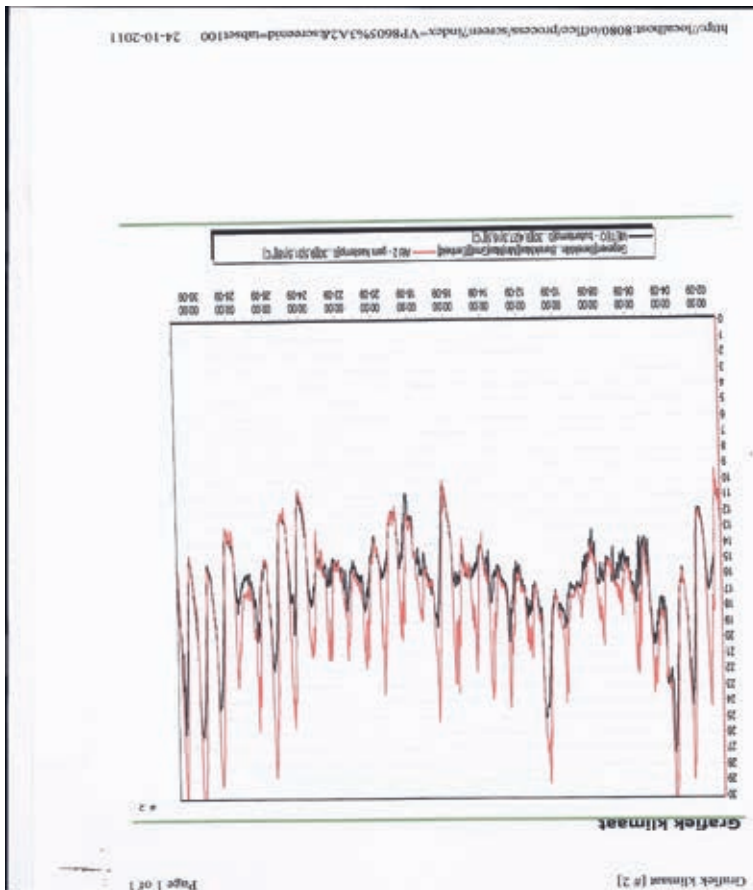
6.2.3 Resultaten

6.2.3.1 Metingen

6.2.3.1.1 Temperatuur

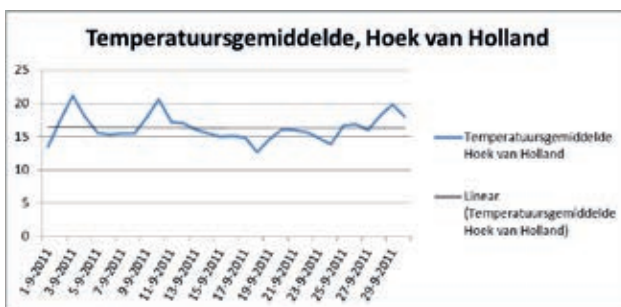
Met behulp van dataloggers is getracht de temperatuur gedurende het proces van biologische grondontsmetting zowel in het behandelde perceel als in de controlepercelen te loggen. Echter geen van de loggers hebben tijdens het ontsmetten gewerkt er zijn daarom geen meetgegevens van de grondtemperaturen.

Gedurende de maand september 2011 is de gemiddelde kastemperatuur 18 °C geweest, en de buitentemperatuur ook relatief hoog voor de tijd van het jaar (16,5 °C). Omdat er bij de teelt van sla veel wordt gelucht, vanwege het koele karakter van de teelt, is het verschil tussen de buiten- en binnentemperatuur relatief klein. Dit betekent dat de temperatuur van de bodem ook niet tot hele hoge waarden zal zijn gekomen zoals die zijn gemeten bij het experiment in chrysant (gemiddeld 31 °C).



Figuur 56: Grafiek van de kas- en buitentemperatuur gedurende het experiment. De rode lijn correspondeert met de klimaatsdata in afdeling 2 en de zwarte lijn met Meteo gegevens.

Ook de weerdata van het KNMI tonen dat het warm weer is geweest. De temperatuur is in de hele maand zo'n 16 °C geweest en de hoeveelheid zonuren, was gemiddeld goed. Er is gebruik gemaakt van de weerdata van het KNMI, weerstation Hoek van Holland (330), (www.knmi.nl). In tegenstelling tot het experiment in de chrysantenteelt kunnen we geen conclusies trekken over de bodemtemperatuur in relatie tot het weer vanwege het feit dat er geen metingen zijn van de bodemtemperatuur.



Figuur 57: Gemiddelde etmaal temperatuur, weerdata van het KNMI, weerstation Hoek van Holland (330), www.knmi.nl



Figuur 58: Zonneschijnduur per etmaal (uren), weerdata van het KNMI, weerstation Gilze-Rijen (350), www.knmi.nl

6.2.3.1.2 Gassen

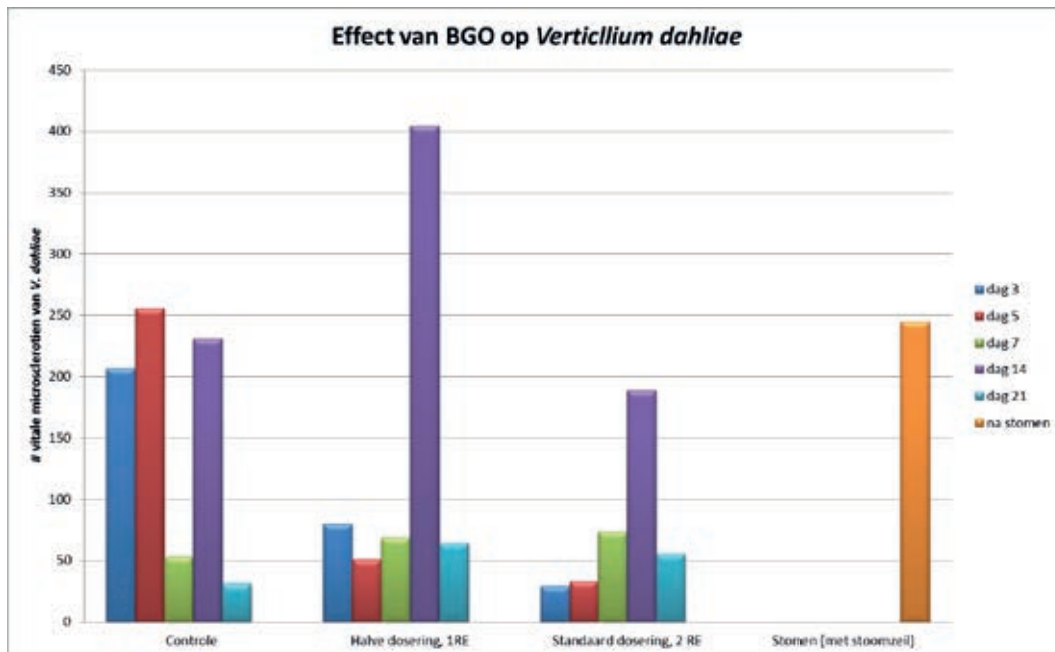
De metingen met de handmeter zijn indicatief en wijken waarschijnlijk sterk af van de reële waarden. Dit is gebleken uit het experiment dat in een eerder stadium in samenwerking met PPO AGV Lelystad is uitgevoerd. De zuurstofmetingen zijn betrouwbaar, maar de meetcellen voor de parameters H_2S , CO en LEL (CH_4) raakten snel verzadigd of meetwaarden bleken het meetbereik te overstijgen. Ter indicatie van de het proces geven de metingen wel inzicht.

Wederom is een snelle teruggang waarneembaar in dit experiment van het zuurstofpercentage in alle behandelingen met Bodemresetten. Zelfs bij de lage dosering van 1 RE Herbie 7025 is na 3 dagen al het zuurstof verdwenen en is een concentratie van 0.3%. De zuurstofconcentraties in de grond in het controleperceel bleven steeds op 20%.

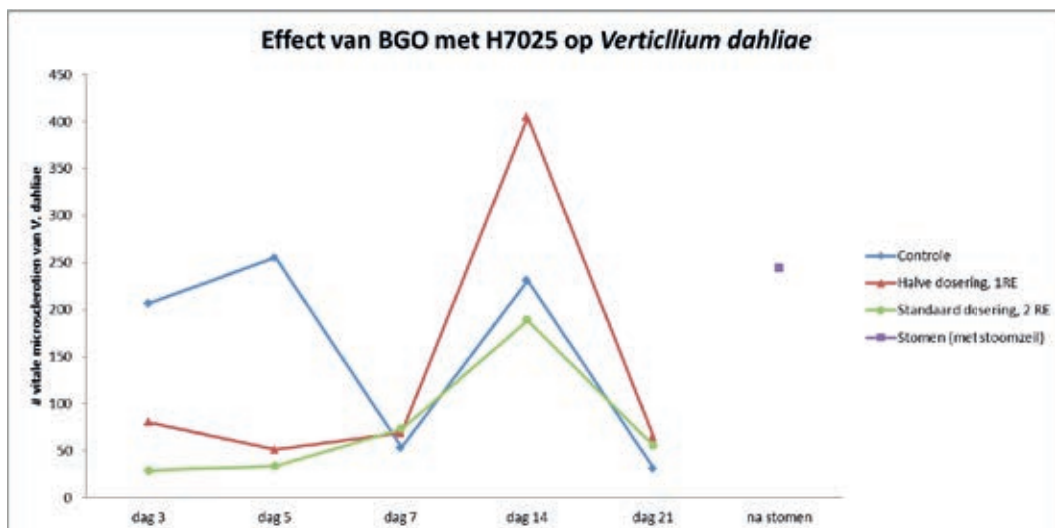
Zoals gesteld zijn de CO- en H_2S -waarden indicatief. Gedurende de eerste 5 dage is er enige H_2S gemeten. Echt hoge pieken zijn niet gemeten voor beide doseringen en na 5 dagen kon op geen enkel meetpunt nog H_2S worden vastgesteld. Omdat H_2S aan het einde van het proces wordt gevormd is deze indicatieve meting een mogelijk signaal voor het onvoldoende doorlopen van het proces.

6.2.3.2 Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op *Verticillium dahliae*

Het effect van de behandeling valt tegen als er gekeken wordt naar de overleving van microsclerotiën van *Verticillium dahliae*. Er is een afname in de tijd van de hoeveelheid kiemkrachtige microsclerotiën, echter deze is verschillend niet significant van de waarden die worden gevonden bij de controlebehandeling. Ook daar is een afname waarneembaar en de waarden van de twee behandelingen met Herbie naderen niet zoals bij het experiment met chrysant het 0-punt. Alleen de grote verschillen tussen behandelingen op dag 3 zijn wel opvallend. Ook de stoombehandeling laat geen goed resultaat zien. Vanaf 7 dagen is er een toename van het aantal vitale microsclerotiën. Dit fenomeen wordt tot nu toe ook bij andere experimenten waargenomen. Het geringere effect van het stomen is te verklaren wanneer de resultaten van de temperatuurmetingen van het stomen worden bekeken. De temperatuur en de periode waarbij deze temperatuur in stand wordt gehouden is onvoldoende om op 25 cm een afdodende effect te generen tegen *Verticillium dahliae*.



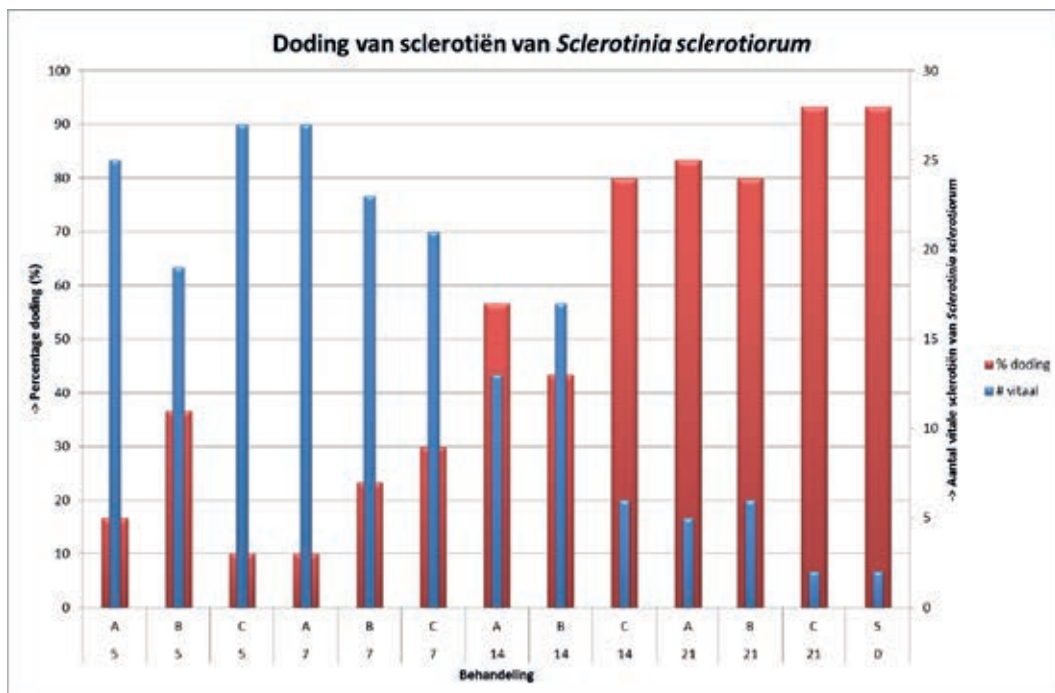
Figuur 59: Effecten van Bodemresetten in twee doseringen op microsclerotiën van *Verticillium dahliae*.



Figuur 60: Effect van Bodemresetten op *Verticillium dahliae*

6.2.3.3 Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op *Sclerotinia sclerotiorum*

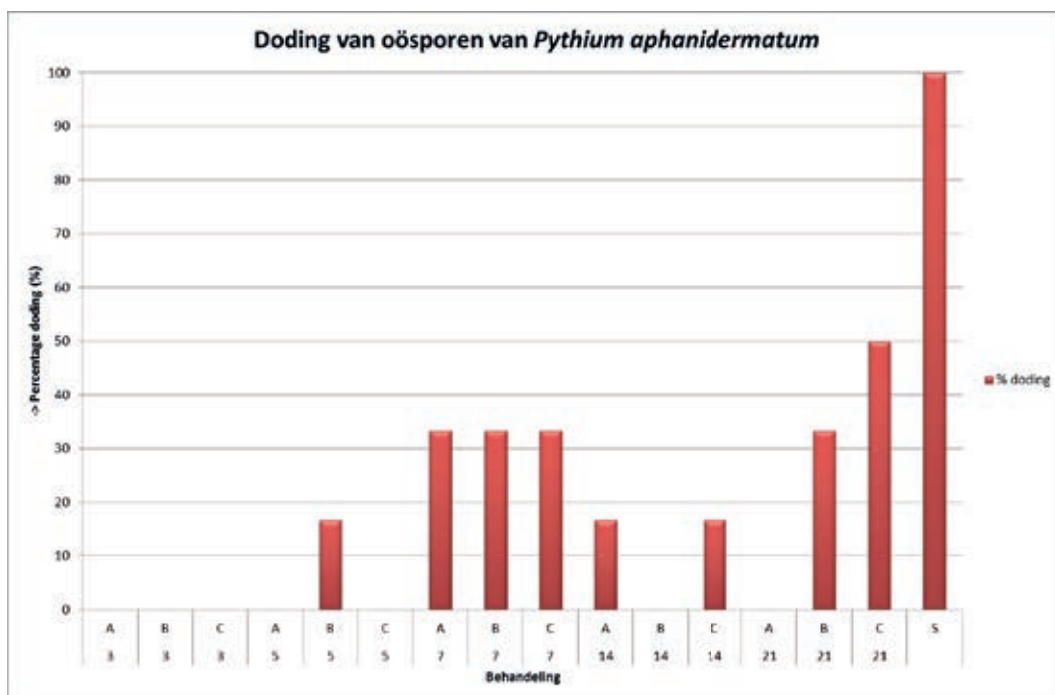
Net als bij de resultaten van *Verticillium dahliae* is het effect van Bodemresetten in de periode van 21 dagen na start niet significant verschillend van de controle. Ook de stoombehandeling is hier niet beter dan de controle behandeling van 3 weken zwarte braak. Overigens neemt het dodingspercentage wel toe en het aantal vitale (kiemende) microsclerotiën wel af. Maar dit effect is ook waarneembaar wanneer er géén behandeling wordt uitgevoerd. Daarmee voegt een behandeling met Bodemresetten in dit geval en onder deze condities niets toe.



Figuur 61: Effecten van Bodemresetten in twee doseringen op sclerotiën van *Sclerotinia sclerotiorum* in drie herhalingen (A,B en C)

6.2.3.4 Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op *Pythium aphanidermatum*

Wederom is er bij dit pathogeen geen additioneel effect van bodemresetten ten opzichte de controlebehandeling waarneembaar. Dit bevestigt de hierboven gemelde resultaten uitgevoerd met *Verticillium dahliae* en *Sclerotinia sclerotiorum*. Echter, ook de resultaten uit eerdere experimenten waarin geen goede werking van bodemresetten op *Pythium* is gevonden. Het effect van bodemresetten in de periode van 21 dagen na start niet significant verschillend van de controle. In dit geval is de stoombehandeling wel effectief en leidt tot 100% doding.



Figuur 62: Effecten van Bodemresetten in twee doseringen op oösporen van *Pythium aphanidermatum* in drie herhalingen (A,B en C)

6.2.3.5 Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op slakken (*Zonitoides arboreus*)

Gedurende dit experiment is er gekeken naar het effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op de overleving van slakken. Bij een orchideeënteler zijn slakken verzameld die samen met wat boomschors en 1 à 2 schijfjes peen in zijn in een kooitje zijn gestopt. Na een behandeling van 14 dagen zijn de kooitjes geopend en zijn de slakjes een voor en onder een binoculair beoordeeld of deze nog in leven waren. In de behandeling grondstomen en de behandelingen hoge en lage dosering Bodemresetten zijn geen levende individuen meer teruggevonden; in de controlebehandeling werden wel levende individuen geconstateerd. Naar alle waarschijnlijkheid is een zuurstofloze (anaerobe) omgeving voldoende voor de slakken om niet te kunnen overleven.

6.2.4 Discussie en aanbevelingen

6.2.4.1 Discussie

Dit experiment was uitgevoerd onder praktijkcondities in een kas waar Frisée worden geteeld. Het doel van het onderzoek was om het effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op de doding van enkele schimmels belangrijk bij de teelt van grondgebonden glasgroenten te onderzoeken. Daarnaast is er gekeken naar het effect van de methode op slakken. Deze behandelingen zijn uitgevoerd in vergelijking met grondstomen.

Uit de resultaten van dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat het effect van Bodemresetten onvoldoende werking hebben tegen de plantenpathogenen *Verticillium dahliae*, *Pythium aphanidermatum* en *Sclerotinia sclerotiorum*. Er is in geen van de gevallen een additioneel effect vast te stellen ten opzichte van een onbehandeld en onafgedekt perceel. Ook een stoombehandeling bleek voor de *Verticillium dahliae* en *Sclerotinia sclerotiorum* onvoldoende effectief.

