



Bodemgezondheidproef 2017-2020

Langjarig onderzoek aan het effect van (bodem)maatregelen en teeltsystemen op plant parasitaire nematoden, gewasopbrengst en bodemvruchtbaarheid (nutriënten)

Auteurs | Johnny Visser¹, Pella Brinkman¹ Leendert Molendijk¹ en Gerard Korthals²

¹ Wageningen University & Research

² Wageningen University & Research | Bio interacties en Plantgezondheid

Rapport WPR-OT-986



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Bodemgezondheidproef 2017-2020

Langjarig onderzoek aan het effect van (bodem)maatregelen en teeltsystemen op plant parasitaire nematoden, gewasopbrengst en bodemvruchtbaarheid (nutriënten)

Auteurs

Johnny Visser¹, Pella Brinkman¹ Leendert Molendijk¹ en Gerard Korthals²

1 Wageningen University & Research | Open teelten

2 Wageningen University & Research | Bio interacties en Plantgezondheid

Dit onderzoek is in opdracht van Topsector Agri & Food uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), in het kader van de PPS Beter Bodembeheer (TKI-AF-16064/BO-56-001-005 & LWV2042/BO-56-001-061).

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

Wageningen, januari 2023

Rapport WPR-OT-986

Project: 3750354205/3750433345

Visser, J., P. Brinkman, G.W. Korthals, 2023. *Langjarig onderzoek aan het effect van verschillende maatregelen en teeltsystemen op plant parasitaire aaltjes, opbrengst en bodemkwaliteit*. Wageningen Research, Rapport WPR-OT-986, Project: 3750354205/3750433345.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/585735>.

Trefwoorden: biologisch teeltsysteem; gangbaar teeltsysteem; gewasopbrengst; groenbemester; organische restmaterialen; ontsmetten; plant parasitaire nematoden.

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open teelten, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; 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-OT-986

Projectnummer: 3750354205/3750433345

Foto omslag: Bodemgezondheidproef, augustus 2018



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



Deelnemende partijen: Topsector Agri & Food, BO-Akkerbouw, LTO Nederland, ZLTO, LLTB, LLTB/Arvalis, LTO Noord, Agrifirm NWE B.V., Cosun Beet Company, IRS, CZAV/Crop Solutions, AVEBE, Van Iperen, BVOR, Vereniging Afvalbedrijven, Biohuis, CAV Agrotheek, Kairos, Rabobank, ASR real estate, Vitens N.V., Van Tafel naar Kavel, SPNA, NMI, Eurofins, Agrocres/HLB, Imants, Delphy.

Inhoud

Inhoud

Inhoud	5	
Woord vooraf	7	
Samenvatting	9	
1	Inleiding	11
1.1	Aanleiding	11
1.2	Achtergrond van de bodemmaatregelen	11
1.2.1	Groenbemesters	12
1.2.2	Organische restmaterialen	13
1.2.3	Ontsmetten	13
1.3	Doelstelling project	14
2	Opzet en uitvoering	15
2.1	Gewasrotatie	15
2.3	Maatregelen	16
2.4	Bemesting	19
2.5	Metingen en bemonsteringen	19
2.5.1	Bodemvruchtbaarheid	19
2.5.2	Populatie plant parasitaire nematoden	20
2.5.3	Gewasopbrengst en -kwaliteit	20
2.6	Statistische verwerking	21
3	Resultaten	23
3.1	Bodemvruchtbaarheid	23
3.2	Populatieontwikkeling plantparasitaire nematoden	25
3.2.1	Effect van teeltsysteem op de populatieontwikkeling van verschillende plant parasitaire nematoden	25
3.2.2	Effect van bodemmaatregelen en teeltsysteem op totale gemeenschap plant parasitaire nematoden	26
3.2.3	Effect bodemmaatregelen op <i>Pratylenchus</i>	27
3.2.4	Effect bodemmaatregelen op Dolichodoridae	28
3.2.5	Effect bodemmaatregelen op trichodoriden	28
3.2.6	Effect bodemmaatregelen op <i>Meloidogyne</i>	29
3.3	Gewasopbrengst	30
3.4	Correlaties tussen nematoden en opbrengst	32
4	Discussie en Conclusies	35
4.1	Effect op nutriënten	35
4.2	Effect op plant parasitaire nematoden	36
4.3	Effect op opbrengst	37
Literatuur	39	

Woord vooraf

De Bodemgezondheidsproef is opgezet in 2006 om veel verschillende bodemmaatregelen te toetsen op hun effectiviteit om plant parasitaire nematoden zoals het worteltesieaaltje *Pratylenchus penetrans* en de bodemschimmel *Verticillium dahliae* te beheersen in een akkerbouwsysteem op zandgrond. De veldproef is aangelegd als een gewarde blokkenproef waarin alle maatregelen zowel in een biologisch als in een gangbaar akkerbouwsysteem zijn aangelegd. Daarnaast is de proef gebruikt om de invloed van de maatregelen te onderzoeken op bodemweerbaarheid en het bodemleven. Dat onderzoek werd gefinancierd door Brancheorganisatie Akkerbouw en het ministerie van LNV.

De PPS Beter Bodembeheer (projectnummers TKI-AF-16064/ BO-56-001-005 en LWV2042/BO-56-001-061, werkpakket 2a) maakte het mogelijk om het onderzoek voort te zetten en lange-termijn effecten te meten. De financiers van deze projecten zijn Topsector Agri & Food, BO-Akkerbouw, LTO Nederland, ZLTO, LLTB, LLTB/Arvalis, LTO Noord, Agrifirm NWE B.V., Cosun Beet Company, IRS, CZAV/Crop Solutions, AVEBE, Van Iperen, BVOR, Vereniging Afvalbedrijven, Biohuis, CAV Agrotheek, Kairos, Rabobank, ASR real estate, Vitens N.V., Van Tafel naar Kavel, SPNA, NMI, Eurofins, Agrocares/HLB, Imants en Delphy. De effecten van de teeltsystemen en bodemmaatregelen op de besmetting met plantparasitaire nematoden, bodemvruchtbaarheid (nutriënten) en gewasopbrengsten in de periode 2017 tot en met 2020 zijn beschreven in het huidige rapport.

De resultaten van de bepalingen van milieuaaltjes die in 2019 in de Bodemgezondheidsproef zijn gedaan en resultaten van metingen aan bodemmicrobioom en ziektevering, zijn beschreven in rapportages van Brinkman (2022, dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/564642>) en Kurm (2022, dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/564744>).

Samenvatting

In 2006 is het project "Ontwikkelen maatregelen en meettechnieken ten bate van bodemgezondheid" gestart met de aanleg van de langjarige veldproef (de 'Bodemgezondheidproef', BDGZ) op proefboerderij Vredepeel. Doel van het project is het ontwikkelen van maatregelen voor het duurzaam verbeteren van bodemkwaliteit in geïntegreerde (gangbare) en biologische teeltsystemen.

De systeemproof Bodemgezondheid is aangelegd op een perceel dat typerend is voor lichte (zand)gronden. Het perceel is besmet met verschillende bodempathogenen zoals plant parasitaire aaltjes en schadelijke bodemschimmels die representatief zijn voor de percelen op de dekzandgronden. De belangrijkste bodempathogenen op dit perceel zijn het wortellessieaaltje (*Pratylenchus penetrans*) en de bodemschimmel *Verticillium dahliae*.

In zowel een biologisch als een gangbaar teeltsysteem werden de maatregelen voor het eerst uitgevoerd in 2006, in 2009 herhaald en met een aantal wijzigingen opnieuw herhaald in 2018. In juli 2018 werden drie typen bodemmaatregelen uitgevoerd: teelt van groenbemesters (gras/klaver, tagetes en een mengsel van 14 soorten), organische toevoegingen (compost, chitine en haarmeel) en grond ontsmetten (ASD, ontsmetten met zaadmeel of Monam, en ASD gevolgd door toedienen van haarmeel en compost).

Het effect van de teeltsystemen en bodemmaatregelen op de bodemvruchtbaarheid, de plant parasitaire nematoden en de gewasopbrengst en -kwaliteit is bepaald. In 2017 zijn aardappelen geteeld. In 2018 zijn conservenerwten geteeld en zijn de bodemmaatregelen uitgevoerd. In 2019 is prei geteeld gevolgd door een teelt van zomergerst in 2020.

Bodemvruchtbaarheid

Er zijn significante verschillen in bodemvruchtbaarheid tussen de teeltsystemen en bodemmaatregelen gevonden. In het biologische systeem was de hoeveelheid P, K, S, Mg en "bodemleven" hoger dan in het gangbare systeem. De C:N-ratio was juist iets hoger in het gangbare systeem. Toedienen van chitine, haarmeel en de combinatiebehandeling gaven vaak verhoogde waarden (N, P, K, S en "bodemleven") ten opzichte van de controle, terwijl bij de hoeveelheid Mg het tegenovergestelde effect werd gevonden. Er was geen betrouwbaar effect gevonden van de bodemmaatregelen op de hoeveelheid organische stof.

Plant parasitaire aaltjes

Vóór het uitvoeren van de bodemmaatregelen (maart 2017 en juli 2018) kwamen een aantal groepen nematoden (totaal aantal plantparasitaire aaltjes, *P. penetrans*, Dolichodoridae en Trichodoriden) in significant hogere dichtheden voor in het gangbare systeem in vergelijking met het biologische systeem. Deze verschillen verdwenen en de aantallen namen nog verder af na 2018. Deze resultaten zijn gedeeltelijk te verklaren door de gewas- en groenbemesterkeuzes in combinatie met de bodemmaatregelen in de veldproef. Na het uitvoeren van de bodemmaatregelen bleken er t.o.v. de controle significant hogere aantallen PPN aanwezig na de groenbemesters gras/klaver en het groenbemestermengsel. Significante afnames t.o.v. de controle werden met name gevonden na ASD, *Tagetes*, ontsmetten en de combinatie (AHC). Bij de andere bodemmaatregelen werden intermediaire effecten gevonden. Bij het ontsmetten werd voor de data van 2019 ook nog een significante interactie met het systeem gevonden. Dit valt te verklaren omdat deze maatregel per systeem verschillend moest worden uitgevoerd: een chemische grondontsmetting in het gangbare systeem en een zaadmeel toepassing in het biologische systeem. Deze aanpak leidde tot significant lager aantallen in het gangbare systeem t.o.v. het biologische systeem. In maart 2020 was er geen significant verschil meer tussen de teeltsystemen. De resultaten voor zowel het totaal aantal plantparasitaire aaltjes, als *Pratylenchus*, Dolichodoridae en Trichodoriden waren niet of nauwelijks afwijkend van elkaar. Het enige verschil was dat bij de veel minder talrijke trichodoriden enkele significant lagere aantallen werden gemeten in de velden met compost en de combinatiebehandeling. Voor het quarantaine aaltje *Meloidogyne chitwoodi* werden hele lage aantallen gevonden en konden geen goede conclusies getrokken worden.

Gewasopbrengst

Bij de teelt van aardappel in 2017 werden geen betrouwbaar lange-termijn effect gevonden van de maatregelen die in 2006 en opnieuw in 2009 waren toegepast. Wel werden er nog steeds bij alle bodemmaatregelen iets hogere opbrengsten gemeten dan bij die van de controle. Bij de teelt van prei bleek alleen het aantal oogstbare planten per ha significant hoger na gras/klaver en haarmeel dan bij de controle. Dit verschil was voornamelijk het gevolg van minder plantuitval a.g.v. *Pseudomonas* bij deze bodemmaatregelen in het biologische systeem. Mogelijk hebben de maatregelen gras-klaver en haarmeel de weerbaarheid van het preigewas iets verhoogd. De opbrengst van zomergerst was bij alle bodemmaatregelen hoger dan bij de controle. De opbrengst na toedienen van haarmeel of de combinatiebehandeling was bovendien hoger dan na de teelt van *tagetes*. De positieve effecten van de bodemmaatregelen op de relatieve opbrengst ten opzichte van de controle waren groter voor zomergerst dan voor prei, met name in het biologische systeem. Bij zomergerst in het biologische systeem gaven alle negen bodemmaatregelen een significante verhoging in opbrengst, terwijl dit in het gangbare systeem slechts bij drie (compost, haarmeel en de AHC combinatie) van de negen bodemmaatregelen werd gevonden. Gemiddeld over alle bodemmaatregelen was de zomergerstopbrengst in het biologische systeem 24% hoger dan in de onbehandelde controle, terwijl dit in het gangbare systeem 11% hoger.

Correlaties

Met de resultaten van de verschillende soorten plantparasitaire aaltjes en de opbrengst van de gewassen is ook nog onderzoek gedaan naar eventuele correlaties. De correlaties waren in dit geval meestal afwezig of heel zwak. Dit heeft zowel te maken met de over het algemeen lage dichtheden van de aaltjes als ook de nematode-gewas combinaties. De dichtheden aan aaltjes lagen voor de meeste soorten ver onder de bekende schadedrempels. Daarnaast hebben de maatregelen en het systeem ook vaak een (positief) effect gehad op andere aspecten van de bodem zoals de bodemchemische en -fysische aspecten en ook andere organismen van het hele bodemvoedselweb. Al deze bodemeigenschappen hebben bepalen uiteindelijk de opbrengst en kwaliteit van gewassen, maar natuurlijk ook andere ecosysteemdiensten.

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat zowel lange termijn systeemveranderingen (biologisch vs. gangbaar) als bodemmaatregelen langere tijd een effect hebben op zowel de bodemvruchtbaarheid als het onderdrukken of stimuleren van plantparasitaire aaltjes. In deze veldproef en de periode van 2017 tot en met 2020 gaat het om de volgende conclusies:

Bodemvruchtbaarheid: In het biologische systeem was de hoeveelheid P, K, S, Mg en "bodemleven" hoger dan in het gangbare systeem, terwijl de C:N-ratio juist iets lager was. Daarnaast leidde het toedienen van chitine, haarmeel en de combinatiebehandeling vaak tot extra verhoogde waarden bij N, P, K, S en "bodemleven", ten opzichte van de controle, terwijl bij de hoeveelheid Mg het tegenovergestelde effect werd gevonden. Er was geen betrouwbaar effect gevonden van de bodemmaatregelen op de hoeveelheid organische stof.

Plant parasitaire aaltjes (PPN): Gedurende de periode 2017 tot en met 2020 kwamen een aantal groepen plantparasitaire aaltjes (totaal aantal plantparasitaire aaltjes, *P. penetrans*, Dolichodoridae en Trichodoriden) in relatief lage dichtheden voor, met kleine verschillen tussen het biologische en gangbare systeem. De aantallen namen nog verder af na het uitvoeren van de bodemmaatregelen in 2018. Toch bleken er t.o.v. de controles significant hogere aantallen PPN aanwezig na de groenbemesters gras/klaver en het groenbemestermengsel en significante afnames werden met name gevonden na ASD, *Tagetes*, ontsmetten en de combinatie (AHC).

Gewasopbrengst: Bij de teelt van aardappel werden geen significante lange-termijn effecten gevonden. Bij prei bleek alleen het aantal oogstbare planten per ha significant hoger na gras/klaver en haarmeel dan bij de controle. De opbrengst van zomergerst was bij alle bodemmaatregelen hoger dan bij de controle. De positieve effecten van de bodemmaatregelen op de relatieve opbrengst ten opzichte van de controle waren groter voor zomergerst dan voor prei, en deze effecten waren met name zichtbaar in het biologische systeem. Gemiddeld over alle bodemmaatregelen was de zomergerstopbrengst in het biologische systeem 24% hoger dan in de onbehandelde controle, terwijl dit in het gangbare systeem 11% hoger.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De land- en tuinbouw ontwikkelen zich naar intensievere en complexere bedrijfssystemen, waarbij een steeds groter wordend beroep wordt gedaan op de bodemgezondheid. Keuzes die de teler maakt, moeten gericht zijn op zo min mogelijk schade door verschillende bodempathogenen, zoals aaltjes, schimmels, bodeminsecten en bacteriën. Dit moet bovendien passen binnen de zeer strenge eisen aan inzet van gewasbeschermingsmiddelen en bemesting. Daarnaast zal de beschikbaarheid van gewasbeschermingsmiddelen de komende jaren verder afnemen en is er ook vanuit maatschappelijk en milieuoogpunt de noodzaak om afhankelijkheid en gebruik hiervan verder terug te dringen. Daarom moeten ziekten en plagen via alternatieve maatregelen beheerst of voorkómen worden. Bodemweerbaarheid en de balans tussen positieve en negatieve bodemorganismen spelen hierbij een steeds belangrijker rol. Deze trend vergt nieuwe kennis over de inpasbaarheid en bedrijfszekerheid van teeltmaatregelen om de bodemgezondheid te optimaliseren. Naast het leveren van een duurzame en rendabele productie, is het bodembeheer steeds belangrijker om andere (ecologische) functies (ecosysteemdiensten) van de bodem te vervullen, zoals het voorkomen van emissies en behoud van biodiversiteit.

