



Bodem Resetten: Innovatieve anaerobe grondontsmetting (ASD) tegen schadelijke bodemorganismen

J. H. M. Visser, L. P. G. Molendijk, H. Feil, H. Meints, T. van Beers



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Bodem Resetten: Innovatieve anaerobe grondontsmetting (ASD) tegen schadelijke bodemorganismen

Laboratorium- en veldonderzoek naar de effectiviteit van anaerobe grondontsmetting met Herbie (Bodemresetten) en gras ter bestrijding van het maiswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*), stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci*), het aardappelcysteaaaltje *spp* en de bodemschimmel *Verticillium dahliae*.

Auteurs:

J. H. M. Visser¹, L. P. G. Molendijk¹, H. Feil², H. Meints², T. van Beers³

¹ Wageningen Plant Research, Business unit PAGV

² Thatchtec

³ Agrifirm

Dit onderzoek uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Praktijkonderzoek akkerbouw, groene ruimte en vollegrondsgroenten

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, november 2017

Rapport WPR-746

J. H. M. Visser, L. P. G. Molendijk e.a., 2017. Laboratorium- en veldonderzoek naar de effectiviteit van anaerobe grondontsmetting met Herbie (Bodemresetten) en gras ter de bestrijding van het maiswortelknobbelaaltje, stengelaaltjes, het aardappelcysteaaltje en de bodemschimmel *Verticillium dahliae*.

Project no. 3750312500

Trefwoorden: anaerobe grondontsmetting (ASD), Bodemresetten, aardappelcysteaaltjes, stengelaaltjes, *Meloidogyne chitwoodi*, *Verticillium dahliae*

© 2017 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit WUR Praktijk onderzoek AGV, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 291 111; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

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

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-746

Foto omslag: veldproef anaerobe grondontsmetting Vredepeel, 2016

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	Plan van aanpak	11
3	Materiaal en Methoden	13
	3.1 Emmerproeven	13
	3.1.1 Effect BR op plant parasitaire aaltjes en de bodemschimmel <i>Verticillium dahliae</i> (onderdeel A)	14
	3.1.2 Toetsing effectiviteit; dosering x behandelingsduur (onderdeel B)	18
	3.1.3 Toetsing dieptewerking (onderdeel C)	18
	3.1.4 Gasmetingen	19
	3.2 Veldproef 2016	20
	3.2.1 Behandelingen	20
	3.2.2 Toets-organismen (inoculum en analyses)	22
	3.2.3 Zuurstof- en temperatuurmetingen	23
	3.3 Statistische verwerking	23
4	Resultaten	25
	4.1 Resultaten emmerproeven	25
	4.1.1 Toetsing effectiviteit vloeibare variant Herbie87 (onderdeel A)	25
	4.1.2 Toetsing effectiviteit; dosering x behandelingsduur (onderdeel B)	32
	4.1.3 Toetsing dieptewerking (onderdeel C)	36
	4.2 Resultaten veldproef 2016	40
	4.2.1 Temperatuur en neerslag	40
	4.2.2 Zuurstofmetingen	41
	4.2.3 Bestrijding toetsorganismen	43
5	Conclusies	45
	Bijlage 1 Bestrijding van knolcyperus met Herbie (“BodemResetten”).	49
	Bijlage 2 Proefveldschema	51
	Bijlage 3 Bodemvruchtbaarheid toetsgronden	53
	Bijlage 4 Product analyse	55
	Literatuur	57

Woord vooraf

Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door de financiële bijdrage van Ministerie van Economische zaken, Thatchtec, Agrifirm, SoilCares Research, Eurofins, KAVB en Stichting Aardbei Onderzoek. De intensieve samenwerking tussen de projectpartners en onderzoekers heeft geleid tot meer inzicht in de mogelijkheden van anaerobe grondontsmetting (Bodemresetten) voor bestrijding van belangrijke bodempathogenen. We willen financiers en projectpartners danken voor hun inzet en betrokkenheid.



Ministerie van Economische Zaken



Samenvatting

Aan het gebruik van het chemische grondontsmettingsmiddel Monam (werkzame stof metam-natrium) zijn steeds strengere voorwaarden verbonden, waardoor inzet ter bestrijding van schadelijke bodemgebonden plantpathogenen, waaronder diverse Q-organismen, nog maar zeer beperkt mogelijk is. Innovatieve oplossingen om deze schadelijke organismen te bestrijden zijn essentieel, ook voor een blijvende verbetering van de bodemkwaliteit.

Het gedurende een bepaalde periode zuurstofloos (anaeroob) maken van de bodem is een efficiënte manier van grond ontsmetten. Anaerobe grondontsmetting (ASD, Anaerobic Soil Desinfestation) kan door de grond te inunderen of door gras in te werken en af te dekken met folie (ASD- "klassiek"). De (bijna)zuurstofloosheid en de afbraakproducten die onder deze zuurstofarme omstandigheden worden gevormd, zoals gassen en vetzuren, zijn dodelijk voor diverse schadelijke schimmels, aaltjes, bacteriën en onkruiden.

Thatchtec BV heeft samen met Wageningen UR sinds 2005 onder de naam BodemResetten (BR), een verbeterde versie van anaerobe grondontsmetting ontwikkeld (Runia e.a., 2011). Hierbij wordt het gras vervangen door het middel Herbie®, een gemakkelijk afbreekbaar eiwit met een constante en bekende kwaliteit. In gesloten teelten is reeds praktijkervaring opgedaan met Bodemresetten, in buitenteelten nog maar zeer beperkt.

Om BR voor buitenteelten mogelijk te maken (technisch en economisch) is het nodig meer inzicht te krijgen in de effecten van:

- o effectiviteit tegen belangrijke bodempathogenen
- o dosering (kostenverlaging, rendabiliteit van de techniek)
- o behandelduur/periode van afdekking (inpasbaarheid binnen bedrijfsvoering)
- o dieptewerking
- o wijze van aanbrengen van de afdekking (apparatuur en materiaal) waaronder goedkopere folies en de mogelijkheid tot het gebruik van een verspuitbare afdeklag (onderzoek aan dit aspect is uitgevoerd in het project Coating-BR, Visser, 2017).

Emmerproeven 2015:

In 2015 is in emmerproeven onder geconditioneerde omstandigheden onderzoek uitgevoerd naar: a) het effect van Bodemresetten met Herbie 72 (vast) en Herbie 87 (vloeibaar) op een aantal belangrijke bodempathogenen, in verschillende grondsoorten, b) effect van verschillende combinatie van behandelduur en Herbie-doseringen op een besmetting aardappelcysteaaaltjes en c) de dieptewerking van een Bodemreset-behandeling.

- a) *Effect van Bodemresetten op een aantal belangrijke bodempathogenen.*
- Stengelaaltjes in zand- en zavelgrond werden door de BR-behandeling (2RE, 6 weken) zeer goed bestreden (99% doding). In kleigrond van 37% afslibbaar was de BR-behandeling minder effectief (70% doding).
 - Aardappelcysteaaaltjes werden in zandgrond zeer goed bestreden (>99% doding) maar in zavelgrond was de behandeling (2RE, 6 weken) minder effectief (88% doding)

Een aantal belangrijke pathogenen werden goed tot zeer goed bestreden door de Bodemreset-behandeling, waarbij de effectiviteit afneemt als de grondsoort "zwaarder" is (hoger percentage afslibbaar). De effectiviteit van de vloeibare Herbie 87 is vergelijkbaar of soms iets beter dan de vaste Herbie 72.

- b) *Effect van dosering Herbie in combinatie met behandelingsduur op de bestrijding van aardappelcysteaaaltjes.*
- Een dosering lager dan 1RE en 1RE-met een korte behandelduur van 3weken bleken onvoldoende effectief (doding<60%).
 - 1RE met behandelduur van 6weken en 2RE met een behandelduur van 3 en 6 weken waren zeer effectief (meer dan 99% doding).

Eerste indruk is dat voor de bestrijding van aardappelcysteeltjes met BR de dosering verlaagd kan worden naar 1RE maar alleen met een voldoende lange behandelduur van minimaal 6 weken. Het verkorte van de behandelduur tot drie weken lijkt eveneens mogelijk maar dit alleen bij de standaarddosering van 2RE.

c) *Dieptewerking.*

Een BR-behandeling lijkt ook onder de behandelde laag effectief. In de emmerproef werd een besmetting aardappelcysteeltjes aangebracht 25 cm onder de BR-behandelde laag zeer goed bestreden. Het dodingspercentage was vergelijkbaar met de doding in de behandelde laag (> 99%).

Veldproef 2016:

In de veldproef is de effectiviteit van BR-behandelingen, met verschillende dosering Herbie®87 (1RE, 2RE en 4RE) en ASD-klassiek (gras) in combinatie met een behandelduur van 3 of 6 weken, ter bestrijding van het maiswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi*) en aardappelcysteeltjes (*G. pallida*) onderzocht. Verlaging van de standaarddosering van 2RE naar 1RE en verkorten van de behandelduur van 6 naar 3 weken lijkt voor de bestrijding van aardappelcysteeltjes en *M. chitwoodi* mogelijk. In deze proef is de doding van aardappelcysteeltjes bij ASD-klassiek en de BR-behandeling met een dosering van 1RE, beide met een behandelduur van 3 weken, meer dan 99%. Wat vergelijkbaar is met de effectiviteit van de BR-behandelingen met hogere doseringen (>1RE) en een langere behandelduur (6 weken).

Ook *M. chitwoodi* werd in alle behandelingscombinaties zeer goed bestreden (>99% doding). Met uitzondering van de BR-behandeling-1RE en ASD-klassiek beide met een behandelduur van 3 weken, nam de besmetting af tot onder detectie niveau. Om het effect van de behandelingen op een, voor *M. chitwoodi* gevoelig volggewas te bepalen worden er in 2017 aardappelen als toets-gewas op dit proefveld geteeld.

De bodemschimmel *V. dahliae* werd door de BR-behandelingen van 2RE en 4RE en ASD-klassiek, allen met een behandelduur van 6 weken, zeer goed bestreden. De besmetting nam af tot onder detectie niveau. Het effect van BR-behandelingen met lagere doseringen en/of een kortere behandelperiode zijn niet in deze onderzocht.

Ook in de veldproef is een zeer goede dieptewerking van de BR-behandelingen op de bestrijding van aardappelcysteeltjes vastgesteld. Bij alle BR-behandelingscombinaties van 1, 2 en 4RE en een behandelperiode van 3 of 6 weken was de doding van aardappelcysteeltjes op 15 cm diepte (in de behandelde laag) en op 40 cm diepte (circa 15 cm onder de behandelde laag) meer dan 99%. De effectiviteit van anaerobe grondontsmetting met gras (AGO-klassiek) was vergelijkbaar met die van de BR-behandelingen.

Samenvattend:

- Besmettingen van stengelaaltjes, aardappelcysteeltjes, het maiswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*) en de bodemschimmel *Verticillium dahliae* in lichte grond, werden met Bodemresetten (2RE, behandelduur 6 weken) zeer goed bestreden. Doding vaak meer dan 99%.
- de effectiviteit van een BR-behandeling neemt af, als de grondsoort "zwaarder" is (hoger percentage afslibbaar)
- Voor de bestrijding van aardappelcysteeltjes en *M. chitwoodi* lijkt verlaging van de standaarddosering Herbie van 2 naar 1RE en een kortere behandelduur van 3 weken mogelijk, met behoud van effectiviteit.
- Dieptewerking BR-behandeling: ook een aardappelcysteeltjes besmetting 15 cm onder de met Herbie behandelde laag werd zeer goed bestreden (>99% doding)
- De effectiviteit van ASD-klassiek (gras) in een dekzandgrond, uitgevoerd onder goede condities (temperatuur >16 °C, voldoende vocht en behandelduur van 6 weken) was zeer goed en in deze proef vergelijkbaar met de effectiviteit van ASD met Herbie (Bodemresetten).

1 Inleiding

De beschikbaarheid van fytosanitair schone grond voor de teelt van uitgangsmateriaal zoals pootaardappelen, bollen, bomen, vaste planten en plantgoed, neemt af. Dit is onder andere het gevolg van het optreden van schadelijke bodemgebonden plantpathogenen, waaronder diverse Q-organismen. Aan het gebruik van het chemische grondontsmettingsmiddel Monam (werkzame stof metam-natrium) zijn steeds strengere voorwaarden verbonden, waardoor inzet ter bestrijding van deze organismen nog maar zeer beperkt mogelijk is. Om de Nederlandse exportpositie van uitgangsmaterialen te handhaven c.q. te verbeteren, zijn innovatieve oplossingen om deze schadelijke organismen te bestrijden essentieel, ook voor een blijvende verbetering van de bodemkwaliteit.

Het gedurende een bepaalde periode zuurstofloos (anaeroob) maken van de bodem is een efficiënte manier van grond ontsmetten. Anaerobe grondontsmetting (ASD, Anaerobic Soil Desinfestation) kan door de grond te inunderen of door gras in te werken en af te dekken met folie (ASD- "klassiek"). Bij deze techniek wordt een grote hoeveelheid vers organische materiaal in de bouwvoor ingewerkt en de grond vervolgens afgedekt met folie (Blok, 2000). Door de vertering van het vers organisch materiaal daalt het zuurstofgehalte in de bodem zeer snel. De (bijna)zuurstofloosheid en de afbraakproducten die onder deze zuurstofarme omstandigheden worden gevormd, zoals gassen en vetzuren, zijn dodelijk voor diverse schadelijke schimmels, aaltjes, bacteriën en onkruiden. Bij de "klassieke" manier van anaerobe grondontsmetting wordt circa 40 ton/ha vers gras ingewerkt over een diepte van 30-40 cm. Vuistregel is één ton per cm bouwvoordiepte.

Thatchtec BV heeft samen met Wageningen UR sinds 2005 onder de naam BodemResetten (BR), een verbeterde versie van anaerobe grondontsmetting ontwikkeld (Runia e.a., 2011). Hierbij wordt het gras vervangen door het middel Herbie®, een gemakkelijk afbreekbaar eiwit met een constante en bekende kwaliteit.

Onderzoek m.b.v. lab-opstellingen en in kasteelten heeft laten zien dat door de anaerobe afbraakprocessen veel ziekteverwekkende micro-organismen worden gedood, en dat vervolgens een ziektevrrije teelt mogelijk is.

In gesloten teelten is reeds praktijkervaring opgedaan met Bodemresetten, in buitenteelten nog maar zeer beperkt. Wat nog niet goed bekend is, is het effect van de hoeveelheid Herbie® (c.q. de minimale dosering die nodig is), het effect van de diepte van inwerking van Herbie®, het effect van bodemtemperatuur (c.q. minimumtemperatuur in relatie tot afdektijd) en de mogelijkheden om het proces van afdekken te vereenvoudigen. Om BR voor buitenteelten mogelijk te maken (technisch en economisch) is het nodig inzicht te krijgen in de effecten van: dosering, (is mogelijk verlaging van kosten), temperatuur (in welke periode van het jaar kan BR nog worden uitgevoerd), diepte van inbrengen en werkingsdiepte, wijze van aanbrengen van de afdekking (apparatuur en materiaal) waaronder goedkopere folies en de mogelijkheid tot het gebruik van een verspuitbare afdeklaag. Doel van het voorliggende project is fundamentele kennis te verkrijgen over het werkingsmechanisme en over de effecten van toepassing van het middel op de bodemkwaliteit en bodemweerbaarheid. Kennis over het werkingsmechanisme en de factoren die het resultaat beïnvloeden is nodig om te weten hoe het effect kan worden voorspeld en hoe tegenvallende resultaten kunnen worden vermeden. Kennis over het werkingsmechanisme is bovendien noodzakelijk om toepassing in open teelten kostentechnisch mogelijk te maken. Kennis over de langjarige effecten zijn zowel van belang voor de bodemkwaliteit als voor de financiële haalbaarheid.

2 Plan van aanpak

Om BR voor buitenteelten mogelijk te maken (technisch en economisch) is het nodig inzicht te krijgen in de effecten van:

- o dosering (ten behoeve van verlaging van Herbie-dosering tov van de nu standaarddosering)
- o behandelduur/periode van afdekking (in samenhang met de bodemtemperatuur)
- o dieptewerking/diepte van inbrengen
- o wijze van aanbrengen van de afdekking (apparatuur en materiaal) waaronder goedkopere folies en de mogelijkheid tot het gebruik van een verspuitbare afdeklaag (onderzoek aan dit aspect is uitgevoerd in het project Coating-BR, Visser, 2017).

In 2015 is het onderzoek gestart. In emmerproeven, onder geconditioneerde omstandigheden, is onderzocht onder welke omstandigheden (dosering x tijd x inwerkingsdiepte) een optimaal bestrijdingsresultaat wordt gerealiseerd. En wat de effectiviteit van Bodemresetten is ter bestrijding van een aantal belangrijke plant parasitaire aaltjessoorten, de bodemschimmel *Verticillium dahliae* en het onkruid knolcyperus. De resultaten van het onderzoek naar bestrijding van knolcyperus zijn niet in dit rapport opgenomen maar afzonderlijk gerapporteerd (Bestrijding van knolcyperus met Herbie ("Bodemresetten"), J. Hoek e.a., projectrapport 3750320400, WR-PAGV, april 2016). Een samenvatting van dit rapport is opgenomen in bijlage 1.

Op basis van de perspectievolle resultaten van de emmerproeven die in 2015 zijn uitgevoerd is in 2016 het veldonderzoek gestart. In Vredepeel, op een perceel met een natuurlijke *M. chitwoodi* besmetting, is een veldproef met verschillende BR-behandelingen aangelegd om de resultaten van de emmerproeven te valideren.

3 Materiaal en Methoden

3.1 Emmerproeven

In 2015 zijn drie Bodemreset (anaerobe grondontsmetting) proeven in emmer uitgevoerd waarbij onderstaande aspecten zijn onderzocht;

- A. Effect van Bodemresetten, uitgevoerd met een vaste (Herbie® 72) en een vloeibare (Herbie® 87) variant Herbie tegen een aantal belangrijke schadelijke bodemorganismen
 - *Maiswortelknobbelaaltje M. chitwoodi*
 - *Stengelaaltjes; D. dipsaci*
 - *Verticillium dahliae* (bodemschimmel)
- B. Effectiviteit van BR-behandelingen met lagere doseringen Herbie (<2RE) en kortere behandel tijd
- C. Dieptewerking; wat is de effectiviteit van BR onder de behandelde laag?

De proeven, voor onderdeel A en B, zijn uitgevoerd in geen of zeer beperkt zuurstof doorlatende polypropyleen emmers met een inhoud van 11L (h: 29cm, Ø: 22cm). Het onderzoek naar de dieptewerking (onderdeel C) is uitgevoerd in 52cm hoge emmers met een diameter van 31cm (inh. 42L). In elke emmer zijn, circa 5cm onder de rand, twee kraantjes gemonteerd voor het uitvoeren van de gasmetingen (zie foto 7).

De afgelopen jaren is het BR-onderzoek hoofdzakelijk uitgevoerd met een vaste formulering Herbie; Herbie 72. Voor toepassing in openteelten heeft een vloeibare formulering enkele voordelen. Het middel is makkelijk met een mestinjecteur in te brengen en door het vrij grote volume dat wordt toegepast kan het middel, met een spitmachine, goed (homogeen) door de bouwvoor worden verdeeld.

Om inzicht te krijgen in de effectiviteit van de vloeibare variant is de proef voor onderdeel A uitgevoerd met twee varianten van het middel Herbie. De vaste vorm, Herbie 72 en een vloeibare variant Herbie 87. In onderstaande tabel zijn elke specificaties van de twee Herbie-formuleringen weergegeven.