Op basis van de resultaten kunnen we concluderen dat Bodemresetten met Herbie gedurende dit experiment onvoldoende heeft gewerkt. Omdat Bodemresetten afhankelijk is van verschillende factoren die niet direct zijn te beïnvloeden, is het resultaat niet altijd te voorspellen. In het geval van dit experiment zijn een aantal verklaringen te bedenken waardoor het effect onvoldoende is geweest:

1. Allereerst is het mogelijk dat de microbiologie in het behandelde perceel onvoldoende is ontwikkeld of dat de samenstelling niet toereikend is geweest om snel een grote populatie van anaerobe bacteriën op te bouwen.
2. Ook de dosering is lager geweest dan de dosering in het voorgaande experiment met chrysant. Vanwege de goede resultaten met 2 en 4 RE is gekozen om in dit experiment te werken met een standaard 2 RE en halve dosering 1 RE. Vanuit economische perspectieven, maar vooral ook uit het oogpunt van mineralen aanvoer is het interessant om met een lagere dosering te kunnen werken.
3. Daarnaast kan het zo zijn dat de omstandigheden onvoldoende waren om de populatie te laten ontwikkelen. Het perceel was bijvoorbeeld al gedurende een langere periode leeg en het behandelde perceel was droog. Mogelijk heeft de droogte en lange braak invloed gehad op de bodembiologie en is daarmee een snelle en explosieve ontwikkeling van één of meerdere groepen anaerobe bacteriën niet tot stand gekomen.
4. Ook de bodemtemperatuur is waarschijnlijk bij deze teelt lager en als gevolg van minder intensieve instraling in deze tijd van het jaar lager. Er kan in dit geval niets over worden gezegd door het ontbreken van metingen. Maar gezien de gemiddelde kastemperatuur en de hoeveelheid zonuren zal de bodemtemperatuur lager uitgevallen zijn dan bij het experiment in chrysant.
5. Ondanks het feit dat er gedurende de hele periode een laag percentage zuurstof is gemeten (<1%), is er nauwelijks H₂S gemeten. Dit kan een indicatie zijn dat het proces van anaerobe vertering niet ver is gekomen en de omzettingsproducent die vaak aan het einde van het proces worden geproduceerd te weten H₂S en methaan (CH₄) gedurende dit experiment niet gevormd. Echter, andere oorzaken zijn ook mogelijk, zoals grondsoort.

De resultaten van Bodemresetten op de doding van slakken (*Zonitoides arboreus*) laten gelijke resultaten zien als in voorgaande experimenten. De doding van deze hogere organismen ligt voor de hand vanwege het feit dat de dieren in hoge mate afhankelijk zijn van zuurstof.

De doding van deze hogere organismen ligt voor de hand vanwege het feit dat de insecten, mijten en wortelduizendpoten en springstaarten in hoge mate afhankelijk zijn van zuurstof.

6.2.4.2 Aanbevelingen

- In de praktijk kunnen de met Bodemresetten aangevoerde meststoffen tot problemen leiden. Streven naar lagere doseringen is daarom ondanks tegenvallende resultaten bij het tweede experiment aan te bevelen. Daarmee wordt ook de verhoogde kans op emissie door het uitspoelen van hoge EC-waarden en hoge concentraties water-oplosbare mineralen verkleind.
- Ook maken lagere doseringen de behandeling goedkoper waardoor de toepassing van Bodemresetten competitiever wordt ten opzichte van conventioneel stomen, telers hebben aangegeven kostprijs te hoog te vinden voor een rendabele toepassing van Bodemresetten. Om de methode van Bodemresetten economische rendabel te maken voor telers is het ook aan te bevelen om met lagere doseringen te experimenteren.
- Er bestaat behoefte in de praktijk aan meer zekerheid van de methode.
 - o Dat vraagt de ontwikkeling van indicatoren waarmee het effect kan worden gemonitord en bepaald.
 - o Ook ten aanzien van de methode kan worden gestreefd naar optimalisatie en daarmee een snellere, maar vooral zekerdere methode. Dat betekent dat er voorwaarden op bedrijfsniveau gecreëerd zullen moeten worden om het proces van Bodemresetten zo optimaal mogelijk te laten verlopen. Daarbij kan gedacht worden aan actieve sturing van de temperatuur in de bodem, optimalisatie van de dosering afhankelijk van de natuurlijke anaerobe bodempopulatie of het toevoegen van de gewenste bodembioïologie of een “kweek/ent stap” inbouwen in de methode om de natuurlijke anaerobe flora te stimuleren.
 - o Mogelijk kan een zekerdere methode ook het toepassen van lagere doseringen voldoende effectief maken.

7 Experimenten 2012

7.1 Uitvoering van het experiment: Chrysant Made 2012

7.1.1 Doel

Dit experiment is uitgevoerd met het doel bevestiging van de resultaten uit 2011. Echter de resultaten uit 2011 en de tegenvallende resultaten bij Frisée vragen om het verkennen van mogelijkheden ten aanzien van de reductie van de mineralisatie van de bodem door het toepassen van een lagere doseringen en daarmee gepaard gaand lagere kosten. Daarom is gewerkt met een lagere dosering tijdens dit experiment. Daarnaast is er gekozen voor een snellere bemonstering om vast te kunnen stellen hoe snel de methode afdoende resultaat kan geven (dat beter is dan de gemiddelde stoom behandeling). Voor de telers is de duur van de methode ook nog steeds een 'bottle-neck'. Ook is tijdens dit experiment gewerkt met een primer, een voorweek van de benodigde anaerobe bacteriën. Deze primer is toegepast met het doel om een gegarandeerd, sneller en zekerder resultaat te geven.

7.1.2 Materiaal en methoden

7.1.2.1 Proeflocatie

Het experiment is uitgevoerd op het zelfde perceel (48) als in 2011. Het perceel is gedurende het afgelopen teeltjaar gewoon beteeld en heeft geleid tot goede oogsten. Er is relatief weinig uitval in het behandelde vak als gevolg van aaltjes aantasting. Op de rest van het bedrijf hebben de problemen zich onverminderd voortgezet en werd de situatie met de aaltjespopulatie is steeds nijpender. Dit heeft de teler doen besluiten om dit jaar eerder te gaan stomen. De opbouw van de wortelknobbelaaltjespopulatie (*Meloidogyne* spp.) verloopt steeds sneller zodat een periode van 1 jaar tussen twee stoomrondes te kort is. De aaltjes zorgen voor een lager takgewicht en minder gelijkheid (lengte) wat direct consequenties heeft voor de opbrengst van het bedrijf. Ook voor dit experiment zijn drie kappen gebruikt. Eén kap (48) voor biologische grondontsmetting met Herbie, die gelijk is aan het voorgaande jaar 2011 en een kap (21) waarin is gestoomd en een onbehandelde kap (24) die diende als controle, die beide in een ander deel liggen dan het voorgaande jaar.

7.1.2.2 Herbie 7025

Het experiment is wederom uitgevoerd met het product Herbie 7025 van ThatchTec B.V. uit Wageningen. Er is tijdens dit 2^e experiment gekozen voor de standaarddosering van 2 gram ruw eiwit per liter grond (2 RE) en een halve doseringen van 1 gram ruw eiwit per liter grond (1 RE). De doseringen zijn met de hand aangebracht in een homogene laag op de te behandelen grond.

7.1.2.3 Primer

Om een snelle opbouw van de benodigde bodembiolegie in gang te zetten, om efficiënte en dus snellere omzetting te faciliteren en om een zekerder resultaat te verkrijgen is bedacht om een primer (ent of voorweek) te ontwikkelen. Het idee bij de primer is: door het kweken van de benodigde bodembiolegie v or het toepassen van de methode en deze tijdens het doseren toe te passen breng je de grond-eigen gekweekte bodembiolegie tegelijk met het om te zetten substraat (Herbie) aan. De opbouw van de benodigde bacteriepopulatie kan daardoor versnellen. De omzetting kan vanaf moment van doseren starten en zal sneller op het gewenste niveau zijn. Mogelijk zal de omzetting van Herbie ook efficiënter verlopen doordat het substraat zelf wordt geënt (de gekweekte bacteriën worden direct toegevoegd aan het door de bacteriën om te zetten substraat).

Daarvoor is voor het toepassen van de Herbie een primer bereid. De primer is bereid in een kuubskist. In de kist was

een dubbelwandige 'liner' geplaatst van meerlaagse folie (3-laags PE). De kist en de 'liner' zijn geleverd door TPS Rental Services en wordt gebruikt bij bijvoorbeeld de opslag van sapconcentraten.

Voor het bereiden van de primer is het volgende recept gekozen:

- 120 L grond van het te behandelen perceel (vak 48).
- 40 L Herbie 66 (24 kg) met extra toegevoegd suiker. Voor voeding en een snelle opbouw van anaerobe bacteriën.
- Grond en Herbie zijn in een grote trechter gemengd en in de container gespoeld met leidingwater.
- Aanvullen tot 1000 L met bassin water.
- Lucht is uit de 'liner' geduwd.
- Dop is licht aangedraaid, maar niet vast (in verband met het ontstaan van mogelijke overdruk).
- De bacteriën zullen zich het snelst ontwikkelen bij hoge temperaturen. Het is daarom gekozen voor een warme plaats om de primer te maken. In dit geval is gekozen voor de stookruimte bij het chrysanten bedrijf in Made waar ten tijde van de bereiding volop werd gestoomd.
- De primer is op 8 mei 2012 gemaakt en heeft 14 dagen gestaan voor toepassing
- Temperatuur is gelogd. Er is een gemiddelde temperatuur van 23,8 °C gemeten in de kist op de 'liner' met daarin de primer.



Figuur 63, 64 en 65: Bereiden van de primer in meerlaagse plastic zak.

Na 14 dagen is bijna 800 L primer geoogst uit de kweek. De vaste bestanddelen zijn uit gefilterd om te voorkomen dat de pomp van de doseerwagen (Thatchtec B.V.) vastloopt.



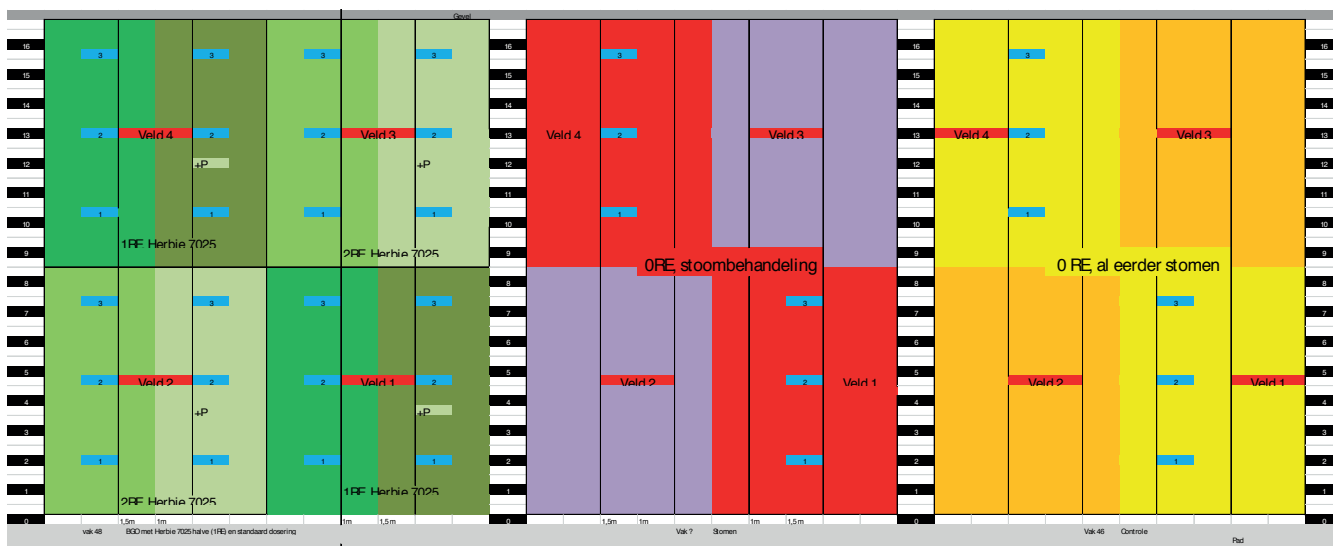
Figuur 66: Primer overbrengen in doseerwagen.

Figuur 67: Gevulde doseerwagen.

Figuur 68: Niveau primer in IBC container doseerwagen.

7.1.2.4 Uitvoering van het experiment

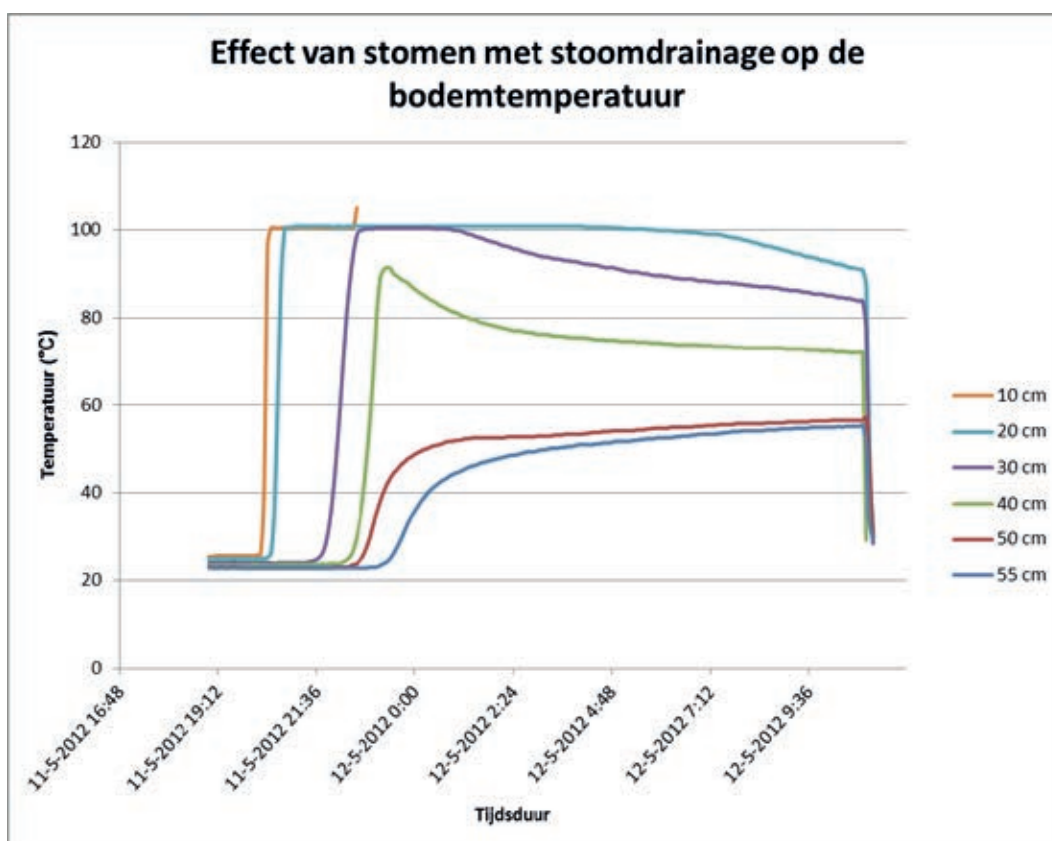
Het experiment is gestart met het bereiden van de primer op 8 mei 2012. Vervolgens is het experiment naar het effect van biologische grondontsmetting uitgevoerd op 21 mei 2012 in vak 48. De helft van de velden is behandeld met de primer. De vakken zijn ingedeeld in velden. Per veld zijn plaatsen geselecteerd waar pathogeen- en plaagorganismen zijn ingegraven. Op deze plaatsen is ook bemonsterd gedurende het proces en voor en na behandeling.



Figuur 69: Schematische weergave van de proefpercelen.

7.1.2.4.1 Stoomexperiment

Het stoomexperiment is uitgevoerd in een vak met de zwaarste aantasting aaltjes van het bedrijf (vak 21). Het stomen is uitgevoerd met $5,5 \text{ m}^3$ per m^2 . Het stomen is uitgevoerd met een stoomzeil, waterzakken en stoomdrainage. Het stomen is gedurende 11 uur en 's nachts uitgevoerd, waarbij door de stoomdrainage de stoom actief door de grond is gezogen. De metingen is in het hele diepteprofiel gemeten. Op 10 cm diepte is de temperatuur te hoog op gelopen en is de temperatuur niet meer gemeten. Tot 30 cm diepte is de temperatuur $100 \text{ }^\circ\text{C}$ gemeten. Op 40 cm diepte is toch nog een temperatuur van maximaal $90 \text{ }^\circ\text{C}$ gemeten. Op 50 en 55 cm is maximaal zo'n $58 \text{ }^\circ\text{C}$.



Figuur 70: Effect van stomen op de bodemtemperatuur op verschillende dieptes.

7.1.2.4.2 Bodemresetten met Herbie 7025

Herbie 7025 is handmatig gedoseerd in 2 doseringen 2 RE (waarbij als maat is gebruikt om 100 Lrbie 7025 per 20 m² te verdelen met emmers) en 1 RE (100 L Herbie 7025 per 40 m²). Na het doseren in 2 maal 2 veldjes is de primer aangebracht op de helft van de veldjes. De primer is gedoseerd met de pomp van de doseerwagen, maar de wagen zelf is niet gebruikt om te verdelen. Het verdelen van ongeveer 300 L primer is gedaan met een slang. Na het doseren van de primer is het perceel in de lengte gespitt. Na het spitten is 15 L water per m² uit de schoonwatersilo toegepast. Het gespitte perceel is afgedekt met een heldere VIF folie (Reyenvas S.A., Spain, 8500x0.04, solarisatie folie). De folie is rondom ingegraven aan de randen (op de grens met vak 47, aan de padzijde, aan de achtergevel en aan de lange gevelzijde).



Figuur 71: Doseren van de ent met een slang

Figuur 72: Spitten van het perceel

Figuur 73: Afdekken van het perceel met solarisatiefolie

7.1.2.5 Metingen tijdens Bodemresetten

7.1.2.5.1 Temperatuur

Met behulp van data loggers (Tinytalk) is de temperatuur gedurende het proces van biologische grondontsmetting zowel in het behandelde perceel als in de controle percelen gelogd.

7.1.2.5.2 Gassen

Er is gemeten met een handmeter van het merk GasAlert Max XT 4-gasdetectie instrument O₂/LEL/H₂S/CO. Dit instrument levert betrouwbare metingen voor O₂ en indicatieve metingen voor andere gassen (H₂S, CO en LEL (CH₄)).

Daarnaast is gemeten met de akoestische milieumeter INNOVA 1412 van LumnaSense Technologies. Deze werkt op basis van infrarood foto-akoestische spectroscopie (PAS). Hierbij worden optische filters gebruikt die specifiek bepaalde gassen detecteren. Er worden de volgende gassen gemeten: CO₂, N₂O, NH₃, CH₄ en H₂S. De INNOVA 1412 meet de diverse gassen en compenseert voor de hoeveelheid waterdamp in het gasmengsel. Tevens compenseert dit apparaat voor interfererende gassen zodat de waarden onafhankelijk zijn van de aanwezigheid van andere gassen. De meter is nauwkeurig binnen een temperatuurrange van -20 tot +70 °C en een RV van 0-95%. (Runia *et al.* 2011). De metingen zijn steeds in drievoud uitgevoerd. Voor het nemen van deze gasmonsters zijn PVC buisjes met gaatjes op een diepte van 25 cm en op een diepte van 50 cm ingegraven. De buisjes zijn verbonden met slangetjes die onder het plastic uit zijn geleid. Waar de slangetjes uit het plastic zijn geleid is het plastic met duct-tape gedicht. De slangetjes zelf zijn tussen metingen afgedicht met een slangenklem. Voor het meten van de concentraties met de handmeter is de meter direct aan het slangetje gekoppeld.