Dit type onderzoek vereist een integrale aanpak, waarbij verschillende strategieën om de bodem te beheren, op zowel chemisch, fysische en biologische aspecten langdurig in veldproeven worden onderzocht.

In 2006 is het project "Ontwikkelen maatregelen en meettechnieken ten bate van bodemgezondheid" gestart met de aanleg van de langjarige veldproef (de 'Bodemgezondheidproef', BDGZ) op proefboerderij Vredepeel. Doel van het project is het ontwikkelen van maatregelen voor het duurzaam verbeteren van bodemkwaliteit in geïntegreerde (gangbare) en biologische teeltsystemen en het ontwikkelen van indicatoren waarmee bodemkwaliteit kan worden gemeten en waar adviezen op kunnen worden gebaseerd.

De systeemproef Bodemgezondheid is aangelegd op een perceel dat typerend is voor lichte (zand)gronden. Het perceel is besmet met verschillende bodempathogenen zoals plant parasitaire aaltjes en schadelijke bodemschimmels die representatief zijn voor de percelen op de dekzandgronden. De belangrijkste bodempathogenen op dit perceel zijn het wortellessieaaltje (*Pratylenchus penetrans*) en de bodemschimmel *Verticillium dahliae*. Deze bodemschimmel veroorzaakt onder andere vervroegde afsterving in aardappel.

Bij de start van de proef zijn biologische en gangbare teeltsystemen aangelegd. De biologische systemen worden beheerd met organische mest en zonder chemische gewasbescherming, de geïntegreerde systemen met inzet van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen. De teelt in het biologische systeem voldoet sinds het begin in voorjaar 2006 aan SKAL richtlijnen. De proef heeft een wetenschappelijke opzet en is aangelegd als een split-plot blokkenproef in vier herhalingen (blokken). Binnen elk van de vier blokken zijn de vier teeltsystemen geward over vier plots. Binnen iedere plot liggen tien subplots waarover tien behandelingen zijn geward. Dit betekent dat geïntegreerde en biologische systemen (geward) op één perceel zijn aangelegd in een statistisch robuuste opzet.

1.2 Achtergrond van de bodemmaatregelen

In deze systemen zijn tot nu toe driemaal (2006, 2009 en 2018) tien verschillende bodemmaatregelen uitgevoerd, die gericht zijn op het (duurzaam) onderdrukken van pathogenen (waarbij de nadruk ligt op het beheersen van *P. penetrans* en *V. dahliae*), het verhogen van bodemweerbaarheid en stimuleren van bodemleven. De bodemmaatregelen zijn in te delen in verschillende types: telen van groenbemesters, toedienen van organische restmaterialen en verschillende manieren van bodem

ontsmetten. De bodemmaatregelen die zijn uitgevoerd zijn in de loop van de tijd iets aangepast (Tabel 1.1). Omdat biofumigatie (= het telen en vervolgens verhakselen en inwerken van gewassen met specifieke (toxische) inhoudsstoffen. Factsheet biofumigatie: <https://edepot.wur.nl/391957>) niet effectief is gebleken, is de teelt van het biofumigatiegewas *Sarepta mosterd* vervangen door de teelt van een groenbemestermengsel. Deze vaak complexe mengsels van verschillende groenbemesters staan de laatste jaren sterk in de belangstelling, maar effecten op de bodem zijn nog onvoldoende bekend. De Cultivit machine die eerder werd gebruikt voor fysische grondontsmetting, waarbij de grond verhit wordt tot circa 700°C, is in Nederland niet meer beschikbaar. Deze behandeling is vervangen door haarmeel, omdat er belangstelling is voor keratinehoudende producten met mogelijk stimulerend effect op bodemweerbaarheid. In de combinatiebehandeling is de teelt van *Tagetes* vervangen door Anaerobe grondontsmetting ('Anaerobic Soil Disinfestation': ASD), omdat de teelt van *Tagetes* alleen al zo een sterk effect heeft op de besmetting met het wortellesieaaltje en daarmee op opbrengst en kwaliteit dat het effect van de aanvullende maatregelen niet goed te bepalen was.

Tabel 1.1 Overzicht van de toegepaste bodemmaatregelen in de Bodemgezondheidproef in 2006, 2009 en 2018.

	Maatregelen jaar 2006 en 2009	Maatregelen jaar 2018
1	Onbehandeld (zwarte braak)	Onbehandeld (zwarte braak)
2	Gras-klaver	Gras-klaver
3	<i>Tagetes patula</i> (Afrikaantje)	<i>Tagetes patula</i> (Afrikaantje)
4	Biofumigatie (<i>Sarepta mosterd</i>)	Groenbemestermengsel
5	Compost	Compost
6	Chitine	Chitine
7	Fysische grondontsmetting (Cultivit)	Haarmeel
8	Anaerobe grondontsmetting (ASD)	Anaerobe grondontsmetting (ASD)
9	Chemische/biologische ontsmetting	Chemische/biologische ontsmetting
10	Combinatie (<i>Tagetes</i> , chitine, compost)	Combinatie (ASD, haarmeel, compost)

Er zijn verschillende redenen om voor bepaalde bodemmaatregelen te kiezen. Hieronder volgt een beschrijving van de achterliggende gedachten bij de drie groepen maatregelen die zijn geselecteerd en die in de zomer van 2018, na de teelt van conservenerwten, zijn uitgevoerd. In hoofdstuk 2 volgt een beschrijving van de uitvoering van de maatregelen in de proef.

1.2.1 Groenbemesters

Voor de teelt van groenbemesters wordt vaak bewust gekozen vanwege de positieve effecten op de bodem die aan de teelt van deze gewassen wordt toegeschreven. De groenbemesters leggen nutriënten vast, leveren organische stof en hebben een positief effect op de bodemstructuur. Stikstofbindende gewassen zoals klavers worden geteeld om extra stikstof (N) in de grond te brengen. Groenbemesters kunnen echter ook waardplant zijn voor bodemorganismen, zoals plantparasitaire aaltjes of (mycorrhiza)schimmels. Hierdoor zal het netto resultaat (positief of negatief) afhangen van verschillende factoren, zoals het aanwezige bodemleven en de gewasrotatie.

In een mengsel van verschillende groenbemesters kunnen de positieve eigenschappen van afzonderlijke groenbemesters worden gecombineerd. De verschillende soorten in een mengsel vullen elkaar aan op aspecten als opkomst, groei en bodembedekking, effect op bodemstructuur en het vastleggen en weer beschikbaar komen van nutriënten. Echter ook de negatieve eigenschappen van de afzonderlijke groenbemesters, zoals de vermeerdering van plant parasitaire aaltjes, moeten bij de teelt van mengsels in ogenschouw worden genomen.

Tagetes patula wordt vooral geteeld ter bestrijding van het wortellesieaaltje. Het is bekend dat wortellesieaaltjes door aanprikken en binnendringen van de wortels van *T. patula* actief gedood kunnen worden. In de endodermis van *Tagetes* komt de stof α -terthienyl voor, die kan worden omgezet in een voor aaltjes dodelijke stof (Bakker *et al.*, 1979). Alleen aaltjes die doordringen tot de endodermis zetten dit omzettingsproces in gang. De teelt van *Tagetes* is daarom niet tegen alle plantparasitaire aaltjes effectief. Met betrekking tot andere gevolgen voor het bodemleven is zeer weinig bekend. *Tagetes*-soorten verschillen in de mate van dodelijke werking tegen *Pratylenchus*

penetrans. *Tagetes minuta* en *T. erecta* zijn minder effectief tegen *Pratylenchus penetrans* dan *T. patula*. (Molendijk & Rovers, 1996). De werking van het effect van de teelt van *Tagetes* op het populatieniveau van *P. penetrans* is langduriger dan van een chemische grondontsmetting (Evenhuis *et al.*, 2004). Voor een maximale bestrijding van *Pratylenchus*-aaltjes dient het gewas in de zomer te worden geteeld, met een teeltduur van minimaal 3 maanden. De optimale zaaiperiode ligt tussen half mei tot uiterlijk 1 augustus.

1.2.2 Organische restmaterialen

In de literatuur wordt in het algemeen een neutraal of positief effect gemeld van organische toevoegingen (meestal in de vorm van compost) op bodemgezondheid, met een remmend effect op bacterie- en schimmelziekten (zie o.a. Termorshuizen *et al.*, 2006). Door toediening van compost wordt geprobeerd om factoren zoals de bodemstructuur, de organische stof voorraad en het leefmilieu van het bodemleven te verbeteren (Blok *et al.*, 2000). Daarnaast is vanuit onderzoek bekend dat compost signalen van de plant (zoals wortellexudaten) naar aaltjes zou kunnen verstoren, zodat de aaltjes de plant minder belagen (Hartsema *et al.*, 2005).

Zowel van chitine- als keratinehoudende restmaterialen worden genoemd dat ze bodemweerbaarheid zouden kunnen verhogen. Afval van garnalen bevat een hoog gehalte van het stikstofhoudende polysacharide chitine, dat chemisch gezien verwant is aan cellulose. Bij de omzetting van chitinehoudende producten in de bodem ontstaat o.a. ammoniak, wat kan leiden tot directe doding van bodemorganismen zoals aaltjes en schimmels (Schippers & Palm, 1973). Daarnaast reageren de in de bodem aanwezige chitinolytische micro-organismen, die de chitine afbreken (Gooday, 1990) door sterk in aantal toe te nemen. Er is weinig bekend over de effecten van eventuele omzettingsproducten. Het is ook onbekend of diezelfde chitinolytische organismen ook andere bodemorganismen, zoals aaltjes en aaltjeseieren die ook chitine bevatten, zullen gebruiken als substraat.

Keratine is een taai, vezelig eiwit met een hoog gehalte aan zwavelhoudende aminozuren. Net als chitine is ook keratine een complexe stof, die (deels) door dezelfde organismen kan worden afgebroken (Calin *et al.*, 2019). Het bodemleven bloeit op door de toevoeging van haarmeel, dat een hoog gehalte aan keratine bevat. In biotoetsen kon de bodemweerbaarheid worden verhoogd door haarmeel aan de bodem toe te voegen (Postma *et al.*, 2020).

1.2.3 Ontsmetten

Er zijn verschillende manieren om grond vrij te maken van ziekteverwekkers en plagen. Bij biologische of anaerobe grondontsmetting (Anaerobic Soil Disinfestation; ASD) wordt minimaal 40 ton vers organisch materiaal per ha bouwvoor diep (tot 30 cm) ingewerkt. Vervolgens wordt de grond afgedicht met een gasdicht folie. Het geheel moet vervolgens minimaal 6-10 weken bij voldoende hoge bodemtemperatuur (>16 °C) afgedicht blijven, afhankelijk van de te bestrijden organismen. Aangezien de bodemtemperatuur in de meeste jaren vanaf eind september sterk gaat dalen, zal anaerobe grondontsmetting in de tweede helft van juli (uiterlijk 1 augustus) aangelegd moeten worden om lang genoeg werkzaam te zijn bij voldoende hoge bodemtemperatuur (Meijer & Lamers, 2004). Bij de (anaerobe) omzetting van het organische materiaal ontstaan verschillende afbraakproducten en wordt zuurstof onttrokken, waardoor de samenstelling van het bodemleven verandert (Lamers, 2004). Dit heeft een dodend effect op meerdere soorten bodemziekten, aaltjes en onkruiden (Termorshuizen *et al.*, 2020). Mogelijk heeft toedienen van organische materialen na afloop van ASD een stimulerend effect op het bodemleven. Dit lijkt een dure oplossing, maar het is voorstelbaar dat de verschillende maatregelen elkaar aanvullen, waardoor er een sterker en/of een langjarig effect is op de bodemgezondheid (Korthals *et al.*, 2014).

Het uitvoeren van een chemische natte grondontsmetting (NGO) om bodempathogenen als aaltjes en schimmels, maar ook (wortel)onkruiden te bestrijden was tot voor kort in de land- en tuinbouw vrij gangbaar. Door een goed uitgevoerde natte grondontsmetting kan een aaltjesbesmetting met circa 85% afnemen. Op dit moment (voorjaar 2023) is voor het uitvoeren van een Natte Grondontsmetting (NGO) het middel Monam niet meer beschikbaar. De actieve stof van Monam is metam-natrium, dat in de bodem ontbindt in het voor veel bodemorganismen toxische methylisothiocyanaat (MIT). Monam

werd met een spitinjecteur bouwvoordiep ingebracht, waarna de grond dichtgerold werd. Sinds 2018 was de teler verplicht de bodem vervolgens af te dekken met folie (Ctgb, wijziging toelating 23-2-2018). Grondsoort, vochtigheid van de bodem, bodemtemperatuur en toepassingsmethodiek zijn bepalende factoren voor effectiviteit. Kleigronden zwaarder dan 35% afslibbaar waren niet geschikt voor toepassing vanwege de structuur, die ook een goede afdichting na toepassing van Monam belemmert.

Binnen de biologische teelt is de inzet van synthetische chemie niet toegelaten. In het biologische bedrijfssysteem is de grondontsmetting daarom uitgevoerd met Terrafit (zaadmeel), een natuurlijk product gebaseerd op mosterdzaad (*Brassica juncea*). De inhoudsstof van dit product is verwant aan de werkzame stof van het chemische grondontsmettingsmiddel Monam.

1.3 Doelstelling project

Doelstelling van het project is om bij te dragen aan het ontwikkelen van praktisch toepasbare maatregelen om de bodemkwaliteit (bodemgezondheid en -weerbaarheid) duurzaam te verbeteren in biologische en gangbare/geïntegreerde teeltsystemen op zand. Een tweede doel is een bijdrage te leveren aan het ontwikkelen van methoden (parameters/indicatoren) om de bodemkwaliteit te meten en adviezen te geven.

De maatregelen zijn gericht op:

- Bestrijding van schadelijke bodempathogenen; welke (niet-chemische) maatregelen zijn effectief en duurzaam om schadelijke bodemorganismen als plant parasitaire nematoden (o.a. *P. penetrans*) en bodemschimmels (o.a. *V. dahliae*) te bestrijden en wat is de impact van deze maatregelen op de gewassen, bodemweerbaarheid en het bodemleven.
- Bodembioïlogie en bodemweerbaarheid; welke maatregelen zijn effectief om het bodemleven en de bodemweerbaarheid langdurig of permanent te verhogen. Het bodemleven is een bepalende factor in het functioneren van de bodem en gewasproductie.
- Organisch stofbeheer; effect van organische stof toepassingen (samenstelling en hoeveelheid) op bodemweerbaarheid, bodemleven en andere bodemdiensten.

De contrasten in deze proef, die zijn ontstaan vanuit de historie en/of door de nieuw uit te voeren maatregelen, worden ook gebruikt voor (bodem)onderzoek door derden (o.a. NIOO-KNAW, vakgroepen WUR, RUG, RIVM) en in andere werkpakketten binnen de PPS Beter BodemBeheer (o.a. werkpakket 3: Nuttig bodemleven en beheersing bodempathogenen, werkpakket 1: Organische stof en bemesting en werkpakket 8: Meten van Bodemkwaliteit en ecosysteemdiensten).

Resultaten van de periode 2006-2016 zijn via diverse media (o.a. via vakbladartikelen, nieuwsberichten, internet (www.BeterBodemBeheer) flyers, open dagen, lezingen en wetenschappelijke publicaties) gecommuniceerd. In dit rapport wordt het effect van de maatregelen en teeltsystemen voor de onderdelen bodemvruchtbaarheid, populaties plant parasitaire aaltjes en de opbrengst en kwaliteit van de gewassen in de periode 2017-2020 beschreven.

In aanvullende rapportages zijn de effecten van de maatregelen en teeltsystemen op andere bodembioïlogische parameters (o.a. milieuaaltjes, HWC, PMN en microbiologische metingen), de bodemweerbaarheid beschreven (Brinkman 2022, Kurm 2022).

2 Opzet en uitvoering

De bodemgezondheidproef is in 2006 aangelegd als een split-plot blokken proef in vier herhalingen. De teeltsystemen biologisch en gangbaar zijn geward op de hoofdplots aangelegd en de tien behandelingen geward op de subplots (zie bijlage 1; proefveldschema). De teeltsystemen zijn aangelegd in stroken van 6 × 60 m. Elke strook is opgedeeld in 10 plots van 6 × 6 m waarop de verschillende bodemmaatregelen zijn uitgevoerd.

De teelt in het biologische systeem is uitgevoerd volgens de SKAL richtlijnen voor biologische teelten. De gangbare praktijk op de dekzandgronden in de regio zuidoost Nederland is als uitgangspunt voor het gangbare systeem genomen.