Tabel 1. Samenstelling Herbie-producten

	Herbie72	Herbie87
formulering	vast	Vloeibaar
Droge stof (%)	92%	25%
Dosering 1RE (=1 gram ruw eiwit/L)	4,5 gr/L grond	13,3 gr/L grond

(spore)elementen; zie analyse Eurofins bijlage 4

Behandeling toetsgrond met Herbie

Op 28 juli 2015 zijn de proeven ingezet. Voor onderdeel A en B zijn de emmers, met een inhoud van 11 liter gevuld met 8 liter grond, tot circa 5 cm onder de rand. Zodat er een laag lucht bovenin de emmer overbleef. Per emmer is de hoeveelheid grond nauwkeurig afgewogen. Omdat er met Herbie vloeibaar veel extra vocht in de grond wordt gebracht, is bij alle objecten het vochtgehalte aangevuld tot 20 procent, zodat de objecten wat betreft vochtgehalte vergelijkbaar waren. Water en grond werden goed gemengd vervolgens werd de benodigde hoeveelheid Herbie eveneens goed door de (bevochtigde) grond gemengd. De emmers zijn eerst voor circa de helft met de behandelde grond gevuld. Hierop is het inoculum aangebracht en daarna werd de emmer verder gevuld met grond. De behandelde emmers zijn na het vullen direct luchtdicht afgesloten met een deksel. De emmers van de

onbehandelde controle kregen geen deksel, zodat vrije uitwisseling met lucht van de omgeving daar mogelijk bleef. Het inzetten van de emmerproef voor onderdeel C (dieptewerking) staat beschreven in hoofdstuk 3.1.3. Alle emmers zijn dezelfde dag (28 juli) weggezet in een cel bij 20 graden °C.



Foto's 1, 2, 3 en 4. Mengen van de Herbie 87 door de grond en het aanbrengen van de kunstmatige *Verticillium* besmetting.

3.1.1 Effect BR op plant parasitaire aaltjes en de bodemschimmel *Verticillium dahliae* (onderdeel A)

In deze emmerproef is de effectiviteit van een vaste (Herbie-72) en vloeibare (Herbie-87) variant Herbie op de bestrijding van een aantal belangrijke bodempathogenen onderzocht; de plant parasitaire nematoden *Globodera pallida*, *Meloidogyne chitwoodi* en *Ditylenchus dipsaci* en de bodemschimmel *Verticillium dahliae*. De proef is uitgevoerd met verschillende grondsoorten; dekzandgrond (Vredepeel), zavel (Lelystad), klei (Dronten) en zandgrond (Texel). De meest relevante combinaties van pathogeen (toets organisme) en grondsoort zijn in de proef opgenomen.

In veel BR-proeven die de afgelopen jaren zijn uitgevoerd is het aardappelpysteaaltje als toets organisme gebruikt en is daarom in deze emmerproeven onder meer opgenomen als referentie-object. Aardappelpysteaaltjes (ACA) komen op veel grondsoorten voor. In de emmerproeven is de effectiviteit van BR op bestrijding van ACA in zand- en zavelgrond onderzocht.

De effectiviteit van BR voor de bestrijding van het maiswortelknobbelaaltje *Meloidogyne chitwoodi* (Mc) is onderzocht in zandgrond. Deze aaltjessoort veroorzaakt voornamelijk op lichte grondsoorten schade en komt op zware (klei) gronden (nog) nauwelijks voor. Aardappel, peen, schorseneer en de bolgewassen gladiool en dahlia zijn gewassen die gevoelig zijn voor deze aaltjessoort.

Stengelaaltjes (*Ditylenchus dipsaci*) komen op veel grondsoorten (licht tot zwaar) voor en kunnen, op alle grondsoorten, ook aanzienlijke schade veroorzaken in gewassen als aardappel, ui en bolgewassen. In zand, zavel en kleigrond is het effect van BR op een besmetting stengelaaltjes onderzocht.

De bodemschimmel *Verticillium dahliae* is schadelijk voor veel gewassen. Onder andere aardappel, aardbei en ook rozen en (laan) bomen zijn gevoelig voor deze bodemschimmel. De schimmel veroorzaakt onder andere de verwelkingsziekte in aardappel. De effectiviteit van BR voor de bestrijding van *V. dahliae* is onderzocht in zand- en zavelgrond.

In tabel 2 zijn de verschillende combinaties van grondsoort, toetsorganisme en Herbie-toepassing weergegeven die in emmerproef A zijn getoetst. En in tabel 3 de details van deze emmerproef.

Tabel 2. Overzicht van combinaties van grondsoort, toets organisme en Herbie-behandeling, emmerproef A.

Grondsoort (herkomst)	middel	Dosering	Toets-organismen			
			<i>G. pallida</i>	<i>M. chitwoodi</i>	<i>D. dipsaci</i>	<i>V. dahliae</i>
Dekzand (Vredepeel)	Onbehandeld	----	X*	X		X
	Herbie®72	2 RE		X		X
	Herbie®87	2 RE	X	X		X
	Herbie®87	4RE				X
Zavel (Lelystad)	Onbehandeld	----	X		X	X
	Herbie®72	2 RE			X	X
	Herbie®87	2 RE	X		X	X
	Herbie®87	4 RE			X	X
Klei (Biddinghuizen)	Onbehandeld	----			n b**	
	Herbie®87	2 RE			n b	
Zand (Texel)	Onbehandeld	----			n b	
	Herbie®87	2 RE			n b	

* X=kunstmatige besmetting, ** n b =natuurlijke besmetting

Tabel 3. Details emmerproef A (11L emmers), bestrijding bodempathogenen door BR-behandelingen met Herbie 72 (vast) en Herbie 87 (vloeibaar)

Toets organismen	<i>M. chitwoodi</i> , <i>D. dipsaci</i> , <i>V. dahliae</i> , <i>G. pallida</i>
Grondsoorten	Dekzand (Vredepeel, perceel vdHeuvel) Zavel (Lelystad, perceel G88-2, C6) Klei (Biddinghuizen) zand (Texel, Den Hoorn)
behandelingen	Herbie®72,vast; 2RE (=9 gr/L grond) Herbie®87, vloeibaar; 2RE en 4RE (= resp. 26,6 en 53,2 gr/L grond)
Behandelduur	6 weken
Temperatuur	20 graden Celsius (continu)
Referent	Onbehandelde grond, emmer zonder deksel
herhalingen	4

Toets organismen (inoculum)

Meloidogyne chitwoodi. Het onderzoek naar de effectiviteit van BR op de bestrijding van *M. chitwoodi* is uitgevoerd met veldgrond van het PPO-M. *chitwoodi* proefveld "vdHeuvel" in Vredepeel. Op dit dekzand perceel, met een natuurlijke *M. chitwoodi* besmetting, is begin juli (2015) een indicatiebemonstering uitgevoerd. De *M. chitwoodi* besmetting bleek, onverwacht, laag te zijn. Circa 20 *M. chitwoodi*/100 ml grond (spoelen + 4 weken incubatie). Omdat er geen perceel met een zwaardere *M. chitwoodi* besmetting direct beschikbaar was, is er toch grond van het *M. chitwoodi*-proefveld vdHeuvel verzameld. De grond is gemengd (gehomogeniseerd) en aan een submonster van 200 ml is de (begin) besmetting *M. chitwoodi* bepaald.

Om het effect van de BR-behandelingen op een *M. chitwoodi* besmetting betrouwbaar te kunnen meten is een hoge beginbesmetting noodzakelijk. Om het besmettingsniveau van de grond te verhogen is *M. chitwoodi*-besmet wortelmateriaal van tomatenplanten aan de grond toegevoegd.

Per emmer is 20 gram, fijngeknipt (stukjes van circa 2cm), besmet wortelmateriaal door de grond gemengd. Aan vier submonsters van 20 gram tomatenwortels is een mistkast analyse (6weken) uitgevoerd om de *M. chitwoodi* besmetting in het wortelmateriaal te bepalen. De gemiddelde besmetting van het wortelmateriaal was 553 *M. chitwoodi* aaltjes per gram wortel. Per emmer is steeds 20 gram wortelmateriaal door de grond gemengd wat een beginbesmetting van gemiddeld 11.060 *M. chitwoodi* per emmer en 140 *M. chitwoodi* per 100 ml grond betekende.

Direct na het beëindigen van de behandelingen (zes weken na inzetten van de proef) is de grond voorzichtig gemengd en terug gedaan in de emmers om uit te dampen. Na vijf dagen is per emmer een submonster van 200 ml genomen voor bepalen van de *M. chitwoodi* eindbesmetting.

Het 200 ml grondmonster is over een 180 µm zeef gespoeld. De nematoden in de opgevangen suspensie (<180 µm) zijn vervolgens opgespoeld met een Oosterbrink trechter. De op de zeef achtergebleven grond en organisch materiaal (> 180 µm) is vier weken geïncubeerd bij 20°C om aanwezige eieren af te rijpen en uit te laten komen.

De verwachting is dat als gevolg van de BR-behandelingen de *M. chitwoodi* besmetting zeer sterk zal afnemen, mogelijk tot onder de detectiegrens van de gebruikte analysemethode (200 ml grond spoelen met Oosterbrink-trechter). Wanneer er geen besmetting meer wordt aangetoond, betekent dit niet dat de besmetting ook met honderd procent zekerheid volledig gesaneerd is. Door een waardgewas als tomaat op de behandelde grond te telen zal een eventueel resterende (niet detecteerbare) besmetting zich op de tomaat vermeerderen en weer oplopen tot een aantoonbare besmetting.

Gedurende drie maanden is tomaat, een goede waard voor *M. chitwoodi*, op de toets-gronden geteeld (kas: dagtemp. 20 °C, nachttemp. 16 °C). Na drie maanden is de *M. chitwoodi* besmetting in het wortelstelsel bepaald door het wortelstelsel van de tomatenplanten schoon te spoelen, voor zes op weken op zeefjes in de mistkast te plaatsen en de aaltjes die uit het wortelstelsel kruipen op te vangen en te tellen.

Aardappelcysteaaltjes. In de emmers (grond) is een kunstmatige besmetting van aardappelcysteaaltjes aangebracht. Cysten van het witte aardappelcysteaaltje *Globodera pallida* (Rookmaker-PA3) zijn in Monodur gaaszakjes met elk 200 cysten halverwege de grondlaag, op 7-10 cm diepte, aangebracht. Steeds 1 zakje per emmer.

Direct na het beëindigen van de behandelingen (drie of zes weken na inzetten van de proef) zijn de zakjes uit de emmers gehaald en is de inhoud van de cysten bepaald. Cysten zijn gecrushed en het aantal levende en dode eieren is geteld. Om de vitaliteit van de larven vast te stellen is een loktoets uitgevoerd. De inhoud van de cysten (eieren) is op zeefjes geplaatst in buisjes met lokstof (wortellexudaat) van aardappel. 3000 eieren per zeefje (cupje), in duplo. Vitale larven passeren deze zeefjes, komen in het buisje terecht en werden vervolgens wekelijks geteld.

De loktoets werd beëindigd op het moment dat de lokking in het controle object (onbehandelde cysten bewaard bij 4 °C) was afgenomen tot minder dan 5%, van het aantal op het zeefje gebrachte eieren.

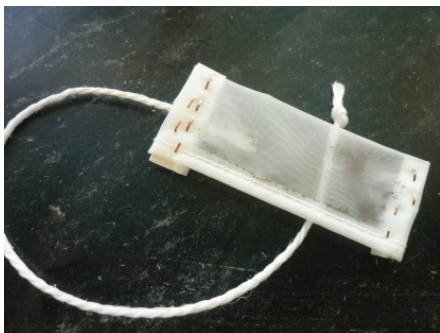


Foto 5. Gaaszakje gevuld met cysten *G. pallida*

Stengelaaltjes. Het effect van Bodemresetten op een besmetting met stengelaaltjes (*Ditylenchus dipsaci*) is onderzocht aan twee gronden (grondsoorten; Biddinghuizen (i), Den Hoorn(ii)) met een natuurlijke stengelaaltjes besmetting en aan een zavelgrond (iii) die, door toevoegen van besmet plantmateriaal plus een suspensie met stengelaaltjes, kunstmatig is besmet.

- i) Op het perceel te Biddinghuizen (klei) werd in de teelt van uien een stengelaaltjes-aantasting geconstateerd. Uit plekken met een duidelijke stengelaaltjes-aantasting in de uien is circa 100L grond, uit de bovenste 15cm van de bouwvoor verzameld. De grond is gemengd en aan een submonster van 1500ml is door Eurofins de besmetting stengelaaltjes bepaald. De grond bleek besmet met 1022 stengelaaltjes/1500 ml grond.
- ii) In een teelt van sneeuwkllokjes op een perceel op Texel (Den Hoorn) werd een vrij zware besmetting met stengelaaltjes vastgesteld. Uit zwaar besmette plekken op dit perceel is uit de bovenste 15 cm van de bouwvoor circa 100L grond verzameld. De grond is gemengd en aan een submonster van 1500ml is door Eurofins de besmetting stengelaaltjes bepaald. De grond bleek besmet met 1855 stengelaaltjes/1500 ml grond.
- iii) Zavelgrond van een perceel te Lelystad is kunstmatig besmet met stengelaaltjes. 200 gram met stengelaaltjes besmet blad van sneeuwkllokjes, verzameld op het perceel op Texel, is fijngesneden, gemengd en verdeeld in 20 porties van 10 gram. Aan vier porties van 10 gram blad is de mate van besmetting bepaald. Het bladmateriaal is op zeefjes in de mistkast geplaatst. De stengelaaltjes "kruipen" uit het plantmateriaal en worden in een bakje onder het zeefje opgevangen. Na 48 uur is het aantal stengelaaltjes in de opgevangen suspensie geteld. De gemiddelde besmetting was 15125 stengelaaltjes per 10 gr blad. Per emmer (8L grond) is 10 gram met stengelaaltjes besmet blad door de grond gemengd; omgerekend een besmetting van 2835 *D. dipsaci*/1500 ml grond. De grond is aanvullend besmet met een suspensie met stengelaaltjes. Met stengelaaltjes besmette uienplanten (halzen) van het perceel te Biddinghuizen zijn gebruikt om inoculum te verzamelen. De uienhalzen zijn fijngesneden en op zeefjes in de mistkast geplaatst. Na 48 uur is dichtheid stengelaaltjes in de opgevangen suspensie bepaald. Per emmer is 100 ml suspensie (288 *D. dipsaci* /ml) toegevoegd. Vier submonster van 1500 ml grond waaraan de suspensie was toegevoegd (en nog geen bladmateriaal van sneeuwkllokjes) zijn door Eurofins geanalyseerd. In deze vier monsters is door Eurofins een gemiddelde besmetting van 458 *D. dipsaci* /1500ml grond vastgesteld, circa 10 procent van het aangebrachte inoculum.

Verticillium dahliae. De effectiviteit van Bodemresetten op de bestrijding van *Verticillium dahliae* is getoetst in dekzand-(Vredepeel) en zavelgrond (Lelystad). De grond is kunstmatig besmet met microsclerotien (MS) van *V. dahliae*. Het inoculum voor deze proef is door WUR-glas (M. Straminski) bereid en zij hebben ook de vitaliteit van het inoculum voor en na de behandeling bepaald. Gedroogde, met MS besmette stengels van tomaten planten zijn vermalen. Het vermalen materiaal is gehomogeniseerd en enkele weken voor gebruik is de vitaliteit van de MS bepaald door vier keer 1 gr vermalen materiaal uit te platen op "modified soil extract agar" (methode volgens Harris et al, 1993). Uit deze bepaling bleek dat 1 gram vermalen stengel materiaal 215 vitale MS bevatte. Per emmer is er één Monodur gaaszakjes gevuld met 2 gram vermalen stengel materiaal halverwege de grondlaag, op 7-10 cm diepte, aangebracht. Direct na het beëindigen van de behandelingen (zes weken na inzetten van de proef) zijn de zakjes uit de emmers gehaald en is, door WUR-glas, de vitaliteit van de MS bepaald. Als referentie object zijn vier zakjes met MS bewaard bij 4 °C.



Foto 6. Gaaszakje gevuld met microsclerotien *V. dahliae*

3.1.2 Toetsing effectiviteit; dosering x behandelingsduur (onderdeel B)

Om BR voor buitenteelten mogelijk te maken (technisch en economisch) is het nodig inzicht te krijgen in de effecten van; dosering en behandelingsduur. Een lagere dosering betekent een reductie van de kosten van een BR-behandeling en als de behandelingsduur kan worden ingekort is de methode beter inpasbaar binnen een gewasrotatie.

In een emmerproef (11L) is het effect van behandelingsduur in combinatie met dosering Herbie® 87 een besmetting met aardappelcysteaaltjes onderzocht. De proef is uitgevoerd met dekzandgrond (Vredepeel). Details van deze emmerproef staan weergegeven in onderstaande tabel. De grond is behandeld als beschreven in hoofdstuk 3.1. De grond is kunstmatig besmet met aardappelcysteaaltjes (zie paragraaf 3.1.1.)

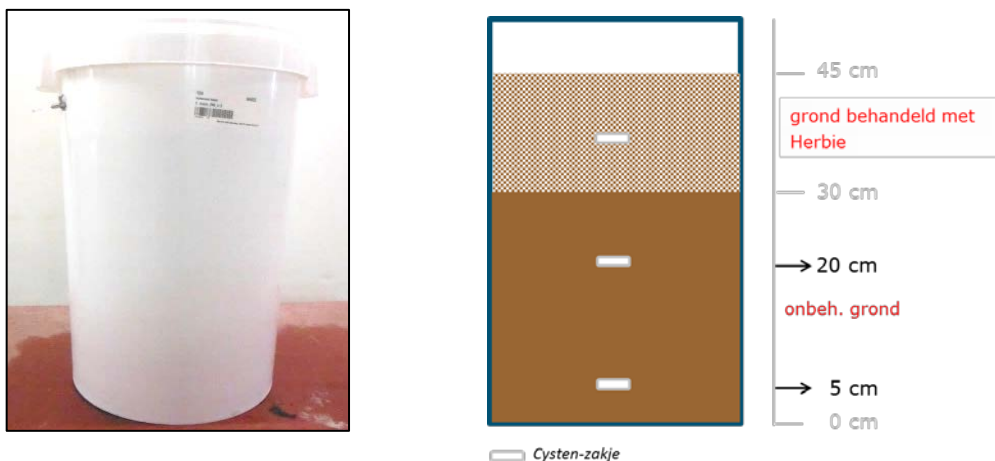
Tabel 4. Details emmerproef B (11L emmers), effect van dosering Herbie 87 en behandelingsduur op aardappelcysteaaltjes

Toets organisme	<i>G. pallida</i> (Rookmaker)
Grondsoorten	Dekzand (Vredepeel, perceel vdHeuvel)
behandelingen	Herbie®87 (vloeibaar); 0,25 RE, 0,5 RE, 1 RE en 2 RE (1 RE=13,3 gr/L grond)
Behandelingsduur	3 en 6 weken
Temperatuur	20 graden Celsius (continu)
Referent	Onbehandelde grond, emmer zonder deksel
herhalingen	4

3.1.3 Toetsing dieptewerking (onderdeel C)

Een besmetting met bodempathogenen blijft (vaak) niet beperkt tot alleen een besmetting in de bouwvoor. Maar kunnen ook onder de bouwvoor, tot diepten waar nog wortels groeien, voor komen. In veel, zo niet al het onderzoek dat is uitgevoerd aan BR is de effectiviteit van de BR-behandelingen gemeten in de met Herbie behandelde bodemlaag. Meestal de bouwvoor; 0-25cm diepte. Het is niet bekend of ook pathogenen die zich onder de behandelde laag bevinden door een BR-behandeling worden gedood.