7.1.2.6 Inoculum

Om vast te kunnen stellen wat het effect is op de doelorganismen gedurende de tijd zijn pathogenen en plagen ingegraven in zakjes. Er is vooral gekeken naar de effecten op de plantenpathogene schimmel *Verticillium dahliae* en

het plantenparasitaire wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne* spp.) in fijnmazige zakjes met een maaswijdte van 50 µm. Het inoculum bestond uit met *Verticillium dahliae* geïnfecteerde tomatenstengels die in het in 2010 waren verzameld bij een biologische teler met ernstige symptomen van verwelking veroorzaakt door *Verticillium dahliae*. De stengels zijn verzameld en geselecteerd, vervolgens vermalen en gehomogeniseerd tot een fijngemalen inoculum met daarin forse aantallen microsclerotien, de overlevingsstructuren van *Verticillium dahliae*. Per zakje is 2 gram inoculum gebruikt. Het inoculum van *Meloidogyne* spp. was afkomstig van het bedrijf waar de proef is uitgevoerd en is voor toepassing verzameld van een zwaar geïnfecteerd perceel. Er zijn kluitjes met aangetaste wortels verzameld. De wortels zijn van grond ontdaan door te wassen met leidingwater. De wortels met daarin de wortelknobbelaaltjes zijn verknipt, gehomogeniseerd en vermengd en de zakjes zijn gevuld met 2 gram wortelmateriaal.

7.1.2.7 Bemonstering

Om een inschatting te maken het afdodend effect van bodemresetten in de loop van de tijd zijn er oogsten gedaan op diverse tijdstippen. Er zijn zakjes opgegraven na de stoombehandeling en tijdens het bodemresetten na 5,7, 10, 14 en 21 dagen. Op deze tijdstippen zijn ook telkens zakjes uit het controleperceel geoogst.

Bij het opgraven van de zakjes is lokaal een opening gemaakt in het plastic. De zakjes zijn in groepjes ingegraven om het grondontsmettingsproces zo min mogelijk te verstoren. Op elke monsterplaats is tevens op elk moment grond verzameld voor een totaal telling aaltjes en een mineralen monster. De monsters zijn gekoeld in een gesloten monsterzak bewaard. Nadat alle benodigde handelingen op een monsterplaats verricht zijn, is het folie weer luchtdicht gemaakt met een laag duct tape om het proces niet verder te verstoren.

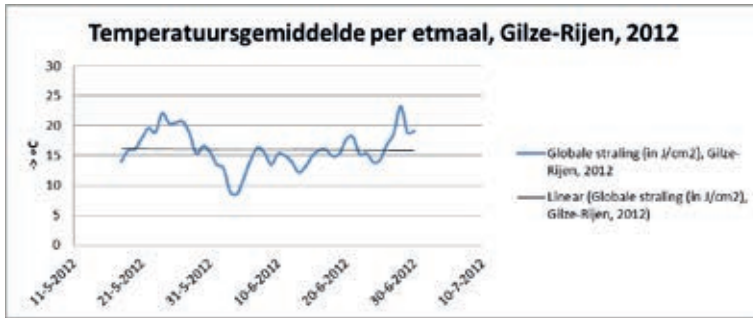
7.1.3 Resultaten

7.1.3.1 Metingen

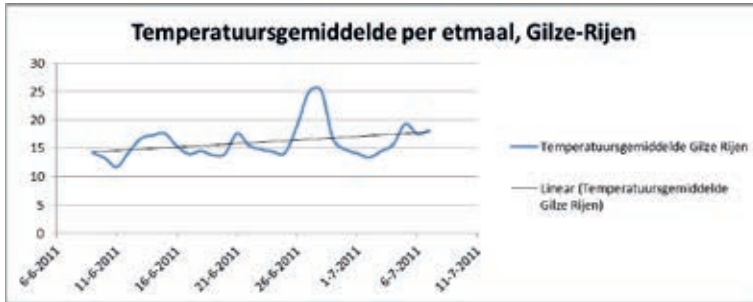
7.1.3.1.1 Temperatuur

Doordat de loggers niet goed zijn geprogrammeerd hebben de loggers geen metingen gedaan. Er zijn geen metingen van de bodemtemperatuur.

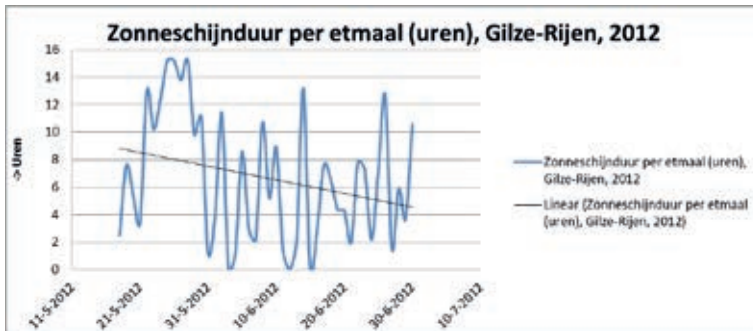
Er is gebruik gemaakt van de weerdata van het KNMI, weerstation Gilze-Rijen (350), www.knmi.nl. Om de klimaatdata tussen 2011 en 2012 te vergelijken om zo een inschatting te kunnen maken van de omstandigheden waaronder het experiment is verlopen. Het verloop van de temperatuur is anders ten opzichte van 2011. Er is op meer dagen een hogere temperatuur gemeten en vooral gedurende de eerste periode van het experiment. Duidelijk is dat ook het aantal zonnenuren per etmaal en de straling in die periode hoger liggen dan gedurende het verloop van het experiment. Gezien de hoek van de trendlijnen in de drie figuren is de situatie in 2011 tegengesteld aan die in 2012. In 2011 is een toename te zien en in 2012 is een afname te zien in alle drie figuren. Kijkend naar de hoogte van de trendlijnen liggen de waarden niet veel anders en zal de totale bodemtemperatuur naar alle waarschijnlijkheid in de marge liggen van de waarden die in 2011 zijn gemeten.



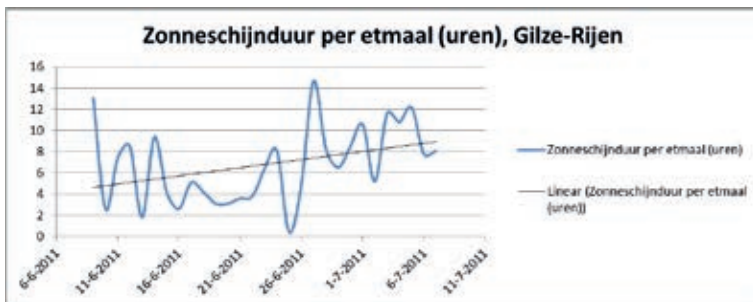
Figuur 74: Gemiddelde etmaalt temperatuur 2012, weerdata van het KNMI, weerstation Gilze-Rijen (350), www.knmi.nl



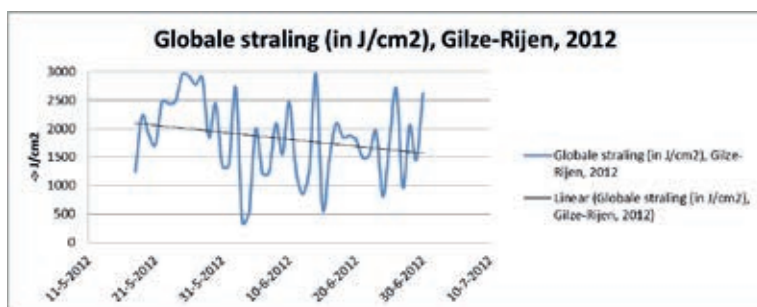
Figuur 75: Gemiddelde etmaal temperatuur 2011, weerdata van het KNMI, weerstation Gilze-Rijen (350), www.knmi.nl



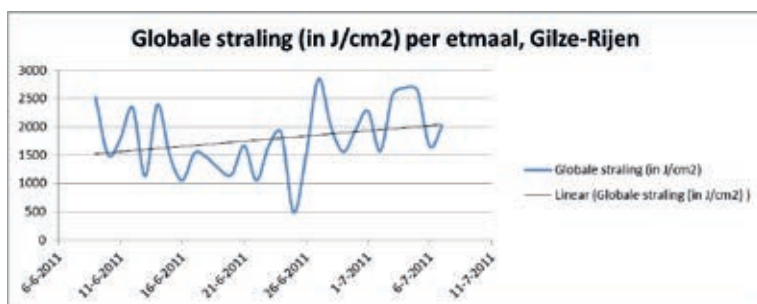
Figuur 76: Zonneschijnduur per etmaal (uren) 2012, weerdata van het KNMI, weerstation Gilze-Rijen (350), www.knmi.nl



Figuur 77: Zonneschijnduur per etmaal (uren) 2011, weerdata van het KNMI, weerstation Gilze-Rijen (350), www.knmi.nl



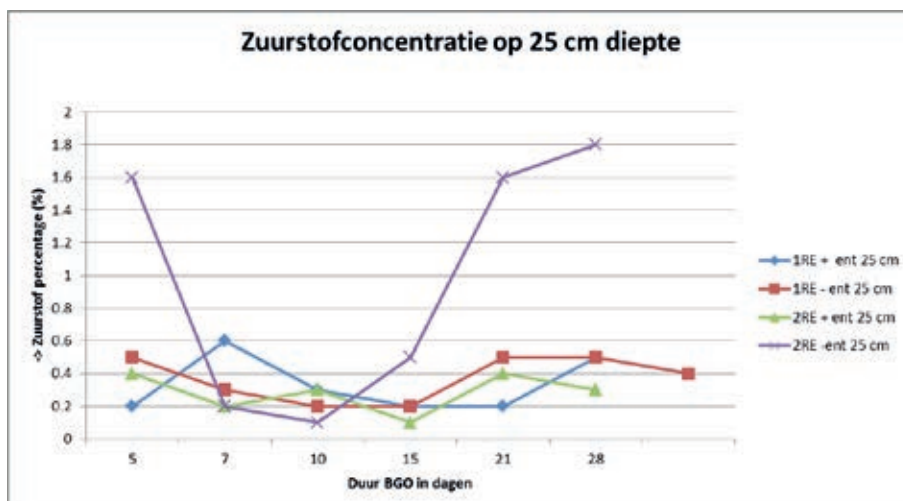
Figuur 78: Globale straling per etmaal (in J/cm^2) 2012, weerdata van het KNMI, weerstation Gilze-Rijen (350), www.knmi.nl



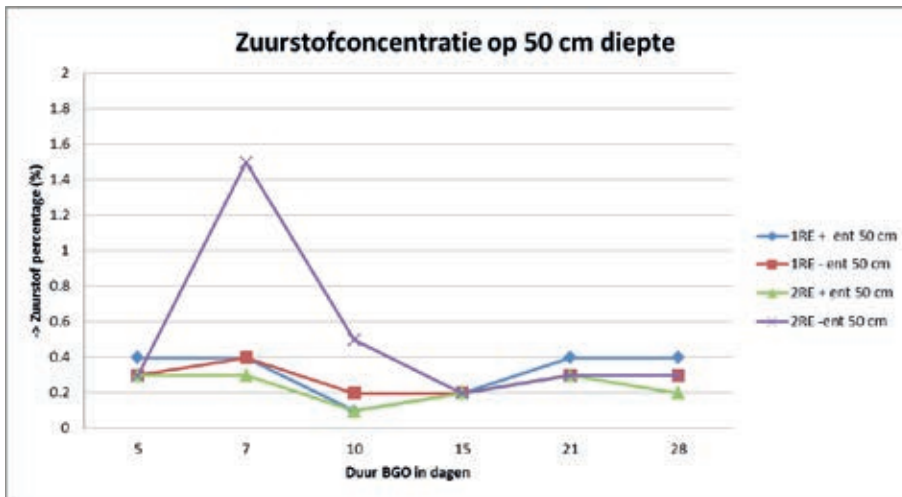
Figuur 79: Globale straling per etmaal (in J/cm^2) 2011, weerdata van het KNMI, weerstation Gilze-Rijen (350), www.knmi.nl

7.1.3.1.2 Gassen

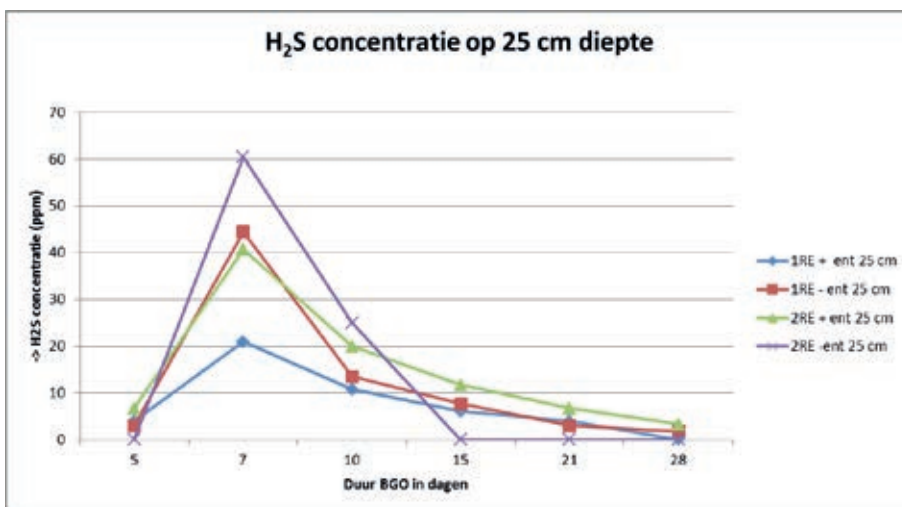
Gebruik is gemaakt van de handmeter GasAlert Max XT. De metingen met de handmeter zijn indicatief en wijken sterk af van de reële waarden. Nadat er vermoedens naar aanleiding van het experiment in 2011 zijn gerezen dat met name de waarden van de gassen anders dan O_2 sterk afwijken van de reële waarden, is er besloten om ook met de akoestische milieumeter INNOVA 1412 van LumnaSense Technologies te meten in het veld. De meter werkt op basis van infrarood foto-akoestische spectroscopie (PAS). Hierbij worden optische filters gebruikt die specifiek bepaalde gassen detecteren. Er worden de volgende gassen gemeten: CO_2 , N_2O , NH_3 , CH_4 en H_2S . De INNOVA 1412 meet de diverse gassen en compenseert voor de hoeveelheid waterdamp in het gasmengsel. Tevens compenseert dit apparaat voor interfererende gassen zodat de waarden onafhankelijk zijn van de aanwezigheid van andere gassen. De meter is nauwkeurig binnen een temperatuurrange van -20 tot $+70$ °C en een RV van 0-95%. (Runia *et al.* 2011). De metingen zijn steeds in drievoud uitgevoerd. Deze metingen geven inzicht in de activiteit van het bodemleven en de voortgang van het proces en zijn dus goede indicatoren voor Bodemresetten grondontsmetting.



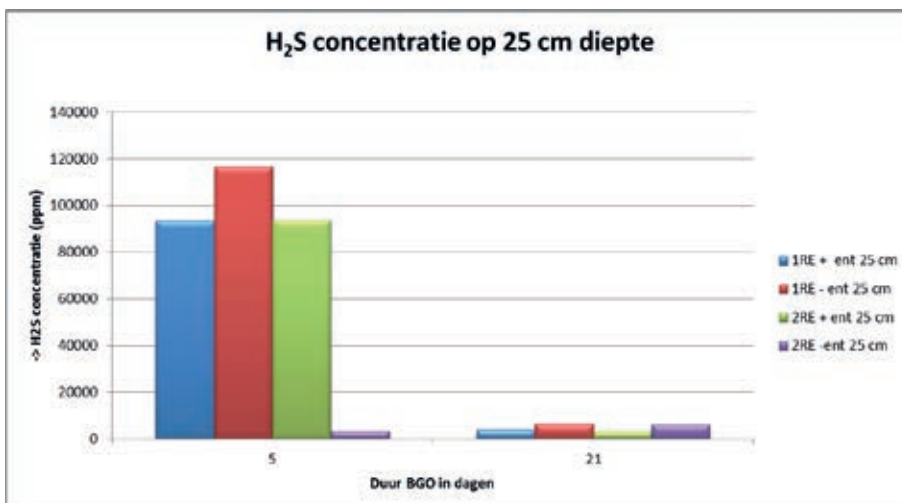
Figuur 80: Zuurstofconcentratie op 25 cm gedurende Bodemresetten.



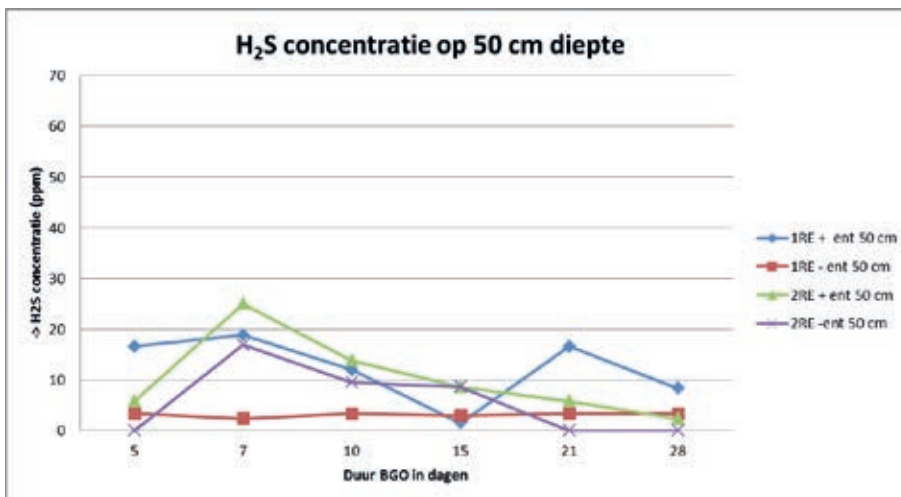
Figuur 81: Zuurstofconcentratie op 50 cm gedurende Bodemresetten.



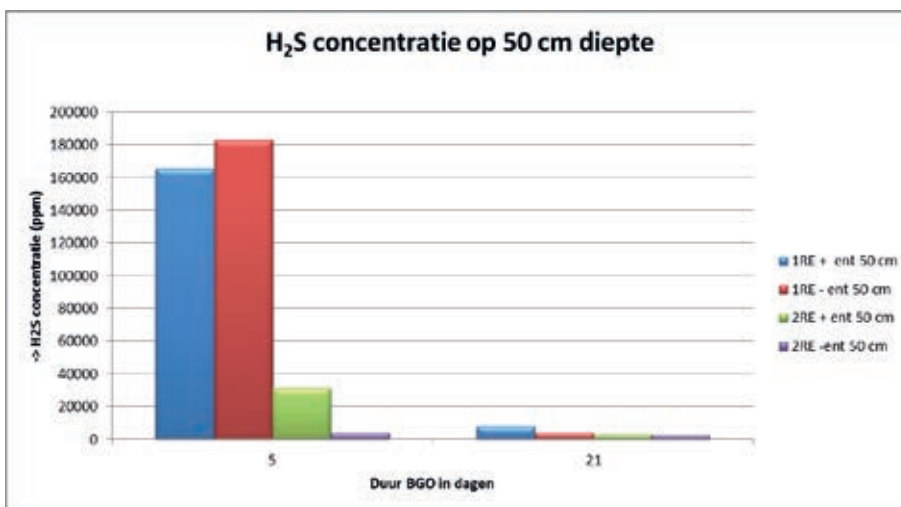
Figuur 82: H₂S concentratie op 25 cm gedurende Bodemresetten gemeten met de handmeter GasAlert Max XT.



Figuur 83: H₂S concentratie op 25 cm gedurende Bodemresetten gemeten met de INNOVA 1412 na 5 en 21 dagen.



Figuur 84: H₂S concentratie op 50 cm gedurende Bodemresetten gemeten met de handmeter GasAlert Max XT.



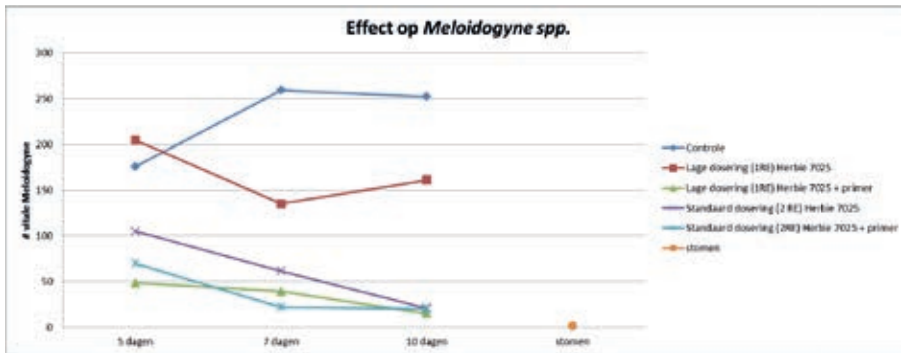
Figuur 85: H₂S concentratie op 50 cm gedurende Bodemresetten gemeten met de INNOVA 1412 na 5 en 21 dagen.