2.1 Gewasrotatie

In de periode 2006 tot en met 2016 zijn achtereenvolgens de volgende gewassen geteeld: graan (+ maatregelen), aardappelen, lelie, graan (+ maatregelen), aardappel, B-peen, maïs (2012, 2013, 2014), conservenerwten (2015) en graan (2016) (bijlage 2). Na een aantal "rustjaren" waarin geen maatregelen zijn uitgevoerd, zijn in 2017 aardappelen geteeld. Dit gewas is gevoelig voor een aantal belangrijke bodempathogenen die in het perceel aanwezig zijn. De teelt van dit gewas geeft inzicht in effecten van de teeltsystemen en mogelijke langjarig effecten van bodemmaatregelen die in periode 2006-2016 zijn uitgevoerd. Bovendien geeft dit een indicatie van de uitgangssituatie voor de voortzetting van de proef in de daaropvolgende jaren.

In tabel 2.1 is de rotatie van de hoofdgewassen en groenbemesters vanaf 2017 weergegeven. In 2017 zijn consumptieaardappelen (ras Agria) geteeld. Na de aardappelteelt is, op 7 september, Japanse haver (Pratex) als groenbemester gezaaid. De groenbemester is half december geklepeld en licht ingewerkt. In 2018 zijn conservenerwten geteeld, zodat er na de vroege oogst voldoende tijd was voor bodemmaatregelen die in de zomerperiode moeten worden uitgevoerd. De erwten zijn op 13 juni geogst. Na de oogst van de erwten zijn de verschillende (bodem)maatregelen uitgevoerd (zie 2.2). In 2019 is prei als hoofdgewas geteeld. Omdat de prei vrij laat in het jaar wordt geplant, is in het voorjaar een mengsel van gerst-erwt als groenbemester ingezaaid. Het mengsel is op 29 maart gezaaid en de teelt is op 29 mei afgebroken. De groenbemester is geklepeld en licht ingewerkt, waarna eind juni vervolgens de prei is geplant. In 2020 is zomergerst geteeld. Na de oogst van de zomergerst in 2020 is bladrammenas ('Cordoba') als groenbemester ingezaaid. De bladrammenas is op 11 augustus gezaaid en op 30 november is de teelt afgebroken. De bladrammenas is geklepeld en licht gefreesd.

Tabel 2.1 Gewasrotatie Bodemgezondheidproef Vredepeel, 2017-2020.

Jaar	Hoofdgewas	Groenbemester	ras	Zaai/pootdatum	Oogstdatum
2017	Aardappel		Agria	7 april	30 augustus ¹
		Japanse haver	Pratex	7 september	Half december
2018	Conservenerwt		Selune	10 april	13 juni
		Bodemmaatregelen	-	juli	
2019	Prei	Gerst-erwt ²		29 maart	29 mei
			Belton	26 juni	5 november
2020	Zomergerst		Irina	28 mrt	20 juli
		Bladrammenas	Cordoba	11 augustus	30 november

¹ Loof aardappelen in biologisch systeem is op 31 juli afgebrand, aardappelen in gangbaar systeem zijn op natuurlijke wijze afgestorven.

² Gerst-erwt als groenbemestermengsel geteeld voorafgaand aan de preiteelt.

2.3 Maatregelen

In 2018 zijn conservenerwten geteeld en op 13 juni geoogst. Na de oogst van de erwten zijn de volgende (bodem)maatregelen uitgevoerd.

1. Zwarte braak/onbehandeld(CTR)

Dit object dient als het controle, waarbij na de oogst van elk hoofdgewas geen aanvullende maatregelen zijn uitgevoerd, maar wel onkruidbestrijding. Afhankelijk van de onkruiddruk is minimaal één keer per maand het onkruid bestreden. In het biologische systeem zijn grondbewerkingen uitgevoerd, waarbij de bovenste laag van de bouwvoor licht werd gefreesd. In het gangbare systeem is het onkruid bestreden met glyfosaat (4L/ha, 360 gr. a.s. per liter).

2. Teelt gras/klaver (GRK)

Op 25 juli is met een handzaaimachine (Thilot) op een rijafstand van 10 cm het gras/klaver mengsel gezaaid (40 kg/ha). Het mengsel, bestaat voor 20% uit witte klaver (Alice) en voor 80% uit Engels raaigras (type Tetra-bg3). In beide teeltsystemen is biologisch (niet ontsmet) zaad gebruikt. Op 17 november is een opbrengstbepaling uitgevoerd en is de teelt afgebroken. Het gewas is geklepeld en circa 15 cm diep gefreesd.

3. Teelt *Tagetes patula* (TAG)

Op 25 juli is met een handzaaimachine (Thilot) op een rijafstand van 10 cm *Tagetes* (Ground Control) gezaaid (10 kg/ha). In het biologische systeem zijn de veldjes handmatig onkruidvrij gehouden. In gangbaar is het onkruid chemisch bestreden door enkele bespuitingen met lage dosering herbiciden. Op 17 november is een opbrengstbepaling uitgevoerd en is de teelt afgebroken. Het gewas is geklepeld en circa 15 cm diep gefreesd.

4. Teelt groenbemestermengsel (MIX)

Op 25 juli is met een handzaaimachine (Thilot) op een rijafstand van 10 cm het groenbemestermengsel HORRIDO gezaaid (30 kg/ha). Het mengsel bestaat uit veertien verschillende gewassen, waaronder een aantal kruis- en vlinderbloemigen en grasachtigen. Het mengsel heeft de volgende samenstelling (percentage zaden):

Alexandrijnse klaver (11%)	boekweit (5%)
Mergkool (3%)	Vlas (3%)
Bladrammenas (1%)	Perzische klaver (23%)
Facelia (6%)	Japanse haver (3%)
Serradella (19%)	Zonnebloem (1%)
Italiaans raaigras (18%)	Winterbladkool (2%)
Winterkoolzaad (3%)	Winterwikke (2%)

Op 17 november is een opbrengstbepaling uitgevoerd en is de teelt afgebroken. Het gewas is geklepeld en circa 15 cm diep gefreesd.

5. Compost (CMP)

Op 16 juli is het compost-object aangelegd. Per veldje is 180 kg (50 ton/ha) natuurcompost opgebracht en 15 cm tot 20 cm diep gefreesd. Het analyserapport van de compost is weergegeven in bijlage 3.

6. Chitine (CHI)

Het chitine object is op 16 juli aangelegd. Per veldje is 36 kg (10 ton/ha) Gembri opgebracht en vervolgens 15-20cm diep gefreesd. Gembri is een granulair chitine-rijk materiaal dat is geïsoleerd uit de huidjes (exo-skeletten) van schaaldieren (kreeftachtigen, voornamelijk garnalenafval). De chemische samenstelling van dit product is weergegeven in bijlage 3.

7. Haarmeel (HRM)

Op 16 juli is per veldje 25 kg (7 ton/ha) haarmeel opgebracht en 15-20cm diep gefreesd. Het haarmeel is geleverd door Darling Ingredients. Het product is gemaakt van de varkenshaar. De resultaten van een chemische analyse zijn weergegeven in bijlage 3.

8. Anaerobe grondontsmetting (ASD)

Voor het uitvoeren van de ASD is op 17 juli per veldje 180 kg vers gras opgebracht (omgerekend 50 ton/ha, circa 10 ton boven praktijkadvies). Het gras is circa 25 cm diep ingespit. Vervolgens zijn de veldjes beregend met 20 mm water en afgedekt met luchtdicht plastic (HyTibarrier-folie). Op 11 september, acht weken na de aanleg, is het folie weer verwijderd. Het zuurstofgehalte in de bodem onder het folie is de eerste twee weken elke drie dagen gemeten en vervolgens wekelijks. Vierentwintig uur na het aanleggen van de anaerobe grondontsmetting is het zuurstofgehalte in de bodem afgenomen naar minder dan 1 procent. Zes weken na aanleg neemt het zuurstofgehalte licht toe naar 1,5 tot 2%. De minerale inhoud van het gras is weergegeven in bijlage 3.

9. Grondontsmetting (ONT: NGO of CAL)

In het geïntegreerde systeem is op 19 juli een Natte Grondontsmetting (NGO) met Metamnatium (Monam) uitgevoerd. Met een spitinjecteur is 300 L/ha Monam ingespit. Het middel is op circa 28 cm diep in de bouwvoor ingebracht en is vervolgens door de hele bouwvoor gespuit. Met de dichte rol die achterop de spitmachine is gemonteerd, is de grond licht aangedrukt en dichtgerold. De grond is vervolgens afgedekt met folie, zoals vereist is volgens de huidige voorschriften. Op 11 september is het folie van de veldjes gehaald.

In het biologische systeem worden geen chemische middelen gebruikt. In dit systeem is de "grondontsmetting" uitgevoerd met het zaadmeel product Terrafit®, een restproduct na oliewinning uit Sarepta mosterd (*Brassica juncea*). De naam van het product dat eerder voor deze maatregel is gebruikt is "Caliente", wat de verklaring is voor de gebruikte afkorting CAL. Per veldje is 25 kg (7 ton/ha) zaadmeel opgebracht en 25 cm diep ingespit. Vervolgens zijn de veldjes beregend met 20 mm water en afgedekt met luchtdicht plastic (HyTibarrier-folie) om aan te sluiten bij de behandeling in het gangbare systeem. De folie is op 11 september weer verwijderd. De zuurstofmetingen in dit object laten een vergelijkbaar verloop zien als bij de anaerobe grondontsmetting (zie maatregel 8). De minerale samenstelling van het zaadmeel is weergegeven in bijlage 3.

10. Combinatie-object (AHC)

In het combinatie-object zijn de behandelingen Anaerobe grondontsmetting, Haarmeel en Compost gecombineerd. Na afloop van de anaerobe grondontsmetting (zie maatregel 8) is op 20 september haarmeel (7 ton/ha) en compost (50 ton/ha) opgebracht en 10-15 cm diep gefreesd.

Table 2.2 Overzicht van de toegepaste bodemmaatregelen in de Bodemgezondheidsproef in 2018.

	Maatregelen	dosering	Cultivar/type	Leverancier	Code
1	Onbehandeld (zwarte braak)				CRT
2	Gras-klaver	40 kg/ha	Witte klaver (20%): Alice Engels raaigras (80%): terra-bg3	Agrifirm	GRK
3	<i>Tagetes patula</i>	10 kg/ha	Ground control	Takii	TAG
4	Groenbemestermengsel	30 kg/ha	Horrido	Petersen Saatsucht	MIX
5	Compost	50 ton/ha	natuurcompost	Attero	CMP
6	Chitine	10 ton/ha	Gembri	Ecoline	CHI
7	Haarmeel	7 ton/ha		Darling Ingredients	HRM
8	Anaerobe grondontsmetting (ASD)	40 ton/ha	Vers gras		ASD
9a	Chemische ontsmetting (gangbaar)	300L/ha	Monam	Certis bv	NGO
9b	Biologische ontsmetting (biologisch)	7 ton/ha	Caliente	Petersen Saatsucht	CAL
10	Combinatie (ASD, haarmeel, compost)	Zie 5, 7 en 8			AHC

Door het toedienen van de verschillende producten (bodemaatregelen) worden er extra nutriënten aan het systeem toegevoegd. In tabel 2.3 is de extra toevoer aan nutriënten via de producten die zijn toegediend weergegeven. In bijlage 3 is de mineralensamenstelling van de producten weergegeven.

Met de teelt van groenbemesters worden geen extra nutriënten aan de bodem toegediend, behalve stikstof (N) dat extra wordt vastgelegd bij de teelt van vlinderbloemigen. De planten leggen wel nutriënten vast, die daardoor minder gevoelig zijn voor uitspoelen in de winter. De nutriënten komen bij verteren weer vrij voor een volggewas. Het verschilt per gewas en teeltsysteem hoeveel N, P en K per ha wordt vastgelegd (tabel 2.4). De groenbemesters geteeld in het biologische systeem lijken gemiddeld meer nutriënten (N, P en K) op te nemen dan in het gangbare systeem (statistisch niet te onderbouwen omdat de gewasanalyse is uitgevoerd aan een mengmonster van de vier herhalingen).

Tabel 2.3 Dosering en mineralentoevoer bij toedienen van organische producten als bodemaatregel (productanalyses uitgevoerd door Eurofins, omgerekend naar hoeveelheid toegepast per ha).

Dosering/Mineraal	Eenheid	Compost	Chitine	Haar-meel	Zaadmeel	Gras (ASD)
Dosering	kg/ha	50000	10000	7000	7000	50000
Droge stof	kg/ha	34950	8060	6797	6279	9000
N-totaal	kg/ha	339	756	911	322	334
Fosfor	kg/ha	-	131	16	64	34
Fosfaat	kg/ha	154	-	-	-	-
Kalium	kg/ha	350	73	11	55	234
Magnesium	kg/ha	105	33	4	26	43
Zwavel	kg/ha	35	77	128	80	43
Ruw eiwit	kg/ha	-	4344	6246	1984	2052
Natrium	kg/ha	-	168	9	*	54
Calcium	kg/ha	-	398	17	50	76
Chloor	kg/ha	38	226	12	6	149
Mangaan	g/ha	-	177	116	251	747
Zink	g/ha	6186	1008	1122	358	549
IJzer	g/ha	-	5690	2909	678	4662
Koper	g/ha	1014	422	97	57	101
Molybdeen	g/ha	-	3	1	4	29
Kobalt	g/ha	-	1918	v435	*	824
Borium	g/ha	-	140	*	94	144
Koolzure kalk	g/ha	56	-	-	-	-

- niet gemeten; * beneden de detectiegrens.

Tabel 2.4 Productie en mineraleninhoud van de drie groenbemesters in de twee teeltsystemen in de bodemgezondheidproef, gemeten in november 2018 aan een mengmonster van de vier herhalingen.

Teelt-systeem	Groen-bemester	Vers gewicht (ton/ha)	Droge stof (kg/ha)	Mineralen vastlegging (kg/ha)		
				N	P	K
BIO	GRK	16.6	2420	--	--	--
	TAG	40.7	5875	123	24	247
	MIX	27.1	3525	102	7	74
GBR	GRK	18.8	2760	86	8	80
	TAG	36.0	5180	88	10	155
	MIX	28.1	3690	74	11	118

- niet gemeten. Voor afkortingen zie tabel 1.2

2.4 Bemesting

In tabel 2.5 is de organische bemesting en de bemesting met kunstmest weergegeven. De bemesting in zowel het biologische als in het gangbare systeem is afgestemd op de behoefte van het gewas in de controle. Nutriënten die met een deel van de bodemmaatregelen worden toegediend zijn extra.

In het biologische systeem is alleen bemest met organische mest (volgens SKAL-richtlijnen) en in het gangbare systeem met organische mest, aangevuld met N en K in de vorm van kunstmest (tabel 2.4). De kunstmest is in meerdere giften toegediend. In het biologische systeem wordt gemiddeld meer kali aangevoerd dan in het gangbare systeem. De stikstofgift is in gangbaar hoger dan in het biologische systeem. Zowel in het biologische als in het gangbare systeem is de grond vóór de teelt bewerkt door 25 cm diep te spitten.

Tabel 2.5 Bemesting in biologisch (BIO) en gangbaar (GBR) teeltsysteem, Bodemgezondheidproef 2017-2020, Vredepeel. Er is geen extra P als kunstmest toegediend.

Jaar/gewas	systeem	Vaste rundermest (m ³ /ha)	Rundvee drijfmest (m ³ /ha)	Vinassekali (m ³ /ha)	Kunstmest N (kg/ha)	Kunstmest K ₂ O (kg/ha)	Totaal werkzame N (kg/ha)	Totaal werkzame P (kg/ha)	Totaal werkzame K (kg/ha)
2017/aardappel	BIO	25	25	-	-	-	112	96	278
	GBR	-	40	-	110	-	209	42	188
2018/erwt	BIO	-	22	-	-	-	57	34	90
	GBR	-	22	-	-	-	57	34	90
2019/prei	BIO	-	25+40*	4	-	-	238 (173)**	100 (67)**	500 (386)**
	GBR	-	25+40*	-	110	75	278 (214)**	89 (55)**	322 (207)**
2020/gerst	BIO	-	30+25***	-	-	-	78****	41****	147****
	GBR	-	0 +25***	-	90	90	90****		90****

* In maart is 25 m³ rundveedrijfmest (RVDM) toegepast voorafgaand aan de teelt van de groenbemester, een mengsel van gerst-erwt.

In juni is 40 m³ RVDM toegepast voor de teelt van de prei

** hoeveelheid werkzame N, P en K zonder de voorjaarsgift van 25 m³ rundveedrijfmest

*** In het biologische systeem is vóór de teelt van zomergerst RVDM toegepast. In beide systemen is het proefveld na de oogst van de zomergerst bemest met 25m³ RVDM, voorafgaand aan de teelt van bladrammenas.

**** hoeveelheid werkzame N, P en K bemesting voor de teelt van zomergerst

2.5 Metingen en bemonsteringen

Het effect van de teeltsystemen en bodemmaatregelen op de bodemvruchtbaarheid, de plant parasitaire nematoden en de gewasopbrengst en -kwaliteit is bepaald.