In een emmerproef, met 52cm hoge emmers (Ø: 31cm, inh. 42L) is het effect van een BR-behandeling op een besmetting met aardappelcysteaaltjes, in en onder de met Herbie behandelde grondlaag, onderzocht. De proef is uitgevoerd met dekzandgrond (Vredepeel). Details van deze emmerproef staan weergegeven in tabel 5. De grond is kunstmatig besmet met aardappelcysteaaltjes (zie paragraaf 3.1.1.1). De emmers werden gevuld met onbehandelde grond, tot 30cm vanaf de bodem, waarbij op 5 en 20 cm van de bodem een zakje met aardappelcysten is aangebracht (zie afb. 1). Boven op de onbehandelde grond is een laag van 15cm met Herbie behandelde grond (2RE) aangebracht met in het midden van deze laag weer een cystenzakje.



Afbeelding 1. 42L emmer en schematische weergaven van de emmer gevuld met behandelde en onbehandelde grond en positie van de zakjes met aardappelcysteaaltjes

Tabel 5. Details emmerproef C (42L emmers), dieptewerking effect van BR op een aardappelcysteaaltjesbesmetting onder de behandelde bodemlaag

Toets organisme	<i>G. pallida</i> (Rookmaker)
Grondsoorten	Dekzand (Vredepeel, perceel vdHeuvel)
behandelingen	Herbie®72, vast: 2 RE (9 gr/L grond) Herbie®87, vloeibaar: 2 RE (=26,6 gr/L grond)
Behandelduur	6 weken
Temperatuur	20 graden Celsius (continu)
Referent	Onbehandelde grond, emmer zonder deksel
herhalingen	4

3.1.4 Gasmetingen

Om meer inzicht te krijgen in het werkingsmechanisme van anaerobe grondontsmetting zijn gasmetingen uitgevoerd. Kennis van de afbraakproducten (gassen) die worden gevormd tijdens het fermentatieproces en welke daarvan relevant zijn voor de werking tegen schadelijke organismen zal bijdragen aan het ontrafelen van het werkingsmechanisme.

Met een veldgasmonitor (INNOVA 1412 van LumnaSense technologies, (zie foto 6) is de gassamenstelling van de lucht boven de behandelde grond gemeten. De emmers zijn voorzien van twee kraantjes (enkele cm onder de rand van de deksel) waarop de slangen van de gasmeter werden aangesloten. Na het aansluiten van de twee slangen werden de kranen geopend. Na de metingen zijn



de kraantjes weer dichtgezet. Gedurende de behandelperiode van 3 of 6 weken is om de twee a drie dagen een gasmeting uitgevoerd. Daarbij is de concentratie van de volgende gassen bepaald: koolzuurgas, stikstofdioxide, ammoniak, methaan, zwavelwaterstof en zuurstof. Alle bepalingen zijn in duplo uitgevoerd (2 metingen per emmer per tijdstip), behalve zuurstof dat enkelvoudig is gemeten.

Foto 7. Akoestische veldgasmonitor

3.2 Veldproef 2016

In een veldproef is de effectiviteit van anaerobe grondontsmetting (AGO) met verschillende doseringen Herbie® 87 en gras in combinatie met een behandelingsduur van drie of zes weken ter bestrijding van het maiswortelknobbelaaltje, aardappelcysteaaltje en de bodemschimmel *Verticillium dahliae* onderzocht. Bij een aantal behandelingen (objecten) is ook de dieptewerking op de bestrijding van aardappelcysteaaltjes bepaald.

De veldproef is aangelegd bij WUR Pagv op de locatie Vredepeel op een dekzandgrond (samenstelling: 88 % zand, 7 % silt, 1 % klei, 4,4 % organische stof) met een pH van 5,3.

Op dit perceel, met een natuurlijke besmetting van het maiswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*), is in voorjaar/zomer van 2016 het voor *M. chitwoodi* goede waardgewas Japanse haver geteeld. Met als doel de besmetting te verhogen.

Op 26 juli is op dit perceel de proef aangelegd als een blokkenproef in vier herhalingen met een veldjes grootte van 8 x 12 meter (zie bijlage 2).

3.2.1 Behandelingen

In de proef is Bodemresetten uitgevoerd met drie verschillende doseringen Herbie®87. De standaarddosering van 80 m³/ha Herbie® 87 (2RE, 2 gram ruw eiwit/L grond). Een verlaagde dosering van 40 m³/ha Herbie® 87 (1RE) en een hoge dosering van 160 m³/ha Herbie® 87. Naast de BR-behandelingen is ook de "klassieke" anaerobe grondontsmetting aangelegd waarbij 40 ton/ha vers gras is ingewerkt. In onderstaande tabel staan de verschillende behandelingen die in de proef zijn aangelegd weergegeven.

De Herbie®87 en het gras zijn 25-30cm diep ingewerkt. Om de dieptewerking van de behandelingen vast te stellen zijn zakjes met aardappelcysten op 15 en 40cm diepte ingegraven (zie 3.2.2 Toets organismen; aardappelcysteaaltjes)

Tabel 6. Behandelingen Bodemreset- proef, Vredepeel 2016.

Objectcode	product	dosering	afdekking	behandelduur
A-3	----	n.v.t.	niet	3 weken
A-6	----	n.v.t.	niet	6 weken
B-3	Herbie®87	40 m ³ /ha (1 RE)	folie	3 weken
B-6	Herbie®87	40 m ³ /ha (1 RE)	folie	6 weken
C-3	Herbie®87	80 m ³ /ha (2 RE)	folie	3 weken
C-6	Herbie®87	80 m ³ /ha (2 RE)	folie	6 weken
D-3	Herbie®87	160 m ³ /ha (4 RE)	folie	3 weken
D-6	Herbie®87	160 m ³ /ha (4 RE)	folie	6 weken
E-3	Vers gras	45 ton/ha	folie	3 weken
E-6	Vers gras	45 ton/ha	folie	6 weken
Demo	Herbie®87	80 m ³ /ha (2 RE)	Coating	6 weken

Op 26 juli 2016 is de proef aangelegd. De Herbie®87 is met een mestinjecteur (foto 8) ingebracht (circa 10 cm diepte) en vervolgens circa 30cm diep ingewerkt met een spitmachine met vaste rol (foto 9).



Foto 8. Herbie®87 toepassing met mestinjecteur



Foto 9. Inspitten Herbie®87

Het gras (object E) is handmatig opgebracht, licht ingefreesd en vervolgens tot circa 30cm diepte ingespit met de spitmachine met vaste rol (foto 10).

De veldjes van de objecten B, C, D en E zijn na het inspitten van de Herbie of het gras, handmatig, afdekt met VIF-folie (foto 11).



Foto 10. Inwerken gras



Foto 11. Afdekken van de grond met VIF-folie.

Als demo zijn een aantal, met Herbie-behandelde veldjes niet afgedekt met de VIF-folie maar is de grond afgedicht met een verspuitbare coating. Achterop de spitmachine was een spuitinrichting voor het aanbrengen van een coating gemonteerd. In de demo-veldjes is in één werkgang de Herbie®87 ingespit en op de dicht gerolde grond de coating aangebracht (foto 12).



Foto 11. Aanbrengen van coating op de demo-veldjes



Foto 12. Overzicht proefveld direct na aanleg

Op 16 augustus, drie weken na de aanleg, zijn de behandelingen met en behandelingsduur van drie weken afgebroken. Het folie is verwijderd en de grond is met een cultivator, 20cm diep, losgetrokken, om uit te dampen. Op 6 september zijn de objecten met een behandelduur van zes weken afgebroken en is de grond met een cultivator tot 20cm diepte losgetrokken.

3.2.2 Toets-organismen (inoculum en analyses)

Het effect van de verschillende behandelingen op een besmetting van de quarantaine aaltjes *M. chitwoodi* en *G. pallida* en de bodemschimmel *Verticillium dahliae* is onderzocht.

Maiswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*)

Het effect van de behandeling op de in het perceel aanwezige natuurlijke besmetting van *M. chitwoodi* is onderzocht.

Voorafgaand aan het aanleggen van de behandelingen (vóórbemonstering; Pi) en twee weken na het beëindigen van de behandelingen (na bemonstering; Pf) zijn grondmonsters genomen om de aaltjesbesmetting te bepalen. De nabemonstering is niet direct na het verwijderen van de folie uitgevoerd maar na een periode van twee weken waarin de grond heeft kunnen uitdampen.

Per netto veldje (1,5 x 2,7m) is de bovenste 25 cm van de bouwvoor bemonsterd. Verspreid over het netto veldje is met een 12 mm grondboor ruim 1 liter grond verzameld. Uit elk grondmonster is een submonster van 100 ml genomen voor het bepalen van de samenstelling van de aaltjesbesmetting. Het 100 ml grondmonster is over een 180 µm zeef gespoeld. De nematoden in de opgevangen suspensie (<180 µm) zijn vervolgens opgespoeld met een Oosterbrink trechter. De op de zeef achtergebleven grond en organisch materiaal (> 180 µm) is vier (voorjaarsmonsters) of zes (najaar monsters) weken geïncubeerd bij 20°C om aanwezige eieren af te rijpen en uit te laten komen. In één op de vijf monsters zijn de aaltjes tot op soort gedetermineerd.

Aardappelvormende aaltjes (dieptewerking)

Naast de al aanwezige (natuurlijke) besmettingen van het maiswortelknobbelaaltje is er een kunstmatige besmetting met cysten van aardappelvormende aaltjes (*G. pallida* stam Rookmaker) aangebracht. Het aardappelvormende aaltje is de laatste jaren in de verschillende AGO-proeven als standaard toetsorganisme gebruikt. Voorafgaand aan het afdekken van de veldjes zijn per veldje twee gaaszakjes, met 200 cysten, op ingegraven (foto's 14 en 15). Eén zakje in de behandelde laag, op circa **15 cm diepte**. En een tweede zakje met cysten is, onder de behandelde laag, op circa **40 cm diepte** ingegraven. Direct na het beëindigen van de behandelingen (drie of zes weken na de aanleg) zijn de zakjes weer opgegraven en is de inhoud van de cysten bepaald. Cysten zijn gecrushed en het aantal levende en dode eieren is geteld. De vitaliteit van de larven is bepaald met een loktoets. De inhoud van de cysten (eieren) is op zeefjes geplaatst in buisjes met lokstof van aardappel. Vitale larven passeren deze zeefjes, komen in het buisje terecht en worden vervolgens wekelijks geteld.



Foto 14. Gaaszakje met cysten *G. pallida*

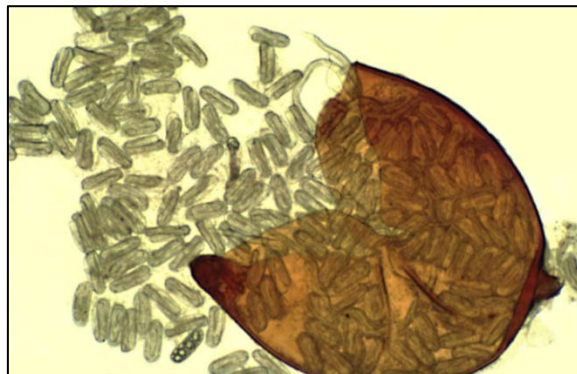


Foto 15. Cyst met inhoud van levende larven en eieren

Verticillium dahliae

Het effect van de behandelingen met een behandelduur van zes weken, op de in het perceel aanwezige natuurlijke besmetting van *V. dahliae* is onderzocht.

Voorafgaand aan het aanleggen van de behandelingen (vóórbemonstering; Pi) en twee weken na het beëindigen van de behandelingen (na bemonstering; Pf) zijn grondmonsters genomen om de Verticillium-besmetting te bepalen. De nabemonstering is niet direct na het verwijderen van de folie uitgevoerd maar na een periode van twee weken waarin de grond heeft kunnen uitdampen.

Per netto veldje (1,5 x 2,7m) is de bovenste 25 cm van de bouwvoor bemonsterd. Verspreid over het netto veldje is met een 12 mm grondboor ruim 1 liter grond verzameld. Uit elk grondmonster is een submonster van circa 300 ml genomen en aan de lucht gedroogd. Het gedroogde submonster is door NAK-T geanalyseerd. Aan een submonster van 10 gram is door de NAK-T de Verticillium besmetting (aantal vitale microsclerotieën; overlevingsstructuur van *V. dahliae*) bepaald.

3.2.3 Zuurstof- en temperatuurmetingen

In alle veldjes zijn zuurstofmetingen verricht gedurende de gehele afdekperiode (behandelduur). Luchtkamers zijn op circa **15** en op **40 cm diepte** ingegraven en verbonden met slangen die buiten de veldjes weer bovengronds zijn gehaald. Door een zuurstofmeter op het uiteinde van de slang aan te sluiten kan lucht vanuit de grond worden aangezogen en het zuurstofgehalte in de bodem worden gemeten (foto's 16 en 17). De zuurstofmetingen zijn tweemaal per week, met een interval van 3 of 4 dagen, uitgevoerd.



Foto 16. Slangen voor zuurstofmetingen



Foto 17. Zuurstofmeters

In twee onbehandelde veldjes en in twee veldjes van object C-6 (Herbie 2RE+folie) is met een datalogger de bodemtemperatuur op 15cm diepte geregistreerd. Dagelijks is de hoeveelheid neerslag gemeten.

3.3 Statistische verwerking

De data zijn verwerkt met het statistisch programma Genstat Windows Genstat 18th Edition. De gegevens van de aaltjesbemonsteringen zijn, na 10Log transformatie, met variantieanalyse (ANOVA) geanalyseerd. De resultaten van de besmetting *V. dahliae* zijn, na worteltransformatie, met variantieanalyse geanalyseerd. Uit covariantie analyse, met de beginbesmetting als covariabele, blijkt dat de kleine verschillen in beginbesmetting (Pi) van aaltjes en Verticillium, geen significant effect hebben gehad op de gemiddelde besmetting (per object) na de behandeling. In de tabellen zijn de resultaten van de statistische analyse zonder Pi als covariabele weergegeven.

De overige data zijn geanalyseerd met ANOVA. Met de student T-test (Genstat procedure ATTEST) zijn de objectgemiddelden met elkaar vergeleken. Wanneer de F-probability kleiner is dan 0,05 zijn de gevonden verschillen tussen de objecten betrouwbaar. Significante verschillen tussen objecten worden in de tabellen weergegeven door verschillende letters. Objecten met gemeenschappelijke letters zijn, met 95 % zekerheid, niet verschillend van elkaar.

4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden als eerste de resultaten beschreven van de drie emmerproeven, uitgevoerd in 2015 en in paragraaf 4.2 de resultaten van de veldproef die in 2016 is aangelegd.

4.1 Resultaten emmerproeven

4.1.1 Toetsing effectiviteit vloeibare variant Herbie87 (onderdeel A)

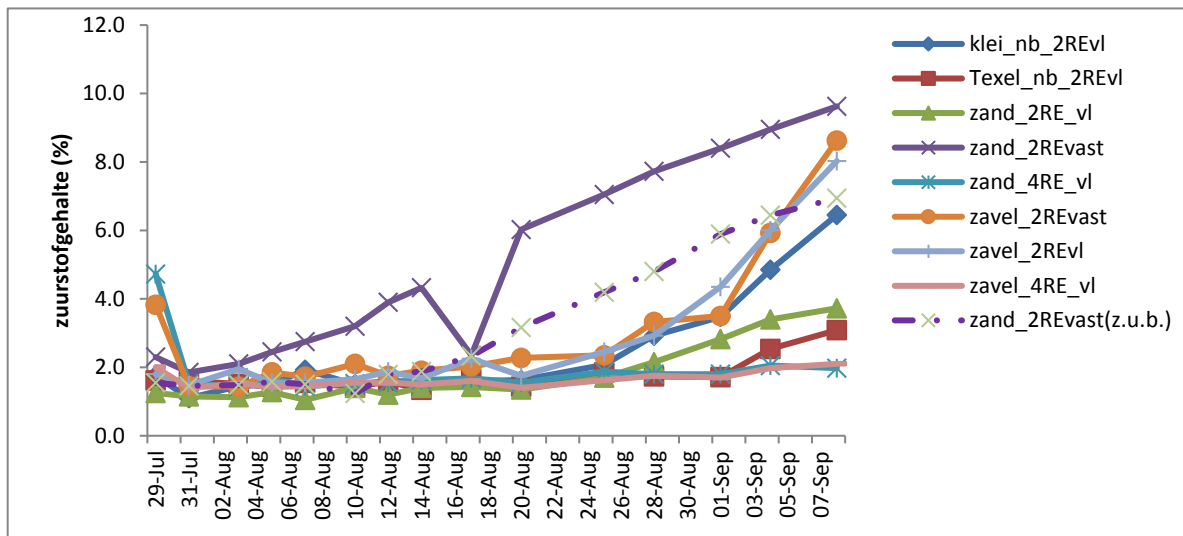
De proef is uitgevoerd met vier grondsoorten (herkomsten). In tabel 7 zijn een aantal bodemkarakteristieken van de verschillende gronden weergegeven. In bijlage 3 de volledige resultaten van de bodemvruchtbaarheidsanalyse, uitgevoerd door Eurofins. De herkomsten verschillen sterk in zuurgraad, organisch stofgehalte en percentage afslibbaarheid. De dekzandgrond uit Vredepeel is met een afslibbaarheid van 4,1% het lichtst en de kleigrond uit Dronten het zwaarst (37,4%). De dekzandgrond uit Vredepeel heeft het hoogste organische stofgehalte (4.2%) en de zavelgrond (Lelystad) het laagste (2.4%).

Tabel 7. Bodemkarakteristieken gronden Bodemreset-emmerproeven, 2015

grondsoort	herkomst	Zuurgraad (pH)	Org. stof (%)	Afslibbaarheid (%)
zand	Vredepeel	5,1	4,2	4,1
zavel	Lelystad	7,3	2,4	18,8
klei	Dronten	7,3	3,1	37,4
zand	Texel	6,8	2,7	6,0

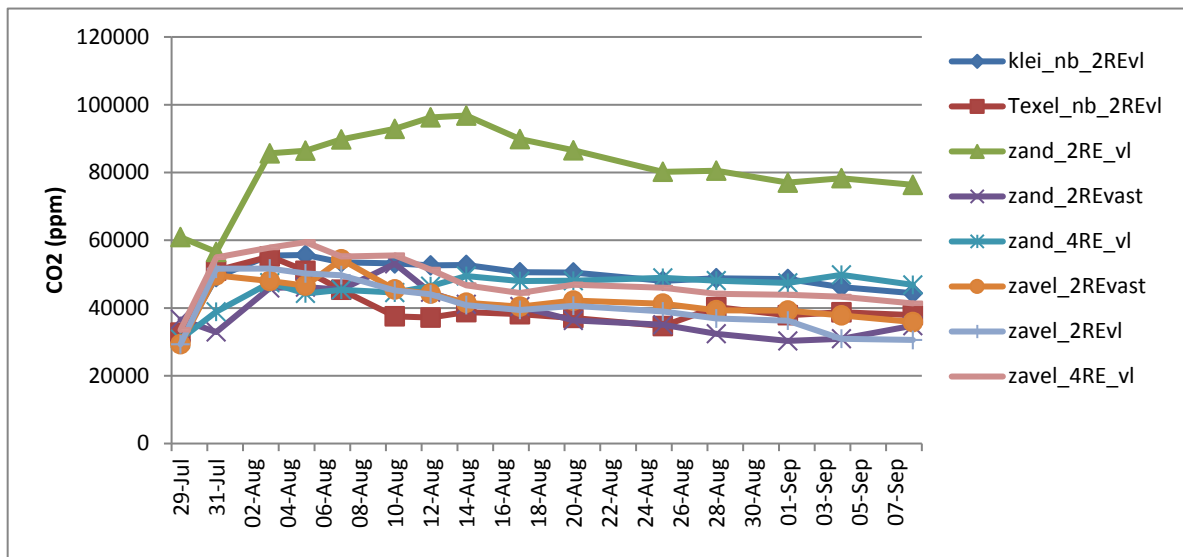
4.1.1.1 Gasmetingen

Met een interval van 2 a 3 dagen is de gassenstelling in de met Herbie behandelde emmers gemeten. De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in onderstaande grafieken.