Er is een snelle teruggang van de zuurstofconcentratie in alle behandelingen met Bodemresetten. Bij een dosering van 2 RE (standaarddosering Herbie 7025) zonder primer blijft de teruggang wat achter ten opzichte van de andere behandelingen en treedt na 15 dagen een stijging op. Opmerkelijk is dat dit niet optrad bij dezelfde dosering met primer. Ook op een diepte van 50 cm laat de behandeling van 2 RE zonder primer een afwijkend patroon zien. De halve dosering (1RE) zowel met en de halve dosering zonder primer bleven gedurende het hele experiment onder de 1% zuurstof. De zuurstofconcentraties in de grond in het controleperceel bleven steeds op 20%.

Opmerkelijk is dat de afwijking die is te zien bij zuurstofconcentratie ook terugkomt in het verloop van de H₂S-concentratie op 25 cm diepte. De piek is na 7 dagen (gemeten met de handmeter GasAlert Max XT) zichtbaar wanneer voor het eerst de meting van zuurstof op een waarde van 0,2% uitkomt. Als we de metingen met de INNOVA 1412 bekijken zien we dat de waarden in ppm vele malen hoger liggen dan de waarden gemeten met GasAlert Max XT. Maar da na 5 dagen er nauwelijks H₂S kan worden gemeten bij de behandeling van 2 RE zonder ent. Dit in tegenstelling tot de andere behandelingen. Op 50 cm is te zien dat de halve doseringen van 1RE meer H₂S produceren dan de standaarddosering van 2 RE.

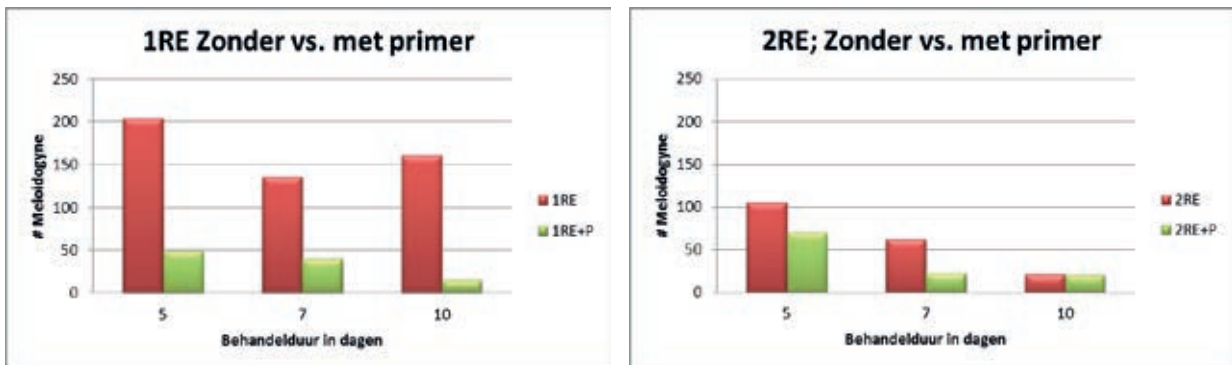
7.1.3.2 Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op Meloidogyne spp.

Er blijkt een duidelijk effect van Bodemresetten op de overleving van wortelknobbelaaltje (Figuur 86.). Voor zowel bij 1 RE als 2 RE treedt doding op tussen 5 en 10 dagen na start van Bodemresetten. Het effect van 1 RE zonder primer valt echter tegen. De stoombehandeling heeft zeer goed gewerkt, maar heeft ook geen 100% doding gerealiseerd. Na 10 dagen hebben 3 van de 4 de behandelingen Bodemresetten dit niveau benaderd (Figuur 86.).



Figuur 86: Effect van bodemresetten in twee doseringen op *Meloidogyne* spp. in vergelijking met een stoom- en controle behandeling.

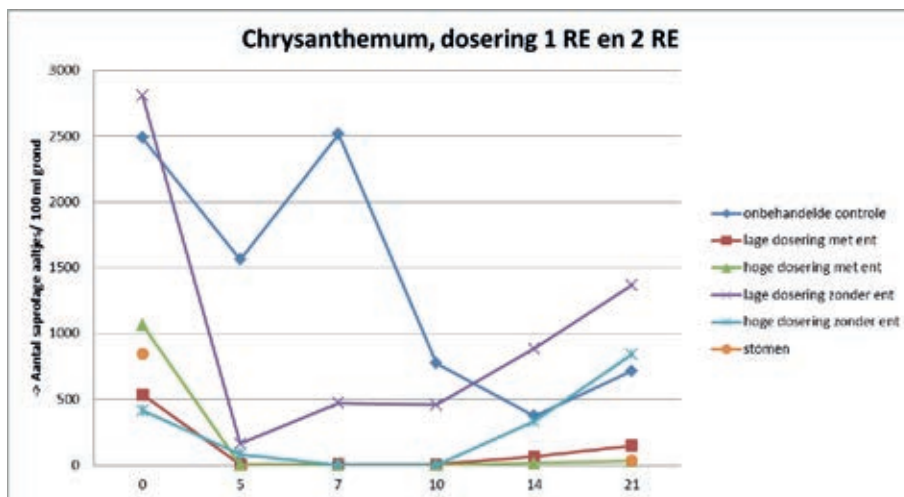
In de onderstaande figuren zijn de effecten van Bodemresetten met en zonder primer met elkaar vergeleken. Daarbij is een onderscheid gemaakt tussen een standaard dosering (2 RE) en de halve dosering (1 RE). In beide gevallen is een duidelijk verschil tussen de behandelingen waar te nemen. Bij de behandeling met de halve dosering (1 RE) is het verschil heel groot. Ook bij de behandeling met de standaarddosering is een additioneel effect van de primerbehandeling te zien echter dit is minder overtuigend dan bij de lage dosering.



Figuur 87. en 88: Additioneel effect van het toevoegen van een primer bij Bodemresetten op *Meloidogyne* spp.

7.1.3.3 Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op totaal telling aaltjes.

Er is in dit onderzoek ook gekeken naar de effecten op het totaal aantal aaltjes, dat wil zeggen dat er van een grondmonsters is bepaald hoeveel aaltjes er in de grond aanwezig zijn, waarbij geen onderscheid gemaakt tussen parasitaire aaltjes (schadelijk voor planten) of saprofage aaltjes (leven van dood organisch materiaal, bacterie-etters en onschadelijk voor het gewas). Deze parameter is bepaald om in te kunnen schatten of het een goede indicator is voor het vaststellen van het effect van Bodemresetten met Herbie.

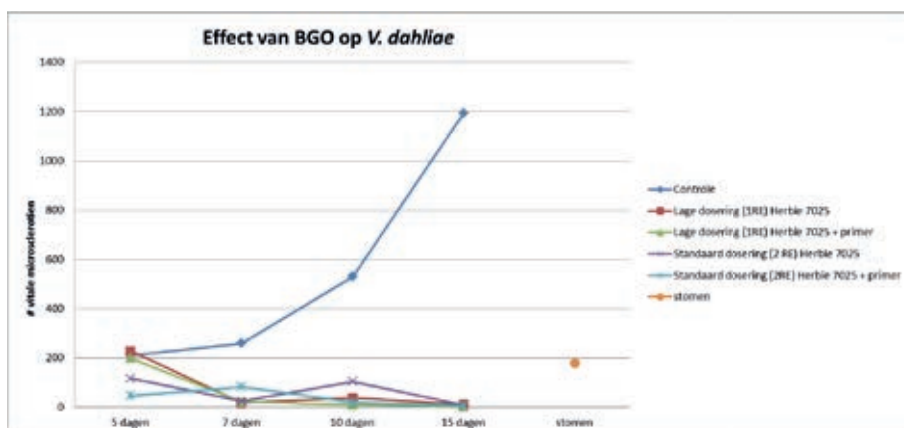


Figuur 89: Effect van Bodemresetten op het totaal aantal aaltjes (saprofagen en plantenparasitaire).

Er is in alle gevallen, behalve in de controlebehandeling, een zeer snelle teruggang waarneembaar van het totaal aantal aaltjes. Na 5 dagen zijn bij alle behandelingen praktisch alle aaltjes verdwenen. Opmerkelijk is het "herstel" bij de behandelingen zonder primer. Hier is een toename (vooral duidelijk te zien na 10 dagen behandeling) in het totaal aantal aaltjes duidelijk te zien. De behandelingen met primer vertonen dit effect niet. Hierbij moet in ogenschouw worden genomen dat er niet alleen wordt gekeken naar plantenparasitaire aaltjes maar ook naar alle andere aaltjes. Een herstel is daarom ook logisch verklaarbaar. Mogelijk zorgt een afnemend effect of teruglopende anaerobie voor afsterven van de bacteriepopulatie die een goede voedselbron zou kunnen zijn voor de aaltjes die daarvan leven, hierdoor zou een toename in de tijd van het totaal aantal aaltjes te verklaren zijn.

7.1.3.4 Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op *Verticillium dahliae*

Net als bij de resultaten van *Meloidogyne* spp. is een duidelijk effect waarneembaar in de periode tussen 5 en 10 dagen na start van Bodemresetten (Figuur 27, 28). Na 5 dagen liggen de waarden al lager dan het effect van stomen. Deze resultaten bevestigen de resultaten in 2011. De doseringen waren echter lager dan in 2011. Er kan geconcludeerd worden dat Bodemresetten met Herbie een sterker effect op *Verticillium dahliae* dan een stoombehandeling met stoomdrainage.

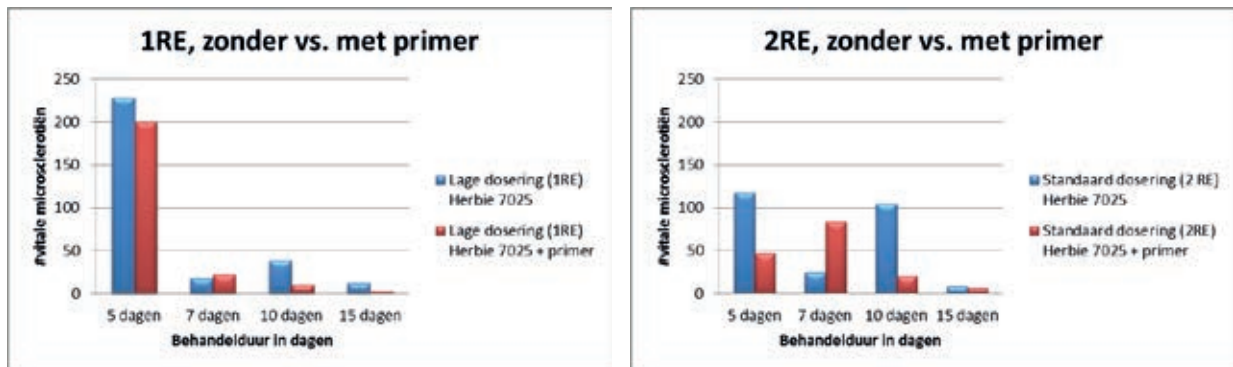


Figuur 90: Effecten van bodemresetten in twee doseringen op microsclerotieën van *Verticillium dahliae*

Het is wederom opmerkelijk dat bij de controlemetingen na 7 dagen een toename optrad. Dit fenomeen is ook al vaker bij andere experimenten waargenomen. Mogelijk is dit het effect van het vrijkomen van de microsclerotieën uit het afbrekende inoculum.

In de onderstaande figuren zijn de effecten van Bodemresetten op *Verticillium dahliae* met en zonder primer tegen elkaar uitgezet. Daarbij is een onderscheid gemaakt tussen een standaarddosering (2 RE) en de halve dosering (1 RE). In beide

gevallen is in tegen stelling tot het effect op aaltjes geen duidelijk additioneel effect te herkennen. In sommige gevallen lijkt er wel een verschil uit de grafieken naar voren te komen, maar deze verschillen zijn niet consistent en niet significant.



Figuur 91. en 92: Additioneel effect van het toevoegen van een primer bij Bodemresetten op microsclerotiën van *Verticillium dahliae*.

7.1.4 Discussie en aanbevelingen

Kort herhalen we even het doel van dit experiment. Het doel van het onderzoek was om het effect van Bodemresetten met Herbie 7025 van 2011 te bevestigen waarbij met name is gekeken naar de effecten op *Verticillium dahliae* en *Meloidogyne* spp. in vergelijking met grondstomen. Daarnaast was het doel om vast te stellen of een afdoende effect te realiseren is met een lagere dosering omwille van de kosten en mogelijke problemen met de mineralisatie van de bodem. Ook is er gedurende dit experiment bepaald wat de mogelijkheden zijn van een voorkweek van de anaerobe bacterie populatie (primer) op versnelling, zekerheid en efficiëntie. De kosten, mineralisatie (verzouting), tijdsduur van de ontsmetting en onzekerheid over het effect, vormen een constante voeding voor discussie onder telers en zijn reële bezwaren voor telers van grondgebonden gewassen om de methode niet toe te passen.

7.1.4.1 Doding van plantenpathogenen

Voor zowel *Verticillium dahliae* als voor *Meloidogyne* spp. werden niveaus van doding bereikt hoger dan of vergelijkbaar met die verkregen door grondstomen. Deze resultaten werden al na 5 dagen na het toepassen van Bodemresetten bereikt. Hoewel 100% doding niet werd bereikt, werd dit ook niet behaald met grondstomen en in het verleden ook niet met het meest effectieve middel, het al sinds lange tijd verboden methylbromide. De resultaten van Bodemresetten waren, net als in 2011, uitstekend ook bij halve dosering. Dit biedt perspectief voor reductie in de kosten van Bodemresetten en vermindert de problematiek omtrent mineralisatie en reductie (met name Mn) en verzouting van de bodem.

De toevoeging van primer had een additioneel effect bij de onderdrukking van *Meloidogyne* spp. De primer bewerkstelligde een snellere afdoding van *Meloidogyne* spp. En het effect van een lagere dosering werd versterkt.

Het is belangrijk om te benadrukken dat de behaalde resultaten met Bodemresetten van toepassing op het bedrijf waar het experiment heeft plaatsgevonden, met de specifieke bodemeigenschappen (zoals grondsoort en pH) en variabele omstandigheden zoals temperatuur, gewas en instraling. Het feit dat het perceel al eerder is behandeld met Bodemresetten kan bijgedragen hebben aan het snelle effect dat is waargenomen. Mogelijk is de (anaerobe) bacteriepopulatie benodigd voor een goede ontsmetting in het voorgaande experiment opgebouwd waardoor er nu minder tijd en minder Herbie nodig is voor een effect. Dit betekent, dat het zeer riskant is om er van uit te gaan dat Bodemresetten na 5 dagen altijd tot voldoende doding van plantenpathogenen leidt.

De hoeveelheden aangetroffen *Verticillium dahliae* en *Meloidogyne* sp. varieerden sterk in de controle. Aangezien deze pathogenen in de grond gedurende vele jaren kunnen overleven werden deze schommelingen niet verwacht. Mogelijk speelt een rol dat de controlebehandeling in een veld lag dat met chrysant beplant werd op het moment dat begonnen werd met bodemresetten en stomen in de andere velden. Aanwezigheid van plantenwortels heeft uiteraard effect op beide

pathogenen. Waarschijnlijk zijn microsclerotieën van *Verticillium dahliae* gaan kiemen en waarschijnlijk hebben ze na kieming nieuwe microsclerotieën gevormd.

7.1.4.2 Ontwikkeling van een indicator

De EC en de meeste mineralen nemen toe bij hoge dosering van Herbie. Deze bepalingen zijn van groot belang voor de vervolgteelt. Duidelijk is dat samen met het aanbrengen van Herbie 7025 een forse hoeveelheid meststoffen wordt aangevoerd. Deze extra meststoffen kunnen, mits goed gecontroleerd middels analyse, worden gebruikt om extra groei, een sterker gewas en extra productie te generen; ook kan er bespaard worden op aan te wenden meststoffen.

Het is van groot belang de voor het planten van een nieuw gewas op het ontsmette perceel een grondmonster te laten nemen om te bepalen hoeveel beschikbare mineralen aanwezig zijn in de grond en of de EC en Mn niet in schadelijke niveaus aanwezig zijn.

De parameter totaal aantal aaltjes lijkt aan de hand van dit experiment minder geschikt om te bepalen of de methode heeft gewerkt. Doordat de aantallen aan het einde van het toepassen van Bodemresetten stijgen, lijkt het lastig om slechts met een startmeting en een meting na toepassing te kunnen vaststellen of de behandeling heeft gewerkt of niet. Aangezien totaal aantal aaltjes een tamelijk goedkope bepaling is, verdient het overweging om dit ook tijdens Bodemresetten enkele keren uit te voeren.

7.1.4.3 Aanbevelingen

- Lagere doseringen in combinatie met het toepassen met een primer lijken een oplossing te kunnen zijn voor de met Bodemresetten aangevoerde meststoffen. Het toepassen van lagere doseringen is mogelijk zoals is te zien aan de hand van dit experiment en daarom aan te bevelen. Daarmee wordt ook de verhoogde kans op emissie door het uitspoelen van hoge EC-waarden en hoge concentraties water-oplosbare mineralen verkleind. Ook de kostprijs kan daarmee worden beperkt waarmee een rendabele toepassing van Bodemresetten in zicht komt.
- Er bestaat behoefte in de praktijk aan meer zekerheid van de methode.
 - o De ontwikkeling van indicatoren waarmee het effect kan worden gemonitord en bepaald dient nog verder te worden onderzocht.
 - o De resultaten in dit experiment met het toepassen zijn veelbelovend ten aanzien van het effect op aaltjes. Ook bij lagere doseringen lijkt de methode effectief mede door het toepassen van een primer.

Telers willen niet alleen een passend protocol, maar willen ook een planning om de methode net als stomen naadloos in te passen in het teeltschema.

7.2 Uitvoering van het experiment: Frisée 's Gravenzande 2012

7.2.1 Doel

Na de tegenvallende resultaten in 2011 zijn een aantal aanpassingen gedaan aan de proefopzet in de grondgebonden glasgroente. Het primaire doel van dit experiment is het laten slagen van de ontsmetting door Bodemresetten met Herbie. De resultaten uit 2011 vielen tegen en vragen om een verklaring. Daarom is gekozen voor de standaard (2 RE) en dubbele dosering (4 RE). 4 RE was een hogere dosering dan die gebruikt in 2011. Ook is een ander, net geoogst perceel gekozen. De velden voor het experiment waren dus nog veldvochtig en principe klaar om weer beteeld te worden, dit in tegenstelling tot de situatie in 2011 waar het veld al heel lang niet was beteeld (gedurende enkele maanden). Ook is er gekozen om gedurende dit experiment te kijken naar de effecten van een mogelijk ander en biologisch alternatief "Bokashi+EM". Ook tijdens dit experiment is gewerkt met een primer, een voorkweek van de benodigde anaerobe bacteriën. Deze primer is toegepast met het doel om met meer garantie op succes te ontsmetten met Herbie.

Bij dit experiment is gekeken naar het effect op *Pythium aphanidermatum*, maar is ook gekeken naar de gewasspecifieke ziekten en plagen *Pratylenchus penetrans* en *Sclerotinia sclerotiorum*.