2.5.1 Bodemvruchtbaarheid

Om het effect van de maatregelen op de bodemvruchtbaarheid vast te stellen, zijn in het voorjaar van 2019 alle plots bemonsterd. 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 L grond verzameld.

Eurofins heeft een algemene bodemvruchtbaarheidsanalyse ("Bemestingswijzer akkerbouw") uitgevoerd. Het organisch stofgehalte, evenals een aantal andere elementen, is bepaald met Near Infra Red Spectroscopy (NIRS). In tabel 2.6 is per element de door Eurofins gebruikte analysemethode weergegeven.

Tabel 2.6 Overzicht van de door Eurofins gebruikte methodes voor bodemvruchtbaarheidsanalyse.

Element	Methode	Element	Methode
Stikstof-totaal	Em: NIRS (TSC®)	C-organisch	Em: NIRS (TSC®)
C/N-ratio	afgeleide waarde	Organische stof	Em: NIRS (TSC®)
N-leverend vermogen	afgeleide waarde	Lutum	Em: NIRS (TSC®)
Zwavel-totaal	Em: NIRS (TSC®)	C-anorganisch	Em: NIRS (TSC®)
C/S-ratio	afgeleide waarde	Koolzure kalk	Em: NIRS (TSC®)
S-leverend vermogen	afgeleide waarde	Klei-humus (CEC)	Em: NIRS (TSC®)
P-beschikbaar (P-PAE)	Em: CCL3(PAE®)	Ca-bezetting	afgeleide waarde
P-voorraad (P-AI)	Em: NIRS (TSC®)	Mg-bezetting	afgeleide waarde
Pw	afgeleide waarde	K-bezetting	afgeleide waarde
K-getal	afgeleide waarde	Na-bezetting	afgeleide waarde
K-beschikbaar (K-PAE)	Em: CCL3(PAE®)	Mg-beschikbaar	Em: CCL3(PAE®)
K-voorraad	Em: NIRS (TSC®)	Na-beschikbaar	Em: CCL3(PAE®)
Ca-beschikbaar	Em: NIRS (TSC®)	CEC-bezetting	afgeleide waarde
Ca-bodemvoorraad	Em: NIRS (TSC®)	Bodemleven	Em: NIRS (TSC®)
Zuurgraad (pH)	Em: PHC3:(Gw ISO 10390)		

Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan.

2.5.2 Populatie plant parasitaire nematoden

In het voorjaar (maart/april) van 2017 en in juli 2018, kort voorafgaand aan het aanleggen van de maatregelen, zijn grondmonsters gestoken om de uitgangssituatie in kaart te brengen. In maart/april van 2019 en 2020 zijn grondmonsters gestoken om het effect van de maatregelen en teeltsystemen op de besmetting met plantparasitaire nematoden te bepalen. Per netto veldje (1,5 × 2,7 m) is de bovenste 25 cm van de bouwvoor bemonsterd. Verspreid over het netto veldje is met een 12 mm grondboor ruim 1 L grond verzameld. Van elk veldje is het grondmonster voorzichtig gemengd, waarna een submonster van 100 mL is genomen voor het bepalen van de samenstelling van de aaltjesbesmetting.

Het 100 mL submonster is over een 180 µm zeef gespoeld. Het op de zeef achtergebleven organisch materiaal (> 180 µm) is vier weken geïncubeerd bij 20°C om aanwezige eieren af te laten rijpen en uit te laten komen. De nematoden in de opgevangen suspensie (met deeltjes <180 µm) zijn vervolgens opgespoeld met een Oosterbrink trechter en opgevangen op drie gestapelde 45 µm zeven. Het materiaal dat is opgevangen op deze zeven is drie dagen geïncubeerd bij 20°C, waarna de nematoden zijn afgetapt in 100 mL water.

Het totale aantal nematoden is bepaald door uit de suspensie van 100 mL twee submonsters van 10 ml te tellen. De plant parasitaire nematoden in deze twee submonsters zijn gedetermineerd tot op geslacht. In één op de vijf monsters is een determinatie tot op soort uitgevoerd voor de families Meloidogyne, Pratylenchidae en Trichodoridae.

2.5.3 Gewasopbrengst en -kwaliteit

Jaarlijks is de opbrengst en kwaliteit van de gewassen bepaald.

In 2017 zijn aardappelen geteeld. De aardappelen (Agria) werden op 7 april gepoot. In de aardappelen in het bio-systeem werd op 20 juli de eerste *Phytophthora*-aantasting waargenomen. Op 31 juli zijn de aardappelen in dit systeem dood-gebrand. De aardappelen in het gangbare systeem zijn op natuurlijke wijze afgestorven. De Agria's in het gangbare systeem begonnen half augustus af te sterven, wat vrij vroeg is voor een midden-laag ras. Ook in de lange termijn proef Bodemkwaliteit op Zand, in Vredepeel, begonnen de Agria's half augustus af te sterven. Op 30 augustus zijn de

aardappelen in beide systemen geoogst. Per veldje is de centrale 3,0 m x 4,2 m geoogst en is de bruto opbrengst (veldgewicht) bepaald. De aardappelen zijn gesorteerd (>10 mm, netto opbrengst) en aan een submonster van circa 5 kg is het onderwatergewicht (maat voor het zetmeelgehalte) bepaald.

De conservenerwten (2018) werden op 10 april gezaaid en op 13 juni zijn alleen de controle veldjes (zwarte braak) geoogst. Het oogstmoment werd (visueel) vastgesteld op basis van de hardheid (Tm-waarde) van de erwten. Er werd gestreefd naar een Tm-waarde bij de oogst van circa 120. De centrale 2 m² is geoogst en het totaal loofgewicht van elk netto-veldje is bepaald. Vervolgens zijn de erwten gedorst en is netto zaadopbrengst (na schoning) en de hardheid van het product bepaald. Omdat de rijpheid per veldje verschilde en niet alle veldjes in het optimale moment (bij Tm-waarde van 120) werden geoogst, is voor elk veldje, op basis van netto opbrengst en Tm-waarde, de netto opbrengst bij een Tm waarde van 120 berekend.

In 2019 is late herfst-prei geteeld. De prei is op 26 juni geplant en op 5 november is het netto-veldje van 1,5 m x 2 m geoogst. Per veld is de bruto veldopbrengst bepaald. De prei is geschoond en het geschoonde product is, volgens veilingnormen, gesorteerd in de klassen I t/m III en een niet veiligbaar product (rot of schot). Per klasse is vervolgens gesorteerd op diameter (1 tot 2 cm, 2 tot 4 cm en > 4 cm). Per sortering is het aantal en het gewicht bepaald.

De zomergerst werd op 28 maart 2020 gezaaid. Op 20 juli is met een proefveldcombine de centrale 1,8 m x 4,2 m geoogst en is de korrelopbrengst gewogen. Aan een submonster van het geoogste product is het vochtgehalte, het hectolitergewicht en het duizendkorrelgewicht bepaald. Op basis van deze parameters is de netto korrelopbrengst bij 15% vocht berekend.

2.6 Statistische verwerking

De data zijn verwerkt met het statistisch programma Genstat Windows 18th Edition. De gegevens van de aaltjesbemonsteringen zijn, na $^{10}\text{Log}(x+1)$ transformatie, met variantieanalyse (ANOVA) geanalyseerd. Uit een covariantie analyse, met de beginbesmetting als covariabele, bleek dat de kleine verschillen in beginbesmetting geen significant effect hebben gehad op de gemiddelde besmetting (per object) na de behandeling. De data zijn om die reden geanalyseerd zonder Pi als covariabele.

De overige data zijn geanalyseerd met ANOVA, zonder transformaties. 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 bevonden. Significante verschillen tussen objecten worden in de tabellen weergegeven door verschillende letters. Objecten met gemeenschappelijke letters zijn, met 95 % zekerheid, niet verschillend van elkaar.

3 Resultaten

Het effect van de maatregelen op de bodemvruchtbaarheid, de plant parasitaire nematoden en de gewasopbrengst en -kwaliteit wordt in dit hoofdstuk beschreven.

3.1 Bodemvruchtbaarheid

In maart 2019, ca. 8 maanden na het uitvoeren van de maatregelen, werden er significante verschillen in bodemvruchtbaarheid tussen de teeltsystemen en bodemmaatregelen gevonden. In het biologische systeem was een deel van de mineralengehaltes hoger dan in het gangbare systeem (Tabel 3.1). Dit betrof de hoeveelheid K, S, Mg, beschikbaar P en de bodemvoorraad P. Ook het "bodemleven", gemeten in hoeveelheid N/kg, was hoger in het biologische dan in het gangbare systeem. De C:N-ratio was juist iets hoger in het gangbare systeem. Er was geen verschil tussen de systemen in totaal N, pH, organische stof en CEC.

Toedienen van chitine, haarmeel en de combinatiebehandeling resulteerden in veel afwijkende waarden ten opzichte van de controle (Tabel 3.1). Van alle maatregelen had de combinatiebehandeling de hoogste waarde van totaal-N, K, S en het bodemleven. Totaal N was alleen betrouwbaar hoger na toedienen van haarmeel en de combinatiebehandeling, de maatregelen met ook de hoogste N-aanvoer. Bij de maatregelen ASD, *Tagetes*, Mengsel van groenbemesters, de organische stoftoepassingen chitine en compost was N-totaal gemiddeld wat hoger dan in de controle maar het verschil met de controle behandeling was statistisch niet betrouwbaar. De waarden voor P waren hoger na toedienen van chitine, haarmeel en de combinatie. De hoeveelheid K was groter bij de drie groenbemesters en na toedienen van compost, ASD en de combinatiebehandeling. De hoeveelheid S was hoger na toedienen van compost, chitine, haarmeel en de combinatie. De hoeveelheid Mg was juist lager na toedienen van chitine, haarmeel en de combinatie. De pH werd iets verlaagd na de teelt van groenbemesters en ontsmetten, maar was beduidend lager na toedienen van haarmeel. Er was geen betrouwbaar effect van de maatregelen op de hoeveelheid organische stof. De CEC was alleen lager na toedienen van haarmeel. De hoeveelheid bodemleven was hoger na toedienen van haarmeel, ASD en de combinatiebehandeling.

Tabel 3.1. Effect van de teeltsystemen (biologisch en gangbaar) en bodemmaatregelen op chemische en fysische bodemfactoren in maart 2019.

Teeltsysteem/ Maatregel	N-totaal (mg N/kg)	C:N ratio	P-beschikbaar (mg P/kg) ¹	Advies P _w (mg P ₂ O ₅ /L)	P-voorraad (mg P ₂ O ₅ /100 g) ¹	K (mg K/kg)	K-getal	S-totaal (mg S/kg)	Mg (mg Mg/kg)	pH	Organische stof (%)	CEC (mmol +/-/kg)	Bodemleven (mg N/kg)
<i>Teeltsysteem</i>													
BIO	1195 a	18 a	4.6 b	69 b	70 b	87 b	19 b	230 b	123 b	5.4 a	3.8 a	59 a	20.2 b
GBR	1138 a	19 b	2.7 a	50 a	57 a	58 a	14 a	202 a	113 a	5.3 a	3.7 a	56 a	13.6 a
Lsd	59.8	0.8	0.34	2.6	2.0	5.9	0.9	14.3	6.7	0.06	0.17	3.5	2.30
F pr.	<0.10	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	n.s.	n.s.	n.s.	<0.001
<i>Maatregel</i>													
CTR	1086 a	19 b	3.3 a	57 bc	62 b	53 ab	13 b	186 a	133 c	5.5 d	3.6 a	56 bc	11.6 a
GRK	1065 a	20 b	2.8 a	52 ab	60 ab	68 cd	16 c	190 a	129 c	5.4 bc	3.6 a	55 ab	13.9 ab
TAG	1114 ab	19 b	2.7 a	50 a	57 a	85 ef	19 de	211 ab	134 c	5.4 bc	3.7 ab	57 bc	16.6 abc
MIX	1144 ab	19 b	2.9 a	53 ab	60 ab	93 fg	20 ef	209 ab	128 c	5.3 b	3.8 abc	56 bc	13.9 ab
CMP	1168 ab	20 b	2.9 a	55 ab	62 b	78 de	17 cd	224 b	127 c	5.4 bcd	4.0 bc	62 bc	16.1 abc
CHI	1131 ab	18 b	6.4 d	87 e	82 d	51 ab	13 b	223 b	95 ab	5.5 d	3.7 ab	64 c	12.8 a
HRM	1222 b	18 b	4.2 b	61 c	60 ab	41 a	10 a	230 b	80 a	5.0 a	3.9 abc	48 a	18.6 bc
ASD	1111 ab	19 b	2.9 a	54 ab	62 b	97 fg	21 f	210 ab	125 c	5.4 bcd	3.7 ab	55 ab	19.3 c
ONT	1084 a	20 b	3.0 a	55 abc	62 b	57 bc	14 b	206 ab	124 c	5.3 b	3.8 abc	57 bc	15.3 abc
AHC	1539 c	15 a	5.5 c	75 d	71 c	101 g	20 ef	271 c	106 b	5.5 cd	4.1 c	64 c	31 d
Lsd	133.7	1.81	0.77	5.9	4.58	13.3	2.0	31.9	14.9	0.13	0.39	7.8	5.14
F pr.	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	n.s.	<0.01	<0.001

¹ P-PAE is P-beschikbaar; P-AI is P-bodemvoorraad. Voor afkortingen zie tabel 1.2

3.2 Populatieontwikkeling plantparasitaire nematoden

Het perceel was vóór het voor de derde maal uitvoeren van de bodemmaatregelen besmet met verschillende plantparasitaire nematodensoorten. Van deze soorten was *Pratylenchus penetrans*, die schadelijk is voor meerdere gewassen en vollegrondsgroenten, de meest dominante soort. Daarnaast was het perceel besmet met Dolichodoridae (waaronder *Tylenchorhynchus* spp.), trichodoriden, *Meloidogyne* spp., *Paratylenchus* spp., *Rotylenchus* spp. en *Helicotylenchus* spp. De laatste drie geslachten komen in dit perceel in zeer lage dichtheden voor en hun invloed op de gewasproductie wordt niet van belang geacht. Ze worden daarom in dit hoofdstuk niet afzonderlijk besproken.

3.2.1 Effect van teeltsysteem op de populatieontwikkeling van verschillende plant parasitaire nematoden

De dichtheden van de plantparasitaire nematoden waren in maart 2019, na het uitvoeren van de maatregelen, vrij laag. Vóór het uitvoeren van de bodemmaatregelen (maart 2017 en juli 2018) waren er tussen de systemen significant verschillende dichtheden voor een aantal groepen nematoden, maar deze verschillen verdwenen na het uitvoeren van de maatregelen in 2018 (tabel 3.2). De significante verschillen in maart 2017 zijn deels te verklaren door de gewas- en groenbemesterkeuze in de voorafgaande jaren in het biologische en het gangbare systeem. In het biologische systeem werd in 2016 zomergerst met Japanse haver als groenbemester geteeld, terwijl in het gangbare systeem zomertarwe werd geteeld, gevolgd door rogge als groenbemester.

De besmetting met *Pratylenchus* in juli 2018, na de teelt van aardappel met japanse haver als groenbemester in 2017 en erwt in 2018, was laag. Door de teelt van de niet-waard Japanse haver en de korte teelt erwt is de besmetting afgenomen. In het gangbare systeem was de dichtheid *Pratylenchus* voorafgaand aan het uitvoeren van de maatregelen gemiddeld hoger dan in het biologische systeem (tabel 3.2). Dit is te verklaren door de teelt van verschillende groenbemers in beide systemen in 2016. In het biologische systeem werd de, voor *P. penetrans*, niet-waard Japanse haver geteeld, terwijl in het gangbare systeem de goede waardplant rogge werd geteeld (Bijlage 2). Na de teelt van de waardgewassen zomergerst+erwt en prei in 2019 is de *Pratylenchus*-besmetting in maart 2020 in beide systemen zeer laag. Waarschijnlijk door de combinatie van een zeer lage *Pratylenchus* besmetting in voorjaar 2019, een korte teelt van de gerst+erwt (8 weken) en de late plantdatum van de prei, is de besmetting niet toegenomen.

In 2017 was de dichtheid Dolichodoridae (*Tylenchorhynchus*) hoger in het gangbare dan in het biologische systeem, maar in 2018 en 2019 was er geen verschil meer tussen de systemen (tabel 3.2). In 2020 was de dichtheid Dolichodoridae in beide teeltsystemen laag, maar was de dichtheid juist iets hoger in het biologische systeem.

In 2017 en 2018, vóór het uitvoeren van de maatregelen, was de dichtheid trichodoriden in het gangbare systeem hoger dan in het biologische systeem (tabel 3.2, figuur 3.1). In het systeem waren zowel *Paratrichodorus pachydermus* als *Trichodorus similis* aanwezig. Bekend is dat gerst *P. pachydermus* vermeedert, maar van tarwe is dit onbekend. Er is geen informatie beschikbaar over de vermeerdering van *T. similis* op gerst en tarwe. Rogge staat bekend als waardgewas voor beide trichodoride-soorten, terwijl van Japanse haver geen informatie beschikbaar is. Na uitvoeren van de maatregelen is de trichodoride besmetting (zeer) laag en is het verschil tussen de systemen verdwenen.