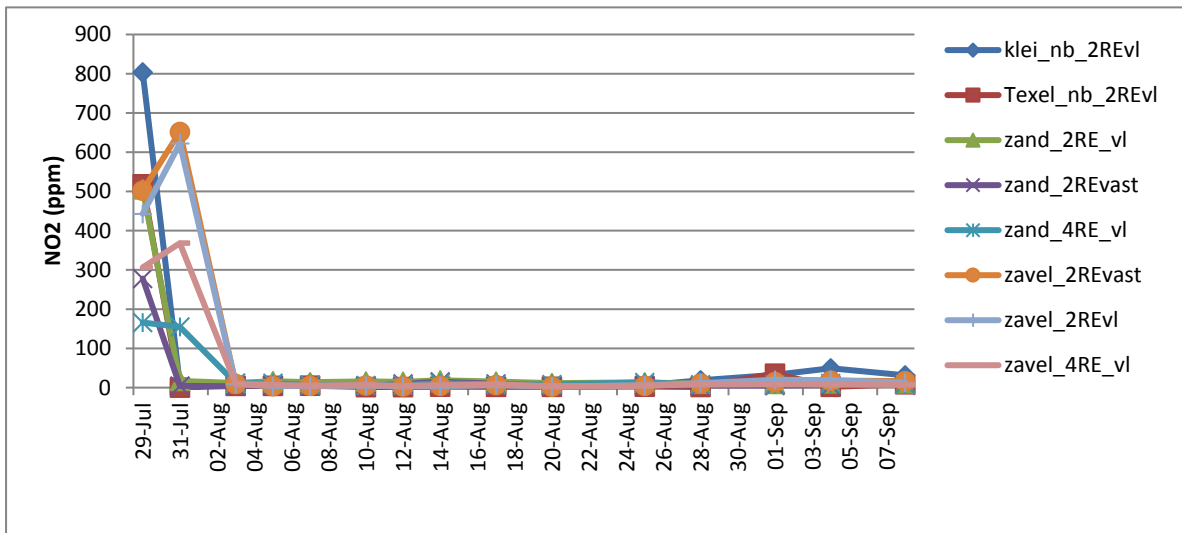
Figuur 1. Zuurstofgehalte gemeten in de tijd per grondsoort-Herbie behandeling, emmerproef A, 2015
Klei (Biddinghuizen), Zand (Vredepeel), Zavel (Lelystad), n.b.=natuurlijk besmet, z.u.b=zonder uitbijter/afwijkende waarden

Een dag na de behandeling van de grond (29 juli) is het zuurstofgehalte al sterk gedaald (fig. 1) en op 31 juli is het zuurstofgehalte bij alle objecten minder dan 2 procent. Het zuurstofgehalte blijft de eerste vier weken laag, met uitzondering van het object zand-2RE-vast. Bij dit object neemt het gemiddelde zuurstofgehalte een week na de behandeling al weer toe. Dit is waarschijnlijk het gevolg van lekkage in twee van de vier emmers (herhalingen). Als deze twee emmers buiten de analyse worden gelaten (zand-2RE-vast z u b) blijft het gemiddelde zuurstofgehalte bij dit object tot 16 augustus onder 2 procent en neemt daarna toe. Bij de objecten met de hoogste dosering Herbie (4RE) en in de objecten met zandgrond (m.u.v. zand-2RE-vast) neemt het zuurstofgehalte het minst snel toe en blijft onder 4 procent.



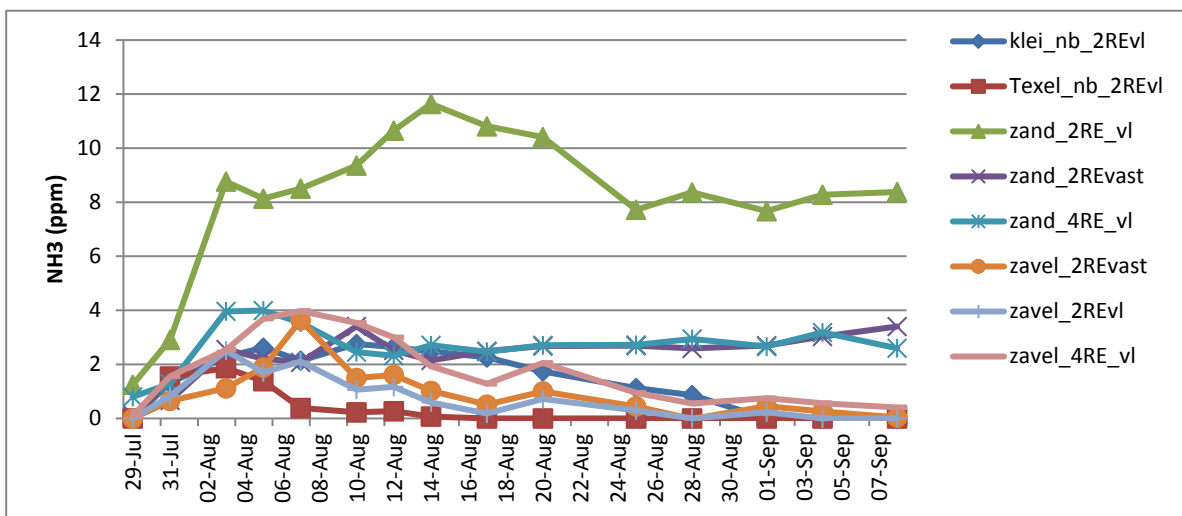
Figuur 2. Concentratie koolzuurgas gemeten in de tijd per grondsoort-Herbie behandeling, emmerproef A, 2015. *Klei (Biddinghuizen), Zand (Vredepeel), Zavel (Lelystad), n.b. = natuurlijk besmet*

Het koolzuurgehalte (fig. 2) is bij alle objecten een dag na de behandeling van de grond circa 30000 PPM, met uitzondering van object zand-2RE-vl. Bij dit object is het koolzuurgehalte duidelijk hoger, 60000 PPM. In de eerste week neemt het koolzuurgehalte bij alle objecten toe en daarna daalt het koolzuurgehalte langzaam. Opvallend is dat het koolzuurgehalte bij het object zand-2RE-vl gedurende de gehele behandelperiode veel hoger is dan bij de andere objecten. Er is geen duidelijke verklaring voor deze afwijkende waarden.



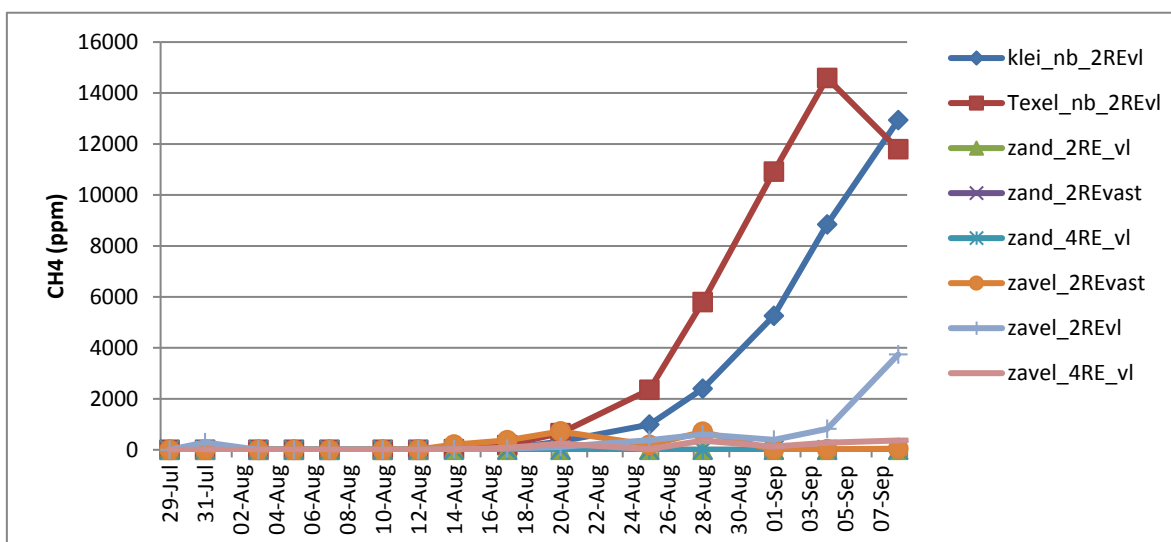
Figuur 3. Concentratie stikstofdioxide gemeten in de tijd per grondsoort-Herbie behandeling, emmerproef A, 2015. Klei (Biddinghuizen), Zand (Vredepeel), Zavel (Lelystad), n.b. = natuurlijk besmet

Bij alle objecten worden de eerste dagen na de behandeling van de grond "hoge" concentraties stikstofdioxide gemeten (fig. 3). De concentraties nemen echter snel weer af en vanaf 3 augustus wordt bij alle objecten nog maar zeer weinig stikstofdioxide meer gemeten.



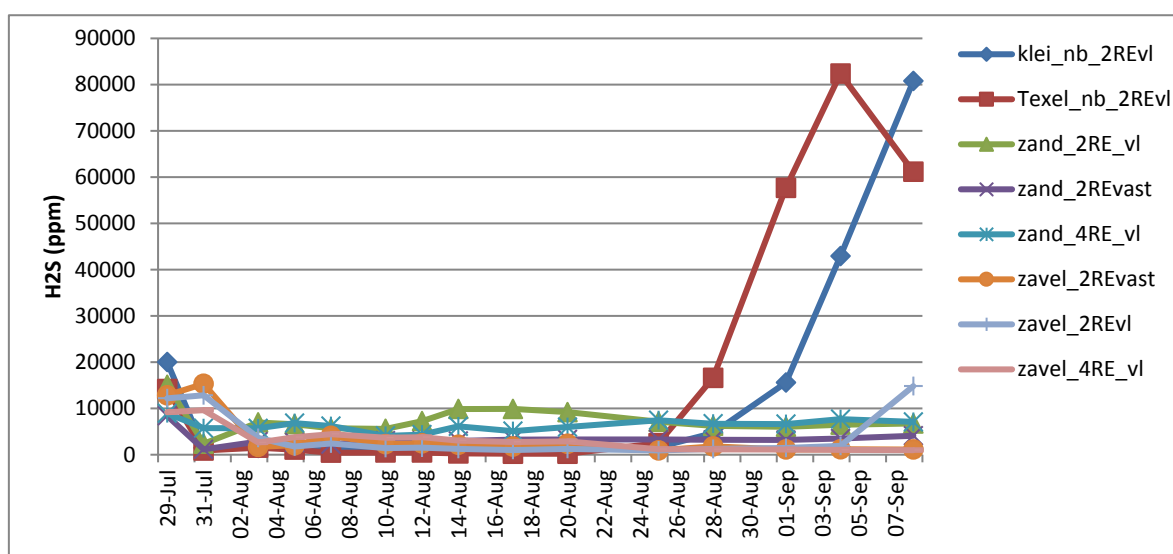
Figuur 4. Concentratie ammoniak gemeten in de tijd per grondsoort-Herbie behandeling, emmerproef A, 2015. Klei (Biddinghuizen), Zand (Vredepeel), Zavel (Lelystad), n.b. = natuurlijk besmet

De ammoniak concentratie (fig. 4) is bij alle objecten vrij laag. De eerste week na behandeling neemt de concentratie nog licht toe maar neemt daarna bij de meeste behandeling weer af tot zeer lage waarden eind augustus. Bij de objecten zand-2RE-vast en zand-4RE-vl neemt ammoniakgehalte niet af en blijft op een min of meer constant niveau (3ppm). Opvallend zijn de afwijkende hogere waarden die bij het object zand-2RE-vl worden gemeten. Ook de concentraties koolzuurgas zijn bij dit object afwijkend hoger (fig. 2). Er is geen duidelijke verklaring voor deze afwijkende waarden.



Figuur 5. Concentratie methaan gemeten in de tijd per grondsoort-Herbie behandeling, emmerproef A, 2015. Klei (Biddinghuizen), Zand (Vredepeel), Zavel (Lelystad), n.b. = natuurlijk besmet

De concentratie methaan (fig. 5) is bij alle objecten zeer laag tot 20 augustus. Daarna neemt bij de objecten Texel-nb-2RE-vl en klei-nb-2RE-vl de concentratie methaan sterk toe. Bij de overige objecten blijft het gehalte methaan zeer laag. Alleen object zavel-2RE-vl laat in de laatste week van de behandelperiode nog een lichte stijging van het methaangehalte zien.



Figuur 6. Concentratie zwavelwaterstof gemeten in de tijd per grondsoort-Herbie behandeling, emmerproef A, 2015. Klei (Biddinghuizen), Zand (Vredepeel), Zavel (Lelystad), n.b. = natuurlijk besmet

Het gehalte zwavelwaterstof (fig. 6) is bij alle objecten een dag na de behandeling van de grond rond 1500 PPM, neemt daarna licht af en blijft tot 25 augustus laag. Vanaf 25 augustus neemt bij de objecten Texel-nb-2RE-vl en klei-nb-2RE-vl de concentratie zwavelwaterstof sterk toe. In de laatste week van de behandelperiode neemt ook bij het object zavel-2RE-vl het zwavelwaterstofgehalte nog licht toe. Dezelfde trend is zichtbaar bij de concentraties methaan die zijn gemeten.

4.1.1.2 *Meloidogyne chitwoodi*

Het effect van de BR-behandelingen Herbie 72-2RE en Herbie 87-2RE op een *M. chitwoodi* besmetting in een zandgrond met een kunstmatig *M. chitwoodi* besmet is onderzocht.

De grond gebruikt in deze proef is afkomstig van het *M. chitwoodi*-proefveld van WUR-pagv te Vredepeel. Dit perceel heeft een natuurlijke *M. chitwoodi* besmetting. Voorafgaand aan het inzetten van de emmerproef is aan vier submonsters de *M. chitwoodi* besmetting van de verzamelde grond bepaald. In geen van deze vier monsters is een *M. chitwoodi* besmetting aangetroffen. De grond is vervolgens kunstmatig besmet met Mc-besmette wortels van tomaat. De beginbesmetting van de kunstmatig besmette grond bedroeg 138 Mc/100 ml grond.

In tabel 8 is de *M. chitwoodi* besmetting na de BR-behandelingen (6 weken) weergegeven.

Het effect van BR op *M. chitwoodi* besmetting is bepaald door analyse van een 200 ml grondmonster (opspelen met Oostenbrink kan) en door op de rest-grond tomaat (goede waard voor *M. chitwoodi*) te telen en na 3 maanden de besmetting in het wortelstelsel van de tomatenplanten te bepalen. Door tomaat op de toetsgrond te telen kan een rest-besmetting, die onder de detectiegrens ligt, worden aangetoond.

De natuurlijke sterfte van *M. chitwoodi* gedurende de behandelperiode van 6 weken is groot, circa 98%. In de onbehandeld is de besmetting afgenomen van 138 naar gemiddeld ruim 2 *M. chitwoodi* aaltjes per 100 ml grond. De Herbie toepassingen hebben de besmetting nog wat verder verlaagd maar alleen voor de toepassing Herbie 87-2RE is het verschil met de onbehandeld significant. Bij deze behandeling is de besmetting gedaald tot onder de detectiegrens. Bij alle objecten bleken de wortels van tomaat na een teeltduur van 3 maanden besmet met *M. chitwoodi*. De wortels van de tomaat geteeld op de onbehandelde grond zijn het zwaarst besmet. Maar ook bij de met Herbie 87 behandelde grond, waar in het grondmonster geen *M. chitwoodi* werd aangetroffen, zijn de tomatenwortels (licht) besmet met *M. chitwoodi*. Wat aangeeft dat ook de 2RE Herbie87 behandeling de *M. chitwoodi* besmetting niet volledig heeft gesaneerd.

De toets grond bleek, van nature, besmet te zijn met het graanwortellesieaaltje *Pratylenchus crenatus*. De besmetting voorafgaand aan de behandelingen was 480 Pc/100 ml grond. In de onbehandeld neemt, door natuurlijke sterfte, de besmetting af met 70%, naar 140 Pc/100 ml grond. De *P. crenatus* besmetting na BR met Herbie 72 en Herbie 87 is veel en betrouwbaar lager dan in de onbehandeld. De (extra) doding, ten opzichte van de onbehandeld, is bij de toepassing met Herbie 72 circa 95%. De behandeling met Herbie 87 (=vloeibaar) lijkt effectiever. Bij deze behandeling is de besmetting van *P. crenatus* gedaald tot onder de detectiegrens en is significant lager dan bij de toepassing van Herbie 72 (vast). Het verschil tussen beide producten kan mogelijk verklaard worden door het verloop van het zuurstofgehalte. Het zuurstofgehalte loopt bij Herbie 72 na circa 3 weken op, bij Herbie 87 circa een week later en minder sterk.

Tabel 8. Effect Bodemresetten (6 weken, 20 °C) op een kunstmatig aangebrachte *M. chitwoodi* besmetting en de natuurlijke besmetting *Pratylenchus crenatus* (graanwortellesieaaltje) in zandgrond, emmerproef A, 2015. (beginbesmetting: 138 Mc /100 ml grond en 480 Pc/100 ml grond)

Grondsoort (herkomst)	middel	Dosering	Eindbesmetting (n/100 ml grond)		Eindbesmetting <i>M. chitwoodi</i> in biotoets (n/gr wortel)
			<i>M.chitwoodi</i>	<i>P. crenatus</i>	
Dekzand (Vredepeel)	Onbehandeld	----	2.4 b	140 c	317 b
	Herbie®72	2 RE	0.9 ab	9 b	82 ab
	Herbie®87	2 RE	0 a	0 a	11 a

4.1.1.3 *Globodera pallida*

Het effect van BR met Herbie 87-2RE op een besmetting aardappelcysteaaaltjes in zand- en zavelgrond is onderzocht. De besmetting aardappelcysteaaaltjes na een BR-behandelperiode van 6 weken is weergegeven in tabel 9.

In zowel zand als zavelgrond resulteert de BR-behandeling met Herbie 87-RE in een sterke doding van aardappelcysteaaaltjes. De doding is in zandgrond het sterkst (99%). De Herbie 87-2RE behandeling is in de zavelgrond minder effectief. Doding van aardappelcysteaaaltjes in de zavelgrond is in deze proef 88% en daarmee betrouwbaar lager dan in zandgrond. Het verschil tussen beide grondsoorten kan mogelijk verklaard worden door het verloop van het zuurstofgehalte. Het zuurstofgehalte loopt in de zavelgrond na 3 weken al weer op, in zandgrond is dat circa een week later en minder sterk.

Tabel 9. Effect Bodemresetten (6 weken, 20 °C) op een kunstmatig aangebrachte besmetting met aardappelcysteaaaltjes in zand- en zavelgrond, emmerproef A 2015

Grondsoort (herkomst)	middel	Dosering	Overleving (levende larven/cupje)	Doding ⁽¹⁾ (%)
Dekzand (Vredepeel)	Onbehandeld	----	628	. . c
	Herbie [®] 87	2 RE	9	a. .
Zavel (Lelystad)	Onbehandeld	----	997	. . c
	Herbie [®] 87	2 RE	119	. b .

1)Percentage doding t o v onbehandeld, per grondsoort

4.1.1.4 *Ditylenchus dipsaci*

Het effect van BR-behandelingen op een besmetting stengelaaltjes in een kunstmatig besmette zavelgrond en in een zand- en kleigrond met een natuurlijke besmetting is onderzocht. De eindbesmetting *D. dipsaci*, na de BR-behandelperiode van 6 weken, is weergegeven in tabel 10.