7.2.2 Materiaal en methoden

7.2.2.1 Proeflocatie

Het experiment is uitgevoerd op een ander perceel als in 2011. Het geselecteerde perceel is gedurende het afgelopen teeltjaar beteeld geweest en heeft geleid tot goede oogsten; op het bedrijf hebben zich geen grote problemen met ziekten of plagen voor gedaan. Op dit bedrijf wordt niet volgens een vast schema gestoomd. Niet alle kappen worden jaarlijks gestoomd, de frequentie is afhankelijk van de ziektedruk. Er is geen stoombehandeling uitgevoerd. Voor het experiment zijn drie kappen gebruikt. Eén kap voor biologische grondontsmetting met Herbie, één onbehandelde kap die diende als controle en één kap die behandeld is met Bokashi.

7.2.2.2 Herbie 7025

Het experiment is wederom uitgevoerd met het product Herbie 7025 van ThatchTec B.V. uit Wageningen. Het product is tijdens het experiment toegepast in twee doseringen. Vanwege de tegenvallende resultaten bij het experiment in 2011 is er gekozen voor een aanpassing in de dosering. Wel is weer de standaarddosering gebruikt van 2 gram ruw eiwit per liter grond (2 RE), maar er is nu ook gekozen voor een dubbele dosering van 4 gram ruw eiwit per liter grond (4 RE). De doseringen zijn met de hand aangebracht in een homogene laag op de te behandelen grond.

7.2.2.3 Primer

Er is gekozen voor een identieke aanpak als bij het experiment in made ten aan zien van de primer. De primer is wederom bereid in een kist ter grootte van een kuub. In de kist was een dubbelwandige 'liner' geplaatst van meerlaagse folie (3-laags PE).

Voor het bereiden van de primer is het volgende recept gekozen, dat is toegepast gedurende dit experiment:

- 120 L grond van het te behandelen perceel (vak 14). Bodembioïologie in deze grond is zeker geadapteerd aan de omstandigheden in het te behandelen perceel.
- 40 L Herbie 66 (24 kg) met extra toegevoegd suiker. Voor voeding en een snelle opbouw van anaerobe bacteriën.
- Grond en Herbie zijn in een grote trechter gemengd en in de container gespoeld met bassinwater in tegenstelling tot de bereiding in Made waar leidingwater is gebruikt.
- Aanvullen tot 1000 L met bassin water (mengsel van regen- en slotwater).
- Lucht is uit de 'liner' geduwd.
- De dop is licht aangedraaid, maar niet vast (in verband met het ontstaan van mogelijke overdruk).
- De bacteriën ontwikkelen zich snel bij verhoogde temperatuur. De primer is weggezet op een warme plaats. In dit geval is gekozen voor de druivenkas van het bedrijf.
- De primer is op 9 juli 2012 gemaakt en heeft 12 dagen gestaan voor toepassing
- Temperatuur is gelogd. Er is een gemiddelde temperatuur van 23.4 °C gemeten in de kist op de 'liner' met daarin de primer.

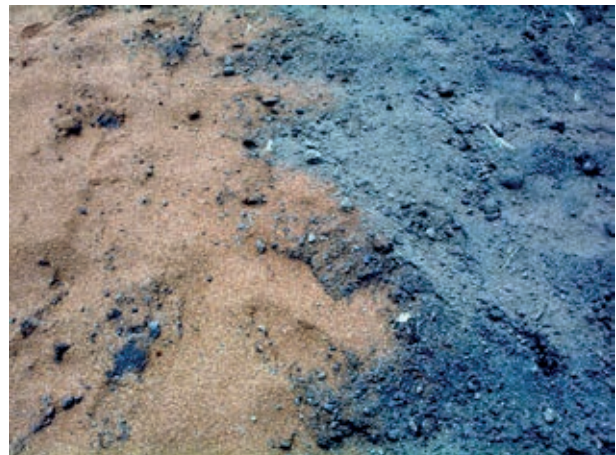


Figuur 93. en 94: Bereiden van de primer in meerlaagse plastic zak.

Na 12 dagen is bijna 800 L primer geogst uit de kweek. De vaste bestanddelen zijn uit gefilterd om te voorkomen dat de pomp van de doseerwagen (Thatchtec B.V.) vastliep.

7.2.2.4 Bokashi

Het product Bokashi is een verrijkt organisch materiaal dat samen wordt gebruikt met EM (= Effectieve Micro-organismen). Het wordt aangeboden door Leverancier Agriton B.V. uit Noordwolde. Agriton is leverancier van bodemverbeterende producten aan de agrarische sector. De producten zijn erop gericht om de chemische, fysische en biologische aspecten van de bodem te verbeteren, omdat deze drie processen onafscheidelijk met elkaar samenwerken aan bodemvruchtbaarheid. Het product Bokashi bestaat uit diverse bestanddelen; bierborstel, gerststro, tarwezemelen, Ostrea zeeschelpenkalkmeel en Edasil kleimineralen. De bestanddelen zijn gefermenteerd. De standaarddosering is 4 ton/ha met 20 L EM-a (actiferm). Het proces is gebaseerd op fermentatie met behulp van de natuurlijke en toegevoegde effectieve micro-organismen (EM). Deze effectieve micro-organismen bestaan uit een mengsel van o.a. melkzuurbacteriën, gisten, fotosynthetische bacteriën en actinomyceten. Na het toedienen, licht inregenen en onderspitten van het product is het perceel afgedekt met een zwarte landbouwfolie (kuilfolie) gedurende minimaal 3 weken.



Figuur 95: Doseran van Bokashi op het perceel

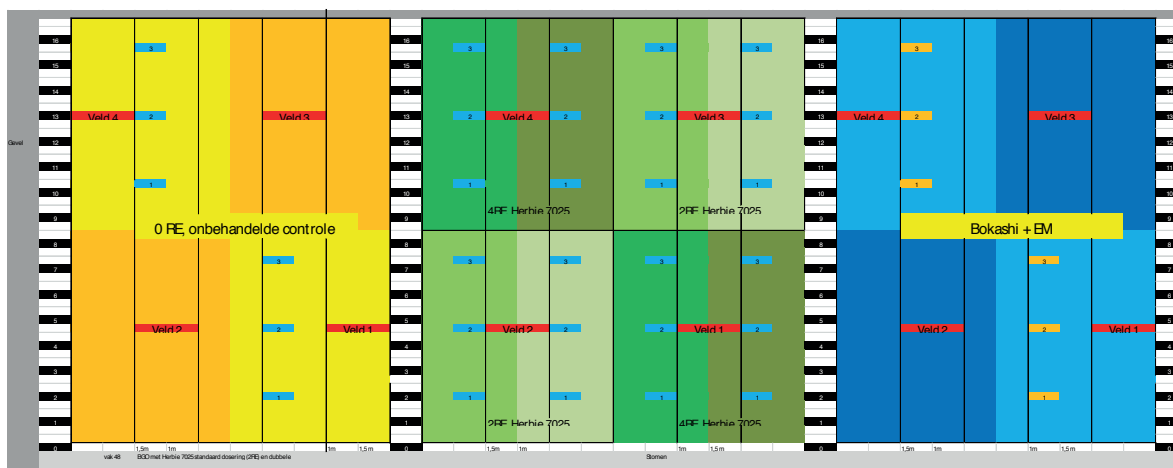
Figuur 96: Producten zijn duidelijk anders qua structuur, kleur, geur. Ook is de dosering van Bokashi duidelijk lager dan Herbie.

7.2.2.5 Uitvoering van het experiment

Het experiment is gestart met het experiment naar het effect van biologische grondontsmetting uitgevoerd op 20 juli 2012 in vak 14. Als controleperceel is vak 13 gekozen. Vak 15 is behandeld met Bokashi.

De vakken zijn ingedeeld in velden. Per veld zijn plaatsen geselecteerd waar pathogeen- en plaagorganismen zijn

ingegraven. Op deze plaatsen is ook bemonsterd gedurende het proces en voor en na behandeling. De helft van de velden is behandeld met een primer zoals ook eerder is gedaan in 2012 in Made.



Figuur 97: Schematische weergave van de proefpercelen

7.2.2.5.1 Bodemresetten met Herbie 7025

Herbie 7025 is handmatig gedoseerd in 2 doseringen 2 RE (waarbij als maat is gebruikt om 100 L Herbie 7025 per 20 m² te verdelen met emmers) en 4 RE (100 L Herbie 7025 per 10 m²). Na het doseren in 2 maal 2 veldjes is de primer aangebracht op de helft van de veldjes. De primer is bij dit experiment wel gedoseerd met de doseerwagen. Er is op 2 velden van ongeveer 100m² 300L (150L elk) aangebracht. Na het doseren van de primer is het perceel in de lengte gespit (30 cm diepte). Na het spitten is 15 L water per m² beregend (slootwater). Het gespitte perceel is afgedekt met een heldere VIF-folie (Reyenvas S.A., Spain, 8500x0.04, solarisatiefolie). De folie is rondom ingegraven aan de randen.



Figuur 98: Dosereren van Herbie in 2 doseringen

Figuur 99: Dosereren van de primer

Figuur 100: Spitten van het perceel



Figuur 101: Beregenen van het perceel voor afdekken

Figuur 102: Afgedekt perceel

7.2.2.5.2 Bokashi-behandeling

Bokashi is handmatig gedoseerd in 1 dosering van 4000 kg/ha. De Bokashi is verpakt in pakketten. De pakketten zijn verdeeld over het perceel en vervolgens zijn de balen uiteen gehaald en gelijkmatig uitgeharkt over te behandelen perceel. Vervolgens in de EM vanuit de verpakking gedoseerd en verdund tot de gewenste concentratie. De verdunning is met een gieter over de Bokashi verdeeld. Na het doseren van de primer is het perceel in de lengte gespit. Na het spitten is 15 L water per m² berekend (slootwater). Het gespitte perceel is afgedekt met een zwarte folie. De folie is een standaard kuilfolie en was aan beide zijden zwart (Texaleen Alphaplus ® Meerlagen Co-Ex met ABZ (8 m breed). De folie is rondom ingegraven aan de randen.



Figuur 103: Gedoseerde Herbie (links) en Bokashi (rechts).

Figuur 104: Dosereren van EM met gieters.

Figuur 105: Afgedekte percelen; Bokashi op de voorgrond onder het zwarte folie en Herbie op de achtergrond onder het heldere folie.

7.2.2.6 Metingen tijdens Bodemresetten

7.2.2.6.1 Temperatuur

Met behulp van data loggers (Tinytalk) is de temperatuur gedurende het proces van biologische grondontsmetting zowel in het behandelde perceel als in de controlepercelen gelogd.

7.2.2.6.2 Gassen

Er is gemeten met een handmeter van het merk GasAlert Max XT 4-gasdetectie instrument O₂/LEL/H₂S/CO. Dit instrument levert betrouwbare metingen voor O₂ en indicatieve metingen voor andere gassen (H₂S, CO en LEL (CH₄)). De metingen zijn steeds in drievoud uitgevoerd. Voor het nemen van deze gasmonsters zijn PVC-buisjes met gaatjes op een diepte van 25 cm en op een diepte van 50 cm ingegraven. De buisjes zijn verbonden met slangetjes die onder het plastic uit zijn geleid. Waar de slangetjes uit het plastic zijn geleid is het plastic met duct-tape gedicht. De slangetjes zelf zijn tussen metingen afgedicht met een slangenklem. Voor het meten van de concentraties met de handmeter is de meter direct aan het slangetje gekoppeld.

7.2.2.7 Inoculum

Om vast te kunnen stellen wat het effect is op de doelorganismen gedurende de tijd zijn pathogenen en plagen ingegraven in zakjes: *Pratylenchus penetrans*, *Pythium aphanidermatum* en *Sclerotinia sclerotiorum*. Voor *Pratylenchus penetrans* is gebruikgemaakt van een bestaande kweek van Wageningen UR Glastuinbouw. De kweek is gezet op jonge slapplanten, waarvan na 2 maanden de geïnfecteerde wortels zijn gebruikt als inoculum. Er is 2 g wortelmateriaal per zakje gebruikt.

Van *Pythium aphanidermatum* zijn oösporen gebruikt gebruikt. De schimmel is gekweekt op een kunstmatig, vloeibaar medium. De oösporen in het medium zijn gehomogeniseerd en hiervan is 1 ml gebruikt, dat op speciaal houderpapier is gebracht; dit papier is in een zakje gebracht.

Sclerotien van *Sclerotinia sclerotiorum* zijn gekweekt. Daarvoor is gebruikgemaakt van een isolaat van Naktuinbouw. Medium in petrischalen is geënt met de schimmel, en na 8-10 dagen zijn sclerotien geoogst en in ieder zakje werden 5 sclerotien gedaan.

De diverse zakjes zijn na het doorspitten van de Herbie ingegraven in het perceel op een diepte van 25 cm. Dit is ook gedaan voor de behandeling met Bokashi. Om vast te kunnen stellen wat het effect is op de doelorganismen gedurende de tijd zijn de zakjes op gezette tijden geoogst.

7.2.2.8 Bemonstering

Om een inschatting te maken het afdodend effect van bodemresetten in de loop van de tijd zijn er oogsten gedaan op diverse tijdstippen. Er zijn zakjes opgegraven na de stoombehandeling en tijdens het bodemresetten na 5, 7, 10, 14 en 21 dagen. Op deze tijdstippen zijn ook telkens zakjes uit het controleperceel geoogst.

Bij het opgraven van de zakjes is lokaal een opening gemaakt in het plastic. De zakjes zijn in groepjes ingegraven om het grondontsmettingsproces zo min mogelijk te verstoren. Op elke monsterplaats is steeds grond verzameld voor de bepaling van het totaal aantal aaltjes en voor een nutriëntenbepaling. De monsters zijn gekoeld in een gesloten monsterzak bewaard.

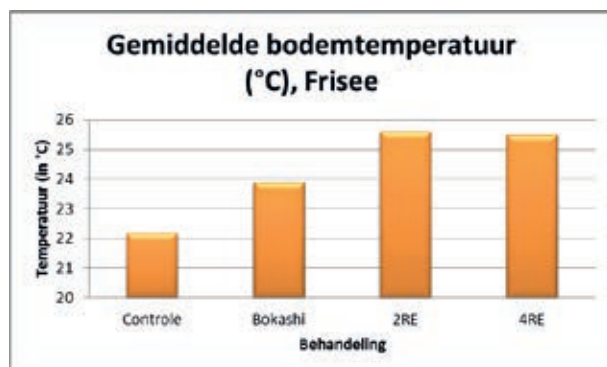
Na bemonstering is het folie weer zo snel mogelijk luchtdicht gemaakt met een laag duct-tape.

7.2.3 Resultaten

7.2.3.1 Metingen

7.2.3.1.1 Temperatuur

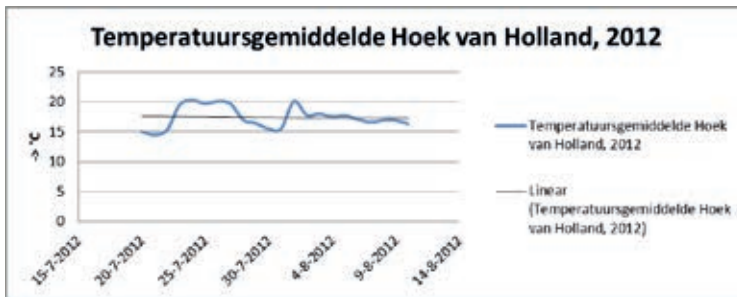
Gedurende de 3 weken dat het experiment heeft gelopen hebben de dataloggers goed gefunctioneerd. In een veld met de hoge dosering van 4 RE is toegepast is een maximum van 41,7 °C. Gemiddeld lag de bodemtemperatuur in de velden behandeld met Herbie gedurende experiment op 25,6 (2 RE) en 25,5 °C (4 RE). In het perceel behandeld met Bokashi een maximumtemperatuur van 44,9 °C gemeten. De gemiddelde temperatuur van 23,9 °C in dit perceel lag echter lager dan in het perceel behandeld met Herbie. In het controleperceel (niet afgedekt) is ook nog een maximale temperatuur van 42,7 °C gemeten. De gemiddelde temperatuur lag in het controleperceel op 22,2 °C.



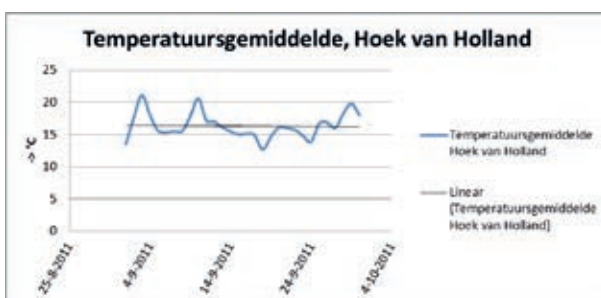
Figuur 106: Gemiddelde temperaturen per behandeling.

Er is verder gebruikgemaakt van de weerdata van het KNMI, weerstation Hoek van Holland (330), www.knmi.nl. Om de klimaatdata tussen 2011 en 2012 te vergelijken om zo een inschatting te kunnen maken van de omstandigheden waaronder het experiment is verlopen. Het verloop van de temperatuur is anders ten opzichte van 2011. Er is op meer

dagen een hogere temperatuur gemeten. De gemiddelde temperatuur over de hele periode lag iets hoger dan in 2011. Duidelijk is dat ook het aantal zonnenuren per etmaal in de periode dat het experiment heeft gelopen in 2012 vele malen hoger liggen dan in 2011. Dit kan van wezenlijke invloed zijn geweest op de effecten in het experiment.



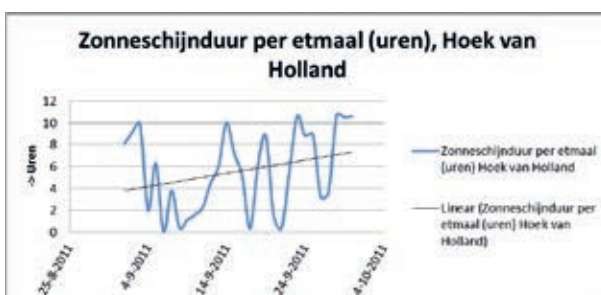
Figuur 107: Gemiddelde etmaal temperatuur 2012, weerdata van het KNMI, weerstation Hoek van Holland (330), www.knmi.nl



Figuur 108: Gemiddelde etmaal temperatuur 2011, weerdata van het KNMI, weerstation Hoek van Holland (330), www.knmi.nl



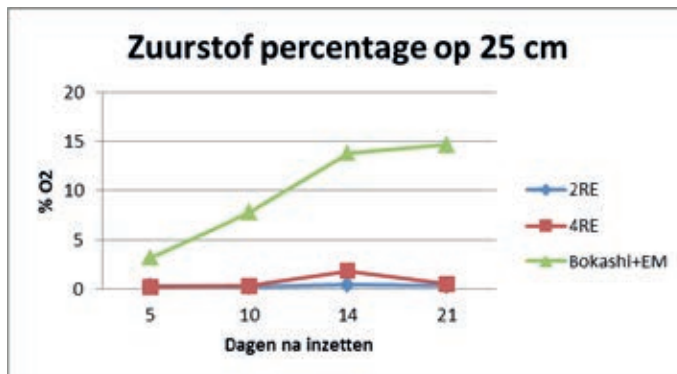
Figuur 109: Zonneschijnduur per etmaal (uren) 2012, weerdata van het KNMI, weerstation Hoek van Holland (330), www.knmi.nl



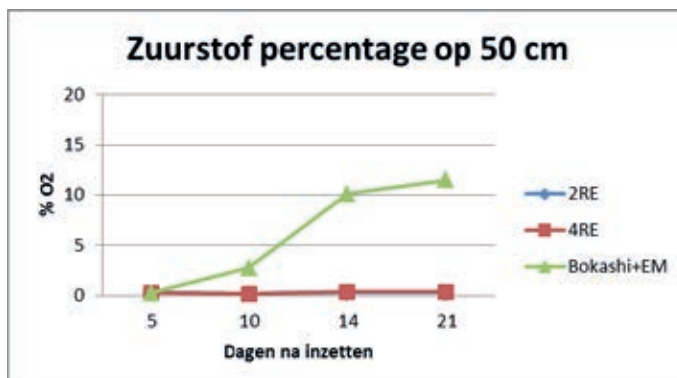
Figuur 110: Zonneschijnduur per etmaal (uren) 2011, weerdata van het KNMI, weerstation Hoek van Holland (330), www.knmi.nl

7.2.3.1.2 Gassen

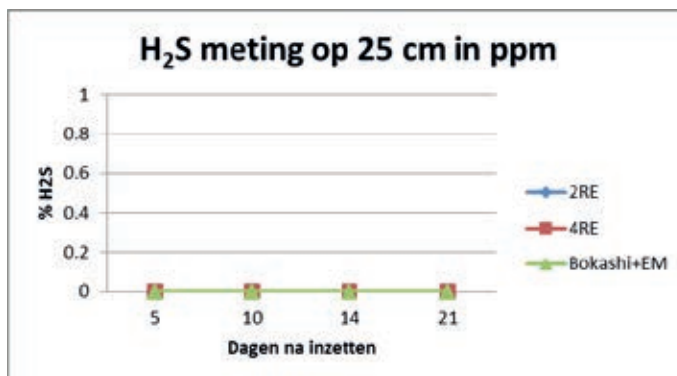
Gedurende dit experiment is uitsluitend gebruik gemaakt van de handmeter GasAlert Max XT. De metingen met de handmeter zijn zoals eerder gezegd indicatief. De metingen zijn steeds in drievoud uitgevoerd.