De *Meloidogyne*-besmetting was laag. In juli 2018, vóór uitvoeren van de bodemmaatregelen, was de dichtheid *M. chitwoodi* in het gangbare systeem hoger dan in het biologische systeem (tabel 3.2, figuur 3.1). Mogelijk was dit het gevolg van de wat langere teeltduur van het waardgewas aardappel in 2017 in het gangbare systeem. In de andere jaren was er geen significant verschil.

Tabel 3.2 Effect van teeltsysteem (biologisch (BIO)/gangbaar(GBR)) op de dichtheid van de totale besmetting met plantparasitaire nematoden (PPN) en vier geslachten plantparasitaire nematoden (aantal per 100 mL grond, spoel + 4 weken incubatie).

Nematode	Systeem	Maart 2017	Juli 2018	Maart 2019	Maart 2020
Totaal PPN	BIO	260 a	163 a	87 a	58 a
	GBR	352 b	186 a	71 a	46 a
	F-prob.	<0.001	n.s.	n.s.	n.s.
Pratylenchus	BIO	117 a	32 a	10 a	15 a
	GBR	158 b	46 b	9 a	16 a
	F-prob.	<0.001	<0.05	n.s.	n.s.
Dolichodoridae	BIO	107 a	71 a	40 a	20 b
	GBR	142 b	67 a	31 a	9 a
	F-prob.	<0.01	n.s.	n.s.	<0.01
Trichodoriden	BIO	6 a	22 a	12 a	7 a
	GBR	31 b	41 b	8 a	6 a
	F-prob.	<0.001	<0.05	n.s.	n.s.
<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	BIO	0.5 a	1.3 a	0.3 a	0.1 a
	GBR	0.3 a	5.9 b	0.2 a	0 a
	F-prob.	n.s.	<0.001	n.s.	n.s.

De bodemmaatregelen zijn na de bemonstering in juli 2018 uitgevoerd. Letters geven betrouwbare verschillen aan tussen systeem en monstertijdstip binnen een nematodegroep.

3.2.2 Effect van bodemmaatregelen en teeltsysteem op totale gemeenschap plant parasitaire nematoden

In maart 2017, het jaar voordat de bodemmaatregelen voor de derde maal werden uitgevoerd, was de dichtheid plantparasitaire nematoden in het gangbare systeem significant hoger dan in het biologische systeem (tabel 3.3). De significante verschillen in maart 2017 zijn deels te verklaren door de groenbemesterkeuze in de voorafgaande jaren in het biologische en het gangbare systeem (zie 3.2.1). Dit verschil was in juli 2018, na de teelt van aardappel+japanse haver in 2017 en erwt in voorjaar 2018, voorafgaand aan het uitvoeren van de maatregelen, verdwenen. Alleen in maart 2019 werd er een interactie gevonden tussen maatregel en teeltsysteem. Het verschil (de interactie) tussen de twee teeltsystemen werd gevonden bij de twee ontsmettingsbehandelingen. Deze maatregel werd verschillend uitgevoerd: chemische grondontsmetting in het gangbare systeem en een zaadmeel toepassing in het biologische systeem. Het ging hierbij om relatief lage aantallen (tabel 3.3), waarbij het totaal aantal plantparasitaire nematoden bij deze maatregel in het gangbare systeem significant lager was dan in het biologische systeem. In maart 2020 was er geen significant verschil tussen de teeltsystemen.

Ook tussen de veldjes waarin de verschillende maatregelen werden uitgevoerd waren in maart 2017 verschillen in dichtheid plantparasitaire nematoden. De besmetting met plantparasitaire nematoden is in maart 2017 bij het ASD-object significant hoger dan CMP, ONT en AHC. Aangezien dat maatregelen al lang geleden (2009) waren uitgevoerd en de verschillen relatief klein zijn, is het verschil waarschijnlijk toe te schrijven aan de aanwezige (veld)variatie. Deze verschillen waren ruim een jaar later vlak vóór het uitvoeren van de maatregelen verdwenen (tabel 3.3). In maart 2019 was in beide teeltsystemen de dichtheid plantparasitaire nematoden hoger na de teelt van het groenbemestermengsel dan in de controle. Alleen in het gangbare systeem was de dichtheid ook significant hoger na de teelt van gras/klaver maar deze versilde niet van de dichtheid na gras/klaver in het biologische systeem. In beide systemen was er geen verschil met de controle na de teelt van *Tagetes* en toedienen van compost, chitine of haarmeel. In het biologische systeem was de dichtheid lager na ASD, maar in het gangbare systeem was het verschil niet betrouwbaar. De dichtheden na ASD in beide systemen verschilden niet significant van elkaar. In beide systemen was de dichtheid lager na de combinatiebehandeling en na ontsmetten, daarbij had ontsmetten met Monam een sterker

effect dan ontsmetten met zaadmeel. In 2020 was de dichtheid plantparasitaire aaltjes afgenomen in de veldjes met gras/klaver en het groenbemestermengsel, maar nog wel steeds hoger dan in de controle. Het verschil met de controle verdween na een jaar bij ASD, maar was blijvend na de andere twee ontsmettingsmaatregelen (met Monam of zaadmeel en de combinatiebehandeling).

Tabel 3.3 Effect van bodemmaatregelen en teeltsysteem op de totale gemeenschap plant parasitaire nematoden (aantal per 100 mL grond).

Maatregel/systeem	Maart 2017	Juli 2018	Maart 2019		Maart 2020
			BIO	GBR	
CTR	328 ab	172 a	154 fg	76 ef	63 cd
GRK	290 ab	196 a	409 gh	463 h	144 e
TAG	284 ab	188 a	78 ef	71 def	33 bc
MIX	312 ab	182 a	482 h	517 h	125 e
CMP	268 a	153 a	107 ef	103 ef	51 cd
CHI	320 ab	194 a	107 ef	74 ef	97 de
HRM	328 ab	158 a	97 ef	76 ef	94 de
ASD	373 b	178 a	22 bc	54 cde	39 c
ONT (NGO/CAL) ¹	266 a	165 a	26 bcd	2 a	17 ab
AHC	273 a	165 a	15 b	24 bc	11 a
F-prob.	n.s.	n.s.	Interactie: < 0.05		<0.001
BIO	260 a	163 a			58 a
GBR	352 b	186 a			46 a
F-prob.	<0.001	n.s.			n.s.

¹ Natte grondontsmetting (NGO) in het gangbare systeem, zaadmeel (CAL) in het biologische systeem; bij beide behandelingen is de grond afgedekt met folie. Voor afkortingen zie tabel 1.2

3.2.3 Effect bodemmaatregelen op *Pratylenchus*

Van het geslacht *Pratylenchus* was *P. penetrans* het meest dominant, maar werden daarnaast ook, de voor de meeste landbouwgewassen minder schadelijke soorten, *P. crenatus* en *P. neglectus* gevonden. Er werd geen verschil gevonden in het effect van de maatregelen op de populatie *Pratylenchus* tussen de twee teeltsystemen; daarom wordt het gemiddelde effect weergegeven (tabel 3.4). Na de teelt van gras/klaver en het groenbemestermengsel was de dichtheid *Pratylenchus* significant toegenomen ten opzichte van de controle. De dichtheid *Pratylenchus* was afgenomen na de teelt van *Tagetes* en na de ontsmettingsmaatregelen (ASD, grondontsmetting met Monam of zaadmeel en de combinatie). Een jaar later was de dichtheid *Pratylenchus* na de maatregelen *Tagetes*, grondontsmetting en de combinatie nog steeds lager ten opzichte van de controle. Tussen de andere groenbemesters en de controle enerzijds en ASD en de controle anderzijds was het verschil niet meer betrouwbaar. De besmetting na ASD was in maart 2020 nog wel betrouwbaar lager dan na gras/klaver en het groenbemestermengsel.

Tabel 3.4 Effect van bodemmaatregelen op de dichtheid van *Pratylenchus* (aantal per 100 mL grond).

Maatregel/systeem	Maart 2017	Juli 2018	Maart 2019	Maart 2020
CTR	138 a	37.4 a	18.0 d	24.5 cdef
GRK	127 a	43.0 a	65.8 e	55.4 ef
TAG	151 a	25.4 a	1.7 ab	4.8 ab
MIX	125 a	48.7 a	138.3 e	68.2 f
CMP	124 a	40.1 a	11.3 cd	11.7 bcd
CHI	141 a	41.1 a	15.1 d	21.3 cde
HRM	154 a	52.3 a	7.7 bcd	35.7 def
ASD	160 a	43.1 a	2.6 abc	10.3 abc
ONT (NGO/CAL)	117 a	26.0 a	1.0 a	3.1 a
AHC	130 a	36.1 a	1.5 a	3.9 ab
F-prob.	n.s.	n.s.	<0.001	<0.001

3.2.4 Effect bodemmaatregelen op Dolichodoridae

Nematoden uit de familie Dolichodoridae worden vaak geschaard onder de naam *Tylenchorhynchus*, één van de geslachten binnen deze familie. Uit deze familie is alleen *Bitylenchus dubius* (de oude naam is *Tylenchorhynchus dubius*) tot op soort gedetermineerd, maar er kunnen ook andere soorten aanwezig zijn geweest. Deze soort is weinig schadelijk. Alleen in gras en granen kan enige groeiremming optreden.

In 2017, vóór het voor de derde maal uitvoeren van de bodemmaatregelen, waren er significante verschillen in dichtheden Dolichodoridae tussen sommige behandelingen in het biologische systeem (tabel 3.5). In de jaren voor 2012-2016 werden er geen verschillen tussen de behandelingen in het biologische systeem gemeten. De relatief kleine verschillen die in 2017 werden gemeten zijn waarschijnlijk toe te schrijven aan (perceels)variatie. In 2018, na een aardappel- en erwenteelt, waren deze verschillen verdwenen. In maart 2019 bleek dat na de teelt van gras/klaver en het groenbemestermengsel de dichtheid Dolichodoridae significant hoger was dan in de controle. Het is bekend dat gras en granen waardgewassen zijn voor dit nematoden-geslacht. De teelt van *Tagetes* vermeerde deze nematoden niet. De dichtheid in de veldjes met een grondontsmetting met Monam of zaadmeel en de combinatiebehandeling was significant lager dan in de controle, maar dit gold niet voor ASD. Nog een jaar later waren de meeste verschillen met de controle niet meer betrouwbaar, en was alleen de dichtheid Dolichodoridae na gras/klaver nog significant hoger dan in de controle.

Tabel 3.5 Effect van bodemmaatregelen op de dichtheid van Dolichodoridae (aantal per 100 mL grond).

Maatregel/systeem	Maart 2017		Juli 2018	Maart 2019	Maart 2020
	BIO	GBR			
CTR	132 cde	158 cde	58.4 a	31.0 cd	10.6 abcd
GRK	92 bc	149 cde	92.3 a	261.7 e	58.8 e
TAG	40 a	172 de	72.1 a	21.4 bcd	3.1 a
MIX	126 bcde	158 cde	68.9 a	200.3 e	28.1 cde
CMP	95 bcd	140 cde	71.2 a	47.9 cd	17.3 bcd
CHI	132 bcde	132 bcde	56.9 a	58.2 d	27.8 cde
HRM	138 cde	138 cde	57.1 a	44.1 cd	32.9 de
ASD	219 e	126 bcde	75.2 a	19.0 bc	8.8 abc
ONT (NGO/CAL)	73 ab	143 cde	86.5 a	2.6 a	5.6 ab
AHC	108 bcd	115 bcd	58.4 a	9.5 b	4.0 a
F-prob.	Interactie: <0.01		n.s.	<0.001	<0.001

De bodemmaatregelen zijn na de bemonstering in juli 2018 uitgevoerd.

3.2.5 Effect bodemmaatregelen op trichodoriden

Van de trichodoriden werden vooral de soorten *Paratrichodorus pachydermus* en *Trichodorus similis* gevonden, maar daarnaast sporadisch ook *P. teres*, *T. sparsus* en *T. viruliferus*. De dichtheden waren steeds relatief laag en zullen geen directe schade aan de gewassen hebben veroorzaakt.

In 2017 was de dichtheid trichodoriden in de velden met compost significant lager dan in velden met chitine, maar er waren geen significante verschillen met de controle (tabel 3.6). De dichtheden waren in 2018 in alle veldjes toegenomen en de verschillen tussen de bodemmaatregelen waren verdwenen. Het jaar na uitvoeren van de maatregelen was er geen significant verschil met de controle, maar wel tussen de teelt van de drie groenbemesters enerzijds en ASD en grondontsmetting anderzijds. In 2020 was de dichtheid in veldjes met compost en de combinatiebehandeling lager dan in de controle, waarbij opgemerkt dient te worden dat ook in de controle veldjes de besmetting laag was.

Tabel 3.6 Effect van bodemmaatregelen op de dichtheid van trichodoriden (aantal per 100 mL grond).

Maatregel/systeem	Maart 2017	Juli 2018	Maart 2019	Maart 2020
CTR	13 ab	33 a	11 abcd	10 cd
GRK	16 ab	32 a	19 bcd	12 cd
TAG	15 ab	32 a	22 cd	18 d
MIX	20 ab	39 a	52 d	12 cd
CMP	6 a	19 a	13 abcd	3 ab
CHI	26 b	35 a	10 abcd	10 cd
HRM	14 ab	21 a	9 abc	12 cd
ASD	11 ab	34 a	2 a	5 bc
ONT (NGO/CAL)	15 ab	29 a	3 a	4 bc
AHC	11 ab	34 a	3 ab	0 a
F-prob.	n.s.	n.s.	<0.05	<0.001

De bodemmaatregelen zijn na de bemonstering in juli 2018 uitgevoerd.

3.2.6 Effect bodemmaatregelen op *Meloidogyne*

De enige soort die van dit geslacht werd aangetroffen was *Meloidogyne chitwoodi*, die in zeer lage dichtheden voorkwam. Deze zeer lage dichtheden zijn moeilijk betrouwbaar te meten, wat maakt dat eventuele verschillen in effecten tussen bodemmaatregelen lastig zijn vast te stellen. In 2018, na de aardappelteelt (goede waard), was de dichtheid *M. chitwoodi* iets hoger dan in de andere jaren (tabel 3.7).

In 2017 en 2018 waren er enkele betrouwbare verschillen tussen de veldjes die verschillende bodemmaatregelen zouden krijgen, maar niet met de controle (tabel 3.7). De onderlinge verschillen waren niet consistent in beide jaren. In het jaar na uitvoeren van de maatregelen waren er geen significante verschillen met de controle, maar in 2020 was de dichtheid na alle maatregelen lager dan in de controle. De gevonden aantallen zijn echter zo laag dat interpretatie van oorzaken achterwege moet blijven.

Tabel 3.7 Effect van bodemmaatregelen op de dichtheid van *Meloidogyne* (aantal per 100 mL grond).

Maatregel/systeem	Maart 2017	Juli 2018	Maart 2019	Maart 2020
CTR	0.9 ab	3.1 ab	0.4 ab	0.3 b
GRK	1.1 b	2.2 ab	1.5 b	0 a
TAG	0.3 ab	3.7 ab	0 a	0 a
MIX	0 a	1.5 a	1.2 ab	0 a
CMP	0.3 ab	2.6 ab	0 a	0 a
CHI	0.7 ab	2.6 ab	0 a	0 a
HRM	0.4 ab	1.5 a	0 a	0 a
ASD	0 a	5.4 ab	0 a	0 a
ONT (NGO/CAL)	0.8 ab	2.4 ab	0 a	0 a
AHC	0 a	7.2 b	0 a	0 a
F-prob.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

De bodemmaatregelen zijn na de bemonstering in juli 2018 uitgevoerd. De nematoden zijn alleen geëxtraheerd uit de grond (spoelen en 4 weken incubatie).

3.3 Gewasopbrengst

In de jaren 2017-2020 was er geen interactie tussen het teeltsysteem en de bodemmaatregelen, wat betekent dat het effect van de bodemmaatregelen in de beide teeltsystemen niet van elkaar verschilden.

In de jaren 2017-2020 was de opbrengst van de hoofdgewassen in het gangbare systeem steeds significant hoger dan in het biologische systeem.

Bij de teelt van aardappel in 2017 was de opbrengst in het gangbare systeem (61.5 ton/ha) ca. 5% hoger dan in het biologische systeem (58.9 ton/ha, tabel 3.8). Het verschil in aardappelopbrengst tussen biologisch en gangbaar is relatief klein en kan voor een groot deel verklaard worden door de kortere groeidiur van de aardappelen in het biologische systeem. In het biologische systeem werd op 20 juli de eerste *Phytophthora*-aantasting in de aardappelen waargenomen. Om die reden is op 31 juli het loof van de aardappelen in dit systeem dood gebrand. De aardappelen in het gangbare systeem zijn op natuurlijke wijze afgestorven. Half augustus begonnen de aardappelen in het gangbare systeem af te sterven. Op 30 augustus zijn de aardappelen in beide systemen geoogst.