In de kunstmatig besmette zavelgrond is de effectiviteit van verschillende Herbie toepassingen (Herbie 72-2RE, Herbie 87-2RE en Herbie 87-4RE) getoetst.

In de onbehandelde zavelgrond is de kunstmatig aangebrachte *D. dipsaci* besmetting, door natuurlijke sterfte, afgenomen van 3295 naar 1263 Dd/1500 ml grond. Een afname van circa 60 procent. Alle BR-behandelingen hebben de *D. dipsaci* besmetting in de zavelgrond sterk verlaagd. De doding is het sterkst in de zavelgrond behandeld met de hoogste dosering Herbie 87 (4RE). Bij deze toepassing is de doding meer dan 99 procent en betrouwbaar hoger dan de Herbie 72-2RE toepassing (97% doding).

In de gronden met een natuurlijke *D. dipsaci* besmetting (Texel-zand, Biddinghuizen-klei) is een behandeling met Herbie 87-2Re uitgevoerd.

In beide grondsoorten is geen natuurlijke afname van de besmetting waargenomen. De *D. dipsaci* besmetting in de onbehandelde grond is na de behandelperiode van 6 weken vergelijkbaar met het besmettingsniveau bij het inzetten van de proef. De BR-behandeling heeft de *D. dipsaci* besmetting in de zandgrond sterk bestreden (99% doding). De bestrijding in de zandgrond is duidelijk beter dan in de kleigrond. De BR-behandeling heeft de natuurlijke *D. dipsaci* besmetting in de kleigrond met 70% gereduceerd.

Tabel 10. Effect BR (6 weken, 20 C) op kunstmatig (Zavel-Lelystad) en natuurlijke (klei-Biddinghuizen, zand- Texel) besmetting stengelaaltjes *D. dipsaci* (weergegeven significanties zijn per grondsoort).

Beginbesmetting (N/1500 ml grond); Lelystad: 3295, Texel: 1855, Biddinghuizen: 1022

Grondsoort (herkomst)	middel	Dosering	Eindbesmetting (N/1500 ml grond)	Doding ¹⁾ (%)
Zavel (Lelystad)	Onbehandeld	----	1263	. . c
	Herbie [®] 72	2 RE	44	. b .
	Herbie [®] 87	2 RE	23	a b .
	Herbie [®] 87	4 RE	3	a . .
Zand (Texel)	Onbehandeld	----	2182	a .
	Herbie [®] 87	2 RE	25	. b
Klei (Biddinghuizen)	Onbehandeld	----	1111	a .
	Herbie [®] 87	2 RE	336	. b

1) Percentage doding t o v onbehandeld, per grondsoort

4.1.1.5 *Verticillium dahliae*

Effect van de BR-behandelingen met Herbie 72-2RE en Herbie 87 in doseringen 2RE en 4RE op bestrijding een *V. dahliae* in zand en zavel is onderzocht.

De gronden zijn kunstmatig besmet door er met *V. dahliae* (microsclerotien, MS) besmette wortels van tomaat aan toe te voegen. Per emmer is een zakje met 430 vitale MS toegevoegd.

In de onbehandelde grond (zand en zavel) neemt de *Verticillium* besmetting zeer sterk af (tabel 11). De afname van de vitaliteit van de MS is in de onbehandelde zavelgrond het sterkst. In vergelijking tot de onbehandeld (7 MS) is er in de zavelgrond geen (aanvullend) effect van de BR-behandelingen op de *Verticillium* besmetting.

In zandgrond is er wel een (licht) effect van de BR-behandelingen op de *Verticillium* besmetting. De eindbesmetting (aantal vitale MS) is bij alle BR-behandelingen betrouwbaar lager dan de onbehandeld. In beide grondsoorten heeft geen van de behandelingen de *Verticillium* besmetting volledig gesaneerd.

Tabel 11. Effect BR (6 weken, 20 C) op een kunstmatig aangebrachte *Verticillium dahliae* besmetting in zand- en zavelgrond (beginbesmetting; 430 MS/zakje), emmerproef 2015.

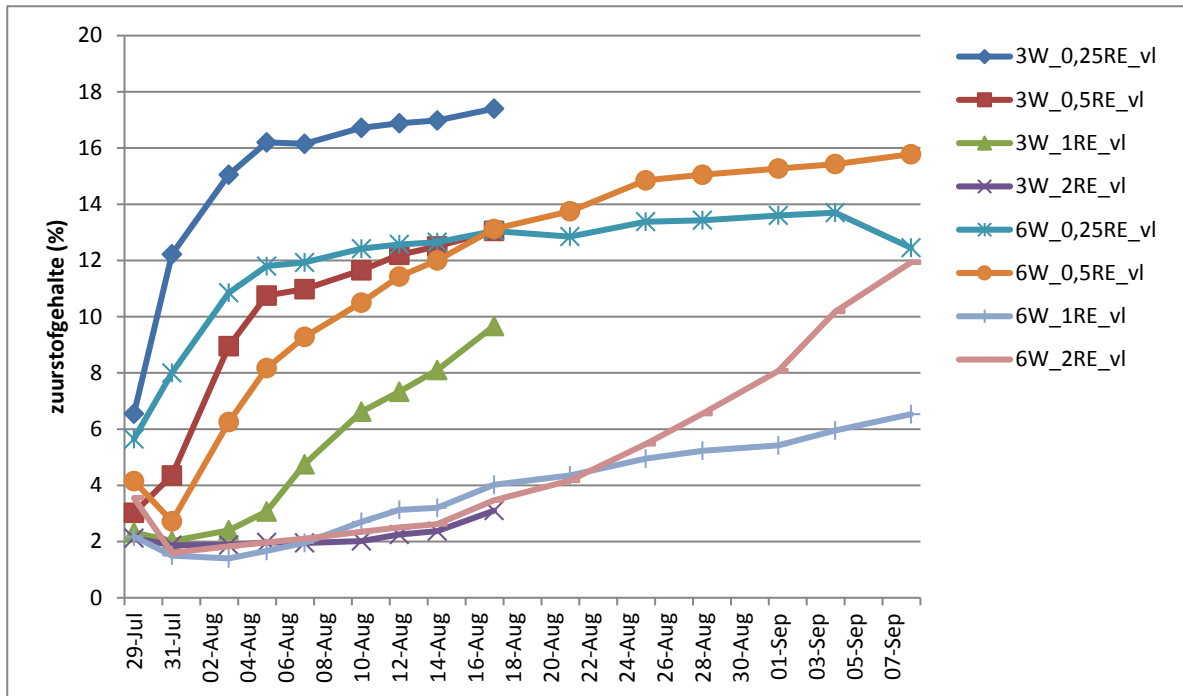
Grondsoort (herkomst)	middel	Dosering	eindbesmetting <i>V. dahliae</i> (micro sclerotien/zakje)
Dekzand (Vredepeel)	Onbehandeld	----	73 . . . d .
	Herbie [®] 72	2 RE	16 a b c . .
	Herbie [®] 87	2 RE	26 . b c . .
	Herbie [®] 87	4RE	31 . . c . .
Zavel (Lelystad)	Onbehandeld	----	7 a
	Herbie [®] 72	2 RE	7 a
	Herbie [®] 87	2 RE	10 a b . . .
	Herbie [®] 87	4 RE	22 a b c . .

4.1.2 Toetsing effectiviteit; dosering x behandelingsduur (onderdeel B)

In 11L emmers is het effect van verschillende doseringen Herbie 87 in combinatie met behandelingsduur op doding van aardappelcystealtjes in zandgrond onderzocht.

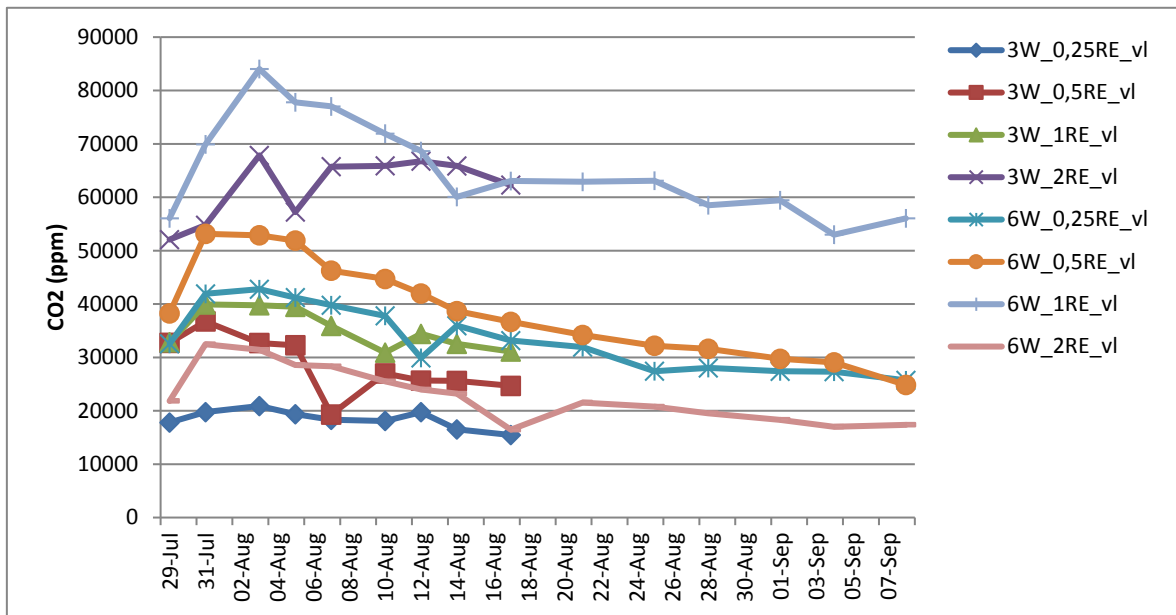
4.1.2.1 Gasmetingen

Met een interval van 2 a 3 dagen is de gassamenstelling, van de met Herbie behandelde emmers, gemeten. De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in onderstaande grafieken.



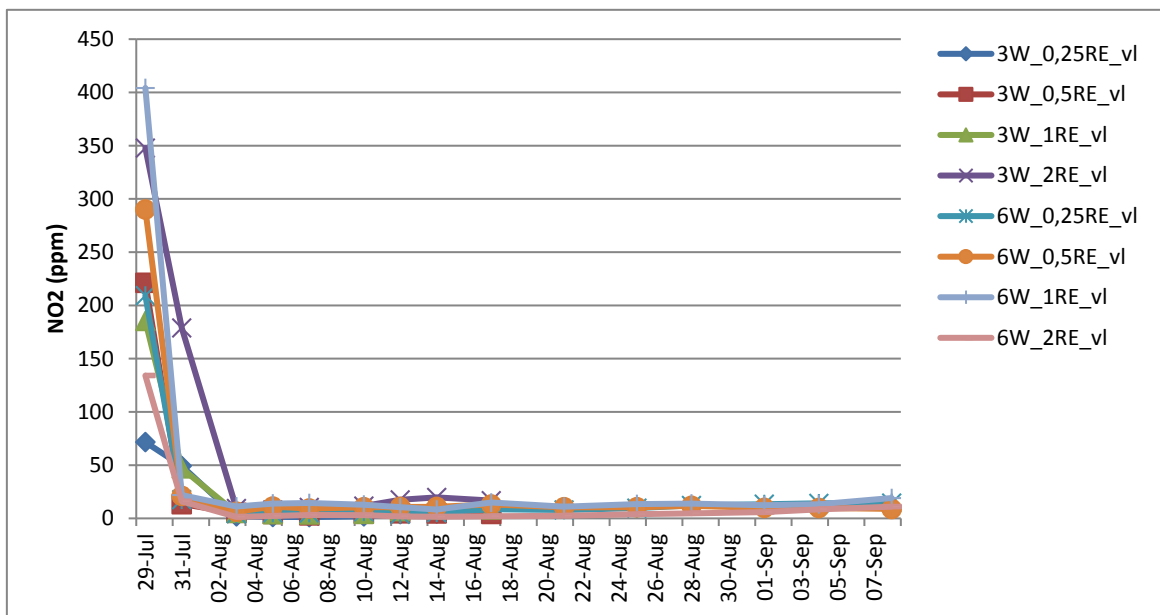
Figuur 7. Zuurstofgehalten gemeten in de tijd bij zandgrond behandeld met verschillende doseringen Herbie 87 (vloeibaar), emmerproef B, 2015

Een dag na de behandeling van de grond (29 juli) is het zuurstofgehalte bij alle objecten al sterk gedaald (fig. 7). De daling van het zuurstofgehalte, in de eerste dagen na de behandeling, is afhankelijk van de dosering. De sterkste afname is waargenomen bij de hoogste doseringen Herbie van 1 en 2RE (circa 2%). Bij de dosering 0,25RE neemt het zuurstofgehalte af tot circa 6 procent en de 0,5RE behandeling naar gemiddeld 4 procent. Bij de twee laagste doseringen Herbie (0,25 en 0,5RE) neemt het zuurstofgehalte daarna al weer vrij snel (en sterk) toe. Bij de overige objecten neemt na 7 augustus het zuurstofgehalte licht toe. Waarbij opvalt dat, bij de behandelingsduur van 6 weken, het zuurstofgehalte van de dosering 2RE sterker toeneemt dan bij de lagere dosering van 1RE. Wat er (waarschijnlijk) op duidt dat de emmers toch niet volledig luchtdicht zijn geweest. Ook het object 3-weken-1RE wijkt af. Bij dit object neemt het zuurstofgehalte circa 5 dagen na het behandelen van de grond al weer toe. Dit in tegenstelling tot de 1RE dosering met een behandelingsduur van 6 weken. Bij het object 3-weken-1RE neemt in drie van de vier herhalingen het zuurstofgehalte toe. Dit is waarschijnlijk het gevolg van lekkage. In één herhaling (emmer) van deze behandeling blijft zuurstofgehalte wel vrij laag, onder 2.5%.



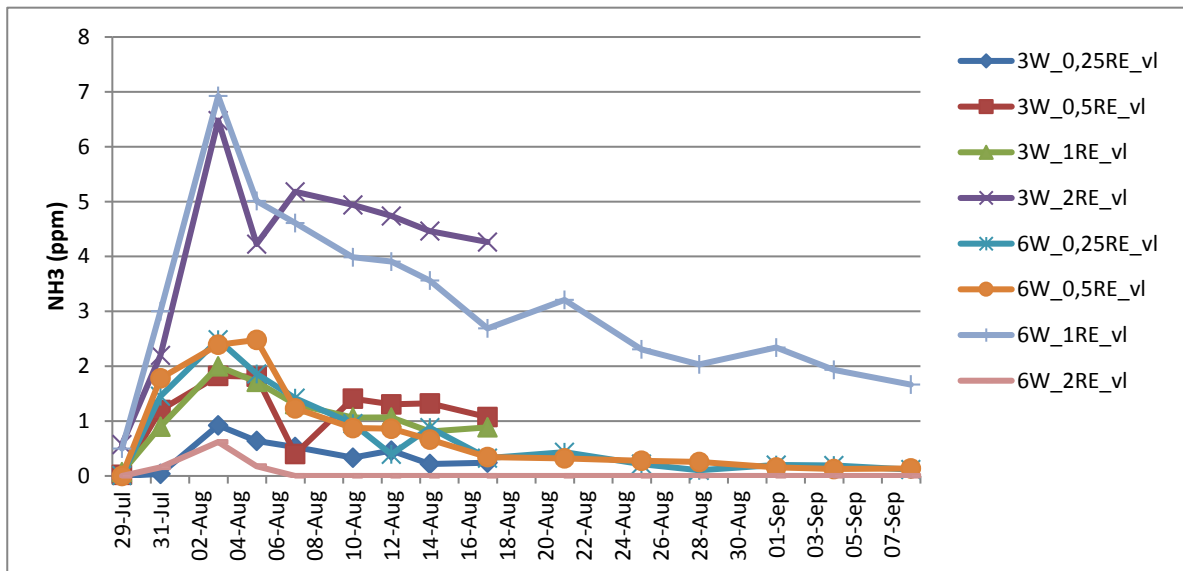
Figuur 8. Concentratie koolzuurgas gemeten in de tijd bij zandgrond behandeld met verschillende doseringen Herbie 87 (vloeibaar), emmerproef B, 2015

De concentratie koolzuurgas (fig. 8) dat wordt gemeten een paar dagen na het behandelen van de grond verschilt sterk tussen de objecten. Rond 5 augustus wordt bij alle object de hoogste concentratie gemeten en neemt daarna geleidelijk weer af. Er is geen duidelijke relatie tussen de hoogte van de dosering Herbie en de hoeveelheid koolzuurgas dat ontstaat. Ook tussen objecten met dezelfde dosering Herbie (maar verschillen in behandelduur) verschilt het koolzuurgehalte sterk.



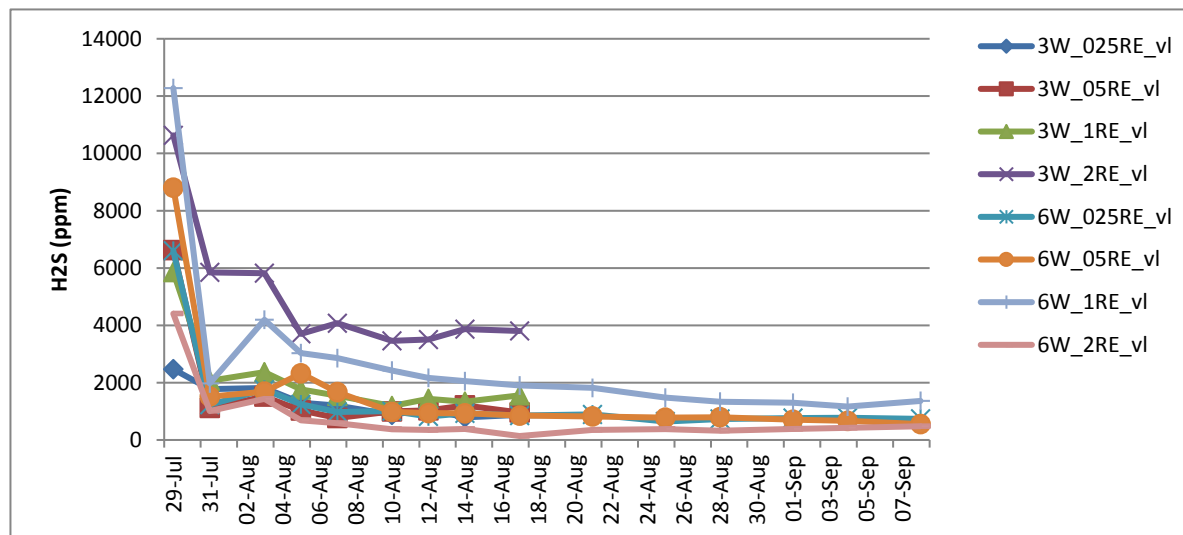
Figuur 9. Concentratie stikstofdioxide gemeten in de tijd bij zandgrond behandeld met verschillende doseringen Herbie 87 (vloeibaar), emmerproef B, 2015

Bij alle objecten worden de eerste dagen na de behandeling van de grond "hoge" concentraties stikstofdioxide gemeten (fig. 9). De concentraties nemen echter snel weer af en vanaf 3 augustus wordt bij alle objecten nog maar zeer weinig stikstofdioxide meer gemeten.



Figuur 10. Concentratie ammoniak gemeten in de tijd bij zandgrond behandeld met verschillende doseringen Herbie 87 (vloeibaar), emmerproef B, 2015

De ammoniak concentratie (fig. 10) is bij alle objecten vrij laag. De eerste week na het behandelen van de grond neemt de concentratie nog licht toe maar neemt daarna bij de meeste behandeling weer af tot zeer lage waarden eind augustus. Opvallend zijn de afwijkende hogere waarden die bij de objecten 6weken-1RE-vl en 3weken-2RE-vl worden gemeten. Ook de concentraties koolzuurgas zijn bij deze objecten afwijkend hoger (fig.8).