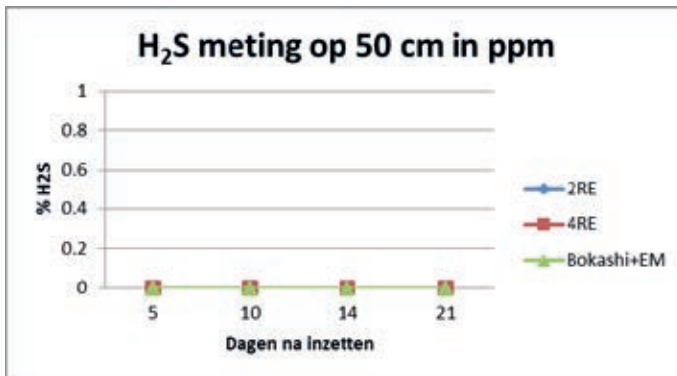
Figuur 111: Zuurstofconcentratie op 25 cm gedurende Bodemresetten en een behandeling met Bokashi.



Figuur 112: Zuurstofconcentratie op 50 cm gedurende Bodemresetten en een behandeling met Bokashi.



Figuur 113: H₂S concentratie op 25 cm gedurende Bodemresetten en een behandeling met Bokashi gemeten met de handmeter GasAlert Max XT.



Figuur 114: H₂S concentratie op 50 cm gedurende Bodemresetten en een behandeling met Bokashi gemeten met de handmeter GasAlert Max XT.

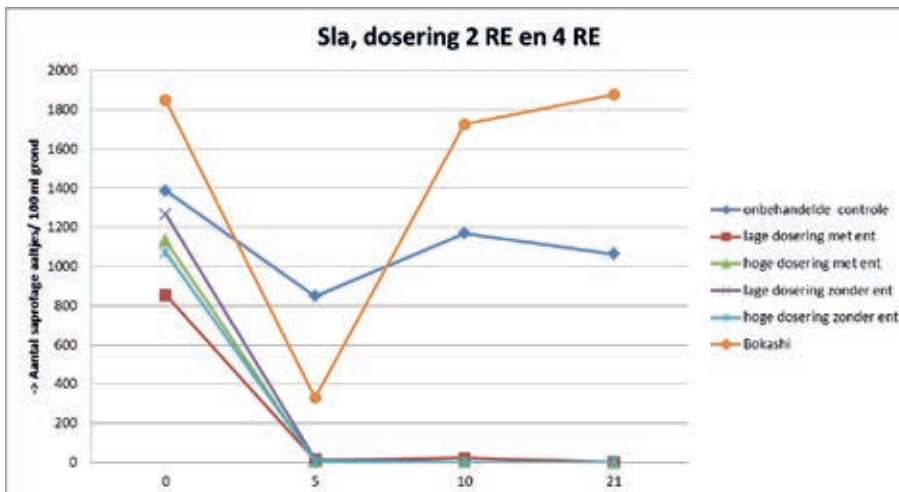
Er is een snelle teruggang van de zuurstofconcentratie in beide behandelingen met Bodemresetten. Ook bij Bokashi is er een sterke teruggang gemeten na 5 dagen. Daarna nam bij Bokashi de concentratie zuurstof weer toe. De behandelingen met Herbie bleven gedurende het hele experiment onder de 1% zuurstof. De zuurstofconcentraties in de grond in het controleperceel bleven steeds op 20%.

Er is nauwelijks tot geen H₂S wordt gemeten, in geen van de behandelingen.

7.2.3.2 Effect van bodemresetten met Herbie 7025 op Pratylenchus penetrans

Er kan aan de hand van dit experiment geen effect worden vastgesteld tegen *Pratylenchus penetrans* omdat ook in de controle er geen overleving was van de aaltjes. Er is geen duidelijke verklaring voor dit fenomeen. Er kunnen geen conclusies worden getrokken aan de hand van dit experiment ten aanzien van het effect van Bodemresetten of een Bokashi behandeling ten aanzien van aaltjes.

7.2.3.3 Effect van bodemresetten met Herbie 7025 op totaal aantal aaltjes



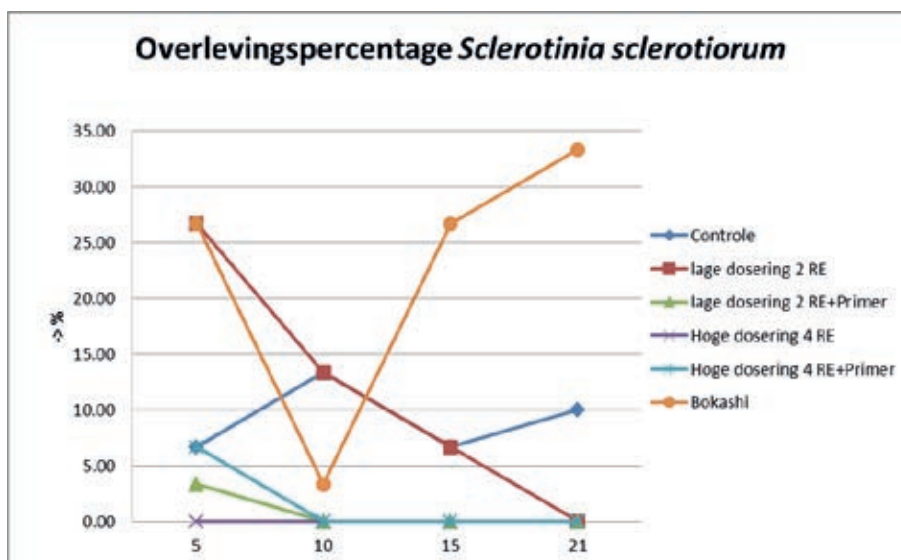
Figuur 115: Effect van Bodemresetten en Bokashi op het totaal aantal aaltjes (saprofaag en plantparasitair).

Er is in alle gevallen, behalve in de controlebehandeling een snelle teruggang waarneembaar van het totaal aantal aaltjes. Na 5 dagen is zijn bij alle behandelingen praktisch alle aaltjes verdwenen, Bokashi blijft daarbij en beetje achter. Er was geen effect van de primer. Opmerkelijk is het "herstel" bij de behandeling met Bokashi waar na 5 dagen het totaal aantal aaltjes sterk toenam. Dit trad niet op bij de behandelingen met Herbie. De toename bij Bokashi ligt in lijn van de verwachting, omdat de toenemende zuurstofconcentratie een gunstig klimaat schept voor de aaltjes, die de bodem vanuit de ondergrond herkoloniseren. Het gaat hierbij voor het overgrote deel om niet-plantenparasitaire aaltjes. De toename wordt veroorzaakt mede door het gedurende de zuurstofarme fase het afsterven van de bacteriepopulatie, die een goede voedselbron vormen voor veel aaltjes.

7.2.3.4 Effect van bodemresetten met Herbie 7025 op *Sclerotinia sclerotiorum*

Bodemresetten leidt tot grote sterfte van sclerotiën van *Sclerotinia sclerotiorum*. Na 10 dagen kiemen geen van de behandelde sclerotiën meer bij 2 RE + primer, 4 RE en 4 RE + primer. Er is per petrischaal bepaald of de sclerotiën nog uitgroeiden. De vitaliteit kon niet worden bepaald per sclerotium vanwege de snelle groei als de sclerotiën kiemen. Dat maakt dat de verschillen statistisch niet getoetst kunnen worden en dat de waarnemingen als indicatief moeten worden beschouwd. Toch is er onmiskenbaar een verschil tussen controle en Bokashi-behandelingen enerzijds en de 4 Herbie-behandelingen anderzijds.

Opmerkelijk is de toename in vitaliteit van de sclerotiën na 10 dagen bij de Bokashi-behandeling. Mogelijk wordt de schimmel onvoldoende wordt afgedood na 5 dagen. Bij 2 RE Herbie is er een duidelijk effect van de primer waar te nemen, bij 4 RE niet.



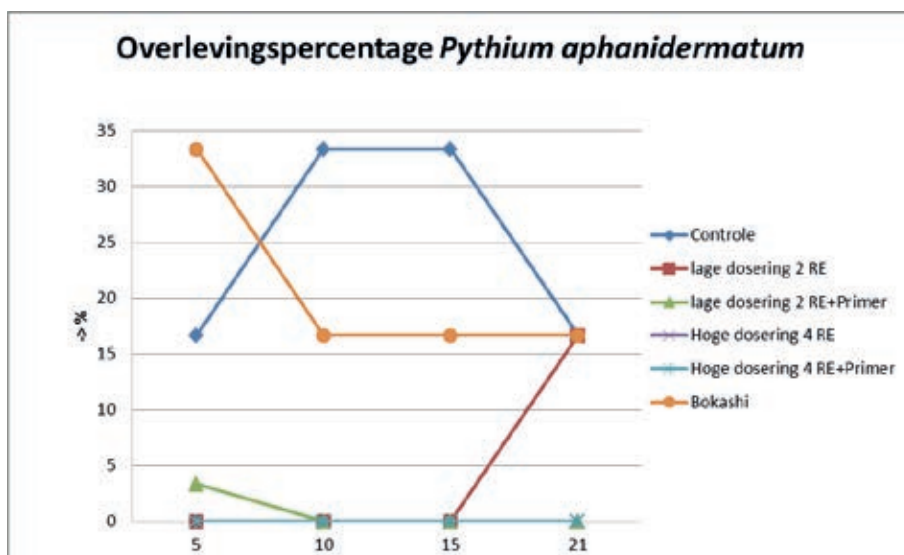
Figuur 116: Effecten van Bodemresetten in twee doseringen en Bokashi op sclerotiën van *Sclerotinia sclerotiorum*

7.2.3.5 Effect van Bodemresetten met Herbie 7025 op *Pythium aphanidermatum*

Bij alle doseringen met Herbie zonder en met primer is er nauwelijks of geen overleving. De controlebehandeling en de behandeling met Bokashi laten daarentegen geen teruggang zien van het overlevingspercentage. Net als bij de resultaten van *Sclerotinia sclerotiorum* moeten de resultaten indicatief worden beoordeeld, omdat een statistische toets niet mogelijk is. Desondanks is hier een duidelijk verschil waarneembaar tussen niet of nauwelijks uitgroei meer op de schalen waarop *Pythium aphanidermatum* is uitgeplaat die is behandeld met Herbie en de controle- en Bokashi-behandelingen.

Een add

itioneel effect van het toevoegen van de primer is niet te constateren.



Figuur 117: Effecten van Bodemresetten in twee doseringen en Bokashi op *Pythium aphanidermatum*.

7.2.4 Discussie en aanbevelingen

Dit experiment was uitgevoerd onder praktijkcondities in een kas waar *Frisée* worden geteeld. In 2011 was er onvoldoende effect als gevolg van de ontsmetting met een halve en standaarddosering Herbie. Het primaire doel van het experiment was om vast te stellen of er een effect is van Herbie en van Bokashi. Naast een aanpassing op de dosering is ook een ander perceel gekozen, dat net was beteeld en is de ontsmetting uitgevoerd in het voorjaar.

7.2.4.1 Doding van plantenpathogenen

Voor zowel het totaal aantal aaltjes, *Sclerotinia sclerotiorum* als voor *Pythium aphanidermatum* is doding geconstateerd als gevolg van een toepassing van Herbie 7025. Zowel de dubbele als de standaarddosering bleek effectief. Dit is in 2011 niet geconstateerd. Er is na 5 dagen al een effect waar te nemen als gevolg van het Bodemresetten.

Bokashi had in dit experiment nauwelijks een effect. De zuurstofniveaus onder het plastic zijn te hoog geweest.

Aan de hand van dit experiment kunnen we geen overtuigende conclusies trekken ten aanzien van het additioneel effect van het toevoegen van een primer. In sommige gevallen lijkt er wel een effect waarneembaar, het effect van een standaarddosering wordt versterkt, echter conclusies zijn daar aan de hand van deze resultaten moeilijk aan te verbinden.

De behaalde resultaten met Bodemresetten zijn van toepassing op het bedrijf waar het experiment heeft plaatsgevonden, met de specifieke bodemeigenschappen (zoals grondsoort en pH) en variabele omstandigheden zoals temperatuur, gewas en instraling.

Duidelijk is dat de variabelen een grote rol spelen. Tijdens dit experiment is gekozen om meerdere variabelen aan te passen (op basis van ervaring) om toch tot een effect te kunnen vaststellen als gevolg van de behandeling. Er is daarom gekozen voor een ander (recentelijk) beteeld perceel. Een andere tijd van het jaar en een hogere dosering dan in 2011. Ook is een primer toegepast. Doordat meerdere aanpassingen zijn doorgevoerd is niet op te maken welke aanpassing gezorgd heeft voor het effect in 2012. Duidelijk is dat aanpassingen aan het proces effect hebben op de ontsmetting. De dosering is een variabele die is aangepast. Echter de standaard dosering is een behandeling die in 2011 ook is toegepast en toen wel effect had. Aan de hand hiervan wordt geconcludeerd dat de dosering geen doorslaggevende

variabele is. Instraling en daarmee gepaard gaande hogere bodemtemperatuur en een vochtig en “actief” perceel lijken meer van invloed te zijn. Ook het toevoegen van een primer kan invloed hebben op de ontwikkeling van de benodigde bodempopulatie. Echter dat is aan de hand van de resultaten van dit experiment niet overtuigend aangetoond.

Opmerkelijk is dat in beide experimenten nauwelijks of geen H₂S is gemeten. Mogelijk is er een gebrek aan sulfaatreducerende bacteriën in de natuurlijke populatie in deze grond. Een andere verklaring zou kunnen zijn dat deze functionele groep onvoldoende wordt gevoed doordat er bijvoorbeeld onvoldoende omzettingsproducten worden gevormd die deze groep kan omzetten.

Op basis van de in dit verslag gepresenteerde resultaten zou het zeer riskant zijn om te stellen dat bodemresetten na 5 dagen tot voldoende doding van plantenpathogenen leidt. Echter de resultaten bevestigen de eerdere conclusies die daarmee worden versterkt.

7.2.4.2 Verschillen Bokashi en Herbie

Opmerkelijk zijn de grote verschillen tussen de Bokashi- en Herbie-behandelingen ten aanzien van de waargenomen zuurstofniveaus. Ook is er een in de bodemtemperatuur. Deze zijn gemiddeld lager bij de Bokashi-behandeling in vergelijking met de Herbie-behandelingen. Waarschijnlijk is het landbouwfolie, dat op advies van de leverancier alleen is toegepast bij de Bokashi-behandeling, onvoldoende luchtdicht. Ook valt hiermee het verschil in temperatuur te verklaren. Het zwarte folie warmt de bodem minder op dan de heldere solarisatiefolie.

Op basis van dit experiment hebben we geen effect kunnen vaststellen van Bokashi. Dit is echter voor een groot deel verklaarbaar door de niet ontstane anaerobe omstandigheden. Op basis van de resultaten kunnen we geen effectiviteit van het organische product zelf beoordelen.

7.2.4.3 Aanbevelingen

- Het proces kan worden beïnvloed door te kiezen voor een periode in het jaar waarbij historisch gezien veel instraling is gemeten. Dit kan mogelijk de kans op succes vergroten
- Om de zekerheid voor succes te vergroten kunnen niet alleen fysische variabelen een rol spelen, ook kan het toevoegen van een primer extra zekerheid geven. In dit experiment is het effect van de primer onvoldoende naar voren gekomen.

8 Effecten op bodemweerbaarheid

Biologische grondontsmetting is een bewezen methode voor een curatieve behandeling van bodemziekten en -plagen. Er is op dit moment weinig bekend over preventieve werking van deze grondbehandeling op ziekten en plagen in de grond. Bodemweerbaarheid tegen ziekten en plagen is een natuurlijke fenomeen, die resulteert in onderdrukking van ziekte- of plaagontwikkeling in de grond. Bij Wageningen UR te Bleiswijk zijn twee proeven uitgevoerd om vast te stellen of biologische grondontsmetting met Herbie leidt tot verhoogde weerbaarheid tegen *Pythium aphanidermatum*.

8.1 Biottoetsen voor bodemweerbaarheid

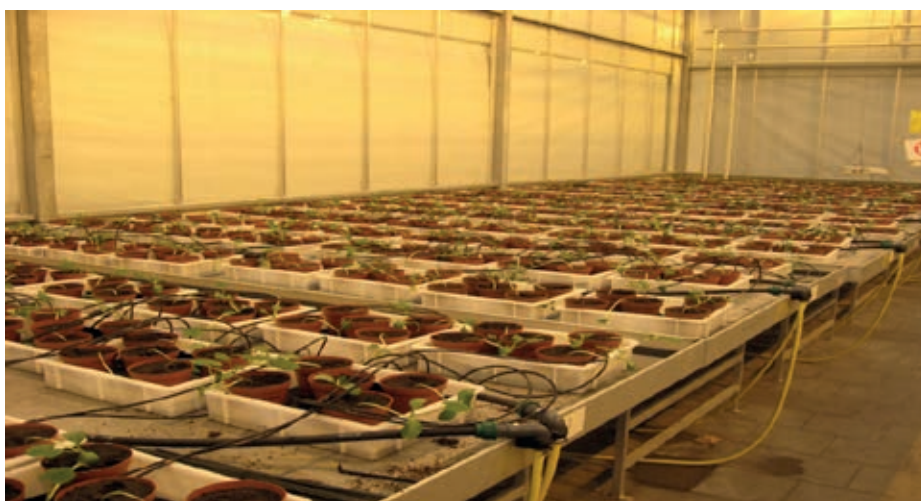
Biottoetsen zijn gebruikt om op bodemweerbaarheid te toetsen in een proefkas in Bleiswijk met als waardplant komkommer en als pathogeen *Pythium aphanidermatum*. Grond afkomstig van de proeven in chrysanten (proef 1, zie 7.1) en sla (proef 2, zie 7.2) is bemonsterd op de bedrijven na uitvoering van biologische grondontsmetting of grondstomen. Tot het moment van inzetten van de biottoetsen is die grond bewaard in de koelcel (bij 12 °C) gedurende ongeveer een maand. Een overzicht van de behandelingen die zijn uitgevoerd is te vinden in Tabel 6.