De opbrengstbepaling na de teelt van erwten werd alleen in de controleveldjes uitgevoerd. De opbrengst van erwten in het gangbare systeem was 4.7 ton/ha en ruim 12% (ca. 500 kg/ha) hoger dan in het biologische systeem. Een deel van dit opbrengstverschil is toe te schrijven aan een lager plantaantal in het biologische systeem als gevolg van plantwegval door de mechanische onkruidbestrijding (eggen).

De opbrengst van prei in 2019, het jaar na uitvoeren van de bodemmaatregelen, was ruim 10% hoger in het gangbare dan in het biologische systeem (Tabel 3.8). Het opbrengstverschil tussen het biologische en het gangbare systeem is grotendeels te verklaren door een verschil in aantal oogstbare planten. In het biologische systeem werd de prei licht aangetast door *Pseudomonas*, die zeer waarschijnlijk werd geïntroduceerd als latente besmetting met het biologische uitgangsmateriaal. De aantasting veroorzaakte uitval van planten, met een lager aantal oogstbare planten tot gevolg. Het gemiddelde plantgewicht was in het biologische en het gangbare systeem exact gelijk.

De opbrengst van zomergerst in 2020 was 22% hoger in het gangbare dan in het biologische systeem. In het biologische systeem is onkruidbestrijding mechanisch uitgevoerd door te eggen, wat gemiddeld leidt tot een plantuitval van circa 10% (in de proef is geen planttelling uitgevoerd, aanname is gebaseerd op waarnemingen in de lange termijn proef BodemKwaliteit op Zand in Vredepeel).

Tabel 3.8 Effect van het teeltsysteem (biologisch of gangbaar) op de opbrengst van de hoofdgewassen aardappel (2017), conservenerwt (2018), prei (2019) en zomergerst (2020).

Teeltsysteem	Aardappel (kg/ha)	Erwt (kg/ha)	Prei (kg/ha)	Prei (aantal oogstbare planten/ha)	Prei stengelgewicht (g)	Zomergerst (kg/ha)
BIO	58864 a	4124 a	41210 a	133.700 a	310 a	7331 a
GBR	61546 b	4651 b	45400 b	146.900 b	310 a	8969 b
Lsd	1462	438.6	155.9	362.2	9.0	309.4
F prob.	<0.001	<0.05	<0.001	<0.001	n.s.	<0.001

Bij de teelt van aardappel in 2017 werd geen betrouwbaar lange-termijn effect gevonden van de maatregelen die in 2006 en opnieuw in 2009 waren toegepast (tabel 3.9). Wel werden bij alle bodemmaatregelen iets hogere opbrengsten gemeten dan bij die van de controle.

Bij de teelt van prei, geteeld in het jaar na uitvoeren van de bodemmaatregelen, was er geen betrouwbaar effect van de bodemmaatregelen op de opbrengst per ha en het gemiddeld stengelgewicht (tabel 3.9). De bodemmaatregelen hadden wel een betrouwbaar effect op het aantal oogstbare preiplanten per ha. Het aantal oogstbare planten per ha was hoger na de teelt van

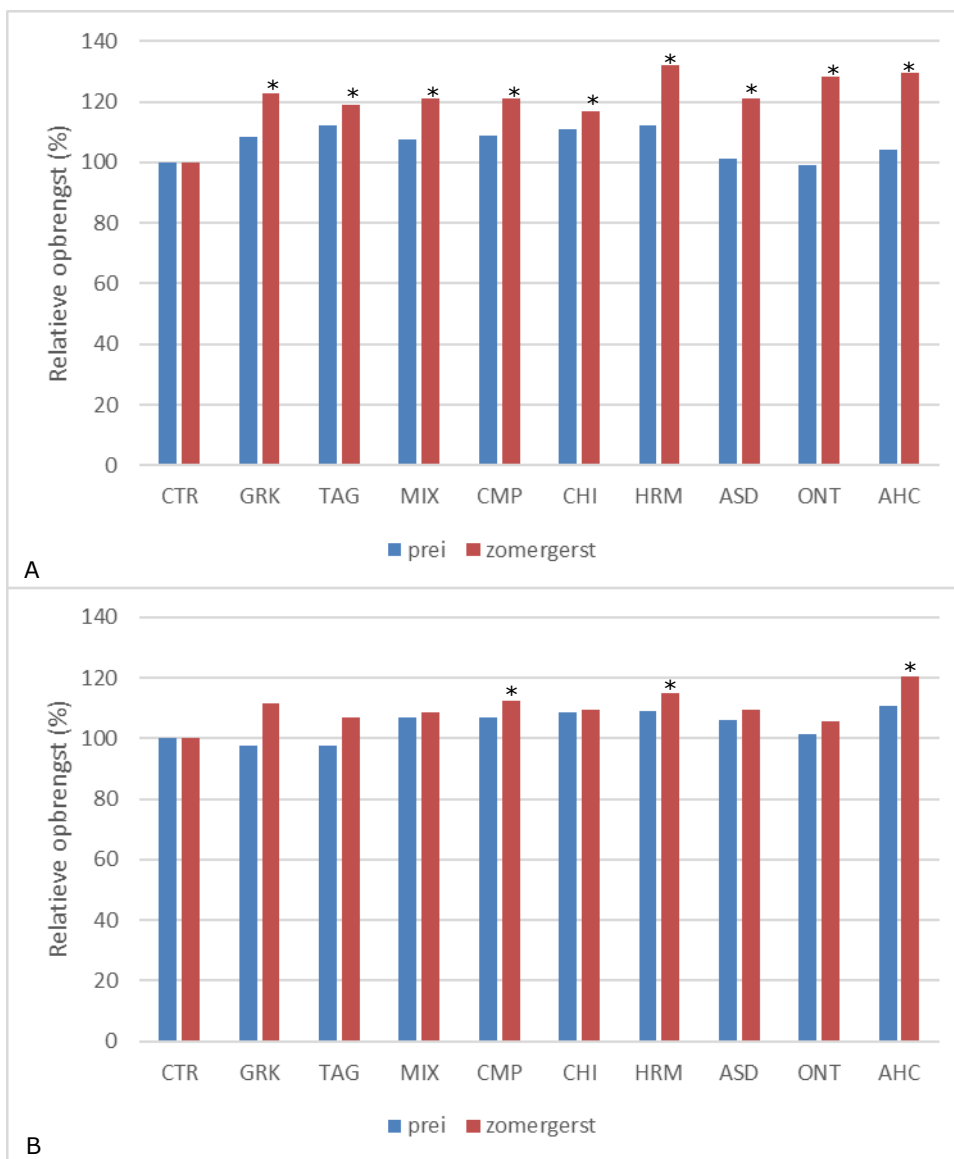
gras/klaver en na toedienen van haarmeel dan in de controle. Dit verschil is voornamelijk het gevolg van een wat hoger aantal oogstbare planten (minder plant uitval) bij deze objecten in het biologische systeem. In het biologische systeem was, naast de maatregelen gras-klaver en haarmeel, ook het aantal planten per ha na de teelt van het groenbemestermengsel betrouwbaar hoger dan in de controle. Er is geen betrouwbare interactie tussen teeltsysteem en maatregel gevonden. In de praktijk leeft het gevoel dat *Pseudomonas* voornamelijk een zwakte-pathogeen is, waarbij de plantuitval toeneemt naarmate het gewas meer gestrest (minder weerbaar) is. Mogelijk hebben de maatregelen gras-klaver, groenbemestermengsel en haarmeel de weerbaarheid van het gewas verhoogd en er minder planten zijn weggevallen door *Pseudomonas*.

De opbrengst van zomergerst was bij alle bodemmaatregelen hoger dan bij de controle (tabel 3.9). De opbrengst na toedienen van haarmeel of de combinatiebehandeling was bovendien hoger dan na de teelt van *tagetes*. De opbrengst was het hoogst bij de combinatiebehandeling en deze was betrouwbaar hoger dan bij de behandelingen met het mengsel van groenbemesters, chitine toepassing en de anaerobe grondontsmetting.

Tabel 3.9 Opbrengst van het hoofdgewas in de uitgangssituatie (aardappel (2017)) en na uitvoeren van verschillende bodemmaatregelen (prei (2019), zomergerst (2020)).

Bodem- maatregel	Aardappel (kg/ha)	Prei (kg/ha)	Prei (oogstbare planten/ha)	Prei stengelgewicht (g)	Zomergerst (kg/ha)
CTR	58403 a	41080 a	136300 ab	303 ab	7105 a
GRK	59003 a	42210 ab	144800 cd	294 a	8268 bcd
TAG	61250 a	42940 ab	140500 abcd	304 ab	7961 b
MIX	60347 a	44090 ab	142100 abcd	310 abc	8092 bc
CMP	60972 a	44270 ab	137100 abc	324 c	8240 bcd
CHI	59940 a	45050 b	143300 bcd	315 bc	7994 bc
HRM	61092 a	45370 b	145800 d	314 abc	8678 cd
ASD	60580 a	42620 ab	134600 a	316 bc	8138 bc
ONT (NGO/CAL)	60804 a	41240 a	135400 ab	305 abc	8190 bcd
AHC	59657 a	44180 ab	142900 bcd	301 abc	8836 d
Lsd	3270	3486	8100	2.01	691.8
F pr.	n.s.	n.s.	<0.05	n.s.	<0.01

De positieve effecten van de bodemmaatregelen op de relatieve opbrengst ten opzichte van de controle waren groter voor zomergerst dan voor prei, met name in het biologische systeem (Figuur 3.2). Bij zomergerst in het biologische systeem gaven alle negen bodemmaatregelen een significante verhoging in opbrengst, terwijl dit in het gangbare systeem slechts bij drie (compost, haarmeel en de AHC combinatie) van de negen bodemmaatregelen werd gevonden. Gemiddeld over alle bodemmaatregelen was de zomergerstopbrengst in het biologische systeem 24% hoger dan in de onbehandelde controle. In het gangbare systeem was dit 11% (Bijlage 5). Voor de prei-opbrengst was dit in het biologische en gangbare systeem respectievelijk 7% en 5%.



Figuur 3.1 Relatieve opbrengst van prei (2019) en zomergerst (2020) in het biologische (A) en het gangbare (B) teeltsysteem na verschillende bodemmaatregelen ten opzichte van de controle bodemgezondheidsproef, 2019, 2020. * betekent een significant verschil met de CTR $P < 0.05$ (opbrengsten controle: bio prei=38.7 ton/ha, gbr prei=43.5 ton/ha, bio gerst=6.1 ton/ha, gbr gerst=8.2 ton/ha)

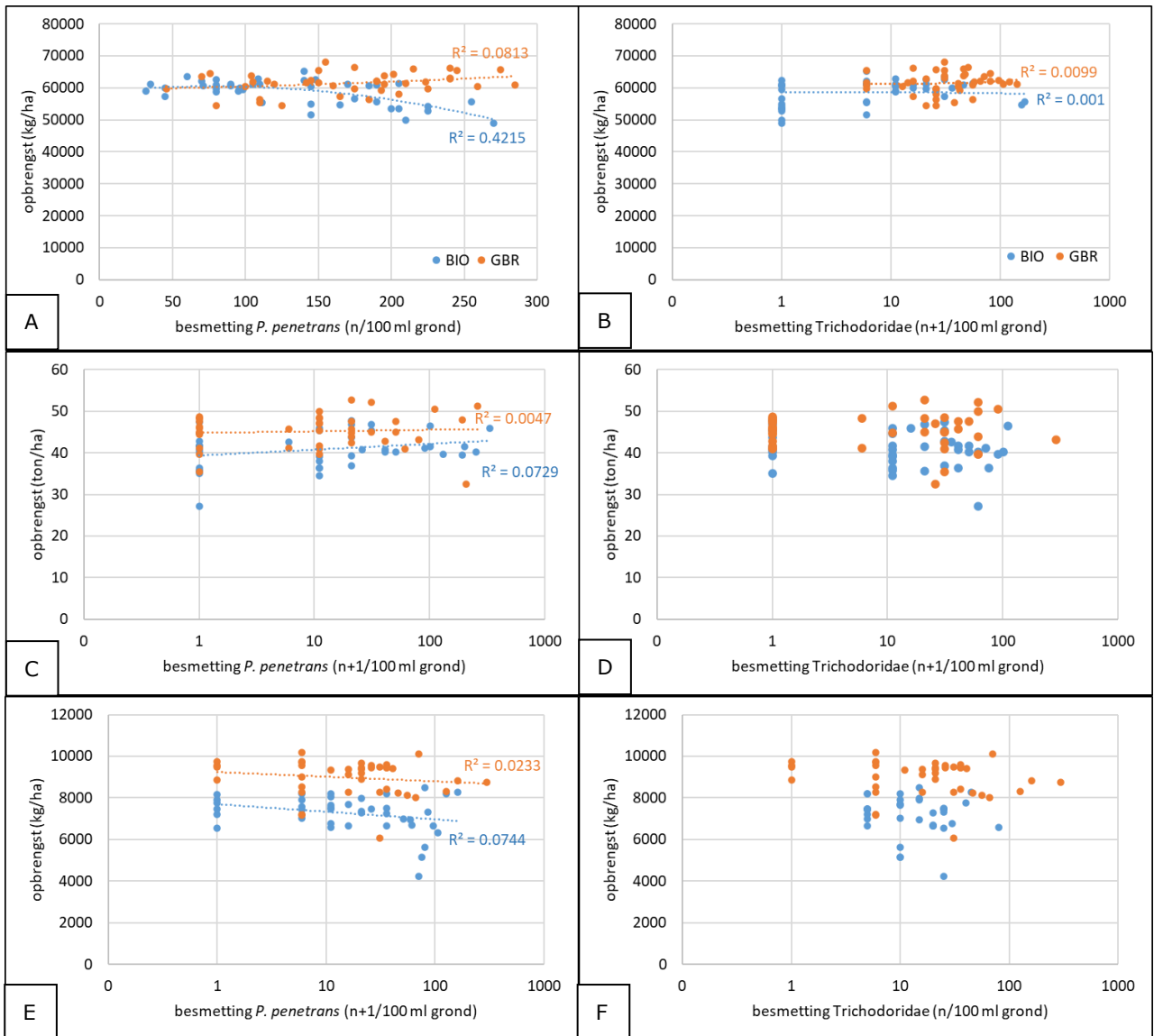
3.4 Correlaties tussen nematoden en opbrengst

De correlatie tussen de besmetting met verschillende soorten plantparasitaire nematoden en de opbrengst van de gewassen was meestal niet sterk en verschilde tussen de jaren. Dit heeft zowel te maken met verschil in zwaarte van de besmetting (dichtheid van de nematoden) als de nematode-gewas combinatie. De dichtheid van plant parasitaire nematoden is vrij laag en ligt voor de meeste soorten (Meloidogyne, Trichodoridae en Dolichodoridae) onder de schaderempel. Daarnaast hebben de maatregelen en het systeem ook effect op andere aspecten van de bodem zoals de bodemchemie en het bodemleven. Bodemeigenschappen die ook van invloed zijn op de opbrengst en kwaliteit van gewassen.

De correlatie tussen de besmetting met *P. penetrans* en de opbrengst van aardappel verschilde tussen de teeltsystemen (Figuur 3.3). In het biologische systeem nam de opbrengst af bij toenemende

dichtheid van *P. penetrans*, terwijl in het gangbare systeem er geen effect te zien is op de opbrengst. De verklaarde variatie (R^2) van de correlatie was hoger in het biologische dan in het gangbare systeem. Er was geen verband tussen de besmetting met *Pratylenchus* en de opbrengst van prei in 2019 (Figuur 3.5) en de opbrengst van gerst in 2020 (Figuur 3.3).

Dolichodoridae (*Tylenchorhynchus*) staat in het algemeen niet bekend als schadeverwekker, ook niet bij hoge dichtheden. Er was geen duidelijk verband tussen de besmetting met Dolichodoridae en de opbrengst van aardappel en prei. Er was een licht negatief verband tussen de besmetting met Dolichodoridae en de opbrengst van zomergerst. Er was geen verband tussen de besmetting met trichodoriden en de opbrengst van aardappel, prei en gerst (Figuur 3.3). De dichtheid van *Meloidogyne* gedurende de periode van de proef was dusdanig laag dat er geen effect op de opbrengst van de gewassen was te verwachten.



Figuur 3.3 Relatie tussen de besmetting met *P. penetrans* en Trichodoridae (maart voorafgaand aan de teelt) en de opbrengst van aardappel (2017, A en B), prei (2019, C en D) en zomergerst (2020, E en F). Blauw zijn de data uit het biologische systeem, oranje uit het gangbare systeem.