Figuur 11. Concentratie zwavelwaterstof gemeten in de tijd bij zandgrond behandeld met verschillende doseringen Herbie 87 (vloeibaar), emmerproef 2015

De concentratie zwavelwaterstof (fig. 11) die wordt gemeten een paar dagen na het behandelen van de grond verschilt sterk tussen de objecten en is niet duidelijk te relateren aan de dosering Herbie die is toegepast. Ook tussen objecten met dezelfde dosering Herbie (maar verschillen in behandelduur) verschilt het zwavelwaterstofgehalte soms sterk. Bij alle objecten neemt vervolgens (in de eerste week) de concentratie zwavelwaterstof weer sterk af en blijft de concentratie gedurende de rest van de behandelperiode laag. Dit met uitzondering van de objecten 6weken-1RE-vl en 3weken-2RE-vl, waarbij de concentratie minder sterk afneemt.

In deze emmerproef is bij geen van de objecten methaan (CH₄) gedetecteerd.

4.1.2.2 Effect op aardappelvormers

De resultaten van het onderzoek naar het effect van de verschillende doseringen Herbie 87, in combinatie met een behandelduur van 3 of 6 weken, op een besmetting van aardappelvormers zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Bij de laagste doseringen Herbie 87 (0,25 en 0,5 RE) is, bij zowel de behandelduur van 3 als van 6 weken, de doding van aardappelvormer gering en is de eindbesmetting niet betrouwbaar lager dan bij de onbehandeld. Ook bij de dosering van 1RE met een behandelduur van 3 weken is de doding onvoldoende (60%). Echter bij drie van de vier herhalingen van dit object loopt het zuurstofgehalte in de emmer, een week na het behandelen van de grond al weer geleidelijk op naar 10 procent.

Waarschijnlijk omdat de emmers niet volledig luchtdicht zijn geweest (bij de 1RE behandeling met een behandelduur van 6 weken blijft zuurstofgehalte gedurende de eerste drie weken wel laag). In één emmer van dit object (1RE-3weken) blijft het zuurstofgehalte laag, onder 2,5%. In deze emmer is de bestrijding van aardappelvormers veel sterker dan in de overige drie emmers van deze behandeling. De doding in deze emmer is circa 95% (23 levende larven/cupje). De gemiddelde eindbesmetting in de overige drie emmers verschilt niet van de onbehandeld (gem. 627 levende larven/cupje).

De behandeling met een dosering van 1RE met de behandelduur van 6 weken is zeer effectief, meer dan 99 procent doding. Bij de behandelingen met een dosering van 2RE is de doding na een behandelperiode van 3 weken al meer dan 99% en neemt de effectiviteit niet nog verder toe bij een langere behandelperiode.

Tabel 12. Effect Bodemresetten (20 °C) met verschillende doseringen Herbie 87 en een behandelduur van 3 of 6 weken op een kunstmatige besmetting aardappelvormers in zandgrond, emmerproef B, 2015

Dosering Herbie®87	Behandelduur (weken)	Overleving (levende larven/cupje)	Doding ¹ (%)
0 (onbeh.)	3	604 . . . d e f .	0
0,25 RE	3	342 . . c d . . .	43.5
0,5 RE	3	444 . . c d e f .	26.6
1 RE	3	246 . . c	59.3
2 RE	3	0.5 a	99.9
0 (onbeh.)	6	561 . . . d e f .	0
0,25 RE	6	360 . . c d e . .	35.7
0,5 RE	6	406 . . c d e . .	27.7
1 RE	6	0.8 a	99.9
2 RE	6	3.6 . b	99.4
Controle (4 °C)		1294 g	

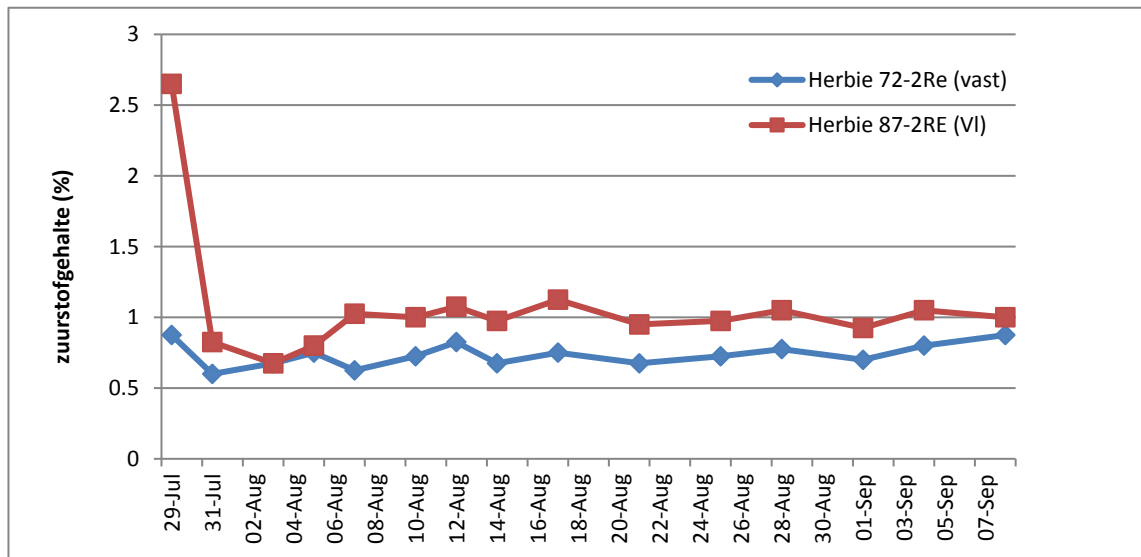
1)Percentage doding t o v onbehandeld, per behandelduur

4.1.3 Toetsing dieptewerking (onderdeel C)

In hoge 42L emmers is de dieptewerking van een Herbie-2RE "bouwvoor" behandeling op doding van aardappelcysteeltjes in zandgrond onderzocht.

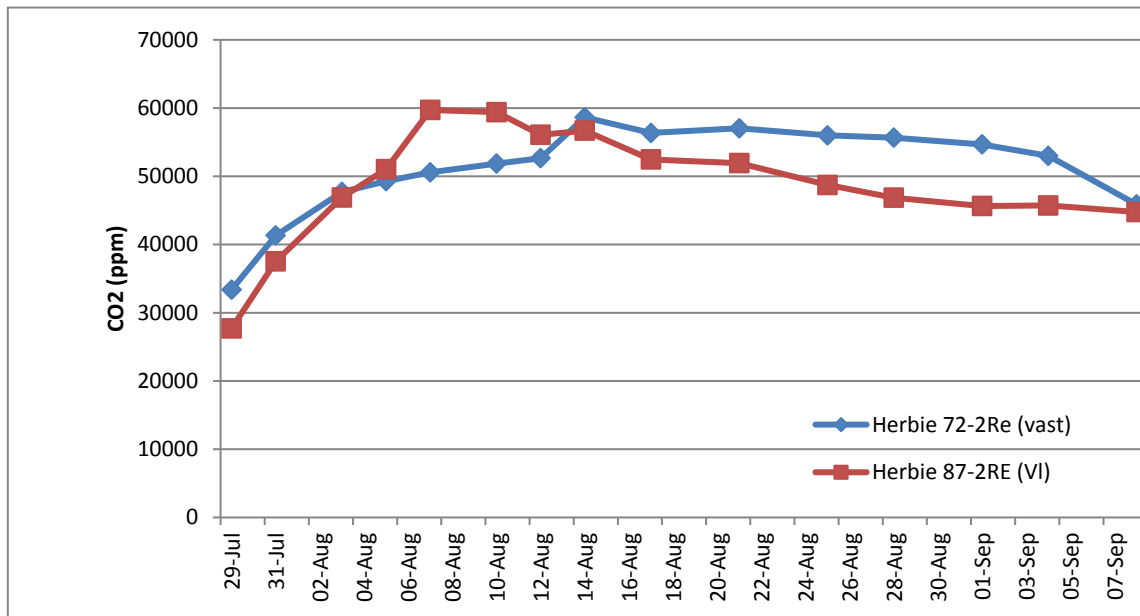
4.1.3.1 Gasmetingen

Met een interval van 2 a 3 dagen is de gassamenstelling, van de met Herbie behandelde emmers, gemeten. De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in onderstaande grafieken.



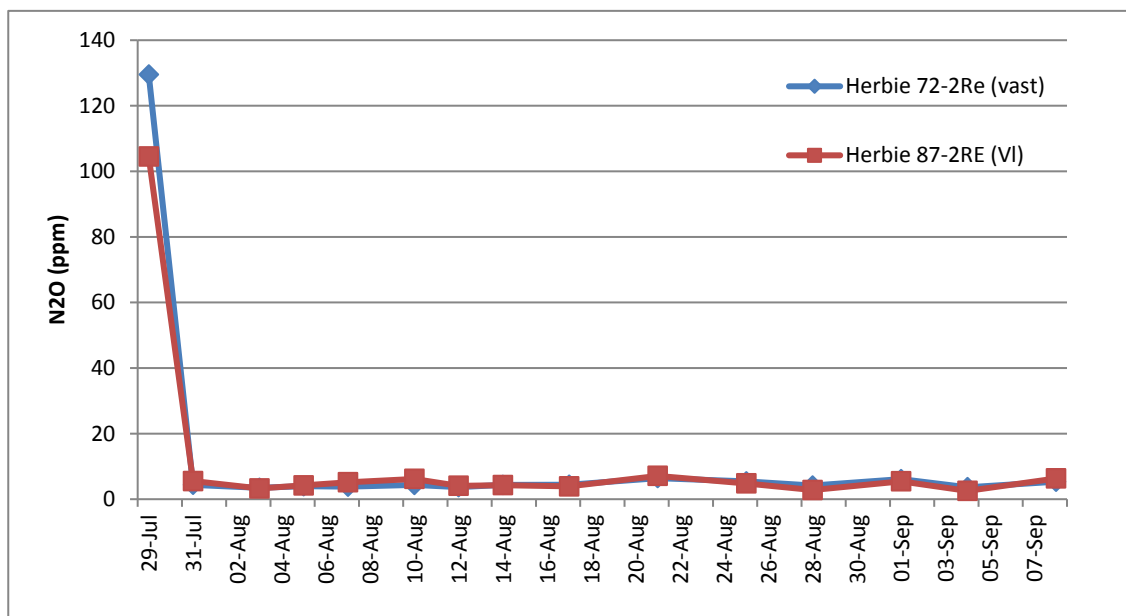
Figuur 12. Zuurstofgehalte gemeten in de tijd bij zandgrond behandeld met Herbie-72 (vast-2RE) en Herbie-87 (vloeibaar-2RE), emmerproef C, 2015

Een dag na de behandeling van de grond (29 juli) is het zuurstofgehalte bij beide Herbie-toepassingen al sterk gedaald (fig. 12). Bij de Herbie72 (vast) al tot minder dan 1 procent en het zuurstofgehalte blijft gedurende de gehele behandelperiode van zes weken lager dan 1 procent. Het zuurstofgehalte bij de behandeling Herbie 87 (vloeibaar) daalt iets minder snel dan bij de Herbie 72-behandeling en schommelt vervolgens rond 1 procent.



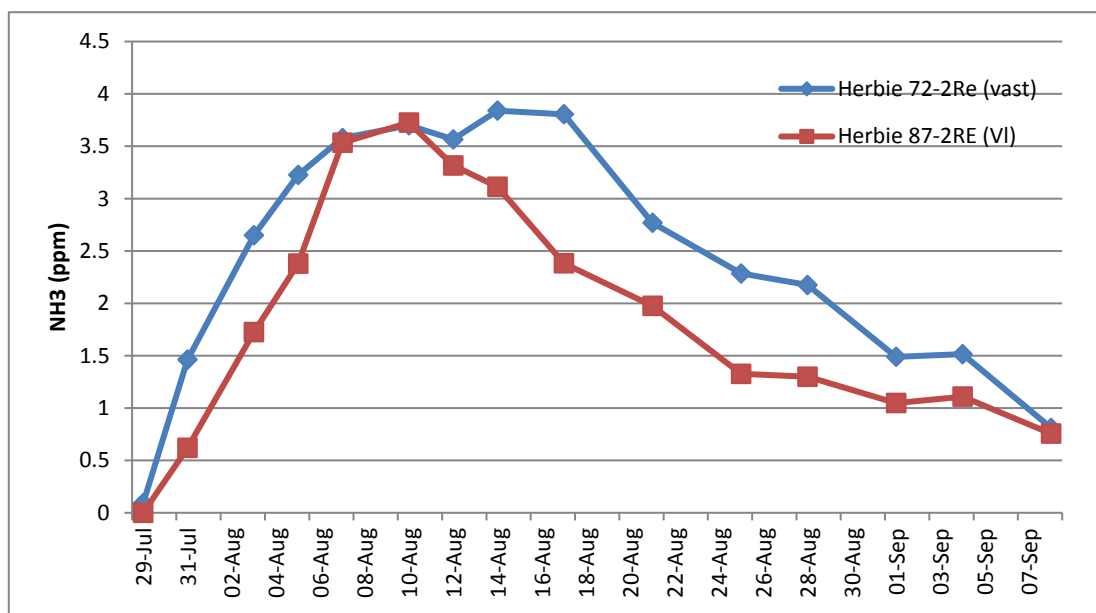
Figuur 13. Concentratie koolzuurgas gemeten in de tijd bij zandgrond behandeld met Herbie-72 (vast-2Re) en Herbie-87 (vloeibaar-2RE), emmerproef 2015

Het koolzuurgehalte (fig. 13) is bij beide objecten een dag na de behandeling van de grond circa 30000 PPM en neemt in de eerste twee weken van de behandelperiode toe tot circa 60000 PPM. De weken daarna daalt het koolzuurgehalte weer langzaam. Bij de vloeibare variant (Herbie 87) neemt het koolzuurgehalte, in de eerste weken, iets sneller toe dan bij de vaste Herbie maar neemt daarna ook weer wat sneller af.



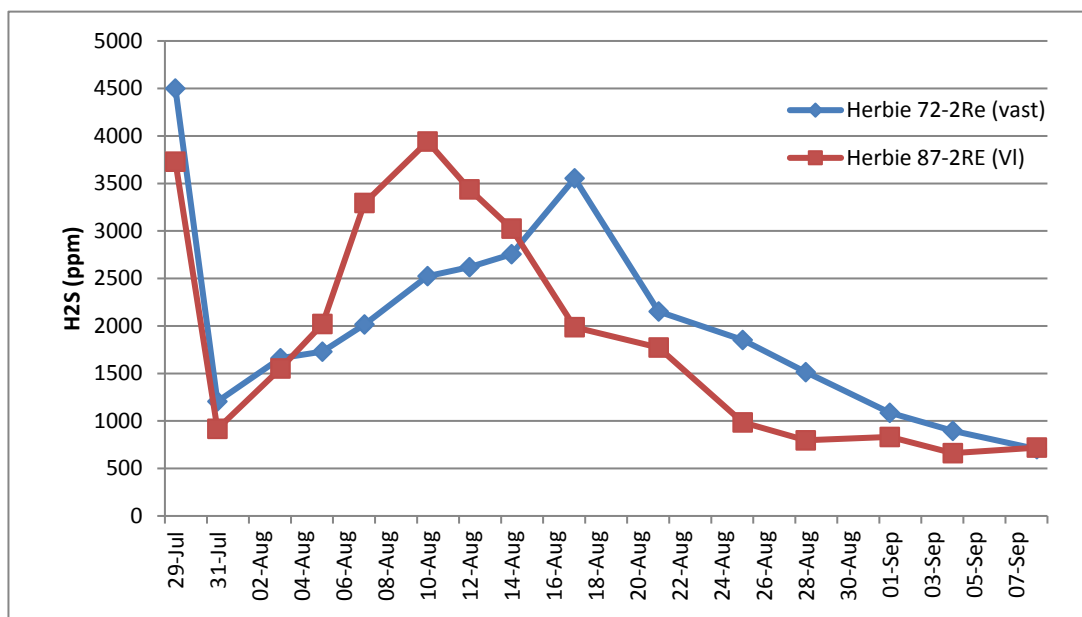
Figuur 14. Concentratie stikstofoxide gemeten in de tijd bij zandgrond behandeld met Herbie-72 (vast-2Re) en Herbie-87 (vloeibaar-2RE), emmerproef C, 2015

Vergelijkbaar met de twee andere emmerproeven worden de eerste dagen na de behandeling van de grond "hoge" concentraties stikstofdioxide gemeten (fig. 14). De concentraties nemen echter snel weer af en vanaf 3 augustus wordt bij alle objecten nog maar zeer weinig stikstofdioxide meer gemeten



Figuur 15. Concentratie ammoniak gemeten in de tijd bij zandgrond behandeld met Herbie-72 (vast-2Re) en Herbie-87 (vloeibaar-2RE), emmerproef C, 2015

De ammoniak concentratie (fig. 15) is bij beide alle objecten vrij laag. De eerste week na het behandelen van de grond neemt de concentratie nog licht toe maar neemt daarna bij beide Herbie-varianten weer geleidelijk af tot zeer lage waarden eind augustus.



Figuur 16. Concentratie zwavelwaterstof gemeten in de tijd bij zandgrond behandeld met Herbie-72 (vast-2Re) en Herbie-87 (vloeibaar-2RE), emmerproef C, 2015

Een dag na het behandelen van de grond wordt bij beide objecten een zwavelwaterstofconcentratie gemeten van circa 4000 PPM (fig. 16). Twee dagen later is bij beide objecten de concentratie gedaald naar circa 1000 PPM en neemt in de twee weken daarna weer geleidelijk toe. Vervolgens neemt de concentratie zwavelwaterstof weer langzaam af. De concentratie neemt bij de vloeibare variant (Herbie 87) wat sterker en sneller toe dan bij de vaste Herbie 72 maar neemt ook eerder weer af.

Evenmin als in emmerproef B is ook in deze emmerproef bij geen van de objecten methaan (CH₄) gedetecteerd.

4.1.3.2 Effect op aardappelcysteaaltjes

De resultaten van het onderzoek naar het effect van de BR-behandelingen Herbie 72-2RE en Herbie 87-2RE op een besmetting aardappelcysteaaltjes in en onder de behandelde bodemlaag zijn weergegeven in tabel 13.

In 52 cm hoge emmers, tot 7 cm onder de rand gevuld met zandgrond, zijn op drie diepten zakjes met aardappelcysteaaltjes ingebracht. Midden in de behandelde laag en 10 en 25 cm onder de behandelde laag (zie afb. 1).

Ook in de emmers met onbehandelde grond zijn op drie diepten cyste-zakjes ingebracht. De diepte waarop de cysten in deze onbehandelde grond zijn ingebracht heeft effect gehad op de vitaliteit van de aardappelcysteaaltjes. De vitaliteit neemt af met de diepte waarop de cysten zijn ingebracht. In de onbehandeld is de eindbesmetting in de onderste bodemlaag betrouwbaar lager dan in de middelste- en bovenste grondlaag. De eindbesmetting in de middelste laag is ook betrouwbaar lager dan de bovenste laag. De natuurlijke sterfte neemt toe naarmate de cysten dieper in de grond zijn ingebracht. In een goed geventileerde bodem ligt het zuurstofgehalte tussen 12-20 %, en neemt met de diepte af. Mogelijk neemt ook in de emmers het zuurstofgehalte af met de diepte en heeft dit geleid tot een hogere natuurlijke sterfte in de diepere bodemlagen.