Tabel 6. Overzicht van behandelingen uitgevoerd met grond gebruikt voor bodemweerbaarheid biottoets

Behandeling	Herkomst: Made (chrysantenteelt)	Herkomst: 's Gravenzande (slateelt)
onbehandeld	+	+
Bodemresetten 1 RE		+
Bodemresetten 2 RE	+	+
Bodemresetten 4 RE	+	
stomen	+	+

1RE, 2RE en 4RE geeft de toegepaste dosering van het product Herbie die voor Bodemresetten is toegepast. Dosering is gebaseerd op hoeveelheid ruw eiwit die toegevoegd wordt aan 1 L grond (dus 1 RE= 1 g ruw eiwit/L grond)

Voor elke behandeling is de beschikbare grond verdeeld over 80 potten van 800 ml per pot. De helft van de potten was besmet met *Pythium aphanidermatum* (50.000 oösporen per pot). Daarna zijn de potten in witte bakken (5 potten per bak) en op tafels in de kas geplaatst in een gewarde blokkenproef in twee blokken. Potten die niet geïnoculeerd waren met *Pythium* zijn ingezet als controle op natuurlijke besmetting in de gebruikte gronden. Komkommerplantjes (1 per pot) zijn vier dagen na inoculatie met *Pythium* geplant. Ontwikkeling van *Pythium* aantasting is gevolgd gedurende zes weken tijdens de teelt. In Figuur 118 is de proefopzet te zien van de biottoets in komkommer.



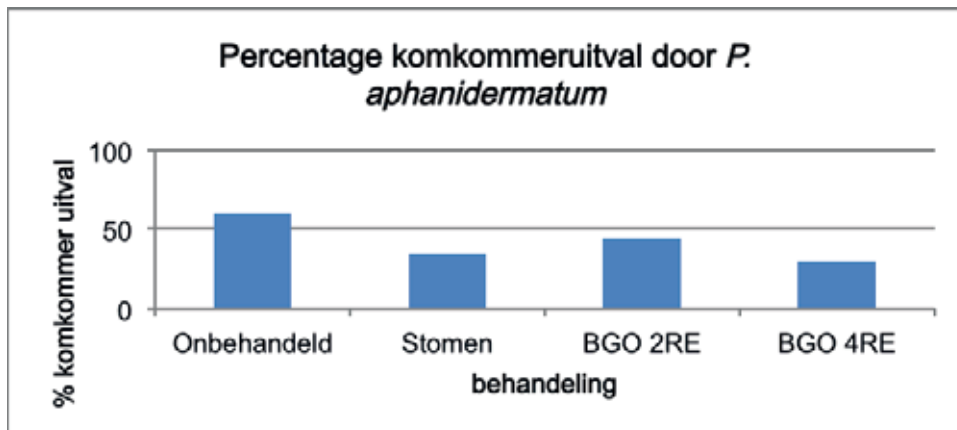
Figuur 118: biottoets voor bodemweerbaarheid tegen *Pythium aphanidermatum* (waardplant komkommer)

Resultaten

Proef 1 (grond chrysantenteelt)

In de grond van een chrysantenteler hebben Bodemresetten en stomen geresulteerd in significant minder uitval van komkommer door *P. aphanidermatum* in vergelijking met onbehandelde grond. In onbehandelde grond hebben 60% van de komkommerplanten symptomen ontwikkeld van *P. aphanidermatum* aantasting na kunstmatige inoculatie met dit pathogeen. Voor behandelde gronden lag dit percentage gemiddeld op 25% voor stomen en 15% tot 30% voor bodemresetten. De uitval was bij Bodemresetten met 4 RE geringer dan met 2 RE.

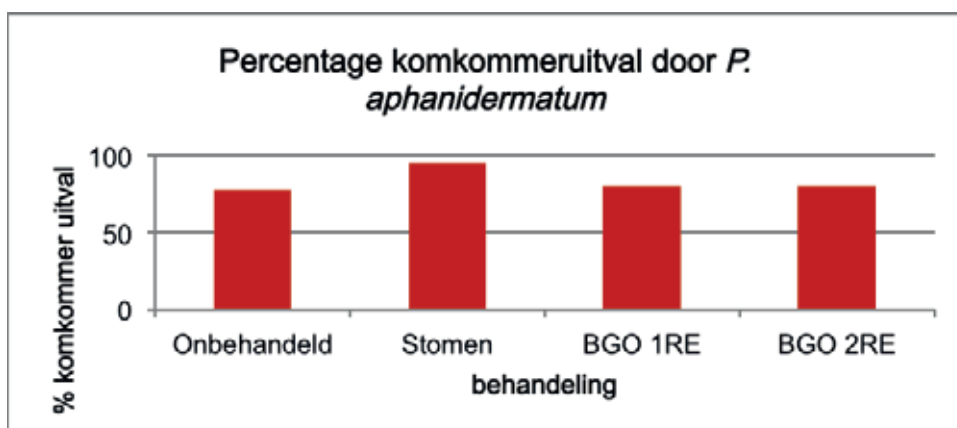
Deze resultaten duiden op een licht verhoogde bodemweerbaarheid tegen *P. aphanidermatum* in de gronden na Bodemresetten en stomen. Deze weerbaarheid is echter niet genoeg om ontwikkeling van de ziekte te voorkomen.



Figuur 119: Percentage uitval bij komkommer in biotoets met *P. aphanidermatum* als pathogeen

Proef 2 (grond slateler)

Bij de toets met grond van de slateler hebben Bodemresetten en stomen niet geresulteerd in minder uitval van komkommer door *P. aphanidermatum* in vergelijking met onbehandelde grond. Bij Bodemresetten was de uitval iets lager (niet significant) dan bij grondstomen. In onbehandelde grond hebben 77% van de komkommerplanten symptomen ontwikkeld van *P. aphanidermatum* aantasting na kunstmatige inoculatie met dit pathogeen. Voor behandeling stomen lag dit percentage op 95% en voor Bodemresetten gemiddeld op 80%.



Figuur 120: percentage komkommeruitval in biotoets met *P. aphanidermatum* als pathogeen

Conclusies

Bodemresetten verhoogde de bodemweerbaarheid tegen *P. aphanidermatum* in één experiment, maar niet in een ander experiment. Preventieve werking van Bodemresetten (tegen aantasting door *Pythium aphanidermatum* lijkt beïnvloed te worden door het bedrijf en grondtype van waar bodemresetten en stomen is toegepast.

9 Duurzaamheid van BGO met Herbie ten opzichte van stomen

Omdat er bij het proces als omzettingsproducten ook broeikasgassen vrijkomen is er gerekend aan het mogelijke effect van de methode op het broeikas effect in relatie tot stomen. Dit is een eerste aanzet; de berekening moet nog verder worden uitgewerkt en conclusies zijn dus voorlopig.

Als er vanuit wordt gegaan dat folie 1 ml methaan (CH_4/m^2) doorlaat (conform specificaties) en het folie gedurende 7 dagen in de week voor 4 weken wordt gebruikt tijdens het proces is er een bij een gemiddelde concentratie van 4% CH_4 over $28 \times 1 \times 0,04 = 1,1 \text{ ml/m}^2$ een diffusie (en dus emissie) van methaan door het folie.

De dichtheid van methaan is $0,72 \text{ kg/m}^3$ en dus $0,72 \text{ mg/ml}$. Dat zou betekenen dat er per meter $2,8 \text{ mg CH}_4$ vrijkomt, en dus slechts 8 g/ha gedurende de hele periode van anaërobie (zonder correctie voor temperatuur en druk). De permeabiliteit van het plastic en de emissie door het plastic is verwaarloosbaar, vergeleken bij de emissie bij het openen van het plastic na 4 weken. Deze emissie zou er bij opgeteld moeten worden.

Er vanuit gaande dat het methaan op de grond en tussen het plastic vrijkomt:

Er is gerekend met een hoogte van $0,5 \text{ cm}$ tussen grond en plastic. Dat komt overeen met 5 L gas/m^2 . Als er weer gerekend wordt met de concentratie van 4%, levert dat: $5000 \text{ ml} \times 0,04 = 200 \text{ ml}$ methaan. Dit komt overeen met $200 \times 0,72 = 144 \text{ mg/m}^2$; dit komt overeen met $1,44 \text{ kg/ha}$.

Dit leidt tot een schatting van de bovengrondse CH_4 emissie bij 4 weken BGO van 1448 gram/ha .

Daarnaast hoort dan ook nog de emissie van het CH_4 dat zich in de poriën ophoopt in de grond. Ook is methaan oplosbaar in water. Kijkend naar kasgrond zijn dat flinke porievolumes. Een bouwvoor van 20 cm diep bevat een totaal volume van 200 L/m^2 , van die 200 L bestaat in een gespitte kasgrond ongeveer 40% uit poriën. Daarvan is 60% gevuld met water. Dus een bouwvoor van 20 cm bevat een porie volume van 80 Liter/m^2 . 48 L van het porievolume is gevuld met water, waarin ook CH_4 in aanwezig kan zijn. De oplosbaarheid van methaan in water bij $20 \text{ }^\circ\text{C}$: $0,023 \text{ vol/vol}$

Gasfase: $32000 \text{ ml} \times 0,04 = 1280 \text{ ml}$ methaan, dit levert $1280 \times 0,72 = 921 \text{ mg/m}^2$ $9,21 \text{ kg/ha}$

Waterfase: er van uitgaande dat het water volledig verzadigd is met methaan en de bodemtemp op zo'n $20 \text{ }^\circ\text{C}$ is, zit er volgens bovenstaande oplosbaarheid $0,023 \text{ ml}$ methaan in een ml water. Er is 48 L water aanwezig in een bouwvoor van 20 cm . Dus $48 \times 0,023 \text{ L/L} = 1104 \text{ ml/m}^2 \times 0,72 = 794 \text{ mg/m}^2 = 0,794 \text{ kg/ha}$.

Als er wordt gefreesd na verwijdering van het plastic en er geen oxidatie plaatsvindt en alle methaan uit het water diffundeert, komt er bij het openmaken van het plastic na BGO $1,448 + 9,21 + 0,794 = 11,45 \text{ kg METHAAN/ha}$ (worst case) vrij.

Minder 'worst case' en waarschijnlijk iets realistischer is dat na het frezen van de grond na Bodemresetten alleen het methaan als gas uit de bouwvoor vrij komt en we aannemen dat het niet oxideert. Dan is er een methaanemissie van $10,66 \text{ kg METHAAN/ha}$.

Om een referentie kader te scheppen dient deze emissie en het effect ervan op ozonlaag te worden gerelateerd aan de hoeveelheid geproduceerde CO_2 bij het verbranden van aardgas (zoals bij stomen plaats vindt).

Bij stomen wordt zo'n $5 \text{ kuub gas per m}^2$ verstoekt. 1 kuub aardgas levert ongeveer $1,8 \text{ kg CO}_2$. Dus $9 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ dat is per hectare 90.000 kg . Het effect van methaan op het broeikas effect is zo'n 20 maal sterker dan CO_2 . Dus als het effect van Bodemresetten op het broeikas effect wordt bekeken ten opzichte van stomen dan lijkt de emissie wel mee

te vallen. De methaanproductie is 10-12 kg/ha als dat wordt omgerekend naar CO₂ equivalenten is dit 200-240 kg CO₂ equivalenten/ha. Daar komt nog wel de CO₂-productie van het proces zelf bij maar dat past zeker in 89.700 kg die over is.

Een kanttekening daarbij is dat een deel van de geproduceerde CO₂ weer gedoseerd kan worden in het gewas en ten goede komt aan de productie. De opname (of eigenlijk de dosering/m²) per gewas verschilt enorm. Ook wordt er vaak 's nachts gestoomd en zal alle geproduceerde CO₂ niet ten goede komen aan het gewas.

Voor chrysant geldt dat er 34 kg/m² wordt gedoseerd per jaar. Per ha is dat 340.000 kg/jaar. Per dag zou de vraag voor het gewas 931 kg/ha zijn.

Per dag wordt 1 kap gestoomd. Een kap heeft ongeveer een oppervlak van 8×80 = 640 m². Per m² wordt 9 kg gas geproduceerd. Dat betekent een CO₂ productie van 5.760 kg CO₂ per kap. Dit zou voldoende zijn om CO₂ te doseren voor een bedrijf van 6 ha.

Bij het nieuwe telen chrysant wordt als referentie bedrijf 4 ha aan gehouden. Daar is mee gerekend: Dat betekent evengoed een overproductie van zo'n 1750 kg CO₂ per kap (640m²) of 2,7 kg CO₂ per m². En dat komt neer op een overproductie van 27.000 kg CO₂.

Op basis van deze schatting kan grofweg worden gezegd dat het effect van Bodemresetten op het broeikas effect in vergelijking tot stomen waarschijnlijk verwaarloosbaar is. Deze berekening is een eerste aanzet naar een duurzaamheidsbepaling. De berekening zal nog verder moeten worden uitgewerkt. Zaken zoals transport, energieverbruik voor de productie van Herbie (hoewel het een restproduct is) dienen ook nog verrekend te worden.

10 Conclusies en aanbevelingen

10.1 Conclusies

- Zonder anaerobe omstandigheden vallen alle benodigde processen stil en is er geen effect.
- Effect tegen *Verticillium dahliae* is na 15 dagen Bodemresetten beter dan stomen.
- Effect op aaltjes is na 15 dagen Bodemresetten is vergelijkbaar met stomen.
- Effect waarneembaar tegen *Sclerotinia sclerotiorum*.
- Effect op *Pythium aphanidermatum* vaak onvoldoende.
- Effect tegen hogere organismen vrijwel 100% doding; wortelduizendpoot, tripslarven, slakken en ook andere bodemorganismen zoals bodemmijten en springstaarten.
- Er is een klein effect aangetoond van Bodemresetten op verhoogde weerbaarheid tegen *Pythium* in een toets met komkommer. In sla was er geen effect.
- Hoe meer tijd voor Bodemresetten, des te groter het afdodend effect op pathogenen en daarmee des te groter het effect ten opzichte van stomen.
- Het toevoegen van gekweekte bodemeigen bacteriepopulatie (primer) aan Herbie kan het proces stimuleren, maar het effect is niet in alle proeven duidelijk aangetoond.
- Het verloop van het proces kan worden gemonitord aan de hand van gasmetingen van O₂ en, mits een goede meetmethode gebruikt wordt, H₂S. Biologische indicatoren voor de effectiviteit van bodemresetten zijn mogelijk protozoën en totale aantallen aaltjes.
- Bodemresetten heeft een sterke invloed op de hoeveelheid voedingselementen in de bodem; dit is uiteraard afhankelijk van de samenstelling van de gebruikte Herbie.
- Het gebruik van zwarte kuilfolie geeft minder verhoging van de bodemtemperatuur en lijkt meer zuurstof door te laten dan transparant solarisatiefolie.
- Een uitgedroogde grond en een bodem die lang braak gelegen heeft zijn moeilijk in een keer vochtig te krijgen en in een te droge grond verloopt het proces niet goed.
- Uit de resultaten van deze en voorgaande experimenten blijkt dat temperatuur in de bodem het proces kan beïnvloedt. Een relatief hoge bodemtemperatuur stimuleert proces.
- De hoeveelheid broeikasgas die vrijkomt bij Bodemresetten wordt als verwaarloosbaar ingeschat in vergelijking met stomen.
- Kostenberekeningen in dit rapport laten zien dat het mogelijk is om Bodemresetten toe te passen in een gangbare chrysantenteelt zonder extra kosten te moeten maken ten op zichte van het gebruikelijke stomen. Dit kan alleen als bodemresetten maximaal twee weken duurt en uitgevoerd wordt rond periode 5, zodat het opbrengstverlies valt in periode 7-8. Er wordt dan alleen gekeken naar directe kosten en opbrengsten, zonder rekening te houden met een mogelijk duureffect van biologische grondontsmetting, verminderde uitval of hogere kwaliteit van het product.

10.2 Aanbevelingen

10.2.1 Aanbevelingen voor de praktijk

- Maak gebruik van de zon, door Bodemresetten toe te passen in het voorjaar of begin van de zomer; in mei-juni (historisch veel instraling).
- Het gebruik van een hoogwaardige solarisatiefolie (helder) is aan te bevelen boven donker folie en folie die meer zuurstof doorlaat.
- Pas Bodemresetten toe op zaaiklare grond. Laat grond niet droog worden of braak liggen.
- Ga bij het aanleggen van Bodemresetten zeer zorgvuldig te werk met spitten, watergift en vooral het afdekken. Als zuurstofloosheid niet bereikt wordt zal het resultaat onvoldoende zijn. Volg hiervoor het protocol zoals beschreven in dit rapport.
- Voer minimaal zuurstofmetingen om het resultaat te monitoren.
- Neem na het Bodemresetten een grondmonster voor analyse op voedingselementen en pas de bemesting aan op de gevonden waarden.

10.2.2 Protocol

Op basis van de ervaringen in dit project is het onderstaande protocol opgesteld. Dit moet gezien worden als de 'best practice' bij de huidige stand van kennis. De kennis en ervaring over Bodemresetten neemt nog snel toe en dit protocol zal dan ook in de loop van de tijd bijgesteld worden.

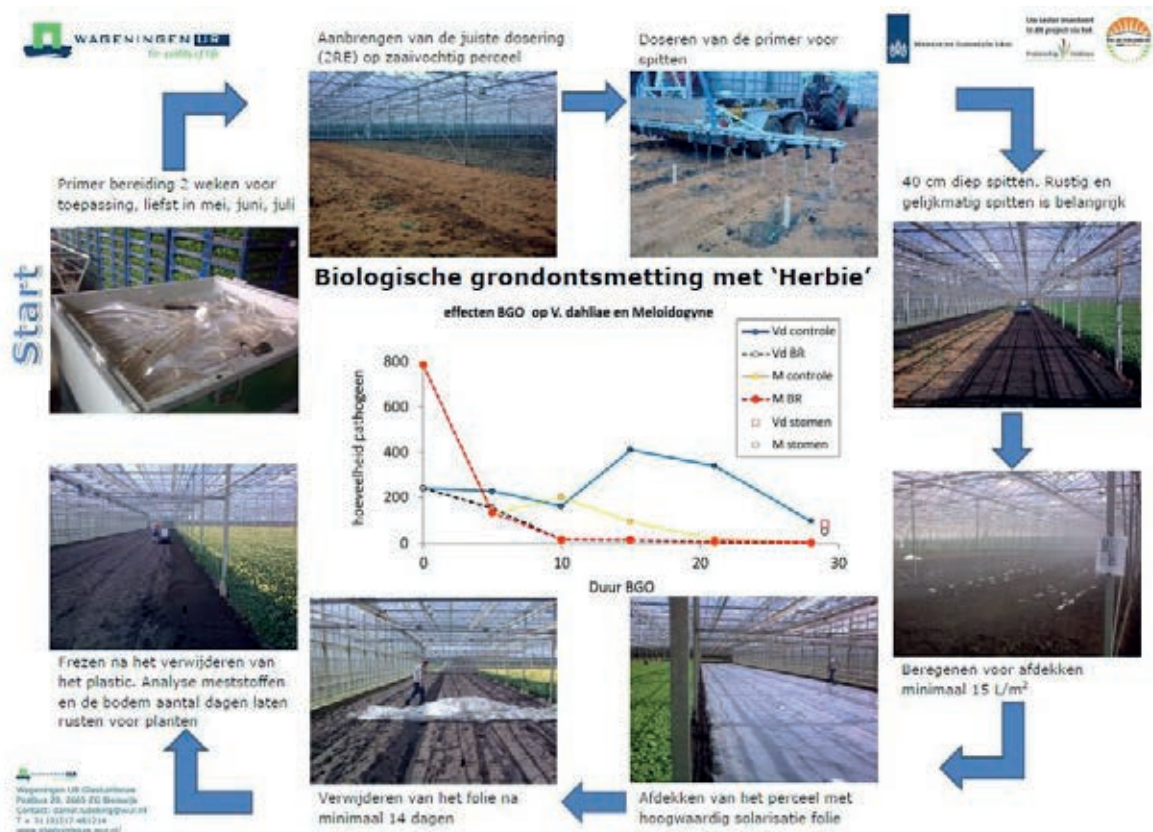


Fig.121: Protocol voor bodemresetten

10.2.3 Aanbevelingen voor vervolg

- Bodemresetten leidt niet altijd tot het gewenste resultaat. Het proces zal moeten worden ontrafeld om vast te kunnen stellen wat zijn de voorwaarden voor een gegarandeerd effect. Hoe bepalen we de omstandigheden voor een goede 'picknick' voor de benodigde microbiologie? De bodem en de daarin aanwezige bodempopulatie is nog steeds een onvoorspelbare factor in het succes.
- De vraag hoe de zekerheid van het proces kan worden vergroot, zal moeten worden beantwoord, om het draagvlak bij de telers te vergroten. Ook is er behoefte aan het verbeteren van indicatoren die de mate van ontsmetting voorspellen.
- Bemesting en emissie vormen een belangrijk aandachtspunt gezien de eisen ten aanzien van mestgift en een emissievrije glastuinbouw. Minder doseren geeft minder kans op uitspoeling.
- De doorontwikkeling van een primer om versnelling, efficiëntie of optimalisatie te verkrijgen is nodig. Ook de methode voor het bereiden en toepassen van de primer moet verder uitgewerkt en vereenvoudigd worden.
- Hoe kan de methode worden geïntegreerd in lopende teeltsystemen/teeltplannen? Kunnen stappen in het protocol worden versimpeld? Bijvoorbeeld door het toepassen van een vloeibare vorm van organisch substraat (vloeibare Herbie) of door gebruik te maken van een verspuitbare film/coating die na vier weken kan worden ondergespit.
- Heeft bodemresetten een positieve invloed op de teelt erna? Levert het meeropbrengst op als gevolg van minder uitval of een zwaarder gewas? In welke mate zouden dergelijke positieve effecten de economische haalbaarheid van bodemresetten verder kunnen vergroten?