4 Discussie en Conclusies

De uitgangssituatie van de bodemgezondheidsproef vóór uitvoeren van de bodemmaatregelen in juli 2018 was een egale besmetting met de meeste soorten plant parasitaire nematoden over de verschillende veldjes. Alleen voor *Meloidogyne chitwoodi* waren er verschillen tussen de veldjes, al was de besmetting in alle veldjes erg laag. De maatregelen die in 2006 en 2009 waren toegepast, hadden dus geen blijvend effect tot in 2018. De besmetting met plant parasitaire nematoden vormde daarmee geen belemmering om een aantal aanpassingen aan te brengen met maatregelen die ten tijde van het voortzetten van de proef sterk in de belangstelling stonden. Zo zijn een groenbemestermengsel met hoge diversiteit plantensoorten en toedienen van haarmeel opgenomen, en werden in de combinatiebehandeling *Tagetes*, compost en chitine vervangen door ASD, compost en haarmeel.

In de uitgangssituatie in 2018 waren er wel enkele betrouwbare verschillen in dichtheid van plant parasitaire nematoden tussen het biologische en het gangbare systeem, al waren de dichtheden overal zo laag dat er geen effect op de groei van het gewas werd verwacht. De dichtheid *Pratylenchus*, trichodoriden (*Paratrichodorus pachydermus* en *Trichodorus similis*) en *M. chitwoodi* was hoger in het gangbare systeem dan in het biologische systeem. De hogere waarden van *Pratylenchus* zijn te verklaren door een verschil in groenbemesterteelt: de waardplant rogge in het gangbare systeem ten opzichte van de niet-waardplant Japanse haver in het biologische systeem. De relatief kleine verschillen in dichtheid trichodoriden en *M. chitwoodi* zijn mogelijk het gevolg van een andere (kortere) teeltduur van de hoofdgewassen in het biologische systeem.

4.1 Effect op nutriënten

Eén van de redenen voor het uitvoeren van bodemmaatregelen zoals het telen van groenbemesters of het toedienen van organische materialen is het toevoeren van organische stof en nutriënten aan de bodem. Organische stof speelt een rol bij het vasthouden van water in de bodem, het leveren van nutriënten, verbeteren van de structuur en de weerbaarheid tegen ziektes en plagen. In deze proef is geen effect gevonden van de bodemmaatregelen op het gehalte organische stof in de grond. Daar zijn een aantal redenen voor te geven. Zo was de bodem in de uitgangssituatie niet arm aan organische stof. Daarnaast wordt bij toevoer van organisch materiaal een groot gedeelte afgebroken en blijft slechts een klein gedeelte achter als moeilijk afbreekbare organische stof. De opbouw van het gehalte organische stof is daarmee een langdurig proces van herhaaldelijk toedienen van organisch materiaal. Daarnaast speelt ook de hoeveelheid organisch materiaal dat wordt toegediend en het verdelen van deze hoeveelheid door de hele bouwvoor (tot 25 cm diepte) een rol. Verder is de gebruikte methodiek relatief ongevoelig voor het meten van de hoeveelheid organische stof in de bodem. Dit laatste geldt nog sterker voor eventuele veranderingen in de samenstelling (kwaliteit) van de organische stof. De spreiding in de metingen is daardoor relatief groot, wat maakt dat kleine onderlinge verschillen tussen de behandelingen moeilijk zijn aan te tonen. In het biologische systeem worden hoger gehalten aan onder andere kali, fosfaat en zwavel in de bodem gemeten wat voor een belangrijk deel is toe te schrijven aan de aanvoer van deze elementen in de organische bemesting. En mogelijk voor een (klein) deel door de lagere opbrengsten en daardoor een lagere afvoer van nutriënten met het geogoste product in het biologische systeem.

Met een aantal bodemmaatregelen worden ook extra nutriënten aan het systeem toegevoegd. Meeste maatregelen hebben geen effect op de gemeten hoeveelheid stikstof. Alleen bij de combi waarbij gras, haarmeel en compost is toegepast en de toepassing van haarmeel alleen (900 kg N/ha toegevoegd) werd een verhoogd gehalte aan stikstof gemeten. Met chitine werd circa 750 kg N/ha opgebracht maar in het voorjaar na toepassen werd geen betrouwbaar hoger gehalte aan N in de bodem gemeten. De waarden voor beschikbaar fosfaat (P) waren hoger na toedienen van chitine, haarmeel en de combinatie.

In deze proef werd ernaar gestreefd om de totale hoeveelheid N-bemesting in de twee teeltsystemen gelijk te houden. In het biologische systeem op basis van alleen organische mest en in het gangbare systeem organische mest aangevuld met kunstmest. Verder werd niet gecorrigeerd voor nutriënten die werden toegediend als gevolg van de verschillende bodemaatregelen. Dit betekent, dat de hoeveelheid toegediende en beschikbare nutriënten verschilde tussen het biologische en het gangbare systeem en tussen veldjes met verschillende bodemaatregelen. In het biologische systeem kwamen de nutriënten uit de dierlijke mest geleidelijk in de loop van het seizoen vrij. In het gangbare systeem werd extra bemest met kunstmest, die gespreid werd gegeven. Hierdoor kon in het gangbare systeem beter worden voldaan aan de nutriëntenbehoefte van het gewas. Dit effect was duidelijk te zien in de controlebehandeling van de zomergerst: de opbrengst in het biologische systeem bleef hier sterk achter bij het gangbare systeem. De stikstof-gift in het biologische systeem is maar iets lager dan de N-gift in het gangbare systeem maar waarschijnlijk komt een deel van de stikstof uit de organische mest (in bio systeem) te laat in het groeiseizoen vrij. Toedienen van organische materialen zorgde voor extra toevoer van nutriënten. Zo werd er bij toepassen van haarmeel, chitine en zaadmeel extra N aan de bodem toegediend, die gaandeweg vrij kwam. Dit had een positief effect op de opbrengst van zomergerst, wat vooral was te zien in het biologische systeem. De bemesting in het biologische systeem is minder gunstig vergeleken met het gangbare systeem waardoor het effect van de nalevering van nutriënten als gevolg van de maatregelen in het biologische systeem sterker zal zijn. In het algemeen hebben nutriënten die vrij komen uit organisch materiaal een positief effect op plantengroei. Vrijgekomen nutriënten kunnen in het najaar en de winter uitspoelen. Een goede timing van de behandeling is dus belangrijk. In een vervolgrapportage, waarin ook de resultaten van 2021 en 2022 worden meegenomen, zal uitgebreider gekeken worden naar de relatie tussen de gewasopbrengsten het effect van de maatregelen en systemen op de bodemvruchtbaarheid.

De groenbemesters die als maatregel in 2018 zijn geteeld, leggen nutriënten vast. Zo wordt de uitspoeling van nutriënten (met name stikstof) beperkt ten opzichte van de controle. Deze nutriënten komen in het voorjaar (na inwerken) weer beschikbaar voor het volggewas. Er worden door de teelt van de meeste groenbemesters geen extra nutriënten aan het systeem toegevoegd. Alleen bij de teelt van vlinderbloemige groenbemesters (in de gras/klaver en het gebruikte groenbemestermengsel) wordt stikstof uit de lucht gebonden en komt zo extra beschikbaar voor het volggewas.

4.2 Effect op plant parasitaire nematoden

Bij de teelt van gras/klaver en het groenbemestermengsel nam de totale dichtheid plantparasitaire nematoden toe ten opzichte van de controle. Deze stijging werd vooral veroorzaakt door *Pratylenchus penetrans* en Dolichodoridae (waaronder *Bitylenchus dubius*, voorheen bekend als *Tylenchorhynchus dubius*). *Pratylenchus penetrans* kan problemen geven bij de teelt van meerdere gewassen, waaronder aardappel en erwt (Figuur 4.1). De dichtheden van *Pratylenchus* waren relatief laag en werden niet geacht meetbare schade te veroorzaken in de prei en zomergerst. *Pratylenchus* was alleen in het biologische systeem gecorreleerd met een opbrengstdaling van aardappel in 2017 (dit was nog voor dat de maatregelen voor de derde keer werden uitgevoerd, in 2018). Het kan zijn, dat in het biologische systeem aan het einde van het groeiseizoen gebrek aan nutriënten begon op te treden, wat in het gangbare systeem gecompenseerd kon worden met een gespreide kunstmestgift. Dit zou het gewas gevoeliger kunnen maken voor aantasting door *Pratylenchus*.

Dolichodoridae staan niet bekend als een groep nematoden die snel problemen veroorzaakt (Figuur 4.1). De dichtheden in deze proef waren hoger dan van de meeste andere nematoden.

Zoals verwacht, nam bij de teelt van *Tagetes patula* de dichtheid van *Pratylenchus* af ten opzichte van de controle en bleef ook een jaar later laag. De dichtheid van de andere plant parasitaire nematoden veranderde niet ten opzichte van de controle.

Ook na de maatregelen ASD, de ontsmettingsmaatregelen Monam en zaadmeel en de combinatiebehandeling nam de dichtheid van *Pratylenchus* af. Bij ASD verdween een jaar later het verschil met de controle, maar bij de ontsmettingsmaatregelen en de combinatie was het verschil nog steeds meetbaar. Het jaar na ontsmetten en de combinatie was de dichtheid Dolichodoridae lager, maar dit was geen blijvend effect. De ontsmettingsmaatregelen hadden geen effect op de dichtheid trichodoriden en *Meloidogyne chitwoodi*. Vanwege de lage tot zeer lage dichtheden van deze groepen in de uitgangssituatie was een mogelijk effect moeilijker of niet meetbaar.

Er werd geen effect gemeten van het toedienen van compost, chitine of haarmeel op de dichtheid van de verschillende groepen plant parasitaire nematoden. Blijkbaar is er geen indirect effect op de nematoden via mogelijk verstoren van het proces van infectie van de plant, zoals wel wordt verondersteld bij toedienen van compost. Bij de compost-toepassing was de Trichodoride besmetting in maart 2020 nog wel significant lager dan bij de controle. Echter de besmetting was ook in de controle erg laag en het verschil voor de praktijk verwaarloosbaar. Ook heeft een mogelijke toename van chitinolytische bacteriën en/of schimmels of ammoniakproductie na toedienen van chitine of haarmeel niet geleid tot een afname van het aantal plantparasitaire nematoden. In 2007 en 2010 werd wel een afname van de besmetting van plantparasitaire nematoden gevonden na toepassen van chitine (in resp. 2006 en 2009). Echter de dosering die in 2006 en 2009 is toegepast (20 ton/ha) is het dubbele van de dosering in 2018.

	Wortelknob				Wortelstelselaaltjes							
	Meloidogyne chitwoodi Maïswortelknobbelaaltje	Pratylenchus crenatus Graanwortelstelselaaltje	Pratylenchus neglectus Bietenwortelstelselaaltje	Pratylenchus penetrans Wortelstelselaaltje	Helicotylenchus spp.	Paratrichodoros pachydermus Paratrichodoros pachydermus	Paratylenchus bukowinensis Speidaaltje	Rotylenchus uniformis	Trichodorus similis Trichodorus similis	Tylenchorhynchus dubius		
	Z D	Z D ZV	Z D ZV K	Z D ZV	Z D ZV K	Z D ZV	Z D ZV K	Z	Z D ZV	Z		
Zomergerst	•	•••	?	••	?	•••	-	• i	? i	•••	Zomergerst	
Zomertarwe	••	•••	?	••	?	?	-	• i	?	•••	Zomertarwe	
Japane haver br	•••	?	?	-	?	?	?	?	?	?	Japane haver br	
Rogge br	•••	••• i	?	•••	?	•••	-	• i	•••	••• i	Rogge br	
Aardappel	•••	•	?	•••	?	•••	-	•	•••	•	Aardappel	
Japane haver vs	•••	?	?	-	?	?	?	?	?	?	Japane haver vs	
Erwt	•	• i	?	•••	?	? i	?	•	•	••• i	Erwt	
Zomergerst	•	•••	?	••	?	•••	-	• i	? i	•••	Zomergerst	
Erwt	•	• i	?	•••	?	? i	?	•	•	••• i	Erwt	
Prei	••	?	?	•••	?	? i	?	?	•	?	Prei	
Zomergerst	•	•••	?	••	?	•••	-	• i	? i	•••	Zomergerst	
Bladrammenas vs	- R	?	?	•••	?	••	?	?	••	?	Bladrammenas vs	

© 2021. Dit aaltjesschema is een product van Wageningen University & Research | Open Teelten, Lelystad

Legenda Schade	
	onbekend
	geen
	weinig 0-15%
	matig 16-35%
	zwaar 36-100%

Legenda Vermeerdering	
?	onbekend
--	actieve afname
-	natuurlijke afname
•	weinig
••	matig
•••	sterk
R	Rasafhankelijk
S	Serotypeafhankelijk
i	enige informatie

Legenda Grondsoort	
Z	Zand
D	Dalgrond
ZV	Zavel
K	Klei
L	Löss

Figuur 4.1 Een aaltjesschema met de gewassen die in de periode 2016-2020 in de bodemgezondheidproef werden geteeld en de belangrijkste voorkomende nematoden in het perceel.

4.3 Effect op opbrengst

In alle jaren was de opbrengst in het biologische systeem lager dan in het gangbare systeem. Verschil in uitvoeren van teeltmaatregelen tussen het biologische en het gangbare systeem hebben bijgedragen aan dit verschil. Zo was bij aardappel het verschil te wijten aan het eerder dood branden van het loof in het biologische systeem na infectie met *Phytophthora*. In de erwenteelt zorgde mechanische bestrijding van onkruid door te eggen voor enige plantuitval in het biologische systeem. Het uitgangsmateriaal van de prei in het biologische systeem was zeer waarschijnlijk besmet met *Pseudomonas* en zorgde voor plantuitval, met een lagere opbrengst tot gevolg. Tot slot speelde bij de zomergerst waarschijnlijk het verschil in tijdstip in beschikbaar komen van nutriënten (uit de

organische bemesting) een rol bij de lagere opbrengst in het biologische systeem. Dit is vooral in de eerste maanden van de teelt van belang. Ook was de gift van werkzame/beschikbare stikstof in het biologische systeem circa 10% lager dan in het gangbare systeem

Gemiddelde opbrengst zomergerst gangbaar is bijna 9 ton en is ruim 20% hoger dan de gemiddelde opbrengst in Bio (7.3 ton/ha).