Beide BR-behandelingen (Herbie 72-2RE en Herbie 87-2RE) hebben de aardappelcysteaaltjes die waren aangebracht in de met Herbie behandelde laag zeer goed bestreden. De doding in deze laag is bij beide producten meer dan 99 procent. Ook onder de behandelde laag wordt de besmetting zeer goed bestreden. Bij beide BR-behandelingen is de doding op 10 en 25 cm onder de behandelde laag meer dan 99 producten. De "rest-besmetting" in de diepste laag is, ondanks de al zeer hoge doding van meer dan 99%, betrouwbaar hoger dan in de behandelde laag en 10 cm onder de behandelde laag.

Tabel 13. Effect Bodemresetten (20 °C) met verschillende doseringen Herbie 87 en een behandelduur van 3 of 6 weken op een kunstmatige besmetting aardappelcysteaaltjes (aantal levende larven/cupje) in zandgrond, emmerproef 2015

middel	Dosering	Diepte (cm onder de met Herbie-behandelde laag)					
		"0" cm*	10 cm		25 cm		
Onbehandeld	----	435 f	252 e .	153	. . . d . .
Herbie®72	2 RE	0.3	a b	0	a	1.3	. . c
Herbie®87	2 RE	0.1	a	0	a	0.6	. b

* in het midden van de behandelde laag

4.2 Resultaten veldproef 2016

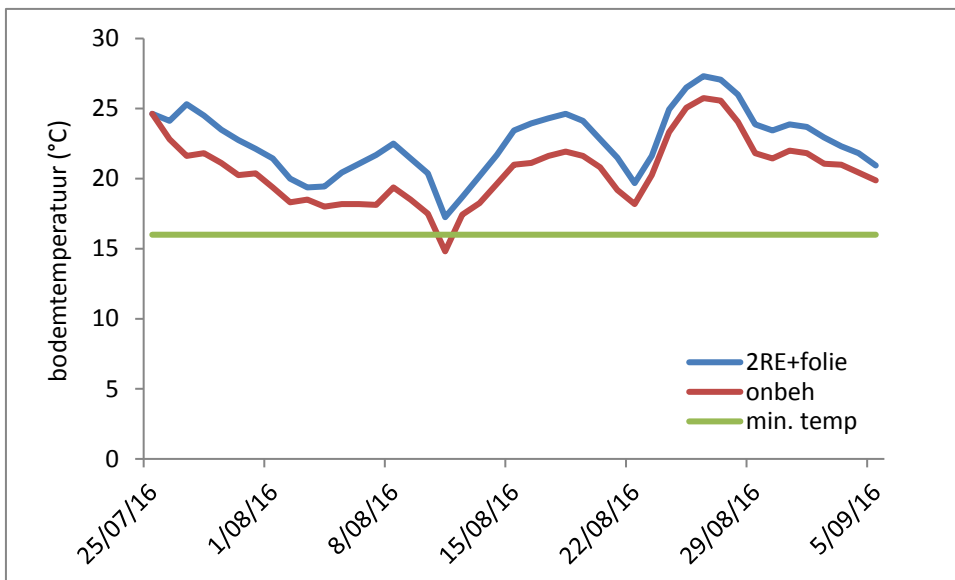
Op 26 juli, onder goede weersomstandigheden, is de proef aangelegd. Voor de middag zijn alle behandelingen aangelegd. Na het injecteren van de Herbie en het opbrengen van het gras is het hele proefveld tot 30 cm diepte gespit. Na de middag is de folie afdekking aangebracht (foto 18).



Foto 18. Overzicht proefveld Bodemreset, Vredepeel 2016

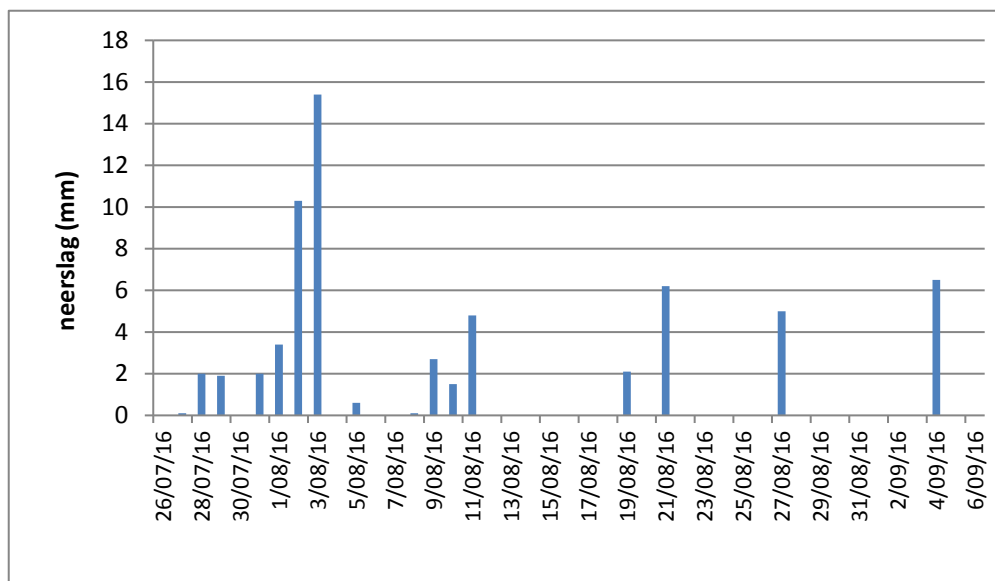
4.2.1 Temperatuur en neerslag

In twee onbehandelde veldjes (zonder bedekking) en twee met Herbie[®]87 (2RE) behandelde veldjes met folie-afdekking is de bodemtemperatuur op 15cm diepte gemeten (fig. 17). De bodemtemperatuur voor een optimaal BR-effect is gesteld op minimaal 16°C. Bijna de gehele behandelperiode, van 26 juli tot 6 september, blijft de bodemtemperatuur in de onbehandelde veldjes boven de gewenste 16 °C. Alleen op 11 augustus ligt de gemiddelde dagtemperatuur iets onder de 16 °C. De gemiddelde dagtemperatuur in de veldjes bedekt met folie ligt gemiddeld 2 graden Celsius hoger dan in de veldjes zonder folie-bedekking (en zonder Herbie). Waarschijnlijk door instraling door de folie heen neemt de bodemtemperatuur toe in vergelijking tot de niet bedekte veldjes. In de behandelde met folie afgedekte veldjes blijft de bodemtemperatuur gedurende de gehele behandelperiode van 6 weken boven de 16 °C.



Figuur 17. Bodemtemperatuur op 15 cm diepte, Bodemreset-proef, Vredepeel 2016

In onderstaande figuur is de hoeveelheid neerslag gedurende behandelperiode van eind juli tot begin september weergegeven. De periode is, in vergelijking tot het langjarige gemiddelde, vrij droog met af en toe wat lichte neerslag. Alleen 2 en 3 augustus zijn dagen met een wat grotere hoeveelheid neerslag (10 tot 15 mm).

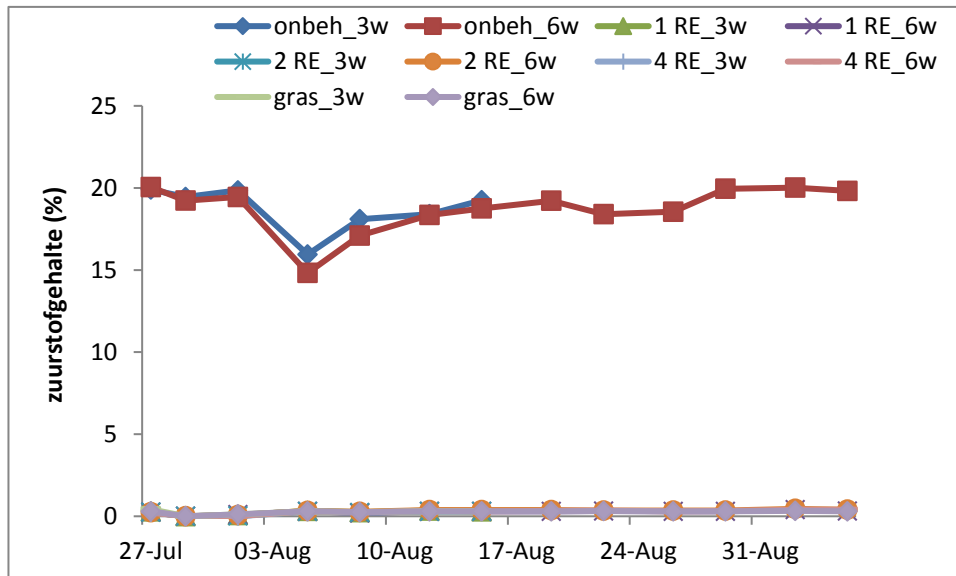


Figuur 18. Hoeveelheid neerslag (mm), Bodemreset-proef, Vredepeel 2016

4.2.2 Zuurstofmetingen

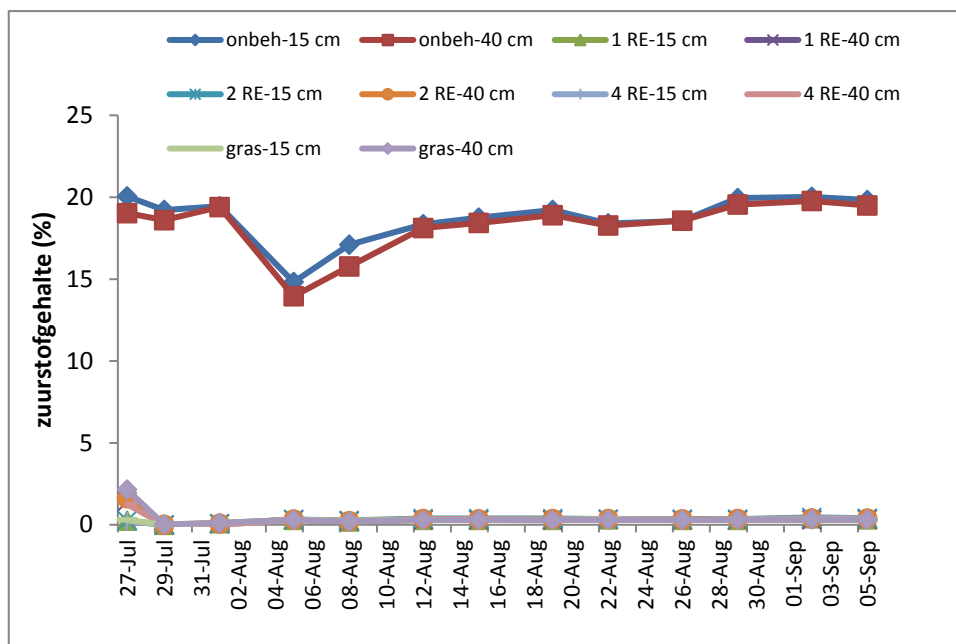
In onderstaande figuur (fig. 19) staat de zuurstofconcentratie in de bodem, gemeten op 15 cm diepte, weergegeven. Het zuurstofgehalte in de onbehandelde veldjes (geen Herbie en geen folie) is circa 19%. Tussen 1 en 5 augustus daalt het zuurstofgehalte in deze veldjes licht naar circa 15%. Waarschijnlijk als gevoelig van de neerslag (circa 25 mm) op 2 en 3 augustus, waardoor de grond deels verzadigd raakt met water. Binnen een week neem het zuurstofgehalte in deze veldjes weer toe naar circa 19%. In alle objecten die afgedekt zijn met folie daalt het zuurstofgehalte binnen 24 uur naar minder dan 1%. Het zuurstofgehalte blijft bij deze objecten gedurende de gehele behandelperiode van drie of zes weken onder de 1%.

Ook bij de laagste dosering Herbie en het object met gras (AGO-klassiek) daalt het zuurstofgehalte binnen 24 uur naar minder dan 1% en blijft de hele behandelperiode op dit niveau.



Figuur 19. Zuurstofgehalte in de bodem op 15 cm diepte bij BR-behandelingen met 1,2 en 4RE Herbie 87 en AGO-gras met een behandelduur van 3 of 6 weken, Bodemreset- proef, Vredepeel 2016

In de veldjes met een behandelduur van zes weken is ook op 40cm diepte het zuurstofgehalte gemeten. In de onbehandelde veldjes is het verloop in zuurstofgehalte op 40cm diepte vergelijkbaar met die gemeten op 15cm diepte en is bijna de gehele behandelperiode gemiddeld circa 19% (fig. 20). Bij alle andere objecten (afgedekt met folie) neemt ook het zuurstofgehalte op 40cm diepte af naar minder dan 1% en blijft ook op deze diepte de gehele behandelperiode zo laag.



Figuur 20. Zuurstofgehalte in de bodem op 15 en 40 cm diepte bij BR-behandelingen met 1,2 en 4RE Herbie 87 en AGO-gras, met een behandelduur van 6 weken, Bodemreset- proef, Vredepeel 2016

4.2.3 Bestrijding toetsorganismen

Het effect van de behandelingen op de in het perceel aanwezige (natuurlijke) besmetting van maiswortelknobbelaaltjes, de kunstmatig aangebrachte besmettingen met aardappelcysteaaltjes (op twee diepten) en de natuurlijke besmetting *V. dahliae* is bepaald.

4.2.3.1 Natuurlijke besmetting *Meloidogyne chitwoodi*

Het proefveld is niet egaal/homogeen besmet met *M. chitwoodi*. De gemiddelde besmetting per object, voor aanleg van de behandelingen varieert sterk van 21 tot bijna 600 *M. chitwoodi* aaltjes per 100 ml grond (tabel 14). In de onbehandelde veldjes is de *M. chitwoodi* besmetting, door natuurlijke sterfte, afgenomen met circa 50%. Alle AGO-behandelingen hebben een zeer sterk effect gehad op de *M. chitwoodi* besmetting. De doding is bij alle behandelingen meer dan 99% en bij de meeste behandeling is de besmetting afgenomen tot onder de detectiegrens. Alleen bij de BR-behandeling met de laagste dosering Herbie®87 (1RE) en de AGO-behandeling met gras, beide in combinatie met de korte behandelduur van 3 weken, is er nog een (zeer) kleine restbesmetting aangetoond.

Tabel 14. Effect van AGO-behandelingen op de besmetting maiswortelknobbelaaltjes (n/100 ml grond; totaal van spoelen en vier weken incubatie), Bodemreset-proef, Vredepeel 2016.

Obj.code	product	dosering	afdekking	behandelduur	M. chitwoodi	
					Pi ⁽²⁾	Pf ⁽³⁾
A-3	----	n.v.t.	niet	3 weken	70 a b	35.0 .. c
A-6	----	n.v.t.	niet	6 weken	13 a .	6.6 . b .
B-3	Herbie®87	1 RE ⁽¹⁾	folie	3 weken	72 a b	0.1 a ..
B-6	Herbie®87	1 RE	folie	6 weken	120 a b	0.0 a ..
C-3	Herbie®87	2 RE	folie	3 weken	43 a b	0.0 a ..
C-6	Herbie®87	2 RE	folie	6 weken	21 a .	0.0 a ..
D-3	Herbie®87	4 RE	folie	3 weken	159 a b	0.0 a ..
D-6	Herbie®87	4 RE	folie	6 weken	319 a b	0.0 a ..
E-3	Vers gras	45 ton/ha	folie	3 weken	594 . b	3.2 . b .
E-6	Vers gras	45 ton/ha	folie	6 weken	122 a b	0.0 a ..
<i>F</i> prob					0.467	<.001

(1: 1 RE = 40 m³ Herbie/ha

(2: beginbesmetting, voorafgaand aan het aanleggen van de behandelingen

(3: Eindbesmetting, besmetting na beëindiging van de behandelingen

4.2.3.2 Natuurlijke besmetting *Verticillium dahliae*

Alleen van de AGO-behandelingen (BR en AGO-met gras) met een behandelduur van zes weken is het effect op de natuurlijke besmetting *V. dahliae* bepaald.

Het proefveld is, volgens NAKT-criteria, matig tot vrij zwaar besmet met *V. dahliae* (tabel 15). De gemiddelde besmetting per object, voor aanleg van de behandelingen varieert van 64 tot 182 microsclerotiën (MS) per 10 gr grond. In de onbehandelde veldjes neemt, in de behandelperiode van 6 weken, de besmetting licht af van 171 naar 132 MS/10 gr grond. De *Verticillium*-besmetting wordt door de AGO-behandelingen zeer goed bestreden. De doding is bij alle behandelingen meer dan 99%. Waarbij de BR-behandelingen met 2 en 4RE Herbie®87 de besmetting hebben verlaagd tot onder de detectiegrens. Bij de AGO-behandeling waarbij gras is ingewerkt is in één van de vier herhalingen (veldjes) nog een zeer licht *Verticillium* besmetting van 3 MS/10gr grond aangetoond. In de overige drie veldjes van deze behandeling was de besmetting afgenomen tot onder de detectiegrens.

Tabel 15. Effect van AGO-behandelingen op de *Verticillium dahliae* besmetting (Aantal microsclerotïen/10 gr grond), Bodemreset-proef, Vredepeel 2016.

Obj.code	product	dosering	afdekking	behandelduur	V. dahliae	
					Pi ⁽²⁾	Pf ⁽³⁾
A-6	----	n.v.t.	niet	6 weken	171 a	132 .b
C-6	Herbie®87	2 RE ⁽¹⁾	folie	6 weken	64 a	0 a.
D-6	Herbie®87	4 RE	folie	6 weken	114 a	0 a.
E-6	Vers gras	45 ton/ha	folie	6 weken	182 a	0.2 a.
<i>F</i> prob					0.226	0.002

(1: 2 RE = 80 m³ Herbie/ha

(2: beginbesmetting, voorafgaand aan het aanleggen van de behandelingen

(3: eindbesmetting, besmetting na beëindiging van de behandelingen

4.2.3.3 Aardappelpcystealtjes (dieptewerking)

Om de dieptewerking van de verschillende behandeling vast te stellen zijn na het inspitten van de Herbie of gras, zakjes met aardappelpcysten (*G. pallida*) op 15cm en op 40 cm diepte ingegraven. De zakjes die zijn ingegraven op 15cm diepte zitten in het midden van de met Herbie of gras behandelde laag (0-25cm). De cystenzakjes ingegraven op 40cm diepte zitten circa 15cm onder deze behandelde laag. Na het ingraven van de cystenzakjes zijn de veldjes afgedekt met folie. Na de behandelperiode van drie of zes weken zijn de zakjes weer opgegraven en is de vitaliteit van de cysten-inhoud (eieren) bepaald. In tabel 16 staat de eindbesmetting *G. pallida* bij de verschillende behandelingen in combinatie met de diepte waarop de cysten zijn ingegraven.

De afname is het laagst in de onbehandelde controle (object A-6, 15 cm diepte). Dit object is als referentie genomen (natuurlijke sterfte) en de afname is voor dit object op 0% gesteld. De overige behandelingen zijn hieraan gerelateerd. Bij zowel de behandelduur van 3 als van 6 weken is de natuurlijke afname (= de onbehandeld) in de diepere bodemlaag (40cm) sterker dan in de bovenste grondlaag (15cm). Dit is vergelijkbaar met de waarnemingen in de emmerproef waar de natuurlijke afname toenam met de diepte waarop de cysten waren ingebracht.

Alle AGO-behandelingen zijn zeer effectief geweest en geven een doding van meer dan 99%. Er is geen effect van dosering Herbie en/of behandelduur op de mate van bestrijding van *G. pallida*. Ook bij de BR-behandeling met de verlaagde dosering (1RE) en een korte behandelduur van 3 weken wordt dit resultaat, van meer dan 99% doding, gehaald.

De bestrijding in de diepere laag, onder de behandelde laag, is eveneens zeer goed. Deze verschilt niet van de bestrijding van *G. pallida* in de behandelde laag, op 15 cm diepte. Het dodingspercentage in de diepere laag is ook meer dan 99%.