11 Literatuur

- Akhtar, M. and Malik, A., 2000.
Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review. *Bioresource Technology* 74: 35-47.
- Alam, M.M. and Jairapuri, M.S., 1990.
Natural enemies of nematodes. In: Jairapuri, M.S., Alam, M.M. and Ahmad, I. (eds.) *Nematode bio-control*. Delhi, India: CBS Publishers: 17-40.
- Amsing, J.J. & Postma, J. 2004.
Ziektewerend vermogen bodem moeilijk te manipuleren *Groenten + fruit* 2004 (3): 24 - 25.
- Ascard, J., Hatcher, P. E., Melander, B., Upadhyaya, M. K. 2007.
Thermal Weed Control: 155-175. In *Non-chemical weed management*. CAB International.
- Asjes, C.J., Bakker-van der Voort A. M., Blom-Barnhoorn G. J. & Ploeg, A.T. 1996.
Fooding sandy soil does not reduce the incidence of nematode transmitted tobacco rattle virus. *Nematologica* 42, 554-563.
- Baker, K. F. 1962.
Principles of heat treatment of soil and planting material. *J. Aust. Inst. Agr. Sci.* 28: 118-126.
- Bakker, J. & Gommers, F. J. & Nieuwenhuis, I., Wynberg, H. 1979.
Photoactivation of the Nematocidal Compound Alpha-Terthienyl from Roots of Marigolds (*Tagetes* Species) - Possible Singlet Oxygen Role. *Journal of Biological Chemistry* 254 (6) 1841-1844.
- Blok, W. J., Lamers, J. G., Termorshuizen, A. J. & Bollen, G.J. 2000.
Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. *Phytopathology* 90 (2000): 253 - 259.
- Blom, G., Janmaat, L., Os van E. en Ruijs, M. 2007.
Productiesystemen met teeltwisseling voor de biologische glasteelt. *Gebruiksmogelijkheden en perspectief. Een eerste verkenning*. Plant Research International B.V., Wageningen, pp. 23.
- Boer, de W., Verheggen, P., Gunnewiek, P.J.A.K., Kowalchuk, G.A. & Veen van J.A. 2003.
Microbial community composition affects soil fungistasis. *Applied and Environmental Microbiology* 69 (2):835-844.
- Bollen, G. J. 1969.
The selective effect of heat treatment on the microflora of a greenhouse soil. *Nether. J. Pl. Path.* 75: 157-163.
- Bollen, G. J. 1985.
Lethal temperatures of soil fungi. In *Ecology and Management of Soilborne Plant Pathogens*. Amer. Phytopathol. Soc. St. Paul, USA: 191-193. Eds: Parker, C.A., Rovira, A.D., Moore, K.J. and Wong, P.T.W.
- Candido, V., Miccolis V., Basile M., D'Addabbo T. & Gatta G. 2005.
Soil solarization for the control of *Meloidogyne javanica* on eggplant in Southern Italy. *Acta Horticulturae* 698: 195-199.
- Castronuovo, D., Candido V., Margiotta S., Manera C., Miccolis V., Basile M. & D'Addabbo T. 2005.
Potential of a corn starch-based biodegradable plastic film for soil solarization. *Acta Horticulturae* 698: 201-206.
- C.M.I./A.A.B. Descriptions of plant viruses, October 1975.
Cucumber green mottle mosaic virus, sheet 154, September 1976.
Tomato mosaic virus, sheet 156.
- Cuijpers, W. J. M., Wurff van der A. W. G. and Janmaat, L. 2010.
Innovative intercropping system to improve soil health in organic greenhouse cultivation. *Proceedings First ISHS conference on organic greenhouse horticulture*. Ed. Lans van der C. J. M. 43-49. De Ceuster. www.dcg.nl
- Denys, M. 2005.
Alternatieven voor methylbromide in bladgewassen. *Nieuwsbrief PCG*, 8 (6), 15.
- DeVay, J. E. 1991.
Historical review and principles of soil solarization. In J.E DeVay, J.J. Stapleton. & C.L. Elmore, eds. *Soil solarization. Proceedings from the 1st International Conference on Soil Solarization*, Amman, Jordan, February 1990.

- Dunne, C.P., Bell, B., Hardy, G. E. St. J. 2003.
The effect of biofumigants on the vegetative growth of five *Phytophthora* species in vitro. *Acta Horticulturae* 602: 45-51.
- Eylen, van D., Indrawati, Hendrickx, M. & Loey, van A. 2006.
Temperature and pressure stability of mustard seed. (*Sinapis alba* L.) myrosinase. *Food Chemistry* 97: 263-271.
- FAO Plant Production and Protection Paper No. 109, p 1-15.
- Di Vito, M., G. Zaccheo, F. Catalano, Campanelli R. 2000.
Effect of soil solarization and low doses of fumigants on control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Acta Horticulturae* 532: 171-173.
- Evenhuis, A. & Korthals, G. W. & Molendijk, L. P. G. 2004. *Tagetes patula* as an effective catch crop for long-term control of *Pratylenchus penetrans*. *Nematology*, Vol.6(6), 877-881.
- Fritsch, H.J. & Huber, R. 1995.
Basamid granular - a halogen-free soil disinfestant. *Acta Horticulturae* 382, 76-85.
- Gamliel, A. & Stapleton, J. J. 1993.
Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. *Phytopathologie* 83: 899-905
- Gamliel, A. 2000.
Soil amendments: a non chemical approach to the management of soilborne pest. *Acta Horticulturae* 532: 39-47.
Gewasbeschermingsmiddelen databank, www.ctgb.nl
- Gezondtransport.nl, <http://oplossingenboek.gezondtransport.nl/downloadablefiles/gevaarlijke%20gassen%20in%20containers/tipkaart%20chloorpicrine.pdf>
- Glasnieuws, 2005.
Alternatief grondstomen met magnetrongolven. *Groenten & Fruit* /week 18, 14.
- Guerrero, M. M., M.A. Martinez, M.C. Martinez, N. Barceló, A. Lacasa, C. Ros, P. Guirao, A. Bello, López, J.A. 2005.
Biofumigation plus solarization efficacy for soil disinfestation in sweet pepper greenhouses in the Southeast of Spain. *Acta Horticulturae* 698: 293-297.
- Hartsema, O., 2001.
Paratrichodorus teres: aanvullende maatregelen ter beheersing. PPObulletin Akkerbouw.
- Hazendonk & Amsing 2002.
Beheersing van nematoden in de grond. *Ekoland* 24 (2). - p. 26 - 27.
- Janmaat, L., Amsing, J.J., Messelink, G.J., Bloemhard, C.M.J., Postma, J. & Berkelmans, R.A. 2004.
Nieuwe hoop voor biologische glastuinders? - Onderzoek naar bestrijding van wortelknobbelaaltjes en pissebedden.
- Janse, J., Wurff van der A.W.G., Slooten van M. A., Kok L. W. & Leeuwen van A. J. G. 2007a.
Gevoeligheid komkommeronderstammen voor aaltjes in de biologische teelt van komkommer (najaarsteelt).
Wageningen UR Glastuinbouw.
- Janse, J., Wurff van der A.W.G. & Slooten van M. A. 2007b.
Gevoeligheid komkommeronderstammen voor aaltjes in de biologische teelt van komkommer (voorjaarsteelt).
Wageningen UR Glastuinbouw.
- Katan, J. 2000.
Soil and substrate disinfestation as influenced by new technologies and constraints. *Acta Horticulturae* 532: 29-35.
- Katan, J. 2005.
Soil Disinfestation: One minute before Methyl Bromide Phase Out. *Acta Horticulturae* 698: 19-26.
- Korthals, G.W., 2001.
Maiswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*): voorkomen en beheersen. PPO-bulletin akkerbouw.
- Lamers, J.G. & Wilms, J.A.M. 2008.
De lange termijn werking van biologische grondontsmetting. PPO-AGV report 3252045600,
Lelystad: 27
- Lamers, J. G., Runia, W.T., Molendijk, L.P.G., Bleeker, P.O. 2010. "Perspectives of Anaerobic Soil Disinfestation."
Proceedings VIth IS on Chemical and Non-chemical Soil and Substrate Disinfestation *Acta Horticulturae* 883 (Eds: Gamliel et al.): 277-283.

- Lawrence, L. & Matthiesen, J. 2004.
Biofumigation using Brassica rotations to manage soil-borne pests and diseases. *Outlooks on Pest Management* 15: 42-43.
- Lohuis, H., 1989.
Het land onder water; inundatie tegen schimmels, aaltjes, onkruid en opslag. *Dossier Gewasbescherming* 6/1989, 44-46.
- Maas, P.W.Th. 1987.
Principles and Practice of Nematode Control in Crops. Hoofdstuk 8 Physical methods and quarantine, ISBN 0 12 137640 0, 265-291.
- Mappes, D. 1995.
Spectrum of activity of dazomet. *Acta Horticulturae* 382, 96-103.
- McSorley, R., Stansly, P. A., Noling, J. W., Obreza, T.A. & Conner, J.M. 1997.
Impact of organic soil amendments and fumigation on plantparasitic nematodes in Southwest Florida vegetable fields. *Nematropica* 27, 181-189.
- Meijer, B. & J. Lamers (2004).
Biologische grondontsmetting: bestrijding van bodemziekten voor een gezonde bodem. PPO-rapport 415, 14-15.
- Ministerie van Defensie, http://mpbundels.mindef.nl/35_serie/35_320/hoofdstuk_1.htm
- Montréal Protocol 2000,
United Nations Environment Programme. <http://www.unep.org/ozone/pdfs/montreal-protocol2000.pdf>
- Molendijk, L. P. G. & Rovers J. 1996.
Tagetes geen middel tegen elke aal. *Ekoland*, Vol. 16, no. 2, 16-17.
- Molendijk, L., Runia, W., Waal, B. v.d., Lamers, J., Korthals, G. 2008. "Studie naar perspectieven voor biologische grondontsmetting." PPO-AGV rapport 3250084300, Lelystad: 48.
- Muller, P.J. & J. van Aartrijk, 1989.
Flooding reduces the soil population of the stem nematode *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) in sandy soils. *Acta Horticulturae* 255, 261-264.
- Nederpel, L. 1979.
Soil sterilization and pasteurization. Chapter 4: 29-37. In *Soil Disinfestation*. Ed: D. Mulder, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, the Netherlands.
- Neefjes, Vegter, Seegers, J. 2008. *Gezonde Grond*. Vakblad voor de bloemisterij 15: 35-47.
- Nishi, K., Kita, N, Uematsu, S. 2003.
Hot water soil sterilization begins in Japan. *Farming Japan* 37-2: 35-41.
- Oka, Y., H. Koltai, M. Bar-Eyal, M. Mor, E. Sharon, Y. Spiegel, Chet, I. 2000.
Chemical and nonchemical control of phytophagous nematodes: new perspectives. *Acta Horticulturae* 532: 177-182.
- Os, van G.J. 2008.
Ziektewering van de grond. Lisse : Themadag bedrijfsnetwerk biologische bollen en buitenbloemen, 2008-02-21
- Oostenbrink & M. K. Kuiper & J. J. s'Jacob, 1957.
Tagetes als Feindpflanzen von *Pratylenchus*-Arten. *Nematologica Suppl* 2: 424S-433S.
- Paternotte, P., Bloemhard, C. & Wurff, van der A.W.G. 2009.
Biologische grondontsmetting ter bestrijding van *Verticillium dahliae* en *Meloidogyne* in de biologische teelt van glasgroenten. *Gewasbescherming* 40(5):256.
- Ploeg A.T. & Maris, P.C. 1999.
Effects of temperature on the duration of the life cycle of a *Meloidogyne incognita* population. *Nematology*, 1:389-393.
- Price, A.J., Charron, C.S., Saxton, A.M. and Sams, C.E. 2005.
Allyl isothiocyanate and carbon dioxide produced during degradation of *Brassica juncea* tissue in different soil conditions. *HortScience* 40: 1734 -1739.

- Rasing, F. B., Jansen, W. J. L. 2007.
Diëlektrisch ontsmetten van substraten. Een goed alternatief voor stromen? Publicatie gefinancierd door het Productschap Tuinbouw en het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Projectnummer: 50552590-TOS/MEC 06-9365, KEMA Technical & Operational Services.
- Raviv, M., Oka, Y., Katan, J., Hadar, Y., Yogev, A. Medina, S., Krasnovsky, A. and Ziadna, H. 2005.
High nitrogen compost as a medium for organic container grown crops. *Bioresource Technology* 96: 419-427.
- Roux-Michollet D., Czarnes S., Adam B., Berryc D., Commeaux C., Guillaumauda N., Le Rouxa X. & Clays-Josserand, A. 2008.
Effects of steam disinfestation on community structure, abundance and activity of heterotrophic, denitrifying and nitrifying bacteria in an organic farming soil. *Soil Biology & Biochemistry* 40(7): 1836-1845.
- Runia, W. T. 1982.
Annual report Glasshouse Crops Research and Experiment Station, Naaldwijk 1981, Steam injector, sheet steaming with thermal covers, 101.
- Runia, W. T. 1983.
A recent development in steam sterilisation. *Acta Horticulturae* 152: 195-200.
- Runia, W. T. 2000.
Steaming methods for soils and substrates. *Acta Hort.* 532: 115-124.
- Runia, W.T., Gastel, van W.G. & Korthals, G. W. 2006.
Inventarisatie en beheersing van het quarantaine aaltje *Meloidogyne chitwoodi* binnen de pootgoedteelt in de Wieringermeer. Internet: www.kennisakker.nl
- Runia, W. T., Molendijk, L. P. G., Greenberger, A., Neophytou, G. 2006.
Soil treatment with hot air (Cultivit) as alternative to methyl bromide. *Comm. in Agric. and Appl. Biol. Sci., Ghent University* 71/2a: 185-192.
- Runia, W. T., Molendijk, L. P. G. 2008.
Nematode control strategy (NCS) and physical soil disinfestation methods used in the Netherlands. *FAO Report Workshop on non-chemical alternatives to replace methyl bromide as a soil fumigant: 53-60. Budapest, Hungary.*
- Runia, W.T., Molendijk, L., Ludeking, D.J.W., Schomaker, C. 2011.
Doorontwikkelen biologische grondontsmetting (BGO). PPO-AGV rapport 3250137811, Wageningen UR Glastuinbouw rapport 3242068311.
- Sarwar, M., Kirkegaard, J.A., Wong, P.T.W. & Desmarchelier, J.M. 1998.
Biofumigation potential of brassicas. *Plant and Soil* 201: 103-112, 1998.
- Sonneveld, C. 1979.
Changes in chemical properties of soil caused by steam sterilization. Chapter 5: 39-50. In *Soil Disinfestation*. Ed: D. Mulder, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, the Netherlands.
- Stapel, L., Doorduyn J., Amsing J., Weel van P., Warmenhoven, M. 2005.
Cultuurkoken *Amaryllis*. Publicatie gefinancierd door het Productschap Tuinbouw, Projectnummer: 4110.3601, Praktijkonderzoek plant & omgeving Aalsmeer.
- Stirling, G.R. and Stirling, A.M. 2003.
The potential of Brassica green manure crops for controlling root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) on horticultural crops in a subtropical environment.
- Telen met toekomst 2007.
Leaflet: Inundatie in de bloembollenteelt. <http://www.telenmettoekomst.nl/?page=nieuws&nieuws=page&id=654>
Vakblad voor de bloemisterij, 2009. <http://www.vakbladvoordebloemisterij.nl/nieuws/4195/vernieuwde-agritron-getoond-aan-kwekers> <http://www.vakbladvoordebloemisterij.nl/fotovideo/4222/demonstratie-van-de-vernieuwde-agritron>
- VandeVelde, I. 2005.
Zijn er alternatieven voor methylbromide in de teelt van sla onder glas? *Proeftuin Nieuws* 12: 16-17.
- Vela-Múzquiz, R. 1983.
Control of field weeds by microwave radiation. *Acta Horticulturae* 152, 201-208.

- Vermeulen, P.C.M. 2010.
Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw 2010 (KWIN), nr. GBT -1037,
Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk.
- Wambeke E. van, J. Wijsmans, d'Hertefeldt, P. 1983.
Possibilities in microwave application for growing substrate disinfestation. *Acta Horticulturae* 152, 209-217.
- Wang, K.H., Sipes, B.S. and Schmitt, D.P. 2002.
Crotalaria as a cover crop for nematode management: a review. *Nematropica* 32: 35 - 57.
- Warton, B., Matthiesen, J.N. and Shackleton, M.A. 2001.
Glucosinolate content and isothiocyanate evolution - two measures of the biofumigation potential of plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 5244 -5250.
- Warton, B., Matthiesen, J.N. and Shackleton, M.A. 2003.
Cross-enhancement: enhanced biodegradation of isothiocyanates in soils previously treated with metham sodium. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 1123-1127.
- Widmer, T.L. Mitkowski, N.A. and Abawi, G.S. 2002.
Soil organic matter and management of plant parasitic nematodes. *Journal of Nematology* 34: 289-295.
- Wurff van der A.W.G., Kools S. A. E., Boivin M.E.Y., Brink van den P.J., Megen van H.H.M., Riksen J., Doroszuk A. & Kammenga, J. E. 2006.
Type of disturbance and ecological history determine structural stability. *Ecological Applications* 17(1), 190- 202.
- Wurff van der A. W. G., Cuijpers, W. J. M. 2009.
Powerpoint presentatie Biowisselkas : wisselteelt in de biologische groenteteelt onder glas tegen bodemziekten en -plagen. *Dronten : Louis Bolks Instituut/Wageningen UR Glastuinbouw, 2009.Jaarvergadering biologische kastelers.*
- Wurff van der A. W. G., Kok, C. J. en Zoon, F. C. 2010. Biologische beheersing van wortelknobbelaaltjes in de biologische teelt van groenten en bloemen onder glas. Stand van kennis. Verslag van onderzoek over de periode 2005.tot 2010, Bleiswijk, Wageningen. Rapport 321
- Zaayen, A. 1985.
De effecten van inundatie van bloembollengronden op ziekten, plagen en onkruiden. Intern jaarverslag LBO, 72-74.