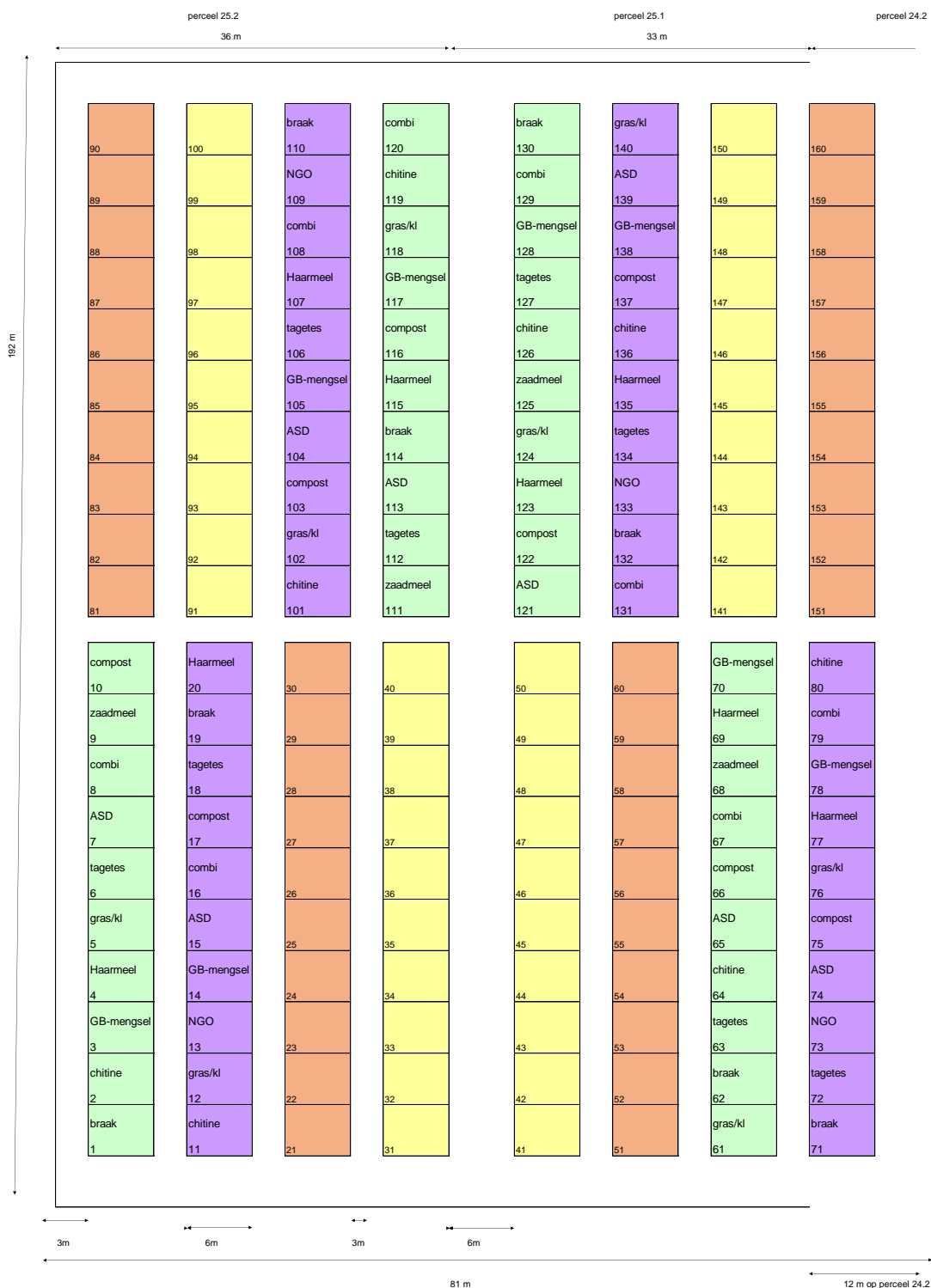
De bodemmaatregelen zorgden niet voor een betrouwbaar hogere opbrengst van de prei in het opvolgende jaar, maar wel van de zomergerst een jaar later. De dichtheden van de plant parasitaire nematoden in de proef waren relatief laag en werden niet geacht voor problemen te zorgen. Ondanks een verschil in dichtheden na verschillende bodemmaatregelen, is het daarom niet waarschijnlijk dat een verschil in opbrengst werd veroorzaakt door nematoden. Het is waarschijnlijker dat een opbrengstverschil werd veroorzaakt door nutriënten en/of organische stof en niet gemeten veranderingen in het bodemvoedselweb en fysische aspecten van de bodem. Dit wordt ondersteund door het feit dat de hoogste opbrengst werd gehaald in de combinatiebehandeling (ASD, haarmeel en compost), gevolgd door haarmeel. Alleen ontsmetten gaf weliswaar een betrouwbaar hogere opbrengst dan de controle, maar een (niet betrouwbaar) lagere opbrengst dan de combinatiebehandeling of haarmeel. Het effect van de maatregelen waren in het biologische systeem sterker dan in het gangbare systeem. Meest waarschijnlijk doordat er in het biologische systeem, aan het einde van het groeiseizoen, eerder een nutriënten tekort ontstaat waardoor de extra nutriënten door de maatregelen een sterker effect hebben op de opbrengst.

De voorlopige eindconclusie is dat de teeltsystemen geen effect hebben gehad op de ontwikkeling van de populatie plantparasitaire nematoden, met uitzondering van het aantal Dolichodoridae dat in maart 2020 in het biologische systeem wat hoger is dan in het gangbare systeem. Het verschil in organische bemesting tussen het biologisch- en gangbare systeem heeft nog niet geleid tot meetbare verschillen in organisch stofgehalte maar wel tot hogere gehalten aan kali, fosfaat en zwavel in de bodem. De gewasopbrengsten zijn in beide systemen goed (vergelijkbaar met de praktijk). De opbrengsten in het biologische systeem blijven iets achter bij het gangbare systeem. Voor een deel door plantuitval als gevolg van de mechanische onkruidbestrijding en deels door beschikbaarheid van nutriënten. Met uitzondering van *tagetes* hebben de groenbemesters een negatief effect op de besmetting met plantparasitaire nematoden. Met name de besmetting met *P. penetrans* nam toe. Door de (zeer) lage dichtheid kort voor het uitvoeren van de bodemmaatregelen nam de dichtheid niet toe tot schadelijke dichtheden. Het toepassen van de organische stof producten (compost, chitine, haarmeel) heeft geen effect gehad op de populatie plantparasitaire nematoden. De ontsmettingstechnieken (ASD, Monam, zaadmeel) hebben de besmetting verlaagd. De maatregelen *Tagetes*, grondontsmetting en de combinatie hebben een meerjarig effect. Een jaar na de toepassing was de dichtheid *Pratylenchus* nog steeds lager ten opzichte van de controle. Met de organische stof toepassingen worden extra nutriënten aan de bodem toegevoegd. Dit heeft niet geleid tot duidelijke verschillen in de gemeten hoeveelheid nutriënten in de bodem. Alleen bij de combi waarbij gras, haarmeel en compost is toegepast en de toepassing van haarmeel alleen (900 kg N/ha toegevoegd) werd een verhoogd gehalte aan stikstof gemeten. Alle maatregelen hebben een (niet altijd significant) positief effect op de opbrengst waarbij de effecten in het biologische systeem wat sterker zijn dan in het gangbare systeem. De besmetting met plantparasitaire nematoden is vrij laag en zal naar verwachting geen negatief effect hebben gehad op de opbrengst.

Literatuur

- Bakker, J., Gommers, F. J., Nieuwenhuis, I., & Wynberg, H. (1979). Photoactivation of the Nematocidal Compound Alpha-Terthienyl from Roots of Marigolds (*Tagetes* Species) - Possible Singlet Oxygen Role. *Journal of Biological Chemistry*, 254(6), 1841-1844.
- Blok, W. J., Lamers, J. G., Termorshuizen, A. J., & Bollen, G. J. (2000). Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. *Phytopathology*, 90(3), 253-259.
- Brinkman, P., Visser, J., Molendijk, L., & Korthals, G. (2022) Bodemgezondheidproef 2019 : Effect van maatregelen en teeltsystemen op milieuaaltjes. Projectrapport: WPR-OT 925, <https://doi.org/10.18174/564642>
- Calin, M., Raut, I., Arsene, M.L., Capra, L., Gurban, A.M., Doni, M., & Jecu, L. (2019). Applications of fungal strains with keratin-degrading and plant growth promoting characteristics. *Agronomy* 9(9), 543. doi: 10.3390/agronomy9090543.
- Ctgb. <https://toelatingen.ctgb.nl/nl/authorisations/275>, wijziging toelating 23-2-2018.
- Evenhuis, B., Korthals, G. W., & Molendijk, L. P. G. (2004). *Tagetes patula* as an effective catch crop for long-term control of *Pratylenchus penetrans*. *Nematology*, 6(6), 877-881.
- Gooday, G.W. (1990). The ecology of chitin degradation. *Advances in Microbial Ecology*, 11, 387-430.
- Hartsema, O. H., Koot, P., Molendijk, L. P. G., Berg, W. v. d., Plentinger, M. C., & Hoek, J. (2005). Rotatie-onderzoek *Paratrichodorus teres* (1991-2000). *projectverslag nr. 5233321*.
- Korthals, G. W., Thoden, T. C., Berg, W. v. d., & Visser, J. H. M. (2014). Long-term effects of eight soil health treatments to control plant-parasitic nematodes and *Verticillium dahliae* in agro-ecosystems. *Applied Soil Ecology*, 76, 112-123. doi:10.1016/j.apsoil.2013.12.016
- Kurm, V., Visser, J., Postma, J., & Korthals, G., 2022. Langjarig onderzoek naar het effect van verschillende maatregelen en teeltsystemen op het bodemmicrobioom en ziektevering. Projectrapport Wageningen Research: <https://doi.org/10.18174/564744>
- Lamers, J., Wanten, P., & Blok, W. (2004). Biological soil disinfection: a safe and effective approach for controlling soilborne pests and diseases. *Agroindustria*, 3(3), 289-291.
- Meijer, B., & Lamers, J. (2004). Biologische grondontsmetting: bestrijding van bodemziekten voor een gezonde bodem. *PPO nr. 415*.
- Molendijk, L. P. G., & Rovers, J. (1996). *Tagetes* geen middel tegen elke aal. *Ekoland*, 16(2), 16-17.
- Postma, J., Schilder, M., Bloem, J., Visser, J., Os, G. v., Brolsma, K., Hoogmoed, M., Postma, T., & Korthals, G. (2020). *Sturen op bodemweerbaarheid door toediening van organische materialen: TKI-AF-15261* (Vol. WPR-1024). Wageningen: Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit BioInteracties en Plantgezondheid.
- Schippers, B., & Palm, L.C. (1973). Ammonia, a fungistatic volatile in chitin-amended soil. *Netherlands Journal of Phytopathology*, 79, 279-281.
- Termorshuizen, A. J., van Rijn, E., van der Gaag, D. J., Alabouvette, C., Chen, Y., Lagerlof, J., Malandrakis, A. A., Paplomatas, E. J., Ramert, B., Ryckeboer, J., Steinberg, C., & Zmora-Nahum, S. (2006). Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response. *Soil Biology & Biochemistry*, 38(8), 2461-2477.

Bijlage 1 Proefveldschema



KERNSTEEEM BIO
REST_STEEEM GANGBAAR
REST_STEEEM BIO
KERNSTEEEM GANGBAAR

Bijlage 2 Gewaskeuze 2006-2017

In 2006 is de Bodemgezondheid-proef gestart met vier teeltsystemen; twee biologische en twee gangbare systemen. Elk van deze systemen is opgesplitst in een systeem met Best Practices (BP; AaltjesbeheersingsStrategieën, gewasrestmanagement etc.) en een systeem Good Practice (GP; gangbare praktijk). De proef is voortgezet vanuit deze opzet, waarbij echter de strategie van GP en BP niet is gecontinueerd. In de twee systemen verschilde de gewaskeuze van de hoofdteelt graan: in Good Practice is in de jaren 2006-2016 zomertarwe geteeld, terwijl in Best Practice voor zomergerst werd gekozen. Ook de keuze van de groenbemester verschilde tussen de systemen Good en Best Practice. Hiermee verschilde de uitgangssituatie voor de twee systemen die vanaf 2017 zijn voortgezet. De aardappelteelt in 2017 is gebruikt om mogelijke verschillen inzichtelijk te maken.

De voormalige systemen Gangbaar-GP en Biologisch-BP zijn als de kern-systemen gekozen binnen het huidige onderzoek vanaf 2017. Deze systemen zijn in periode vóór 2017 het meest intensief gemonitord. Hierdoor is een vergelijking van nieuwe metingen met oude data beter mogelijk en worden een aantal meetreeksen voortgezet. De varianten Good-Practice versus Best-Practice zijn niet voortgezet.

Jaar	Gangbaar_BP	Gangbaar-GP	Biologisch_BP	Biologisch_GP
2006 *	zomergerst	zomertarwe	zomergerst	zomertarwe
2007	aardappel-vroeg	aardappel-laat + bladrogge	aardappel-vroeg + japanse haver	aardappel-laat + gras/klaver
2008	lelie	lelie	lelie	lelie
2009 *	zomergerst	zomertarwe	zomergerst	zomertarwe
2010	aardappel-vroeg	aardappel-laat + bladrogge	aardappel-vroeg + japanse haver	aardappel-laat + gras/klaver
2011	b/c peen	b/c peen	b/c peen	b/c peen
2012	mais + japanse haver	mais + bladrogge	mais + japanse haver	mais + bladrogge
2013	mais + japanse haver	mais + bladrogge	mais + japanse haver	mais + bladrogge
2014	mais japanse haver	mais bladrogge	mais japanse haver	mais bladrogge
2015	conservenerwt + japanse haver	conservenerwt + bladrogge	conservenerwt +japanse haver	conservenerwt + bladrogge
2016	zomergerst + japanse haver	zomertarwe + bladrogge	zomergerst + japanse haver	zomertarwe + bladrogge
2017	aardappel-vroeg	aardappel-vroeg + japanse haver	aardappel-vroeg + japanse haver	aardappel-vroeg + japanse haver

* uitvoeren bodemmaatregelen

Bijlage 3 Mineralensamenstelling producten

Tabel 1. Dosering en samenstelling van de producten die gebruikt zijn bij het uitvoeren van de bodemaatregelen in de bodemgezondheidproef in 2018.

	Eenheid	Compost ¹	Chitine ²	Haarmeel ²	Zaadmeel ²	Gras ² (ASD)
Dosering	kg/ha	50000	10000	7000	7000	50000
Droge stof (DS)	g/kg	699	806	971	897	180
Nitraat	g/kg DS	-	<0.2	<0.2	<0.2	0.3
ruw eiwit	g/kg DS	-	539	919	316	228
Natrium	g/kg DS	-	20.8	1.3	<0.1	5.95
Kalium	g/kg DS	10	9.1	1.6	8.8	26.05
Magnesium	g/kg DS	3	4.1	0.6	4.1	4.75
Calcium	g/kg DS	-	49.4	2.5	7.9	8.4
Fosfor	g/kg DS	-	16.2	2.3	10.2	3.75
Fosfaat	g/kg DS	4.4	-	-	-	-
Zwavel	g/kg DS	1	9.5	18.9	12.8	4.8
Chloor	g/kg DS	1.1	28.1	1.7	1	16.5
Kat.Anion Verschil	(meq)	-	-248	-1130	-597	160.5
Mangaan	mg/kg DS	-	22	17	40	83
Zink	mg/kg DS	177	125	165	57	61
IJzer	mg/kg DS	-	706	428	108	518
Koper	mg/kg DS	29	52.3	14.2	9	11.2
Molybdeen	mg/kg DS	-	0.4	0.2	0.6	3.2
Kobalt	µg/kg DS	-	238	64	<40	91.5
N-totaal	g/kg DS	9.7	93.8	134.1	51.3	37.15
Borium	mg/kg DS	-	17.4	<2.0	14.9	16
Koolzure kalk	mg/kg DS	1.6	-	-	-	-

¹ Geproduceerd uit snoeiafval en bermmaaisel; analyse door Attero.

² Analyse door Eurofins.



Bijlage 5 Opbrengst 2017-2020

Tabel 1. Opbrengst van de gewassen in de uitgangssituatie (aardappel 2017) en na uitvoeren van de bodemmaatregelen (prei in 2019 en zomergerst in 2020).

Systeem	Maatregel	Aardappel (kg/ha)	Prei (ton/ha)	Prei (oogstbare planten/ha)	Prei stengelgewicht (g)	Zomergerst (kg/ha)
BIO	CTR	56280 ab	38.7 ab	126.7 ab	307 ab	6051 a
BIO	GRK	55675 a	41.94 abcd	139.2 cdefg	304 ab	7438 bc
BIO	TAG	60198 abcd	43.47 bcdef	136.7 bcdef	313 ab	7194 bc
BIO	MIX	59474 abcd	41.7 abcd	140 cdefg	300 ab	7319 bc
BIO	CMP	58601 abc	42.12 abcd	131.7 abc	322 b	7323 bc
BIO	CHI	58849 abcd	42.87 abcde	135 bcde	322 b	7065 b
BIO	HRM	62710 cd	43.48 bcdef	143.3 defgh	309 ab	7987 bcde
BIO	ASD	58373 abc	39.15 abc	127.5 ab	307 ab	7333 bc
BIO	ONT	60030 abcd	38.42 a	123.3 a	314 b	7765 bcd
BIO	AHC	58450 abc	40.27 abc	133.3 abcd	303 ab	7837 bcd
GBR	CTR	60526 bcd	43.45 bcdef	145.8 efgh	301 ab	8159 cdef
GBR	GRK	62331 cd	42.48 abcde	150.4 gh	285 a	9098 fgh
GBR	TAG	62302 cd	42.41 abcde	144.2 defgh	298 ab	8727 defg
GBR	MIX	61220 cd	46.48 def	144.2 defgh	322 b	8865 efgh
GBR	CMP	63343 d	46.41 def	142.5 cdefgh	326 b	9158 gh
GBR	CHI	61032 cd	47.23 ef	151.7 h	311 ab	8922 efgh
GBR	HRM	59474 abcd	47.27 ef	148.3 gh	320 b	9368 gh
GBR	ASD	62788 cd	46.08 def	141.7 cdefgh	326 b	8943 efgh
GBR	ONT	61577 cd	44.06 cdef	147.5 fgh	299 ab	8615 defg
GBR	AHC	60863 bcd	48.1 f	152.5 h	316 b	9836 h
	Lsd	4625	4.93	11.45	28.5	978.4
	F prob.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Lsd en F-prob. geven het kleinste betrouwbare verschil en de betrouwbaarheid van de interactie van de Anova (teeltsysteem × bodemmaatregel).

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



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-986

The mission of Wageningen University & Research is "To explore the potential of nature to improve the quality of life". Under the banner Wageningen University & Research, Wageningen University and the specialised research institutes of the Wageningen Research Foundation have joined forces in contributing to finding solutions to important questions in the domain of healthy food and living environment. With its roughly 30 branches, 7,200 employees (6,400 fte) and 13,200 students and over 150,000 participants to WUR's Life Long Learning, Wageningen University & Research is one of the leading organisations in its domain. The unique Wageningen approach lies in its integrated approach to issues and the collaboration between different disciplines.