Tabel 16. Effect van AGO-behandelingen op kunstmatig aangebrachte besmetting aardappelpcystealtjes (*G. pallida*), Bodemreset-proef, Vredepeel 2016.

Obj.code	product	dosering	afdekking	behandelduur	Doding (%)	
					15 cm ⁽²⁾	40 cm
A-3	----	n.v.t.	niet	3 weken	60 .b...	48 ..c..
A-6	----	n.v.t.	niet	6 weken	0e	24 ...d.
B-3	Herbie®87	1 RE ⁽¹⁾	folie	3 weken	>99 a....	>99 a....
B-6	Herbie®87	1 RE	folie	6 weken	>99 a....	>99 a....
C-3	Herbie®87	2 RE	folie	3 weken	>99 a....	>99 a....
C-6	Herbie®87	2 RE	folie	6 weken	>99 a....	>99 a....
D-3	Herbie®87	4 RE	folie	3 weken	>99 a....	>99 a....
D-6	Herbie®87	4 RE	folie	6 weken	>99 a....	>99 a....
E-3	Vers gras	45 ton/ha	folie	3 weken	>99 a....	>99 a....
E-6	Vers gras	45 ton/ha	folie	6 weken	>99 a....	>99 a....
<i>F</i> prob					<.001	<.001

(1: 1 RE = 40 m³ Herbie/ha (2: diepte onder maaiveld waarop de cysten zijn ingegraven

5 Conclusies

Emmerproeven 2015:

a) *Effect van Bodemresetten op een aantal belangrijke bodempathogenen.*

- Stengelaaltjes in zand- en zavelgrond werden door de BR-behandeling (2RE, 6 weken) zeer goed bestreden (99% doding). In kleigrond van 37% afslibbaar was de BR-behandeling minder effectief (70% doding).
- Aardappelcysteaaltjes werden in zandgrond zeer goed bestreden (>99% doding) maar in zavelgrond was de behandeling (2RE, 6 weken) minder effectief (88% doding)
- Over het effect van BR (2Re, 6 weken) op een *Verticillium dahliae* en *Meloidogyne chitwoodi* besmetting kunnen geen betrouwbare uitspraken worden gedaan omdat in de onbehandeld de (natuurlijke) sterfte al zeer hoog was.

Een aantal belangrijke pathogenen werden goed tot zeer goed bestreden door de Bodemreset-behandeling, waarbij de effectiviteit afneemt als de grondsoort “zwaarder” is (hoger percentage afslibbaar). De effectiviteit van de vloeibare Herbie 87 is vergelijkbaar of soms iets beter dan de vaste Herbie 72.

b) *Effect van dosering Herbie in combinatie met behandelingsduur op de bestrijding van aardappelcysteaaltjes:*

- Een dosering lager dan 1RE en 1RE-met een korte behandelduur van 3weken bleken onvoldoende effectief. Bij deze behandelingen werd maximaal 60% van de aardappelcysteaaltjes gedood.
- 1RE met behandelduur van 6weken en 2RE met een behandelduur van 3 en 6 weken waren zeer effectief (meer dan 99% doding).

Eerste indruk is dat voor de bestrijding van aardappelcysteaaltjes met BR de dosering verlaagd kan worden naar 1RE maar alleen met een voldoende lange behandelduur van minimaal 6 weken. Het verkorte van de behandelduur tot drie weken lijkt eveneens mogelijk maar dit alleen bij de standaarddosering van 2RE. In verband met de kwetsbaarheid (levensduur) van het plastic zou een nog kortere behandelduur wenselijk zijn. Of dit mogelijk is, is op basis van dit onderzoek niet te concluderen en is uitgebreider onderzoek noodzakelijk. Ook voor de perspectieven van de ontwikkeling van een biologisch afbreekbare coating als vervanger van plastic is het verkorten van de behandelduur cruciaal (Visser e.a., 2017).

c) *Dieptewerking.*

Een BR-behandeling lijkt ook onder de behandelde laag effectief. In de emmerproef werd een besmetting van aardappelcysteaaltjes aangebracht 25 cm onder de BR-behandelde laag zeer goed bestreden. Het dodingspercentage was vergelijkbaar met de doding in de behandelde laag (> 99%).

Gasmetingen:

Bij een anaerobe grondontsmetting worden zowel gassen als vetzuren geproduceerd en zuurstof geconsumeerd. Dit alles kan invloed hebben op de effectiviteit van deze maatregel. Binnen het beschikbare budget was er, naast het uitvoeren van gasmetingen, geen budget meer voor vetzuuranalyses.

Kennis van de afbraakproducten (gassen) die worden gevormd tijdens het fermentatieproces en welke daarvan relevant zijn voor de werking tegen schadelijke organismen zal meer inzicht geven in het werkingsmechanisme. De gasmetingen die zijn uitgevoerd in de emmerproeven hebben niet geleid tot een beter inzicht in het werkingsmechanisme van Bodemresetten/ASD.

Er zijn geen duidelijke relaties gevonden tussen de samenstelling van het geproduceerde gas (concentraties: CO₂, NO₂, NH₃, H₂S en CH₄) en de effectiviteit. De samenstelling van het gas varieerde soms sterk; tussen herhalingen maar ook tussen vergelijkbare behandelingen die alleen verschilden in behandelduur. Met uitzondering van het zuurstofgehalte waarvan wel enige relatie met de effectiviteit werd gevonden. In onderzoek uitgevoerd door Runia (2011) bleek zwavelwaterstof (H₂S) het meest verklarend voor de effectiviteit tegen pathogenen.

Veldproef 2016:

Op basis van de positieve resultaten van de emmerproeven is er in 2016 een veldproef aangelegd.

In de veldproef is de effectiviteit van BR-behandelingen, met verschillende dosering Herbie®87 (1RE, 2RE en 4RE) in combinatie met een behandelduur van 3 of 6 weken, ter bestrijding van het maiswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi*) en aardappelcysteaaltjes (*G. pallida*) onderzocht. Bij alle behandelingen daalde het zuurstofgehalte in de bodem naar minder dan 1% en bleef gedurende de gehele behandelperiode van 3 of 6 weken zo laag.

Verlaging van de standaarddosering van 2RE naar 1RE en verkorten van de behandelduur van 6 naar 3 weken lijkt voor de bestrijding van aardappelcysteaaltjes en *M. chitwoodi* mogelijk.

In deze proef was de doding van aardappelcysteaaltjes bij de BR-behandeling met een dosering van 1RE en een behandelduur van 3 weken meer dan 99%. Wat vergelijkbaar is met de effectiviteit van de BR-behandelingen met hogere doseringen (>1RE) en een langere behandelduur (6 weken).

Ook *M. chitwoodi* werd in alle behandelingscombinaties zeer goed bestreden. De doding was bij alle behandelingen meer dan 99%. Met uitzondering van de BR-behandeling 1RE-3 weken nam de besmetting af tot onder detectie niveau. Bij de BR-behandeling 1RE-3 weken was de doding ook meer dan 99% maar werd er, evenals bij de "klassieke" AGO met gras en een behandelduur van 3 weken, nog een zeer lichte restbesmetting aangetroffen. Om het effect van de behandelingen op een, voor *M. chitwoodi* gevoelig volggewas te bepalen worden er in 2017 aardappelen als toets-gewas op dit proefveld geteeld.

BR lijkt een goede techniek om een Verticillium-besmetting op zandgrond te bestrijden. In de veldproef werd de bodemschimmel *V. dahliae* door de BR-behandelingen van 2RE en 4RE met een behandelduur van 6 weken zeer goed bestreden. De doding was in deze proef meer dan 99%. De besmetting nam af tot onder detectie niveau. Het effect van BR-behandelingen met lagere doseringen en/of een kortere behandelperiode zijn niet in deze onderzocht.

De effectiviteit van anaerobe grondontsmetting met gras (AGO-klassiek-6 weken) ter bestrijden van *M. chitwoodi*, aardappelcysteaaltjes en *V. dahliae* was in deze proef vergelijkbaar met de effectiviteit van de BR-behandelingen.

Ook in de veldproef is een zeer goede dieptewerking van de BR-behandelingen op de bestrijding van aardappelcysteaaltjes vastgesteld. Bij alle BR-behandelingscombinaties van 1, 2 en 4RE en een behandelperiode van 3 of 6 weken was de doding van aardappelcysteaaltjes op 15 cm diepte (in de behandelde laag) en op 40 cm diepte (circa 15 cm onder de behandelde laag) meer dan 99%. De

effectiviteit van anaerobe grondontsmetting met gras (AGO-klassiek) was vergelijkbaar met die van de BR-behandelingen.

In de veldproef werden *M. chitwoodi*, *Verticillium Dahliae* en aardappelcysteaaltjes door anaerobe grondontsmetting met gras (ASD-klassiek) zeer goed bestreden. De effectiviteit was in deze proef vergelijkbaar met de ASD-behandelingen waarbij Herbie werd toegepast (Bodemresetten). Ook in een veldproef uitgevoerd op dalgrond (Valthermond) was er geen verschil in effectiviteit tussen ASD-klassiek en Bodemresetten. Aardappelcysteaaltjes, stengelaaltjes en knolcyperus werden in deze proef bij beide "vormen" van ASD zeer goed bestreden (>99% doding).

De effectiviteit van ASD-klassiek (gras) op lichte grondsoorten (zand, dalgrond), uitgevoerd onder goede condities (temperatuur >16 °C, voldoende vocht en behandelduur van 6 weken) is (zeer) goed en lijkt vergelijkbaar met de effectiviteit van ASD met Herbie (Bodemresetten).

Bijlage 1 Bestrijding van knolcyperus met Herbie ("BodemResetten").

Samenvatting; Projectrapport "Bestrijding van knolcyperus met Herbie", J. Hoek e.a. 2016.

Knolcyperus (*Cyperus esculentus*) is een onkruidsoort die behoort tot de "schadelijk organismen". Op een perceel waar knolcyperus planten zijn gevonden, geldt een teeltverbod van alle akkerbouw en tuinbouw gewassen totdat het perceel – na een periode van minimaal drie jaar - vrij is van knolcyperus. Jaarlijks wordt het perceel gecontroleerd op aanwezigheid van knolcyperus door een van de officiële keuringsinstanties (de NAK, de NAK-Tuinbouw of de BKD). De gebruiker van een perceel met knolcyperus heeft de verplichting om dit onkruid te bestrijden. Een van de bestrijdingsmethoden is directe doding van knollen. Dit kan via 'natte grondontsmetting' met vloeibare metam-natrium. Maar de toepassingsvoorwaarden hiervoor zijn in 2014 door de overheid echter zodanig beperkt dat natte grondontsmetting in de praktijk bijna niet uitvoerbaar is.

Het onderzoek dat hier wordt beschreven is uitgevoerd om na te gaan of knollen van knolcyperus door een toepassing van Herbie in de bodem ("bodem resetten") bestreden kunnen worden.

Er zijn knolletjes van knolcyperus verzameld op een praktijkperceel in Noord-Brabant. Daarnaast zijn knolletjes aangekocht bij de firma Herbiseed in Engeland en bij een visserijhandel (onder de naam "Tijgernootjes"). Bij een voorafgaande kleine kiemproof bleken de knollen van het besmette praktijkperceel nauwelijks uit te lopen. De knolletjes van beide andere herkomsten liepen wel goed uit en zijn daarom gebruikt in het onderzoek. Het onderzoek met Herbie is uitgevoerd in emmers die via een deksel luchtdicht afgesloten kunnen worden. Er zijn drie toepassingen van Herbie onderzocht: een vaste formulering met 9 gram Herbie per liter grond (vast 2RE), een vloeibare formulering met 26.6 of met 53.2 gram per liter grond (respectievelijk vloeibaar 2 RE en vloeibaar 4RE). Deze toepassingen van Herbie zijn vergeleken met een onbehandeld controle object.

De emmers zijn gevuld met zandgrond of met zavelgrond. De proef is uitgevoerd in 4 herhalingen, waardoor er 32 experimentele eenheden c.q. emmers waren. De grond is gemengd met een juiste hoeveelheid vocht en de doseringen Herbie en in de grond zijn per emmer 2 nylonzakjes ingebracht met in elk nylonzakje 25 knolletjes van knolcyperus van een van beide herkomsten (Herbiseed dan wel visvoer). De emmers zijn met deksels luchtdicht afgesloten en gedurende een periode van 6 weken weggezet bij 20 graden. Tijdens deze periode is de samenstelling van de lucht boven de grond 15 maal gemeten. Bij elke meting is het gehalte aan koolzuurgas, methaan, ammoniak, zwavelwaterstof, stikstofdioxide, waterdamp en zuurstof bepaald. Bij drie behandelde objecten, zavel met Herbie vast 2RE, zavel en zand met Herbie vloeibaar 2RE - bleek het gehalte methaan en zwavelwaterstof na ongeveer 2 weken op te lopen. Het zuurstofgehalte was bij alle behandelde objecten in de eerste 2 weken lager dan 2 procent. Daarna bleef het zuurstofpercentage ongeveer 2 procent bij zavel en zand met Herbie vloeibaar 4RE (de hoogste dosering Herbie). Bij de andere behandelde objecten (vast 2RE, vloeibaar 2RE) liep het zuurstof percentage na die 2 weken langzaam op en bedroeg het na 6 weken 5 tot 10 procent, kennelijk omdat de gebruikte emmers niet volledig luchtdicht waren. Na 6 weken zijn de emmers geopend, zijn de knolcyperus knolletjes uit de zakjes gehaald en uitgeplant in bakken met 4.5 liter grond bestaande uit een mengsel van potgrond en zand (25 knolletjes per bak). In daaropvolgende 7 weken is het aantal knolcyperus planten regelmatig geteld, waarna het percentage planten is berekend ten opzichte van het aantal geplante knolletjes. Het percentage uitgelopen knolletjes is gebruikt als maat voor de vitaliteit van de knolcyperus knollen (na behandeling met Herbie).

In deze kasproef konden knolletjes van knolcyperus in de grond door toepassingen van Herbie goed tot zeer goed bestreden worden, waarbij de hoogste dosering (4 RE) de beste bestrijding (b)leek te geven omdat daarbij 0 tot 2 procent van de knolletjes nog uitliep.

Vloeibare Herbie lijkt knolcyperus water beter te bestrijden dan de vaste formulering. Beide herkomsten van knolcyperus knolletjes (Herbiseed, visvoer) werden evengoed bestreden. Bij de toepassing van Herbie vloeibaar 4RE op zandgrond liepen (gedurende 7 weken) geen knolletjes van knolcyperus uit.

Bijlage 2 Proefveldschema



Proefveldschema; veldproef Bodemresetten, Vredepeel 2016

Bijlage 3

Bodemvruchtbaarheid toetsgronden

Bodemvruchtbaarheidsanalyses (Eurofins) van de, voor de emmerproeven, gebruikte gronden

		Vredepeel (dekzand)	Lelystad (zavel)	Texel (zand)	Biddinghuizen (klei)
Stikstof-totaal	(mg N/kg)	1260	1000	1280	1640
C/N-ratio		19	14	12	11
N-leverend vermogen	(kg N/ha)	42	50	73	95
Zwavel-totaal	(mg S/kg)	230	400	320	1070
C/S-ratio		106	35	49	17
S aanvoer	(kg S/ha)	9	32	23	48
S-leverend vermogen	(kg S/ha)	6	29	20	45
P-beschikbaar (P-PAE)	(mg P/kg)	7.9	2.4	7.4	1.1
P-voorraad (P-AI)	(mg P ₂ O ₅ /100 g)	71	65	63	56
Pw mg	(mg P ₂ O ₅ /l)	89	53	82	40
K-beschikbaar (K-PAE)	(mg K/kg)	34	137	126	113
K-getal		8	34	28	29
K-voorraad	(mmol+/kg)	1.9	2.8	2.5	4.8
Ca-beschikbaar	(kg Ca/ha)	53	280	527	383
Ca-totale bodemvoorraad	(kg Ca/ha)	2725	7780	4710	13485
Mg-beschikbaar	(mg Mg/kg)	117	41	69	92
Na-beschikbaar	(mg Na/kg)	10	17	25	53
Zuurgraad (pH)		5.1	7.3	6.8	7.3
Organische stof	(%)	4.2	2.4	2.7	3.1
Lutum	(%)	2	11	3	26
Silt	(%)	7	26	10	38
Zand	(%)	87	56	82	27
Afslibbaar (berekend)	(%)	4.1	18,8	6,0	37,4
C-anorganisch	(%)	0.03	0.64	0.32	
Koolzure kalk	(%)	0.2	4.6	2.1	6
Klei-humus (CEC)	(mmol+/kg)	55	119	77	215
CEC-bezetting	(%)	90	100	100	100
Bodemleven	(N/kg)	25	21	60	25

Bijlage 4 Product analyse

Analyse Herbie 72 (vast) en Herbie 87 (vloeibaar), Eurofins agro, onderzoek code: *krachtvoer*.

		Herbie 72	Herbie 87
droge stof	(gr/kg product)	901	254
ruw as	(gr/kg ds)	55	106
VCOS	(%OS)	55,0	95,7
ruw eiwit	(gr/kg ds)	186	257
oplosb. ruw eiwit	(% RE)	60	66
ruw vet	(gr/kg ds)	112	57
ruw vet (hydr)	(gr/kg ds)	128	70
ruwe celstof	(gr/kg ds)	221	24
suiker	(gr/kg ds)	62	94
Zetmeel	(gr/kg ds)	55	45
NDF	(gr/kg ds)	331	245
Natrium	(gr/kg ds)	<0,1	23,2
Kalium	(gr/kg ds)	8,4	20,8
Magnesium	(gr/kg ds)	2,8	2,8
Calcium	(gr/kg ds)	12,3	2,3
Fosfor	(gr/kg ds)	4,7	10,6
Zwavel	(gr/kg ds)	4,6	10,8
Chloor	(gr/kg ds)	<0,5	6,0
Kat.anion verschil (meq)		-82	698
Mangaan	(mg/kg ds)	45	99
Zink	(mg/kg ds)	29	62
IJzer	(mg/kg ds)	151	453
Koper	(mg/kg ds)	7,6	9,1
Molybdeen	(mg/kg ds)	1,2	1,5
Jodium	(mg/kg ds)	<0,1	<0,1
Kobalt	(µg/kg ds)	55	44
Seleen	(µg/kg ds)	77	122
N-totaal	(gr/kg ds)	32,9	42,3

Literatuur

- Blok, W., Lamers, J., Termorshuizen, A., & Bollen, G. Control of Soilborne Plant Pathogens by Incorporating Fresh Organic Amendments Followed by Tarping. *Phytopathology*, maart 2000, Volume 90, Nr 3, blz 253-259
- Hoek, J., Visser J.H.M & Molendijk, L.P.G Bestrijding van knolcyperus met Herbie ("Bodemrestten"). PPO Projectrapport 3750320400, 2016.
- Runia, W., Molendijk, L.P.G., Ludeking, D. & Schomaker, C. Doorontwikkelen biologische grondontsmetting (BGO). PPO Projectrapport 3250137811 en 3242068311, 2011
- Runia, W. e.a. Bodem Resetten: stap naar praktijktoepassing nieuwe methode van anaerobe grondontsmetting. PPO Projectrapport nr. 648, 2015
- Visser, J., Molendijk, L., Feil, H., Meints, H., & Beers, T van. Anaerobe grondontsmetting ("bodem-resetten") met biobased grondafdekking als alternatief voor folie. Projectrapport 3750341800, maart 2017.

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



Wageningen University & Research
Praktijkonderzoek AGV
Edelhertweg 1
Postbus 430
8200 AK Lelystad
T | (+31)320 29 11 11 1
www.wur.nl/agv

Rapport WPR-746

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

